



FOUNDATIONS™

Schüttgut besser beherrschen. Das praktische Nachschlagewerk für mehr Sauberkeit, Sicherheit und Produktivität.

martin **MARTIN**
ENGINEERING

Vierte Auflage

FOUNDATIONS™

Schüttgut besser beherrschen

**Das praktische Nachschlagewerk für mehr
Sauberkeit, Sicherheit und Produktivität**

Vierte Auflage

FOUNDATIONS™

Schüttgut besser beherrschen

**Das praktische Nachschlagewerk für mehr
Sauberkeit, Sicherheit und Produktivität**

Vierte Auflage

von

R. Todd Swinderman, P.E.

Andrew D. Marti

Larry J. Goldbeck

Daniel Marshall

und

Mark G. Strebel

Martin Engineering Company

Neponset, Illinois

U.S.A.

Die Anwendung der in diesem Buch enthaltenen Informationen und Prinzipien soll sorgfältig auf deren Eignung für ein bestimmtes Projekt geprüft werden. Für Hilfestellung bei der Anwendung der hier aufgeführten Informationen und Prinzipien auf bestimmte Förderanlagen konsultieren Sie bitte Martin Engineering oder andere sachkundige Fachleute.

Haftungsausschluss

1. Martin Engineering veröffentlicht dieses Buch als Dienstleistung für die Schüttgutindustrie. Es soll der allgemeinen Information zu diesem breiten Themenspektrum dienen und stellt kein umfassendes Detailfachwissen in Bezug auf alle Aspekte der Materialflusskontrolle bei Schüttgütern dar. Die hierin zum Ausdruck gebrachten Meinungen beruhen auf fachlicher Erfahrung der Autoren und stellen bezüglich der erörterten Themen einen Konsens zwischen den Autoren dar.
2. Die in diesem Buch enthaltenen Bilder, Graphiken, Tabellen und Diagramme dienen der Vermittlung bestimmter Sachverhalte und können deshalb vielleicht nicht in allen Einzelheiten technisch ganz perfekt oder vollständig sein. Die in diesem Buch enthaltenen fiktiven Namen und Angaben dienen der Vermittlung von Konzepten und jede Ähnlichkeit mit tatsächlichen Personen- und Firmennamen oder Angaben ist rein zufällig und nicht beabsichtigt.
3. Dieses Buch wird ohne jede Gewähr oder Garantie bezüglich der Genauigkeit oder Vollständigkeit des Inhalts zur Verfügung gestellt. Ohne die allgemeine Gültigkeit des oben Gesagten einzuschränken, dienen die mit „Sicherheitsrelevante Fragen“ überschriebenen Abschnitte dieses Buches der Hervorhebung bestimmter Sicherheitsaspekte und sind in Bezug auf alle bei der Handhabung von Schüttgütern auftretenden sicherheitsrelevanten Fragen nicht als vollständig zu betrachten.
4. In dem durch geltendes Recht gesetzlich zulässigen Umfang gilt, dass WEDER MARTIN ENGINEERING NOCH DIE AUTOREN ODER DIE ÜBERSETZER FÜR AUS DIESEM BUCH HERRÜHRENDE ODER DAMIT IN ZUSAMMENHANG STEHENDE PERSONENSCHÄDEN ODER FÜR IRGENDWELCHE SONSTIGEN INDIREKTEN, SPEZIELLEN ODER FOLGESCHÄDEN HAFTBAR SIND, EINSCHLIESSLICH UND OHNE EINSCHRÄNKUNG, FÜR JEDWEDEN SCHADEN, DER AUS DER ANWENDUNG DER IN DIESEM BUCH ENTHALTENEN INFORMATIONEN, PRINZIPIEN ODER SONSTIGEN INHALTE HERRÜHRT. In allen Fällen ist die Gesamthaftung von Martin Engineering, der Autoren und der Übersetzer für Ansprüche mit Bezug zu diesem Buch in dem durch geltendes Recht gesetzlich zulässigen Umfang auf die Erstattung der Kosten für den Ersatz dieses Buches beschränkt.
5. Die in diesem Band aufgeführten Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Martin Engineering behält sich das Recht vor, im Buch Korrekturen, Löschungen oder Einfügungen vorzunehmen, ohne dies im Voraus anzukündigen. Martin Engineering ist nicht verpflichtet bereits publizierte Versionen zu ersetzen. Wenn Sie einen Fehler gefunden haben oder wenn sie für zukünftige Auflagen einen Beitrag einreichen möchten, dann kontaktieren Sie bitte den Marketing Manager, Martin Engineering unter info@martin-eng.de oder telefonisch unter +49 (0)6123/9782-0

Metrisches und angloamerikanisches Maßsystem

Im gesamten Buch werden metrische Maße verwendet, außer dort, wo die Originalquelle das angloamerikanische Maßsystem verwendet. In diesen Fällen werden die tatsächlichen angloamerikanischen Einheiten mit den ungefähren metrischen Umrechnungen angegeben.

Im gesamten Buch wird als Dezimaltrennung in metrischen Angaben das Komma verwendet, was den vom internationalen Normenausschuss (ISO - International Organisation for Standardization) herausgegebenen Normen der gegenwärtigen Praxis entspricht.

FOUNDATIONS™

Copyright © 2009 Martin Engineering

Übersetzt ins Deutsche im Januar 2011

Artikelnummer L 3271-4

Umschlagbild © Lester Lefkowitz/Corbis Corporation

Übersetzung und Satz: Soltaris GmbH

Druck: Druckstudio Gallé GmbH, 55270 Klein-Winternheim

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk einschließlich aller Texte und Übersetzungen ist urheberrechtlich geschützt. Jedwede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urhebergesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen sowie die Einspeicherung oder Verarbeitung in elektronische Systeme.



Martin Engineering GmbH

In der Rehbach 14
65396 Walluf, Deutschland

+49 (0)6123/9782-0

Fax: +49 (0)6123/75533

info@martin-eng.de

www.martin-eng.de

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	v
<i>Einleitung</i>	vi
<i>Vorwort</i>	viii
<i>Widmung</i>	x

Forschung, Mitarbeiterschulung, Dienstleistungen und Produkte

<i>Innovationszentrum für die Schüttguthandhabung</i>	516
<i>FOUNDATIONS™ Bildungsprogramme</i>	518
<i>Dienstleistungen</i>	520
<i>Produkte</i>	521

Anhänge

<i>Anhang A Referenzen</i>	526
<i>Anhang B Glossar</i>	532
<i>Maßeinheiten</i>	544
<i>Anhang C Verzeichnis der Gleichungen</i>	546
<i>Verzeichnis der Tabellen</i>	547
<i>Index</i>	548
<i>Anhang D Autoren und Danksagung</i>	556

Abschnitt 1

GRUNDLAGEN SICHERER SCHÜTTGUTHANDHABUNG

1 Volle Materialkontrolle	2
2 Sicherheit	14
3 Komponenten von Förderanlagen	28
4 Fördergurt	36
5 Gurtverbindung	60

Abschnitt 2

DAS BELADEN DES BANDES

6 Vor der Beladezone	76
7 Luftkontrolle	90
8 Konventionelle Übergabeschurren	100
9 Materialfluss-Hilfsmittel	116
10 Gurtunterstützung	130
11 Einhausungen	152
12 Verschleißauskleidungen	170
13 Kantenabdichtsysteme	180

Abschnitt 3

RÜCKLAUF DES FÖRDERGURTES

14 Bandreinigung	196
15 Schutzabstreifer für die Trommel	244
16 Gurtausrichtung	252

Abschnitt 4

STAUBKONTROLLE

17 Überblick Staubkontrolle	280
18 Passive Entstaubung	296
19 Staubunterdrückung	304
20 Staubabscheidung	322

Abschnitt 5

FÜHRENDE KONZEPTE

21 Sauber, sicher und produktiv gestaltete Fördersysteme	340
22 Technisch ausgelegte Übergabeschurren	348
23 Luftunterstützte Förderanlagen	364
24 Gurtwaschsysteme	376
25 Materialkunde	398

Abschnitt 6

INSTANDHALTUNG VON FÖRDERANLAGEN

26 Zugänglichkeit von Förderanlagen	414
27 Bestandsaufnahme bei Fördersystemen	424
28 Instandhaltung	434
29 Der Faktor Mensch	444

Abschnitt 7

DAS GESAMTBILD DER SCHÜTTGUTHANDHABUNG

30 Gesamtprojektmanagement	454
31 Leistungsmessungen	464
32 Betrachtung ausgewählter Industriebereiche	484
33 Sonderförderanlagen	504

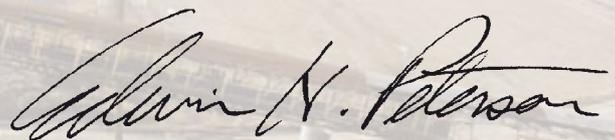
“Bekämpfung von Staub und Materialverlusten ist nicht nur eine Wissenschaft, sondern auch eine Kunst. Martin Engineering beherrscht beides.”

Beim Arbeiten in unserer Kellerwerkstatt erfand mein Vater Edwin F. Peterson im Jahr 1944 ein Produkt zur Lösung von Problemen, die bei der Schüttguthandhabung auftreten: Mit dem Warenzeichen VIBROLATOR® versehen, schuf seine Erfindung die Grundlage für den Erfolg von Martin Engineering. Seitdem haben wir unsere Aktivitäten auf die ganze Welt ausgeweitet: Wir besitzen und betreiben Niederlassungen in Michigan, Brasilien, China, Deutschland, Indonesien, Mexiko und Südafrika, mit Lizenznehmern in Australien, Kanada, Chile und Indien. In Europa haben wir auch Zweigstellen in Frankreich, in der Türkei und im Vereinigten Königreich. Rund um den Globus beschäftigen wir fast 800 Mitarbeiter; dank ihrem Engagement erzielten wir im Jahr 2008 einen Verkaufsumsatz von mehr als \$ 135 Millionen USD.

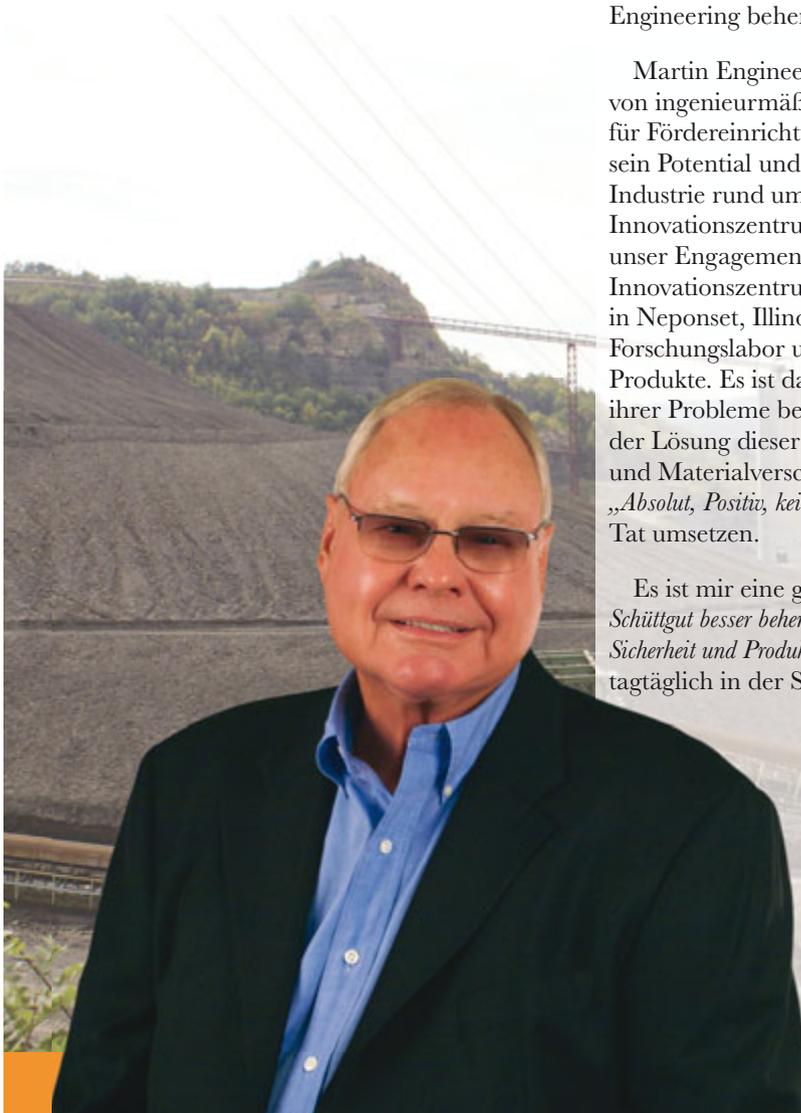
Dem Beispiel meines Vaters folgend, widmet sich Martin Engineering Konsequent der Schaffung innovativer Lösungen für die mannigfaltigen Probleme, die bei der Schüttguthandhabung auftreten. Wesentliches Ziel von Martin Engineering ist unser Bestreben, den Bereich der industriellen Handhabung von Schüttgütern sauberer, sicherer und produktiver zu gestalten. Seit fast 65 Jahren arbeiten wir daran, unsere globale Umwelt durch die Bekämpfung von Staub und Verschüttungen bei der Schüttguthandhabung zu entlasten und gehörten damit von Anfang an zu den „Grünen“, lange bevor diese Bewegung populär wurde. Die Bekämpfung von Staub und Materialverlusten ist nicht nur eine Wissenschaft, sondern auch eine Kunst und Martin Engineering beherrscht sowohl die eine als auch die andere Disziplin.

Martin Engineering, Pionier und weltweit führend in der Entwicklung von ingenieurmäßig konzipierten Bandreinigungs- und Abdichtsystemen für Fördereinrichtungen, setzt seine innovativen Bestrebungen fort, sein Potential und sein Leistungsangebot an die Anforderungen der Industrie rund um die Welt auszurichten. Unser im Juni 2008 eröffnetes Innovationszentrum für die Schüttguthandhabung ist ein Beweis für unser Engagement für den Fortschritt in diesem Industriebereich. Das Innovationszentrum (CFI) mit Sitz in unserer Hauptniederlassung in Neponset, Illinois, USA, ist zum Teil ein rein wissenschaftliches Forschungslabor und zum Teil ein Entwicklungszentrum für industrielle Produkte. Es ist darauf ausgerichtet, unseren Kunden das Verständnis ihrer Probleme bei der Schüttguthandhabung zu vermitteln und sie bei der Lösung dieser Probleme zu unterstützen. Die Bekämpfung von Staub und Materialverschüttungen ist eine Zielsetzung, die wir mit unserer „*Absolut, Positiv, keine Ausreden*“ - Garantie für unsere Kunden täglich in die Tat umsetzen.

Es ist mir eine große Freude, die vierte Auflage von *FOUNDATIONS™: Schüttgut besser beherrschen. Das praktische Nachschlagewerk für mehr Sauberkeit, Sicherheit und Produktivität* jenen Menschen vorstellen zu dürfen, die tagtäglich in der Schüttgutindustrie tätig sind.



Edwin H. Peterson
Vorsitzender des Aufsichtsrates
Martin Engineering



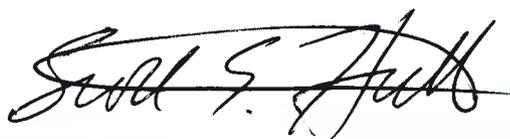
Seit den Anfängen in den 1940er-Jahren hat sich Martin Engineering der Sicherheit, dem Erbringen hervorragender Leistung und der Innovation bei der Schüttguthandhabung verschrieben. Von unseren ersten Vibratoren bis zu den heute führenden Förderanlagenkonzepten ist unsere strategische Ausrichtung auf stetige Verbesserung direkt an die Fortentwicklung der Methoden der Materialflusskontrolle und an die fortschrittlichen Lösungen im Bereich der Förderbänder gekoppelt. Viele der Verbesserungen basieren auf unserer Grundüberzeugung, dass die Firmen eine volle Materialkontrolle auf ihren Förderanlagen erreichen müssen, um Schüttgüter sauber, sicher und produktiv handhaben zu können.

Mit der Eröffnung des Innovationszentrums für die Schüttguthandhabung in unserer Hauptniederlassung in Neponset, Illinois, USA, hat Martin Engineering eine große Verpflichtung übernommen und ein wichtiges Signal für einen stetigen Fortschritt der Schüttgutindustrie gesetzt. Es ist unsere Absicht, das Wissen, das in dieser Forschungseinrichtung, welche sowohl rein wissenschaftlich als auch praktisch ausgerichtet ist, gewonnen wird, mit Universitäten, Verbänden und Kunden zu teilen. Mit diesen Ressourcen und auf der Grundlage dieser Verpflichtung wird Martin Engineering weiterhin die Vorreiterrolle bei Gewinnung von Erkenntnissen und Entwicklung von Techniken zur Bekämpfung von Staub und Materialverlusten behalten.

Basierend auf unseren Forschungen und Erfahrungen beabsichtigen wir die Bereitstellung eines breit angelegten Bildungsprogramms, das interaktive Online-Schulungen, Workshops, Seminare, Zertifizierungsprogramme, von Universitäten anerkannte Kurse und technische Präsentationen bei Verbandstagungen umfasst. Wir arbeiten eng mit universitären Einrichtungen zusammen, um der Schüttgutindustrie die neuesten Forschungserkenntnisse, die zuverlässigsten technischen Daten und die optimalen Verfahrensweisen bieten zu können. Martin Engineering wird auch weiterhin durch unsere Bücher und Schulungsprogramme rund um den Globus Informationen zur Verfügung stellen, die allesamt darauf ausgerichtet sind, der Schüttgutindustrie zu helfen "sauber zu denken" (THINK CLEAN®), wodurch sie in ihren Betrieben den Wirkungsgrad, die Produktivität und die Sicherheit verbessern.

Wie wir alle wissen, arbeiten wir in einer gefährlichen Industrie, und wir können nicht laut genug warnen, um unserer Sorge Ausdruck zu verleihen. Es gibt zu viele Verletzte und Todesopfer in unserem Gewerbe, die verhindert werden könnten. Wir müssen den sicheren Betrieb von Fördersystemen in den Vordergrund stellen. In der frühen Planungsphase von *FOUNDATIONS™* für die hier nun vorliegende vierte Auflage haben die Autoren bewusst den Entschluss gefasst, unseren Schwerpunkt auf Sicherheit gleich in den ersten Abschnitt des Buches zu verlegen. Diesbezügliche Informationen und Hinweise findet der Leser nicht nur in diesem einen Kapitel; sie ziehen sich wie ein roter Faden durch das gesamte Buch. Die meisten Kapitel enthalten einen separaten Abschnitt mit der Überschrift „Sicherheitsrelevante Fragen“, der besonders zu beachten ist. Denn eins ist sicher: wir müssen uns noch mehr darum bemühen, die Gesundheit und das Leben der Menschen zu schützen, die in unserem Gewerbe arbeiten.

Wenn Sie diese Auflage von *FOUNDATIONS™*, *Schüttgut besser beherrschen. Das praktische Nachschlagewerk für mehr Sauberkeit, Sicherheit und Produktivität* lesen, erfahren Sie mehr über die fachliche Kompetenz und die Philosophie der Firma Martin Engineering. Wir hoffen, dass Sie es nützlich finden, und dass Sie damit den Betrieb Ihrer Förderanlagen sauberer, sicherer und produktiver gestalten können.



Scott E. Hutter

Präsident und Vorstandsvorsitzender
Martin Engineering



Die Frage, die am häufigsten von den Ingenieuren gestellt wurde, denen ich im Verlauf meiner Reisen um die Welt begegnet bin, lautet, "Welche Änderungen haben Sie in der Schüttgutindustrie in den letzten 50 Jahren festgestellt?"

Was hat sich geändert?

A. Computer: Zuerst ist der Computer zu nennen: Vor fünfzig Jahren waren die grundlegenden Regeln für die Gestaltung und Auslegung von Fördersystemen in Büchern enthalten; heute sind sie in Computerdatenbanken abgespeichert. Das hat dazu geführt, dass heutzutage Maschinenbauingenieure, die ihre Ausbildung abschließen, die Zeichnungen und Berechnungen nur mit Hilfe des Computers erstellen bzw. durchführen können.

“Welche Änderungen haben Sie in der Schüttgutindustrie in den letzten 50 Jahren festgestellt?”

Die fortschrittlichen Computerprogramme ermöglichen den Ingenieuren die Betrachtung der virtuellen Bilder und den Konstrukteuren

die visuellen Darstellungen der Materialströme. Diese Programme ermöglichen den Ingenieuren die Übergabepunkte am Rechner in breiten Grenzen zu gestalten, so dass bestmöglichen Ergebnisse erzielt werden können.

Es ist jedoch wichtig, dass das mit Hilfe des Computers erzeugte Modell von einem Ingenieur oder Techniker überprüft und genehmigt wird, der praktische Erfahrung im Umgang mit dem betreffenden Schüttgut hat. Bei der Gestaltung sind auch die Anforderungen an eine erleichterte Wartung zu berücksichtigen. Dazu gehören guter Zugang zu den Komponenten und die Sicherheitsaspekte.

B. Praktische Erfahrung: Heutzutage sind die meisten Werke 7 Tage die Woche und 24 Stunden am Tag in Betrieb. Das Management erwartet oft, dass ein Werk die Produktion bei einer um die Hälfte reduzierten Mannschaft verdoppelt. Sobald Probleme an den Fördersystemen auftreten, müssen sie behoben werden, ohne die Produktion zu unterbrechen, da der Betreiber sonst die Quoten oder Zeitvorgaben nicht einhalten kann.

Früher, als junge Ingenieure noch erfahrenen Kollegen zum Anlernen zugeteilt wurden, waren sie unmittelbar den Bedingungen und Umständen der praktischen Welt ausgesetzt. Sie haben Erfahrungen beim Analysieren und bei der Behebung von Betriebsstörungen erworben, um rasch die Produktion wieder aufnehmen zu können.

In Folge der modernen Konfektionierungstechniken werden heutzutage Systeme zur Schüttguthandhabung von Teilekonstrukteuren mit wenig oder gar keiner praktischen Erfahrung gestaltet. Während die Werke und Minen sich darum bemühen, die Maschinen am Laufen und die Produktion aufrecht zu erhalten, sind die Betreiber gezwungen mit einer Konstruktion zurecht zu kommen, die für die Wartung wenig Spielraum übrig lässt. Wenn ich mir moderne Anlagen mit denselben konstruktiven Entwicklungen ansehe, wie sie vor 30 Jahren verwendet wurden, dann frage ich mich, wer in der Lage sein wird, jene Bauteile im täglichen Betriebsablauf warten zu können, die anfällig sind oder zum Verschleiben neigen, besonders wenn ihre Gestaltung eine einfache und schnelle Durchführung der notwendig werdenden Reparaturen nicht erlaubt.

Gestalterische Verbesserungen können am besten von Fachleuten eingebracht werden, die über praktische Erfahrung mit Fördersystemen verfügen. Erfahrene Mitarbeiter sind in der Lage ein Konstruktionsteam so anzuleiten, dass Materialausfälle vorhergesehen werden können und die Mittel zur schnellen Behebung der Probleme mit der geringstmöglichen Stillstandszeit vorausschauend zur Verfügung stehen. Man muss ihnen diesen gestalterischen Beitrag ermöglichen und sie dazu ermutigen.

C. Umweltschutz- und Sicherheitsbestimmungen: Weitere Unterschiede sind verschärfte Umweltschutz- und Sicherheitsvorschriften, die jetzt in die grundlegenden Regeln für die Gestaltung und Auslegung integriert werden müssen. Diese Bestimmungen sind inzwischen genauso wichtig wie die Produktionsanforderungen der Förderanlage geworden. Für mich ist schon seit den 50er-Jahren offensichtlich gewesen, dass die Faktoren Schmutz und Staub die Sicherheit, die Gesundheit und den Gewinn beeinflussen, und deswegen bereits in der Anfangsphase der Konstruktion angegangen werden müssen, statt zu warten, bis die Behörden mit Geldbußen drohten oder den Betrieb schließen, um die Schmutzgefahr zu beseitigen.

Was bringt uns die Zukunft?

A. Saubere Fördersysteme: In meiner Vision sehe ich vor allem Fördersysteme, die selbst sauber sind und die die Umwelt durch keine Emissionen belasten. Bei der Entwicklung und Gestaltung neuer Anlagen wird die Zusammenarbeit der Ingenieure mit den Sicherheits- Umwelt- und Verfahrenstechnikern enger werden, so dass nicht nur reine Produktionsanforderungen, aber auch die Arbeitssicherheit und der Umweltschutz noch stärker berücksichtigt werden. Das Ziel wird die Entwicklung von Systemen, die allen behördlichen Bestimmungen für einen sicheren und sauberen Betrieb entsprechen.

B. Wartungsfreundlichkeit der Förderanlagen: Die Gestaltung von Förderanlagen wird auf schnelle, leichte, sichere und intuitive Wartung ausgerichtet sein. Möglicherweise erlauben künftige Sicherheitsbestimmungen die Wartung von Förderbändern durch zertifizierte Förderanlagentechniker (CCTs) während des Betriebes. Ähnlich wie die gegenwärtigen Sicherheitsbestimmungen zertifizierten Elektrikern die Prüfung eines elektrischen Schaltkasten ohne Stromabschaltung erlauben, könnte zertifizierten Förderanlagentechnikern künftig die Wartung laufender Förderanlagen erlaubt sein, was zu weniger Unfällen, gesteigerter Produktivität und besserem wirtschaftlichem Ergebnis führen wird. Weiterhin werden die zertifizierten Förderanlagentechniker die durch die gesteigerte Wartungsfreundlichkeit verbesserte Beherrschung des Schmutz-Problems (der wirklichen Ursache für die Mehrheit der im Zusammenhang mit Förderanlagen auftretenden Unfälle) eine wesentliche Steigerung der verfügbaren Produktionskapazität der Fördersysteme erreichen.

C. Sauberkeit, Sicherheit und die Umwelt: Einzelpersonen, Gemeinschaften und Behörden werden vermehrt verlangen, dass Förderanlagen sauber, sicher und im Hinblick auf die Umwelt unbedenklich betrieben werden. Ich glaube, dass die Anlagen der Betreiber, die sich entschlossen haben, diese Forderungen zu ignorieren, entweder geschlossen werden, oder dass ihnen seitens der Behörden schwere Geldbußen auferlegt werden.

Die letzten 50 Jahre, die kommenden 50 Jahre

Im Verlauf der letzten 50 Jahre hat es viele Änderungen gegeben, die die Schüttguthandhabung sauberer, sicherer und produktiver gemacht haben: die Verwendung von Computern zur optimalen Gestaltung jeden einzelnen Übergabepunktes, Konstruktionsteams, die zur Optimierung der Gestaltung auf das Wissen von Betreibern zurückgreifen, und Bestimmungen, die die Schüttguthandhabung sauberer und sicherer machen, sowohl für die Arbeiter als auch für die Umwelt.

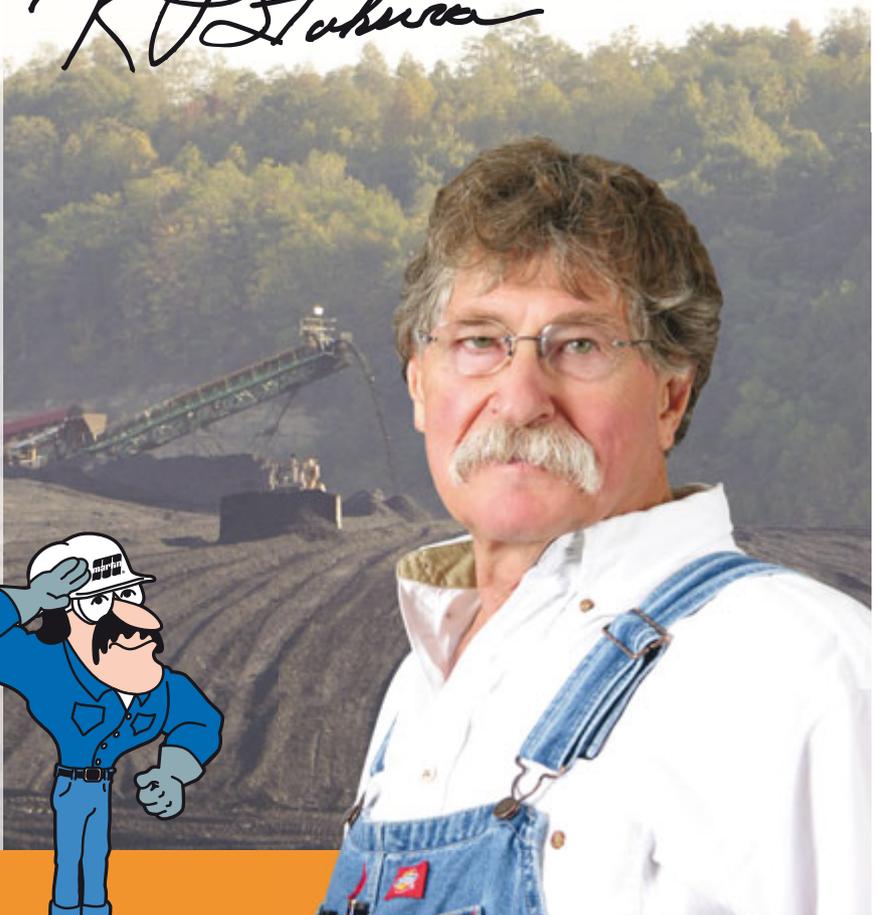
In den nächsten 50 Jahren gibt es immer noch viel Spielraum für positive Veränderungen, um die Anlagen noch sauberer, wartungsfreundlicher, produktiver und sicherer zu gestalten. Es geht weiter mit den Verbesserungen zur Revolutionierung der Schüttguthandhabung. Hoffentlich werden wir in der nächsten Auflage von *FOUNDATIONS*™ viel mehr über die zukünftigen fortschrittlichen Lösungen lesen können.

„Denken Sie sauber!“ („Think Clean!“)

Dick Stahura
Produktanwendungsberater



R. Stahura



WIDMUNG

Es ist uns eine Ehre, die vierte Auflage von *FOUNDATIONS™: Schüttgut besser beherrschen. Das praktische Nachschlagewerk für mehr Sauberkeit, Sicherheit und Produktivität* den folgenden Personen widmen zu dürfen:

Den Mitarbeitern der Schüttgutindustrie: Es sind viele Gedanken in das Sicherheitskapitel und in die Sicherheitsabschnitte der einzelnen Kapiteln eingeflossen. Deshalb möchten wir dieses Buch allen Mitarbeitern rund um den Globus widmen, die bei Arbeiten an Förderanlagen verletzt wurden. Wir widmen dieses Buch besonders jenen Mitarbeitern, die ihr Leben verloren haben und ihren Familien. Jeder dieser Unfälle ist eine große Tragödie, die sich nicht wiederholen soll. Wir sind dazu entschlossen, die Gefahren und die Sicherheitsprobleme bewusster zu machen und dazu beizutragen, dass Unfälle an den Förderanlagen künftig verhindert werden.

R. Todd Swinderman, P.E.: R. Todd ist eine treibende Kraft hinter vielen der gegenwärtigen Innovationen in unserem Industriebereich. Er hat durch die CEMA, den Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association), dem er als leitender Mitarbeiter angehört, bei der Entwicklung konsistenter Industrienormen mitgewirkt. Als ehemaliger Präsident und Geschäftsführer von Martin Engineering hat Todds Führung, sein Einfluss und seine berufliche Erfahrung prägende Qualität für jeden Aspekt des Betriebs von Fördersystemen überall in der Welt.

Der Peterson Familie und den Mitarbeitern von Martin Engineering (in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft): Seit mehr als 60 Jahren haben Mitglieder der Peterson Familie ihr Leben der Idee einer sauberen, sicheren und produktiven Schüttgutindustrie gewidmet. Den Mitarbeitern von Martin Engineering lagen stets die Bedürfnisse der Kunden, der Branche und der Firma am Herzen. Sie haben unzählige Stunden gearbeitet, um die Vision des Gründungsvaters der Firma wahr werden zu lassen. Durch ihr Engagement und ihre Beharrlichkeit haben die Mitarbeiter dazu beigetragen, die Martin Engineering Tradition als weltweit führende Kraft in der Forschung und Innovation im Bereich der Förderanlagen fortzuführen.

Andrew D. Marti

Larry J. Goldbeck

Daniel Marshall

Mark G. Strebel



ABSCHNITT 1

GRUNDLAGEN SICHERER SCHÜTTGUTHANDHABUNG

• Kapitel 1	2
VOLLE MATERIALKONTROLLE	
• Kapitel 2	14
SICHERHEIT	
• Kapitel 3	28
BAUTEILE VON FÖRDERANLAGEN	
• Kapitel 4	36
FÖRDERGURT	
• Kapitel 5	60
GURTVERBINDUNGEN	

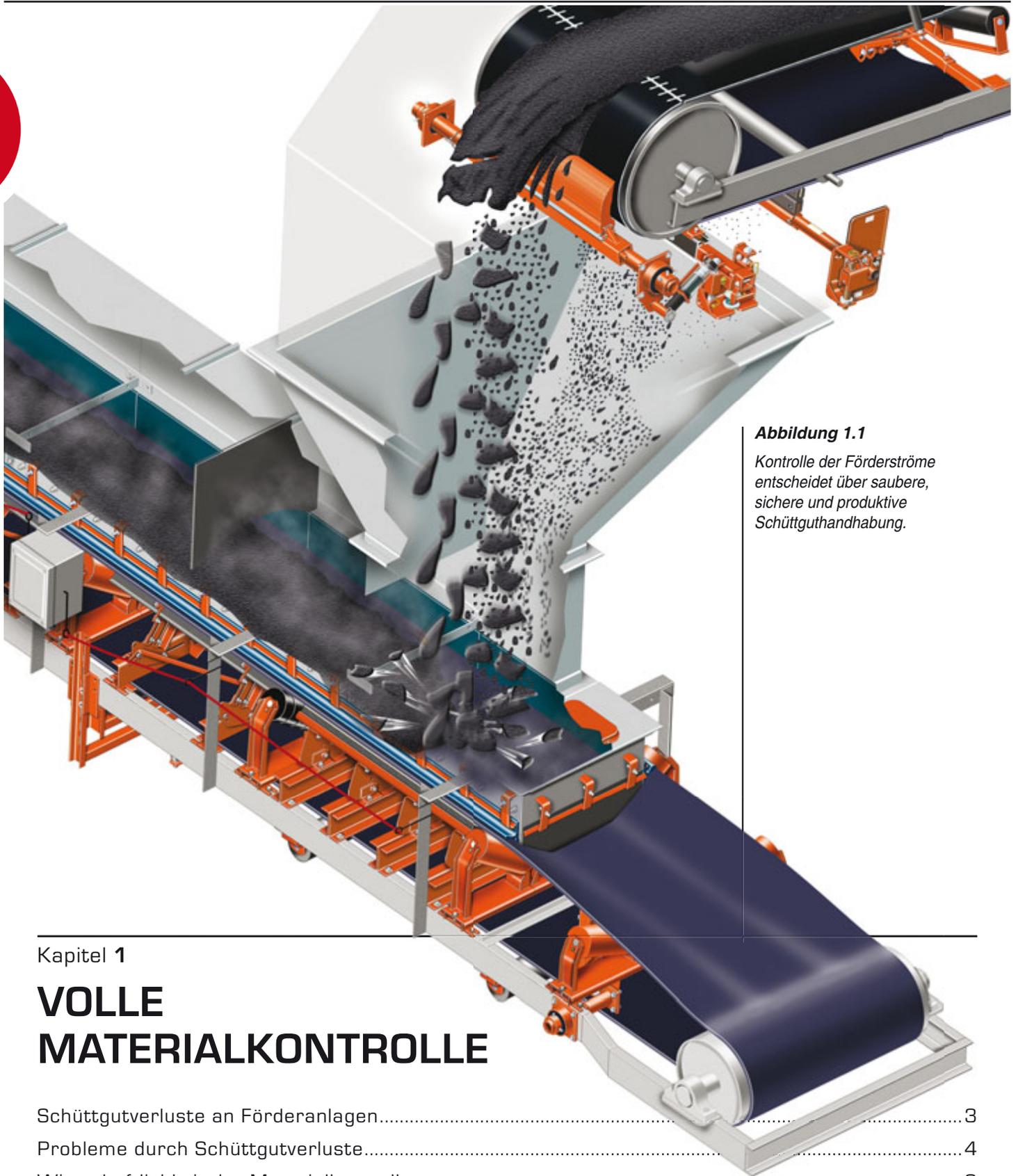


Abbildung 1.1
Kontrolle der Förderströme entscheidet über saubere, sichere und produktive Schüttguthandhabung.

Kapitel 1

VOLLE MATERIALKONTROLLE

Schüttgutverluste an Förderanlagen.....	3
Probleme durch Schüttgutverluste.....	4
Wirtschaftlichkeit der Materialkontrolle	9
Datenerfassung als Grundlage voller Materialkontrolle.....	11
Weiterführende Themen	12
Vorteile der vollen Materialkontrolle	12

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel beschreiben wir einige der Probleme, die infolge entweichender Schüttgüter an Förderanlagen auftreten: Minderung der Betriebsleistung, der Betriebssicherheit, der Produktqualität und der Arbeitsmoral der Mitarbeiter, in Verbindung mit erhöhten Instandhaltungskosten und Problemen mit den Aufsichtsbehörden. Wir sprechen auch die Folgekosten an, die aus diesen unerwünschten Zuständen resultieren. Aber vor allem stellen wir eine Lösung für diese Probleme vor: das Konzept der vollen Materialkontrolle, das die Grundlage dieses Buches darstellt (**Abbildung 1.1**).

Das Prinzip der Schüttgutförderung besteht darin, die am Anfang der Förderstrecke aufgenommene Materialmenge ohne Verluste und bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit an einer oder an mehreren Stellen am Ende des Prozesses wieder zuverlässig abzusetzen.

Leider wird diese ideale Vorstellung selten erfüllt. Während des Schüttguttransportes können Materialverschüttungen, Staubemissionen, Materialanhäufungen am Band und vielfache Störungen im Materialfluss auftreten. In der Schüttgutindustrie verursachen diese Probleme weltweit Kosten in Milliardenhöhe.

Das vorliegende Buch versucht, die Ursachen für diese Erscheinungen zu identifizieren und praktische Strategien, Methoden und technischen Lösungen vorzuschlagen, die zu einer Verbesserung der Effizienz im Materialtransport führen. Hierbei handelt es sich um ein Gesamtkonzept, das sich Total Material Control ® [volle Materialkontrolle] nennt.

Total Material Control und TMC sind eingetragene Warenzeichen von Engineering Services & Supplies PTY Limited (ESS), einem Martin Engineering - Lizenznehmer mit Sitz in Currumbin, Australien (*Referenz 1.1*).

SCHÜTTGUTVERLUSTE AN FÖRDERANLAGEN

Schüttgutverluste sind an vielen Förderanlagen eine alltägliche Erscheinung. Sie treten in Form von Verschüttungen und Leckagen an Übergabeknoten auf, oder als Rücklaufmaterial, das nach Passieren der Abwurfstelle am Band anhaften bleibt und später entlang des Untertrums abfällt. Verluste treten auch in Form von Schwebestäuben auf, die durch Luftströmungen mitgerissen oder die bei Beschickungsvorgängen aufgewirbelt werden, und sich dann auf Gebäuden, Einrichtungen und auf dem Boden

absetzen. Manchmal lässt sich das Problem bei einer gegebenen Förderanlage anhand der Lage und Form des abgängigen Materials ermitteln (**Abbildung 1.2**). Rücklaufmaterial fällt unter die Förderanlage, Verschüttungen (Ablaufverluste) fallen an den Seiten herab, und der Staub fällt auf alles, auch auf Maschinen und Bauten, die sich über der Förderanlage befinden. Viele Förderanlagen weisen die gesamte Palette dieser Symptome auf, wodurch die Einengung der Ursache auf nur einen Problemtyp schwierig ist (**Abbildung 1.3**).

Störungen im Materialfluss sind ein anderes Problem. Eine Materialtransportanlage ist für einen bestimmten Durchsatz ausgelegt. Viel Aufmerksamkeit wird den Kosten gewidmet, die direkt durch Verschüttungen hervorgerufen werden. Man sollte aber nicht die finanziellen Verluste außer Acht lassen, die durch verminderten Durchsatz und Produktionsverzögerungen entstehen.

Ein Förderstau an einer Schurre oder in einem Bunker kann einen Betrieb zum Stillstand bringen und Verzögerungen verursachen, die Tausende von Euros pro Stunde für Ausfallzeiten und für entgangene Geschäftsgelegenheiten kosten. Staus an Schurren verursachen regelmäßig Materialüberlauf, wobei das Material die Schurre gleichsam überschüttet. Blockierungen an Schurren oder Bunkern verursachen



Abbildung 1.2

Die Quelle der Fördergutverluste kann manchmal anhand der Lage des abgängigen Materials bestimmt werden.



Abbildung 1.3

Schüttgutverluste entstehen durch Verschütten, Leckagen, Rücklauf am Untertrum oder Staubemissionen. Viele Förderanlagen weisen mehrere dieser Symptome auf, wodurch die Einengung der Ursache auf nur einen Problemtyp schwierig ist.

oft einen plötzlichen Materialschwall, bei dem große Materialmengen plötzlich durch den Behälterrand und auf das aufnehmende Band fallen. Schwall- und Überlauferscheinungen tragen wesentlich zu den Ablaufverlusten bei. Das Material, das unter dem Kopfende einer Förderanlage liegt, wird oft fälschlicherweise als Rücklaufmaterial identifiziert, obwohl es tatsächlich aus Schwall- und Überlauferscheinungen stammen kann. Bei Rücklaufmaterial handelt es sich im Allgemeinen um Feinmaterial, so dass das Vorhandensein von Brocken, die größer als 10 mm sind, oft auf Schwall- und Überlauferscheinungen als Ursache gedeutet werden kann.

PROBLEME DURCH SCHÜTTGUTVERLUSTE

Folgen der Schüttgutverluste

Entweichungen von Fördergut treten bei Förderanlagen auf, seit es sie gibt; deshalb wird diese Erscheinung oft als fester Bestandteil des Gewerbes akzeptiert. Tatsächlich verstehen manche Wartungsmannschaften und Produktionsmitarbeiter, die regelmäßig mit Reinigungsaufgaben betraut werden, diese Arbeit als eine Art „Kündigungsschutz“.

Deshalb wird das Problem oft mit Resignation betrachtet. Obwohl es als ein unerwünschter Zustand und als Gefahrenquelle erkannt wird, besteht dennoch die Überzeugung, dass es kein wirksames, praktisches und unter Realbedingungen funktionierendes System gibt, um diese Problematik in den Griff zu bekommen. Deswegen werden Verschüttungen und Staubemissionen aus undichten Übergabepunkten und aus anderen Quellen innerhalb der Anlagen als normal und unabwendbar betrachtet. Sie werden als ein Zeichen gewertet, dass die Anlage in Betrieb ist, frei nach dem Motto: „Wo gearbeitet wird, da fällt etwas ab.“

Früher wurde Umweltverschmutzung - ob von Schornsteinen oder von Übergabeknoten an Förderanlagen - als Zeichen industrieller Schaffenskraft betrachtet. In der heutigen Zeit werden diese Probleme als ein Hinweis auf möglicherweise vorliegende Misswirtschaft, Umweltbelastung und Verschwendung gewertet. Sie zeigen gleichzeitig auf, wo durch Prozessverbesserungen die Effizienz als das Gesamtergebnis des Unternehmens verbessert werden kann.

Wenn man entweichendes Fördergut unkontrolliert sich selbst überlässt, stellt es eine ständig wachsende Belastung für eine Förderanlage

dar und daher auch für die Effizienz, Produktivität und Rentabilität eines ganzen Betriebes. Aus Förderanlagen verlorenes Schüttgut verursacht für einen Betrieb Kosten in vielerlei Hinsicht. Hier sind nur einige davon aufgeführt:

- A. Verminderte Betriebsleistung
- B. Erhöhte Instandhaltungskosten für die Förderanlage
- C. Verminderte Betriebssicherheit
- D. Niedrigere Arbeitsmoral der Mitarbeiter
- E. Verminderte Produktqualität
- F. Vermehrte Untersuchungen durch Aufsichtsbehörden und negative Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit und der Bürgerinitiativen

Diese Kosten werden in den nachfolgenden Abschnitten eingehender behandelt.

Verminderte Betriebsleistung

Man kann sagen, dass das teuerste Fördergut in jedem Betrieb jenes ist, das vom Band fällt. In einer sauberen Anlage wird an einem Ende sämtliches Fördergut auf ein Förderband geladen und am anderen Ende in gleicher Menge wieder entnommen. Das Fördergut wird nur einmal versetzt: wenn es auf das Band geladen wird. Das kommt natürlich einer hohen Effizienz gleich: Das Fördergut erfährt keine Handhabung, die für den Produktionszweck nicht notwendig ist. Verschüttetes hingegen oder durch sonstige Umstände entwichenes Fördergut wurde zwar bezahlt, angeliefert und im gewissen Umfang verarbeitet, aber dann wieder verloren. Statt einen Gewinn zu bringen, hat es nur zu einem wirtschaftlichen Verlust geführt.

Tatsächlich kann sich entweichendes Fördergut als dauerhaftes Ärgernis erweisen: Im Verlauf der Zeit schädigt es Anlagenteile, wie z. B. die Gurtrollen von Förderbändern. Bevor es wieder dem Materialfluss zugeführt werden kann, ist eventuell zusätzlicher Arbeitsaufwand für die Wiederaufbereitung erforderlich - sofern eine Rückführung in das System überhaupt noch möglich ist. Einmal entwichen, kann es verunreinigt werden und damit für eine Rückführung in das System ungeeignet sein. Wenn entweichendes Fördergut nicht wieder gewonnen werden kann, so nimmt die Problematik dramatisch zu. Vielerorts werden sogar vom Band gefallene Massengüter wie Kalkstein oder Sand als Sondermüll klassifiziert, und müssen mit hohem Kostenaufwand entsorgt werden.



Entweichendes Fördergut erweist sich auch dadurch als Effizienz mindern, weil zusätzlicher Arbeitsaufwand für die Reinigung erforderlich wird. Das in der Produktion eingesetzte Material kann von großen Maschinen in beträchtlichen Mengen, in großen Chargen, in wichtigen Kübeln und per Eisenbahnwaggon bewegt werden, oft automatisch oder über Fernsteuerung. Im Gegensatz dazu wird entwichenes Material normalerweise mit einem Kompaktlader, einem Frontstapler oder einem Saugwagen aufgenommen, oder auf die altmodische Art: von einem Arbeiter, Schaufel für Schaufel.

Erhöhte Instandhaltungskosten der Förderanlage

Der Abgang von Material aus Fördereinrichtungen führt zu einer Vielzahl von Problemen für das Fördersystem selbst. Diese Probleme steigern die Instandhaltungskosten.

Die ersten und am leichtesten erkennbaren, zusätzlichen Aufwendungen sind die Kosten für die Reinigung. Diese beinhalten die Personalkosten für die Aufnahme des Materials mittels Schaufeln oder Sauger und für die Rückführung auf das Band (**Abbildung 1.4**). In einigen Betrieben bedeutet Reinigen: ein Mann mit einer Schaufel; in anderen steigen die Kosten sprunghaft an, weil hier Maschinenstunden für Radlader, Saugwagen oder für anderes schweres Gerät zu Buche schlagen, das für die Bewegung großer Materialmengen verwendet wird. Ein Faktor, der schwerer zu fassen ist, aber dennoch berücksichtigt werden sollte, ist der Wert der sonstigen Arbeiten, die nicht verrichtet werden, weil das Personal vollauf mit Reinigungsaktivitäten beschäftigt ist. Die dadurch hervorgerufene Verzögerung bei Wartungsarbeiten kann zu Totalausfällen und noch weiteren Aufwendungen führen.

So wie das Material entschwindet, so sammelt es sich auf verschiedenen Bauteilen der Förderanlage und auf anderen, nahe gelegenen Einrichtungen. Rollen setzen sich fest, wenn sie vom Material blockiert oder darunter vergraben werden (**Abbildung 1.5**). Ganz gleich wie gut eine Rolle konstruiert ist, Feinanteile werden schließlich immer durch die Dichtung in das Lager eindringen. Wenn ein Lager erst festsetzt, dann kann das stetige Schleifen des Bandes über die Rolle dazu führen, dass der Mantel der Rolle mit überraschender Geschwindigkeit durchgescheuert wird, wobei an der festsetzenden Rolle eine rasiermesserscharfe Kante entsteht, die für die Lebensdauer des Bandes eine Bedrohung darstellt (**Abbildung 1.6**). „Festgefressene“ Rollen und Trommeln

erhöhen die Reibung gegen den Gurt und der Antriebsmotor der Förderanlage verbraucht dadurch zusätzliche Energie.

Festsitzende Rollen rufen auch andere, noch größere Risiken hervor, einschließlich der Möglichkeit von Bränden. Eine für den Export von Kohle verwendete Einrichtung in Australien erlitt einen Brandschaden an einem der Hauptverladebänder. Der Brand wurde von einer festsetzenden Rolle verursacht und durch das sich ansammelnde Material gespeist. Das Kopfende der Förderanlage wurde durch das Feuer größtenteils zerstört, wodurch der Ausfall des 1600 mm-Bandes verursacht wurde, und die elektrische Verkabelung und Steuerung brannten aus. Die Instandsetzungsarbeiten wurden in vier Tagen so weit bewältigt, dass der Betrieb wieder aufgenommen werden konnte. Der Brand hat aber einen Schaden verursacht, der auf 12 Millionen USD geschätzt wurde.

Ein ernstes Problem stellt die Ansammlung vom Material auf der Arbeitsoberfläche von Trommeln und Rollen dar, die einen außerordentlichen Lauf des Bandes bewirken kann (**Abbildung 1.7**). Materialaufbau auf rollenden



Abbildung 1.4

In einigen Betrieben zu den Reinigungskosten gehören auch Kosten für den Betrieb von Saugwagen und anderem schwerem Gerät.



Abbildung 1.5

Entweichendes Fördergut kann die Ladezone zuschütten, was zu Rollenausfall, Bandbränden und Gurtschieflauf führen kann.



Abbildung 1.6

Rollen setzen sich fest, wenn sie vom verschütteten Fördergut blockiert oder darunter vergraben werden. Das Band scheuert über „festgefressene“ Rollen, so dass dadurch messerscharfe Kanten entstehen.

Bauteilen kann erhebliche Störungen bei der Bandführung verursachen, was oft zur Beschädigung des Bandes und anderer Bauteile führt und eine Verletzungsgefahr für die Mitarbeiter darstellt.

Ein Band mit Schiefelauf kann zum Rahmen der Förderanlage wandern, wodurch sowohl das Band als auch der Rahmen durch Scheuern beschädigt werden. Wenn dieser Zustand nicht sofort bemerkt wird, können lange Abschnitte des wertvollen Bandmaterials zerstört werden, und selbst die tragende Konstruktion kann beschädigt werden. Bandversatz verursacht Produktionsunterbrechungen, da das Band angehalten, repariert und vor der Wiederaufnahme des Betriebes eingespurt werden muss.

Besonders kritisch ist, dass entweichendes Fördergut, das viele Probleme schafft, gleichzeitig deren Erkennung erschwert. Das gilt zum Beispiel für beschleunigte Korrosion von Stahlelementen, die unter feuchten Fördergutansammlungen für das Anlagenpersonal nicht sichtbar ist (**Abbildung 1.8**). Im schlimmsten Fall kann dies zu katastrophalem Schaden führen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass oft eine Ursache-Folge-Spirale entsteht: Verschüttungen führen zu Materialaufbau auf Rollen, was zu Bandversatz führt, was dann wiederum zu vermehrten Verschüttungen führt. Entweichendes Material schafft wirklich einen Teufelskreis an notwendigen Arbeiten - welche allesamt die Instandhaltungskosten steigern.

Abbildung 1.7

Materialaufbau auf der Oberfläche von Trommeln und Rollen kann das Band aus der Spur bringen, und Schäden am Band und an anderen Komponenten der Förderanlage verursachen.



Abbildung 1.8

Ansammlungen von feuchtem Material an den umgebenden Stahlbauteilen können die Korrosion beschleunigen, während sie es gleichzeitig dem Anlagenpersonal erschweren, das Problem zu bemerken.



Verminderte Betriebssicherheit

Betriebsunfälle sind kostspielig, sowohl in Bezug auf die Gesundheit der Mitarbeiter als auch in Bezug auf das Produktionsvolumen und die Produktionseffizienz. Im Jahre 2005 veranschlagte der nationale Sicherheitsrat in den Vereinigten Staaten die Kosten eines arbeitsbedingten Todesfalls auf 1.190.000 USD; die auf 38.000 USD geschätzten Kosten einer zur Arbeitsunfähigkeit führenden Verletzung beinhalten Lohn- und Produktivitätsverluste, medizinische Behandlungskosten und Verwaltungskosten. Schätzungen von Sachschäden sind in diesen Zahlen nicht enthalten und deshalb sollten sie zur Bestimmung des gesamten ökonomischen Verlustes der Gesellschaft nicht herangezogen werden.

Es ist durch Statistiken der Mine Safety and Health Administration (MSHA), der US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau belegt, dass die Hälfte der in Bergbaubetrieben im Zusammenhang mit Förderbändern vorkommenden Unfälle Reinigungs- und Instandsetzungsarbeiten zuzuschreiben sind, die aufgrund von Verschüttungen und der Ansammlung vom Material auf Bauteilen notwendig werden. Wenn das Entweichen von Material ausgeschlossen werden könnte, würde sich die Häufigkeit der Vorkommnisse, bei denen die Mitarbeiter diesen Gefahren ausgesetzt sind, bedeutend reduzieren. Ein übermäßiger Ablaufverlust kann auch andere, weniger offensichtliche Sicherheitsrisiken hervorrufen.

In einem Sicherheitsseminar des australischen Department of Primary Industries (Ministerium für Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Bergbau) wurde berichtet, dass in dem Zeitraum von sechs Jahren, von 1999 bis 2005, insgesamt 85 Brände an Förderbändern in Untertage-Kohlebergwerken im Staate New South Wales gemeldet worden sind. Von diesen waren nachweislich 22 durch Verschüttungen von Kohle verursacht und 38 durch Spurführungsprobleme an den Förderanlagen. Zwei der zwölf im Bericht enthaltenen Empfehlungen lauteten: „Die Spurführung der Förderbänder verbessern“ und „Keine Verschüttungen um die Förderanlage dulden.“

Im Jahr 2006 verursachte ein Brand an einem Förderband in einem Untertage-Kohlebergwerk in den Vereinigten Staaten zwei Todesfälle. Die Ursache für diesen Brand wurde auf die von einem schief laufenden Gurt erzeugte Reibungshitze zurückgeführt, die zusammen mit Fett und Öl zur Entzündung von angesammeltem Kohlenstaub, Feinanteilen und Materialverschüttungen führte.

Viele Länder setzen nun gegenüber den Firmen regulative Sicherheitsvorschriften durch. Dazu gehört auch die Pflicht zur Durchführung von Gefahrenanalysen für alle Aufgabenbereiche. In den Leitfäden für die Konstruktion und den Betrieb wird gefordert, dass eine einmal erkannte Gefahr auch beseitigt werden muss. In der Rangfolge der Maßnahmen wird normalerweise empfohlen, diesen Gefahren mit entsprechender konstruktiver Änderung entgegen zu wirken. Die jeweils gewählte Maßnahme hängt natürlich vom Schweregrad der Gefahr und den Gegebenheiten der vorhandenen Anlage ab.

Niedrigere Arbeitsmoral der Mitarbeiter

Die Motivation der Mitarbeiter hat viel mit dem Grad ihrer Zufriedenheit zu tun, und die Umgebung des Arbeitsplatzes hat einen wesentlichen Einfluss auf diese Zufriedenheit.

Eine saubere Anlage bietet einen sichereren Arbeitsplatz, auf den man stolz sein kann und steigert damit die Arbeitsmoral der Mitarbeiter. Zufriedene, motivierte Mitarbeiter sind wahrscheinlich pünktlicher bei der Arbeit und erbringen bessere Leistung. Die Menschen entwickeln ein Gefühl des Stolzes, wenn ihre Arbeitsstelle vorbildlich ist, und sie werden sich auch bemühen, dass dies so bleibt. Es ist schwer, auf seine Arbeitsstelle stolz zu sein, wenn man an einer Anlage arbeitet, die von Nachbarn, Freunden und besonders von den Mitarbeitern selbst als schmutzig und ineffizient wahrgenommen wird.

Es ist erwiesen, dass Arbeitsstellen mit sich wiederholenden und undankbaren Aufgaben, wie z. B. das Wegräumen von Materialverschüttungen um die Förderanlagen, die höchsten Stände an unentschuldigten Fehlzeiten und Arbeitsunfällen aufweisen. Es ist eine langweilige, abstumpfende Arbeit, heute einen Haufen ausgelaufenen Materials wegzuschaukeln, wenn man weiß, dass der Haufen morgen wieder da sein wird.

Verminderte Produktqualität

Entweichendes Schüttgut kann Störungen an der Förderanlage verursachen, den Arbeitsprozess beeinträchtigen und das Fertigerzeugnis kontaminieren. Es kann sich auf empfindlichen Geräten absetzen, die Messwerte von Sensoren verfälschen und streng überwachte Rezepturen beeinflussen.

Umher liegendes verschüttetes Fördergut und alles bedeckender Staub vermitteln der Produktqualität eines Werkes ein negatives Image.

Dieser Zustand demotiviert die Mitarbeiter in ihren Anstrengungen für bessere Qualität und mehr Leistung. Der allgemeingültige, elementare Grundsatz der Qualitätsverbesserungsprogramme, die bei vielen Unternehmen existieren, ob „Total Quality“ oder andere verbreitete Strategie, besteht darin, dass jeder einzelne Teil jeder Aufgabe die geforderten Qualitätsstandards erfüllen muss. Die Bemühungen eines jeden Mitarbeiters müssen zu der Qualität des gesamten Ergebnisses beitragen. Diesem elementaren Grundsatz widerspricht eine Situation, in der Mitarbeiter täglich sehen, dass ein Förderband ineffizient geführt wird, überall Fördergut herum liegt und die gesamte Umgebung verunreinigt wird. Sie gewöhnen sich allmählich an dieses Bild und daran, dass die schlechtere Leistung auch akzeptiert wird. Solche Zustände führen schnell zu einer negativen Arbeitsmoral und zu laxer, schludriger Einstellung. Fördergutverluste sind ein sichtbares Beispiel für nachlässige Praktiken, die durch Qualitätsprogramme im Unternehmen ausgemerzt werden sollen.

Vermehrte Überprüfungen durch externe Stellen und kritische Haltung der Öffentlichkeit

Schüttgut, das offensichtlich unkontrolliert die Anlage verlässt, wirkt wie ein Magnet: eine wabernde Staubwolke zieht die Aufmerksamkeit von besorgten Nachbarn an, von Behörden und Bürgerinitiativen. Die Materialansammlungen unter Förderanlagen oder auf nahe gelegenen Straßen, Gebäuden und Geräten kommt quasi einer Botschaft an Aufsichtsbehörden und Versicherungsgesellschaften gleich, die lautet: diese Anlage wird schlampig betrieben und verdient zusätzliche Inspektionen oder Aufmerksamkeit.

Wenn eine Anlage als schmutzig oder unsicher eingestuft wird, läuft man die Gefahr einer behördlichen Verfügung, dass der Betrieb geschlossen wird, bis die Probleme behoben sind. Gruppierungen in Gemeinden können für eine unangenehme Publizität in den Medien sorgen und Konfrontationen bei verschiedenen Anhörungen herbeiführen, wenn es um Genehmigungen geht oder bei anderen öffentlichen Versammlungen.

Ein sauberer Betrieb zieht weniger unerwünschte Aufmerksamkeit von Behörden an und bildet auch kein Ziel für Umweltschutzaktivisten. Man spart Kosten, wenn man weniger für Bußgelder, Versicherungsbeiträge, Anwalts-honorare und für Öffentlichkeitsarbeit ausgeben muss.



Das zusätzliche Problem des Flugstaubes

Wenn Staub weggeweht wird und aus dem Fördersystem entkommt, ist dies ein Grund zur ernsthaften Sorge. Staub ist ein größeres Problem als Verschüttungen: Während die ersten auf das Gelände der Anlage beschränkt sind, wird Flugstaub leicht vom Standort weggetragen (**Abbildung 1.9**).

Im Jahr 1998 hat die australische Umweltschutzbehörde in ihrer Serie *Best Practice Environmental Management in Mining* einen Bericht über Staubbekämpfung veröffentlicht (*Referenz 1.2*). In diesem Bericht werden Quellen für Flugstaub in verschiedenen mineralstoffverarbeitenden Betrieben analysiert und als Hauptquellen folgende genannt:

Zerkleinerung	1-15 Prozent
Abseibung	5-10 Prozent
Aufhaltung	10-30 Prozent
Rückladung	1-10 Prozent
Fördersysteme	30-60 Prozent

Im Clean Air Act (Gesetz zur Reinhaltung der Luft) wird die Umweltschutzbehörde (EPA) der Vereinigten Staaten per Gesetz zur Verringerung des Gehaltes an Schwebstoffpartikeln in der Umgebungsluft verpflichtet. Für die meisten Schüttguthandhabungsbetriebe gilt der Grenzwert von maximal 2,0 mg/m³ an einatembaren Stäuben in geschlossenen Räumen über einen Zeitraum von acht Stunden. Im Untertagebergbau wird wahrscheinlich bald die Einhaltung eines Grenzwertes von 1,0 mg/m³ verlangt werden. Die Nichteinhaltung von Luftreinhaltevorschriften kann zu empfindlichen Strafen seitens der Behörden führen.

Die US-Arbeits-sicherheitsbehörde Occupational Safety and Health Administration (OSHA) hat festgestellt, dass Flugstaub innerhalb der Anlagen und in ihrer Umgebung zu gefährlichen Arbeitsbedingungen führen kann. Wenn bei den Inspektoren der OSHA oder der US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau Mine Safety and Health Administration (MSHA) eine

Beschwerde oder eine Luftprobe eingeht, bei der eine Überschreitung der gesundheitlichen Richtwerte nachgewiesen wird, kann dies rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

Einatmen von Staub mit Partikeln kleiner als 10 µm im Durchmesser werden nicht von den natürlichen Abwehrmechanismen der menschlichen Atmungsorgane herausgefiltert und dringen tief in die Lungen ein, wo sie im Gewebe eingeschlossen werden können und zu ersten Gesundheitsproblemen führen. Diese gesundheitlichen Erscheinungen konnten bei der Belegschaft festgestellt werden, und könnten sogar bei Anwohnern in der Nachbarschaft auftreten.

Eine besonders große Gefahr, die sich aus Schwebestäuben ergeben kann, ist das Risiko von Staubexplosionen. In geschlossenen Räumen können Staubkonzentrationen erreicht werden, die durchaus explosiv sind. Ein derartiger Vorfall, der bereits gewaltige Kosten in Anbetracht des Aufwandes für Instandsetzung, Ersatz, Geldstrafen und Produktionsausfall nach sich zieht, kann aber auch zum größten Verlust überhaupt führen: dem Verlust menschlichen Lebens.

ISO 14000 und die Umwelt

Die kontinuierliche Globalisierung der Wirtschaft verspricht eine Vereinheitlichung der Normen. So wie die von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) entwickelte ISO 9000 eine weltweite Norm für die Kodifizierung von Qualitätsverfahren geworden ist, wird die Entwicklung der ISO 14000 ein international angelegtes Programm zur Feststellung der Auswirkung eines Betriebes auf die Umwelt beinhalten. ISO 14000 schreibt freiwillige Richtlinien und Spezifikationen für das Umweltmanagement vor. Das Programm fordert:

- A. Die Feststellung jener Aktivitäten einer Firma, die eine signifikante Auswirkung auf die Umwelt haben
- B. Die Schulung des gesamten Personals, dessen Arbeit eine signifikante Auswirkung auf die Umwelt haben kann
- C. Die Entwicklung eines Audit-Systems zur Sicherstellung der korrekten Umsetzung und Fortführung des Programms

Gesetzliche Grenzwerte

Für die zulässige Menge an entwichenem Material, z. B. bezüglich der Höhe einer Ansammlung neben dem Förderband oder der Menge an Rücklaufmaterial unter einer

Abbildung 1.9
Staubemissionen aus Förderanlagen und Übergaben stellen ein ernsthaftes Problem dar.





Rolle, hat keine Behörde spezifische Vorschriften herausgebracht. Für die Schwebstaubmengen sind dafür Grenzen festgelegt worden. Die OSHA hat für etwa 600 unter die Vorschriften fallende Stoffe zulässige Belastungsgrenzwerte (PEL) und Maximale Arbeitsplatz-Konzentrationen (TLV) festgelegt.

Diese Bestimmungen geben die zulässige Staubmenge an, ausgedrückt als Teile pro Million Teile Luft (ppm) für Gase und in Milligramm pro Kubikmeter (mg/m³) für Partikel wie Staub, Rauch und Nebel. Die Unternehmen sind dafür verantwortlich, diese Normen unter Androhung von Strafen einzuhalten, wie z. B. die behördliche Vorladung, der Einsatz rechtlicher Mittel, Erhöhung der Versicherungstarife und sogar Gefängnis.

In der Durchführungsprozedur der OSHA ist auch Hinweis vermerkt, dass die Inspektoren auch auf Staubansammlungen an Decken, Wänden, Fußböden und auf sonstigen Oberflächen achten sollen. Das Vorhandensein von entwichenem Material dient den Inspektoren als Alarmzeichen und zieht die Notwendigkeit der Entnahme der Luftproben nach sich, um die Möglichkeit von erhöhten Werten in Bezug auf Schwebestäube zu prüfen.

Während die ISO und andere Organisationen weiter auf behördlich festgelegte Grenzwerte drängen, unterscheiden sich diese Grenzwerte von Land zu Land weiterhin. Mit Sicherheit kann gesagt werden, dass die Umweltschutzvorschriften, einschließlich der Staubbekämpfung, rund um die Welt immer restriktiver werden. Diese Richtlinien werden fast mit Sicherheit erweitert werden, so dass auch die aus Förderanlagen entweichenden Stoffe miteinbezogen werden.

WIRTSCHAFTLICHKEIT DER MATERIALKONTROLLE

Wie ein kleines bisschen Material zu großen Problemen wird

Aus Förderanlagen entweichendes Schüttgut stellt für wirtschaftliche Situation eines Unternehmens eine ernste Belastung dar. Die offensichtliche Frage ist: „Wie kann das so viel kosten?“ An einem Übergabepunkt entweicht nur ein sehr kleiner Bruchteil des Materials, das über diesen Punkt transportiert wird. Das Problem stellt sich ein, wenn sich diese Verluste ununterbrochen über lange Zeit akkumulieren. Dann kann bereits das „klein bisschen“ Material schnell auf ein beträchtliches Volumen anwachsen (**Tabelle 1.1**).

In Wirklichkeit entweichen an Übergabepunkten Materialmengen, die viel größer sind als vier Gramm pro Minute, wie es exemplarisch in der Tabelle 1.1 angegeben ist. In Schweden und in Großbritannien wurden die tatsächlichen Fördergutverluste und ihre Kosten anhand von Studien untersucht.

Untersuchungen über die Kosten der Fördergutverluste

In einem Bericht mit dem Titel *Die Kosten für die Schüttgutindustriebetriebe des Vereinigten Königreichs, die durch Staub, Verunreinigung und Fördergutverluste entstehenden*, wurden acht Anlagen geprüft, die Stoffe wie Tonerde, Koks, Kalkstein, Zement und Kaolin verarbeiten. Diese Kosten wurden zur Berücksichtigung einer jährlichen Preissteigerung inflationsbereinigt. Diese für das Institut der Maschinenbauingenieure durchgeführte Studie hat festgestellt, dass den Betrieben Zusatzkosten entstehen, die einem einprozentigen Fördergutverlust und 40 Pence

Kumulation der Fördergutverluste über die Zeit					
Materialverluste	Kumulierte Menge				
	Stunde	Tag	Woche	Monat	Jahr
	(60 Minuten)	(24 Stunden)	(7 Tage)	(30 Tage)	(360 Tage)
“Päckchen Zucker” 4 g pro Stunde	4 g	96 g	672 g	2,9 kg	34,6 kg
“Päckchen Zucker” 4 g pro Minute	240 g	6,2 kg	43,7 kg	187,2 kg	2,2 t
“Schaufel voll” 9 kg pro Stunde	9 kg	216 kg	1,5 t	6,5 t	77,8 t
“Eimer voll” 20 kg pro Stunde	20 kg	480 kg	3,4 t	134,4 t	172,8 t
“Schaufel voll” 9 kg pro Minute	540 kg	13 t	90,7 t	388,8 t	4665,6 t

Tabelle 1.1

(0,45 Euro) pro Tonne Durchsatz entsprechen. Anders ausgedrückt, für jede auf der Förderanlage bewegte Tonne entsteht ein Verlust von 10 kg, sowie erhebliche zusätzliche indirekte Kosten.

Die Gesamtkosten lassen sich in vier folgende Komponenten aufteilen:

- A. Den Wert des verlorenen Fördergutes (berechnet mit einem Prozent)
- B. Die Arbeitsaufwandkosten zur Beseitigung der Verschüttungen, die sich durchschnittlich auf 12,8 Pence (0,15 Euro) pro Tonne belaufen
- C. Die Kosten der Ersatzteile und der Arbeitsleistung für die zusätzlich erforderliche Wartung, die sich durchschnittlich auf 8,6 Pence (0,10 Euro) pro Tonne Durchsatz belaufen
- D. Die branchenspezifische Sonderkosten, wie die Aufwendungen für die Wiederaufbereitung des verschütteten Fördergutes und für die erforderlichen medizinischen Untersuchungen des Personals aufgrund gesundheitlicher Belastungen durch Staub, die sich auf 19,7 Pence (0,22 Euro) pro Tonne Durchsatz belaufen

Anmerkung: Diese Verluste beziehen sich auf Schüttgut aus Verschüttungen und Rücklaufmaterial zusammen mit dem Schüttgut, der an den Halden durch den Wind verstreut wird.

Eine ähnliche, vom Königlichen Institut für Technik in Schweden durchgeführte Studie über 40 Anlagen schätzte, dass Schüttgutverluste 0,2 % der Fördermenge und die zusätzlichen Gesamtkosten von fast 13 schwedischen Kronen (1,34 Euro) pro Tonne betragen würden.

Es ist interessant, dass in diesen beiden Studien nicht die Ersatzteile und der Arbeitsaufwand für Reinigung und Wartung die höchsten Kosten pro transportierte Tonne verursacht haben, sondern der tatsächliche Fördergutverlust. Dabei sind hier die indirekten Kosten für den Einsatz von Arbeitskräften nicht enthalten, die, statt für den Produktionseinsatz, für die zeitaufwendigen Aufräumarbeiten eingesetzt wurden. Diese Zahlen wären schwierig zu berechnen.

Es ist leichter die Ist-Kosten für den Ausfall eines Fördersystems zu berechnen, wie zum Beispiel den reduzierten täglichen Fördergutdurchsatz. Wenn ein Band am Tag 24 Stunden läuft, kann der durch einen Bandausfall verursachte Produktionsverlust jeder Stunde betragsmäßig als Handelswert der nicht erreichten Gesamtleistung des Systems angesetzt werden.

Dies hat einen Einfluss auf die Einnahmen und Gewinne des Betriebes.

Die wirtschaftliche Betrachtung der Materialkontrolle

Die Kosten der Materialkontrollsysteme werden im Verlauf der Lebensdauer einer Förderanlage normalerweise dreimal betrachtet. Die erste Betrachtung findet während der Konstruktion des Systems statt, die zweite bei der Inbetriebnahme des Systems und die Dritte während des laufenden Betriebes, wenn festgestellt wird, dass die ursprünglichen Systeme die Materialverluste nicht verhindert haben.

Bei neuen Installationen ist es oft sehr schwierig, die genauen Anforderungen an die Materialkontrolle vorherzusagen. In den meisten Fällen kann man sie auf der Grundlage von Erfahrungen mit ähnlichen Materialien und auf ähnlichen Förderanlagen nur grob schätzen. Eine Regel, an die man denken sollte, lautet: „Eine Entscheidung, die 1 Euro im Planungsstadium kostet, kostet normalerweise 10 Euro an Änderungsaufwand in der Entwurfsphase, oder 100 Euro, wenn man sie vor Ort korrigieren muss.“ Die Lehre daraus: Es ist besser, sich von vornherein auf den schlimmsten Fall einzustellen, als dass man später mit Brech-eisen-Methoden versucht, zusätzliches Gerät einzubauen, wenn man festgestellt hat, dass das ursprüngliche System unzureichend konstruiert worden ist.

Die Einzelheiten in Bezug auf Übergabeknoten, wie z. B. die abschließende Gestaltung und Platzierung von Lenkblechen an Schurren werden manchmal dem Techniker bei der Inbetriebnahme überlassen. Es kann von Vorteil sein, den Lieferanten von Spezialsystemen die Verantwortung für die letzten technischen Entscheidungen (vor Ort) bezüglich des Einbaus und der Inbetriebnahme ihrer eigenen Geräte zu überlassen. Dies kann zwar zu zusätzlichen Kosten für die Inbetriebnahme führen, es ist aber normalerweise die effektivste Lösung, um einen korrekten Einbau und die Übernahme der Alleinverantwortung für die Funktion der Geräte zu gewährleisten.

Die Grundlage für die Planung der Anlagen sind oft Kosten pro Tonne verbauten Stahls. Selbst wenn zum Zeitpunkt der konstruktiven Planung nicht die besten Steuerungsmechanismen für den Materialtransport mit einbezogen wurden, so kostet es nur wenig mehr, die Gestaltung der Bauteile und Schurren so vorzunehmen, dass der nachträgliche Einbau von überlegenen Systemen möglich ist. Die Folgen davon, dass man im ursprünglichen Entwurf am falschen Ende gespart hat, sind

die verschiedenen Probleme: entweichendes Fördergut, verstopfte Schurren und dazu noch die zusätzlichen Kosten für die Nacharbeit.

DATENERFASSUNG ALS GRUNDLAGE VOLLER MATERIALKONTROLLE

Der Gestaltung der Hauptkomponenten von Förderbändern wird große Aufmerksamkeit gewidmet. Bedauerlicherweise werden oft andere Faktoren, die die Zuverlässigkeit und Effizienz dieser teuren Systeme beeinflussen, ignoriert. Die Kosten für entweichendes Fördergut stellen einen solchen Faktor dar.

Die Aufzeichnung der Daten zum Thema Materialverluste gehört nicht zu routinemäßigen Aufgaben des Betreibers oder des Wartungspersonals. Die Menge an Ablaufverlust, die Häufigkeit der Vorkommnisse, der Verbrauch an Material für die Wartung und die Arbeitsaufwandkosten werden selten aufaddiert, um die durch das entweichende Material verursachten tatsächlichen Kosten zu ermitteln. Die Faktoren - wie z. B. die Arbeitsstunden für Aufräumarbeiten und deren Häufigkeit; die Abnutzung an den Seitenabdichtungen und am Gurtmaterial der Förderanlage; die Kosten für den Austausch der Rollen, einschließlich Anschaffungs- und Montagekosten sowie Kosten durch Stillstandszeiten; sogar der erhöhte Energieverbrauch, der bei durch Materialanbackungen blockierten Lagern entsteht - sollten bei der Ermittlung der tatsächlichen Kosten für entweichendes Material mit eingerechnet werden. Die Bauteile, deren Standzeit durch entweichendes Material verkürzt werden kann, wie z. B. Rollen, Trommelummantelungen und das Band selbst, sollten zur Ermittlung der Standzeit und des Wiederbeschaffungszyklus überprüft werden.

Bei rechnerbasierten Wartungsprogrammen könnte man leicht ein zusätzliches Feld für die Ursache von Ausfällen bei den ersetzten Teilen einfügen. In den Wahllisten dieser Programme sollten Ursachen wie verschüttetes Fördergut, Rücklaufmaterial, Staubeintritt, Wassereintritt und Abnutzung durch Abrieb (bei den Rollen) enthalten sein. Dies würde die Aufstellung über die Kosten für Bauteilausfälle, aufgeschlüsselt nach Ursachen, ermöglichen. Solche Wartungsprogramme sollten Daten über die installierten Bandreinigungsgeräte und Abdichteinrichtung enthalten, damit die genauen Kosten für das installierte System bestimmt werden können.

Einige Dienstleister, die Vertragswartung anbieten, verfügen über Datenbanken über die Förderanlagen der Kunden, und erfassen darin die Systemanforderungen, Einzelheiten

über den Zustand der Geräte und der ausgeführten Wartungsarbeiten. Diese Informationen sind eine große Hilfe bei der Festlegung von vorbeugenden Wartungsarbeiten und bei der Entscheidung, wann auf externe Hilfe zurückgegriffen werden sollte. Diese Informationen können auch zur verbesserten Verwaltung des Maschinenparks und des Budgets eines Betriebes verwendet werden.

Die quantitative Bestimmung der Fördergutverluste an Übergabeknoten ist schwierig. In einem umschlossenen Bereich können Kapazitätsmessgeräte zur Beurteilung der relativen Dichte des Staubs in der Luft herangezogen werden. Für Übergabeknoten im Freien ist die Staubbmessung schwieriger, jedoch nicht unmöglich.

Eine grundlegende Methode besteht darin, dass man in einem definierten Bereich das Material einsammelt, sein Gewicht oder Volumen wiegt oder schätzt und die dazu benötigte Zeit erfasst. Dies wird dann in regelmäßigen zeitlichen Abständen wiederholt. Ob diese Erfassung in wöchentlichem, täglichem oder stündlichem Rhythmus erfolgt, hängt von den Betriebsverhältnissen ab.

Schwieriger gestaltet sich die Feststellung des Ursprungs des Fördergutverlustes. Entwichenes Fördergut kann von Rücklaufmaterial der Förderanlage stammen, von Verschüttungen aufgrund von Bandversatz, von undichter Abdichtung der Einhausung, von Verschüttungen durch Materialschwall bei der Beladung oder durch außenmittige Beladung, Leckagen aus Löchern in der Schurre aufgrund von Korrosion oder fehlenden Schrauben, oder kann von höher gelegenen Ebenen kommen.

Die Person, die Schüttgutverluste untersucht, muss sich über die Zahl der möglichen Variablen im Klaren sein, die auf die Ergebnisse einen Einfluss haben könnten. Das erfordert, dass die Untersuchung über einen ausreichend langen Zeitraum durchgeführt wird, und dass die meisten vorkommenden Einsatzbedingungen erfasst werden, wie z. B.: wechselnde Umweltbedingungen und Arbeitszyklen der Förderanlage, Feuchtigkeitsgehalt des Förderguts und andere relevanten Faktoren.

Die Aufzeichnung der Mengen an Ablaufverlust und der damit verbundenen Kosten für Arbeit, Teile und Stillstandszeiten sollte innerhalb des Management-Informationssystems zum Betrieb von Förderbändern eine Schlüsselrolle einnehmen.

Eine fachlich fundierte Untersuchung der Schüttgutverluste, die zu zutreffenden Empfehlungen für die volle Materialkontrolle

führt, scheint nur dann möglich zu sein, wenn derartige Aufzeichnungen zur Verfügung stehen. Die mit Schüttgutverlusten verbundenen Kosten rechtfertigen bei vielen Fördersystemen leicht die zur Fehlerbehebung notwendigen Maßnahmen. In den meisten Fällen, in denen entsprechende Aufzeichnungen geführt worden sind, hat es sich gezeigt, dass die Kosten für den Einbau verbesserter Systeme schon durch eine kleine Verbesserung in Bezug auf die Materialkontrolle rasch wieder hereingeholt werden können. Oft reichen alleine schon die Einsparungen bei Arbeitsaufwand aus, um die Kosten für nachträglich eingebaute Einrichtungen in weniger als einem Jahr auszugleichen.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Das Management des Risikos und das Risiko des Managements

In vielen Ländern greift langsam die Regelung, die Geschäftsleitung persönlich für eine versäumte Reduktion der Bedingungen haftbar zu machen, die zu Materialverlust und Staubbildung aufgrund von mangelhaft konzipierten, nachlässig geführten oder schlecht gewarteten Förderanlagen führt. In Australien zum Beispiel beträgt die Höchststrafe für die versäumte Beseitigung eines bekannten Problems, das zu einem Todesfall oder schwerer Körperverletzung führt, 60.000 australische Dollar (AUD) Geldstrafe und zwei Jahre Gefängnis für den Geschäftsführer und eine Geldstrafe von 300.000 AUD für die Firma. Es besteht kein Zweifel daran, dass eine wesentliche Zahl der Unfälle in Verbindung mit Förderanlagen in direkter Beziehung zu Aufräumarbeiten zur Beseitigung von Ablaufverlusten und Rücklaufmaterial steht, und es ist auch bekannt, dass es Methoden und Produkte zur Beseitigung dieser Probleme gibt. Folglich geht jeder Geschäftsführer das Risiko dieser Strafen ein, wenn er diese Probleme ignoriert und damit die Gesundheit der Mitarbeiter gefährdet.

Die Verwendung einer standardisierten „Gefahrenanalyse“ - Vorlage zur Einstufung der Wahrscheinlichkeit und der Folgen von „Gefahren“, die bei der Beseitigung von Verschüttungen und Rücklaufmaterial in der Umgebung der Förderanlagen festgestellt wurden, bietet eine Möglichkeit zur Abwägung des Risikos für Mitarbeiter und die Betriebsleitung (**Tabelle 1.2**).

Selbst die sehr zurückhaltenden Betreiber und Wartungsleute würden die „Wahrscheinlichkeit“ des Vorkommens eines Sicherheitsvorfalls bei der Beseitigung von Verschüttungen und Rücklaufmaterial um und unter Förderbän-

dern beurteilen als „B: Ist schon vorgekommen oder ist fast schon mal passiert“ oder „C: Könnte auftreten oder ich habe mal gehört, dass es vorgekommen ist, mit einer „Auswirkung für Menschen“ - Einstufung von „2: Schwere Verletzung“. Die Übertragung dieser Werte für „Wahrscheinlichkeit“ und „Auswirkung für Menschen“ in den „Risikostufen-Rechner“ ergibt für die Reinigungsarbeiten eine Einstufung auf Stufe 5 oder 8, und somit gehören diese Arbeiten in die Kategorie mit einem „Extremen Risiko“ einer schweren Verletzung (**Tabelle 1.2**).

Diese Einstufungen demonstrieren eine Situation, in der das auf den Betriebsleiter bezogene Risikomanagement bedeutet, dass dieser die gebotene Sorgfalt walten lassen muss, indem er Systeme zur Beseitigung oder Minimierung dieser Gefahren einführt.

Folglich müssen Geschäftsführer alles in ihrer Macht stehende tun, damit die Mitarbeiter nicht den Gefahren (wie z. B. bei der Förderanlagenreinigung) ausgesetzt werden, sowohl für das Wohl ihrer Mitarbeiter, als auch zur Vermeidung ihres eigenen, persönlichen Risikos.

VORTEILE DER VOLLEN MATERIALKONTROLLE

Zum Abschluss...

Wenn man die Kosten betrachtet, die durch Fördergutverluste verursacht werden, wird schnell offensichtlich, dass die Materialkontrolle an der gesamten Förderanlage einen großen Nutzen darstellt. Dieser Nutzen gilt nicht nur für die Förderanlage selbst, sondern erstreckt sich auf alle Vorgänge und Stationen des Betriebes, die mit der Förderanlage verbunden sind. Es hat sich aber erwiesen, dass diese Kontrolle schwer zu erreichen und noch schwerer aufrecht zu erhalten ist.

Zur Förderung der vollen Materialkontrolle bedarf es eines gut geplanten, nachhaltigen Ansatzes. Dieser Ansatz bietet Möglichkeiten zur Kostenreduktion und zur Steigerung der Effizienz und Rentabilität bei vielen Vorgängen.

Volle Materialkontrolle bedeutet, dass das Material auf dem Band und innerhalb des Systems gehalten wird. Das Fördergut wird bewegt - wohin es benötigt wird, in dem Zustand und mit der Geschwindigkeit, die benötigt wird - ohne Verlust oder zusätzlichen Energieverbrauch und ohne vorzeitigen Maschinenausfall oder erhöhte Instandhaltungskosten. Die volle Materialkontrolle verbessert die Effizienz der Anlage und reduziert die Betriebskosten.

Das vorliegende Buch zeigt viele Konzepte auf, die in einem Programm zur Erreichung der vollen Materialkontrolle verwendet werden können.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über die volle Materialkontrolle, das erste Kapitel im Abschnitt „Grundlagen sicherer Schüttguthandhabung“, hat uns die Notwendigkeit und die Vorteile der Minderung von Ablaufverlusten und Staub aufgezeigt. Das folgende Kapitel „Sicherheit“, setzt diesen Abschnitt fort und erläutert die Wichtigkeit des sicherheitsbewussten Verhaltens an Förderanlagen sowie Lösungen zur Steigerung der Sicherheit an der Anlage durch die volle Materialkontrolle.

REFERENZEN

- 1.1 Engineering Services & Supplies PTY Limited. Australische Reg. Nr. 908273, Total Material Control und Reg. Nr. 716561, TMC.
- 1.2 Environment Australia. 1998 *Best Practice Environmental Management in Mining: Dust Control* (Staubbekämpfung), (ISBN 0 642 54570 7).



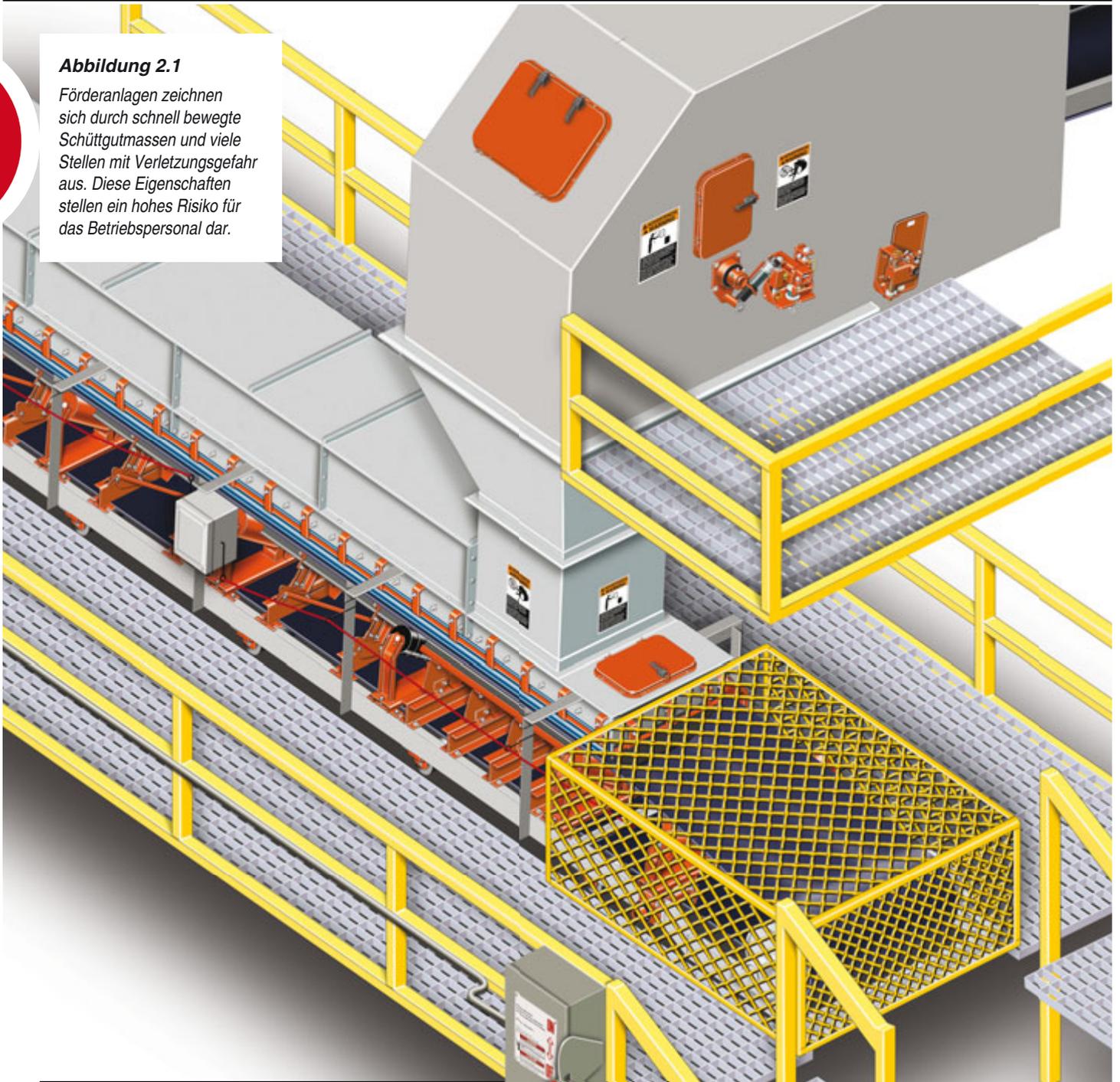
Risikomatrix-System					
Schritt 1: Bestimmung der Wahrscheinlichkeit		Schritt 2: Bestimmung der Folgen (es gilt die höhere der beiden)			
Wahrscheinlichkeit		Auswirkung für Menschen		Auswirkung für die Anlage, Betriebsvermögen, Produktivität & Umwelt	
A	Täglich: Häufiges Auftreten	1	Tödlich, Vollinvalidität	Äußerste Gefahr, extreme Firmenumorganisation. Schwerwiegender Umweltschaden.	
B	Wöchentlich: Ist schon vorgekommen oder ist fast schon mal passiert	2	Schwere Verletzung oder Krankheit (Zeitverlust)	Größerer Schaden, wesentliche Firmenumorganisation. Ernster Umweltschaden.	
C	Monatlich: Könnte auftreten oder ich habe mal gehört, dass es vorgekommen ist	3	Behinderung oder kurzzeitige Verletzung (Zeitverlust)	Mittlerer Schaden, ernste Produktionsunterbrechung. Reversibler Umweltschaden.	
D	Jährlich: Kommt eher nicht vor	4	Medizinische Behandlung der Verletzung	Geringer Schaden. Leichte Störung der Produktion, leichter Umweltschaden.	
E	Alle 5 Jahre: Praktisch unmöglich	5	Keine Verletzung oder nur Erste Hilfe	Vernachlässigbarer Schaden. Minimale Störung der Produktion, kein Umweltschaden.	
Schritt 3: Risikostufenmatrix zur Risikobestimmung					
	A	B	C	D	E
1	1 EXTREM	2 EXTREM	4 EXTREM	7 EXTREM	11 BEDEUTEND
2	3 EXTREM	5 EXTREM	8 EXTREM	12 BEDEUTEND	16 MÄSSIG
3	6 EXTREM	9 BEDEUTEND	13 BEDEUTEND	17 MÄSSIG	20 MÄSSIG
4	10 BEDEUTEND	14 BEDEUTEND	18 MÄSSIG	21 NIEDRIG	23 NIEDRIG
5	15 BEDEUTEND	19 MÄSSIG	22 NIEDRIG	24 NIEDRIG	25 NIEDRIG

Tabelle 1.2

Typisches Beispiel für ein Risikomatrix-System, wie es in Australien gebräuchlich ist. Herkunft unbekannt.

Abbildung 2.1

Förderanlagen zeichnen sich durch schnell bewegte Schüttgutmassen und viele Stellen mit Verletzungsgefahr aus. Diese Eigenschaften stellen ein hohes Risiko für das Betriebspersonal dar.



Kapitel 2

SICHERHEIT

Sicherheit der Förderanlagen:	
Bestandsaufnahme und Problemstellung	15
Sicherheitspraktiken an Förderanlagen	18
Sicherheitsschulung	23
Eigenverantwortung entscheidet	24
Weiterführende Themen	25
Doppelter Vorteil durch Sicherheit an Förderanlagen	25

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel konzentrieren wir uns auf die Bedeutung der Sicherheitspraktiken und der sicherheitsrelevanten Ausbildung der Mitarbeiter, die an den Förderanlagen oder in ihrem unmittelbaren Umfeld tätig sind. Dabei werden die potenziellen Unfallursachen in Verbindung mit ihren direkten und indirekten Kosten untersucht. Es werden sowohl die allgemeinen Sicherheitsbestimmungen als auch spezifische Sicherheitspraktiken beschrieben. Ebenfalls wird die Bedeutung der richtigen Ausbildung neuer als auch erfahrener Mitarbeiter und die entsprechenden Inhalte einer solchen Ausbildung erörtert. Das Kapitel schließt mit einer Betrachtung der Eigenverantwortung, die zur Unfallverhütung an den Förderanlagen und in ihrer Umgebung entscheidend ist.

Eine Förderbandanlage besteht - vereinfacht gesagt - aus einem sehr langen Gummiband, das durch ein Labyrinth von Bauteilen gefädelt und zusätzlich unter große mechanische Spannung gesetzt wird (**Abbildung 2.1**). Dieses Band wird mit einer schweren Last beladen und mit hoher Geschwindigkeit bewegt. Die auftretenden Kräfte sind gewaltig. Dieses Funktionsprinzip ist mit sich schnell bewegenden Schüttgütern verbunden, die dadurch eine hohe Gefährdung für das Personal darstellen. Jeder, der sich einem Förderband nähert, muss sich immer der Kräfte bewusst sein, die in einem solchen System wirken. Vor dem akuten Verletzungsrisiko oder dem todbringenden Potenzial muss man stets den notwendigen Respekt haben. Das gilt besonders für ungeübte und unerfahrene Mitarbeiter. Die langjährige Routine, die evtl. Fahrlässigkeit nach sich ziehen kann, kann genauso gefährlich sein.

Eine Förderanlage kann mit einer Antriebsleistung von 450 kW ausgestattet sein. Dazu kommen noch die kinetische und die potentielle Energie der Ladung, die tonnenweise und mit hoher Geschwindigkeit auf der Anlage transportiert wird. Angesichts dieser Kräfte wird deutlich, dass ein Arbeiter im Falle einer sogar leichten Kollision nicht die geringste Chance hat und ein sehr hohes Risiko einer schweren oder sogar tödlichen Verletzung stets gegeben ist.

Förderanlagen für Schüttgut, wie alle Formen des Massentransports - vom Muldenkipper in der Mine bis hin zu Zügen und Schiffen - bergen ihre eigenen Gefahren und müssen sich mit ihren spezifischen sicherheitsrelevanten Fragen auseinandersetzen. Trotz der prinzipbedingten Risiken sind fachgerecht gestaltete, betriebene

und gewartete Förderanlagen dennoch eine sichere und effektive Methode zur Materialbewegung.

Unfälle können geschehen, aber sie können auch verhindert werden. Förderanlagensicherheit beginnt schon mit einer Planung, in der voraussehbare Gefahren vermieden werden. Die Betriebsleitung muss eine Anlage spezifizieren und zur Verfügung stellen, die sicher und leicht zu bedienen und zu warten ist. Das Anlagenpersonal muss seinerseits die Regeln der Arbeitssicherheit befolgen. Die Festlegung und Einhaltung von Sicherheitsvorgaben bei der Gestaltung, der Herstellung, dem Betrieb und der Instandhaltung von Förderanlagen und Übergabestationen sind Voraussetzung für eine erfolgreiche Unfallverhütung. Richtige Ausbildung ist ein Schlüssel zu mehr Sicherheit für alle Personen, deren Aufgaben sie in die Umgebung von Förderbändern bringen.



Abbildung 2.2

Verschüttungen erhöhen die Sicherheitsrisiken für das im Umfeld der Förderanlagen arbeitende Personal.



Abbildung 2.3

Für das Personal, das in unmittelbarer Nähe zum laufenden Fördergurt arbeitet, besteht die Gefahr einer unbeabsichtigten Berührung, was zu schwerer Verletzung oder Tod führen kann.

**SICHERHEIT DER FÖRDERANLAGEN:
BESTANDSAUFNAHME UND
PROBLEMSTELLUNG**

Beeinträchtigung der Förderanlagensicherheit durch Staubemissionen und Materialverluste

Schüttgut, das der Förderanlage unkontrolliert entweicht, erhöht in mehrfacher Weise die Sicherheitsrisiken (**Abbildung 2.2**). Entweichendes Material macht es erforderlich, dass Mitarbeiter an den Förderanlagen Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten durchführen müssen. Schon die Nähe des Personals zum laufenden Fördergurt schafft die Möglichkeit einer unbeabsichtigten Berührung und damit eine akute und ernste Gefahr (**Abbildung 2.3**).

Förderanlagen und Sicherheit: Ein Blick in die Untersuchungsberichte

Förderanlagen sind eine der häufigsten Ursachen für Betriebsunfälle, einschließlich schwerster und tödlicher Verletzungen.

In einem von der Mine Safety and Health Administration (MSHA, US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau) erstellten Bericht wurden die im Zeitraum von 1996 bis 2000 in den Minen gemeldeten Unfälle an Förderanlagen untersucht. Im MSHA-Bericht (*Referenz 2.1*) sind folgende Arbeitsvorgänge aufgeführt, die mit diesen Unfällen in Verbindung stehen:

- A. Die Durchführung von Arbeiten unter oder neben unzureichend geschütztem Gerät
- B. Materialentfernung von sich bewegenden Rollen (von Hand oder mit Werkzeugen)
- C. Der Versuch, festgefahrene Rollen bei laufender Förderanlage zu lösen
- D. Der Versuch, Schutzvorrichtungen an einer laufenden Förderanlage zu entfernen oder anzubringen

- E. Der Versuch, das an der Kopf- oder Kehrtrommel anhaftende Material zu entfernen, während das Band in Betrieb ist
- F. Das Tragen loser Kleidung in der Nähe von sich bewegenden Förderbändern
- G. Die unterlassene Verkeilung/Bremung des blockierten Förderbandes vor der Beseitigung der Blockade (sowohl bei flachen als auch bei geneigten Fördergurten), da Energie in einem blockierten Förderband gespeichert wird
- H. Das Hineingreifen hinter die Schutzabdeckung, um das Förderband durch ziehen am Keilriemen in Gang zu setzen

Eine Analyse des Dokuments (*Referenz 2.1*), mit insgesamt 459 Unfällen, wovon 22 zu Behinderungen führten und 13 tödlich ausgingen, belegt, dass 192 (42 %) der berichteten Verletzungen (einschließlich 10 Todesopfer) auftraten, während der verletzte Arbeiter Instandhaltungs- oder Abschmierarbeiten durchführte, oder während er die Förderanlage überprüfte. Weitere 179 (39 %) der berichteten Verletzungen (einschließlich 3 Todesopfer) traten auf, während die verunglückte Person Reinigungsarbeiten in der Umgebung der Förderanlage durchführte (**Tabelle 2.1**).

Der MSHA-Bericht fand keine Differenzierung in der Wahrscheinlichkeit von Unfällen in Bezug auf das Alter, die Erfahrung oder die Berufsbezeichnung des Unfallopfers.

Eine Vorstudie von 233 tödlichen Grubenunfällen in den Vereinigten Staaten in den Jahren 2001 bis 2008 ergab, dass es dort zu 48 Todesopfern bei 47 Vorfällen im Zusammenhang mit Förderanlagen gekommen ist (*Referenz 2.2*). Die Daten wurde aus den Berichten der Mine Safety and Health Administration (MSHA, US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau) des US-Arbeitsministeriums zusammengestellt.

Tabelle 2.1

Unfälle an Förderanlagen nach MSHA im Zeitraum 1996-2000			
Ursache der Verletzung	Tödlich	Nicht-tödlich	Gesamt
Von laufendem Band erfasst	10	280	290
Instandhaltung, Schmier- oder Kontrollarbeiten	10	182	192
Reinigungs- und Schaufelarbeiten	3	176	179
Gesamt*	13	446	459

*Anmerkung: Die Gesamtzahl in jeder Spalte ist nicht die Summe dieser Spalte, da für jeden einzelnen Unfall mehrere Ursachen angeführt sein können (*Referenz 2.1*).



FÖRDERANLAGEN KÖNNEN TÖDLICH SEIN

Als er an dem 45 m langen Förderband zwischen dem Brecher und dem Bunker entlang ging, bemerkte er, dass die Spanntrommel mit Schmodder verklebt war. Er arbeitete nun bereits seit 10 Jahren im Steinbruch und die ganze Zeit schon schien es, dass der Abstreifer an der Kopftrommel, der das Förderband sauber halten sollte, andauernd nachgestellt werden musste. Na schön. Das würde er dann gleich erledigen. Aber erst musste er die Spanntrommel reinigen.

Der Mann am Brecher verließ seinen Posten und sowohl der Brecher als auch das Förderband waren ausgeschaltet. Er ging zurück zum Schaltkasten, schaltete das Förderband ein, holte sich einen Frontlader und fuhr damit zur Spanntrommel zurück. Er hob die Schaufel des Frontladers hoch genug, so dass er darin stehen und die Trommel erreichen konnte. Er griff sich ein Werkzeug - eine gewöhnliche Gartenhacke mit einem auf 40 cm gestutzten Griff - stieg in die Schaufel des Frontladers und begann, den Schmodder von der Trommel zu schaben. So hatte er es schon einige Male zuvor gemacht und es ging ja viel schneller, wenn sich die Trommel drehte. Das Band bewegte sich ja nur mit 2,3 m/s - das sind nur etwa 8 km/h.

Bevor er überhaupt wusste, was geschah, schien etwas zuerst das Werkzeug und dann seinen Arm zu ergreifen und riss ihn hoch aus der Schaufel des Frontladers heraus. Der Schmerz seines zermalmtten Armes dauerte nur solange, bis seine Schulter und sein Hals gegen das Tragegerüst der Förderanlage krachte. Er starb sofort. Er war 37 Jahre alt.

Diese Geschichte ist nicht erfunden. Sie ist auch nicht die Einzige, die man hätte aussuchen können. Es gibt eine Vielzahl solcher Fälle. Förderanlagen töten allzu häufig - oder sie amputieren, zerfetzen und zermalmen.

Weil Förderanlagen so verbreitet sind, neigt man dazu, sie als "Stand der Technik" hinzunehmen und sie nicht weiter zu hinterfragen. Und mit etwa 8 km/h scheinen sie sich auch nicht allzu schnell zu bewegen. Es ist leicht zu sagen, dass das Opfer in dieser Geschichte das Werkzeug hätte einfach fallen lassen können, als es erfasst wurde. Dem ist aber nicht so.

Acht Stundenkilometer ergeben bei der Umrechnung etwa 2,3 m/s. Wenn Sie eine Reaktionszeit von 0,75 s haben, würde Ihre Hand bei dieser Geschwindigkeit 1,6 m weit mitgerissen werden, bevor Sie das Werkzeug losgelassen haben. Selbst wenn Sie die unwahrscheinlich schnelle Reaktionszeit von 0,3 s hätten, so würde Ihre Hand dennoch eine Strecke von über 66 cm zurücklegen. Und das ist ausreichend weit genug, um erfasst zu werden, wenn Sie ein kurzes Werkzeug benutzen. Und wenn es sich um ein loses Kleidungsstück handelt, das sich verfängt, dann ist Ihre Reaktionszeit überhaupt nicht mehr von Bedeutung. Dann ist es einfach bereits zu spät.

Nachgedruckt mit Erlaubnis vom „Safety Reminder“ Mitteilungsblatt, herausgegeben von Ontario Natural Resources Safety Association (Referenz 2.4).

Die in Verbindung mit Förderanlagen aufgelisteten Arbeiten, die am häufigsten zu Unfällen mit tödlichem Ausgang führten, waren mit 35 % (oder 17 Todesfällen) die Instandhaltungsarbeiten, d. h. das Ersetzen der Gurtrollen oder des Bandes oder die Beseitigung von Blockierungen. An zweiter Stelle mit 27 % (oder 13 Todesfällen) folgten die Aufräumarbeiten, d. h. Wegschaufeln oder Wegspritzen von Ablaufverlusten oder die Beseitigung von Anba-

ckungen an einer Rolle. Viele dieser tödlichen Unfälle wurden dadurch verursacht, dass das Opfer von dem sich bewegenden Band erfasst wurde, da es sich zu nahe an einer nicht gesicherten Quetschstelle befand oder Arbeiten auf einem laufenden Band ausgeführt hat.

In dem vom Forschungsbeirat für die Sicherheit von Förderanlagen in Bergbaubetrieben in Südafrika erstellten Bericht wurden zwischen

1988 und 1999 mehr als 3000 Unfälle untersucht (einschließlich 161 Unfälle an Förderbändern mit tödlichem Ausgang) (*Referenz 2.3*). Zu den Befunden, die den oben genannten MSHA-Bericht widerspiegeln, wurde in dem Dokument vermerkt, dass „Arbeiten an laufenden Förderanlagen, unzureichende Absperrmaßnahmen und ineffektive Schlossverriegelungen als Hauptursachen für Unfälle an Förderanlagen herausstechen.“ Nach dem Bericht ergeben sich Verletzungen am häufigsten bei der Durchführung von Arbeiten an der Umlenktrömmel, der Kopftrommel, den Gurtrollen und an der Beschickungsschurre.

Die Kosten von Unfällen an Förderanlagen

Einige der direkten Folgekosten der Unfälle- wie ärztliche Behandlung, Lohnausfälle und Produktionsausfälle - können identifiziert werden. Weniger offensichtliche Folgekosten werden als „indirekte“ oder „versteckte“ Kosten bezeichnet und können den Wert der direkten Kosten um ein Mehrfaches übersteigen. Diese versteckten Kosten beinhalten:

- A. Kosten und Zeitaufwand für die Beschaffung eines Ersatzes für den verletzten Arbeiter
- B. Die von anderen Mitarbeitern für die Hilfe für den verletzten Arbeitskollegen aufgewendete Zeit
- C. Die vom Überwachungspersonal für die Untersuchung des Unfalls, für die Erstellung der Unfallberichte und zur Änderung der Arbeitsablaufpläne aufgewendete Zeit
- D. Der Sachschaden an Werkzeugen, Materialien und Gerät
- E. Verzögerungen bei der Erfüllung von Produktionsaufgaben

Im Jahr 2005 bezifferte der nationale Sicherheitsrat in den Vereinigten Staaten die Kosten eines Arbeitsunfalls mit Todesfolge auf 1.190.000 USD; die Kosten eines Arbeitsunfalls mit nachfolgender Erwerbsunfähigkeit wurden mit 38.000 USD veranschlagt. Deren Berechnungen beinhalten Lohnmehrkosten und Verluste durch Produktionsausfälle, medizinische Behandlung und Verwaltungskosten. Eine Schätzung des Sachschadens ist in diesen Zahlen nicht enthalten.

Es ist leicht zu verstehen, dass sogar eine geringfügige Reduzierung der Anzahl der Unfälle an den Förderanlagen für einen Betrieb einen wesentlichen wirtschaftlichen Faktor bedeuten kann.

SICHERHEITSPRAKTIKEN AN FÖRDERANLAGEN

Allgemeine Sicherheitspraktiken an Förderanlagen

Es gibt bestimmte Sicherheitspraktiken, die ohne Rücksicht auf die individuelle Gestaltung der Förderanlage oder deren Betrieb beachtet werden sollten. Dazu gehören:

- A. Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout) und Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout)

Derartige Sicherungsmaßnahmen müssen für alle Energiequellen eingeführt werden, sowohl für das Förderband, als auch für das Zubehör der Förderanlage und für die Anlagenteile, die durch die durchzuführenden Arbeiten betroffen sind. Eine Gefahr kann die in den Teilen der Anlage gespeicherte Energie darstellen, weil sie bewirken kann, dass sich die Förderanlage in Bewegung setzt, was auch dann möglich ist, wenn das System von der Energieversorgung getrennt worden ist. Die Absperrung mit Schlössern und das Anbringen von Verriegelungsanhängern alleine können unter Umständen nicht ausreichend sein, um die Sicherheit eines Arbeiters zu gewährleisten. Deshalb ist es so wichtig, dass das Personal nach der Schlossabsperrung und dem Anbringen der Verriegelungsanhänger die Förderanlage blockiert (blockout), und dass durch Versuchsstart sichergestellt wird, dass sie sich nicht bewegen kann (testout). Diese Maßnahmen sind vor Beginn aller Arbeiten in dem betroffenen Bereich durchzuführen, gleichgültig ob es sich um bauliche Arbeiten, Montage, Instandhaltung oder Kontrollarbeiten handelt.

- B. Inspektions- und Instandhaltungsplan
Für die Förderanlage muss ein formeller Plan für die Durchführung der Inspektions- und Instandhaltungsarbeiten entwickelt und befolgt werden. Er sollte Notausschalter, Warnlampen, Signalhörner, elektrische Leitungen und Warnaufkleber, sowie die beweglichen Teile und Zusatzbaugruppen der Förderanlage erfassen.
- C. Zulässige Arbeitsgeschwindigkeit und Kapazität nicht überschreiten

Die konstruktiv bedingten maximalen Arbeitsgeschwindigkeiten und Kapazitäten für die Förderanlagen, die Schurren und die

anderen Einrichtungen dürfen nicht überschritten werden.

D. „Sicherheitsrundgang“

Vor dem Neustart einer Förderanlage müssen alle Werkzeuge und Arbeitsmaterialien vom Fördergurt und aus Schurren entfernt werden. Vor der Wiederaufnahme des Betriebes einer Förderanlage wird ein „Sicherheitsrundgang“ empfohlen.

E. Notfallbedienelemente

Alle Bedienelemente für den Notfall müssen sich in der Nähe des Systems befinden und leicht zugänglich sowie frei von Verschüttungen und sonstigen Hindernisse sein.

F. Persönliche Schutzausrüstung und Kleidung

Im Bereich der Förderanlage ist eine den lokalen Vorschriften entsprechende angemessene persönliche Schutzausrüstung und Kleidung zu tragen (oft sind hier Schutzhelm, Schutzbrille und Sicherheitsschuhe mit Stahlkappen vorgeschrieben). Lose Kleidung, offenes und langes Haar oder Schmuck sind nicht erlaubt.

G. Sichere Verhaltensweisen, während das System in Betrieb ist

Es ist wichtig, dass man niemals in eine Förderanlage oder in ein anderes Materialtransportsystem hineinstochert, es anzustoßen versucht, hineingreift oder versucht, die Rollen zu reinigen oder einzustellen, während das System in Betrieb ist.

H. Kein Personal auf der Förderanlage

Personal darf niemals auf einem laufenden Materialtransportsystem sitzen, es übersteigen oder darauf mitfahren. (In einigen Gegenden der Welt gilt der Transport von Personen auf Gurtbandförderern als anerkannte Praxis, um Arbeiter an die für sie vorgesehene Arbeitsstelle zu transportieren; in anderen Regionen ist dies strikt verboten. Im vorliegenden Buch werden Systeme für den Personentransport nicht behandelt.)

Sicherheitsnormen für die Konstruktion und den Betrieb von Förderanlagen

Die oben genannten Praktiken sollen nicht die ausführlicheren Sicherheitsrichtlinien ersetzen, die in den Vereinigten Staaten von der Amerikanischen Gesellschaft der Maschinenbauingenieure (American Society of Mechanical Engineers ASME) in den Sicherheitsnormen B20.1-2006 *Sicherheitsnorm für Förderanlagen und*

Zubehör und B15.1 Sicherheitsnorm für Einrichtungen zur mechanischen Kraftübertragung definiert sind.

In Europa und anderen Ländern der Welt sind die Richtlinien der zuständigen Sicherheitsbehörden oder interne Regeln einzelner Betriebe zu beachten. Man soll sowohl diese Quellen als auch die von den Herstellern einzelner Systeme zur Verfügung gestellten Sicherheitsvorschriften konsultieren.

In Australien gilt für die Konstruktion, die Herstellung, die Aufstellung und die Absperrung von Förderanlagen oder ähnlicher Einrichtungen für die Materialförderung die australische Norm AS1755-2000 *Schutzausrüstung für Förderanlagen*.

Diese Normen und Richtlinien bzw. deren nationale oder internationale Entsprechungen müssen der Konstruktion, der Herstellung und den Sicherheitsprozeduren beim Betrieb aller Förderbandsysteme zugrunde gelegt werden.

Elektrische Anlagen von Fördersystemen und Sicherheit

Förderanlagen werden in der Regel mit hohen elektrische Spannungen und komplexen Steuerungs- und Kommunikationssystemen betrieben. Personal, das mit elektrischen und automatisierungstechnischen Einrichtungen betraut ist, wird in vielen Fällen als eine gesonderte Gruppe innerhalb der Instandsetzungsabteilung eines Betriebes betrachtet. Nur Personal mit spezieller Ausbildung und Qualifikation darf Arbeiten an der Stromversorgung und den Steuerungen der Förderanlagen verrichten.

Sicherheitsbeurteilung vor Arbeitsbeginn

Vor Beginn jeglicher Arbeit an Förderbändern wird die Durchführung einer Sicherheitsbeurteilung empfohlen. In dieser Beurteilung sollten alle Geräte einbezogen werden, die mit



Abbildung 2.4

Die Vorschriften über die Absperrung mit Schlössern und das Anbringen von Verriegelungsanhängern erfordern, dass die Stromversorgung zu allen Fördersystemkomponenten von derselben Person unterbrochen, mit Schlössern abgesperrt und mit Verriegelungsanhängern versehen wird, die auch die Arbeiten an dem System durchführen wird.

der tatsächlich zu wartenden Einheit zusammengeschaltet sein könnten. Auf diese Weise soll vor Arbeitsbeginn sichergestellt werden, dass der gesamte Bereich für das Personal sicher ist und dass die zur Durchführung der Arbeiten benötigten Geräte zur Verfügung stehen. Außerdem sollte die Sicherheitsprüfung vor Arbeitsbeginn eine Kontrolle des umliegenden Arbeitsbereichs mit Hinblick auf Feuergefahren, auf Stolperhindernisse und auf Gefahren durch herabfallende Gegenstände einbeziehen.

Ein Punkt, der bei der Sicherheitsprüfung vor Arbeitsbeginn oft übersehen wird, ist die Koordinierung aller Aktivitäten der Mitarbeiter am Förderband. Das in der Kopfschurre mit dem Auswechseln der Gurtabstreifblätter beschäftigte Personal könnte zum Beispiel verletzt werden, wenn die mit dem Auswechseln des Fördergurtes beschäftigten Personen den Fördergurt in Bewegung setzen sollten.

Absperrung mit Schlössern und Anbringen der Verriegelungsanhänger

Ein entscheidender Teil eines Sicherheitsprogramms für Förderanlagen ist die Absperrung mit Schlössern und das Anbringen von Verriegelungsanhängern. In den Vereinigten Staaten sind Schlossabspernung und Verriegelungs-

lungsanhänger von der Occupational Safety and Health Administration (OSHA), der US-Arbeitssicherheitsbehörde vorgeschrieben; die MSHA (US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau) hat eine ähnliche Version dieser Regelung in ihre Vorschriften aufgenommen. Angesichts der hohen Energie, die durch die Gurtspannung oder durch die potentielle Energie der Schüttgüter in hohen Lagen im System gespeichert ist, sind weitere Maßnahmen erforderlich, um höhere Sicherheit zu erreichen. Dazu gehören Blockierung/Verkeilung und ein Versuchsstart zur Verifizierung der Wirksamkeit der Verriegelung.

Die Vorschriften über die Absperrung mit Schlössern und das Anbringen von Verriegelungsanhängern erfordern, dass die Stromversorgung zum Fördersystem (und zu den dazugehörigen Geräten) von derselben Person unterbrochen, mit Schlössern abgesperrt und mit Verriegelungsanhängern versehen wird, die auch die Arbeiten an dem System durchführen wird (**Abbildung 2.4**). Nur die Person, die das System abgesperrt hat, darf es wieder aufschließen. Dadurch wird verhindert, dass jemand das Förderband versehentlich oder aus Unkenntnis einschaltet, während eine andere Person daran arbeitet.

Grundregel bei Absperrung mit Schlössern und bei Anbringen der Verriegelungsanhänger:

A. Eigenes Schloss

Jeder Arbeiter muss an dem stromlos geschalteten Schalter (oder an mehreren Schaltern) ein persönliches Schloss anbringen. Dies erfordert einen Einfach- oder einen Mehrfachschließbügel (**Abbildung 2.5**).

B. Eigener Schlüssel

Nur der Mitarbeiter, der das jeweilige Schloss angebracht hat, ist im Besitz des Schlüssels zu diesem Schloss. Damit wird sichergestellt, dass nur dieser Mitarbeiter das Schloss entfernen kann.

C. Mehrere Schlösser

Wenn mehrere Mitarbeiter in einem bestimmten Bereich arbeiten, muss jeder von ihnen ein Schloss an dem Hauptschalter anbringen. Bei einigen Anlageteilen können mehrere Stellen existieren, die mit einem Vorhängeschloss versehen werden müssen.

D. Eigener Verriegelungsanhänger

Jeder Mitarbeiter, der ein Schloss ange-

Abbildung 2.5

Die Anbringung eines Schlosses an die Stromversorgung des Förderbandes verhindert, dass jemand das Förderband versehentlich oder aus Unkenntnis einschaltet, während eine andere Person daran arbeitet.



Abbildung 2.6

Die Klemmvorrichtung für den Gurt muss nicht an einer Rolle sondern an einem festen Element der tragenden Konstruktion der Förderanlage befestigt werden, das in der Lage ist, die zu erwartenden Kräfte aufzunehmen.



bracht hat, muss auch einen Verriegelungsanhänger anbringen, der den Namen und Kontaktinformation des Mitarbeiters enthält.

Blockierung/Verkeilung

Selbst wenn ein Förderband ordnungsgemäß abgesperrt und mit Verriegelungsanhängern versehen ist, können immer noch beträchtliche mechanische Spannungen und potenzielle Energie im System vorhanden sein. Es ist leicht zu verstehen, dass bei einem geeigneten, schwer beladenen Förderband nach der Abschaltung der Antriebe das Gewicht des Materials bewirkt, dass der Fördergurt rückwärts rollt. Sowohl die Bewegung des Fördergurts als auch die eventuell vom unteren Ende der Förderanlage herabstürzende Fördergurtkaskade für den unachtsamen Mitarbeiter eine Verletzungsgefahr darstellen.

In manchen Betrieben werden die Gegengewichte der Schwerkraft-Spannvorrichtung angehoben, um die Spannungen im Förderband abzubauen und dadurch mögliche Bandbewegung zu verhindern: Auf diese Methode sollte man sich nicht verlassen. Richtig installierte Bremsen und Sperrvorrichtungen können dabei helfen, das Zurückrollen zu verhindern. Man sollte sich jedoch auch bei einer Anlage mit Sperrvorrichtungen oder Bremsen nicht blind darauf verlassen, dass sämtliche selbständige Bewegungen eines Fördergurtes absolut ausgeschlossen sind. Es hat schon Fälle gegeben, bei denen sich der Fördergurt aufgrund der durch die Gurtdehnung auftretenden inneren Spannungen bewegt hat.

Verstopfte Schurren, Material, das an Oberflächen der Anlage in der Ladezone anhaftet, Materialverschüttungen unter dem Fördergurt oder schwergängige Rollenlager können den Fördergurt genug abbremsen, um beträchtliche Gurtspannungen hervorzurufen. Der Fördergurt kann sich dadurch in jede Richtung bewegen; das hängt von den Bedingungen ab, die sich im Laufe der Arbeitsdurchführung ändern können. Mit diesen wechselnden Bedingungen ist immer zu rechnen!

Wenn sich Mitarbeiter auf dem Fördergurt oder in der Nähe von Quetschstellen aufhalten müssen, dann muss der Fördergurt mechanisch an einer selbständigen Bewegung gehindert werden. Man spricht von „blockieren“ des Förderbandes (englisch „blockout“). Es können Gurtklemmen, Ketten, und Hubzüge (Hebezeug mit Rätchenhebel) verwendet werden, um den Fördergurt mechanisch durch Befestigung



Abbildung 2.7

Quetschstellen an rotierenden Komponenten, wie Kopftrommeln und an Bauteilen, wo eine plötzliche Bewegung möglich ist, wie z. B. an Schwerkraft-Spannvorrichtungen, müssen mit Schutzabdeckungen versehen sein, um einen Eingriff durch Mitarbeiter zu verhindern.



Abbildung 2.8

Es kommt immer häufiger vor, dass Förderanlagen entlang des Laufsteiges vollständig mit Sicherheitseinrichtungen umgeben werden, um das Personal zu schützen.



Abbildung 2.9

Sicherheitseinrichtungen bestehen aus Maschendraht oder Metallgitter, das die Beobachtung der Gefahrenzonen ermöglicht, ohne dass das Personal dabei nahe genug heran kommt und dadurch einer Verletzungsgefahr ausgesetzt wird.



Abbildung 2.10

Um das direkt am Fördergurte arbeitende Personal zu schützen, muss die Förderanlage mit Reißleinen-Notausschaltern ausgestattet sein.

des blockierenden Geräts an einem Element der tragenden Konstruktion der Förderanlage festzuhalten, das in der Lage ist, die zu erwartenden Kräfte aufzunehmen (**Abbildung 2.6**).

Es wird empfohlen, dass hochwertige und zuverlässige Geräte angeschafft werden, die auf Grund ihrer Konstruktion den Gurt so sicher einklemmen, dass er absolut unmöglich in Bewegung gesetzt werden kann.

Versuchsstart

Ein Versuchsstart bietet die abschließende Bestätigung, dass das System gesichert und von der Stromversorgung getrennt ist, bevor mit der Arbeit begonnen wird. Es entspricht guter Betriebspraxis, das verriegelte Förderband und Zusatzaggregate versuchsweise zu starten. Hierbei sollten sowohl die stationären Start-Stop-Einrichtungen, als auch die Fernschalteneinrichtungen des Systems mit einbezogen werden. Dadurch wird sichergestellt, dass die richtigen Lasttrenner die Stromversorgung unterbrochen haben.

Sicherheitseinrichtungen an Geräten

Es ist wichtig, dass Quetschstellen an rotierenden Teilen, wie z. B. Kopftrommeln und an Bauteilen, die eine plötzliche Bewegung ermöglichen (wie z. B. an Schwerkraft-Spannvorrichtungen) mit Schutzabdeckungen versehen sind, um versehentlichen oder unbedachten Eingriff durch Mitarbeiter zu verhindern (**Abbildung 2.7**).

Es kommt immer häufiger vor, dass Förderanlagen völlig mit Schutzabdeckungen umgeben werden, um das Personal zu schützen, das die Laufstege benutzen muss (**Abbildung 2.8**). Diese Schutzabdeckungen bestehen aus Maschendraht oder Metallgitter, um die Beobachtung der Förderanlage zu ermöglichen, ohne dass das Personal dabei einer Verletzungsgefahr ausgesetzt wird (**Abbildung 2.9**).

Auf jeden Fall sind die landesspezifischen Anforderungen in Bezug auf die richtige Platzierung von Schutzabdeckungen an Förderanlagen zu beachten. Darüber hinaus sollten auch die örtlichen Gegebenheiten und die branchenspezifischen Anforderungen gewissenhaft untersucht und berücksichtigt werden.

Gleichzeitig sollte nicht vergessen werden, dass für die verschiedenen Komponenten der Anlage die erforderlichen Zugangsmöglichkeiten für die Wartung vorgesehen werden müssen. Die installierten mechanischen Barrieren zur Absperrung dieser Komponenten müssen so gestaltet werden, dass sie einen wirksamen Schutz bieten ohne eine effiziente Instandhaltung zu erschweren. Zur Entfernung der Sicherheitseinrichtungen sollte spezielles Werkzeug notwendig sein, um ungeschulte Personen am Zugang zum System zu hindern. Die Sicherheitseinrichtungen müssen ausreichend bemessen sein, um einen Mitarbeiter daran zu hindern, in oder um die Sicherheitseinrichtungen herum greifen zu können, um die Quetschstelle zu erreichen.

Nach Abschluss der Wartungsarbeiten ist es wichtig, dass Sicherheitseinrichtungen wieder ordnungsgemäß angebracht werden, bevor die Förderanlage neu gestartet wird.

Notausschalter

Um das in der Nähe des Fördergurtes arbeitende Personal zu schützen, wird die Förderanlage mit Notausschaltern in Form von Reißleinen bestückt. Diese Sicherheitsschalter sollten entlang der Laufstege und einspurigen Laufbrücken der Förderanlage gut erreichbar platziert werden (**Abbildung 2.10**). Wenn auf beiden Seiten der Förderanlage Zugangsmöglichkeiten oder Laufstege bestehen, dann sollte das Notausschalter-System beiderseits des Förderbandes der vollen Länge nach geführt werden. Die Schalter müssen in den Hauptstromkreis des Förderbandes verschaltet werden, so dass im Notfall das Ziehen der Reißleine die Stromversorgung des Förderbandes unterbricht und das Band stehen bleibt.

Im Jahr 1995 machte die MSHA in den Vereinigten Staaten Bergbaubetreiber über potentielle Ausfälle bei Notausschaltern aufmerksam, die durch eine Reißleine entlang von Förderanlagen betätigt werden. Nach der Prüfung von über 1100 Systemen stellte die MSHA eine Ausfallquote von zwei Prozent fest. Die MSHA führte diese Probleme auf mehrere Faktoren zurück:

Abbildung 2.11

Sicherheitsaufkleber und Warmaufkleber sollten an Quetschstellen, Zugangstüren für Wartungsarbeiten und anderen Gefahrenbereichen der Fördersysteme angebracht werden.



- A. Zuschütten des Schalters, wodurch die Deaktivierung der Förderanlage verhindert wurde
- B. Gerissene Seilzüge oder übermäßiger Durchhang der Seile
- C. Festgefrorene Drehpunktlager am Gehäuseeintritt der Schaltwelle
- D. Ausfall elektrischer Schaltern im Gehäuse
- E. Falsche elektrische Verdrahtung des Schalters oder der Steuerkreise

Diese Probleme lassen sich durch ordnungsgemäße Instandhaltung und regelmäßige Funktionsprüfungen beheben, bei denen die Funktion der Schutz-ausrüstung des Förderbandes geprüft wird. Diese Prüfungen sollten monatlich durchgeführt werden.

Sicherheitsbeschilderung

Sicherheitsaufkleber und Warntafeln sollten an Quetschstellen, Inspektionstüren und anderen gefährlichen Bereichen auf Fördersystemen befestigt werden (**Abbildung 2.11**). Es ist Aufgabe des Herstellers, Sicherheitswarnungen zu liefern und wann immer erforderlich am Gerät anzubringen. Diese Zeichen müssen in sauberem und leserlichem Zustand gehalten werden und sind eventuellen veränderten Gegebenheiten in Bezug auf das verwendete Gerät oder Verfahren anzupassen. Es liegt in der Verantwortung der Betriebsleitung, verschlissene, beschädigte oder unlesbar gewordene Sicherheitsbeschilderung zu ersetzen. Die Mitarbeiter sind verpflichtet, der Sicherheitsbeschilderung Folge zu leisten.

Zeichen, die vor Geräten warnen, die durch Fernbedienung gestartet werden können, müssen an einer auffälligen Stelle entlang der Förderanlage angebracht werden. Die Förderbänder laufen häufig automatisch an oder werden durch den Bediener über Fernbedienung gestartet, wobei sich die Betriebswarte mit der Fernsteuerung oft nicht mal in der Nähe des Förderbandes befindet. Üblich sind Anfahrwarnungen durch Signalhörner und Signallampen.

Schurren mit Hilfsmitteln zur Unterstützung des Materialflusses, wie z. B. Luftkanonen, welche Mitarbeiter bei der Betätigung ernsthaft verletzen können, müssen eindeutig markiert werden. Insbesondere ist es zwingend erforderlich, dass auf die bestehende Gefahr bei Betreten solcher Schurre durch entsprechende Kennzeichnung eindeutig hingewiesen wird. Vor dem Betreten der Schurre müssen Hilfsmittel zur Unterstützung des Materialflusses stromfrei

geschaltet und ordnungsgemäß abgesperrt/gekennzeichnet/blockiert/auf Funktionsunfähigkeit geprüft werden und die Schurre muss gereinigt sein.

Sicherheitsaufkleber und Beschilderungen sind von bekannten Herstellern von Förderanlagen und ähnlichen Geräten, wie auch von Lieferanten für Sicherheitsbedarf zu beziehen. In den Vereinigten Staaten verfügt der Verband der Förderanlagenhersteller CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) über eine breite Palette an Sicherheits- und Warnzeichen für Schüttgutförderer und das am meisten verbreitete Zubehör. Diese Aufkleber können unter <http://www.cemanet.org> eingesehen und auf der Website der Organisation bestellt werden. Bei den Sicherheits- und Warnzeichen sind lokale Richtlinien und Vorschriften zu beachten.

Eventuell sind auch mehrsprachige Beschilderungen mit integrierten Piktogrammen zum Schutz der Arbeiter notwendig (**Abbildung 2.12**). Wenn erforderlich, sollte die Übersetzung der Hinweise auf der Sicherheitsbeschilderung vor Ort durchgeführt werden, um genaue Wiedergabe der Aussagen sicherzustellen.



Abbildung 2.12
In die Beschilderung zur Gefahrenkennzeichnung sind selbsterklärende Piktogramme zu integrieren. Damit wird die Inhalt der Beschilderung verständlicher und wird alle Mitarbeiter wirksamer schützen, auch wenn an der Anlage mehrere Sprachen gesprochen werden.

(Die Internationale Organisation für Normung hat sich das Ziel gesetzt, auf Text, der übersetzt werden muss, zu verzichten und nur Beschilderungen mit Bildern zu verwenden.)

Sicherheitsaspekte bei der Inbetriebnahme neuer Förderanlagen

Bei neuen Förderanlagen gehört die Inbetriebnahme zu den gefährlichsten Phasen, da sich das System möglicherweise nicht wie erwartet verhält und Schutzmaßnahmen wie Anfahrhörner und Signale nicht richtig funktionieren. Es ist deshalb empfehlenswert, vor dem Anlaufen des Bandes mehrere Wachposten entlang der Förderanlage aufzustellen. Diese sollten mit der Steuerwarte oder der Person, die das Förderband startet, in Funkverbindung stehen.

Die eventuell erforderlichen Einstellarbeiten für den gleichmäßigen Lauf des Bandes sind nur dann durchzuführen, wenn das Band ordnungsgemäß abgesperrt / gekennzeichnet / blockiert und auf Funktionsunfähigkeit geprüft worden ist. Selbst die Durchführung der einfachsten Einstellungen während sich das Band bewegt, kann zu einem Unfall führen.

Gefährliche Gedankenlosigkeit

Viele Betriebe verbieten die Durchführung von Arbeiten an laufenden Fördersystemen. Gleichzeitig fordern dieselben Betriebe die Ausführung der Arbeiten in der Umgebung von laufenden Förderanlagen. Die Arbeiter kommen zu den Förderanlagen, um Kontroll- und Instandhaltungsarbeiten zu erledigen und Verschüttungen zu beseitigen.

Richard J. Wilson (*Referenz 2.5*) vom Bureau of Mines Twin Cities Research Center hat festgestellt:

Die meisten Arbeiten erfordern die Trennung der Hauptstromversorgung an der Kopftrommel oder in der Steuerwarte. Da

diese möglicherweise weit vom Arbeitsplatz entfernt liegen könnte, würde die Einhaltung der Bestimmungen einen erheblichen Aufwand an Zeit und Einsatz erfordern. Man kann sich daher die Überlegungen des Wartungspersonals leicht vorstellen, dass es wohl schon in Ordnung ginge, wenn man schnell eine routinemäßige Reparaturarbeit durchführt, ohne das Band zu verriegeln, weil die Durchführung des Verriegelungsverfahrens viel mehr Zeit als die Reparatur selbst in Anspruch nehmen würde.

Es muss allen Mitarbeitern bewusst gemacht werden, wie gefährlich solche „Vereinfachung der Arbeit“ ist, und wie schnell sie zu schweren Unfällen führen kann.

SICHERHEITSSCHULUNG

Der südafrikanische Bericht (*Referenz 2.3*) stellt fest: „Die meisten Unfälle sind einem Mangel an Verständnis für die inhärenten Risiken der Fördersysteme und für die sichere Nutzung solcher Systeme zuzuschreiben.“

Der beste Ansatz zur Unfallverhütung ist ein gut gestaltetes Sicherheitsprogramm in Kombination mit einer effektiven und wiederholten Schulung.

Sicherheitsunterweisung für neue Mitarbeiter

Der Sicherheitsgedanke in Bezug auf Förderbänder muss bereits beim jedem neuen Mitarbeiter ansetzen. Die Tendenz ist, „den Neuen“, der erst vor kurzem eingestellt worden ist und über die geringste Erfahrung verfügt, mit diesen Aufgaben zu betrauen, die niemand erledigen will: Reinigungsarbeiten in der Umgebung der laufenden Förderbänder. Ein neuer Mitarbeiter sollte mindestens vier Stunden theoretischer Unterweisung speziell in Bezug auf Förderbänder erhalten, bevor man ihm Arbeiten in direkter Nähe der Förderanlagen zuweist.

Der Förderanlagen-Schulungskurs

Jeder Betrieb sollte ein Schulungsprogramm für alle Personen vorsehen, die an Förderanlagen oder in ihrem Umfeld arbeiten müssen (**Abbildung 2.13**). Dieses Programm muss deutlich die Risiken erörtern und die sicheren Verhaltensweisen aufzeigen. Es sollte ein fundiertes Verständnis für die vielfältigen Zustände der Bandförderer vermitteln, die möglichen Störungseinflüsse (wie z. B. Verschüttungen)

Abbildung 2.13
Jeder Betrieb sollte ein Schulungsprogramm für alle Mitarbeiter haben, die im Umfeld der Förderanlagen arbeiten.



diskutieren und vertieft auf die persönliche Sicherheit der Mitarbeiter eingehen. Das verinnerlichte Verständnis für das Verhalten der Förderanlagen und der daraus resultierenden Gefahren kann wirksam die Anzahl der Unfälle reduzieren.

Diese umfassende Schulung sollte mindestens die folgenden Themen beinhalten, die unter dem Sicherheitsaspekt zu betrachten sind:

- A. Allgemeine Sicherheitspraxis in der Umgebung von Gurtbandförderern
- B. Persönliche Schutzausrüstung
- C. Persönliche Erscheinung und Kleidung
- D. Schaufeltechniken
- E. Sichere Kontroll- und Instandhaltungspraktiken
- F. Bedingungen an Förderanlagen, die zu Problemen führen, und ihr Einfluss auf Wartungs- und Sicherheitsfragen
- G. Gurtauswahl (abhängig von Bauart und von den vorherrschenden Bedingungen)
- H. Finden der Quellen der Materialverluste
- I. Beseitigung von Staub und Verschüttungen
- J. Prozeduren bei der Korrektur der Spurführung von Bändern

Auffrischkurse und Nachschulungen

Nicht nur die neuen Mitarbeiter benötigen eine Unterweisung. Die langjährigen Mitarbeiter haben wahrscheinlich wenig oder gar keine systematische Schulung über die Förderanlagentechnik oder -sicherheit erfahren. Seminare, wie z. B. das FOUNDATIONSTM WorkshopTM von Martin Engineering haben sich bei der gezielten Schulung für das Förderanlagenpersonal als sehr effektiv erwiesen; sie sind für alle Beschäftigtengruppen geeignet - von Anlagenbedienern und Wartungskräften bis hin zu Fördersystem-Ingenieuren und Betriebsleitern. Das entsprechende FOUNDATIONSTM Zertifizierungsprogramm bietet mit seinem selbstgeführten Schulungsablauf die erforderliche Lernerfahrung.

Periodische Nachschulungen zwischen den regelmäßigen Schulungen und den Auffrischkursen sind ebenfalls nützlich. Organisationen wie die MSHA in den USA stellen Fallbeschreibungen über Unfälle an Förderbandanlagen zur Verfügung, die anschauliches Material für Auffrischkurse bieten können.

EIGENVERANTWORTUNG ENTSCHIEDET

In mancher Hinsicht verhält es sich mit der Betriebssicherheit ähnlich wie mit der Sauberkeit im Betrieb: Beides sind Fragen der Einstellung. Die Werksleitung kann Richtlinien und Arbeitsanweisungen für den allgemeinen Betrieb vorgeben; es kommt jedoch auf das Verhalten eines jeden einzelnen Mitarbeiters an, weil das den größten Einfluss auf die Unfallquote im Betrieb hat.

Sicherheit ist nicht nur die Aufgabe und Verantwortung der Sicherheitsabteilung eines Werks oder einer staatlichen Behörde. Es ist vielmehr die Verantwortung eines jeden Mitarbeiters, für die eigene Sicherheit und für die der Kollegen zu sorgen.

Eigenverantwortung beinhaltet:

- A. Tragen persönlicher Schutzausrüstung: Gehörschutz, Schutzhelm und Sicherheitsschuhe mit Stahlkappen, einschließlich Staubmaske und Atemgerät sowie vorgegebener Kleidung
- B. Beachtung der Sicherheitspraktiken
- C. Positive Arbeitseinstellung in Bezug auf Organisation und Ordnung, um einen sauberen und sicheren Arbeitsbereich zu erhalten
- D. Gewissenhaftes studieren von Gerätehandbüchern, um einen sicheren Betrieb und sichere Wartung gewährleisten zu können
- E. Bereitschaft, unsichere Vorgehensweisen bei anderen Mitarbeitern zu unterbinden und auf richtiges Sicherheitsverhalten hinzuweisen

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Die „Neue Generation“ der Schutzsysteme und die Bremszeiten bei Förderanlagen

Es erhebt sich die Frage, ob die „Neue Generation“ der Schutztechnologien im Vergleich mit der herkömmlichen Schutzabspernung schnell genug reagieren kann, um Verletzung zu verhindern. Die entscheidenden Faktoren sind die Erfassungsreichweite der Einrichtungen, die Reaktionsgeschwindigkeit der Schutzeinrichtung, der Abstand der Schutzeinrichtung zum nächsten sich bewegenden Maschinenteil, die Bremszeit des Förderbandes und die Geschwindigkeit, mit der sich die Person bewegt.

Fast jedes Konstruktionsprogramm für Fördersysteme berechnet die Bremszeit für das

Förderband auf der Grundlage der Regelung der Gurtspannung mit der Zielsetzung der Optimierung der Antriebskomponenten. Das sofortige Anhalten, Anfahren oder Umkehren des Bandes kann für die Förderanlage und für das Zubehör zu ernsthaften dynamischen Problemen führen. Selbst bei kurzen Förderbändern, wo dynamische Fragen nicht ins Gewicht fallen, ist es üblich, dass ein Fördergurt erst nach 5 Sekunden zum Stillstand kommt. Bei langen Systemen, wo dynamische Kraftkomponenten einen großen Einfluss haben, ist es üblich, dass das Förderband erst nach 30 Sekunden zum Stillstand kommt. Die einfache Reaktionszeit einer Person wird normalerweise als die Zeit definiert, die ein Beobachter zur Wahrnehmung eines Auslöseimpulses benötigt. Wenn man bei einem Durchschnittsmenschen von einer Reaktionszeit von etwa 0,2 Sekunden ausgeht und weiß, dass ein Förderband eine gewisse Zeit benötigt, um zum Stillstand zu kommen, dann wird deutlich, dass im Notfall die Förderanlage hochwahrscheinlich nicht rechtzeitig angehalten werden kann, um einen Unfall zu verhindern.

DOPPELTER VORTEIL DURCH SICHERHEIT AN FÖRDERANLAGEN

Zum Abschluss...

Ist es möglich, Unfälle an Förderanlagen vollständig zu verhindern? Wahrscheinlich nicht. Wir können jedoch mit einem zweigleisigen Ansatz diesem Ziel deutlich näher kommen:

- A. Schulungen für neue und für erfahrene Mitarbeiter über sichere Arbeitsweisen an den Förderanlagen und in ihrer Umgebung
- B. Beseitigung der Umstände, die das Verrichten von manuellen Arbeiten in unmittelbarer Nähe der Förderanlagen erforderlich machen

Dabei muss man bedenken, dass die Kosten eines einzigen Unfalls die Kosten für die Einführung eines Schulungsprogramms im Betrieb oder sogar das Jahresgehalt einer Vollzeit-Schulungskraft leicht übersteigen können.

Die Schulungen zur Verbesserung der Sicherheit bei Betrieb und Wartung von Förderanlagen bieten den doppelten Vorteil: Sie sorgen für mehr Sicherheit für das Personal und bieten eine Gelegenheit zur Steigerung des wirtschaftlichen Betriebsergebnisses.

Vorausblick...

Das Kapitel über Sicherheit, das zweite Kapitel im Abschnitt über die Grundlagen der sicheren Schüttguthandhabung, schließt an das Kapitel über die volle Materialkontrolle an und weist den Einfluss einer unzureichenden Materialkontrolle auf Arbeitsunfälle hin. Die nächsten drei Kapitel behandeln das Basiswissen über Förderanlagen und beginnen mit dem Kapitel „Komponenten von Förderanlagen“, gefolgt vom Kapitel „Fördergurt“ und schließen mit dem Kapitel „Gurtverbindungen“ ab.

REFERENZEN

- 2.1 Padgett, Harvey L. (2001). *Powered Haulage Conveyor Belt Injuries in Surface Areas of Metal/Nonmetal Mines, 1996–2000* [Verletzungen an kraftbetriebenen Transportförderbändern in Übertagebereichen von Metall/Nichtmetall-Bergbaubetrieben]. Denver, Colorado: MSHA Office of Injury and Employment Information.
- 2.2 Maki, D. Michele, PhD. 2009. *Conveyor-Related Mining Fatalities* [Tödliche Unfälle in Bergbaubetrieben im Zusammenhang mit Förderanlagen]. 2001-2008. Vorläufige Daten. Unveröffentlichter Bericht für Martin Engineering.
- 2.3 Dreyer, E. und Nel, P.J. (Juli 2001). *Best Practice: Conveyor Belt Systems* [Förderbandsysteme]. Projektnummer GEN-701. Braamfontein, Südafrika: Safety in Mines Research Advisory Committee (sic) (SIMRAC), Mine Health and Safety Council.
- 2.4 Ontario Natural Resources Safety Association. *Safety Reminder*, newsletter. P.O. Box 2040, 690 McKeown Avenue, North Bay, Ontario, Canada, B1B 9PI Telephone: (705) 474-SAFE.

- 2.5 Wilson, Richard J. (August, 1982). *Conveyor Safety Research [Sicherheitsforschung für Förderanlagen]*. Bureau of Mines Twin Cities Research Center.
- 2.6 Giraud, Laurent; Schreiber, Luc; Massé, Serge; Turcot, André; and Dubé, Julie. (2007). *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones [Ein Benutzerhandbuch für die Förderbandsicherheit: Schutz vor Gefahrenzonen]*. Guide RG-490, 75 Seiten. Montréal, Quebec, Canada: IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail), CSST. In englischer und französisch Sprache zum kostenlosen Herunterladen (PDF) verfügbar: [http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/RG-490, pdf](http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/RG-490.pdf).

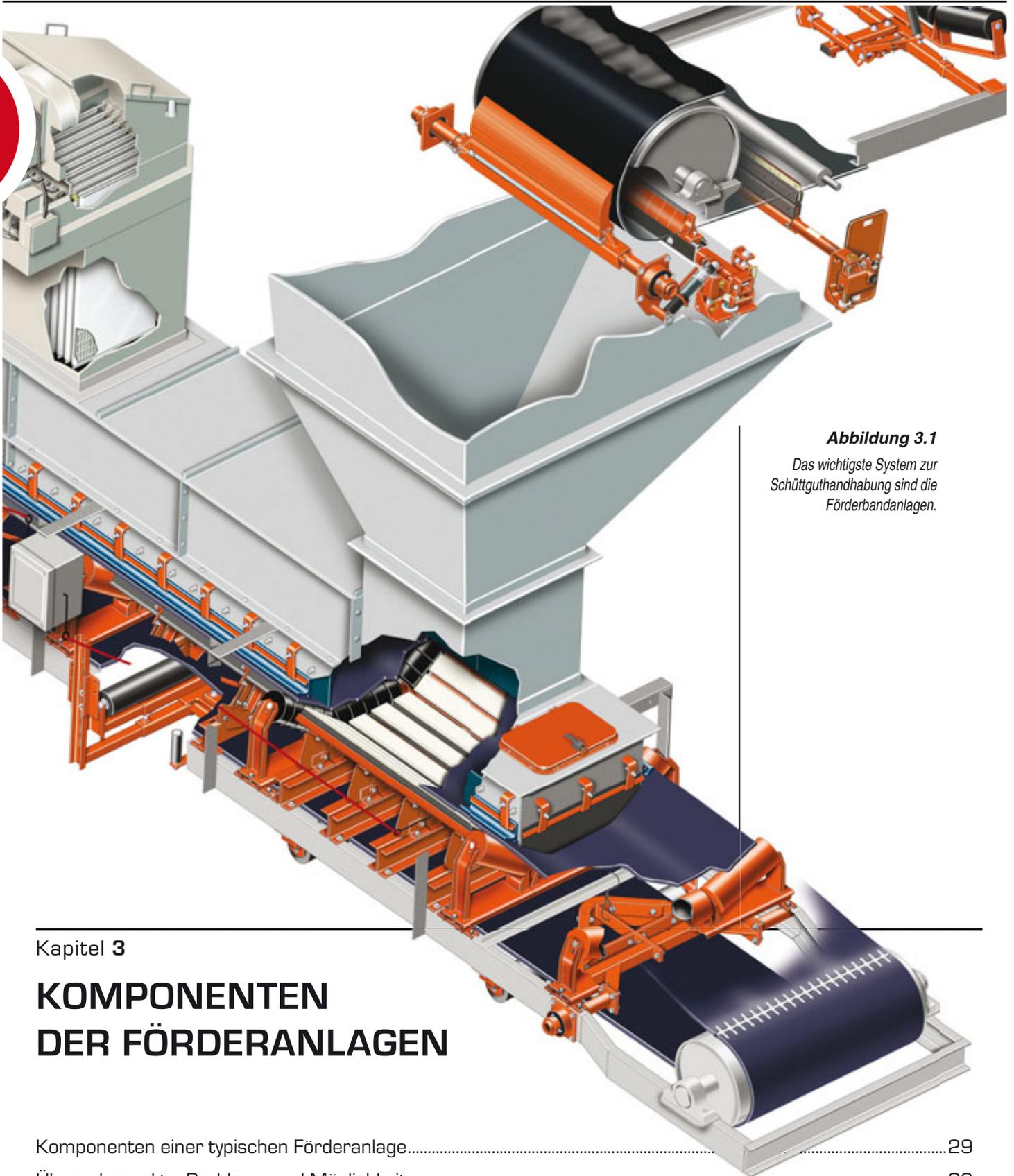


Abbildung 3.1
Das wichtigste System zur Schüttguthandhabung sind die Förderanlagen.

Kapitel 3

KOMPONENTEN DER FÖRDERANLAGEN

Komponenten einer typischen Förderanlage.....	29
Übergabepunkte: Probleme und Möglichkeiten.....	32
Systemkonstruktion.....	34
Sicherheitsrelevante Fragen.....	35
Förderbandanlage: Einfach und zugleich komplex	35

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel beschreiben wir die gängigsten Komponenten der bei Schüttgut-handhabung verwendeten Gurtbandförderer und stellen eine Gleichung zur Berechnung des Energiebedarfs für den Betrieb der Förderbandanlage vor. Es werden drei Methoden zur Gestaltung von Übergabestationen erläutert, zusammen mit den Vorteilen der Anwendung eines ganzheitlichen Ansatzes zur Verbesserung der Materialkontrolle.

Gurtbandförderer werden seit Jahrzehnten für den Transport großer Materialmengen über lange Strecken verwendet. Förderanlagen haben immer wieder bewiesen, dass sie eine zuverlässige und wirtschaftliche Methode zur Bewegung von Materialien sind. Gurtbandförderer können das Fördergut steile Steigungen hinauf, um Ecken herum, über Hügel, Täler und Gewässer hinweg, oberirdisch oder unterirdisch transportieren. Gurtbandförderer lassen sich gut in andere Prozesse integrieren, wie z. B. in die Zerkleinerung, Absiebung, Eisenbahn- und Schiffsverladung oder -entladung und in Aufhaldungs- und Rückladungsvorgänge.

Gurtbandförderer haben ihre Eignung für den Transport von Materialien in diversen Formen erwiesen, von großen, schweren, scharfkantigen Brocken bis hin zu feinkörnigen Gütern, von nassen, klebrigen Schlämmen zu trocknen, staubigen Pulvern, von rohen Erzen zu Gießereisand, von abgelängten Baumstämmen bis hin zu Holzspänen und Kartoffelchips.

Von allen Materialtransportsystemen arbeiten Gurtbandförderer normalerweise mit den niedrigsten Transportkosten pro Tonne, mit den niedrigsten Instandhaltungskosten pro Tonne, den niedrigsten Energiekosten pro Tonne und den niedrigsten Lohnkosten pro Tonne. Diese Vorteile können nicht realisiert werden, wenn die Charakteristik des zu transportierenden Schüttguts und die des Gesamtprozesses bei der Auslegung eines Fördersystems nicht berücksichtigt wird.

Es gibt viele Fördersystemkonzepte. Viele werden entwickelt, um die spezifischen und diffizilen Probleme eines bestimmten Industriezweiges bei der Handhabung eines bestimmten Schüttgutes zu lösen. Aber gleichgültig welches Konzept zur Anwendung kommt, gilt dennoch, dass gewisse gestalterische Grundregeln für den Erfolg oder den Misserfolg bei der Bekämpfung von Materialverschüttungen oder von Staubbildung und -emissionen entscheidend sind.

In diesem Kapitel werden die am häufigsten verwendeten Komponenten beschrieben.

KOMPONENTEN EINER TYPISCHEN FÖRDERANLAGE

Die Grundlagen

In vielen Betrieben ist das Förderband der grundlegende Baustein bei der Schüttguthandhabung (**Abbildung 3.1**). Im Wesentlichen ist ein Förderband ein großes, verstärktes Gummiband, das um zwei oder um mehrere Trommeln geschlungen ist und bei einer definierten Geschwindigkeit eine vorgegebene Menge an Material transportiert. Komplikationen ergeben sich, wenn die Streckenführung eine Neigung aufweist oder in Kurven verläuft, wenn die Förderanlage in einen hochkomplexen Verfahrensablauf eingefügt werden muss, oder wenn Durchsatzmengen oder andere Betriebsparameter eingehalten werden müssen.

Ein Förderband ist eine relativ einfache Maschineneinheit (**Abbildung 3.2**). Das Grundkonzept ist so robust ausgelegt, dass das Material selbst unter den ungünstigsten Bedingungen transportiert wird: Überladen, mit Wasser überflutet, mit entwichenem Material zuge-schüttet oder in einer sonstigen Art und Weise extrem beansprucht. Der Unterschied zwischen einer ordnungsgemäß konzipierten, gewarteten und betriebenen Förderanlage und einem mit Mängeln behafteten System ist jedoch anhand der Betriebs- und Instandhaltungskosten normalerweise schnell zu erkennen.

Die Breite der üblichen Gurtbandförderer für den Schüttguttransport bewegt sich zwischen 300 mm und 3000 mm, wobei z. B. in der Aufbereitung von Eisenerz-Pellets auch Bänder mit einer Breite von 5000 mm zum Einsatz kommen. Die Länge der Förderanlagen unterliegt keinen Beschränkungen. Die Beladungskapazität wird durch die Breite und die Geschwindigkeit des Förderbandes begrenzt, wobei jedoch oft Tag ein, Tag aus mehrere tausend Tonnen Material pro Stunde bewegt werden.



Abbildung 3.2

Ein Gurtförderer ist eine relativ einfache Maschineneinheit.

Jedes Schüttgutförderband besteht aus sechs Hauptelementen:

- A. Dem Fördergurt
Er bildet die bewegte Fläche, auf der das zu transportierende Material aufliegt
- B. Den Trommeln
Sie unterstützen und bewegen den Fördergurt und kontrollieren dessen Spannung
- C. Dem Antrieb
Er dient der Kraftübertragung auf eine oder mehrere Trommeln, um den Fördergurt zu bewegen
- D. Dem Traggerüst
Er dient als tragende Konstruktion und zur Ausrichtung der rollenden Komponenten
- E. Den Gurtunterstützungssystemen
Sie stützen das Obertrum und das Untertrum des Bandes
- F. Den Übergabensystemen
Sie dienen der Be- und Entladung des Förderbandes

Ein weiterer Bereich jeder Förderanlage umfasst die peripheren Zusatzeinrichtungen, die der verbesserten Betriebsleistung des Systems dienen. Hierzu gehören zum Beispiel Spannvorrichtungen, Förderbandabstreifer, Fremdeisensuchgeräte, Einhausungen und Abdichtungen, Gurtunterstützungssysteme, Innengurtabstreifer, Sicherheitsschalter, Staubbekämpfungs- und Staubfangsysteme sowie Witterungsschutzeinrichtungen.

Komponenten einer typischen Förderanlage

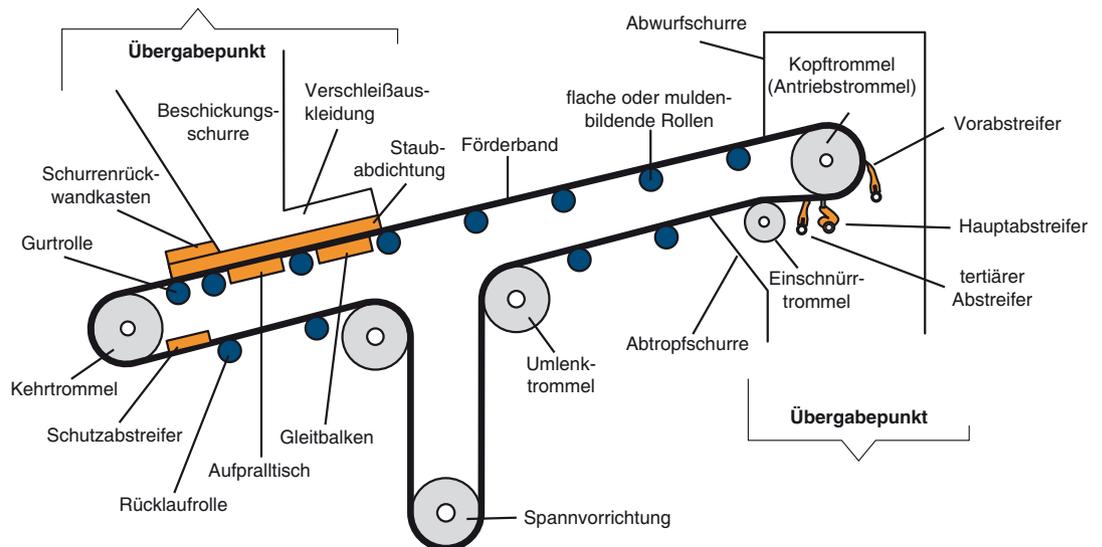
Obwohl jede Förderbandanlage ein bisschen anders ist, dennoch sind viele Komponenten aller Anlagen gleich (**Abbildung 3.3**). Eine Förderanlage besteht im Wesentlichen aus einem zwischen Endtrommeln verlaufenden endlosen Gummiband. Ein Ende wird als Beladeseite bezeichnet. Hier findet normalerweise die Beladung statt, wobei die Beschickung auch an einer beliebigen anderen Stelle entlang der Förderanlage stattfinden kann und Fördersysteme mit mehreren Ladezonen relativ verbreitet sind. Das andere Ende der Förderanlage wird als Abwurfseite bezeichnet. Das transportierte Material wird normalerweise an der Kopftrommel abgeworfen, es kann jedoch durch den Einsatz von Umlenkabstreifern oder Bandschleifenwagen auch an einer anderen beliebigen Stelle entlang des Förderbandes abgeworfen werden.

Das Band wird entlang des Obertrums von einer flachen oder einer muldebildenden Rollenordnung getragen. Diese muldebildenden Rollen zwingen das Band in eine U-Form, wodurch eine Erhöhung der Beladungskapazität erreicht wird. Entlang des Untertrums, wo das Band leer zurückläuft, wird das Band von so genannten Rücklaufrollen unterstützt. Die rollenden Komponenten werden auf Trägerrahmen montiert und diese wiederum auf den Längsstahlträgern positioniert. Für einige Anwendungen, wie z. B. bei Untertagefördersystemen oder bei Übertageförderanlagen werden die rollenden Komponenten an hängende Drahtseile angebracht.

Die normalerweise elektrisch betriebenen Antriebsmotoren der Förderanlagen werden meistens so angeordnet, dass die Kopftrommel angetrieben wird. Die Motoren können an

Abbildung 3.3

Alle Förderanlagen weisen gemeinsame Komponenten auf, auch wenn jede Förderanlage im Detail anders ist.



einer beliebigen Stelle entlang der Förderanlage positioniert werden. Bei langen oder schwer beladenen Förderanlagen kommen oft mehrere Motoren zum Einsatz.

Eine Spannvorrichtung sorgt dafür, dass das Band stramm an der Antriebstrommel anliegt, um die für den Gurtransport erforderliche Spannung zu gewährleisten. Häufig kommt hier eine als Schwerkraft-Spannvorrichtung bezeichnete automatische Vorrichtung zum Einsatz, die durch ein Gegengewicht für die Spannung im Fördergurt sorgt. Die Schwerkraft-Spannvorrichtung wird oft nahe bei der Antriebstrommel auf dem Untertrum des Fördergurts installiert. Umlenkstrommel werden verwendet, um den Fördergurt in die Spanntrommel zu leiten, die mit dem Gegengewicht der Schwerkraft-Spannvorrichtung verbunden ist.

Eine andere Art Trommel, eine so genannte Einschnürtrommel, wird oft unmittelbar nach der Kopftrommel auf dem Untertrum des Fördergurts angeordnet, um den Kontakt des Fördergurts mit dieser Trommel zu verbessern, wodurch auch eine kleinere Antriebstrommel die erforderliche Spannung an den Fördergurt übertragen kann.

Das Material wird normalerweise in der Nähe der Kehrtrommel aufgegeben, die man als Ladezone bezeichnet. Die Komponenten in der Ladezone umfassen eine Beschickungsschurre, Kehrtrommel, Gurtrollen, Gurtunterstützungssysteme, Verschleißleisten, Verschleißauskleidungen, Staubabdichtungen sowie Eintritts- und Austrittsdichtungen.

Das Kopfende einer Förderanlage besteht normalerweise aus der Kopftrommel, einer Abwurfchurre mit einem Gurtreinigungssystem, einer Abtropfschurre und anderen Einrichtungen zur Überwachung und Sicherstellung des Materialflusses.

Als Übergabepunkt bezeichnet man jene Stelle im System, an der das Schüttgut von einer Maschineneinheit an eine andere Einheit übergeben wird. Ein Übergabepunkt kann entweder ein Beschickungs- oder Abwurfbereich sein; wenn eine Förderanlage eine andere speist, kann ein Übergabepunkt sowohl den Beschickungs- als auch den Abwurfbereich umfassen. Ein Übergabepunkt kann jedoch auch jene Stelle bezeichnen, an der ein Band ein anders Transport- oder Verarbeitungssystem speist, oder an der das Band Material von einem anderen Transport- oder Verarbeitungssystem aufnimmt. Bei diesen Systemen kann es sich um jede Art von Lagerbehälter oder Trägereinheit, wie z. B. Lastwagen, Güterwagen, Kähne und

Schiffe, oder um andere Verarbeitungseinheiten handeln.

Abhängig von dem transportierten Material kann auch eine Vielzahl anderer peripherer Zusatzeinrichtungen entlang der Förderstrecke oder an den Übergabepunkten installiert werden.

Antriebsleistung

Wie bereits erwähnt werden Förderanlagen durch die Anbindung eines Motors an die Antriebstrommel angetrieben. Bei der Bestimmung des Leistungsbedarfs der Förderanlage, d.h. der Ermittlung der Größe des erforderlichen Motors, handelt es sich um eine Frage der für den Antrieb des Bandes erforderlichen Spannung und der Geschwindigkeit des Fördergurts.

Die sechste Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) bietet eine ursprünglich vom Deutschen Institut für Normung (DIN) entwickelte Gleichung zur Bestimmung des Leistungsbedarfs für eine „Basisgurtförderanlage“.

Die Faktoren mit dem größten Einfluss auf den Leistungsbedarf einer Förderanlage sind das Gewicht der Fracht und die zu überwindende Steigung. Die bei den Komponenten der Förderanlage auftretende Reibung entspricht normalerweise nur einem kleinen Teil des Leistungsbedarfs. Wenn sich das Band in horizontaler Lage befindet, wird diese Reibung zum wichtigsten Faktor. Die Spannung ist die bei der Ermittlung des Leistungsbedarfs grundlegende Größe (**Gleichung 3.1**). Der ΔT -Wert ist die Summe aller positiven und negativen Spannungen im System, der zur Überwindung des Widerstandes der Komponenten und zum Transportieren der Last durch die Antriebstrommel auf das Förderband übertragen werden muss. Alle Berechnungen auf Basis dieser Spannungen sind in diesem Buch oder in der sechsten Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) zu finden. Die aufzubringende Spannung, die zur Erhöhung der Lage des Fördergutes und des Bandes selbst erforderlich ist, wurde in *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) berechnet.

Wenn die Spannungen für jede Komponente ermittelt worden sind, können diese aufaddiert werden, um so den Gesamtleistungsbedarf zu ermitteln. Ein angemessener Sicherheitsfaktor sollte dem Leistungsbedarf zugeschlagen werden, um sicherzustellen, dass die Förderanlage nicht in der Nähe oder an der Überlastungs-



Gleichung 3.1

Berechnung des Leistungsbedarfs.

$P = \Delta T \cdot V \cdot k$			
Gegeben: Auf ein sich mit 3 m/s bewegendes Band wird eine Spannung von 5400 N aufgebracht.			
Gesucht: Die für den Betrieb des Förderbandes notwendige Leistung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
P	Erforderliche Leistung	Kilowatt	PS
ΔT	Auf das Band aufgebrachte Spannung	5400 N	1200 lb
V	Bandgeschwindigkeit	3 m/s	600 ft/min
k	Umrechnungsfaktor	1/1000	1/33000
Metrisch: $P = \frac{5400 \cdot 3}{1000} = 16$			
Amerikanisch: $P = \frac{1200 \cdot 600}{33000} = 22$			
P	Erforderliche Leistung	16 kW	22 PS

grenze betrieben wird. Dieser Wert sollte bei der Auswahl von Antriebskomponenten als MINDESTWERT betrachtet werden.

Die Wertstellung der konventionellen Förderanlage

Es gibt eine Vielfalt fortschrittlicher Fördersysteme, die für den Materialtransport Alternativen bieten (Siehe Kapitel 33: „Sonderförderanlagen“). Für allgemeine Zwecke ist das konventionelle Förderband mit gemuldeter Gurtführung der Leistungsstandard und die Vergleichsgröße für die Beurteilung anderer Systeme. Förderbänder mit gemuldeter Gurtführung beweisen schon seit langem ein zufrieden stellendes Leistungsvermögen unter schwierigsten Bedingungen.

Der Gesamterfolg einer Förderbandanlage hängt im Wesentlichen vom Erfolg ihrer Übergabepunkte ab. Wenn das Material schlecht geladen wird, dann leidet darunter das Band, die rollenden Komponenten und/oder die tragende Konstruktion, was zu einer Verminderung der Betriebsleistung führt. Wenn Material entweicht, verursacht dieses zahlreiche Probleme in Bezug auf die Instandhaltung, was abermals zu einer Verminderung der Produktionsleistung und zu einer Steigerung der Betriebs- und Instandhaltungskosten führt.

ÜBERGABEPUNKTE: PROBLEME UND MÖGLICHKEITEN

Die Herausforderung des Übergabepunktes

Ein typischer Übergabepunkt besteht aus Metallschurren zur Lenkung des Materialflusses (**Abbildung 3.4**). Er kann auch Systeme enthalten zur Regulierung des Materialflusses, zur richtigen Platzierung des Materialflusses innerhalb der aufnehmenden Bauteile (ob Förderband, Behälter oder sonstige Vorrichtungen) und zur Verhinderung der Materialfreisetzung.

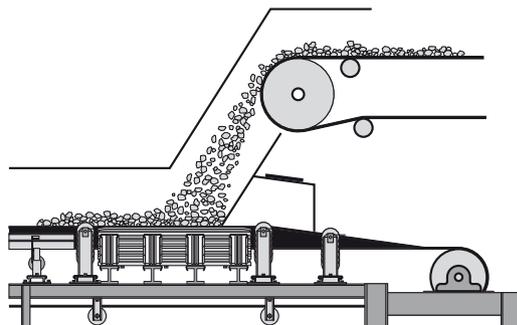
Übergabepunkte werden üblicherweise aus den folgenden Gründen auf Förderanlagen vorgesehen:

- A. Für den Materialtransport zu oder von einem Vorratsbehälter oder einer Verarbeitungseinheit
- B. Zur Änderung der horizontalen Bewegungsrichtung des Materials
- C. Zur Umleitung des Materialflusses zwecks Zwischenlagerung
- D. Zur Schaffung ausreichender Antriebskraft zur Überwindung von Strecken, die für ein einzelnes Förderband zu groß sind

Die Methode und die Vorrichtung zur Bandbeladung tragen viel für den Erhalt der Standzeit des Bandes, zur Reduzierung von Materialverschüttungen und zur spurtreuen Bandführung bei. Die Gestaltung der Schurren und anderer bei der Beschickung verwendeten Vorrichtungen wird von Größen wie der Kapazität, den Kenngrößen des transportierten Materials, der Geschwindigkeit und der Neigung des Bandes und der Anzahl der Ladezonen beeinflusst.

Abbildung 3.4

Ein typischer Übergabepunkt besteht aus Schurren zur Lenkung des Materialflusses auf das aufnehmende Band, Behälter oder das weiterverarbeitende System.



Zur Minimierung der Fördergutbeeinträchtigung und der Abnutzung der Komponenten sollte die vorgesehene Fördergutmenge an einem Übergabepunkt wie folgt aufgegeben werden:

- A. In der Mitte des Fördergurts
- B. In gleichmäßigen Mengen
- C. In Richtung der Bandbewegung
- D. Mit derselben Geschwindigkeit, mit der sich das Band bewegt
- E. Nach vollständiger Muldenbildung des Bandes
- F. Mit geringstmöglicher Aufprallwucht

Gleichzeitig wäre damit genügend Raum gegeben für:

- A. Die Seitenabdichtung und Endabdichtung
- B. Die Entfernung von Rücklaufmaterial
- C. Die Handhabung von entweichendem Material
- D. Prüfungen und Wartung

Aber im wirklichen Leben...

Die Vereinigung all dieser gestalterischen Ziele in einem einzigen Übergabepunkt ist schwierig. Die von den betrieblichen Umständen geforderten Sachwänge führen wahrscheinlich zu Kompromisslösungen. Bei jeder Förderanlage ist die Beladestelle fast immer der alleinige kritische Faktor für die Standzeit des Fördergurts, weil dort das Förderband den größten Abrieb und praktisch die gesamte Stoßwucht erfährt. Die Förderbandübergaben sind die Stellen, wo die zu Materialverlusten oder zur Staubentwicklung führenden Kräfte auf das Material und das Band wirken. Ein optimaler Übergabepunkt hat eine zentrale Bedeutung für den erreichbaren produktiven Durchsatz der Förderanlage und für die Materialflusskontrolle. (**Abbildung 3.5**).

Das Problem besteht darin, dass Übergabepunkte viele, oft gegensätzliche Anforderungen erfüllen müssen. Einige davon resultieren aus der Art des Förderguts, die anderen aus der mechanischen Führung der Förderbänder beim Ein- und Auslauf an den Übergabepunkten. Die fördergutcharakteristische Eigenschaften, Luftbewegungen und Aufprallebenen fügen Kräfte hinzu, die in jedem System berücksichtigt werden müssen, um Materialverluste zu verhindern. Außerdem sind viele weitere Anforderungen zu erfüllen, die aus betriebs- oder prozessspezifischen Gegebenheiten resultieren, die zu weiteren Kräfteinwirkungen und Beschränkungen führen.

Die Technik und Konstruktion von Übergabepunkten

Bei der Gestaltung von Übergabepunkten gibt es drei grundsätzliche Ansätze. Der erste und häufigste Ansatz ist die konventionelle Methode, der Entwurf einer ins Gesamtkonzept passenden Lösung mit Hilfe von „Faustregeln“. Dies wäre dann die „zeichnerische Lösung“ (**Abbildung 3.6**). Bei der zweiten Methode werden die kritischen Aspekte des Übergabepunktes erfasst und die Gesamtanordnung der Förderbänder wird dergestalt angepasst, dass möglichst wenige Probleme an den Übergabepunkten entstehen. Dies wäre dann die „problemorientierte Lösung“ (**Abbildung 3.7**).

Die dritte Methode ist eine ingenieurtechnisch konstruierte Lösung. Diese Methode wird zur Ermittlung der Kenngrößen des Schüttguts und zur Gestaltung maßgeschneiderter Schürren angewendet, welche die geringstmögliche Störung der Fortbewegung des Schüttgutes gewährleisten und wodurch das Material in die gewünschte Richtung und mit der Geschwindigkeit des aufnehmenden Bandes auf die nächste Fördereinheit übergeben wird. Diese dritte Art der Konstruktion von Übergabepunk-



Abbildung 3.5

Ein optimaler Übergabepunkt hat für den Durchsatz der Förderanlage und für die Materialflusskontrolle eine wesentliche Bedeutung.

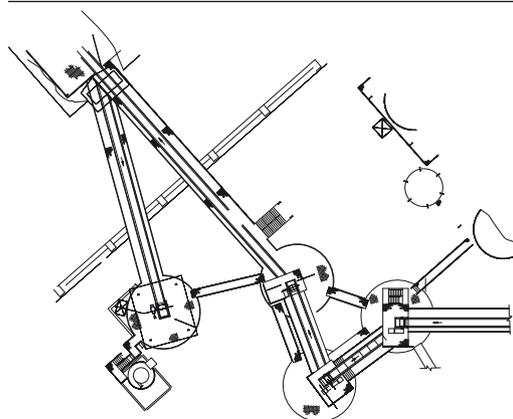


Abbildung 3.6

Der erste und häufigste Ansatz ist die konventionelle Methode, der Entwurf einer ins Gesamtkonzept passenden Lösung mit Hilfe von „Faustregeln“.

ten wird durch Spezifikationen charakterisiert, für deren Ermittlung eine Untersuchung der Fließeigenschaften des Schüttgutes erforderlich ist. Der Materialübergang von einem auf das andere Förderband wird unter dem Aspekt der Vermeidung von Staub, Materialverschüttungen und Verschleiß mit Hilfe der Strömungslehre konstruiert. Diese ingenieurtechnische Konstruktionsweise kann für Neuanlagen angewendet werden, oder auch für bereits vorhandene Übergabepunkte im Rahmen einer Überarbeitung (**Abbildung 3.8**).

Die Spezifikationen für einen konstruierten Übergabepunkt sollten folgendes beinhalten:

- A. Materialkenngrößen und Durchsatzgeschwindigkeiten
- B. Mindestanforderungen in Bezug auf Stundenaufwand für Reinigungsarbeiten und/oder Menge an Materialverschüttungen pro Betriebsstunde
- C. Maximalgrenzen im Hinblick auf das Budget für jährliche Instandhaltung und periodische Wiederinstandsetzung in den vom Lieferanten angegebenen Intervallen
- D. Ergonomische Anforderungen im Hinblick auf Zugänglichkeit für Reinigung und Instandhaltung
- E. Konstruktionszeichnungen und Spezifikationen für Verschleißteile, als auch vollständige Wartungshandbücher

Abbildung 3.7

Im Fokus der zweiten Methode stehen die kritischen Aspekte des Übergabepunktes, die dann zu „problemorientierter Lösung“ führen.

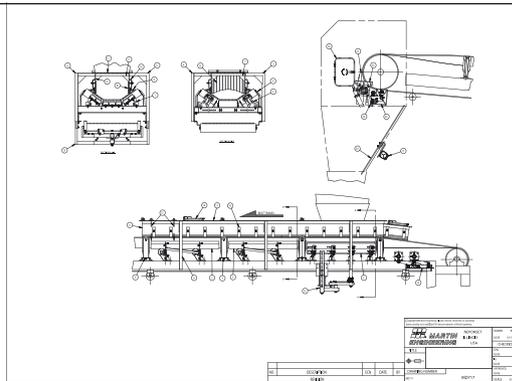


Abbildung 3.8

Bei einer ingenieurtechnisch konstruierten Lösung für einen Übergabepunkt werden die Kenngrößen der Schüttgüter analysiert, um die maßgeschneiderte Gestaltung der Schurren für einen bestimmten Arbeitsvorgang zu finden.



SYSTEMKONSTRUKTION

Ein Schritt vorwärts, ein Schritt rückwärts...

Leider ist die Verbesserung des Betriebes komplexer Systeme, wie beispielsweise des Betriebes von Übergabepunkten an Förderanlagen keine Aufgabe, bei der nur ein einziges, eng definiertes Problem zu lösen ist. Vielmehr führt der Versuch, ein Problem in diesen hoch spezialisierten Anlagen zu lösen, zu weiteren Problemen. Die Lösung dieses zweiten Problems kann sich als genauso schwierig erweisen wie die Lösung des ursprünglichen Problems, wenn nicht gar noch schwieriger.

Es ist niemals leicht, eine volle Materialkontrolle zu erreichen, weil die Probleme mit flüchtigem Material oft mehrere Ursachen und mehrere Wirkungen in sich vereinigen. Zum Beispiel kann ein neues Seitenabdichtungssystem eine unmittelbare Verbesserung der Materialverschüttung an einem Übergabepunkt bewirken. Wenn jedoch in der Schurre keine Verschleißauskleidung angebracht worden ist, dann werden die in der Einhausung wirkenden Kräfte einen seitlichen Druck auf die neuen Abdichtungen ausüben, der zu Abrieb und vorzeitigem Ausfall führt. Schließlich wird der Materialverlust wieder auf den ursprünglichen, untragbaren Wert ansteigen. Der Verlust an Material wird weiterhin seinen hohen Preis fordern, der den Wirkungsgrad der Förderanlage und die gesamte Produktivität des Betriebs beeinträchtigt.

Der ganzheitliche Ansatz

Der Schlüssel zu jeder konstruktiven Verbesserung ist eine detaillierte Lösung, in der alle Komponenten des Problems berücksichtigt worden sind. Die Kosten für die Anwendung eines solchen systematischen Ansatzes werden sich als höher erweisen, als die Kosten für die Verbesserung einer einzelnen Komponente. Die dadurch erzielten Vorteile rechtfertigen jedoch die Kosten.

Über „Ganzheitliche Systembetrachtung“ zu reden ist leicht; es ist die Umsetzung dieses Ansatzes, die sich als schwierig erweist. Die Entwicklung eines umfassenden Ansatzes erfordert Fördergutkenntnis, Verständnis des Prozesses und die Bereitstellung der Mittel und Ressourcen zur fachgerechten Konstruktion, Installation und für den Betrieb des Systems sowie eine konsequente Instandhaltung, damit dieses System dauerhaft mit höchstem Wirkungsgrad betrieben werden kann und damit eine volle Materialkontrolle erreicht wird.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Die Konzeption eines jeden Systems zur Schüttgut-handhabung beginnt mit der Sicherheitsbetrachtung. Die Sicherheit der Mitarbeiter im täglichen Betrieb und bei der Wartung muss in jede Überlegung mit einfließen. Notschalter mit Reißleinen, Drehzahlwächter, Sicherheitseinrichtungen an rollenden Komponenten und Laufstegen, Laufstege mit Handläufen sind nur einige der grundlegenden Sicherheitsmerkmale, die ein Fördersystem aufweisen muss. Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (block-

out) und Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) sind bei allen Arbeiten an oder in der Nähe von Fördersystem durchzuführen.

Die richtige Gestaltung von Belade- und Abwurfstellen leistet einen wesentlichen Sicherheitsbeitrag für den Betrieb und die Instandhaltung der Fördersysteme. Die vollständige Einbehaltung des Förderguts verhindert die Blockierung von Laufstegen, Treppenstufen und Leitern durch Verschüttungen. Die Beseitigung von Schwebestäuben reduziert die Gesundheitsrisiken und die Instandhaltungs-/Reparaturkosten.

FÖRDERBANDANLAGE: EINFACH UND ZUGLEICH KOMPLEX

Zum Abschluss...

Förderbandanlagen für die Schüttguthandhabung sind einfache Maschinen, für die die Gesetze der Physik gelten. Sie sind jedoch auch komplex, da sie für eine Vielzahl unbekannter Größen anfällig sind, die aus den riesigen Mengen an Material resultieren und hohen Kräften, die im System wirken. Wenn das sich in Bewegung befindliche Material nicht ordentlich geführt wird, kann es sich als Materialverschüttung, Rücklaufmaterial und Staub über eine ganze Anlage ausbreiten und dadurch die Effizienz des Betriebes vermindern, die Nutzungsdauer der Geräte verkürzen und Folgekosten verursachen. Das Verständnis der grundlegenden Eigenschaften von Maschinen und Material und die Anwendung der in diesem Buch erörterten Maßnahmen können in Bezug auf Wirkungsgrad und Rentabilität zu wesentlichen Verbesserungen führen.

Vorausblick...

Das Kapitel über Förderbandanlagekomponenten, das dritte Kapitel im Abschnitt Grundlagen für die sichere Schüttguthandhabung, ist das erste von drei Kapiteln über Förderanlagen. Die Kapitel 4 und 5 setzen diesen Abschnitt über die Grundlagen der Förderbandanlagen und der Materialkontrolle zur Reduzierung von Staub und Materialverschüttungen fort und beschreiben den Fördergurt und die Gurtverbindungen.

REFERENZEN

- 3.1 Alle Hersteller und die meisten Vertreter von Gurtmaterial bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial, sowohl in Bezug auf das Traggerüst und die Verwendung ihrer eigenen Produkte, als auch über Förderbänder im Allgemeinen.
- 3.2 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 3.3 Die Website <http://www.conveyorbeltguide.com> ist eine wertvolle, nichtkommerzielle Informationsquelle über Gurtmaterial

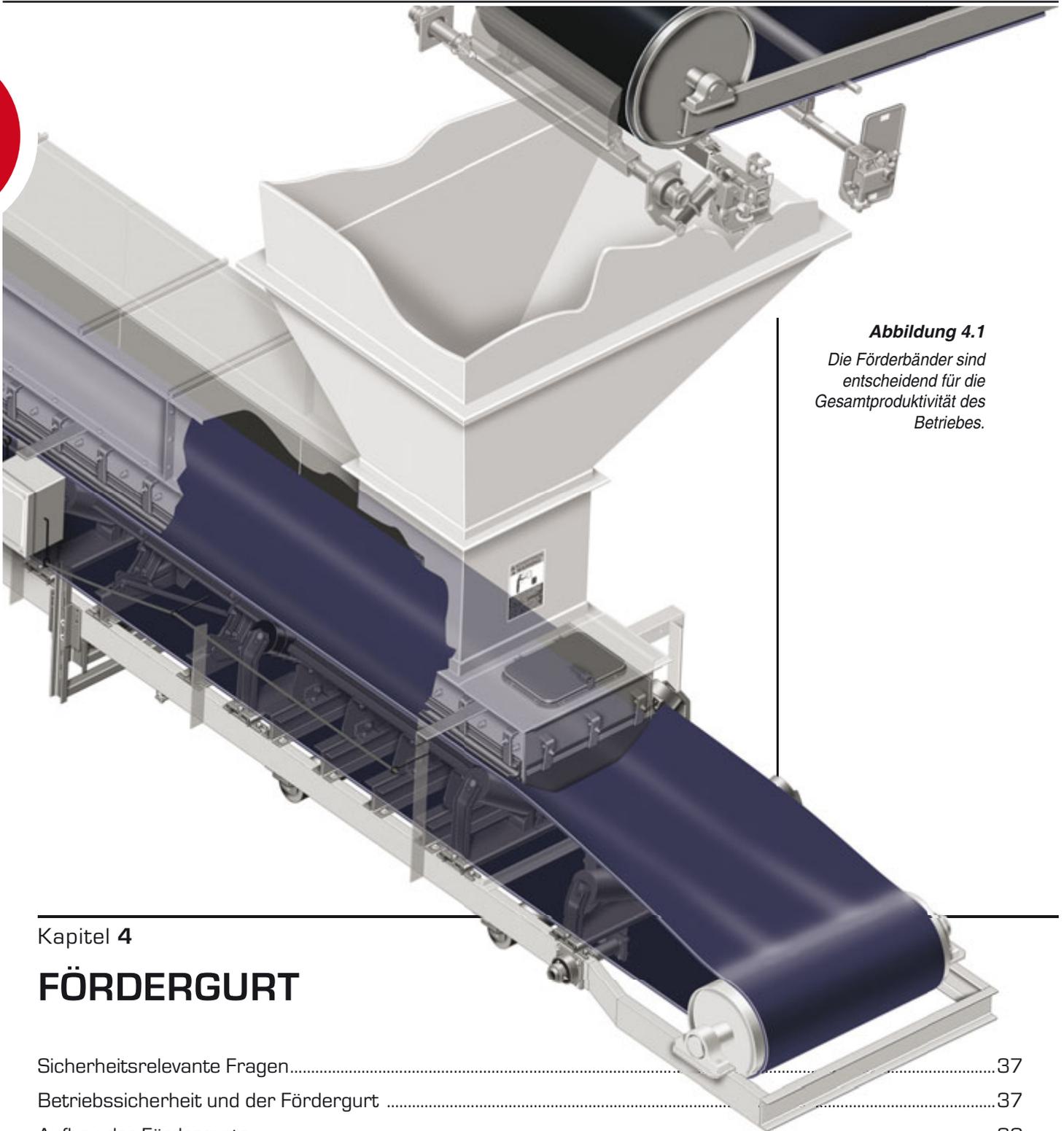


Abbildung 4.1
 Die Förderbänder sind
 entscheidend für die
 Gesamtproduktivität des
 Betriebes.

Kapitel 4

FÖRDERGURT

Sicherheitsrelevante Fragen.....	37
Betriebssicherheit und der Fördergurt	37
Aufbau der Fördergurte	39
Auswahl des Fördergurts.....	44
Lagerung und Behandlung der Fördergurte	48
Schäden am Fördergurt	50
Gurtreparaturen.....	56
Erhaltung der Lebensdauer der Fördergurte.....	58
Entscheidend ist der Fördergurt.....	59

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel wird die Diskussion über die Grundlagen sicherer Schüttguthandhabung und der Grundlagen von Förderanlagen fortgesetzt, wobei hier das Hauptaugenmerk auf den Aufbau und die richtige Verwendung des Fördergurts ausgerichtet ist. Es gibt Betrachtungen zur Auswahl des Bandes und zur Bedeutung der richtigen Lagerung und Handhabung. Außerdem werden verschiedene Arten von Fördergurtschäden erörtert, sowie Reparaturmethoden und Schutzmaßnahmen zur Erhaltung der Standzeit des Bandes.

Ein Förderbandsystem besteht aus vielen Komponenten; keines ist jedoch so wichtig wie der Fördergurt (**Abbildung 4.1**). Der Fördergurt stellt einen wesentlichen Teil der Kosten der Förderanlage dar und dessen erfolgreicher Einsatz kann in Bezug auf die Gesamtproduktivität des ganzen Werks der entscheidende Schlüsselfaktor sein. Deshalb muss der Fördergurt sorgfältig ausgewählt werden und es sind alle Maßnahmen zu treffen, um den Nutzwert zu erhalten.

Schwerpunkt in diesem Kapitel bildet der Hochleistungsfördergurt, welcher üblicherweise beim Transport von Schüttgütern zum Einsatz kommt. Die für den Transport von Schüttgütern gebräuchlichsten Bänder bestehen aus einer innenliegenden tragenden Karkasse aus Synthetik- oder Stahlgewebe und der Außenlagen aus Gummi oder Polyvinylchlorid (PVC).

BETRIEBSSICHERHEIT UND DER FÖRDERGURT

Die Feuerbeständigkeit von Förderbändern

Ein Brand an einem Förderband ist sehr gefährlich. Die Länge und die Bewegung des brennenden Fördergurts bergen das Risiko, dass sich ein Brand sehr schnell auf weite Bereiche des Areals verbreiten kann.

Brände am Fördergurt entstehen meist durch die Reibungshitze, die zwischen einer sich drehenden Trommel und dem blockierten Band hervorgerufen wird, oder zwischen dem Band und einer feststehenden Rolle. Es sind auch schon Brände vorgekommen, wenn versehentlich heißes oder brennendes Material auf das Band geladen wurde. Zur Verminderung des Brandrisikos sind folgende Maßnahmen am effektivsten:

- A. Die Durchführung regelmäßiger Prüfungen am Fördergurt
- B. Die Entfernung aller brennbarer Materialien entlang des Förderbandes
- C. Die Beseitigung potentieller Brandquellen, wie z. B. feststehende Rollen, überhitzte Lager oder Gurtfehlzentrierung

Wegen der Brandgefahr, in Kombination mit den daraus entstehenden toxischen Gasen, Rauch und gesundheitsschädlichen Dämpfen,



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Wie bei allen sich bewegenden Maschinen, sind auch Förderbänder mit Vorsicht und in dem Bewusstsein zu betreiben, dass sie sehr ernste Verletzungen verursachen können. Von einem Förderband gehen viele Risiken für Personenschäden aus, die zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen können. Die meisten dieser Risiken ergeben sich aus der Bewegung des Bandes durch das Fördersystem, wie z. B. Verbrennungen durch Berührung und Klemm- und Quetschgefahr für Personen durch das sich schnell bewegende Band. Bei der Beobachtung eines sich bewegenden Bandes zur Feststellung von Schäden oder zur Überwachung der Spurführung ist besondere Vorsicht zu wahren.

Ein aufgerollter Fördergurt ist unhandlich und schwer und muss deshalb mit besonderer Vorsicht bewegt werden. Gurtrollen müssen während des Transports gesichert werden,

damit sie sich nicht losreißen können und dürfen nur mit dem entsprechenden Gerät und angemessenen Sicherheitsvorkehrungen bewegt werden.

Bei der Reparatur von Fördergurten sind die Arbeiter den Gefahren durch das Anheben schwerer Lasten, von scharfen Werkzeugen und von chemischen aggressiven Stoffen ausgesetzt. Bei Arbeiten im Bereich von Förderanlagen müssen ordnungsgemäße Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout) und Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden.

Mann soll die entsprechende persönliche Schutzausrüstung verwenden und die Anweisungen des Herstellers zur Handhabung von Chemikalien befolgen.

ist der Einsatz von Förderbändern im Untertagebergbau streng reguliert, besonders in Untertage-Kohlebergwerken. In vielen Ländern wurde die frühere Vorschrift zur Verwendung von flammhemmenden Fördergurten, die einer abgeschwächten Bunsenbrenner-Prüfung standhalten, durch die zwingende Pflicht zur Verwendung von selbstverlöschenden Fördergurten in unterirdischen Betrieben ersetzt.

Es ist zu beachten, dass ALLE Fördergurte bei ausreichender Hitze und Luftzufuhr brennen. Die staatlichen Behörden haben jedoch standardisierte Prüfverfahren zur Bestimmung des Brandverhaltens und zur Kategorisierung der Förderbänder festgelegt. Im Allgemeinen gilt ein Fördergurt als „selbstverlöschend“, wenn sich das Feuer in einem Brandversuch unter Laborbedingungen nicht weiter verbreitet, wenn die Zündquelle entfernt worden ist.

Ein selbstverlöschender Fördergurt ist teurer als flammhemmender Fördergurt. Der höhere Kostenaufwand beträgt etwa 10% bis 50%, variiert jedoch je nach Aufbau der Karkasse und Materialstärke der äußeren Schichten des Fördergurts.

Außer in den Vereinigten Staaten sind die Sicherheitsnormen für Fördergurte in Bezug auf Brandschutz in den größten kohlefördernden Ländern, wie in Australien, Kanada, China, Deutschland, Indien, Indonesien, Polen, Russland und Südafrika, ziemlich ähnlich. Zum Beispiel wurden in Deutschland schon vor mehr als 30 Jahren strenge Vorschriften erlassen.

Es gibt zahlreiche international regulierende und beratende Organisationen und Behörden, die Hinweise und Unterstützung anbieten. Hierbei sind unter Anderen zu erwähnen: „British Standards Institution (BSI)“, „Conveyor Manufacturers Equipment Association (CEMA)“, „Deutsches Institut für Normung (DIN)“, „European Standards (EN)“ und die „International Organization for Standardization (ISO)“.

Die Prüfungen in diesen und den meisten anderen Ländern umfassen:

- A. Prüfung der Reibbeläge für Antriebsstrommeln (DIN 22100 und andere).
- Bei der Prüfung der Trommelreibung wird gemessen, ob die Oberflächentemperatur nach einer bestimmten Zeit und unter einer bestimmten Spannung unter einem einzuhaltenden Maximum bleibt. In der Prüfung wird das Durchrutschen eines Fördergurts über eine blockierte Trommel oder die Rotation einer Trommel unter einem feststehenden Förderband simuliert. Um diesen

Test zu bestehen, muss die Oberflächentemperatur des Bandes unterhalb von 325 °C bleiben, ohne dass eine Flamme oder ein Glühen sichtbar ist.

- B. Prüfung des Oberflächenwiderstandes (ISO 284/EN 20284/DIN 20284)
- An der Oberfläche eines Förderbandes kann sich eine elektrostatische Ladung aufbauen, die zur Zündung eines entzündlichen Gas/Luftgemisches führen kann. Ein niedriger Oberflächenwiderstand (hohe Leitfähigkeit der äußeren Lage des Fördergurts) ermöglicht den freien Abfluss der Ladung und beseitigt die Gefahr der Funkenbildung.
- C. Hochtemperatur-Prüfungen mit dem Propanbrenner (EN 12881)
- Zur Prüfung des Brennverhaltens wird ein 2,0 m bis 2,5 m langes und 1200 mm breites Förderbandmuster mittels eines Propanbrenners entzündet. Nachdem die Zündungsquelle entfernt worden ist, müssen die Flammen innerhalb eines gewissen Zeitraumes selbst verlöschen, wobei ein definierter Bereich des Fördergurts unbeschädigt bleiben muss.
- D. Brandstreckenprüfung im Labor (DIN 22100 und 22118)
- Ein 1200 mm langes und 120 mm breites Förderbandmuster wird mit einem Propanbrenner erhitzt. Nachdem die Zündungsquelle entfernt worden ist, müssen die Flammen selbst verlöschen und eine definierte Länge des Fördergurts muss unbeschädigt bleiben.

In den Vereinigten Staaten können die Normen im Hinblick auf die Entflammbarkeit von Förderbändern im Vergleich mit den Vorschriften anderer Länder als weniger streng betrachtet werden, weil dort beim Brandschutz ein systemischer Gesamtansatz zur Anwendung kommt. Die US-Bestimmungen richten das Augenmerk nicht nur auf den Fördergurt der Förderanlage, sondern auch auf die Luftüberwachung und Motorschlupfmelder.

Die gegenwärtig in den Vereinigten Staaten für alle Anwendungen außer für den Untertage-Kohlebergbau geltenden brandtechnischen Vorschriften sind ziemlich einfach:

Bunsenbrenner-Prüfung (CFR Teil 30 Abschnitt 18.65).

Ein kleines (etwa 150 mm x 12 mm) Stück eines Fördergurts wird eine Minute lang über einer Bunsenbrennerflamme gehalten, danach wird die Flamme entfernt und die Probe drei

Minuten lang einem Luftstrom ausgesetzt. Nach einer vorgegebenen Zeit wird die Dauer der Flammentwicklung festgehalten. Der Durchschnitt aus vier Proben darf nicht länger als eine Minute brennen oder länger als drei Minuten nachglühen.

Diese 1969 durch den „Federal Coal Mine Health and Safety Act“ eingeführte Prüfung entspricht einer Vorschrift für Förderbänder im Untertagebau, die in Europa bis zur Mitte der 1970er-Jahre gültig war. Mit dem Aufkommen der strengeren Bestimmungen wurde jedoch die Verwendung entflammungsverzögerter Fördergurte in Europa nur für oberirdische Anwendungen erlaubt; Untertage sind selbstverlöschende Fördergurte erforderlich.

Jetzt haben die Vereinigten Staaten eine strengere Norm für flammwidrige Fördergurte in unterirdischen Kohlenbergwerken. Im Dezember 1992 hat die „US Department of Labor, Mine Safety and Health Administration (MSHA)“ eine neue Regelung für die Anforderungen bei Prüfungen von Förderbändern vorgeschlagen (Bundesregister, Band 57, Nr. 248), nach der die Sicherheitsvorschriften auf internationales Niveau angehoben werden würden. Diese vorgeschlagene Regelung wurde fast zehn Jahre später im Juli 2002 zurückgezogen. Die für die Rücknahme angeführten Gründe lauteten, dass die Anzahl der Brände an Förderbändern bedeutend abgenommen hätte und dass Verbesserungen bezüglich der Fördergurtüberwachung eingeführt werden würden.

Gesetzliche Empfehlungen vom „Mine Improvement and New Emergency Response (MINER) Act“ von 2006 führten zu einer neuen, ab Dezember 2008 gültigen Regelung für unterirdische Kohlebergwerke (CFR Teil 30 Abschnitt 14.20), bei der der „Belt Evaluation Laboratory Test (BELT)“, eine Flammwidrigkeitsprüfung, im Labormaßstab auf der Grundlage der 1992 vorgeschlagenen Regelung mit einbezogen worden war. Um den BELT-Test zu bestehen, muss ein Fördergurt erhöhte Eigenschaften im Bezug auf Brandbeständigkeit aufweisen, bei denen die Flammenausbreitung erheblich vermindert ist.

Die Prüfung fordert, dass drei Proben, etwa 152 cm x 23 cm, in eine 168 cm lange und 456 cm breite Prüfkammer eingebracht werden. Nachdem die Brennerflamme 5 Minuten lang auf die vordere Kante der Probe eingewirkt hat und die Flamme erloschen ist, muss jede geprüfte Probe einen unbeschädigten Abschnitt über die gesamte Breite hinweg aufweisen.

Zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Schrift forderte die letzte von der MSHA herausge-

gebene Regelung, dass die in unterirdischen Kohlebergwerken eingesetzten Fördergurte eine höhere Flammwidrigkeit aufweisen müssen, als zuvor ab dem 31. Dezember 2009 gefordert worden war. Die Regelung verlangt auch den Ersatz vorhandener Fördergurte innerhalb von zehn Jahren. Aktuellere Informationen können bei der MSHA oder bei einem renommierten Gurtlieferanten erfragt werden.

Weitere sicherheitsrelevante Fragen in Bezug auf Fördergurte

Einige Länder haben noch strengere Vorschriften, zum Beispiel bezüglich der Toxizität des Fördergurts, der Hygiene oder der Rauheit der äußeren Lage der Fördergurte. Die genauen Spezifikationen sind in den Normen einer gegebenen geographischen Region oder eines bestimmten Industriebereichs zu finden. Verfahren und Normen sind als DIN-, EN-, ISO-, BSI- oder CEMA- Normen verfügbar. Natürlich muss der Fördergurt mit den zu transportierenden Materialien kompatibel sein.

AUFBAU DER FÖRDERGURTE

Die Karkasse des Bandes

Fördergurte für Förderanlagen bestehen aus zwei Teilen: der inneren Karkasse und den äußeren Decklagen. Die Karkasse ist für den Aufbau des Fördergurts die wichtigste Komponente, da sie die durch das Befördern des Gutes auftretenden Kräfte aufnimmt. Der Hauptzweck der Karkasse besteht in der Übertragung der für den Transport des beladenen Bandes notwendige Spannung und sie dient der Absorption der Stoßenergie des Fördergurtes, die beim Beladen des Bandes wirkt. Es ist ganz gleich, welches Gurtunterstützungssystem für das Band verwendet wird - wenn die Karkasse des Bandes die Anfangsstoßenergie nicht aufnehmen kann, wird das Band vorzeitig versagen. Die Karkasse muss eine ordentliche Gurtverbindung zulassen. Sie muss stark genug sein, um die beim Anfahren, beim Bewegen und beim Stoppen des beladenen Fördergurts auftretenden Kräfte aufnehmen zu können. Die Karkasse sorgt auch für die notwendige Stabilität zwischen den Gurtrollen und gewährleistet die Bandzentrierung.

Die meisten Karkassen werden aus einer oder mehreren Lagen Textilgewebe gebildet, wobei dieses Gewebe bei Hochleistungsgurtmaterial teilweise oder gänzlich durch Stahleinlagen ersetzt wird. Das Textilgewebe der Karkasse besteht normalerweise aus Garnen, die nach einem bestimmten Muster verwoben werden.

Die längslaufenden Fäden werden als Kettgarne bezeichnet und dienen der Aufnahme der Zugkräfte. Die Querschnitte nennt man Schussgarne und sie dienen in erster Linie der Aufnahme von Stoßkräften, als Halterung für mechanische Gurtverbinder, als Ladungsträger und zur allgemeinen Stabilisierung des Gewebes.

Vor Jahren wurden in Förderbändern normalerweise Baumwollgarne als Textilverstärkung verwendet. Zur verbesserten Haftung der äußeren Lage des Fördergurts und zur Dämpfung der Spitzenbelastungen wurde häufig eine Bandzwischenlage zwischen die äußere Lage und die Karkasse eingelegt. In den 1960er- und 1970er-Jahren wurde die Art der Karkassenverstärkungen geändert. Heute werden die meisten Karkassen mit Kunstfasern, wie z. B. Nylon-, Polyester- oder Mischgeweben ausgestattet. Diese Kunstfasern sind den älteren Stoffen aus Naturfasern in beinahe jeder Hinsicht überlegen, einschließlich der Belastbarkeit, Haftung, Dämpfung der Spitzenbelastungen, der Fixierung von Gurtverbindern und der Elastizität. Derzeit werden für einige Anwendungszwecke Stoffe mit eingearbeiteten Aramid-Fasern verwendet. Die Aramidstoffe bieten eine hohe Festigkeit, eine niedrige Dehnung und sind hitzebeständig. Bandzwischenlagen werden mit diesen Synthetikstoffen selten verwendet, weil damit nur wenig oder gar keine Verbesserung erreicht werden kann.

Arten von Karkassen

Es gibt vier Arten von Bandkarkassen:

A. Mehrlagige Fördergurte

Mehrlagige Fördergurte bestehen normalerweise aus zwei oder mehr Lagen Baumwoll- oder Reyon-Gewebe, oder aus einem Mischgewebe aus diesen Fasern, die durch eine Elastomermasse miteinander verbunden werden. Dabei variieren die Gurtfestigkeit und die Belastbarkeit je nach Anzahl der Lagen und des verwendeten Textilgewebes. Mehrlagige Fördergurte waren Mitte der 1960er-Jahre das am häufigsten verwendete Gurtmaterial, sind aber heutzutage durch Fördergurte mit weniger Lagen ersetzt worden.

B. Fördergurte mit verminderter Lagenzahl

Fördergurte mit verminderter Lagenzahl bestehen entweder aus weniger Lagen als vergleichbares mehrlagiges Gurtmaterial, oder es werden spezielle Gewebe verwendet. In den meisten Fällen wird für die Fördergurte mit verminderter Lagenzahl hochfestes Synthetikgewebe verwendet, um eine höhere Festigkeit als bei vergleichbaren mehrlagigen

Fördergurten zu erreichen. Die technischen Daten, die von den Fördergurtherstellern zur Verfügung gestellt werden, belegen, dass Fördergurte mit verminderter Lagenzahl auch das ganze Leistungsspektrum des mehrlagigen Gurtmaterials abdecken.

C. Fördergurte mit Stahleinlage

Fördergurte mit Stahleinlage bestehen aus einer einzelnen Lage parallel geführter Stahlseile als Zugelement, die vollständig im Gummi eingebettet ist. Die Karkasse mit Stahleinlage ist in zwei Ausführungen erhältlich. Bei der Vollgummi-Ausführung werden nur Stahlseile und Gummi verwendet; die mit Textilgewebe verstärkte Ausführung verfügt über eine oder mehrere Gewebelagen über und/oder unter den Seilen, die jedoch durch die Gummischicht von den Seilen getrennt liegen. Beide Ausführungen haben entsprechende Decklagen an der Ober- und Unterseite. Fördergurte mit Stahleinlage werden mit verschiedenen Seildurchmessern und mit verschiedenen Seilabständen produziert, wobei hier in erster Linie die gewünschte Festigkeit des Fördergurts ausschlaggebend ist. Fördergurte mit Stahleinlage kommen oft bei Anwendungen zum Einsatz, bei denen die für den Betrieb des Bandes notwendigen Spannungen höher sind, als die maximal zulässigen Spannungen bei den Fördergurten mit Textileinlage. Eine weitere Anwendung ist bei Förderanlagen zu finden, bei denen eine höhere Banddehnung aufgrund der beschränkten möglichen Wegstrecke der Spannvorrichtung nicht zulässig ist.

D. Fördergurte mit einlagiger Textilkarkasse

Diese Art Fördergurte bestehen aus einer einzigen, normalerweise mit PVC imprägnierten und beschichteten Gewebelage, mit relativ dünnen Deckplatten an Ober- und Unterseite. Zur Erleichterung der Förderung an Neigungen ist die Oberfläche von PVC-Fördergurten oft absichtlich rau gehalten, was aber die Bandreinigung erschwert. Die Abriebfestigkeit von PVC ist geringer als die von Gummi, deshalb werden manche Bänder mit einlagiger Textilkarkasse mit einem PVC-Kern und Deckplatten aus Gummi hergestellt.

Obere und untere Deckplatte

Die Deckplatten schützen die Karkasse des Fördergurts vor Verschleiß (Abrasion oder Abrieb) und vor anderen, für das Band schädlichen Einflüssen. Die obere und untere Deckplatte tragen wenig oder gar nichts zur Festigkeit des Bandes bei. Der Zweck der oberen Deckplatte

besteht darin, die Karkasse vor Schaden durch Stoßwirkung und Abnutzung zu schützen. Die untere Deckplatte stellt die Lauffläche für den Antrieb des Fördergurts dar und dient auch der Spurführung. Da sie eher der Gefahr einer Beschädigung ausgesetzt ist, ist die obere Deckplatte normalerweise dicker und beständiger gegen Abrieb und Abnutzung als die untere Deckplatte. Abrieb- und Schnittwirkungen können so schwerwiegend sein, dass eine obere Deckplatte mit einer Stärke von 18 mm oder mehr erforderlich ist. In jedem Fall ist das Ziel bei der Auswahl von Deckplatten, die Karkasse mit ausreichend dicken Deckplatten zu versehen, so dass deren Schutz über die gesamte Standzeit der Karkasse gewährleistet ist.

Die Deckplatten können aus verschiedenen Elastomeren bestehen, einschließlich natürlichem und synthetischem Gummi, PVC und aus speziell für einen bestimmten Zweck hergestellten Materialien, um z. B. eine Beständigkeit gegen Öl, Feuer oder Abrieb zu erzielen.

Manche Anwender könnten dazu verleitet werden, einen Fördergurt einfach zu wenden, wenn die Trageseite verschlissen ist. Im Allgemeinen sollte man jedoch besser auf das Wenden des Gurtes verzichten, wenn die Oberseite abgenutzt ist. Durch das Umwenden des Fördergurts steht der Trommel dann eine unregelmäßige Oberfläche gegenüber, was zu schwacher seitlicher Verteilung der Spannung und zum Gurtversatz führen kann. Ein weiteres Problem besteht darin, dass eventuell Feinanteile des Ladegutes in der ehemaligen Transportoberfläche des Bandes eingebettet sind; wenn das Band nun gewendet wird, kommen diese Anteile in kraftschlüssigen Kontakt mit der Trommelummantelung, mit Gurtrollen und mit anderen Trägersystemen des Bandes. Außerdem verharrt das Band nach Jahren der muldenförmigen Führung in dieser Form und widersteht dem für das Wenden des Bandes erforderlichen „Umstülpen“ der Muldung. Manchmal kann dieser Vorgang Wochen dauern und zu Spurführungsproblemen führen.

Besondere Erwähnung verdient die Praxis einiger Gurthersteller, ihr Emblem in die Transportoberfläche des Fördergurts einzuprägen (**Abbildung 4.2**). Selbst wenn dies nahe an der Fördergurtkante geschieht, wird dieser eingetiefte Bereich für das transportierte Material zur Falle und die Rauheit der Fläche kann die Reinigungs- und Abdichtsysteme des Fördergurts beschädigen. Es wird empfohlen, dass die Benutzer die Platzierung dieser Logos auf der nichttragenden Rückseite des Gurtes vorschreiben.

Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage des Gurtes

Während einige Fördergurte bei der oberen wie bei der unteren Deckplatte dieselbe Materialstärke aufweisen, werden die meisten Gurte auf der Trommelseite mit einer etwas dünneren Deckplatte versehen. Der Unterschied in der Materialstärke zwischen der oberen und der unteren Deckplatte wird als das Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage des Gurtes bezeichnet. Der Unterschied in der Materialstärke darf jedoch zwischen den beiden Deckplatten nicht allzu groß sein, da der Gurt sonst zur Napfbildung neigt.

Das Problem bei Fördergurten mit mangelhaften Dickenverhältnissen der Oberlage zur Unterlage ist, dass die größere Gummimasse stärker schrumpft als die kleinere. Folglich neigt ein Gurt mit übermäßig großem Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage zur Napfbildung, wenn die Deckplatte auf der Oberseite durch Alterung, UV-Einwirkung oder andere Faktoren schrumpft, was wiederum auf der Unterseite zu vermindertem Kontakt mit den Rollen führt. Dadurch wird eine genaue Spurführung schwieriger. Dieses Problem tritt meist dann auf, wenn Fördergurt mit einer zu dicken oberen Deckplatte (im Verhältnis zur unteren Deckplatte) bestellt wird, um genügend Verschleißvolumen auf der Oberseite zu haben, damit das Band möglichst lange hält. Um eine gleichmäßige Schrumpfung und eine gleichmäßigere Spurführung zu erreichen, wird für Bänder bis 900 mm ein Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage von 1,5 : 1 empfohlen und für Bänder von 1000 bis 1600 mm ein Dickenverhältnis von 2 : 1. Für Bänder über 1600 mm hinaus wird ein Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage von 3 : 1 empfohlen. Fördergurt mit einem Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage von 3 : 1 ist für viele Zwecke geeignet und stellt eine Qualität dar, die von den meisten Händlern auf Lager vorrätig gehalten wird.



Abbildung 4.2

Es ist eine schlechte Praxis, das Hersteller-Logo auf der Trageseite des Bandes anzubringen, da sich hier Rücklaufmaterial verfangen oder ansetzen kann.

Rippen, Stollen-, Chevron- und Mitnehmer-Profile

Manchmal werden auf der Oberfläche des Bandes erhöhte Elemente zur Unterstützung des Materialtransportes angebracht (**Abbildung 4.3**). Diese Rippen, Stollen-, Chevron- und Mitnehmer-Profile werden im Allgemeinen eingesetzt, damit eine Förderanlage das Material in einem höheren Neigungswinkel transportieren kann, als dies normalerweise mit einem Flachgurt möglich wäre. Dies ist besonders nützlich, wenn große Brocken oder Steine vorhanden sind, die leicht entlang einem Gefälle ohne Hindernisse hinunterrollen könnten.

Stollenprofile oder Rippen können als senkrecht zu den Fördergurtkanten angebrachte Stauwände oder Fächer betrachtet werden. Chevronprofile werden V-förmig angeordnet. Mitnehmer-Profile stellen einzelne „Inseln“ oder Säulen in der Oberfläche des Fördergurts dar. Sie sind alle in einer Vielzahl von Mustern und Formen verfügbar, wobei die Höhe durch die jeweilige Anwendung bestimmt wird. Sie können schon bei der Herstellung des Fördergurts in die Oberfläche integriert werden, oder sie können auf der Oberfläche des Gurts aufgeschraubt oder aufvulkanisiert werden.

Hierbei sollte man bedenken, dass je höher die Stollen, Rippen, Chevron- oder Mitnehmer-Profile sind, desto anfälliger sind sie für Beschädigungen und desto schwerer ist die Reinigung und Abdichtung des Fördergurts.

Man kann die Mitnahmereibung zwischen dem Fördergurt und dem zu transportierenden Material auch durch die Verwendung einer Deckplatte mit umgekehrten Chevrons steigern. Die umgekehrten Chevron-Profile stehen nicht über die äußere Lage des Fördergurts hinaus hervor, sondern sind in die äußere Lage der Gurtoberseite eingetieft, wie das Profil auf einem Reifen. Die Rillen werden mit einem

Profilhobel in die äußere Lage des Fördergurts eingeschnitten; sie können gewinkelt oder in einer 90° zur Kante ausgerichteten Geraden quer über den Fördergurt angeordnet werden. Mit dieser Lösung ist die Reinigung und Abdichtung des Bandes mit herkömmlichen Systemen eher möglich, obwohl sich die eingetieften Stollen mit Fördergut auffüllen.

Gurtklassen

Verschiedene nationale und internationale Organisationen und Institutionen haben für die Gurte, welche bei den allgemeinen Schüttguthandhabungsprozessen verwendet werden, entsprechende Klassifizierungssysteme eingeführt. Gedacht als Referenz bei Auswahl des richtigen Fördergurts für die verschiedenen Anwendungen durch den Endbenutzer, werden in den Klassifizierungssystemen verschiedene Laborprüfkriterien angegeben, ohne jede Garantie für das Leistungsverhalten in einem spezifischen Anwendungsfall.

In den Vereinigten Staaten hat die „Rubber Manufacturers Association RMA“ [der US-Verband der Gummihersteller] zwei Einheitssorten von Deckplatten für Fördergurte eingeführt. Die Gurte der RMA Sorte I erfüllen höhere Anforderungen in Bezug auf die Zugfestigkeit und die Dehnung des Gummis, wobei hier eine verbesserte, über die Eigenschaften der Sorte II hinausreichende Schnitt- und Stichbeständigkeit angegeben wird. Hierbei ist zu beachten, dass eine Sortenklassifizierung nicht unbedingt etwas über die allgemeine Abriebfestigkeit aussagt.

Die Internationale Organisation für Normung (ISO) hat unter der ISO 10247 in ähnlicher Weise ein Einstufungssystem eingeführt. Diese Norm beinhaltet die Kategorie H (hohe Schnitt- und Stichbeständigkeit), die Kategorie D (hohe Abriebbeständigkeit) und die Kategorie L (mittlere Beständigkeit). Die Kategorie H ist in etwa mit der RMA Sorte I vergleichbar; die Kategorien D und L entsprechen ungefähr Fördergurten der RMA Sorte II.

Außerdem gibt es noch für bestimmte Hochleistungsanwendungen hergestellte Typen, wie z. B. zur Verwendung für Heißgüter oder im Untertage-Bergbau, oder solche, die gegen Öl oder Chemikalien beständig sind. Wie in den meisten Fällen, sollte man sich zuerst mit den Einsatzbedingungen vertraut machen und dann von namhaften Lieferanten beraten lassen, bevor man sich für einen Fördergurt entscheidet.

Abbildung 4.3

Rippen, Stollen-, Chevron- und Mitnehmer-Profile sind erhabene Elemente in der Oberfläche eines Fördergurts, die den Materialtransport bei einem höheren Neigungswinkel ermöglichen.



Abriebfestigkeit der Fördergurte

Bei Förderbändern kommen zwei Arten von Abrieb vor. Die eine Art wird durch die Reibung des Förderguts gegen die äußere Lage des Gurtes verursacht. Die Abnutzung ist hier relativ gleichmäßig. Der tatsächliche Abrieb hängt von den Materialeigenschaften des Gurtes ab, dessen Verhalten unter Fördergutlast und dessen Geschwindigkeit. Diese Schädigung nennt man Schaden durch Schleifwirkung.

Eine aggressivere Form des Abriebs stellt die Schädigung der Oberfläche durch scharfkantige Partikel dar, die sich in den Fördergurt hineinschneiden oder hineinbohren. Diese Schädigung wird im Allgemeinen als Schaden durch Stoßwirkung bezeichnet.

Es gibt zwei Arten von Prüfungen zur Messung des Verschleißes an der Deckplatte des Fördergurts. Zu der ersten Art gehört die ISO 4649, Abriebprüfanordnung Typ A und B (früher DIN 53516). Bei dieser Prüfung wird eine Probe der Gummi-Deckplatte eine bestimmte Zeit lang gegen eine rotierende Abriebtrommel gehalten. Das Muster der Deckplatte wird vorher und nachher gewogen, um den Verlust zu berechnen. Je kleiner der Betrag ist (je weniger Material abgerieben wird) desto größer ist die Abriebbeständigkeit.

Eine zweite Prüfmethode ist die Pico Abriebprüfung nach ASTM Prüfverfahren D2228 der American Society for Testing and Materials [Amerikanischen Gesellschaft für das Prüf- und Materialwesen]. Bei dieser Prüfung wird eine kleine Probe der äußeren Lage des Fördergurtes einer Abriebbeanspruchung mittels Wolframkarbidmessern unterworfen. Wie bei der vorhergehenden Prüfung, wird die Probe auch hier vor und nach der Beanspruchung gewogen und der Gewichtsverlust berechnet. Die Ergebnisse werden als Index angegeben, so dass ein höherer Wert eine bessere Abriebfestigkeit bedeutet.

In den meisten Referenzen wird gewarnt, dass keine der beiden Prüfungen als eine genaue Voraussage des tatsächlichen Leistungsverhaltens in der Praxis betrachtet werden sollte.

Neue Entwicklungen bei den Fördergurten

Eine der aktuellsten Innovationen ist die Entwicklung energieeffizienter Deckplatten für Fördergurte. Die äußeren Lagen der Gurtunterseiten der so genannten LRR-Deckplatten [Low Rolling Resistant; niedriger Rollwiderstand] erfordern eine geringere Spannung für den Betrieb des Förderbandes, weil hier

die Gurtrollen weniger tief in den Fördergurt eingedrückt werden und damit ein geringerer Rollwiderstand vorliegt. Nach Aussage der Hersteller kann durch ein Fördergurt dieser Art 10 oder mehr Prozent der Betriebsenergie eingespart werden. Die Einsparungen wirken an Kontaktstellen zwischen Gurt und Gurtrollen. Diese energieeffizienten Deckplatten haben einen geringeren Rollwiderstand, weil die äußere Lage der Gurtunterseite schneller wieder eine flache Oberfläche annimmt als dies bei konventionellen Fördergurten der Fall ist, die deformiert werden, wenn sie über die rollenden Komponenten der Förderanlage laufen.

Nach Aussage der Hersteller kommen die Vorteile dieser energieeffizienten Deckplatten am besten auf langen waagerechten Förderanlagen zum Tragen, bei denen Material mit hoher Dichte auf voll beladenen Bändern transportiert wird und dadurch die Reibung im Gesamtsystem durch den Reibungsanteil der Gurtrollen dominiert wird. Die LRR-Mischung ist im Vergleich mit anderen Mischungen teurer. Der preisliche Mehraufwand für diese Mischung wird jedoch dort, wo der Vorteil vollständig genutzt werden kann, dadurch kompensiert, dass die Energiekosten gesenkt und bei neuen Anlagen die Förderanlagen mit kleineren Motoren, Trommeln, Getrieben, Wellen, Lager, Gurtrollen und mit leichteren Stahlkonstruktionen bestückt werden können.

Der Benutzer kann weder davon ausgehen, dass die Betriebskosten durch die Verwendung von LRR-Deckplatten gesenkt werden, noch kann er sich einfach für LRR-Deckplatten aus Prinzip entscheiden, da jeder Fördergurt für einen spezifischen Anwendungsfall ausgelegt wird. Beim Einsatz eines LRR-Gurtes ist die Beziehung zwischen dem Energieverbrauch und den Temperaturbedingungen nicht linear und es steht normalerweise nur ein kleines Leistungsfenster für eine bestimmte Anwendungstemperatur zur Verfügung. Eine zur Energieeinsparung bei 20°C konzipierte LRR-Deckplatte auf der Unterseite des Bandes kann bei 0°C oder bei 30°C mehr Energiekosten verursachen, so dass deshalb jeder Fördergurt auf die klimatischen Bedingungen jeder einzelnen Anwendung angepasst werden muss.

Eine andere Neuentwicklung bei der Konstruktion von Fördergurten ist die Verwendung von nichthaftenden Deckplatten, damit kein Rücklaufmaterial mehr am Fördergurt anhaftet. Dies wird durch Aufbringen einer nichthaftenden Beschichtung auf den Gurt erreicht, so dass sich kein Rücklaufmaterial mehr auf der Oberfläche des Fördergurtes ansammeln kann. Diese Beschichtung sollte die Notwendigkeit der

Bandreinigung reduzieren, wodurch wiederum die Lebensdauer des Fördergurts durch verminderten Verschleiß an den Deckplatten verlängert wird. Diese Beschichtung ist auch gegen Öl und Fett beständig und sie verwittert und altert nicht. Bei der Verwendung von nichthaftenden Beschichtungen auf den Bändern ist darauf zu achten, dass konventionelle Fördergurtreiniger (Abstreifer) entfernt werden müssen, da selbst die „Reinigungskante“ eines „weichen“ Urethan-Vorabstreifers die Beschichtung abtragen könnte.

Förderanlagen werden als ein System konzipiert und jede Veränderung am Originalfördergurt kann den Betrieb einer Förderanlage negativ beeinflussen. Zur Festlegung des für eine bestimmte Anwendung am besten geeigneten Gurtyps sollte ein Gurthersteller befragt werden.

Geschnittener Gurt mit Schnittkante oder Vollgummikante

Es gibt zwei Arten von Kanten bei einem Fördergurt: Gurte mit Schnittkanten und Gurte mit Vollgummikanten.

Ein Gurt mit Vollgummikante wird genau mit der vorgegebenen Breite hergestellt, so dass die Kanten des Fördergurts von einer Gummischicht umschlossen sind. Deshalb sind die Gewebeschichten der Karkasse nicht der Witterung ausgesetzt. Da ein Gurt mit Vollgummikante für eine spezifische Bestellung gefertigt wird, ist wahrscheinlich mit einer längeren Lieferzeit zu rechnen und er wird im Allgemeinen teurer sein als ein geschnittener Gurt.

Bei einem geschnittenen Gurt wird zuerst eine breitere Fördergurtbahn gefertigt, von der dann die zur Erfüllung des Auftrags erforderliche Breite abgeschnitten wird. Mit dieser Methode kann der Hersteller zwei oder drei Kundenaufträge aus einem Stück des produzierten Gurtmaterials erfüllen. Deshalb ist ein geschnittener Fördergurt bei der Herstellung kostengünstiger (daher sparsamer), so dass diese Art Fördergurt gebräuchlicher geworden ist. Die Längsauftrennung auf eine vorgegebene Breite kann zum Zeitpunkt der Herstellung erfolgen, oder dies kann in einem zweiten Schritt entweder beim Hersteller oder beim Vertreiber geschehen, wenn ein Fördergurt von einer größeren Rolle geschnitten wird.

Ein Gurt mit Schnittkante kann von jedem Gurtstück mit größerer Breite geschnitten werden. Deshalb sind derartige Gurte jederzeit verfügbar und griffbereit. Sie haben aber auch einige Nachteile. Die Karkasse des Fördergurts wird an den Schnittkanten freigelegt; deshalb ist

die Karkasse für die verschiedenen Belastungen anfällig, die bei ungünstigen Umgebungsbedingungen bei der Lagerung, Handhabung und Verwendung herrschen. Außerdem ist auch der Vorgang der Längsauftrennung mit Problemen behaftet. Stumpfe Messer können zu Problemen wie z. B. Längskrümmung, einer Kurve in der Kante des Fördergurts, führen. Außerdem gibt es noch die unwägbaren Aspekte beim Kauf von gebrauchten oder zurechtgeschnittenen Fördergurten, wozu auch das Alter des Materials, dessen Anwendungsvorgeschichte und die bereits erprobte Belastung durch Umweltfaktoren zu zählen sind.

Fördergurte mit Stahleinlage werden in einer vorgegebenen Breite hergestellt und haben somit Vollgummikanten. Fördergurte mit Gewebereinlage sind entweder mit einer Vollgummikante oder mit einer Schnittkante erhältlich.

AUSWAHL DES FÖRDERGURTS

Die Festlegung der Vorgaben

Die Auswahl und der Aufbau des richtigen Gurtes werden am besten einem Experten beim Hersteller bzw. beim Vertreiber oder einem unabhängigen Berater überlassen. Ein richtig ausgelegter und hergestellter Fördergurt bietet eine optimale Leistung und lange Standzeit bei niedrigsten Kosten. Eine unsachgemäße Auswahl oder Ersetzung kann katastrophale Folgen haben.

Bei der Festlegung der Vorgaben sind mehrere Betriebsparameter und Materialbedingungen mitzuteilen. Dazu gehören:

A. Materialstärke

Begrenzen Sie die Toleranzen der Materialstärke gestaffelt zwischen $\pm 20\%$ bei dünnen Deckplatten wie z. B. bei 2,4 mm und $\pm 5\%$ bei Deckplatten mit einer Materialstärke größer als 19 mm.

B. Ausbuchtung oder Einbuchtung

Begrenzen Sie die Ausbuchtung oder Einbuchtung auf 0,25%. Dies erlaubt eine Ausbuchtung oder Einbuchtung von ± 25 Millimetern pro 10 Meter. Ausbuchtung bedeutet eine konvexe Kante des Fördergurts und Einbuchtung eine konkave Kante des Fördergurts.

Die RMA (US-Verband der Gummiersteller) definiert Einbuchtung und Ausbuchtung als relative Abweichung der tatsächlichen Fördergurtkante von ihrem idealen Verlauf. Dazu werden im Abstand zwischen 15 m

und 30 m zwei Referenzpunkte festgelegt; eine sie verbindende Gerade stellt den idealen Verlauf dar. Die gesuchte Abweichung wird auf der halben Strecke zwischen den Referenzpunkten gemessen und auf den Abstand zwischen ihnen bezogen. Um diese Größen in Prozent auszudrücken, muss man das Verhältnis berechnen und den Quotienten mit 100 multiplizieren. Wenn der Gurt zum Beispiel auf einer Länge von 30 m eine Abweichung um 450 mm aufweist, würde dies einer Ausbuchtung von 1,5% entsprechen.

C. Gurtoberfläche

Legen Sie die Oberfläche des Fördergurtes als glatt, flach und von homogener Härte mit einer Härtetoleranz von $\pm 5\%$. In den Vereinigten Staaten wird die Härte mit dem Shore A Durometer gemessen. Der Ergebnisbereich liegt zwischen 30 bis 95 Punkten - je höher der Punktwert ist, desto härter ist das gemessene Produkt. Die internationalen Gummihärtegrade [International Rubber Hardness Degrees (IRHD), oder Mikrohärtete] werden in einem Skalenbereich von 0 bis 100 angegeben, was einem jeweiligen Elastizitätsmodul von „nicht existent“ (0) und „unendlich hoch“ (100) entspricht.

D. Herstellerzeichen

Schreiben sie die Entfernung des Herstellerzeichens oder dessen Anbringung auf der unteren Deckplatte statt an der Gurtoberseite vor, damit es bei der Bandreinigung und an den Abdichtsystemen keine Probleme verursachen kann.

Betreffend Betriebsparameter sind folgende Vorgaben zu spezifizieren:

- A. Betriebsstundenzahl (beladen und unbeladen)
- B. Einzelheiten in Bezug auf den Übergabepunkt, einschließlich des Muldungswinkels und der Übergangsstrecke, als auch Information über die Materialflugbahn, die Fallhöhe und Geschwindigkeit
- C. Möglichst ausführliche Beschreibung des zu transportierenden Schüttguts, einschließlich Brockengrößen und Temperaturbereich
- D. Beschreibung des zu verwendenden Fördergurtreinigungssystems
- E. Beschreibung chemischer Behandlung (z. B. Enteisungsmittel oder Staubunterdrückungsmittel)
- F. Beschreibung atmosphärischer Schmutzstoffe (von Prozessen in der Umgebung oder aus anderen Quellen)

- G. Die Angabe extremer örtlicher Wetterverhältnisse, denen der Fördergurt standhalten muss

Der Aufbau muss zum Gurt passen und der Gurt zum Aufbau

Die Montage eines Fördergurtes auf den Aufbau einer Förderanlage ohne Kenntnis und Verständnis für die Kenngrößen des Fördergurtes beeinträchtigt die Leistung des Systems und reduziert die Leistung des Fördergurtes. Hierbei können Probleme in Form von Gurtschieflauf, verkürzter Lebensdauer des Fördergurtes, beschädigter Verbinder, unplanmäßigen Stillstandszeiten und zusätzlicher Instandhaltungskosten auftreten.

Dies erfordert eine detaillierte Analyse des Förderanlagenaufbaus und der rollenden Komponenten, um sicherzustellen, dass der auf dem System verwendete Fördergurt der richtige ist. Vor der Auswahl und dem Einbau eines Fördergurtes in einen vorhandenen Aufbau ist ein tieferes Verständnis aller Parameter erforderlich. Deswegen ist es immer ratsam, den Rat von Gurtlieferanten einzuholen.

Kompatibilität mit dem Aufbau und den rollenden Komponenten

Fördergurt kaufen ist wie Kleidung kaufen. Um optimal zu passen, muss der Gurt auf den vorhandenen Aufbau maßgeschneidert werden. Förderbänder werden für verschiedene Kapazitäten, Längen, Breiten, Muldungswinkel und Spannungen ausgelegt. Ein Fördergurt muss mit dem Aufbau der Förderanlage kompatibel sein und dazu gehört mehr als nur die Breite des Gurtes.

Leider wird dies auf der betrieblichen Führungsebene oft nicht verstanden. Allzu oft herrscht eine „Gurt ist doch gleich Gurt“ - Philosophie vor. Dies beruht auf einem unvollständigen Verständnis der Komplexität der gesamten „Gurtgleichung“. Diese falsche Philosophie kommt zur Anwendung in Zeiten, in denen Sparmaßnahmen angesagt sind oder wenn eine schnelle Wiederinbetriebnahme notwendig ist. In diesen Fällen ist die typische Reaktion die Verwendung eines vorrätigen Fördergurtes, entweder ein Reststück oder ein Ersatzfördergurt, den man im Instandhaltungslager gefunden hat, oder die Verwendung von kurzfristig verfügbarem Gurt aus einer externen Quelle, z. B. von einem Fördergurthändler oder von einem Gebrauchtmaschinenhändler.

Man spart am falschen Ende, wenn man einen „Schnäppchen-“ Fördergurt einsetzt, der nicht vollständig mit dem Förderanlagensystem

kompatibel ist. Die Inkompatibilität des Fördergurts mit dem Aufbau ist ein häufiges Problem, das zu einem schwachen Leistungsverhalten des Fördergurts führt und zu einer schlechten Kapitalrendite. Diese Inkompatibilität könnte sehr wohl die häufigste Ursache für Spurführungsprobleme sein, die bei jenen Förderanlagen zu beobachten sind, bei denen ein Ersatzfördergurt eingebaut worden ist oder Stücke an den vorhandenen Gurt angesetzt worden sind. Die wesentliche Voraussetzung zur Sicherstellung eines guten Leistungsverhaltens des Fördergurts und der Förderanlage ist das Verständnis der Grundlagen der Kompatibilität.

Die Festlegung der Vorgaben für ein Förderband ist ein wichtiges Unterfangen. Es liegt im ureigensten Interesse eines Betriebes, wenn man diesen Aufgabenbereich auf einen Experten überträgt. Dieser Experte ist mit dem Leistungsverhalten der Fördergurte verschiedener Hersteller bestens vertraut und weiß, welche Fragen er stellen muss.

Nenngurtspannung

Für jeden Fördergurt ist eine Nennspannung angegeben, das heißt die Zugkraft, der er - bezogen auf die Gurtbreite - standhält. Der Fördergurt wird nach seiner Reißfestigkeit gemessen, angegeben in Newton pro Millimeter (N/mm) oder Kilonewton pro Meter (kN/m) Bandbreite. In den Vereinigten Staaten wird auch traditionell Pfund pro Zoll Breite (pounds per inch width, als PIW abgekürzt) benutzt.

Die Bemessung der Festigkeit ist eine Funktion der in der Karkasse des Fördergurts enthaltenen Verstärkungen sowie der Anzahl und Materialart der Gewebeeinlagen, oder bei Fördergurten mit Stahlseilen - der Dimensionierung der Seile. Wie bereits gesagt, tragen die unteren und oberen Deckplatten sehr wenig zur Festigkeit oder Spannungsbemessung eines Fördergurts bei.

Die Festigkeit des Fördergurts, entweder die Nennspannung der Karkasse oder die Reißfestigkeit, entspricht der Kraft, mit der der Fördergurt beaufschlagt werden kann. Eine stärkere Beanspruchung dieses Fördergurts in Form von einer höheren Materiallast, größerer Gewichte bei den Spannvorrichtungen und den Wirkungen der Schwerkraft bei erhöhter Neigung würde schwerwiegende Probleme verursachen, einschließlich der Möglichkeit des Durchreißen des Fördergurts. Je höher die Nennspannung des Fördergurts, desto kritischer wird die Kompatibilität des Fördergurts mit dem Aufbau und den rollenden Komponenten.

Für jeden Aufbau einer Förderanlage ist ein Fördergurt mit einer bestimmten Nennspannung erforderlich. Die für diese Entscheidung maßgebenden Faktoren sind:

- A. Die Länge des Aufbaus
- B. Der Neigungswinkel der Förderanlage
- C. Die gewünschte Kapazität
- D. Die Breite des Fördergurts
- E. Der Widerstand und die Trägheit der rollenden Komponenten

Mindestbiegeradius

Fördergurt wird für eine vom Hersteller angegebene Mindesttrommelgröße ausgelegt. Wenn ein Fördergurt über einen zu kleinen Radius gebogen wird, kann dies zu einer Beschädigung des Fördergurts führen. Dabei kann es zur Auftrennung, zum Aufblättern von Materialschichten, zum Versagen der Einlagen oder zur Rissbildung an den Deckplatten auf der Gurtoberseite kommen. Eine unzureichende Trommelgröße kann auch zum Ausreißen von mechanischen Verbindungen führen. Der Mindestdurchmesser der Trommel wird durch die Anzahl und Materialart der Einlagen, ob mit Stahlseilen oder ohne, der Nennspannung des Gurtes und der Materialstärke der oberen und der unteren Deckplatten bestimmt.

Bei der ursprünglichen Gestaltung eines Fördersystems kann der Wunsch zur Verwendung eines dickeren Fördergurtes (z. B. zur Verlängerung der Standzeit angesichts der hohen Stoßbelastung in der Ladezone) den Einbau von Trommeln mit einem größeren Durchmesser erforderlich machen.

Ein häufiger Fehler wird gemacht, wenn in einem Betrieb irgendeine Art der Oberflächenbeschädigung auf der Tragseite des Fördergurts festgestellt wird. Die unmittelbare Reaktion darauf ist dann der Einbau eines noch dickeren Fördergurts in der Erwartung einer längeren Standzeit. Wenn für den dickeren Fördergurt eine Mindesttrommelgröße angegeben ist, die größer als die der momentan eingebauten Trommeln ist, kann dies in Wirklichkeit zu einer verkürzten Lebensdauer des Bandes führen und damit zu einer Verschärfung genau dieses Problems, das durch das dickere Band behoben werden sollte.

Muldungswinkel

Fördergurte werden muldenförmig geformt, damit mehr Material transportiert werden kann. Je größer der Muldungswinkel ist, desto mehr Material kann transportiert werden. Alle flachen Gummi- oder PVC-Fördergurte können

durch Gurtrollen zu einer Mulde geformt werden. Die Art der Karkasse, die Dicke, Breite und die Nennspannung des Bandes bestimmen dabei den maximalen Muldungswinkel. In den technischen Datenblättern der Hersteller wird die Eignung zur Muldenbildung üblicherweise durch Angabe der Mindestgurtbreite für die verschiedenen Muldungswinkel angegeben.

Wird der maximale Muldungswinkel eines gegebenen Bandes überschritten, kann dies zu einer dauerhaften Deformation des Bandes mit napfartiger Ausprägung führen. Die Napfbildung erschwert die Abdichtung und die Reinigung des Fördergurts und macht die Spurführung fast unmöglich. So wie die Napfbildung zunimmt, nimmt der Oberflächenkontakt zwischen den rollenden Komponenten der Förderanlage und dem Band und damit ebenfalls die Steuerung des Bandes durch die rollenden Komponenten ab.

Wenn der für das Band geltende Muldungsgrad überschritten wird, kann die Muldung eventuell nicht richtig ausgeformt werden, so dass dadurch Probleme hinsichtlich der Abdichtung und der Spurführung hervorgerufen werden. Wenn ein Band zu steif ist und die Muldenform nicht richtig annimmt, wird es nicht ordnungsgemäß durch das System geleitet. Dies führt schnell zu Materialverlusten entlang der Förderanlage und zu Schäden an den Kanten des Fördergurts (**Abbildung 4.4**).

Eine andere Schwierigkeit, die auftreten kann, wenn die Muldungsfähigkeit des Bandes überschritten wird, sind Schäden an der oberen und der unteren Deckplatte und an der Karkasse im Bereich des Rollenübergangstoßes.

Wenn die Muldungsfähigkeit des Bandes nicht mit den Muldungsrollen kompatibel ist, kann dies außerdem zu einem höheren Energieverbrauch als ursprünglich kalkuliert führen.

Übergangsstrecke

Der Fördergurt läuft als flaches Band über die Umkehrtrommel. Sobald das Band die Umkehrtrommel verlässt und in die Ladezone eintritt, werden die Kanten des Fördergurts angehoben und bilden damit die Muldung, in der das Material transportiert wird (**Abbildung 4.5**). Diese Muldung wird durch Übergangsrollen geformt - in verschiedenen Stufen gewinkelte Rollen, die von flach bis zum endgültigen Muldungswinkel reichen.

An der Kopftrommel der Förderanlage befindet sich ein ähnlicher Übergangsbereich, in dem die Rollen aber in umgekehrter Reihenfolge angeordnet sind, durch die das Band,

unmittelbar bevor es die Abwurfstelle erreicht, von einem gemuldeten wieder in ein flaches Profil überführt wird.

Bei der Ausformung der Muldung werden die Außenkanten des Bandes mehr gestreckt als die Mitte. Findet der Übergang über eine zu kurze Strecke hinweg statt, kann das Band im Bereich des Rollenübergangstoßes beschädigt werden - d. h. dort, wo das Band mit dem Stoß zwischen der flachen Mittelrolle und der gewinkelt angeordneten Seitenrolle in Berührung kommt (**Abbildung 4.6**).

Man sieht oft Förderanlagen, bei denen der Übergangsbereich kürzer ist als eigentlich erforderlich wäre. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen: mangelhafte Konstruktion, weil die



Abbildung 4.4

Eine Überschreitung der Muldungsfähigkeit kann zu einer Schädigung des Fördergurts führen.



Abbildung 4.5

Zur Anhebung der Fördergurtkanten und zur Ausformung der Muldung werden Übergangsrollen verwendet.



Abbildung 4.6

Ein von einem Rollenübergangstoß herrührender Schaden wird durch eine falsch bemessene Übergangsstrecke (Strecke von der Mitte der Endtrommel bis zur ersten vollständig gemuldeten Gurtrolle) verursacht.

Bedeutung des Übergangs nicht erkannt wurde, Platzmangel oder weil man Kosten einsparen will. Deshalb sollte die problematische Situation nicht noch dadurch verschärft werden, dass ein Ersatzfördergurt eingebaut wird, der eine noch längere Übergangsstrecke erfordert.

Der Übergangsbereich einer Förderanlage kann möglicherweise auch verlängert werden. Dies kann auf zweierlei Arten erfolgen. Man kann einerseits die Umkehrtrommel weiter zurück versetzen, um den Abstand zum Beschickungsbereich zu vergrößern. Oder man kann andererseits einen zweistufigen Übergangsbereich vorsehen, wobei der Fördergurt vor dem Eintritt in die Ladezone nur teilweise gemuldet wird und der Übergang zum endgültigen Muldungswinkel erst nach Aufbringung der Ladung stattfindet. (Siehe Kapitel 6: „Vor der Beladezone“)

Häufiger jedoch schließen Umstände wie ein Mangel an verfügbarem Platz und begrenzte finanzielle Mittel eine Verlängerung des Übergangsbereichs einer Förderanlage aus. Die gebräuchlichste Lösung ist deshalb die Verwendung des für die vorhandene Übergangsstrecke geeigneten Fördergurts. Möglicherweise ist dies nicht die günstigste Lösung, wenn man alle

Kosten berücksichtigt - wie z. B. Probleme bei der Beladung, erhöhte Kantenspannung und Gurtschäden. Ein mangelhaft gestalteter Übergangsbereich führt zu erhöhten Kosten und reduziert die Standzeit des Fördergurts.

LAGERUNG UND BEHANDLUNG DER FÖRDERGURTE

In vielen Industriebereichen stellt das Förderband schon seit langer Zeit die ökonomischste und effizienteste Form der Schüttguthandhabung dar. Wenn dieser wichtige Teil der Gesamtanlage jedoch so funktionieren soll, wie dies erwartet wird, dann muss er ab dem Zeitpunkt der Herstellung bis zum Einbau in das Fördersystem sorgfältig gelagert und behandelt werden. Eine unsachgemäße Lagerung kann zu einer Schädigung des Fördergurts führen, der dann nach dem Einbau nur eine unzulängliche Leistung erbringt. In dem Maß, in dem die Lagerzeit und die Rollengröße zunehmen, in dem gleichen Maß nimmt auch die Bedeutung der Einhaltung der richtigen Verfahrensweisen zu. Verglichen mit dem Kaufpreis des Fördergurts sind die Nebenkosten für die Handhabung, den Versand und die Lagerung nur geringfügig; deshalb sind die richtigen Verfahrensweisen zum Schutz der Investition zu befolgen.

Die wesentlichen Richtlinien für die Lagerung und Behandlung lauten: Das Band muss...

A. ... auf einer Kernspule aufgerollt sein

Bei Anlieferung durch den Hersteller oder den Lieferanten sollte der Fördergurt mit der Trageite nach außen auf einer Kernspule mit einer viereckigen Öffnung aufgerollt sein (**Abbildung 4.7**). Die Kernspule schützt den Fördergurt dadurch, dass das Band nicht mit einem zu kleinen Durchmesser aufgerollt wird. Die Spule ermöglicht ebenso das Anheben der Bandrolle. Auch das Abrollen des Bandes und das Auflegen auf die Förderanlage werden mit Hilfe der Kernspule erleichtert. Die Größe der Kernspule wird vom Hersteller auf Grundlage des Bandtyps, der Breite und der Gurtlänge der Rolle bestimmt. Die Größe der Kernspule kann kleiner als der für den Fördergurt angegebene Minstdurchmesser der Trommel sein, da der aufgerollte Fördergurt nicht unter Spannung steht. Die Hebestange sollte viereckig sein, damit sie in die viereckige Öffnung in der Kernspule passt.

B. ... ordentlich abgestützt werden

Das Förderband sollte nie auf dem Boden

Abbildung 4.7

Der Fördergurt sollte mit der Trageite nach außen auf einer Kernspule mit einer viereckigen Öffnung aufgerollt werden.



Abbildung 4.8

Die Lagerung der Fördergurte auf dem Boden ist eine schlechte Verfahrensweise, die zu Schäden führen kann.



gelagert werden (**Abbildung 4.8**). Bei der Lagerung auf dem Boden konzentriert sich das gesamte Gewicht der Rolle auf die untere Oberfläche. In diesem kleinen Bereich wird die Karkasse des Bandes ungleichmäßig komprimiert. Dadurch wird sie eventuell auf einer Seite mehr gestreckt als auf der anderen Seite. Dies ist eine wahrscheinliche Ursache für die Bildung von Ausbuchtungen am Fördergurt, einer entlang der Länge des Fördergurts verlaufenden bananenähnlichen Krümmung.

Unter keinen Umständen sollte eine Rolle seitlich liegend gelagert werden (**Abbildung 4.9**). Dies kann durch das Gewicht der Rolle zu einer Dehnung der Seitenkante und damit zu einer Ausbuchtung des Bandes führen. Über die Schnittkante des Fördergurts kann Feuchtigkeit in die Karkasse eindringen und zu Karkassenproblemen oder zur Ausbuchtungen des Fördergurts führen.

Die Bandrolle sollte in aufrechter Position über dem Boden auf einem Ständer abgestützt werden (**Abbildung 4.10**). Dadurch wird die Gewichtslast der oberen Hälfte der Rolle auf die Kernspule verlagert und die Belastung der Unterseite vermindert. Zur besseren Gewichtsverteilung kann dieser Ständer auch beim Versand der Gurtrolle verwendet werden. Man kann ihn dann im Betrieb zur Lagerung verwenden oder das Band wird auf ein betriebseigenes Lagersystem umgespult, durch das die Rolle dann richtig abgestützt wird. Wichtig ist, dass die Rolle ab dem Zeitpunkt der Herstellung bis zum Einbau richtig abgestützt wird.

C. ... auf dem Ständer gedreht werden

Wenn der Ständer richtig konstruiert ist, kann die Gurtrolle gelegentlich alle 90 Tage um einen zufälligen Betrag gedreht werden. Dadurch wird die Belastung überall in der Karkasse gleichmäßiger verteilt. Die Gurtrolle sollte ab Werk mit einem die Wenderichtung anzeigenden Pfeil markiert worden sein. Wird die Gurtrolle in die Gegenrichtung gedreht, lockert sich die Rolle und die einzelnen Lagen verschieben sich gegeneinander.

D. ... ordentlich geschützt werden

Während des Versandes und der Lagerung sollte die Gurtrolle mit einer Plane abgedeckt oder mit einem undurchsichtigen, wasserdichten Material eingewickelt werden. Die Abdeckung der Gurtrolle schützt diese vor Regen, Sonnenlicht oder Ozon. Die Abdeckung sollte während der gesamten Lagerdauer nicht entfernt werden.

Zum Schutz vor Umwelteinwirkungen sollte die Gurtrolle in einem Gebäude gelagert werden. Im Lagerbereich sollten keine großen Transformatoren oder Hochspannungsleitungen vorhanden sein, die zur Ozonbildung führen und den Fördergurt dadurch schädigen könnten. Das Gebäude



Abbildung 4.9

Die seitliche Lagerung einer Rolle kann zu Ausbuchtungsproblemen führen.



Abbildung 4.10

Die Abstützung der Rolle auf einem Spulenträger oder Ständer verhindert eine ungleiche Belastung, während eine Lagerung auf dem Boden aus den genannten Gründen zu vermeiden ist.

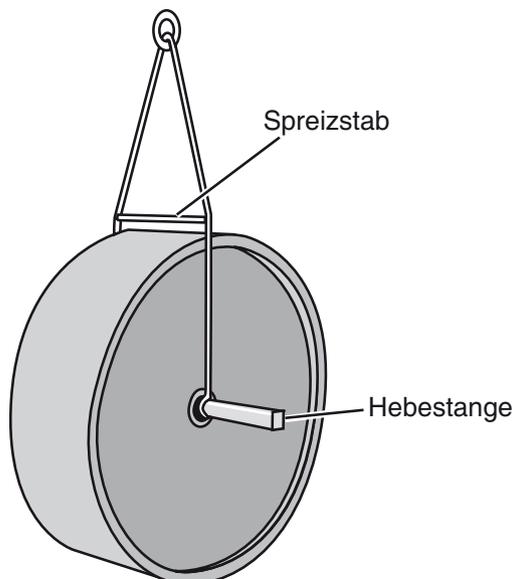


Abbildung 4.11

Die Verwendung eines Spreizstabs beim Hochheben von Rollen verhindert eine Beschädigung der Fördergurtkanten.

sollte nicht beheizt werden, aber relativ wetterfest sein.

E. ... ordnungsgemäß angehoben werden

Beim Hochheben einer Gurtrolle sollte eine viereckige Hebestange mit der richtigen Größe durch die Kernspule geschoben werden. Es sind dem Gewicht der Rolle entsprechende Schlingen oder Ketten zu verwenden. Zur Vermeidung einer Beschädigung der Förderbandkanten durch die Ketten oder Schlingen soll ein Spreizstab eingesetzt werden (**Abbildung 4.11**).

Zusätzliche Richtlinien sind der ISO 5285 zu entnehmen; Gurthersteller können über ihre spezifischen Produkte Auskunft geben.

SCHÄDEN AM FÖRDERGURT

Die Verlängerung der Lebensdauer der Fördergurte

Wie oben bereits erwähnt, können die Kosten für den Fördergurt die Aufwendungen für andere Komponenten der Förderanlage leicht übersteigen und sie können einen Punkt erreichen, wo sie an die Kosten des Stahlaufbaus der Förderanlage heranreichen. Der Schlüssel für eine angemessene Amortisation des Fördergurts ist die Vermeidung von Schäden und die Verlängerung der Standzeit. Dabei ist es offensichtlich, dass alle im Bereich der Förderanlage installierten Systeme - ob für die Beschickung, für die

Materialaufnahme oder zur Verbesserung des Materialtransports - so zu gestalten sind, dass sie für den Fördergurt möglichst geringes Risiko darstellen.

Gurtschäden können für die Rentabilität des Betriebes eine große Belastung darstellen. Diese in die Tausende gehenden, regelmäßig in Werken rund um die ganze Welt auftretenden, Kosten können oft vermieden werden. Leider wird für die Analyse der Lebensdauer von Fördergurt und für die Erforschung der Gründe für das Versagen der Fördergurte relativ wenig Aufwand betrieben, da die Erfassung und Messung aller für die Standzeit relevanten Variablen sehr schwierig ist.

Es gibt zwei Arten von Gurtschäden: normale Abnutzung und vermeidbare Schäden. Die durch den normalen Betrieb der Förderanlage verursachte Abnutzung kann beherrscht und minimiert werden, um eine möglichst lange Standzeit des Fördergurts zu erreichen, wobei ein gewisses Maß an Abnutzung als akzeptabel betrachtet wird. Vielleicht können vermeidbare Schäden nicht völlig verhindert werden, aber sie können durch richtige Gerätekonstruktion und ein ordentliches Instandhaltungsmanagement reduziert werden.

Der erste Schritt bei der Vermeidung von Gurtschäden ist die Feststellung seiner Ursachen. Eine stufenweise Analyse führt hier fast immer zum „Schuldigen“.

Arten von Gurtschäden

Nachfolgend geben wir einen kurzen Überblick über die Hauptarten von Gurtschäden:

A. Schäden durch Stoßwirkung

Schäden durch Stoßwirkung werden durch das Auftreffen von großen, scharfkantigen Materialbrocken auf die Deckplatte der Gurtoberseite verursacht. Das Ergebnis dieses Aufpralls sind unregelmäßige Einschnitte, Anritzungen oder Einstiche in der Deckplatte der Gurtoberseite (**Abbildung 4.12**). Ein großer, gefrorener Kohlebrocken kann diese Art von Schaden hervorrufen. Ist der Aufprall stark genug, kann der Fördergurt tatsächlich vollständig durchgerissen werden. Diese Schadensart ist normalerweise unter Brechern festzustellen oder in Minen auf Förderanlagen für rohes Fördergut.

Große Fallhöhen, ohne Vorkehrungen zur Absorption der Energie, die beim Aufschlag frei wird, können auch zu Schäden durch Stoßwirkung führen. (Siehe Kapitel 8: „Konventionelle Übergabeschuppen“ und Kapitel 10: „Gurtunterstützung“)

Abbildung 4.12

Schäden durch Stoßwirkung werden durch das Auftreffen von großem, scharfkantigem Brocken auf den Gurt verursacht, was zu unregelmäßigen und zufälligen Einschnitten, Anritzungen oder Einstichen in der Deckplatte der Gurtoberseite führt.



Abbildung 4.13

Ein Abriebschaden durch festgeklemmtes Material zeigt sich normalerweise als zwei Rillen, eine auf jeder Seite des Fördergurts in der Nähe der Kante, wo das Band unter der Einhausung der Förderanlage verläuft.



B. Abriebschaden durch eingeschlossenes Material

Ein Abriebschaden durch eingeschlossenes Material zeigt sich normalerweise in Form von zwei Rillen, eine auf jeder Seite des Fördergurts in der Nähe der Kante, wo das Band unter der Stahleinhausung der Förderanlage verläuft (**Abbildung 4.13**). Oft wird dieser Schaden auf den Druck zurückgeführt, der vom Abdichtsystem der Einhausung ausgeübt wird. Umfangreiche Studien haben jedoch gezeigt, dass diese Art von Gurtschäden eher durch den Einschluss von transportiertem Material zwischen dem Abdichtsystem und dem Gurt verursacht wird.

Dieser Materialeinschluss tritt dann auf, wenn das Band unterhalb der normalen Höhe der Förderstrecke durchhängt, so dass zwischen dem Abdichtsystem und dem Band ein Spalt vorhanden ist. Material verfängt sich in dieser „Quetschstelle“ und bildet quasi eine „Speerspitze“, die sich nach und nach in die Oberfläche des Fördergurts hineinbohrt, oder eine Schleifwirkung auf das sich bewegende Band ausübt (**Abbildung 4.14**). Dies hat mehrere negative Auswirkungen:

a. Auskehlung

Das eingeschlossene Material führt zur Bildung eines hohen Druckes, was zu einer übermäßigen Abnutzung des Abdichtsystems führt (zu sehen als Auskehlung/Auswaschung des Abdichtsystems an jeder Gurtrolle).

b. Rillen

Entlang der ganzen Länge des Fördergurts bilden sich unter der Halterung der Abdichtsystems Rillen (**Abbildung 4.15**).

c. Materialverschüttung

Material wird über die Seiten des Fördergurts hinausgedrängt. Dies führt zu Materialanhäufungen unter dem Beschickungsbereich.

Materialeinschlüsse entstehen auch dann, wenn Dichtungselemente auf der Innenseite der Schurre im Materialfluss angebracht werden. Dieser Einbau verursacht nicht nur Materialeinschlüsse und Gurtschäden, er vermindert auch die Querschnittsfläche der Schurrenwandung, wodurch wiederum die Förderleistung reduziert wird. Dasselbe Schadensbild tritt auch auf, wenn ein Gurtrest oder gebrauchter Fördergurt als

Staubabdichtung verwendet wird, da die Karkasse abrasiver ist als die Oberfläche des Fördergurts und diese dadurch abgetragen wird. Falsch eingebaute Verschleißauskleidungen können auch zu Einschlussstellen mit derselben Art Abnutzung führen.

Den Gurtdurchhang kann man durch den Einsatz von Gurtunterstützungsbalken vermeiden, einerseits zur Abstützung des Gurts und andererseits zur Stabilisierung des Bandverlaufs im gesamten eingefassten Bereich. (Siehe Kapitel 10: „Gurtunterstützung“)

C. Schäden an der Kante des Fördergurts

Ein Kantenschaden zeigt sich normalerweise in der Form von ausgefranzten Kanten auf einer oder auf beiden Seiten des Fördergurts (**Abbildung 4.16**). Wenn



Abbildung 4.14

Größere Partikel verfängen sich an solchen Stellen und bohren sich nach und nach in die Oberfläche des Fördergurts hinein, oder reiben stark gegen den sich bewegenden Gurt.



Abbildung 4.15

Entlang der ganzen Länge des Fördergurts bilden sich unter der Einfassung Rillen durch eingeschlossenes Material.



Abbildung 4.16

Schäden an den Fördergurtkanten sind ein Zeichen von Gurtschieflauf und von Stoßen gegen die tragende Konstruktion der Förderanlage.

ein Kantenschaden nicht entdeckt und korrigiert wird, kann dies so schwerwiegend werden, dass die Breite des Fördergurts tatsächlich nicht mehr ausreicht, um die für die Förderanlage angegebene Durchsatzleistung zu erreichen.

Gurtschieflauf ist wohl die häufigste Ursache für Kantenschäden. Es gibt zahlreiche Gründe, warum ein Fördergurt schief läuft. Diese Ursachen reichen von fehlerhaft ausgerichteten Bandgerüsten, außermittiger Bandbeladung, Materialanbackungen auf drehenden Komponenten, bis hin zu Wettereinflüssen, wie ungleichmäßiger Sonneneinstrahlung oder Seitenwind. Es gibt viele Methoden und Techniken zum Einspuren des Fördergurts. Dazu gehören die Laservermessung des Traggerüsts, die Einstellung der Gurtrollen zur Kompensierung des Gurtschieflaufs und der Einbau von selbstregulierenden Bandzentrierrollen, bei denen die Kraftwirkung des sich bewegenden Bandes zur Steuerung des Bandverlaufes eingesetzt wird.

Der Schlüssel zu einer guten Gurtführung ist die Feststellung der Ursache für den Gurtschieflauf mit anschließender Beseitigung dieser Ursache, statt Zeit und Geld damit zu verschwenden, die eine Gurtrolle in die eine Richtung und die andere Gurtrolle in die andere Richtung zu drehen, um eine bessere

Spurführung zu erreichen. (Siehe Kapitel 16: „Gurtausrichtung“)

D. Delamination

Ein anderes an der Fördergurtkante zu beobachtendes Schadensbild ist die Delamination, bei der sich die einzelnen Lagen in der Karkasse voneinander lösen, oder sich die Deckplatte von der Karkasse löst (**Abbildung 4.17**). Dies kann auftreten, wenn das Band um Trommel mit sehr kleinen Radien herumgeführt wird. Das Eindringen von Feuchtigkeit, Chemikalien oder anderen Fremdstoffen in die Kante des Fördergurts kann zu einer Verschärfung dieses Problems führen.

E. Verschlissene Deckplatte der Gurtoberseite

Schäden an der Deckplatte der Gurtoberseite sind dann festzustellen, wenn die äußere Lage der Gurtoberseite in dem Bereich wo das Material aufliegt, oder gar über die gesamte Deckplatte hinweg, verschlissen ist (**Abbildung 4.18**). Zum Verschleiß der Deckplatte an der Gurtoberseite können mehrere Faktoren beitragen.

Eine Ursache kann z. B. die Abriebwirkung des Materials bei der Beladung sein. Hierbei tritt eine abrasive Mahlwirkung auf der äußeren Lage des Fördergurts auf, die vom Auftreffen des Materials auf das sich bewegende Band herrührt.

Eine andere Ursache ist das Vorhandensein von Rücklaufmaterial. Hierbei handelt es sich um Material, das über die Abwurfstelle hinaus am Band anhaftet und dann entlang des Untertrums abfällt. Wenn es nicht eingedämmt wird, kann sich dieses entweichende Material auf dem Boden, in umschlossenen Bereichen und auf drehenden Komponenten aufbauen. Diese Ablagerungen können schnell zu Größen anwachsen, welche am Fördergurt scheuern und die äußere Lage der Gurtoberseite abtragen. Dieser Schaden tritt schneller ein, wenn die Ablagerungen scharfkantige Partikel und damit eine höhere Abriebwirkung aufweisen.

Ein falsch ausgewählter Förderbandabstreifer oder dessen unsachgemäße Montage führt ebenfalls zu einer Beschädigung der oberen Deckplatte. Förderbandabstreifer müssen richtig montiert werden, um ein Klappern der Abstreifblätter zu vermeiden. Klappernde Blätter können die äußere Lage der Gurtoberseite schnell abtragen, wenn diese Erscheinung nicht sofort korrigiert wird.

Abbildung 4.17

Ein anderes an der Fördergurtkante zu beobachtendes Schadensbild ist die Delamination, bei der sich die einzelnen Lagen in der Karkasse voneinander oder die Deckplatten von der Karkasse lösen.



Abbildung 4.18

Die Abriebwirkung des Förderguts bei der Beladung zeigt sich als Verschleiß der Gurtoberseite in Bereichen, die mit dem Schüttgut in Kontakt kommen.



Die Forschung hat gezeigt, dass sogar richtig installierte Fördergurtreinigungssysteme zu einer Abnutzung der Deckplatten führen können. Dies wäre als ein Faktor der „normalen Abnutzung“ des Fördergurts zu betrachten. Bei ordentlich gespannten Reinigungsgeräten ist diese Abnutzung als minimal zu betrachten und sie ist geringer als der Abrieb, die bei einer aufgrund eines Materialaufbaus feststehenden Gurtrolle auftritt.

Langsam laufende Bänder, z. B. von Aufgabeeinrichtungen, die Material aus Behältern unter hohen „Überkopf-Drucklasten“ transportieren, können ebenfalls eine Beschädigung der Deckplatte erleiden. Eine Verringerung dieses abwärts gerichteten, auf den Fördergurt wirkenden Materialdrucks reduziert das Schädigungspotential.

F. Risse und Rillen von Fremdstoffen

Schäden in Form von Rissen und Rillen werden durch Fremdstoffe verursacht, wie z. B. aus Sicherungsbändern von Verpackungskisten stammende Metallteile oder die Zähne der Schaufel eines Frontladers (**Abbildung 4.19**).

Diese Metallteile können sich in den Aufbauten der Förderanlage verklemmen und das Band wie ein Messer anstechen oder aufschlitzen. Derartige Schäden sind am schwierigsten zu kontrollieren, weil sie sehr schnell und oft mit katastrophalen Folgen auftreten. Die Menge an „Fremdeisen“ im Materialfluss kann auf verschiedene Arten reduziert, jedoch nicht völlig eliminiert werden. Als Hilfe können hier Stangenrostgitter, Metalldetektoren und die Videoüberwachung erwähnt werden. Ungeachtet der Wirksamkeit der Vorsichtsmaßnahmen bleibt ein Fördergurt immer noch anfällig für Schäden.

G. Schäden durch Fördergurtreiniger

Förderbänder stehen oft in einer paradoxen Beziehung zu Fördergurtreinigern. Reinigungssysteme sollen das anhaftende Rücklaufmaterial entfernen, wodurch das entlang der Förderanlage entweichende Material reduziert und so die Lebensdauer des Fördergurts erhöht wird. Fördergurtreiniger können jedoch auch negative Wirkungen für das Band haben. Wie alle Fremdoobjekte, können Abstreifer einen Fördergurt beschädigen, besonders wenn das Reinigungssystem unzureichend angewendet oder mangelhaft gewartet wird. Der Schaden kann von zu hohem Druck herrühren oder von einer unsachgemäßen Montage. Klapp-

pernde Abstreifblätter können ganze Stücke aus der Oberfläche des Fördergurts herauschälen (**Abbildung 4.20**).

Jeder Schaden an der Oberfläche des Bandes oder an der Abstreifkante des Fördergurtreinigers kann zu zusätzlichen Vibrationen führen, wodurch die Schwingbewegung verstärkt und die Schwingungsdauer verlängert wird.

H. Rissbildung an der Deckplatte der Gurtoberseite

Kurze Risse an beliebigen Stellen in der äußeren Lage der Gurtoberseite, die im rechten Winkel zur Transportrichtung verlaufen, können von einer fehlerhaften Paarung des Fördergurts im Verhältnis zu



Abbildung 4.19

Fremdeisen aus den Sicherungsbändern der Verpackungskisten oder die Zähne von der Schaufel eines Frontladers können sich in den Aufbauten der Förderanlage verkeilen und den Fördergurt beschädigen.



Abbildung 4.20

Klappernde Gurtabstreifblätter können sich in die Deckplatte des Fördergurts einschneiden.



Abbildung 4.21

Wenn das Band um Trommel mit sehr kleinen Radien herumgeführt wird, können sich im rechten Winkel zur Transportrichtung Risse in der Deckplatte der Gurtoberseite bilden.

den Trommeldurchmessern herrühren (**Abbildung 4.21**).

Je nach Hersteller, Anzahl der Materiallagen, Verstärkungsmaterial und Dicke wird für jedes Band ein anderer Mindestbiegeradius angegeben. Diese Schadensart tritt auf, wenn das Band nicht mit allen Trommeldurchmessern des Aufbaus harmonisiert. Wird ein Fördergurt stark gekrümmt (Radius zu klein), verursacht dies Spannungen in der äußeren Lage der Gurtoberseite. Überschreitung der zulässigen Spannung führt zur Rissbildung im Gummi und zur Freilegung der Verstärkungen, was zu einer Beschädigung der Fördergurtkarkasse führen kann.

Jede Abweichung von den ursprünglichen Gurtspezifikationen ist in Verbindung mit einer nochmaligen Überprüfung dieser Spezifikationen durchzuführen, wozu auch die Erfassung der Trommeldurchmesser und der für den Antrieb des Bandes erforderlichen Gurtspannung gehört.

Der Einbau eines dickeren Fördergurts auf einem vorhandenen System zur Verlängerung der Lebensdauer (um z. B. die Auswirkung von Stößen zu reduzieren), kann sich

Abbildung 4.22

Der Transport heißer Materialien kann zur Rissbildung in der äußeren Lage der Gurtoberseite führen.



Abbildung 4.23

Vom Rollenübergangsstoß herrührende Schäden können als eine „W“- oder „M“-förmige Aufwölbung des Bandes festgestellt werden, wenn das Band über einer Rücklaufrolle hinweggeführt wird.



kontraproduktiv auswirken und die Lebensdauer des neuen Gurtes dramatisch verkürzen, wenn die Durchmesser der Trommeln kleiner sind, als vom Hersteller empfohlen. Es ist wichtig, immer den Hersteller des Fördergurts zu konsultieren, um sicherzustellen, dass dieser Auslegungsparameter erfüllt ist.

I. Hitzeschäden

Der Transport von heißen Materialien kann auch zur Rissbildung in der Deckplatte oder zur Auftrennung der einzelnen Lagen des Gurtes führen. Die von einer Hitzebelastung herrührenden Risse können parallel und/oder rechtwinklig zur Sportrichtung verlaufen (**Abbildung 4.22**). Wenn der Fördergurt der Temperatur des transportierten Materials nicht standhalten kann, kann das Material Löcher in den Fördergurt hinein brennen. Die Verwendung von Fördergurt für Hochtemperaturanwendungen kann diese hitzebedingte Rissbildung reduzieren und die Lebensdauer des Gurtes verlängern. Die einzige wirksame Lösung besteht in der Abkühlung des Materials vor dem Transport oder in der Anwendung einer anderen Transportmethode, zumindest bis das Material ausreichend abgekühlt ist.

J. Vom Rollenübergangsstoß herrührende Schäden

So wie das Band entlang des Fördersystems transportiert und an den Endtrommeln von einer flachen in eine gemuldete Form überführt wird, legt das äußere Drittel des Bandes eine größere Strecke zurück als das innere Drittel. Deshalb muss sich das äußere Drittel des Bandes mehr dehnen als das innere Drittel. Wenn dieser Streckvorgang innerhalb einer zu kurz bemessenen Strecke stattfindet, kann es an der Übergangsstelle, wo die seitlichen Gurtrollen mit der flach liegenden Mittelrolle zusammentreffen, zu einer Beschädigung des Fördergurts kommen. Diese Schäden werden als „vom Rollenübergangsstoß herrührende Schäden“ bezeichnet.

Vom Rollenübergangsstoß herrührende Schäden machen sich in den Bereichen, die über die Übergangsstelle zwischen den seitlichen Gurtrollen und der flach liegenden Mittelrolle hinweggeführt werden, als kleine Dehnungsstreifen („Schwangerschaftsstreifen“) entlang des gesamten Fördergurts bemerkbar. (Diese Dehnungsstreifen verlaufen parallel mit dem Fördergurt und liegen jeweils etwa ein Drittel der Fördergurtbreite von der Kante entfernt). Im Frühstadium kann diese Schädigung als eine „W“- oder „M“-förmige Aufwölbung des Bandes fest-

gestellt werden, wenn das Band über eine Rücklaufrolle hinweggeführt wird (**Abbildung 4.23**). Diese Art des Gurtschadens kann so schwerwiegend sein, dass das Band tatsächlich in drei separate Streifen auseinander reißt.

Vom Rollenübergangstoß herrührende Schäden werden durch einen zu großen Spalt zwischen den Rollen verursacht, wenn eine Grenzspannung oder -belastung durch die Ladung überschritten wird, so dass das Band deformiert und in den Spalt hineingezwungen wird. Eine zu kurze Übergangsstrecke und/oder ein Spalt am Rollenübergangstoß von mehr als 10 mm oder der doppelten Bandstärke können zu einem vom Rollenübergangstoß herrührenden Schaden führen. Die Bandstärke, das verwendete Verstärkungsmaterial, das im Grundaufbau des Bandes verwendete Material und der Muldungswinkel sind bestimmende Größen für die Übergangsstrecke eines bestimmten Fördergurts. Wenn ein neues System konzipiert wird oder wenn Überlegungen hinsichtlich der Änderung der Gurtspezifikationen oder einer Erhöhung der Muldungswinkel angestellt werden, muss mit dem Gurthersteller Rücksprache gehalten werden, um sicherzustellen, dass sowohl an der Kopf- als auch an der Umkehrtrommel die richtige Übergangsstrecke eingehalten wird.

K. Napfbildung

Von Napfbildung spricht man, wenn das Band im rechten Winkel zur Transportrichtung eine permanente Krümmung über die Lauffläche hinweg aufweist (**Abbildung 4.24**).

Napfbildung kann von Hitze herrühren, von nicht zum Fördergurt passenden Übergangsstrecken oder von einem für das verwendete Band zu steilen Muldungswinkel. Eine weitere Ursache für die Napfbildung ist eine zu große Spannung des Bandes. Die Gegenwart von Chemikalien, wie z. B. Enteisungsmitteln oder Tensiden für die Staubbindung, kann ebenfalls zu einer nach oben oder unten gerichteten Napfbildung führen, je nach dem, ob die Chemikalie zu

einem Aufquellen oder zur Schrumpfung des Elastomers der Deckplatte führt. Zu große Dickenverhältnisse der Oberlage zur Unterlage des Gurtes (wo die äußere Lage der Gurtoberseite im Verhältnis zu der äußeren Lage der Gurtunterseite zu dick ist) können ebenfalls zur Napfbildung führen.

Ein mit einer Napfbildung behaftetes Band kann nur schwer in der Spur geführt werden, da der Reibungsbereich, also die Kontaktfläche zwischen dem Gurt und den Rollen, drastisch reduziert ist.

L. Ausbuchtung des Gurtes

Unter Ausbuchtung des Gurtes versteht man eine längsverlaufende Krümmung des Bandes bei senkrechter Betrachtung. Die Rubber Manufacturers Association [US-Verband der Gummihersteller] definiert Ausbuchtung als die konvexe Kante des Fördergurts; die konkave Seite des Fördergurts wird Einbuchtung genannt (**Abbildung 4.25**). Wenn ein Band aus mehr als einem Segment besteht, kann es mehr als eine Ausbuchtung oder sogar entgegengesetzt gerichtete Ausbuchtungen haben.

Diese Art des Schadens kann schon im Verlauf der Herstellung entstehen, oder durch unsachgemäße Lagerung, Spleißung oder Anspannung des Fördergurts (**Abbildung 4.26**). Vom Zeitpunkt der Herstellung bis zum Zeitpunkt der Montage ist die richtige Lagerung und Behandlung von entscheidender Bedeutung.

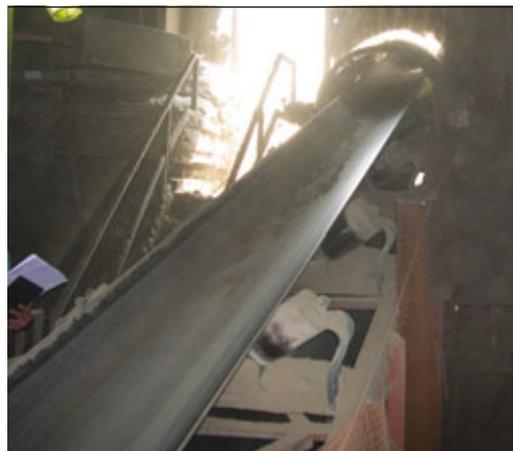


Abbildung 4.24

Ein Förderband das Napfverformung zeigt, hat keinen flächigen Kontakt mit den Gurtrollen.



Abbildung 4.25

Bei senkrechter Betrachtung sieht man die Ausbuchtung als eine längsverlaufende Krümmung des Gurtes.

Diese Unebenheiten im Fördergurt verursachen Probleme bei der Spurführung, die oft mit einer krummen Gurtverbindung verwechselt werden. Ausbuchtung und Einbuchtung rufen eine langsame Seite-zu-Seite-Bewegung hervor; eine krumme Gurtverbindung führt zu einem rascheren „Sprung“ in der Spurführung des Fördergurts. Die krumme Gurtverbindung hat jedoch nur einen kurzen Einflussbereich, während die Krümmung einer Ausbuchtung oder Einbuchtung von einem Ende eines Bandsegmentes zum anderen reicht.

Abbildung 4.26

Eine Ausbuchtung des Bandes kann schon im Verlauf der Herstellung entstehen oder durch unsachgemäße Lagerung, Spleißung oder spannungsbedingte Verformung des Fördergurts verursacht werden.



Abbildung 4.27

Für die Reparatur beschädigter Fördergurte können Spezialklebstoffe verwendet werden.



GURTREPARATUREN

Die Reparatur des Fördergurts

In den meisten Betrieben wird die Lebensdauer von Förderbändern in Jahren bemessen. Zur Wahrung günstigster Betriebskosten sollte die Kontrolle des Fördergurts zur planmäßigen Wartung gehören. Jeder während dieser Kontrollen festgestellte Gurtschaden sollte umgehend repariert werden, damit kleine Problemen nicht zu großen Problemen anwachsen. Ein Gurtschaden erleichtert das Eindringen von Feuchtigkeit oder von Fremdstoffen in den Gurt und fördert damit seinen vorzeitigen Ausfall. Um die Lebensdauer des Fördergurts zu gewährleisten, muss jeder Schaden umgehend und dauerhaft repariert werden.

Vulkanisierte Reparaturen können während der Stillstandzeiten für planmäßige Wartungsarbeiten durchgeführt werden, wenn die für die Herstellung der vulkanisierten Verbindung erforderliche lange Zeit vorgesehen wird. Eine Reparatur durch Vulkanisation erfordert fast immer die vollständige Entfernung eines Teilstückes des Bandes, gefolgt entweder von der Verspleißung des verbleibenden Restes oder vom Einfügen eines weiteren Gurtstückes, das man im Englischen oft als „Sattelstück“ (saddle) bezeichnet.

Glücklicherweise eignen sich viele Schadenformen für relativ einfache Reparaturmethoden. Dazu gehören:

- A. Rillen, bei denen die äußere Lage der Gurtoberseite durch die Abriebwirkung des Förderguts oder eines Fremdobjektes abgetragen worden ist
- B. Längsverlaufende Risse, bei denen das Band von einem feststehenden Gegenstand eingeschlizt worden ist, z. B. von einer im Gerüst der Förderanlage eingeklemmten Metallstange
- C. Profilirisse, bei denen sich ein kleiner Riss in der Fördergurtkante nach innen fortsetzt
- D. Einstiche in den Kanten, bei denen sich stumpfe Gegenstände in das Band hineinbohren und Gummistücke aus der Kante herausreißen, meist verursacht durch Gurt-schieflauf, wobei das Band gegen das Gerüst der Förderanlage schlägt

Reparaturen können mit selbstaushärtenden klebstoffähnlichen Reparaturmassen durchgeführt werden, um ein Einringen von Fremdstoffen in die Karkasse zu verhindern. Mechanische Verbinder sind eine andere Methode zur Reparatur beschädigter Fördergurte, zur Wiederherstellung der Gebrauchsfähigkeit ohne

nennenswerte Ausfallzeiten und um die Lebensdauer der teuren Fördergurte zu verlängern.

Gurtreparatur unter Verwendung von Klebstoffen

Klebstoffe bieten ein kostengünstiges Verfahren zur Fördergurtreparatur mit einer hochwertigen Verklebung. Die Verwendung von Klebstoffen spart Stillstandszeiten und Geld in Wartungsbudgets, ohne schwere Vulkanisiergeräte anschaffen zu müssen und ohne Behinderungen am Band durch eingebaute Reparaturvorrichtungen (**Abbildung 4.27**). Reparaturklebstoffe bieten einfache Lösungen für die Instandhaltung von Fördergurten, die langlebig, zuverlässig und leicht anzuwenden sind. Dafür steht eine ganze Reihe von Produkten zur Verfügung, wie z.B. Kontaktklebstoffe auf Lösungsmittelbasis, wärmereaktive Thermoplaste und Zweikomponenten-Reaktionsklebstoffe auf Urethanbasis.

Für alle diese Systeme ist eine gewisse Oberflächenvorbereitung erforderlich, die vom einfachen Abwischen mit einem lösungsmittelgetränkten Tuch bis hin zu umfangreichen Schleifarbeiten oder Sandstrahlen reichen können. In einigen Fällen kann das Auftragen einer Haftbrücke zur Verbesserung der Klebekraft erforderlich sein.

Für kaltvulkanisierte Verbindungen werden meist Klebstoffe auf Lösungsmittelbasis verwendet, die auch für die Verklebung von Reparaturstreifen und Flickern benutzt werden.

Thermoplastische Mischungen sind „Schmelzkleber“, die bis zur Verflüssigung erhitzt werden, sich nach dem Aufbringen durch Abkühlung wieder verfestigen und dadurch eine Verklebung bewirken. Da sich diese Klebstoffe von ihrer Anwendungstemperatur von 120°C bis 150° C ausgehend rasch wieder abkühlen, muss die Reparatur schnell ausgeführt werden, bevor der Klebstoff wieder in den festen (nichtklebenden) Zustand übergeht. Zu den bei thermoplastischen Klebstoffen auftretenden Problemen gehört die Möglichkeit des Schrumpfens während der Abkühlungsphase des Klebstoffes und das Risiko, dass der Klebstoff durch den Betrieb bei hohen Temperaturen oder durch die vom transportierten Material abgegebene Wärme erweicht wird, was die ausgeführte Reparatur zunichte macht.

Urethanprodukte sind typischerweise Zweikomponentensysteme, die der Anwender mischen und dann auf den zu reparierenden Bereich auftragen kann. Ihre Gebrauchsfestigkeit erreichen sie normalerweise in ein bis zwei Stunden, aber der Härtungsvorgang verläuft

noch acht bis zwölf Stunden weiter, bis die volle Endfestigkeit vollbracht ist.

Unter der Voraussetzung, dass die Gebrauchsanweisungen beachtet werden, sind alle Klebstoffsysteme ziemlich einfach anzuwenden. Deshalb ist es natürlich sehr wichtig, dass die Anweisungen des Klebstoffherstellers bezüglich der Oberflächenvorbereitung, dem Zusammenmischen der Komponenten, der Topfzeit, der Aufbringungstechnik und der Aushärtungszeit sorgfältig befolgt werden. Die Zeitdauer bis zur Gebrauchsfestigkeit und bis zur Endfestigkeit kann für die Auswahl eines bestimmten Produktes das entscheidende Kriterium darstellen.

Die Anpassung des Profils an der Reparaturstelle entsprechend dem Profil des ursprünglichen Gurtes ist für den Schutz der Reparatur und zur Vermeidung einer weiteren Beschädigung des Bandes wichtig.

Ebenso sind die Feststellung der Ursache des Problems und natürlich die Beseitigung des Hindernisses als auch des Schiefelaufs, der zur Beschädigung des Bandes geführt hat, von Bedeutung. Sonst wird es nur eine Frage der Zeit sein, dass der Schaden wieder auftritt und die Reparatur wiederholt werden muss.

Mechanische Verbinder zur Gurtreparatur

Wegen ihrer vergleichsweise einfachen Montage werden mechanische Verbindungen oft bei der Durchführung von Notreparaturen verwendet, wenn ein neues Stück Fördergurt an ein altes Band angefügt oder wenn ein Band ausgebessert oder ein Riss verschlossen werden muss (**Abbildung 4.28**). In diesen Fällen werden die mechanischen Verbinder als „Pflaster“ verwendet, um einen Schaden abzudecken und ein Loch zu verschließen, damit die Förderanlage bald wieder anlaufen kann.

Mechanische Verbindungen können sehr wirksam bei der Gurtreparatur eingesetzt werden, sofern die Verbindungselemente sorgfältig eingebaut und versenkt werden. Natürlich



Abbildung 4.28

Beschädigte Fördergurte können mit Hilfe mechanischer Verbinder repariert werden.

besteht das Problem bei allen provisorischen Reparaturen darin, dass das Wort „provisorisch“ nur allzu schnell vergessen wird. Das System läuft und das Personal ist schon mit der Durchführung anderer Arbeiten beschäftigt. Man darf nicht vergessen, dass diese Reparaturen nur als zeitweilige Lückenbüßer und nicht für einen dauerhaften Betrieb gedacht sind. Das Übel muss immer an der Wurzel gepackt werden, um ein erneutes Auftreten zu verhindern.

Die Behebung von Gurtschäden muss nicht gleich lange Ausfallzeiten bedeuten. Mechanische Verbinder zum Ausbessern von Rissen

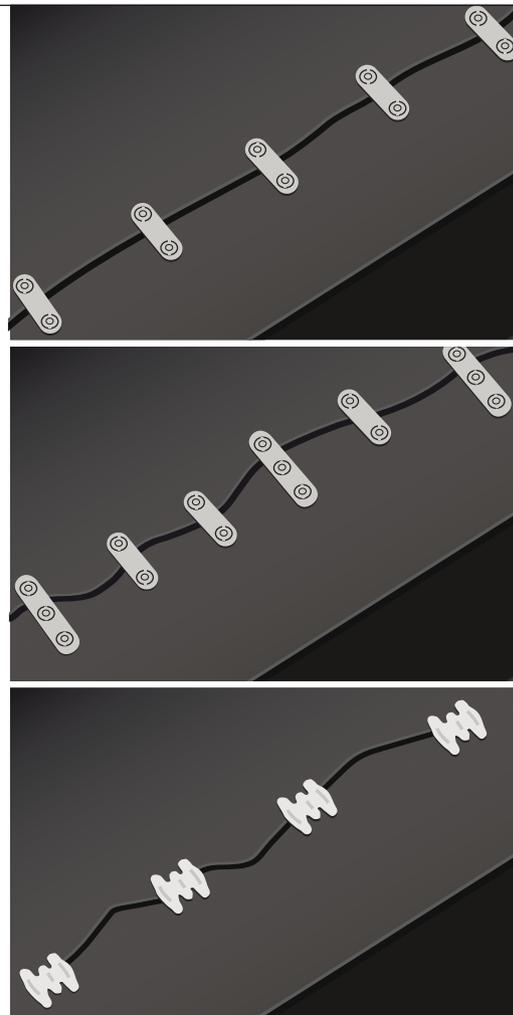
Abbildung 4.29

Für eine schnelle Reparatur eines gerissenen Fördergurts vor Ort können klauenartige Verbindungselemente eingeschlagen werden.



Abbildung 4.30

Beschädigter Fördergurt kann mit Verbindungselementen zur Rissreparatur instand gesetzt werden, die in einem Muster mit jeweils abwechselnder Platzierung von Verbindungselementen mit zwei und mit drei Schrauben angebracht werden.



bieten eine preisgünstige und schnelle Reparaturmöglichkeit. Sie können mit einfachen Werkzeugen installiert werden. Sobald die Verbindungselemente eingebaut worden sind, kann das Band seinen Dienst wieder aufnehmen, ohne irgendwelche „Aushärtungszeiten“ abwarten zu müssen. Sie können von der Oberseite des Fördergurts aus eingebaut werden, ohne das Band von der Förderanlage zu entfernen.

Provisorische Rissreparaturen, bei denen eine schnelle Reparatur und eine unmittelbare Wiederaufnahme des Betriebes von ausschlaggebender Bedeutung sind, können mit einteiligen, einschlagbaren Klauen-Verbindungselementen durchgeführt werden (**Abbildung 4.29**). Diese Verbindungselemente für Rissreparaturen können auch zur Verstärkung von Einstichen und weicher, beschädigter Stellen im Band verwendet werden, damit diese Stellen sich nicht zu Rissen ausweiten. Für die Reparatur gezackter („Zick-Zack“) Risse empfehlen die Lieferanten von Verbindungselementen die jeweils abwechselnde Platzierung von Verbindungselementen mit zwei und mit drei Schrauben entlang der Reparaturstelle (**Abbildung 4.30**). Die größere Seite der Verbindungselemente (die mit zwei Schrauben) sollte auf der „schwächeren“ Seite des Risses liegen, um diese zu verstärken. Für gerade Risse sind die normalen mechanischen Verbinder mit zwei Schrauben akzeptabel.

ERHALTUNG DER LEBENSDAUER DER FÖRDERGURTE

Rissmelder

Eine wachsende Zahl von Betrieben geht dazu über, Rissmelder einzubauen, um die Lebensdauer ihres Fördergurts zu erhalten. Wenn im Band ein Riss auftritt, lösen diese Systeme einen Alarm aus und/oder schalten die Förderanlage automatisch ab.

Diese Systeme sind für jene Situationen konzipiert, bei denen ein Längsriss des Bandes den vollständigen, kostspieligen Ersatz eines Fördergurts erforderlich machen würde, weil der Gurt von einem Stück Fremdeisen oder einem verkeilten Materialbrocken in zwei völlig oder fast völlig getrennte Streifen auseinander geschlitzt wird. Ohne einen Rissmelder kann sich ein Riss im Fördergurt über Hunderte Meter fortsetzen.

Rissmelder kommen am häufigsten auf sehr teuren, produktionsrelevanten Förderanlagen zur Anwendung. Unter diesen Umständen müsste der Betrieb unterbrochen werden, bis ein neues Band eingebaut ist oder bis der Längsriss repariert ist.

Die Rissmelder haben sich besonders auf langen Förderanlagen bewährt, wo die 60 Meter an Fördergurt, die normalerweise beschädigt werden bevor die Förderanlage abgeschaltet werden kann, ein geringfügigen Verlust gegenüber dem Wert des Fördergurts darstellen, der ohne die automatischen Ausschalter völlig zerstört worden wäre.

Obwohl die verschiedenen Rissmelder auf unterschiedlichen Funktionsprinzipien beruhen, beinhaltet jedes System grundsätzlich mehrere an verschiedenen Stellen im Förderband eingebettete Sensoren oder Signaleinrichtungen. Wenn sich das Band bewegt, laufen diese Indikatoren über die Meldepunkte hinweg, die typischerweise dort positioniert sind, wo die Wahrscheinlichkeit eines Risses im Band gegeben ist: in der Ladezone und am Abwurf. Wenn der Riss im Band das Signal unterbricht, wird der Alarm ausgelöst und das Band wird abgeschaltet.

Diese Systeme helfen bei der Reduzierung der Gurtschäden und ermöglichen dem Betrieb eine Minderung des auf Lager aufzubewahrenden Bestandes an Fördergurt.

Die Überwachung des Fördergurts

Das Bestreben nach verlängerten Produktionsphasen in den Betrieben führt zu Verkürzung der Zeit, die für Instandhaltungsarbeiten zur Verfügung steht. Darauf können die Lieferanten der Förderanlagen und Dienstleistungsfirmen reagieren, indem sie den Betreibern Mittel und Werkzeuge für eine bessere Kontrolle des Zustands der Fördergurte an die Hand geben.

Außer den oben erwähnten Rissmeldern werden noch Dienstleistungen zur umfassenden Überwachung des Zustands eines Fördergurts angeboten. Zu den dabei überwachten und analysierten Parametern zählen unter anderem der Zustand der Karkasse, der Zustand und die Abnutzung der Deckplatte der Gurtoberseite (einschließlich deren Dicke und ihrer geschätzten Restnutzungsdauer) und der Zustand der Verbindung(en).

Die Früherkennung, genaue Lokalisierung und Überwachung von beschädigten Bereichen und der Festigkeit der Verbindungen ermöglichen die Planung von präventiven Instandhaltungsarbeiten, was zu einer Verlängerung der Lebensdauer der überwachten Förderanlage beiträgt.

ENTSCHEIDEND IST DER FÖRDERGURT

Zum Abschluss...

Das Fördersystem ist ein Schlüsselfaktor für den Wirkungsgrad eines ganzen Betriebes und der Fördergurt ist der Schlüssel für die Produktivität einer Förderanlage. Folglich ist die Erhaltung des Leistungsvermögens und der Lebensdauer des Förderbandes eine unbedingte Notwendigkeit. In Anbetracht des in den Fördergurt investierten Kapitals kann die Bedeutung der Erhaltung eines Bandes durch regelmäßige Kontrolle und Reparatur nicht hoch genug bewertet werden. Die relativ geringfügigen Kosten für eine sorgfältige Kontrolle und Gurtreparatur und die etwas höher zu Buche schlagenden Kosten für die Stillstandszeiten zur Durchführung dieser Reparatur machen sich durch eine verlängerte Lebensdauer des Bandes vielfach bezahlt.

Vorausblick...

Dieses Kapitel „Förderband“ war das zweite Kapitel über die Grundlagen der Förderanlagen im Abschnitt Grundlagen der sicheren Schüttguthandhabung. Das nächste Kapitel „Gurtverbindungen“ schließt diesen Abschnitt mit einer Beschreibung verschiedener Arten von Gurtverbindungen und deren Auswirkung auf entweichendes Material ab.

REFERENZEN

- 4.1 Alle Hersteller und die meisten Vertreiber von Fördergurten bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte als auch über Förderbänder im Allgemeinen.
- 4.2 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 4.3 Die Website <http://www.conveyorbeltguide.com> ist eine wertvolle, nichtkommerzielle Informationsquelle über Fördergurte.

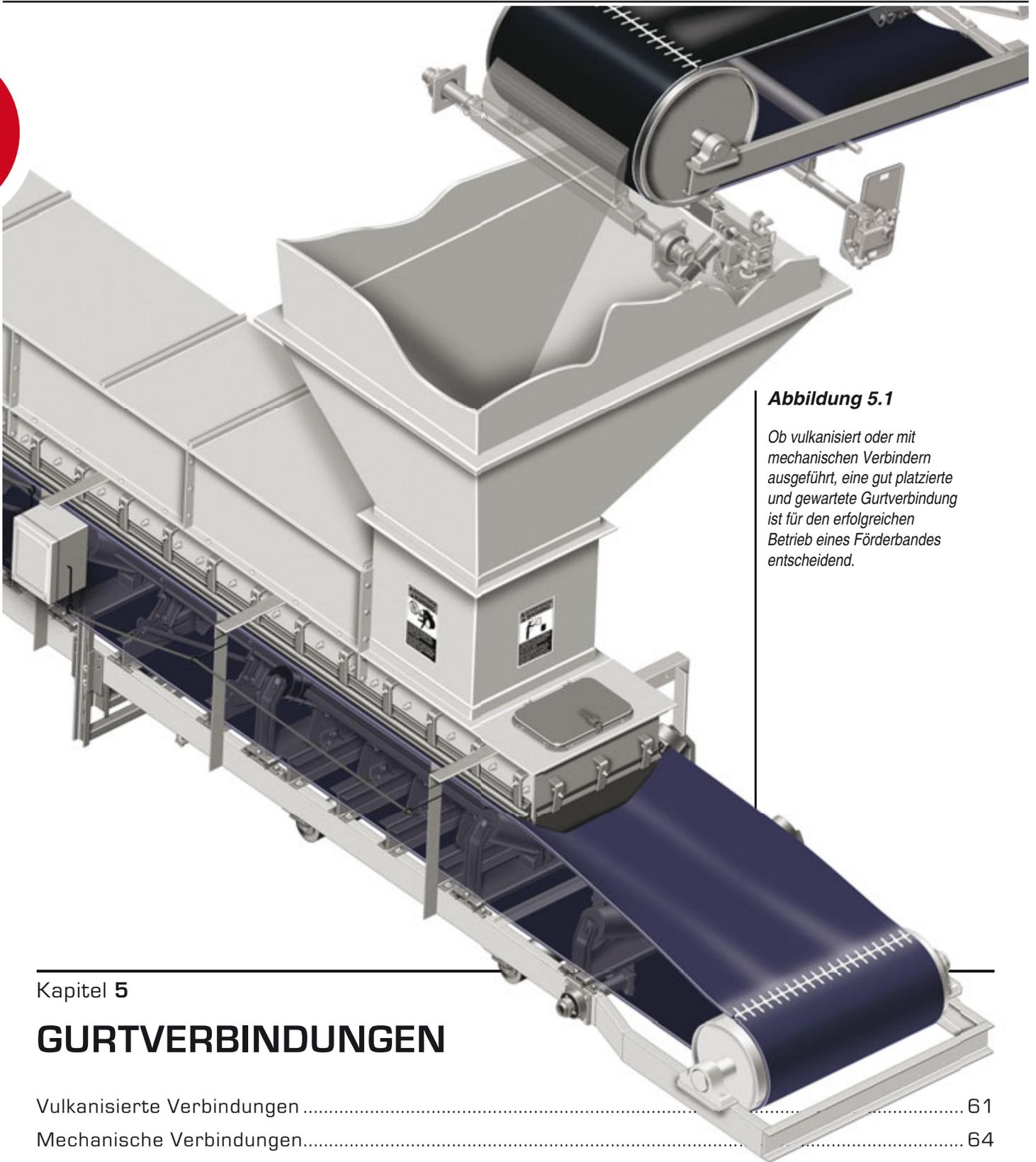


Abbildung 5.1

Ob vulkanisiert oder mit mechanischen Verbindern ausgeführt, eine gut platzierte und gewartete Gurtverbindung ist für den erfolgreichen Betrieb eines Förderbandes entscheidend.

Kapitel 5

GURTVERBINDUNGEN

Vulkanisierte Verbindungen	61
Mechanische Verbindungen.....	64
Sicherheitsrelevante Fragen	71
Sichere Gestaltung der Verbindungen	72
Wartungs- und Montagestationen	72
Kontrolle und Überwachung	72
Die Bedeutung der Verbindung	73

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel besprechen wir die verschiedenen Methoden der Gurtverbindungen, einschließlich der mechanischen Verbindungen und der Heiß- und Kaltvulkanisierung (**Abbildung 5.1**). Das Kapitel gibt einen Überblick über die Vorteile und Nachteile der verschiedenen Systeme und verdeutlicht die Bedeutung der ordnungsgemäßen Montage, Kontrolle und Instandhaltung.

Ein Gurt für Förderanlagen wird ab Herstellerwerk als Meterware auf Rollen ausgeliefert und daraus muss vor Gebrauch durch Verbinden der beiden Enden eine endlose Schlaufe gebildet werden. Die beiden Enden des Fördergurts werden entweder durch Vulkanisierung oder durch mechanische Verbinder miteinander verbunden.

Beide Techniken sind in der ganzen Welt gebräuchlich. In Nordamerika wird vorwiegend die mechanische Verbindung bevorzugt; außerhalb von Nordamerika ist die Vulkanisierung gebräuchlicher. Aus den in diesem Kapitel erörterten Gründen wird zur Vermeidung der Materialverluste die Vulkanisierung bevorzugt. In vielen Fällen zwingt jedoch die Notwendigkeit der raschen Wiederaufnahme des Betriebes zur Verwendung von mechanischen Verbindungen.

VULKANISIERTE VERBINDUNGEN

Die Vulkanisation ist ein Verfahren, bei dem Rohgummi mit Zusätzen versetzt und unter Hitze und Druck verfestigt wird („Heißvulkanisierung“). Die Verbindung der Fördergurtenden durch Kleben ist in der Fachwelt als „Kaltvulkanisierung“ bekannt.

Vulkanisierung ist aufgrund der überragenden Festigkeit, der längeren Standzeit und des saubereren Betriebes die allgemein bevorzugte Methode für Gurtverbindungen. Vulkanisierte Verbindungen sind wirklich die einzige Option für die langfristige Nutzung von Hochspannungsbändern mit Stahlseilkarkasse. Bereiche, bei denen häufig Bandstücke eingesetzt oder entfernt werden müssen, wie z. B. bei ausfahrbaren Fördersystemen unter Tage oder bei Förderanlagen mit beschränkten Möglichkeiten in Bezug auf die verfügbare Wegstrecke der Spannvorrichtung, bei denen das Band zur Wahrung der Spannung gekürzt werden muss, eignen sich nicht für vulkanisierte Verbindungen.

Aufgrund ihrer überragenden Festigkeit ermöglichen vulkanisierte Verbindungen die

Aufbringung maximaler Gurtspannungen und bieten dadurch eine bessere Übertragung der Zugkraft zwischen Trommel und Band. Eine vulkanisierte Verbindung verfügt über kein innen liegendes Gewebe oder Flechtwerk, keine Nähte, Schweißungen oder sonstige mechanische Verbindung. Die Verbindung wirkt nur durch die auf die Karkasse bzw. die Stahlseile wirkenden Adhäsionskräfte des Gummis, da sich die auf Zug beanspruchten Komponenten, die Textileinlagen oder Stahlseile, nicht berühren. Die Adhäsion beruht auf der Verwendung einer Zwischenschicht aus Gummi oder aus einem gummiartigen Material, das als Haftgummi, Haftbrücke oder Montagekleber bezeichnet wird.

Die Einzelschritte beim Vulkanisieren eines Fördergurts

Je nach Hersteller können sich die einzelnen Schritte bei der Herstellung einer vulkanisierten Verbindung unterscheiden (**Abbildung 5.2**). Im Allgemeinen unterscheidet man drei Schritte:

A. Die Vorbereitung der Fördergurtenden

Im ersten Schritt bei der Verbindung eines Fördergurts mit Textilkarkasse werden die Enden im richtigen Winkel abgeschnitten und dann die einzelnen zu verbindenden Lagen voneinander getrennt und freigelegt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Lagen oder Seile nicht beschädigt werden. Bei einem Fördergurt mit Stahlseilen ist hier der Gummiüberzug zurückzuschneiden (**Abbildung 5.3**).

B. Aufbringen einer Haftbrücke, einer Gummilösung oder sonstiger Zwischenschichten

Im zweiten Schritt werden die Schichten, die Verbindung bilden, schichtweise zusammengestellt. Bei Fördergurten mit Stahlseilen werden die Seile überlappt und auf

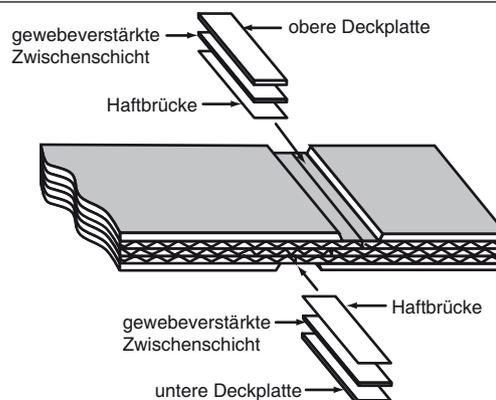


Abbildung 5.2

Eine vulkanisierte Verbindung besteht aus dem zu einem Sandwich zusammengefügt Fördergurt und zusätzlichen Hilfsstoffen.

die freigelegten Seile wird der entsprechende Klebstoff aufgebracht. Dann werden die Zwischenschichten und Deckplatten aufgelegt und als Ganzes zum Vulkanisieren bereitgestellt. Diese Vorgehensweise ist bei Fördergurten mit Stahlseilen und mit Textileinlage gleich.

C. Vulkanisation der Verbindung

Die zusammengefügtten Fördergurten werden zusammengepresst und vulkanisiert, wodurch eine feste Verbindung entsteht. Dabei sind die vorgegebenen Prozessparameter einzuhalten: Temperatur, Anpressdruck und die Vulkanisationsdauer.

Normalerweise sind die bei der Herstellung einer vulkanisierten Verbindung verwendeten Materialien - Haftbrücken, Haftgummi, die als „Fäden“ bezeichneten Gummischüre, Deckplatten – als Bausätze für den jeweiligen Aufbau und die Ausführung des Fördergurts erhältlich. Manchmal werden die Bausätze des Fördergurterstellers bevorzugt, obwohl es für die gängigsten Bandklassen Standard-Bausätze gibt. Die in den Bausätzen enthaltenen Materialien haben eine begrenzte Haltbarkeit; sie besitzen eine angegebene Lagerfähigkeit und eine begrenzte Topfzeit, wenn sie für die Anwendung zusammengemischt werden.

Es gibt zwei Arten der Vulkanisierung: heiß

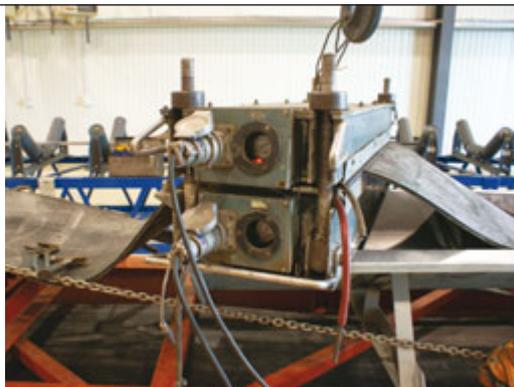
Abbildung 5.3

Der Verbindungsvorgang bei Fördergurten mit Stahleinlagen erfordert das Zurückschneiden des Gummiüberzugs.



Abbildung 5.4

Die „Heißvulkanisation“ der Verbindung erfolgt unter Einwirkung von Hitze und Druck spezieller Pressen



und kalt. Bei der Heißvulkanisierung werden die Schichten eines Fördergurts stufig oder fingerartig abgezogen und mit Klebstoff und Gummi überlappt. Um den Fördergurt zu einer Endlosschleife zu „vulkanisieren“ wird dann mittels einer beheizten Presse oder eines „Kochers“ Hitze und Druck aufgebracht. Bei der Kaltvulkanisierung, technisch als chemische Verklebung bezeichnet, werden die Schichten des Fördergurts mit einem bei Raumtemperatur abbindenden Klebstoff zusammengefügt. Die Vulkanisierung, besonders die Heißvulkanisierung, wird normalerweise von externen Dienstleistern ausgeführt, die über die notwendigen Spezialgeräte und die Sachkenntnis zur Durchführung des entsprechenden Verfahrens verfügen.

Heißvulkanisierung

Bei der Heißvulkanisierung wird mittels einer speziellen Presse (**Abbildung 5.4**) sowohl Hitze als auch Druck auf die Verbindungsstelle aufgebracht, um die Zwischenlagen und Decklagen zu einer hochfesten Verbindung zu vereinigen. Die Presse übt auf die gesamte Oberfläche einen gleichmäßigen Druck aus. Der Druck liegt je nach Fördergurt zwischen 34 kPa bis 1200 kPa. Die Temperaturen bewegen sich abhängig vom Gurttyp und Gummimischung zwischen 120°C bis 200°C. Die für die Vulkanisation erforderliche Zeit ist von der Bandstärke und der Zusammensetzung abhängig: Die Fördergurtersteller geben in ihren Handbüchern normalerweise Zeit- und Temperaturtabellen mit an. Obwohl die Geräte automatisiert sind, führt eine ständige Überwachung des Arbeitsvorganges am ehesten zu einem optimalen Ergebnis. Mobile Vulkanisierpressen sind für verschiedene Fördergurtbreiten verfügbar. Kleine Verbindungen an Fördergurten mit Textileinlage können oftmals in einem einzigen Durchgang vulkanisiert werden. Größere Verbindungen an Fördergurten mit Textileinlage kann man problemlos in zwei, drei oder mehr Gängen vulkanisieren. Bei Fördergurten mit Stahleinlagen und fingerartig verzahnten Verbindungen ist es wichtig, dass die Pressen groß genug sind, so dass die Verbindung in einem einzigen Durchgang vulkanisiert werden kann, um unerwünschten Austritt von Gummi und eine Verschiebung der Stahlseile zu verhindern.

Wenn der Vulkanisiervorgang erfolgt ist, sollte die entstandene Verbindung auf sichtbare Fehler untersucht werden, die auf eine Schwächung hindeuten könnten. Das Abschleifen oder Abstoßen von überschüssigem Gummi ist gängige Praxis, damit die Verbindungsstelle nicht an Gurtreinigern und anderen Einbauten streift oder hängen bleibt.

Kaltvulkanisierung (chemische Verklebung)

Bei der Kaltvulkanisierung werden die Enden des Fördergurts mittels Klebstoffen verbunden, die eine Verschweißung der Materialien bewirken.

Zum Aushärten der Verbindung bei der Kaltvulkanisation wird keine Presse benötigt. Die Fördergurtenden werden sorgfältig aufeinander ausgerichtet zusammengelegt und der vollflächige Kontakt wird mit Handrollen, Anpressrollen oder durch Hämmern in einem vorgeschriebenen Muster erreicht. Die Verklebung kann oft durch einfaches Auflegen von Gewichten auf den Fördergurt während der Reaktionsphase verbessert werden. Die meisten Klebstoffe für die Kaltvulkanisation benötigen eine Zeit von mindestens vier Stunden für eine brauchbare Verbindung und 24 Stunden für eine vollständige Aushärtung. Bei Befolgung der Empfehlungen des Herstellers werden optimale Ergebnisse erreicht. Die beste Informationsquelle für die richtigen Vulkanisieretechniken und Materialien ist der Gurthersteller.

Verbindungsmuster

Vulkanisierte Verbindungen erfordern das schichtweise Wegschneiden von einzelnen Deckplatten- und Karkassenlagen, damit die Fördergurtenden überlappt und zusammengefügt werden können. Generell kann die Geometrie einer Verbindung dieselbe sein, unabhängig davon, ob die Verbindungsstelle heiß oder kalt vulkanisiert wird.

Meistens werden Schrägverbindungen verwendet, weil der Winkel die Länge der Verklebungsstelle erhöht und die Belastung der Verbindung beim Umlauf um die Trommeln vermindert. Der Schrägungswinkel reduziert auch das Risiko, dass die Stoßkante des Spleißes aufgerissen wird. Dieser Schrägungswinkel beträgt im Allgemeinen 22° und ist bei den meisten Vulkanisierpressen schon maschinenbedingt vorgegeben (**Abbildung 5.5**).

Eine Form der Verbindung, die sich besonders bei Hochspannungsbändern mit Textileinlage wachsender Akzeptanz erfreut, ist die verzahnte Verbindung (**Abbildung 5.6**). Diese Form erfordert, dass die beiden Enden des Fördergurts in eine Anzahl schmaler, dreieckiger „Finger“ zurechtgeschnitten werden. Die Finger - jeder normalerweise 30 mm oder 50 mm breit an der Basis und je nach Gurtspezifikation zwischen 850 mm bis 1200 mm lang - werden ineinander verschränkt und dann heiß vulka-

nisiert. Verzahnte Verbindungen müssen in einem einzigen Gang vulkanisiert werden.

Es ist für alle Arten von Verbindungen entscheidend, dass die überlappten Bereiche und die an der Verbindungsstelle zugesetzten Materialien richtig zusammengefügt worden sind, um eine Beschädigung der fertigen Verbindungsstelle durch Gurtreinigungssystem oder andere Komponenten zu vermeiden.

Vorteile der Vulkanisierung

Obwohl die Herstellung einer vulkanisierten Verbindung teurer und zeitaufwendiger ist, so ist sie doch eine ausgezeichnete Investition. Sie bietet eine starke Verbindung, die hohen Gurtspannungen standhält. Von namhaften Firmen durchgeführte Verbindungen bieten qualitativ hochwertige Materialien und eine sach- und fachgerechte Ausführung mit Garantie. Da eine vulkanisierte Verbindung den Fördergurt in ein endloses Stück verwandelt, ohne die Möglichkeit, dass Material durch die Verbindungsstelle durchsickert, ist sie vom Standpunkt der Vermeidung von Materialverlust die beste verfügbare Verbindung. Eine richtig ausgeführte vulkanisierte Verbindung stößt nicht an Gummieinfassungen, Rollen, Einbauten von Bandträgersystemen oder Fördergurtreinigern an.

Die Kaltvulkanisierung bietet einige Vorteile gegenüber der Heißvulkanisierung. Es ist weder eine Heizquelle noch eine Presse erforderlich, die Werkzeuge und Vorrichtungen sind leichter zu transportieren und es wird keine zusätzliche Stromversorgung benötigt. Deshalb können kaltvulkanisierte Verbindungen sogar an

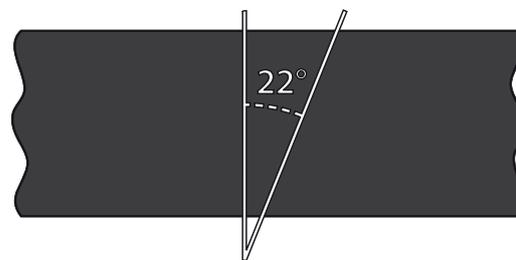


Abbildung 5.5

Der Schrägungswinkel beträgt meist 22° .



Abbildung 5.6

Die Verwendung einer verzahnten Verbindung bei einem Hochspannungsband bietet die beste Kombination aus Verbindungsfestigkeit und langer Lebensdauer.

abgelegenen Standorten ausgeführt werden, die schwer zugänglich sind und wo kein Strom verfügbar ist. Es sind nur kleine, handbediente Werkzeuge erforderlich, so dass die Kosten für die Beschaffung und für den Unterhalt der Geräte niedrig sind.

Heiß- und kaltvulkanisierte Verbindungen benötigen etwa denselben Zeitaufwand zur Vorbereitung des Fördergurts und für das Zusammenfügen; die Kaltverklebung verursacht jedoch längere Stillstandszeiten als die Heißvulkanisierung aufgrund der langen Reaktionszeit des Klebers.

Bei Hochspannungsgurten bietet die verzahnte Verbindung die beste Kombination aus Verbindungsfestigkeit und dynamischer Lebensdauer. Bei diesem System bleiben alle fabrikmäßig eingefügten Lagen an ihrem Platz, ohne dass gestufte Einschnitte notwendig wären. Eine verzahnte Verbindung kann über den Gurt hinweg rechtwinklig oder schräg geschnitten werden.

Nachteile von vulkanisierten Verbindungen

Die zu berücksichtigenden Nachteile der Vulkanisierung im Vergleich mit mechanischen Verbindungen sind die höheren Anfangskosten und der zur Herstellung der Verbindung erforderliche Zeitaufwand. Das Zurückschneiden der Zwischenlagen kann sich als schwierig erweisen, sowohl als Vorbereitung für die Heißvulkanisation als auch bei der chemischen Kaltverklebung. Es kann mehr als 24 Stunden dauern, bis eine Förderanlage wieder in Betrieb geht, bedingt durch den Zeitaufwand für die Vorbereitung der Verbindungsstelle, für das Aufheizen und für das Abkühlen, bis die neue Verbindungsstelle wieder in die Hand genommen werden kann. Bei der Kaltverklebung ist diese Zeit noch länger.

Dieser zusätzliche Zeitaufwand zur Herstellung einer vulkanisierten Verbindung wird besonders störend und teuer, wenn eine Notreparatur die Wiederaufnahme des Betriebes ermöglichen soll. In diesem Fall erhöht die Beauftragung einer externen Firma die Reparaturkosten einerseits durch die verlängerten Ausfallzeiten und andererseits durch zusätzliche „Nothilfe“-Zuschläge.

Aufgrund des Zeit- und Kostendrucks sind vulkanisierte Gurtverbindungen in solchen Bereichen nicht gerechtfertigt, wo häufige Verlängerungen oder Verkürzungen der Förderbandlänge erforderlich sind. Dasselbe gilt, wo aufgrund der Wegstrecke der Spannvorrichtung nicht genug Gurtlänge für eine vulkanisierte

Verbindung zur Verfügung steht und ein kurzer Gurtabschnitt, ein Flickstück eingesetzt werden muss, wozu gleich zwei Verbindungen erforderlich sind.

An älteren, abgenutzten Fördergurten kann sich die Vulkanisierung schwieriger gestalten und sich als weniger zuverlässig erweisen. Bei Anwendungen für den Transport von heißen Gütern ist darauf zu achten, dass man das gesamte Material abwerfen muss, bevor das Band angehalten wird. Auf einem stillstehenden Band kann darauf belassenes heißes Material eine Verbindung „verbrennen“ und dadurch deren Lebensdauer reduzieren.

Eine vulkanisierte Verbindung kann eine beträchtliche Länge Gurtmaterial verbrauchen, in manchen Fällen 2,4 m bis 3 m, besonders wenn bei einem breiten Fördergurt ein Schrägspieß gesetzt wird. Ein derartiger Vorgang kann den Kauf eines längeren Gurtes erforderlich machen oder das Einfügen eines neuen Gurtstückes bzw. eines Flickstücks.

Bei der Konstruktion neuer Fördersysteme für den Betrieb mit vulkanisierten Gurten ist es ratsam, eine Spanntrommel mit einzuplanen, die den Durchhang des Fördergurtes aufnimmt. Die Spanntrommel sollte ausreichende Bewegungsmöglichkeit für den Ausgleich der Gurtdehnung aufweisen, weil auf diese Art vermieden wird, den Fördergurt mit einer zeitraubenden neuen Verbindung verkürzen zu müssen.

MECHANISCHE VERBINDUNGEN

Mechanische Verbinder

Heutzutage stehen viele Arten mechanischer Verbinder zur Verfügung. Sie funktionieren alle nach dem Prinzip der Verbindung der beiden Enden des Fördergurtes mittels einer verzahnten Scharnier- und Steckstift-Technik oder mittels Platten. Mechanische Verbinder werden heutzutage aus einer Vielfalt verschiedener Materialien gefertigt. Sie sind beständig gegen Korrosion, Abnutzung und an die Bedingungen der Anwendung angepasst.

Viele Jahre lang wurden mechanische Verbindungen als die minderwertige Alternative zur Vulkanisierung betrachtet. Neuere Entwicklungen haben die mechanischen Verbinder gegenüber der Vulkanisierung in eine bessere Position gerückt. Hier sei die Verwendung von dünneren Fördergurten zu erwähnen (möglich durch den Einsatz von Synthetikfasern im Gurt), Verbesserungen bezüglich der Konstruktion

tion und der für die Verbindungselemente verwendeten Materialien zur Erhöhung der Festigkeit und zur Reduzierung der Abnutzung und die Entwicklung von Werkzeugen zur Versenkung des Profils der Verbindung.

Arten von mechanischen Verbindungen

Mechanische Verbinder für Schüttgutfördergurte stehen als Scharniergelenkverbinder oder als Plattenverbindungselemente zur Verfügung, wobei innerhalb jeder Gruppe noch verschiedene Optionen wählbar sind.

Scharniergelenkverbinder

Bei Scharniergelenkverbindungen wird jeweils ein Streifen auf jedes Fördergurtende aufgelegt, der aus einer einseitig durch Ösen miteinander verbunden Ober- und Unterleiste besteht (**Abbildung 5.7**). Diese Streifen werden mit Hilfe von Klammern, Schrauben oder Nieten am Fördergurt befestigt. Die Durchführung eines Steckstifts durch die versetzt zusammengefügte Ösen der Scharnierschleifen verbindet miteinander die Enden des Gurtes.

Scharniergelenkverbinder sind normalerweise als gestückelte Streifen verfügbar, passend für alle gängigen Fördergurtbreiten. Diese Streifenanordnungen gewährleisten korrekten Abstand und Ausrichtung. Von diesen Streifen kann man passende Stücke für nicht standardisierte Fördergurtbreiten abtrennen.

Der Hauptvorteil von Scharniergelenkverbindern besteht darin, dass das Band durch Entfernen des Steckstiftes wieder aufgetrennt werden kann. Auf diese Weise kann das Band verkürzt, verlängert, aus der Fördereinheit entfernt oder geöffnet werden, um Instandhaltungsarbeiten an den Komponenten der Förderanlage zu ermöglichen.

Scharniergelenkverbinder bieten mehrere andere Vorteile. Die Montage an den beiden Fördergurtenden kann getrennt durchgeführt werden, oder sogar außer Haus. Während es nicht empfehlenswert ist, verschieden dicke Fördergurte zusammenzufügen - wegen der dabei auftretenden Probleme in Bezug auf Abdichtung, Spurführung und Reinigung - würden diese Ösenverbinder bei Verwendung der für die jeweilige Gurthälfte passenden Verbinder die Kombination verschieden dicker Fördergurte ermöglichen.

Massive Plattensegmente

Eine zweite Art der mechanischen Verbindung kann mit Plattenverbindungselementen durchgeführt werden (**Abbildung 5.8**). Durch diese Verbindungselemente entsteht eine starke, haltbare Verbindung ohne Scharnierlücke, wo Feinanteile durchfallen können. Plattenverbindungselemente können unter den schwierigsten Bedingungen in Bergwerken, Steinbrüchen und Stahlwerken eingesetzt werden. Bei Bandstärken von mehr als 22 mm stellen Plattenverbindungselemente die einzige Alternative bei den mechanischen Verbindern dar. Massive Plattensegmentverbinder sind nur für dauerhafte Verbindungsstellen vorgesehen und werden nicht für Anwendungen empfohlen, bei denen die Verbindungsstelle zur Veränderung der Fördergurtlänge oder des Standortes geöffnet werden muss.

Massive Plattensegmentverbinder werden normalerweise stückweise geliefert, lose im Karton oder Eimer. Die Plattensegmente werden von einer bis zur anderen Außenkante des Bandes mittels Klammern, Nieten oder Schrauben befestigt.

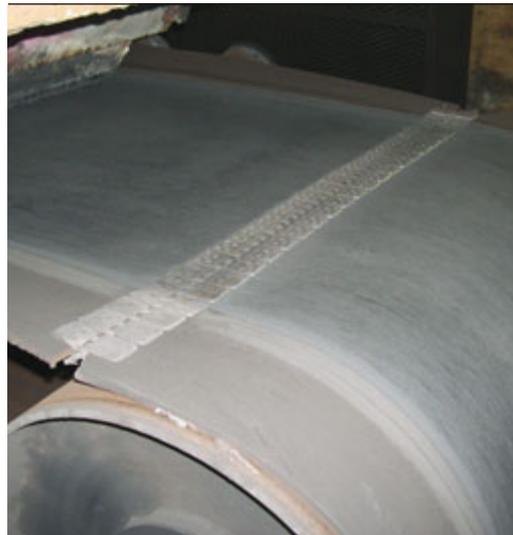


Abbildung 5.7

Als durchgehende Streifen lieferbar, werden Scharniergelenkverbinder an die Fördergurtbreite angepasst und mit einem Steckstift zusammengefügt.



Abbildung 5.8

Mittels Nieten, Klammern oder Schrauben befestigt, bieten massive Plattensegmentverbinder eine solide Verbindung für Schwerlast-Anwendungen.

Verschraubte massive Plattensegmentverbindungen bieten einige einzigartige Vorteile. Sie können diagonal über den Fördergurt hinweg angeordnet werden, um die Verwendung auf kleineren Trommeln als der für die Verbindungselemente empfohlenen Größe zu ermöglichen. Sie können auch in einem V-förmigen Muster angeordnet werden (**Abbildung 5.9**), der einzigen Alternative für die Verbindung der dicken, für die Vulkanisierung vorgesehenen Hochspannungsurte.

Ein Problem bei den mit Schrauben befestigten massiven Plattensegmentverbindungen besteht darin, dass normalerweise nur zwei Schrauben pro Platte verwendet werden, eine auf jeder Seite der Verbindung. Wenn die Schrauben festgezogen werden, werden die Enden der Platte stärker komprimiert als die Mitte. Dies führt zu einer Überhöhung der Mitte, die beim Durchlauf des Bandes an den Fördergurtreinigern oder den anderen Systemen der Förderanlage einen Reibungspunkt darstellt.

Vernietete massive Plattensegmentverbindungen sind für die anspruchsvollsten Hochspannungsanwendungen gedacht. Die Mehrfachverbindung auf jeder Seite des Scharniers bietet die

höchste Festigkeit aller mechanischen Verbindungen. Sie können ohne Elektrowerkzeuge hergestellt werden. Zum Setzen der Nieten und zum Abschlagen der Köpfe über dem Fördergurt wird ein Hammer verwendet. Bei weit abgelegenen oder unterirdischen Standorten stellt das einen Vorteil dar.

Bei der Verwendung von Trommeln mit einem Durchmesser von weniger als 300 mm ergibt sich hier ein Problem. Massive Plattensegmentverbindungen legen sich beim Umlauf um die Trommel aufgrund ihrer Größe nicht richtig an die Trommel an, was dazu führen kann, dass die Komponenten der Verbindung herausgerissen werden oder brechen.

Flexible Matrixplattenverbindungen

Eine weitere Verbindungstechnik ist flexible Matrixplattenverbindung. Bei diesem System werden selbstschneidende Schrauben in eine H-förmige (oder eventuell I-leistenförmige) Scharniermatrix eingeschraubt. Die Verbindung wird hergestellt, indem man die beiden Enden des Gurtes schräg bis zur Karkasse abschält und sie dann in die offenen Enden der H-förmigen, gummiverstärkten Scharniermatrix einführt. Die über die volle Breite des Fördergurtes laufende Matrix wird dann mit bis zu 240 Schrauben pro Meter Fördergurtbreite am Gurt befestigt.

Dieses System bietet eine relativ schnelle und einfache Montage, wozu nur Schälwerkzeuge und ein Elektroschrauber benötigt werden (**Abbildung 5.10**). Die Verbindung kann bei jedem Wetter und auch an Standorten hergestellt werden, wo eine Vulkanisierpresse oder ein anderes Verbindungswerkzeug schwierig zu verwenden wäre. Es muss keine Reaktionszeit eingehalten werden und die Methode kann zum Zusammenfügen oder für die Reparatur von Fördergurten verwendet werden. Wenn nur eine zeitweilige Reparatur vorgesehen ist, kann die Matrix später wieder entfernt und nochmals verwendet werden.

Ein Vorteil der flexiblen Matrixverbindung ist, dass sie vollständig dicht ist und es keine Öffnungen zwischen den Fördergurtenden oder Löcher im Gurt gibt, durch die Material hindurchrieseln könnte.

Dieses System wird derzeit für das Zusammenfügen von Bändern mit Textilkarkasse verwendet. Der Hersteller bemüht sich um die Zulassung für Bänder mit Stahlseileinlage.

Abbildung 5.9

Eine „V“-förmige Verbindung ist möglicherweise die beste Wahl für das Zusammenfügen von hochgespannten Fördergurten mit mechanischen Verbindern.

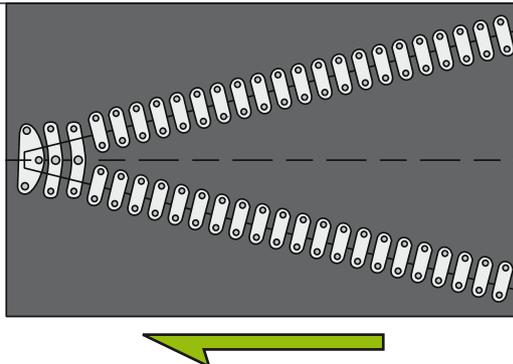


Abbildung 5.10

Eine flexible Matrixverbindung ermöglicht eine relativ einfache Montage mit Hilfe einfachster Werkzeuge. Die Verbindung der beiden Fördergurtenden erfolgt durch die Verschraubung einer H-förmigen Matrix mit Hilfe selbstschneidender Schrauben.



Die Auswahl der richtigen Verbindungselemente

Die meisten Verbindungselemente sind in verschiedenen Größen verfügbar. Auf jeden Fall sind die Empfehlungen des Herstellers zu beachten, um sicherzustellen, dass die Größe der Verbindungselemente zu den Trommelgrößen und der Gurtdicke passen.

Wenn der Fördergurt zur Versenkung der Verbindungselemente abgeschält werden muss, so ist diese abgeschälte Dicke bei der Ermittlung der Größe der Verbindungselemente heranzuziehen. Das Verbindungselement sollte auf der Grundlage des Durchmessers der kleinsten Trommel im System ausgewählt werden.

Es stehen Verbindungselemente aus vielen verschiedenen Metallen zur Verfügung, um die Anforderungen bei speziellen Anwendungen erfüllen zu können. Hierzu gehören funkenfreie, nichtmagnetische, abriebbeständige und/oder korrosionsbeständige Materialien. Scharnierstüfe sind in einer ähnlich großen Auswahl verfügbar. Der Hersteller kann für jeden Anwendungsfall die richtige Qualität empfehlen.

Die Schulungen für die Auswahl und Montage von Verbindungen sollte von qualifiziertem Personal durchgeführt werden. Wenn sie entsprechend den Anweisungen der Hersteller installiert werden, bieten mechanische Verbindungen eine wirtschaftliche Methode zur Verbindung des Fördergurtes. Wenn sie falsch ausgewählt oder angewendet werden, können durch mechanische Verbindungen kostspielige und wiederkehrende Probleme entstehen.

Die richtige Installation von Verbindungselementen

Mechanische Verbindungen können relativ einfach von eigenem Personal installiert werden. Folglich können sie jedoch auch falsch angebracht werden, besonders von ungeschultem Personal oder in einem Notfall, in einer Situation, wo es schnell gehen soll. Es ist äußerst wichtig, dass das Werkpersonal in der korrekten Vorgehensweise der Montage von mechanischen Verbindern geschult wird.

Es ist eine häufig anzutreffende, aber falsche Praxis, nur eine Größe von mechanischen Verbindungen im Instandhaltungslager vorrätig zu halten. Über die Jahre können sich die Spezifikationen für die in einer Anlage verwendeten Fördergurte geändert haben, aber die im Lager bevorrateten mechanischen Verbinder sind dieselben geblieben. Das kann zu einer Reihe von Problemen führen, einschließlich des Versagens von Verbindungen und Schäden an

Förderanlagen. Der ordnungsgemäße Einbau einer mechanischen Verbindung erfordert die Verwendung der richtigen Verbindungselemente, der richtigen Werkzeuge und auch ein aufmerksames Auge für Details.

Das rechtwinkelige Zuschneiden der Fördergurten

Wenn die Enden von Förderbändern mit mechanischen Verbindern zusammengefügt werden, dann ist normalerweise die erste Voraussetzung für eine gute Verbindungsstelle, dass die Fördergurten rechtwinklig zurechtgeschnitten werden. Wird dies unterlassen, dann wird der Verbindungsbereich des Fördergurts an allen Punkten entlang der Förderanlage immer zur Seite der Anlage auslaufen. Dies ist normalerweise als ein schneller Seitenwechsel des Bandes zu beobachten, wenn der Verbindungsbereich eine Stelle der Förderanlage passiert. Die Verwendung der Fördergurtkante als Richtmaß für die Rechtwinkligkeit ist nicht zu empfehlen, da die Fördergurtkante vielleicht nicht gerade ist. Gebrauchte Bänder haben durch die Abnutzung manchmal eine nicht eindeutig bestimmbare Kante und deshalb wird eine der folgenden Verfahrensweisen empfohlen:

A. Die Mittelachsemethode

Um die durchschnittliche Mittelachse des Fördergurts zu ermitteln, messen Sie die Breite des Bandes von Kante zu Kante an fünf Stellen entlang des Bandes in Abständen von etwa 300 mm, ausgehend vom Ende des Bandes. Markieren Sie eine Reihe von Punkten entlang der Mitte des Bandes und verbinden Sie diese Punkte mit Hilfe einer Schlagschnur oder eines Lineals, um so die durchschnittliche Mittelachse zu bestimmen (**Abbildung 5.11**).

Die Schnittlinie soll mit Hilfe eines Winkels ausgeführt werden. Ziehen Sie im rechten Winkel zur durchschnittlichen Mittelachse eine Gerade über das Band. Diese Gerade kann als Schnittlinie verwendet werden (**Abbildung 5.12**).

B. Die Doppelbogenmethode

Für größere Genauigkeit oder bei Fördergurten mit verschlissenen Kanten kann eine „Doppel-Schnittbogen“-Methode verwendet werden. Nach der Bestimmung der durchschnittlichen Mittelachse gemäß der oben erläuterten Methode legen Sie auf der Mittelachse im Abstand der zwei- bis dreifachen Bandbreite vom Bandende

5

Abbildung 5.11

Um die durchschnittliche Mittelachse des Fördergurts zu bestimmen, können an fünf nacheinander folgenden Stellen die Mittelpunkte festgestellt und miteinander verbunden werden.

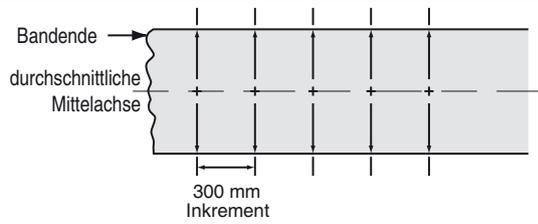


Abbildung 5.12

Verwenden Sie einen Winkel zum Einzeichnen der rechtwinklig zur durchschnittlichen Mittelachse liegenden Schnittlinie.

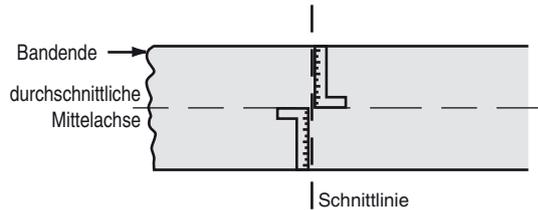


Abbildung 5.13

Erster Schritt: Schlagen Sie zuerst an einem Drehpunkt einen Bogen. Dieser Punkt soll im Abstand der zwei bis drei Bandbreiten vom Bandende liegen.

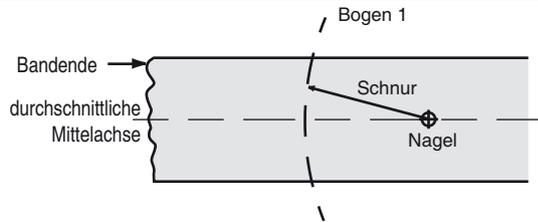


Abbildung 5.14

Zweiter Schritt: Nun schlagen Sie einen zweiten Bogen, so dass dieser den ersten Bogen nahe der Fördergurtkante auf beiden Seiten schneidet.

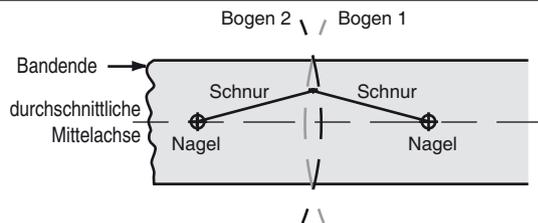


Abbildung 5.15

Dritter Schritt: Markieren Sie nun die Schnittlinie durch Verbindung der Punkte, wo sich die beiden Bögen nahe den Kanten des Fördergurts schneiden.

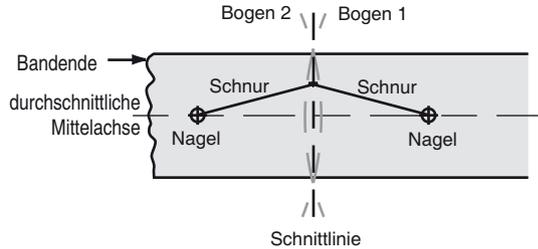
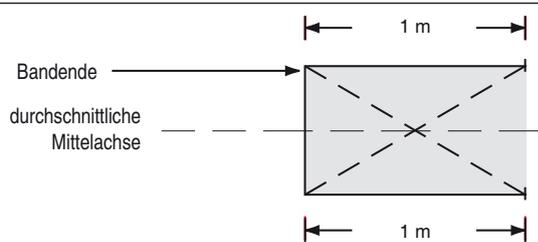


Abbildung 5.16

Um den geraden Verlauf der geplanten Schnittlinie zu überprüfen, sind zwei weitere Punkte an Gurtrand abzumessen und anschließend die entspr. Diagonalen auszumessen. Diese Diagonalen müssen gleich lang sein.



ausgehend einen Punkt fest. Schlagen Sie mit Hilfe einer Schnur und eines auf der Mittelachse als Drehpunkt festgesetzten Nagels einen Kreisbogen über den Fördergurt, so dass der Bogen die Kante des Fördergurts auf beiden Seiten überschneidet (**Abbildung 5.13**). Legen Sie jetzt näher am Fördergurteende einen zweiten Drehpunkt auf der Mittelachse fest. Schlagen Sie einen zweiten, in die Gegenrichtung gerichteten Bogen über den Fördergurt, so dass der zweite Bogen den ersten Bogen auf beiden Seiten der durchschnittlichen Mittelachse nahe den Fördergurtkanten schneidet (**Abbildung 5.14**). Ziehen Sie eine Gerade vom Schnittpunkt der Bögen auf der einen Seite des Fördergurts zum Schnittpunkt der Bögen auf der anderen Seite (**Abbildung 5.15**). Diese neue Gerade steht rechtwinklig zur Mittelachse des Fördergurts und ist die Schnitt- oder Verbindungslinie.

Prüfung der Genauigkeit der rechtwinklig beschnittenen Enden

Eine Genauigkeitsprüfung ist erforderlich, gleichgültig welche Methode verwendet worden ist. Um die Genauigkeit der rechtwinklig beschnittenen Enden zu überprüfen, messen Sie eine gewisse Strecke (z. B. 1 Meter) von der Schnittlinie ausgehend an beiden Kanten des Bandes ab. Dann messen Sie diagonal von diesen neuen Punkten in Richtung Ende des Schnitts auf der jeweiligen Gegenseite des Fördergurts, so dass die Diagonale gemessen wird. Die beiden Diagonale sollten sich auf der Mittelachse des Fördergurts schneiden und dieselbe Länge aufweisen (**Abbildung 5.16**).

Die Wichtigkeit des Absenkens

Damit eine mechanische Verbindung einen Übergabepunkt funktionsgerecht durchlaufen kann und eine wirksame Abdichtung und Reinigung gewährleistet ist, muss sowohl die Ober- als auch die Unterseite des Verbindungsbereiches ausreichend in das Band eingetieft werden, um eine konstante Bandstärke und eine glatte Verbindungsoberfläche zu erzielen, so dass die Verbindung und die Einbauten nicht beschädigt werden.

Das auch als Abschälen bezeichnete Abtragen der Deckplatten des Fördergurts bewirkt, dass sich die Verbindungselemente näher an der Textileinlage der Karkasse des Bandes befinden, wodurch ein festerer Sitz erreicht wird (**Abbildung 5.17**). Durch das Abschälen wird die obere und untere Deckplatte bis auf die Karkasse des Bandes zurückgeschnitten. Da die Karkasse die Festigkeit des Fördergurts be-

wirkt und die obere und untere Deckplatte zur Festigkeit nur sehr wenig beitragen, vermindert dies nicht die Intaktheit der Gesamtstruktur des Fördergurts oder der Verbindung. Beim Abschälen des Bandes ist sehr sorgfältig zu arbeiten, da eine Beschädigung der Karkasse des Fördergurts die Verbindung schwächen kann, was zu einer Verminderung der Festigkeit des Fördergurts führt. Wenn die Verbindung richtig versenkt worden ist, bewegen sich die Metallteile des mechanischen Scharniers ohne Probleme an potentiellen Hindernissen wie Aufprallbalken, Gummi - Kanteneinfassungen und Abstreifblättern vorbei. Abschälen wird zur Sicherstellung der strukturellen Intaktheit des Fördergurts, der Verbindung und von anderen Einbauten der Förderanlage empfohlen. Das Abschälen des Bandes vermindert die Lärm-entwicklung beim Transportbetrieb, da die Verbindungselemente versenkt liegen und beim Umlauf des Bandes nicht klappernd gegen die Gurtrollen schlagen.

Abschälwerkzeuge können von den meisten Lieferanten der Verbindungselemente bezogen werden.

Das Abdecken einer mechanischen Verbindung

Wenn eine mechanische Verbindung aus irgendeinem Grund nicht ordnungsgemäß versenkt werden kann, wie z. B. bei begrenzter Bandstärke, bei Gurtschäden, oder aus Zeitmangel, dann kann die Verbindung auch abgedeckt werden. Dies kann entweder dadurch bewerkstelligt werden, dass die vorspringenden Oberflächen durch Abschleifen abgetragen werden, oder dadurch, dass sie durch Einkapselung versenkt werden.

Bei der erstgenannten Vorgehensweise wird durch Abschleifen der vorspringenden Stellen sichergestellt, dass das vordere Ende des Verbindungselementes oder die Schrauben und Nieten nicht über die Verbindung hinausragen. Hierbei ist darauf zu achten, dass beim Abschleifen der Verbindung das Förderband nicht mit abgeschliffen wird, oder dass zuviel von der Verbindung abgetragen wird.

Die zweite Möglichkeit ist die Einkapselung oder Einbettung der Verbindung, um sowohl die Verbindung selbst, als auch den Abstreifer vor Schaden durch Stoßwirkung zu schützen (**Abbildung 5.18**). Dies wird normalerweise mittels eines Klebstoffs oder Elastomers erreicht, die wie Kitt auf den Fördergurt und die Verbindung aufgetragen werden. Obwohl das Reinigungssystem dennoch an den mechanischen Verbindern hochsteigen und darüber

hinweggleiten muss, so ist die Oberfläche der Verbindung doch glatter, ohne dass Hindernisse wie Schraubenköpfe dem Reinigungssystem in die Quere kommen können. Der Nachteil bei diesem Verfahren ist, dass die Stoßstelle nicht so leicht zu überwachen und zu reparieren ist, weil die mechanische Verbindung unter der Verkapselung nicht sichtbar ist.

Ausklinken der Nachlaufseite

Um die Ecken des Fördergurts an der Verbindung zu schützen, werden die Ecken des Fördergurts an der Stoßstelle ausgeklinkt oder schräg abgeschnitten. Bei Fördergurten mit nur einer Laufrichtung muss nur das nachlaufende



Abbildung 5.17

Wenn die mechanische Verbindung richtig versenkt worden ist, dann überragt die Oberkante dieser Verbindung nicht die Oberkante des Bandes.



Abbildung 5.18

Das Abdecken der Verbindung schützt die mechanischen Verbinder und auch die Gurtreiniger. Dies kann entweder dadurch bewerkstelligt werden, dass die vorspringenden Oberflächen durch Abschleifen abgetragen werden, oder durch Einkapselung versenkt werden.



Oberes Bild:
vor der Einkapselung.

Unteres Bild:
nach der Einkapselung.

Bandende ausgeklinkt werden. Die Ausklinkung wird vom ersten Verbindungselement an jedem Ende der Verbindung ausgehend in Richtung zur Fördergurtkante hin in einem Winkel von 60° geschnitten. Die Ausklinkung verhindert, dass sich die Ecken des Fördergurts am Traggerüst der Förderanlage verfangen und so die Verbindung beschädigt oder das Band zerrissen wird (**Abbildung 5.19**).

Der Umgang mit Gurtreinigern

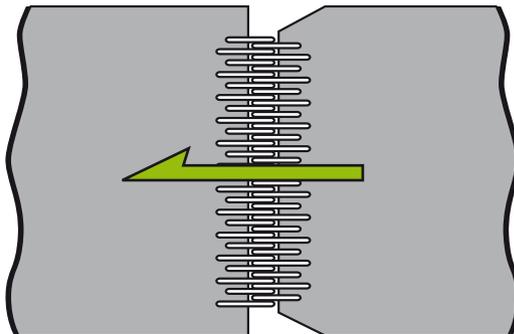
Mechanische Gurtverbinder können manchmal mit aggressiven Gurtreinigungssystemen kollidieren, besonders wenn gehärtete Abstreifblätter verwendet werden. Aus Angst vor starkem Verschleiß der Verbindung, oder dass sie sich verfängt und herausgerissen wird, bevorzugen viele Betreiber die Verwendung von nichtmetallischen Abstreifblättern (z. B. Urethan). Die meisten derartigen Probleme mit Fördergurtreinigungssystemen können auf die unsachgemäße Auswahl oder Montage von mechanischen Verbindungen zurückgeführt werden.

Neue Entwicklungen tragen dazu bei, dass die mechanischen Verbinder besser mit den Gurtreinigern zusammenarbeiten können. Hier ist die Entwicklung von Werkzeugen zu nennen, die das Abtragen eines gleichförmigen Streifens der äußeren Lage des Fördergurts ermöglicht, wobei eine glatte, flache Muldung mit gerundeter Lippe zur Aufnahme der Verbindung entsteht. Diese Geräte arbeiten viel schneller und sicherer als die früheren Methoden mit Messern oder Schleifern.

Eine zweite Entwicklung ist die neue Gestaltung von „Verbinder-freundlichen“ Abstreifern, die spezielle Blattformen, Materialien und Montagethoden bieten, die Stoßprobleme mit Verbinderplatten vermindern. Die kürzliche Einführung „gekehlt“ mechanischer Verbinder, bei denen die Abstreifblätter ohne Beschädigung des Abstreifers oder der Verbindung über die Platten hinweg gleiten bietet die Möglichkeit zur Verbesserung der Haltbarkeit des Abstreifblattes als auch der Verbindungselemente.

Abbildung 5.19

Die nachlaufende Kante des Fördergurts sollte an der Verbindung weggeschnitten werden, damit sich die Ecken nicht in Hindernissen verfangen.



Es gibt keine erfahrungsgemäße Studien über die Abnutzung von Verbindungen aufgrund von Kontakt mit Schüttgütern und mit den Reinigungs- und Abdichtsystemen. Bei Einhaltung ordnungsgemäßer Montage- und Instandhaltungsmethoden sollten die Reinigungs- und Abdichtsysteme und die Verbindungen aufgrund des erforderlichen Leistungsvermögens ausgewählt werden, anstatt nach der zu erwartenden Lebensdauer.

Vorteile mechanischer Verbindungen

Der Hauptvorteil mechanischer Verbindung besteht in der Möglichkeit der einfachen Auftrennung des Fördergurts. Diese Auftrennbarkeit der Verbindung ermöglicht die Verlängerung oder Verkürzung des Bandes bei Anwendungen in Bergbaubetrieben und die erleichterte Wartung anderer Komponenten des Fördersystems, wie z. B. der Trommelummantelung, der Gurtrollen oder der Aufpralldämpfungstische.

Ein zusätzlicher Vorteil mechanischer Verbinder ist, dass sie die Stillstandszeiten bei Reparaturen vermindern. Diese Verbindungen können oft in ein, zwei Stunden installiert werden, während eine vulkanisierte Verbindungsstelle oft einen ganzen Tag oder mehr benötigen kann. Verbindungselemente können leicht durch das verfügbare Wartungspersonal installiert werden, wobei nur Handwerkzeuge oder einfache tragbare Geräte zum Einsatz kommen; wohingegen eine Vulkanisierung normalerweise die Beauftragung eines externen Dienstleisters mit Spezialgeräten erfordert. Die fertig eingebaute Verbindungsstelle kostet ein paar hundert Euro und verbraucht nur einige Millimeter des Fördergurtes, während die vulkanisierte Verbindungsstelle mehrere Tausend Euro kostet und mehrere Meter vom Fördergurt verschlingt.

Mechanische Verbinder bieten eine Verbindung, die einfach herzustellen und leicht zu überwachen ist. Wenn regelmäßig kontrolliert wird, macht sich ein bevorstehender Schaden bei mechanischen Verbindungen normalerweise vorzeitig bemerkbar. Mechanische Verbinder sind kostengünstig und können für lange Zeiträume gelagert werden. Sie ermöglichen eine schnelle Montage und eine leichte Verlängerung oder Verkürzung des Fördergurts.

Es ist wichtig, dass die Empfehlungen der Hersteller bei der Auswahl der Verbindungselemente berücksichtigt werden. Das gilt sowohl für den Fördergurt als auch für die Verbindungselemente.

Nachteile mechanischer Verbindungen

Wenn die zu fördernden Güter heiß sind, kann die Wärmeübertragung eines metallischen Verbindungselementes ein Grund für die Entscheidung zugunsten einer vulkanisierten Verbindung darstellen. Wenn die Materialtemperatur 121 °C übersteigt, kann die Wärmemenge, die durch die metallischen Verbindungselemente in die Karkasse übertragen wird, deren Fasern schwächen, so dass letztlich das Verbindungselement herausgerissen wird. Für derartige Anwendungen wäre eine vulkanisierte Verbindung besser.

Werden Verbindungselemente nicht regelmäßig kontrolliert, können die sich daraus ergebenden Ausfälle zu schwerwiegendem Gurtschaden führen. Wenn sich die Verbindungselemente über einen Teil der Verbindung hinweg herauslösen, kann dies zu Längsrissen am Band führen. Wenn der Fördergurt und die Verbindungselemente sorgfältig ausgewählt worden sind, dann ist die Ursache für das Herauslösen normalerweise bei ungenügend festsitzenden Schrauben oder verschlissenen

Haken oder Platten zu suchen. Mechanische Plattenverbinder erlauben normalerweise den Ersatz von einzelnen Platten, wobei hier das Herausschneiden und der Ersatz der gesamten Verbindungsstelle nicht notwendig sind, sofern die einzelne beschädigte Platte sofort nach Feststellung des Schadens ersetzt wird.

Die Verwendung der falschen Größe oder falschen Art mechanischer Verbinder kann die Belastungsfähigkeit des Bandes in Bezug auf Spannung sehr mindern. Die zusätzliche Dicke einer nicht richtig versenkten mechanischen Verbindung oder deren falsche Spezifikation macht die Abdichtung des Übergabepunktes fast unmöglich. Überdimensionierte Verbindungen, die aufgrund ihrer Dicken einen Übergabebereich nicht ordnungsgemäß passieren können, können sich an der Verschleißauskleidung oder der Einhausung verfangen und dadurch eine Beschädigung der Verbindung verursachen. Diese Verbindungsprobleme führen manchmal dazu, dass die Verschleißauskleidung und Einfassung höher über dem Fördergurt stehen müssen, wodurch mehr Material das Kantenabdichtsystem erreicht. Dies wiederum führt zu beschleunigtem



SICHERHEITRELEVANTE FRAGEN

Ungeschulte Mitarbeiter sollten keine Geräte zur Herstellung von vulkanisierten oder mechanischen Gurtverbindungen anwenden; sie laufen die Gefahr einer Verletzung und die erstellte Gurtverbindung wird oft mangelhaft. Ein bedeutendes Risiko bei einer unsachgemäß ausgeführten Gurtverbindung ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Verbindung unter der bei Betriebsbedingungen aufgetragenen Spannung versagt. Das Versagen der Verbindung kann zu Personen- und Geräteschaden führen.

Bei der Benutzung der Verbindungsgeräten oder -chemikalien sollten vor dem Beginn der Arbeiten Kontrollen durchgeführt und die Anweisungen des Herstellers befolgt werden. Alle Chemikalien, einschließlich Lösungsmittel, Vorstreichgründe und Klebstoffe sollten in Übereinstimmung mit den Herstelleranweisungen richtig gehandhabt und gelagert werden, wobei hier die Lagerfähigkeit besonders zu beachten ist.

Es ist angemessene Schutzkleidung zu tragen, einschließlich geeigneter Handschuhe

und Augenschutz. Der Arbeitsbereich muss ausreichend belüftet sein.

Zum Schneiden des Gummis und zur Vorbereitung der Verbindungsstelle werden scharfe Handwerkzeuge und Schleifmaschinen benutzt: Sie stellen für die Mitarbeiter Gefahr der Schnitt- und Schürfverletzungen dar.

Gurtverbindungen werden oft unter gefährlichen Bedingungen angebracht, wie z. B. unter Tage, in geneigten oder erhöhten Lagen oder in Bereichen mit eingeschränktem Zugang. Wie immer ist die Durchführung ordnungsgemäßer Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout) und Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) erforderlich. Richtiges Blockieren durch Fixierung des Fördergurts am Traggerüst der Förderanlage ist notwendig, um jede Bewegung des Fördergurts zu verhindern. Die für die bestimmte Größe und das Gewicht des zu spleißenden Gurtes konzipierten Klemmvorrichtungen sollten bei namhaften Lieferanten beschafft werden.

Verschleiß und Ablaufverlusten. Oft sind die bei der Verbindung verwendeten Verbindungselemente nicht richtig abgedeckt worden und die hervorstehenden Nieten oder Schrauben können sich an anderen Komponenten wie z. B. Einfassungsabdichtsystemen oder Fördergurtreinigern verfangen.

Bei den meisten mechanischen Verbindungen kann immer eine kleine Menge des Förderguts durch die Verbindungsstelle durchfallen. Dieses Material fällt entlang der Förderstrecke des Fördersystems herab, was zu Reinigungsproblemen und zu potentiellen Schäden an Gurttrollen, Trommeln und anderen Einbauten des Fördersystems führt. In einer gut hergestellten Verbindungsstelle mit Plattenverbindungselementen treten kaum Materialleckagen auf. Die Scharnierverbindungselemente sind alle mit dem Problem behaftet, dass feine Materialien durch die Verbindungsstelle hindurchrieseln. Dieses Problem ist mit vulkanisierten Verbindungen zu eliminieren.

Während die V-förmige Verbindung große Festigkeiten aufweist, kostet sie trotzdem Geld. Zu ihrer Fertigstellung können bis zu 3 m Fördergurt erforderlich sein. Das ist sicher viel, wenn man den hohen Preis des Fördergurts bedenkt.

Mechanische Verbindungen werden bei Bändern mit Textileinlage sowohl zur Endlosverschleifung als auch zur Reparatur von Rissen und Löchern oft verwendet. Für Fördergurte mit Stahleinlagen können diese jedoch nur für provisorische Reparaturen verwendet werden.

SICHERE GESTALTUNG DER VERBINDUNGEN

Sowohl mechanische als auch vulkanisierte Verbindungen müssen in Bezug auf die zu erwartenden Gurtspannungen mit einkalkulierten Sicherheitsfaktoren gestaltet werden. Diese Gestaltungsfaktoren für mechanische Verbinder sind in die Auswahltabellen der Hersteller beschrieben. Vulkanisierte Verbindungen für Hochleistungsfördergurte mit Stahleinlage werden oft individuell vom Fördergurthersteller oder Berater gestaltet. Wenn die Verbindung nicht an den Fördergurt abgestimmt wird, wenn die richtige Instandhaltung nicht gewährleistet ist oder wenn die entsprechenden Sicherheitsfaktoren nicht berücksichtigt werden, kann dies katastrophales Versagen der Verbinder zur Folge haben, was zu Todesfällen, Verletzungen, Produktionsausfällen und Geräteschäden führen kann.

WARTUNGS- UND MONTAGESTATIONEN

Einige Betriebe richten so genannte Gurt-Verbindungsstationen entlang der Förderanlage ein. Hier werden Werkzeuge sowie Geräte gelagert und die Räumlichkeiten wie auch Arbeitsflächen sind für die Montage der Verbindungen verfügbar. An diesen Stellen kann auch ein neuer Fördergurt auf die Förderanlage aufgezogen werden.

Eine Verbindungsstation sollte dort gelegen sein, wo genügend Platz zur Verfügung steht, idealerweise mit Arbeitsplatz auf beiden Seiten der Förderanlage. Die Station sollte den Fördergurt vor klimatischen Einflüssen und vor entweichendem Material schützen. Die Stelle sollte dort, wo die Verbindung durchgeführt wird, einen fortlaufenden freien Bereich von mindestens fünf Fördergurtbreiten auf beiden Seiten entlang der Förderanlage aufweisen. Es sollten auch Strom und Anschlussmöglichkeiten für Handwerkzeug verfügbar sein.

KONTROLLE UND ÜBERWACHUNG

Kontrolle und Wartung von Verbindungen

Wenn schraubbare Verbindungselemente verwendet werden, müssen die Platten richtig festgezogen sein. Dies wird am einfachsten dadurch erreicht, dass die Schraube so festgezogen wird, dass der Gummi hinter der Platte leicht hervorquillt. Es ist darauf zu achten, dass sie aber nicht zu fest angezogen und die Platten nicht in der äußeren Lage des Fördergurts „vergraben“ werden, da dies zu einer Beschädigung der einzelnen Lagen des Gurtmaterials führen kann. Die Hersteller empfehlen im Allgemeinen ein Nachziehen der Schrauben der Verbindungselemente nach den ersten Betriebsstunden, dann nochmals nach den ersten Tagen des Betriebs und danach in Intervallen von zwei oder drei Betriebsmonaten.

Verbindungen sollten normalerweise wöchentlich kontrolliert werden, wobei die abgenutzten Verbindungselemente zu ersetzen sind. Dabei ist auf kreuzweise Rissbildung auf der Rückseite der Verbindungselemente und auf ausgerissene Verbindungselemente zu achten.

Überwachungssysteme für Verbindungen

Neuerdings stehen Techniken zur Verfügung, die eine Ferndiagnose der Verbindungen durch Messung einer eventuell auftretenden Dehnung

der Verbindung ermöglichen. Diese Systeme beruhen auf dem Prinzip, dass eine Längendehnung der Verbindung ein Hinweis auf einen bevorstehenden Ausfall ist. Bei vulkanisierten Fördergurten wird das System durch das Einbringen kleiner magnetischer Elemente als Überwachungsmarken auf beiden Seiten der Verbindung in vorgegebenem Abstand in den Gurt installiert. Wenn mechanische Verbinder verwendet werden, können diese auch als Überwachungsmarken dienen. Jedes Mal wenn eine Verbindung an der Scann-Vorrichtung vorbeikommt, misst das System die Entfernung zwischen den jeweils zugehörigen Überwachungsmarken. Wenn dieser gemessene Abstand außerhalb der festgelegten Toleranzen liegt, wird entweder das Band abgeschaltet oder es wird ein Alarm ausgelöst, so dass das zuständige Personal die Verbindung überprüfen kann. Außerdem kann das System schwerwiegende Schäden an Verbindern feststellen, die dann ersetzt werden müssen.

REFERENZEN

- 5.1 Alle Hersteller und die meisten Vertrieber von Fördergurten bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte als auch über Förderbänder im Allgemeinen.
- 5.2 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 5.3 Die Website <http://www.conveyorbeltguide.com> ist eine wertvolle, nichtkommerzielle Informationsquelle über Fördergurte

DIE WICHTIGKEIT DER VERBINDUNGEN

Zum Abschluss...

Ob vulkanisiert oder mit mechanischen Verbindern realisiert, ist eine richtig gestaltete, korrekt hergestellte und gewartete Verbindung für den erfolgreichen Betrieb einer Förderanlage entscheidend. Die unsachgemäße Anbringung einer Verbindung verkürzt die Lebensdauer des Bandes und bringt den Betriebsplan der Förderanlage durcheinander. Sorgfalt bei der Anbringung der richtigen Verbindung in der richtigen Art und Weise ist für die ganze Anlage von Vorteil. Man könnte das auch so ausdrücken: „Wenn Du keine Zeit hast, es richtig zu machen, woher wirst Du dann die Zeit nehmen, um es noch mal zu machen?“

Vorausblick...

Dieses Kapitel „Gurtverbindung“ schildert, wie eine verspätet oder unsachgemäß ausgeführte Verbindung zu Fördergutverlusten führen kann und es schließt den Abschnitt über die Grundlagen der sicheren Schüttguthandhabung ab. Das folgende Kapitel beginnt mit dem Abschnitt über „Das Beladen des Bandes“ und befasst sich mit dem Bereich vor der Ladezone, in dem Kehrtrommeln und Übergangspunkte betrachtet werden.

ABSCHNITT 2

DAS BELADEN DES BANDES

• Kapitel 6	76
VOR DER BELADEZONE	
• Kapitel 7	90
LUFTKONTROLLE	
• Kapitel 8	100
KONVENTIONELLE ÜBERGABESCHURREN	
• Kapitel 9	116
MATERIALFLUSS-HILFSMITTEL	
• Kapitel 10	130
GURTUNTERSTÜTZUNG	
• Kapitel 11	152
EINHAUSUNGEN	
• Kapitel 12	170
VERSCHLEISSAUSKLEIDUNGEN	
• Kapitel 13	180
KANTENABDICHTSYSTEME	

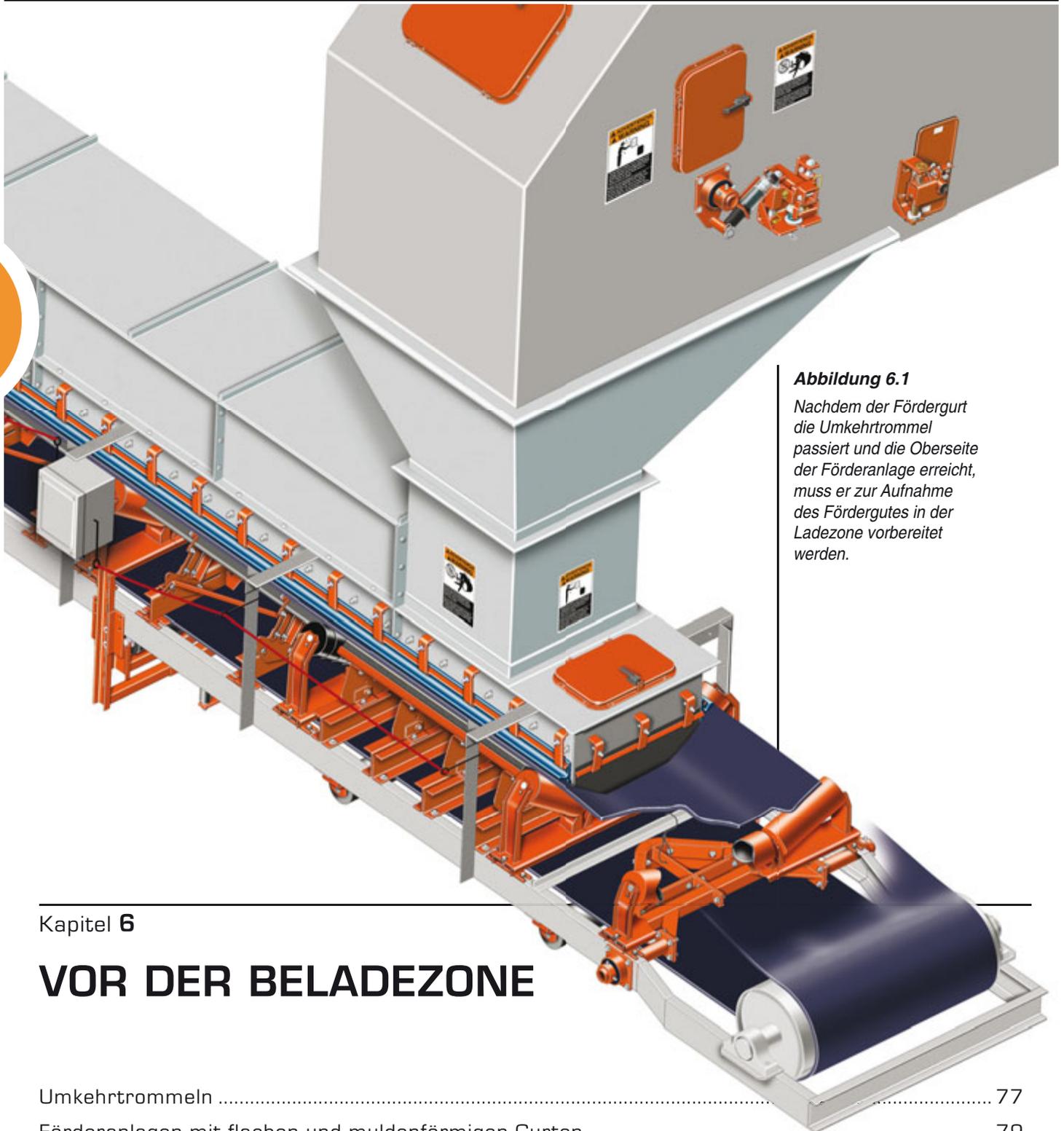


Abbildung 6.1
 Nachdem der Fördergurt die Umkehrtrommel passiert und die Oberseite der Förderanlage erreicht, muss er zur Aufnahme des Fördergutes in der Ladezone vorbereitet werden.

Kapitel 6

VOR DER BELADEZONE

Umkehrtrommeln	77
Förderanlagen mit flachen und muldenförmigen Gurten	79
Muldenbildung	81
Abdichtung des Eintrittsbereiches	85
Typische Spezifikationen	87
Weiterführende Themen	88
Schützen Sie den Heckbereich!.....	89

In diesem Kapitel...

Bevor ein Förderband beladen werden kann, muss es in die Form gebracht werden, in der die Schüttgüter zu transportieren sind. Dieses Kapitel befasst sich mit Übergangsbereichen zwischen den Endtrommeln und den ersten vollständig gemuldeten Gurtrollen, mit der Art und Weise, wie ein Fördergurt zu einer Muldung geformt wird und mit der Bedeutung der Einhaltung einer angemessenen Übergangsstrecke zur Veränderung der Form des Fördergurts. Hier werden auch Kehrtrommeln besprochen, speziell die richtige Trommelkonfiguration und deren Positionierung. Berücksichtigt wurden auch Techniken zur Verhinderung von Materialabgang am hinteren Ende der Förderanlage.

Am Ende der Rücklaufstrecke passiert der Fördergurt die Kehrtrommel und kommt auf die Oberseite (Tragseite). Ab hier muss der Fördergurt für den Eintritt in die Beladezone vorbereitet werden (**Abbildung 6.1**). Dazu gehören die Laufstabilisierung des Gurtes, die Zentrierung des Fördergurts auf dem Traggerüst, die Ausformung des gewünschten Gurtprofils für den Förderguttransport und die Abdichtung der Rückseite sowie der Kanten des Beschickungsbereichs zur Vermeidung von Materialverschüttungen.

Diese Aufgaben müssen sorgfältig durchgeführt werden, um Materialverluste zu vermeiden, die sowohl im Übergangsbereich als auch in der anschließenden Förderstrecke stattfinden können. Darüber hinaus wirken sie sich auch auf die Lebensdauer der Komponenten der Förderanlage und auf ihre gesamte Produktivität.

In vielen Betrieben ist gerade der Übergangsbereich kritisch für die Materialverluste und für die Arbeitsunfälle. In diesem Kapitel werden die Methoden zur richtigen Gestaltung des Querprofils des Bandes besprochen, mit ihrem Übergang von flach zu gemuldet und wieder zurück zu flach am Abwurfende, ohne dass die Materialverluste und zusätzliches Risiko für die Mitarbeiter steigen.

UMKEHRTROMMELN

Zentrieren des Fördergurts

Die mittige Lage des Fördergurts auf der Laufstrecke ist entscheidend. Wenn der Fördergurt bei der Materialaufnahme nicht genau mittig positioniert ist, werden die bei der Beladung auftretenden Kräfte den Gurtversatz erhöhen und Folgeprobleme auf der Tragseite der Förderanlage hervorrufen.

Der Bereich zwischen der Trommel und dem Beschickungsbereich ist zu kurz und am Fördergurt liegt zu viel Spannung an, um den Gurtschieflauf an dieser Stelle zu korrigieren. Deshalb werden Gurtzentrier- vorrichtungen am Rücklauf der Förderanlage installiert, so dass beim Passieren der Kehrtrommel die mittige Positionierung gewährleistet ist. Wenn der Fördergurt erst zwischen der Kehrtrommel und dem Beschickungsbereich schief läuft, dann ist wahrscheinlich die Trommel nicht richtig ausgerichtet. Wenn die Kehrtrommel gerade steht und Führungseinrichtungen installiert sind, sollte der Fördergurt im Beschickungsbereich mittig laufen. (Siehe Kapitel 16: „Gurtausrichtung“)

Umkehrtrommeln: mit Flügel und mit Wicklung

Zur Reduzierung des Risikos eines durch Einschluss von Materialbrocken zwischen Fördergurt und der Trommel verursachten Gurtschadens werden oft als Flügeltrommeln ausgebildete Umkehrtrommeln eingesetzt. Flügeltrommeln sind mit Flügeln ausgestattet, ähnlich dem Schaufelrad eines Raddampfers (**Abbildung 6.2**). Bei dieser Ausführung kann das sonst zwischen der Oberfläche der vollflächigen Trommel und dem Band eingeschlossene Material zwischen den Flügeln entweichen. Zwischen den Trommelflügeln liegen geneigte, talförmige Taschen in die das zwischen der Umkehrtrommel und dem Untertrum gefangene feine oder körnige Material hineinfallen kann. Diese Vertiefungen haben eine selbstreinigende Wirkung durch die geringe Oberfläche, auf der sich Material ansammeln kann, so dass dieses Material durch die Rotation der Trommel abgeworfen wird (**Abbildung 6.3**). Wenn etwas Material auf das Untertrum abläuft, dient die Flügeltrommel zur Entfernung dieses Materials, obwohl die ordnungsgemäße Abdichtung des Fördergurts



Abbildung 6.2

Flügeltrommeln haben Flügel, wie das Schaufelrad eines Raddampfers.

im Beschickungsbereich und die Montage eines Schutzabstreifers für die Trommel die zu bevorzugende Lösung für diese Erscheinung wäre.

Flügeltrommeln findet man auch bei Schwerkraft-Spannvorrichtungen, wo sie mit denselben Vor- und Nachteilen eingesetzt werden.

Trotz ihrer gestalterisch beabsichtigten Wirkung ist der gewünschte Schutz oft nicht gegeben, weil sich an Kehrtrommeln in Flügel-Bauart immer noch Material aufbaut und es zu Materialeinschlüssen kommt. Am erfolgreichsten werden die Flügeltrommeln auf langsam laufenden Bändern eingesetzt, bei denen die Reinigung und Abdichtung keine wesentliche Rolle spielen. Größere Materialbrocken können sich in den „Flügeln“ der Trommel verkeilen, wodurch eventuell genau der Schaden verursacht wird, der durch den Einsatz dieser Trommeln vermieden werden sollte (**Abbildung 6.4**).

Kehrtrommeln in Flügel-Bauart mit weniger als dem vom Hersteller empfohlenen Mindestbiegeradius können Schäden an der Karkasse des Förderbandes verursachen.

Der wesentlichste Nachteil von Flügeltrommeln ist die oszillierende Bewegung, die sie auf den Lauf des Bandes übertragen. Die Flügel auf der Trommel führen zu einer pulsierenden Bewegung, die den Lauf des Bandes destabilisiert und sich auf das Gurtabdichtsystem negativ auswirkt. Es ist kontraproduktiv, wenn man bei der Gestaltung eines Übergabepunktes viel Wert auf Gurtstabilität zur Vermeidung von Materialablauf legt und dann eine Umkehrtrommel in Flügel-Bauart installiert, durch die dem System eine instabile Komponente beifügt wird. Der CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association) empfiehlt, die Flügeltrommeln, die sich schneller als 2,25 m/s bewegen, für Förderbänder nicht zu verwenden.

Eine bessere Wahl als die konventionelle Kehrtrommel in Flügel-Bauart ist eine Kehrtrommel mit Spiralwicklung (**Abbildung 6.5**). Diese Wicklung besteht aus zwei Stahlbandspiralen, die um die Flügel gegenläufig gewickelt werden, und die sich, von der Außenkante der Trommel ausgehend, in ihrer Mitte treffen. Sie bewahrt die selbstreinigende Funktion, aber gleichzeitig beseitigt die auf das Band übertragene „Hüpf“-Wirkung.

Mit Spiralwicklung versehene Flügeltrommeln werden manchmal auf neuen Förder-systemen als Original-Bauteil eingebaut. Vorhandene Flügeltrommeln können mit schmalen, 50 bis 75 mm breiten Streifen nachgerüstet werden, die an den Außenkanten der Flügel umlaufend angeschweißt werden (**Abbildung 6.6**).

Die beste Lösung gegen Materialansammlungen an Umkehrtrommeln ist die Verwendung einer ebenen Vollmantel -Stahltrommel,

Abbildung 6.3

Die Taschen der Flügeltrommel dienen dem Auswurf von Materialanhäufungen.



Abbildung 6.4

In den Taschen der Flügeltrommel können sich Materialbrocken verfangen.

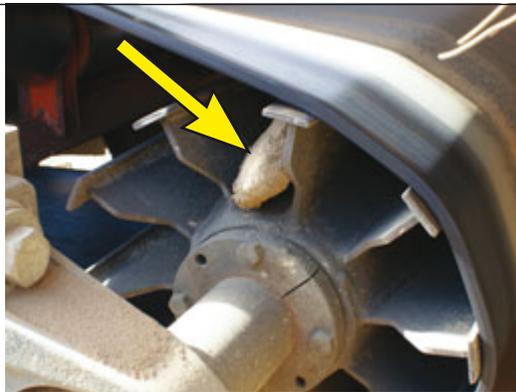


Abbildung 6.5

Flügeltrommel mit Wicklungen beseitigen die Vibrationen, während sie weiterhin der Materialansammlung entgegenwirken.

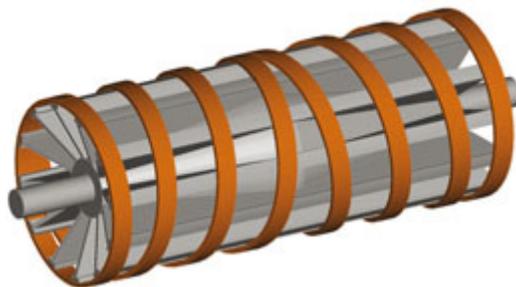


Abbildung 6.6

Ein spiralförmig um die Trommel gewickeltes Stahlband kann einige der Probleme der Flügeltrommel beseitigen.



geschützt durch eine direkt vor der Trommel angeordnete Reinigungseinheit (**Abbildung 6.7**). Dieser Diagonal- oder V-förmige Pflugabstreifer sollte genau vor der Umkehrtrommel auf der nichttragenden Seite des Fördergurts angeordnet werden, um das auf der Bandinnenseite aufliegende Material zu entfernen. (Siehe Kapitel 15: „Schutzabstreifer für die Trommel“)

Ballige Trommeln

Eine Trommel mit ebener Lauffläche hat über die gesamte Arbeitsoberfläche hinweg denselben Durchmesser. Bei einer Trommel mit balliger Oberfläche ändert sich der Durchmesser von den Außenkanten zur Mitte hin, wobei der Durchmesser in der Mitte etwas größer als an den Kanten ist (**Abbildung 6.8**).

Ballige Trommeln werden manchmal am Umlaufende von Förderanlagen verwendet, da eine ballige Arbeitsoberfläche nach landläufiger Meinung die Spurführung des Fördergurts beim Eintritt in den Beschickungsbereich verbessert. Dies trifft jedoch nicht immer zu und es kommt vor, dass die ballige Arbeitsoberfläche der Trommel den Fördergurt beschädigen kann.

Trommeln mit balliger Lauffläche sollten nie in den mit hoher Spannung beaufschlagten Bereichen des Fördergurts verwendet werden. Dies trifft normalerweise auf die angetriebene Trommel zu. Die Antriebstrommel kann am Kopfe, am hinteren Ende oder bei Mittelantrieb an einer beliebigen Stelle entlang des Untertrums der Förderanlage angeordnet sein. In diesen Hochspannungsbereichen bewirkt der größere Durchmesser in der Mitte der Trommel den Eintrag weiterer, zusätzlicher Spannung in das Mittelstück des Fördergurts und kann zu Schäden an der Karkasse und an der Ummanntelung der Trommel führen. Hierbei gilt die Ausnahme, dass wenn die Nennspannung des Fördergurts 35 kN/m oder weniger beträgt, dann kann eine ballige Trommel an beliebiger Stelle des Systems verwendet werden.

In Bereichen mit niedrigeren Spannungen können Trommeln mit balliger Lauffläche einen geringfügigen Einfluss auf die Gurtführung haben. Wenn jedoch am Fördergurt ernsthafte Probleme auftreten, wie z. B. Napfbildung, Auswölbung des Bandes oder Schäden durch Rollenübergangstoß, dann hat die Balligkeit der Trommel keinerlei Einfluss mehr auf die Spurführung des Bandes. Die beste Lösung bleibt immer noch, die Ursache für den Gurtschieflauf festzustellen und das Problem zu beheben. (Siehe Kapitel 16: „Gurtausrichtung“)

Ballige Trommeln verursachen auch Probleme mit Fördergurtreinigern, die an der Arbeitsfläche der Abwurf trommeln montiert sind.

FÖRDERANLAGEN MIT FLACHEN UND MULDENFÖRMIGEN GURTEN

Flachgurte

Viele Schüttgüter können auf Flachgurten transportiert werden. Flachgurte werden besonders oft für Materialien mit steilem Schüttwinkel verwendet, d. h. wenn der Winkel des Schüttkegels, der bei frei herabfallender Materialmenge entsteht, steil verläuft. Materialien mit Schüttwinkeln über 30° eignen sich für Flachgurte und reichen von unregelmäßigen, körnigen oder klumpigen Stoffen wie Kohle, Gestein und Erz bis hin zu sperrigen Gütern, die normalerweise unregelmäßig geformt, strähnig, faserig sind und die sich ineinander verfangen, wie z. B. Holzschnitzel und Rinde (**Abbildung 6.9**). Wenn bei Materialien mit einem niedrigen Schüttwinkel derselbe Kantenabstand (Gurtbreite) beibehalten wird, dann reduziert sich das Volumen des transportierten Materials. Deshalb wird für Materialien mit einem niedrigen Schüttwinkel ein muldenförmig geformter Fördergurt verwendet.

Flachgurte sind besonders effektiv, wenn das Material oder ein Teil der Ladung mittels Pflugabstreifer oder Umlenklechen an Zwischenstationen abgeworfen werden soll.

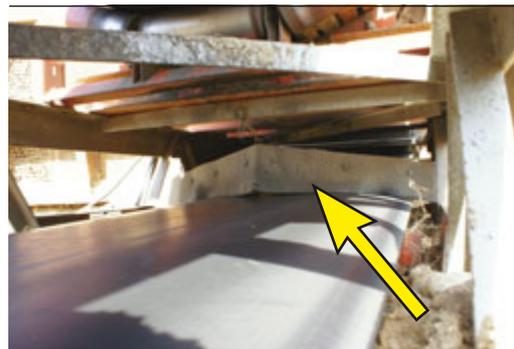


Abbildung 6.7

Vor der Trommel wird ein Pflugabstreifer platziert, um die Trommel vor Materialbrocken zu schützen.

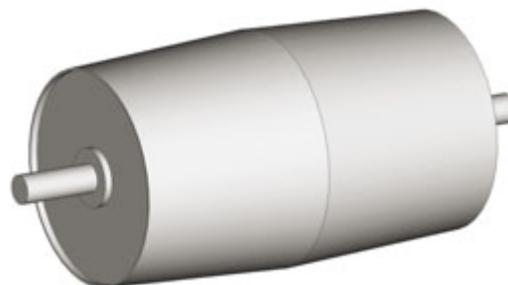


Abbildung 6.8

Eine ballige Trommel ist in der Mitte etwas größer als an den Kanten.

Bei Beschickungsförderern kommen fast ausschließlich Flachgurte zum Einsatz, weil die Aufgabebereitungen im Allgemeinen sehr kurz sind. Sie müssen auch in Anordnungen hineinpassen, wo zur Muldenformung wenig Raum zur Verfügung steht. Aufgabebereitungen werden normalerweise mit sehr hohen Lasten beaufschlagt und sind mit Schwerlast-Gurtrollen versehen. Bei vielen Aufgabebereitungen kann die Laufrichtung des Bandes umgekehrt werden. Um große Materialmengen bewegen zu können, werden Aufgabebänder mit hoher Gurtspannung betrieben, was wiederum die Muldung des Fördergurts problematisch macht. Die hohe Überkopf-Drucklast erschwert außerdem die Abdichtung bei Aufgabebändern. Dieses Problem kann durch

großzügige Kantenabstände und langsamere Geschwindigkeiten überwunden werden. Das ermöglicht die Kontrolle des Materialabgangs der Aufgabebänder. Oft sind diese Fördergurte entlang ihrer vollen Länge mit einer Einhausung und einem Abdichtsystem ausgerüstet. Andere Aufgabebänder sind mit doppelwandigen Schurren versehen, bei welchen zwischen der mit einer Verschleißauskleidung versehenen inneren Schurrenwandung und der mit der Kantendichtung des Fördergurts versehenen äußeren Schurrenwandung ein Zwischenraum besteht (**Abbildung 6.10**).

Flachgurte benötigen keine Übergangsbereiche und leiden nicht unter den bei der Muldung von Bändern auftretenden Unzulänglichkeiten. Die meisten anderen in diesem Buch erwähnten Sachverhalte und Probleme in Bezug auf Fördersysteme gelten aber auch für Flachgurtförderanlagen.

Muldenförmige Förderanlagen

Für die meisten Materialien und die meisten Förderanlagen bietet die Muldenbildung den Vorteil einer großzügigen Erhöhung der Transportkapazität des Bandes (**Abbildung 6.11**).

Typische Muldungswinkel

In Europa betragen die üblichen Muldungswinkel 20°, 30° und 40°. In Nordamerika sind Muldungswinkel von 20°, 35° und 45° üblich (**Abbildung 6.12**). Man kann jedoch wegen der ständig wachsenden Globalisierung der Weltwirtschaft Förderanlagen mit allen möglichen Muldungswinkeln an jedem Standort rund um die Welt finden. Früher war die Muldung mit 20° normal, aber aufgrund der verbesserten Fördergurtkonstruktionen, die eine größere Biegung des Bandes ohne vorzeitigen Ausfall erlauben, werden tiefere Muldungen immer populärer. In einigen speziellen Anwendungen, wie dem Hochleistungsbergbau, werden Girlandentragrollen mit einer Muldung von 60° verwendet, um Materialablauf und Schäden durch Stoßwirkung zu vermindern.

Für längere Hochgeschwindigkeitsförderanlagen kann die Verwendung eines dicken, oft mit Stahlseilen in der Karkasse verstärkten Gurtes erforderlich sein. Dies führt dazu, dass diese Fördergurte weniger zur Muldung geeignet sind. Wegen der geringeren Biegung und der daraus resultierenden Reduzierung der Spannung im Gurt, kann für eine 20° - Muldung das aller dickste Fördergurt verwendet werden, wodurch der Transport der schwersten Güter und der größten Brocken ermöglicht wird.

Abbildung 6.9

Materialien mit einem hohen Schüttwinkel können auf Flachgurten transportiert werden. Bei Materialien mit einem niedrigen Schüttwinkel würde der Transport desselben Materialvolumens zu Materialablauf vom Band führen; deshalb muss das Band für Materialien mit einem niedrigen Schüttwinkel muldenförmig geformt sein.

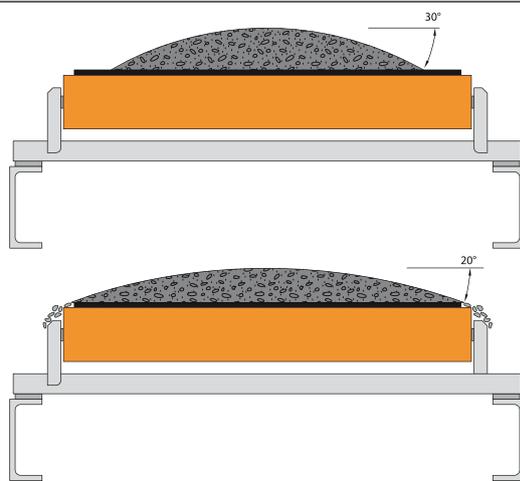


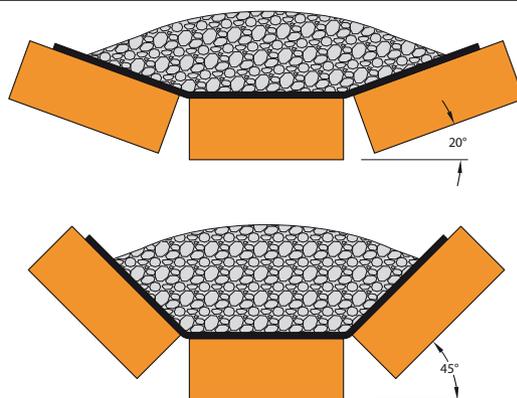
Abbildung 6.10

Einige Bandaufgaben sind mit doppelter Wandung versehen, mit einem Zwischenraum zwischen der Verschleißauskleidung und der äußeren Schurrenwandung.



Abbildung 6.11

Formen des Fördergurts zu einer Muldung steigert generell die Kapazität der Förderanlage.



Muldungswinkel steiler als 20° werden normalerweise vorgeschrieben, wenn das Material einen niedrigen Schüttwinkel hat. Höhere Muldungswinkel sind für einen breiten Anwendungsbereich geeignet. Sie funktionieren am besten, wenn für die bestehenden Anforderungen entsprechende Toleranzen berücksichtigt werden, wie z. B. für Beschränkungen in Bezug auf die Übergangsstrecke und auf den für die Kantenabdichtung erforderlichen freiliegenden Kantenabstand.

Während sie den Vorteil der größeren Kapazität bieten, unterliegen gemuldete Bänder auch einigen Beschränkungen. Ein Problem, das zu Schwierigkeiten führen kann, wenn es nicht bei der Planung der Förderanlage und bei der Auswahl des Fördergurts berücksichtigt wurde, stellt die zur Vermeidung von Spannungen an den Gurtkanten notwendige längere Übergangsstrecke dar. Andere Nachteile der steileren Muldungswinkel sind die größere Anfälligkeit für Windeinwirkung und ein höheres Potential für Gurtbeschädigung.

Die Muldung des Fördergurts bietet normalerweise einen positiven Beitrag für die Gurtführung. Ein weiterer Vorteil eines muldenförmigen Gurtes ist die verbesserte Haltefähigkeit für das Material in Folge reduzierten Materialverlustes an den Kanten und durch Wind.

Allgemein gesagt, wird die Auswahl des Muldungswinkels bei einer Förderanlage in den meisten Fällen durch die Notwendigkeit der Verwendung des preiswertesten und daher des schmalsten Fördergurts für den Transport der geforderten Tonnagen bestimmt.

MULDENBILDUNG

Übergang

Auf einer typischen Förderanlage wird der Fördergurt für die Transportphase mit einer Muldung versehen und für die Rücklaufphase wieder in eine flache Form überführt. Folglich muss der Fördergurt an einer Endtrommel (am Kopfende oder am Umlaufende) von einer flachen in eine gemuldete oder von einer gemuldeten zurück in eine flache Form überführt werden. Diese Änderung des Fördergurtprofils wird üblicherweise als der Übergang bezeichnet (**Abbildung 6.13**). Es gibt Übergänge am Umlaufende (Beladung), am Kopfende (Entladung) und auch in anderen Bereichen der Förderanlage, wie z. B. an einem Bandschleifenwagen.

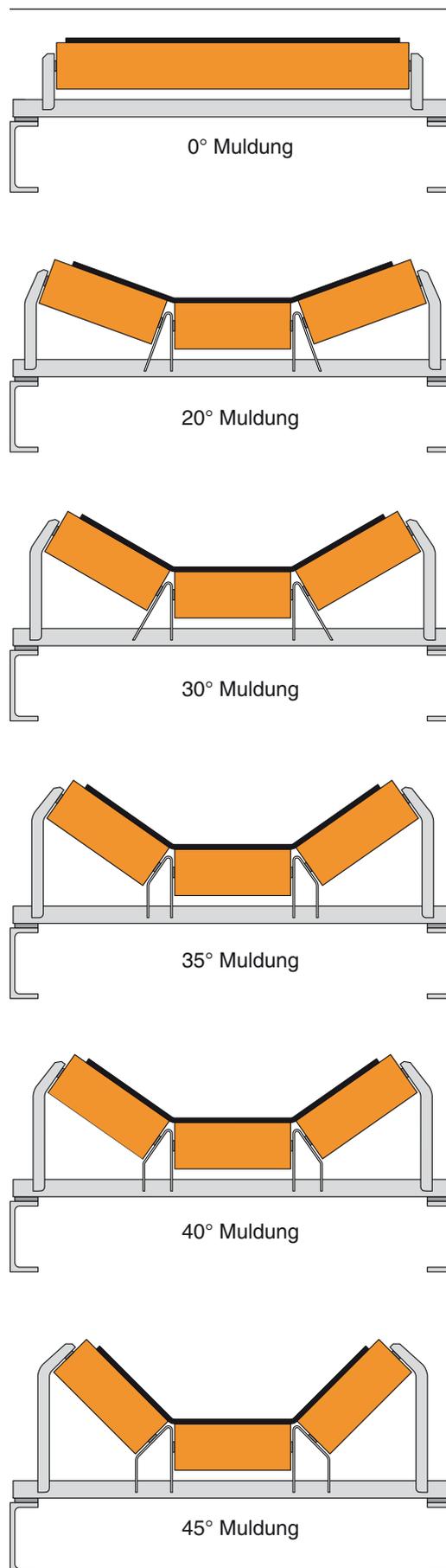


Abbildung 6.12

Die üblichen Muldungswinkel variieren rund um die Welt.

Der Abstand von der Mittelachse der Endtrommel zur ersten, vollständig gemuldeten Gurtrolle wird als die Übergangsstrecke bezeichnet. Dieser Bereich beinhaltet für den Fördergurt ein größeres potentielles Risiko als jeder andere Bereich der Förderanlage. Beim Übergang von einem Flachgurt zu einem vollständig muldenförmigen Profil ist die Spannung

an den Seiten des Fördergurts größer als in der Mitte. Die äußeren Drittel des Fördergurts werden weiter als das mittlere Drittel gedehnt. Dies kann dazu führen, dass die Verbindung der Gurtenden, egal ob mechanisch oder vulkanisiert, an den Kanten des Fördergurts versagt. Außerdem können sich die einzelnen Lagen des Fördergurts aufgrund dieser Spannung voneinander trennen.

Abbildung 6.13

In den Übergangsstrecken wird der Fördergurt von einer flachen Form in eine gemuldetete Form überführt (am Umlaufende), oder von einer gemuldeteten Form in eine flache Form (am Kopfende).

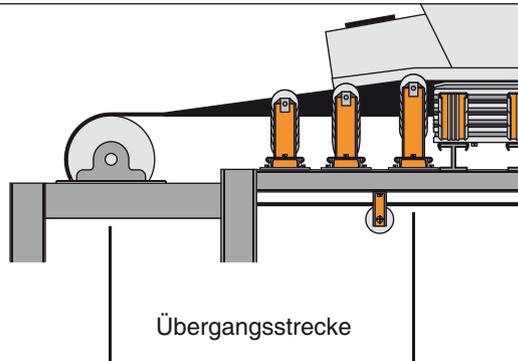


Abbildung 6.14

Eine zu kurze Übergangsstrecke kann am Übergang von der Mittelrolle zu den seitlichen Gurtrollen zur Faltenbildung führen.

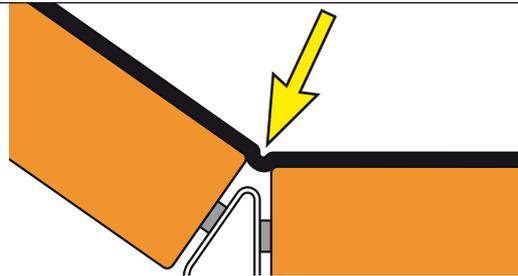


Abbildung 6.15

Der von einem Rollenübergangsstoß herrührende Schaden manifestiert sich als zwei parallele Linien oberhalb des Übergangs zwischen der Mittelrolle und den seitlichen Gurtrollen.

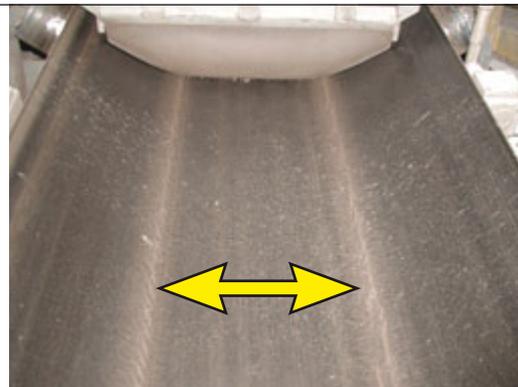


Abbildung 6.16

Ein Anzeichen eines von einem Rollenübergangsstoß herrührenden Schadens ist das Auftreten einer „W“- oder „M“-förmigen Falte oder Ausprägung am Gurt.



Die Übergangsstrecke, d. h. der für diese Änderung der Kontur des Fördergurts vorgesehene Abstand, muss an jeder Endtrommel ausreichend bemessen werden. Sonst wird der Fördergurt an den Rollenübergangsstößen äußersten Spannungen ausgesetzt werden (d. h. an den Punkten auf einem gemuldeten Rollensatz, wo die waagerechte Rolle mit den geneigten Rollen zusammentrifft). Weil das äußere Drittel des Fördergurts weiter gestreckt ist, kann sich hier im Rollenübergangsstoß eine Falte bilden, die schließlich entlang der ganzen Länge des Fördergurts reißen kann (**Abbildung 6.14**). Ebenso gilt: wenn die Elastizität der Karkasse leicht überschritten wird, dann wird das Band vielleicht nicht reißen, es wird aber überdehnt, was wiederum zu Gurtführungsproblemen führt. Ist die Übergangsstrecke zu kurz, kann ein zu großer Unterschied zwischen den Spannungen an den Kanten und der Spannung in der Mitte die Quersteifigkeit des Fördergurts übersteigen. Dies kann den Fördergurt in die Muldung hineinzwingen, so dass es sich in der Mitte verwirft oder sich in den Rollenübergangsstößen verfängt (**Abbildung 6.15**). Das erste Anzeichen eines von einem Rollenübergangsstoß herrührenden Schadens ist das Auftreten einer „W“- oder „M“-förmigen Falte oder Ausprägung im Untertrum des Fördergurts (**Abbildung 6.16**). Die durch einen zu kurzen Übergangsbereich erhöhte Kantenspannung belastet die äußeren Lager der äußeren Muldungsrollen zusätzlich und kann zu vorzeitigem Ausfall der Rollen führen.

Durch die Einhaltung der richtig bemessenen Übergangsstrecke zwischen der Trommel und dem ersten vollständig gemuldeten Rollensatz kann die Gurtspannung innerhalb sicherer Grenzen gehalten werden.

Um den Fördergurt an diesen Übergängen richtig abstützen zu können, sollten zwischen der Endtrommel und dem ersten, vollständig gemuldeten Rollensatz Gurtrollen mit kontinuierlich steigenden Winkeln verwendet werden. Diese Übergangrollen ermöglichen eine allmähliche Änderung des Fördergurtprofils, bis der richtige Muldungswinkel erreicht ist. Dadurch wird die Belastung des Fördergurts am Rollenübergangsstoß minimiert, da diese

über mehrere Gurtrollen und einen größeren Abstand hinweg verteilt worden ist.

Übergangsstrecke

Der für den Übergang eines Fördergurts erforderliche Abstand hängt vom erforderlichen Muldungsgrad, der Bandstärke, dem Aufbau des Fördergurts, der Karkassenart (Stahlseil oder Textil) und der Nennspannung des Fördergurts ab. Es ist eine Übergangsstrecke zu wählen, die mindestens den Mindestabstand für den gewählten Fördergurt aufweist.

Je schwerer die Karkasse des Bandes ist, desto mehr widersteht sie der Umformung zur Mulde und desto länger muss die Übergangsstrecke sein. Dies ist leicht zu verstehen, wenn man bedenkt, dass eine entlang der Mitte der Förderanlage ausgelegte Schnur kürzer ist, als eine an die Außenkante der Gurtrollen angelegte Schnur. Die Außenkanten des Fördergurts müssen eine weitere Strecke zurücklegen als die Mitte des Fördergurts. Je größer der Muldungs- winkel desto mehr werden die Kanten gedehnt und desto größer wird die benötigte Strecke, um diesen Winkel zu erreichen.

Die erforderliche Übergangsstrecke ist eine Funktion des Aufbaus eines Fördergurts. Wenn eine neue Förderanlage konstruiert wird, ist der Gurt so zu wählen, dass er der Material- fracht und den Kenngrößen der Förderstrecke entspricht. Die Übergangsstrecke des Systems ist dann nach den Erfordernissen der gewählten Gurtart auszulegen. Es ist jedoch wahrscheinlicher, dass es der Gurt sein wird, der - aufgrund räumlicher Beschränkungen und aus Kosten- gründen - entsprechend der Übergangsstrecke der existierenden Förderanlage ausgewählt wird. Der GurtHersteller ist in jedem Fall bei der Festlegung der empfohlenen Übergangsst- recke hinzuzuziehen.

Wenn der Fördergurt einer vorhandenen Förderanlage ersetzt werden soll, dann sollte er so ausgewählt werden, dass er für die gegebene Übergangsstrecke geeignet ist. In keinem Fall sollte ein Fördergurt auf eine Förderanlage aufgelegt werden, deren Übergangsstrecke für den jeweiligen Fördergurt zu kurz ist.

Es wird dringend empfohlen, mit dem Liefere- ranten des Fördergurts Kontakt aufzunehmen, um sicherzustellen, dass die Übergangsstrecke des vorhandenen Aufbaus mit dem Fördergurt kompatibel ist. Diagramme mit den emp- fohlenen Übergangsstrecken als Funktion der Nenngurtspannungen sowohl für Textil- als auch für Stahlseil-Fördergurte bei den verschie- denen Muldungswinkeln sind in der Literatur der Hersteller oder in der von der Conveyor Equipment Manufacturers Association heraus- gegebenen Schrift *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS*, *sechste Auflage*, zu finden.

Übergangsrollen

Je nach Abstand sollten zur Stützung des Fördergurts zwischen der Endtrommel und dem ersten vollständig gemuldeten Rollensatz eine oder mehrere Übergangsgurtrollen eingesetzt werden.

Es ist von Vorteil, wenn mehrere Übergang- rollen zur Stützung des Fördergurts eingesetzt werden, um allmählich von einem flachen Profil ausgehend eine vollständige Muldung zu erreichen (**Abbildung 6.17**). Übergangsrollen können mit verschiedenen vorgegebenen Zwi- schenwinkeln (zwischen flach und vollständig gemuldet) konstruiert werden, oder man kann sie auf verschiedene Positionen passend verstell- en (**Abbildung 6.18**). Zum Beispiel wäre es angebracht, wenn man eine 20° - Muldungs- rolle vor eine 35° - Muldungsrolle setzt und sowohl eine 20° - als auch eine 35° - Muldungs- rolle vor eine 45° Rolle. Die CEMA empfiehlt bei allen Übergangsrollen die Verwendung von Metallrollen.

Ebenso ist es auch für die Stabilität des För- dergurts und für die Abdichtbarkeit des Über- gabepunktes wichtig, dass die der Endtrommel nächstliegende Übergangsrolle so installiert wird, dass sich der höchste Punkt der Trom- mel und der höchste Punkt der Mittelrolle des Rollensatzes auf gleicher Höhe befinden. Dies wird als Übergang zur vollständigen Muldung bezeichnet.

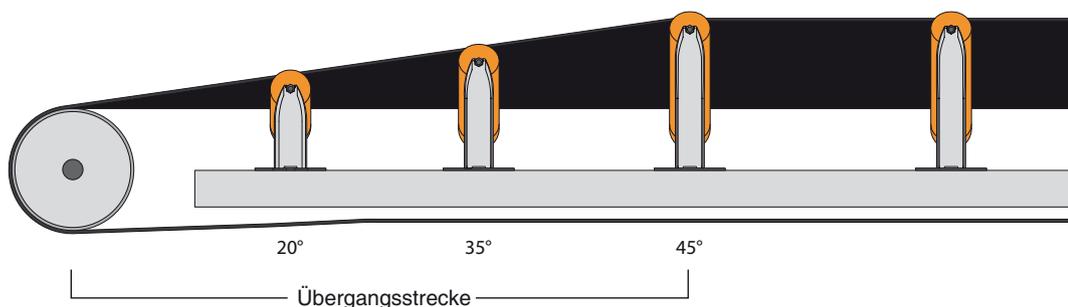


Abbildung 6.17

Zwischen der Trommel und dem ersten vollständig gemuldeten Rollensatz sollten mehrere Übergangsrollen eingebaut werden.

Halbmulden in der Umkehrtrommelhöhe

Um die erforderliche Übergangsstrecke zu verkürzen, kann der Konstrukteur der Förderanlage unter Umständen dazu verleitet werden, einen „Halbmulden“-Übergang vorzusehen, was ein Anheben der Umkehrtrommel erfordert. Durch das Anheben der Trommel, so dass deren Oberseite (wo der Fördergurt die Trommel verlässt) mit dem Mittelpunkt der seitlichen Gurtrollen fluchtet (statt auf gleicher Höhe mit dem höchsten Punkt der Mittelrolle zu liegen), kann die erforderliche Übergangsstrecke etwa halbiert werden (**Abbildung 6.19**). Diese Technik wird normalerweise zur Verkürzung der Übergangsstrecke verwendet, um ein Hindernis zu umgehen oder um ein kleines Stück Förderbandlänge einzusparen.

In der Vergangenheit ist dieser Halbmulden-Übergang von der CEMA und den Gurtherstellern als ein Ausweg zur Vermeidung übermäßiger Spannung am Übergangsstoß der Rollen während der Umformung akzeptiert worden, besonders wenn eine Förderanlage an einem beengten Standort einzupassen war. Es können sich jedoch mit diesem Halbmulden-Übergang Schwierigkeiten ergeben, wobei hier auch das Abheben des Gurtes von den Rollen im unbeladenen Zustand zu erwähnen ist (**Abbildung 6.20**). Während ein halbgeduldeter Fördergurt beladen wird, verändern die dabei auftretenden Spitzen- und Schwallbelastungen im Verlauf des Materialflusses die Lage des Gurtes und verhindern die wirksame Abdichtung des Übergabepunktes. Diese Veränderungen in der Lage des Gurtes rufen eine „Pumpwirkung“ hervor, die wie ein Ventilator wirkt und Schwebestäube hinaus bläst. Außerdem kann diese Bauart bewirken, dass sich der Fördergurt im Übergangsbereich verformt. Die Beladung des Fördergurtes in deformiertem Zustand macht eine effektive Abdichtung unmöglich und erhöht den Gurtverschleiß durch vermehrte Stoßwirkung und Abrieb auf den überhöhten Punkten des Bandes.

Die von einer Umkehrtrommel mit Halbmulden-Übergang geschaffenen Probleme zu lösen, gestaltet sich schwieriger, als dass man lediglich die Umkehrtrommel absenkt, so dass sie mit der Mittelrolle der Muldungsrollen fluchtet. Die Mindestübergangsstrecke muss

6

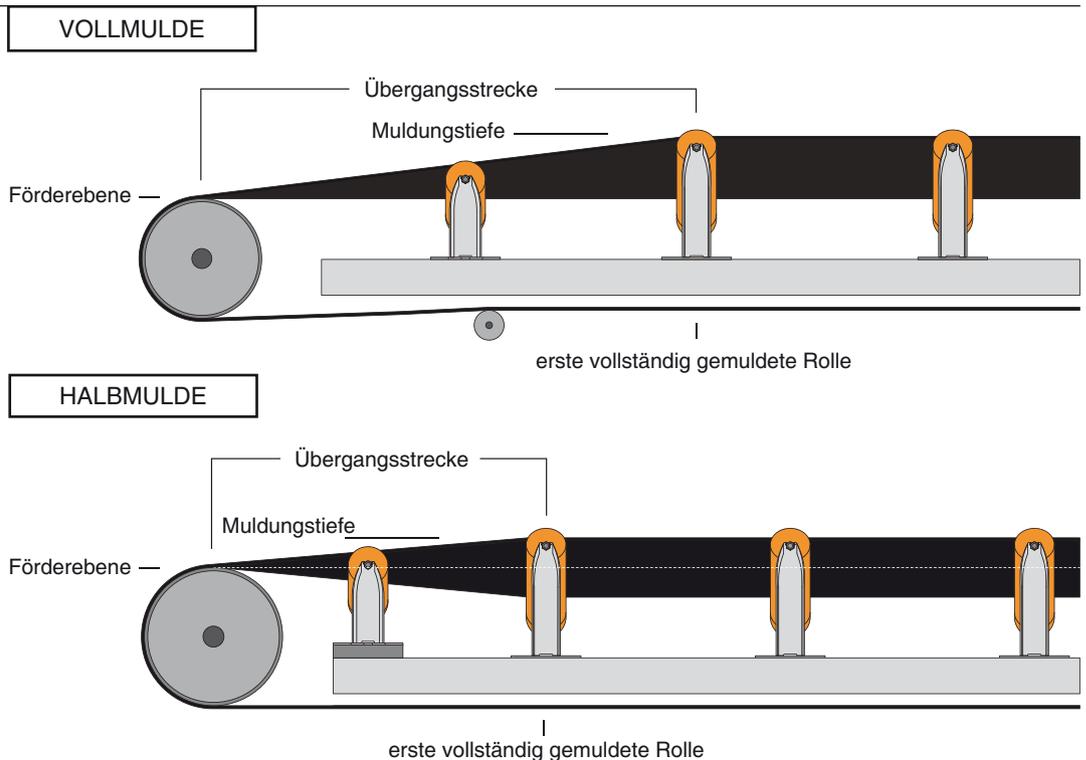
Abbildung 6.18

Manche Gurtrollenträger sind mit mehreren Montageslöchern an den seitlichen Gurtrollen ausgestattet, um deren Verwendung als Übergangsrollen zu ermöglichen.



Abbildung 6.19

Beim Halbmulden-Übergang (unten) ermöglicht die Anhebung der Umkehrtrommel (so dass deren Oberseite mit dem Mittelpunkt der seitlichen Gurtrollen fluchtet) eine Verkürzung der Übergangsstrecke. Das kann jedoch zu anderen Problemen führen.



eingehalten werden: In dem Maß, in dem die Trommel abgesenkt wird, muss sie auch weiter vom ersten vollständig gemuldeten Rollensatz weggerückt werden. Wenn dies nicht möglich ist, sind andere Modifikationen durchzuführen, wie z. B. die Verminderung des Muldungswinkels im Beschickungsbereich, um die erforderliche Übergangsstrecke zu verkürzen. Außerhalb des Beschickungsbereichs kann der Fördergurt dann in einen höheren Muldungswinkel überführt werden. Ein anderer Ansatz wäre die Gestaltung eines sich ganz allmählich ändernden Übergangsbereichs. Diese beiden Techniken werden nachfolgend in den Weiterführenden Themen erörtert.

Eine bessere Vorgehensweise, die der gegenwärtigen Empfehlung der CEMA entspricht, ist die Verwendung der Anordnung mit vollständiger Muldung, bei der die Trommel mit der Oberseite der Mittelrolle des Rollensatzes fluchtet. Dies erfordert eine längere Übergangsstrecke, aber es verbessert die Stabilität des Fördergurts beim Eintritt in die Ladezone, was naturgemäß auch die Abdichtbarkeit des Übergabepunktes optimiert.

Die Beladung im Übergangsbereich

Den Fördergurt im Übergangsbereich zu beladen ist nicht empfehlenswert und sollte vermieden werden. Die Beladung des Fördergurts sollte erst ab dem Punkt einsetzen, wo der Fördergurt schon vollständig gemuldet ist und ordnungsgemäß von einem Gleitbett oder von der Mittelrolle des ersten vollständig gemuldeten Rollensatzes abgestützt wird. Eine bessere Lösung ist die Beladung etwa 300 mm hinter dem Punkt der vollständigen Muldung, damit ein eventuell aufgrund von Turbulenzen auftretender Materialrückprall kompensiert werden kann.

Wenn die Beladung während des Muldungsübergangs stattfindet, fällt die Ladung auf eine etwas größere Fläche, die keine parallelen Seiten aufweist. Diese größere Fläche erhöht den Druck auf die seitliche Einfassung und verstärkt den Verschleiß des Bandes und der Auskleidungen, während der Fördergurt zur Mulde geformt wird. Da sich im Übergangsbereich die Kontur des Fördergurts ändert, verfügt er außerdem nicht über das zur effektiven Abdichtung erforderliche stabile Profil.

Fördergutpartikel, die gegeneinander und gegen die Wände der Schurre prallen, können hinter dem angestrebten Beladepunkt fallen. Deshalb muss die Flugbahn des Materials so gestaltet werden, dass es weit genug vor der Kehrtrommel auf das Band auftrifft, so dass der

Übergangsbereich nicht vom Material zugeschüttet wird. Die ausreichende Gurtunterstützung in der Ladezone gewährleistet, dass der Fördergurt flach bleibt, was für eine effektive Abdichtung notwendig ist.

ABDICHTUNG DES EINTRITTSBEREICHS

Abdichtsysteme

Die Abdichtung des Fördergurts beim Eintritt in den Beschickungsbereich ist oft ein Problem (**Abbildung 6.21**). Die beim Beladen auftretenden Fördergurturbulenzen können dazu führen, dass einige Partikel in Richtung zum Umlaufende hin zurückprallen oder zurückrollen. Material prallt aus dem Beschickungsbereich heraus zurück und rollt am Förderband entlang, sammelt sich auf der Trommel, den Tragrollen oder auf dem Boden nahe der Kehrtrommel.

Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, wird an der Rückseite der Beschickungsschurre ein Abdichtsystem angebracht. Normalerweise besteht diese Abdichtung aus einem Vorhang oder einer Wand aus einer Kunststoff- oder Gummiplatte (**Abbildung 6.22**). Diese Abdichtung kann jedoch ebenso viele Probleme hervorrufen, wie sie löst.

Wenn die Abdichtung am Eintritt des Fördergurts in die Schurre zu lose angebracht wird,



Abbildung 6.20

Bei Halbmulden-Übergang kann der Gurt (besonders im unbeladenen Zustand) von den Rollen abheben.



Abbildung 6.21

Die effektive Abdichtung der Rückseite der Ladezone kann ein Problem darstellen.

entkommt weiterhin Material aus der Rückseite der Ladezone, rieselt den Übergangsbereich entlang und fällt auf den Boden. Wenn ein Abdichtsystem fest genug gegen den Fördergurt andrückt, dass Leckagen aus der Rückseite der

Ladezone verhindert werden, wirkt die Abdichtung stattdessen als Fördergurtreiniger. In diesem Fall schabt die Abdichtung das gesamte, während des Rücklaufs von der Abwurftrömmel noch am Fördergurt anhaftende Material ab. Das durch diesen „Gurtreinigungseffekt“ entfernte Material sammelt sich dann an dem Punkt an, wo der Fördergurt in die Ladezone eintritt, (**Abbildung 6.23**) oder wenn die Förderanlage geneigt ist, rollt es den Gurt herunter und häuft sich am Umlaufende an (**Abbildung 6.24**).

Aufgrund des hohen Materialdruckes und der erheblichen Luftbewegung, die Staub aus dem Übergabepunkt heraus tragen kann, gestaltet sich die Abdichtung der Ecken der Schurre hinter dem Ladebereich des Fördergurts als schwieriges Unterfangen (**Abbildung 6.25**). Diese Schwierigkeiten bei der Abdichtung des Eintrittsbereiches werden noch durch dynamische Vibrationen verstärkt, bedingt durch Schwankungen der Gurtspannung aufgrund schwankenden Fördergutmengen bei der Beladung mit Material oder aufgrund der Verwendung einer Umkehrtrömmel in Flügel-Bauart. Aus diesem Grund sollte der Einsatz von Flügeltrömmeln vermieden werden.

Schurrenrückwandkasten mit Mehrfachabsperung

Eine wirksame Methode ist die Abdichtung des Bereichs hinter der Ladezone mit einem Schurrenrückwandkasten mit Mehrfachabsperung (**Abbildung 6.26**). An der Rückwand der Beschickungsschurre angebracht, verbindet dieser Kasten die Schurre mit dem Bereich, in dem der Fördergurt flach verläuft, wenn er bis zu der Umkehrtrömmel reicht. Es ist ideal, den Schurrenrückwandkasten bis zur flach verlaufenden Oberfläche der Umkehrtrömmel zu verlängern, wodurch die Abdichtung wirksamer und leichter zu gewährleisten wird (**Abbildung 6.27**). Wenn vorhandene Förderanlagen nachgerüstet werden, wird ein Schurrenrückwandkasten oft im Übergangsbereich eingebaut. Bei neuen Förderanlagen wird dies nicht empfohlen, weil die Abdichtung der Übergangskrümmung schwierig ist.

An der Außenseite des Schurrenrückwandkastens wird ein Abdichtstreifen an der Wand angebracht, die der Umkehrtrömmel am nächsten liegt (**Abbildung 6.28**). Durch die Bewegung des Bandes in Förderrichtung gebogen, bildet dieser Streifen eine Einwegabdichtung zur Verhinderung des Materialabganges aus der rückwärtigen Seite der Ladezone. Da dieser Streifen nur mit leichtem Druck auf dem Fördergurt aufliegt, wird ein Gurtreinigungseffekt

Abbildung 6.22

Einfache rückseitige Abdichtungen aus Gummi oder Kunststoff haben sich durchweg als unwirksam erwiesen.



Abbildung 6.23

Wenn die Abdichtung am Umlaufende zu fest gegen den Fördergurt angepresst wird, dann wird durch die dadurch hervorgerufene „Bandreinigungswirkung“ Material vom Gurt abgeschabt und sammelt sich am Ende des Beschickungsbereichs.



Abbildung 6.24

Wenn die Förderanlage geneigt ist, rollt das Material den Gurt hinunter und sammelt sich am Boden an.



Abbildung 6.25

Die Abdichtung an den Ecken der Ladezone ist schwierig, wodurch Material vom Band fällt und Staub entweicht.



fekt vermieden. Am Fördergurt anhaftendes Material kann unter der Abdichtung hindurchschlüpfen, ohne vom Band „abgeräumt“ zu werden.

Um die Verschüttung von Material über die Kanten des Fördergurts zu verhindern, sollte der Kasten an den Seiten mit einer mehrlagigen Einhausungsabdichtung versehen sein, die nur einen geringen Wartungsaufwand erfordert. Der Schurrenrückwandkasten sollte den Anfang des Förderbandes mit einschließen, so dass sich der Abdichtstreifen vom Schurrenrückwandkasten bis zum Bandaustrittsseite der Einhausung erstreckt (**Abbildung 6.29**). Diese fortlaufende Abdichtung beseitigt die Probleme mit der Abdichtung der Hochdruckecken in der Aufprallzone.

Die Oberseite des Schurrenrückwandkastens sollte mit einer Inspektionstür versehen sein, durch die abgängiges Material wieder in den Förderstrom zurückgeführt werden kann (**Abbildung 6.30**).

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Übergang

Bei der Gestaltung der Förderanlage sollte eine ausreichend lange Übergangsstrecke vorgesehen werden und genügend Übergangsrollen, damit das Band vollständig gemuldet ist, bevor das Material auf das Band aufgebracht wird.

B. Höhenstellung entsprechend der Vollmuldung

Die Höhe der Umkehrtrommel sollte die Bildung einer Vollmuldung ermöglichen, so dass der von der Trommel kommende Fördergurt mit der Mittelrolle des Muldungsrollensatzes auf gleicher Höhe ist.

C. Schurrenrückwandkasten

Am vollständig gemuldeten Band sollte ein Schurrenrückwandkasten mit einer wirksamen Dichtung am Umkehrtrommelende des Gehäuses angebracht werden, um den Materialaustritt an der Rückseite des Beschickungsbereichs zu verhindern.

D. Einhausungsabdichtung

Eine wirksame Abdichtung der Fördergurtkanten entlang der Seiten des Schurrenrückwandkastens wird durch Verlängerung des Dichtstreifens vom Kasten an über die gesamte Ladezone des Übergabebereichs in Form eines einzigen, durchgehenden Streifens erreicht, ohne jede Stoß- oder Nahtstelle, durch die Fördergut austreten könnte.

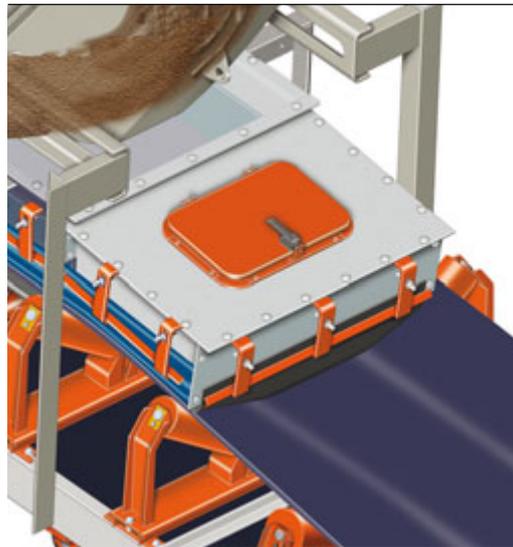


Abbildung 6.26

Schurrenrückwandkästen werden am Umlaufende eingebaut, um ein Herausfallen des Materials über die Rückseite der Ladezone zu verhindern.



Abbildung 6.27

Wenn vorhandene Förderanlagen nachrüstet werden, wird ein Schurrenrückwandkasten oft im Übergangsbereich eingebaut. Bei neuen Förderanlagen wird dies nicht empfohlen, da die Abdichtung der Übergangskrümmung schwierig ist.

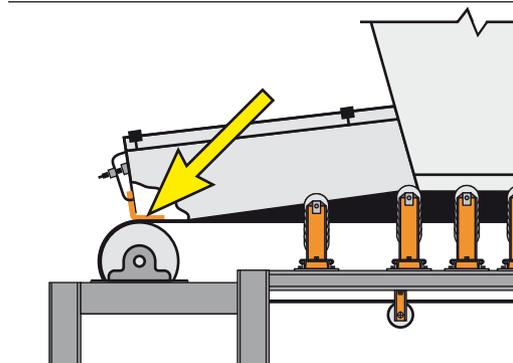


Abbildung 6.28

Ein Abdichtstreifen soll an der Außenseite der Schurrenrückwand angebracht werden, möglichst nahe der Umkehrtrommel.



Abbildung 6.29

Die Kantenabdichtsysteme des Fördergurts sollten vom Schurrenrückwandkasten bis zum Ende der Einhausung reichen und aus einem fortlaufenden Streifen bestehen.

Abbildung 6.30

Eine Inspektionstür im Schurrenrückwandkasten ermöglicht die Rückführung von abgängigem Material in den Förderstrom.



WEITERFÜHRENDE THEMEN

Zweistufige Übergangsbereiche

Seit vielen Jahren schon besteht die Empfehlung, dass der Fördergurt vollständig gemuldet sein sollte, bevor die Ladung aufgebracht wird. Eine Abweichung von diesem Grundsatz besteht in der Ansicht, dass ein stabiler Zustand des Bandes beim Beladen wichtiger ist, als dass das Band beim Beladevorgang vollständig gemuldet sein muss. Wenn bei einer Förderanlage zwischen der Umkehrtrommel und der Ladezone nur eine kurze Strecke zur Verfügung steht, kann eine teilweise Muldung des Fördergurts im Bereich zwischen der Umkehrtrommel und dem Beschickungsbereich mit nachfolgender Beladung und darauf folgender vollständiger Ausformung der Muldung am bereits beladenen Band von Vorteil sein (**Abbildung 6.31**). Damit diese Vorgehensweise einen wirklichen Vorteil bieten kann, muss die Förderstrecke mit verbesserten tragenden Elementen, wie z. B. Aufpralldämpfungstischen und seitlichen Stützgestellen stabilisiert werden und die Kanten müssen nach der ersten Muldungsphase wirksam abgedichtet werden. Die

Erhöhung der Fördergurtkanten zur Erreichung des endgültigen Muldungswinkels kann dann nach der Beladung des Förderbandes erfolgen.

Für Förderanlagen mit unzureichendem Platz im Übergangsbereich zwischen der Umkehrtrommel und der Beladungsschurre bietet diese Methode den Vorteil eines höheren Muldungswinkels, ohne die bei der Beladung des Bandes während des Übergangs auftretende Instabilität.

Gestreckte Übergangsbereiche

Eine andere Methode zur Bewältigung des Problems zu kurzer Übergangsstrecken ist die Verwendung eines sehr langen Übergangs. Anstatt das Risiko eines durch die zu schnelle Muldung des Bandes hervorgerufenen Schadens einzugehen, wird das Band über eine erweiterte Strecke gemuldet, die über die Länge des Beschickungsbereichs hinweg reicht. Dadurch findet der Übergang so allmählich statt, dass er fast nicht wahrgenommen werden kann.

In einem Fall wurde das Gurtprofil über eine Übergangsbereichlänge von 12 m von flach zu einer 35°-Muldung geformt. Diese Förderanlage war ein Sonderfall, mit einem langen Übergabepunkt mit mehreren Beschickungsbereichen, einem dicken Band und ganz geringem Abstand zwischen der Umkehrtrommel und der ersten Ladezone. Entscheidend für diese Lösung ist die Abstützung des Gurts, so dass der Muldungsvorgang auf einer geraden Strecke stattfindet. Anstatt speziell gestaltete Komponenten zu verwenden, wurde dieser allmähliche Übergang bei der Muldung durch den Einbau konventioneller Komponenten in einer nicht ganz fluchtenden Anordnung erreicht. Verwendet wurden Bandträgergestelle

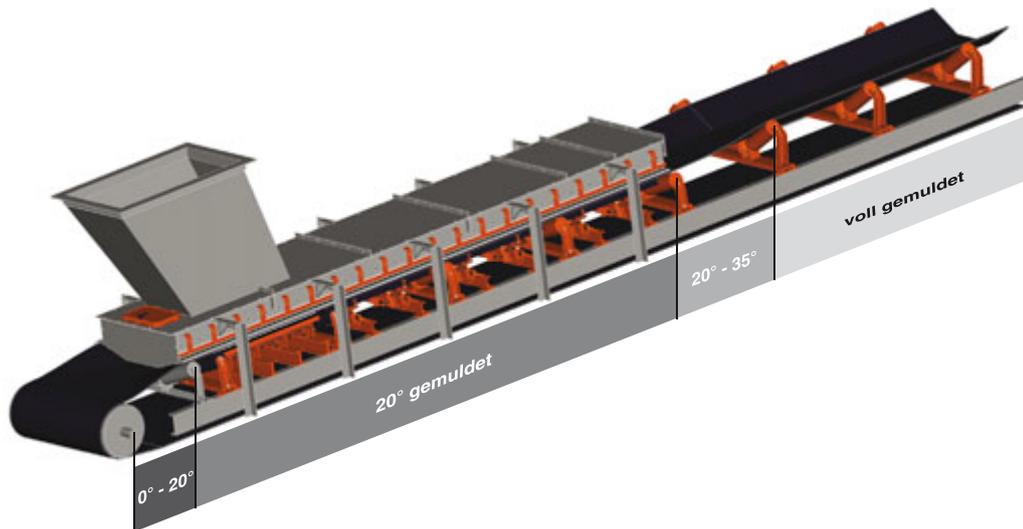


SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Wegen der zahlreichen Quetschstellen im Bereich des Umlaufendes der Förderanlage können Mitarbeiter hier leicht von dem sich bewegendes Gurt erfasst werden. Außerdem sind hier Unfälle bei Schaufelarbeiten wahrscheinlich, da dieser Bereich für Materialverlust anfällig ist. Vor der Durchführung von Instandhaltungs- oder Reinigungsarbeiten in diesem Bereich sollten Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern

(tagout), blockieren/verkeilen (block-out) und Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden. Mitarbeiter sollten nie auf einer laufenden Förderanlage arbeiten oder Material auf das Band aufschauflern.

Ordnungsgemäße Schutzabdeckungen und Sicherheitszeichen sind auf allen rotierenden Komponenten und Quetschstellen erforderlich; Schutzabdeckungen sollten nicht entfernt oder umgangen werden, während die Förderanlage in Betrieb ist.

**Abbildung 6.31**

In einem zweistufigen Übergangsbereich wird der Fördergurt zuerst teilweise gemuldet, bevor er beladen wird. Nachdem die Ladung aufgebracht worden ist, durchläuft der Fördergurt einen weiteren Übergang, bei dem der Muldungs- winkel erhöht wird.

mit ausreichendem Spielraum zur Einstellung einer absichtlich nicht ganz fluchtenden Anordnung in Kombination mit Muldungsrollen mit einstellbarem Winkel.

SCHÜTZEN SIE DEN HECKBEREICH!

Zum Abschluss...

Obwohl das hintere Ende einer Förderbandanlage relativ einfach aufgebaut ist und die Komponenten meist nicht weiter hinterfragt werden, ist dieser Abschnitt der Förderanlage einer der Wichtigsten. Wenn die Ausrichtung, die Auswahl der Umkehrtrommel, die Bemessung der Übergangsstrecke und die Abdichtung nicht sorgfältig durchgeführt werden, können die sich daraus ergebenden negativen Auswirkungen das Leistungsverhalten des gesamten Fördersystems herabsetzen.

Vorausblick...

Dieses Kapitel „Vor der Beladezone“ leitete die Diskussion über das Beladen des Förderbandes mit einer Erörterung der Umkehrtrommeln und Übergangsbereiche zusammen mit einer Beschreibung der Techniken zur Reduzierung des Materialabgangs am hinteren Ende der Förderanlage ein. Die folgenden Kapitel gehen auf andere Aspekte der Beladung des Förderbandes ein, beginnend mit der Luftkontrolle.

REFERENZEN

- 6.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 6.2 Die Website <http://www.conveyorbeltguide.com> ist eine wertvolle, nichtkommerzielle Informationsquelle über Fördergurte
- 6.3 Alle Hersteller und die meisten Lieferanten von Fördergurten bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte, als auch über Förderbänder im Allgemeinen.

7

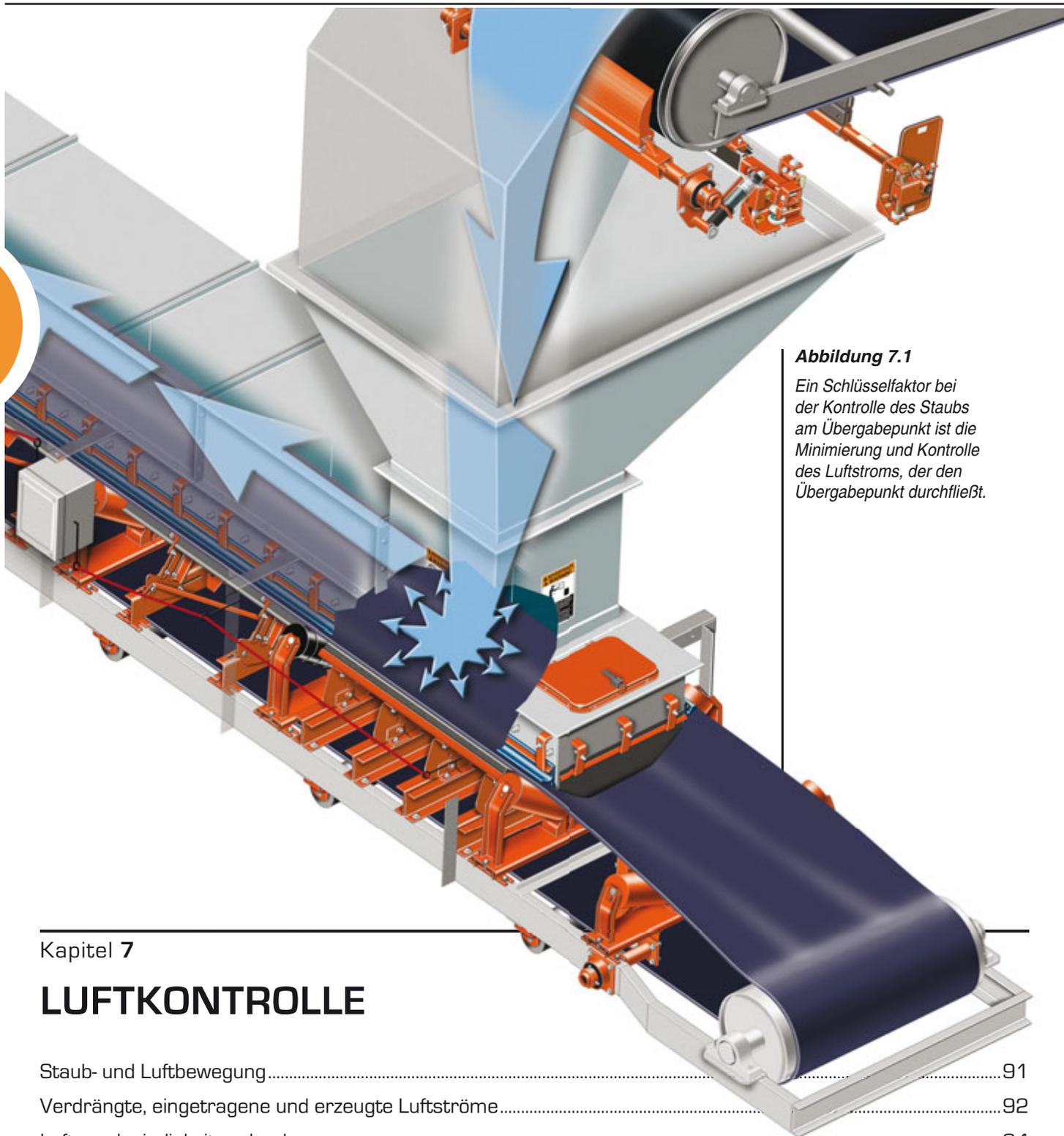


Abbildung 7.1
 Ein Schlüsselfaktor bei der Kontrolle des Staubs am Übergabepunkt ist die Minimierung und Kontrolle des Luftstroms, der den Übergabepunkt durchfließt.

Kapitel 7

LUFTKONTROLLE

Staub- und Luftbewegung.....	91
Verdrängte, eingetragene und erzeugte Luftströme.....	92
Luftgeschwindigkeit und -volumen.....	94
Kontrolle der Luft.....	95
Systemwartung.....	98
Typische Spezifikationen.....	98
Weiterführende Themen.....	98
Sicherheitsrelevante Fragen.....	99
Luftkontrolle ≈ Staubkontrolle.....	99

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel betrachten wir die Bedeutung der Beherrschung von Luftbewegungen vor dem Hintergrund der Kontrolle der entweichenden Schwebestäube. Es werden Gleichungen zur Berechnung der verdrängten, der eingetragenen und der erzeugten Luftströme vorgestellt, einschließlich ihrer Beziehung zum Gesamtluftstrom. Methoden zur Messung der Luftgeschwindigkeit und des Luftvolumens werden ebenfalls erörtert. Zusammen mit mehreren weiteren Techniken werden vier Gestaltungsparameter zur Kontrolle der Luft zur Minimierung von Schwebestäuben erläutert. Abschließend werden Instandhaltungs- und sicherheitsrelevante Fragen diskutiert.

Ladezonen und Abwurfstellen von Förderanlagen sind wesentliche Quellen der Erzeugung und Freisetzung von Schwebestäuben. Die an einem Übergabepunkt erzeugte Staubmenge hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, von der Art des transportierten Materials, der Fallhöhe auf den Fördergurt und der Geschwindigkeiten sowie des Winkels beim Ent- und Beladen der Bänder. Ein Schlüsselfaktor bei der Kontrolle der aus dem Übergabepunkt entweichenden Staubmenge ist die Minimierung und Beherrschung des den Übergabepunkt durchfließenden Luftstromes (**Abbildung 7.1**).

STAUB- UND LUFTBEWEGUNG

Wer Kontrolle über die Luft hat, hat auch Kontrolle über den Staub

So wie sich Material auf einer Förderanlage und durch einen Übergabepunkt bewegt, trägt es einen Luftstrom in und mit sich. Bei ausreichender Geschwindigkeit, kann dieser Luftstrom Feinanteile aus dem Material herausreißen und sie mit dem Materialstrom weitertragen oder er kann sie außerhalb des Förderanlagenbereichs verbreiten.

Ob die Feinanteile in die Luft entschweben, hängt von der Luftgeschwindigkeit ab, von der Teilchengröße und von der Kohäsion der Schüttgüter. Diese Kenngrößen bestimmen die Größe des Staubaufkommens, welches durch die folgende intuitive, relative

Beziehung ausgedrückt wird: Die Menge des erzeugten Staubes ist proportional zur Luftgeschwindigkeit und umgekehrt proportional zur Teilchengröße und zur Materialkohäsion (**Abbildung 7.2**). Wo ein oder mehrere dieser Parameter vorgegeben sind, hängt die Möglichkeit zur Kontrolle des Staubes von der Veränderbarkeit der übrigen Kenngrößen ab. Wird die Luftgeschwindigkeit erhöht und die Teilchengröße und die Kohäsionskraft bleiben konstant, dann nimmt der Schwebestaub zu. Bleibt die Luftgeschwindigkeit konstant und die Teilchengröße oder die Kohäsionskraft wird erhöht, nimmt die Schwebestaubmenge ab. Bleibt die Geschwindigkeit konstant und die Teilchengröße oder die Kohäsionskraft wird vermindert, dann nimmt die Schwebestaubmenge zu.

Wenn die Teilchengröße des transportierten Materials nicht verändert werden kann, muss die Geschwindigkeit der Luft oder die Kohäsionskraft der Partikel geändert werden, um die Staubemission zu reduzieren. (Siehe Kapitel 19 „Staubunterdrückung“ für weitere Information über die Partikelkohäsion.) Die Beherrschung der in einen Übergabepunkt einer Förderanlage hinein- bzw. herausströmenden Luft reduziert die in diesem Übergabepunkt erzeugte Staubmenge nicht, aber sie hat eine wesentliche Auswirkung auf die aus dem Übergabepunkt herausgetragene Staubmenge. Die Begrenzung des aus einem Übergabepunkt entweichenden Überdrucks bietet bei der Kontrolle der Materialverluste wesentliche Vorteile.

Luftströmungen durch Übergabepunkte

Das durch eine Übergabe durchströmende Luftvolumen steht in direkter Beziehung zur Gehäusegröße des Übergabepunktes, zu den Öffnungen im Gehäuse und zum Vorhandensein sonstiger verfahrenstechnischer Geräte. Diese Größen können durch eine gezielte Gestaltung des Übergabepunktes beeinflusst werden. Weil der Luftvolumenstrom die Kosten eines Staubkontrollsystems bestimmt, ist das Verstehen und die Beherrschung der Luftbewegung eine wesentliche Voraussetzung für eine wirksame und kosteneffiziente Entstaubungslösung.

$$\text{Staubaufkommen} \sim \frac{\text{Luftgeschwindigkeit}}{\text{Teilchengröße} \cdot \text{Kohäsivität}}$$

Abbildung 7.2
Beziehung bei der Erzeugung von Schwebestäuben

Idealerweise ist im Gehäuse ein leichter Unterdruck erwünscht. In diesem Zustand würde Luft anstatt hinausgetragen zu werden ins Gehäuse hineingesogen, so dass Feinanteile und Schwebestäube eher im Gehäuse verbleiben würden. Es ist normalerweise schwierig, wenn nicht gar unmöglich, diesen Zustand ohne ein aktives Entstaubungssystem dauerhaft zu erreichen. Die Luftbewegungen, die von Systemelementen über und durch die Bewegung des Förderguts im Übergabepunkt hervorgerufen werden, erzeugen einen Überdruck im System, was eine nach außen gerichtete Luftströmung bewirkt. Dies trifft besonders auf die Ladezone einer Förderanlage zu, da der Aufprall des Materials auf das aufnehmende Band die Luft mit einem vernehmbaren „Platschen“ hinaustreibt. Je größer die Aufprallwucht ist, desto stärker ist die vom Aufprallbereich weggerichtete Luftströmung. Wenn diesem Überdruck nicht mit einem gesteuerten Materialfluss, einer adäquaten Druckentlastung oder einem Entstaubungssystem begegnet wird, wird der austretende Luftstrom die Staubteilchen aus dem Übergabepunkt hinausstragen.

Es gibt drei Ursachen für die Luftbewegung, die an den Übergabepunkten auftreten: Luftverdrängung, induzierte Luft und erzeugte Luftströme.

Der in einem gegebenen Übergabepunkt vorliegende Gesamtluftstrom kann durch Addition der Luftverdrängung, des Lufteintrags und der erzeugten Luftströme berechnet werden (**Gleichung 7.1**).

Luftverdrängung

Die erste Ursache ist die Luftverdrängung. Am Beispiel einer Kaffeetasse kann man diese Luftverdrängung leicht erklären. Wenn Kaffee in diese Tasse gegossen wird, dann wird die Luft in der Tasse vom Kaffee verdrängt. Der gleiche Vorgang tritt auf, wenn Material in eine Beschickungsschurre gegeben wird: Die Luft, die die Schurre ausgefüllt hat, wird vom Material verdrängt. Die Menge der aus der Schurre verdrängten Luft entspricht dem Volumen des in die Schurre gegebenen Materials. Die in einem Übergabepunkt stattfindende Bewegung des Materials bewirkt immer eine Luftverdrängung, die anhand der Ladung (Menge an transportierten Materialien) und der Schüttdichte berechnet werden kann (**Gleichung 7.2**).

Induzierte Luft

Jedes Mal wenn Schüttgüter bewegt werden, kommt es in den Ladezonen zum induzieren von Luft, da Schüttgüter einerseits eine gewisse Luftmenge enthalten und andererseits auch Luft beim Transport auf dem Band mitschleppen. Wenn das Material die Kopftrommel in einer normalen Flugbahn verlässt, dehnt sich der Materialstrom aus und zieht Luft in die neuen Leerräume. Jeder Partikel des Materials überträgt Energie an

VERDRÄNGTE, EINGETRAGENE UND ERZEUGTE LUFTSTRÖME

Die Berechnung des Luftstroms

Der Luftstrom kann gemessen oder berechnet werden. Nachfolgend wird eine theoretische, aber dennoch durchführbare Methode aufgezeigt. Die Bedingungen einer beliebigen Kombination von Förderanlagenkonstruktionen und Materialflüsse können die Ergebnisse wesentlich beeinflussen.

Gleichung 7.1
Berechnung des Gesamtluftstroms

$Q_{tot} = Q_{dis} + Q_{ind} + Q_{gen}$			
Gegeben: Ein Übergabepunkt ist an einen Brecher angeschlossen, der 0,77 m ³ Luft pro Sekunde erzeugt. Die Luftverdrängung beträgt 0,06 m ³ /s und der Lufteintrag 0,055 m ³ /s. Gesucht: Die Gesamtluftbewegung			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q_{tot}	Gesamtluftstrom	m ³ /s	ft ³ /min
Q_{dis}	Luftverdrängung	0,06 m ³ /s	133 ft ³ /min
Q_{ind}	Lufteintrag	0,055 m ³ /s	117 ft ³ /min
Q_{gen}	Generierte Luft (falls vorhanden)	0,77 m ³ /s	1625 ft ³ /min
Metrisch: $Q_{tot} = 0,06 + 0,055 + 0,77 = 0,885$			
Amerikanisch: $Q_{tot} = 133 + 117 + 1625 = 1875$			
Q_{tot}	Gesamtluftstrom	0,885 m ³ /s	1875 ft ³ /min



eine gewisse Luftmenge und schleppt diese Luft durch die Bewegung des Materialstroms mit sich fort. Wenn das Fördergut dann wieder aufschlägt und sich zu einem Schüttkegel verdichtet, wird diese „induzierte“ Luftmenge durch die Kompression des Materials freigesetzt und ruft einen beträchtlichen, vom Zentrum des Beschickungsbereichs weggerichteten, Überdruck hervor. Kann dieser Überdruck nicht mittels Entlastungsvorrichtungen entspannt werden, werden mit der entstandenen Luftströmung feine Partikel aus der Übergabestelle herausgetragen.

Ein Beispiel für induzierte Luft ist z. B. das Aufdrehen des Wassers unter der Dusche. Hierbei dehnt sich der aus dem Duschkopf austretende Wasserstrom aus. Dieser sich bewegende Wasserstrom schleppt eine gewisse Luftmenge mit sich weiter. Die dabei entstehende Luftströmung macht sich durch die Bewegung des Duschvorhangs in Richtung des Wasserstroms bemerkbar.

Beeinflussende Faktoren für die induzierte Luft an einer Förderbandübergabe sind die Menge des Materials, die Partikelgröße des transportierten Materials, die Geschwindigkeit des Fördergurts, die Fallhöhe des Materials und die Größe der Öffnung(en) in der Kopfschurre, durch die Luft ins Gehäuse eindringen kann. Eine Einschätzung der induzierten Luftmenge gibt die folgende Gleichung. (**Gleichung 7.3**).

Der am einfachsten zu beeinflussende Faktor, der gleichzeitig den größten Einfluss hat, ist die Größe der Öffnung in der Kopfschurre (A_u), durch welche die Luft einfließt. Je kleiner die Öffnung(en), desto kleiner ist der Wert von A_u und damit das Volumen der induzierten Luft. (Hinweis: A_u ist die Größe des Fördergurteinlasses am Kopfschurrengehäuse, nicht die Größe der nachgelagerten Türen im Bereich der Ladezone oder Einhausung der aufnehmenden Förderanlage).

Eine einfache und kostenwirksame Methode zur Reduzierung der induzierten Luft ist die Verkleinerung aller Öffnungen in der Kopfschurre. Dies beinhaltet die Abdichtung der offenen Bereiche, wo der Fördergurt in die Kopfschurre eintritt und diese wieder verlässt, sowie die Abdichtung der Trommelwellen und die Anbringung von Türen an allen Inspektionsöffnungen.

Erzeugte Luftströme

Die dritte Quelle von Luftbewegungen stellen die bei der Beschickung der Ladezone eingesetzten Geräte und Einrichtungen dar. Dazu gehören Brecher, Schnitzelwerke für Holz, Hammermühlen oder andere Einrichtungen, die Luft mit einer Ventilator ähnlichen Rotationsbewegung, in den Übergabepunkt hineindrücken. Dieser so erzeugte Luftstrom ist der am stärksten Einfluss nehmende Faktor von allen Quellen der

$Q_{dis} = \frac{k \cdot L}{\rho}$			
Gegeben: Eine Übergabeschurre mit einem Durchsatz von 180 Tonnen pro Stunde transportiert Material mit einer Dichte von 800 kg/m ³ . Gesucht: Die Luftverdrängung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q_{dis}	Luftverdrängung	m ³ /s	ft ³ /min
L	Ladung (Menge an transportiertem Material)	180 t/h	200 st/h
ρ	Schüttdichte	800 kg/m ³	50 lb _m /ft ³
k	Umrechnungsfaktor	0,277	33,3
Metrisch: $Q_{dis} = \frac{0,277 \cdot 180}{800} = 0,062$			
Amerikanisch: $Q_{dis} = \frac{33,3 \cdot 200}{50} = 133$			
Q_{dis}	Luftverdrängung	0,062 m ³ /s	133 ft ³ /min

Gleichung 7.2
Berechnung der Luftverdrängung

Luftbewegung, auch wenn er nicht in allen Übergabepunkten vorkommt.

Andere zu berücksichtigende Geräte wären (falls vorhanden) Luftkanonen, Vibratoren und zur Unterstützung des Materialflusses eingesetzte Druckluftschläuche. Diese Art der Luftbewegung kann mit Luftgeschwindigkeits- und -volumenmessgeräten wie z. B. Staudrucksonden und Manometer gemessen werden. Für den Endbenutzer ist es sicherlich einfacher, wenn er sich an die Hersteller der Geräte wendet. Je nach Brecher geben die Hersteller Schätzwerte für die von verschiedenen Typen generierte Luft an (**Tabelle 7.1**).

Da erzeugte Luftströme bedeutende Größenordnungen erreichen können, sollte die generierte Luftmenge beim Hersteller des Geräts erfragt werden. Alternativ kann der Luftstrom durch Multiplizieren des

Querschnitts der Abluftöffnung mit der Luftgeschwindigkeit berechnet werden.

LUFTGESCHWINDIGKEIT UND -VOLUMEN

Luftgeschwindigkeit

Die Luft strömt aufgrund des Druckunterschieds von einer Hoch- zu einer Tiefdruckzone. Während es eine Anzahl von Variablen gibt, die dazu führen, dass der Staub im System verbleibt - einschließlich der Teilchengröße, der Kohäsivität des Materials und des Feuchtigkeitsgehaltes - gilt für Staubpartikel im Allgemeinen eine Ansauggeschwindigkeit von 1,0 bis 1,25 m/s. Dies bedeutet, dass die sich mit dieser Geschwindigkeit über eine Lage Material bewegende Luft Staub von der Oberfläche ansaugen und wegtragen kann.

7

Gleichung 7.3
Berechnung des Lufteintrags

$$Q_{ind} = k \cdot A_u \cdot \sqrt[3]{\frac{RS^2}{D}}$$

Gegeben: Eine Übergabeschurre mit einem Durchsatz von 180 Tonnen pro Stunde hat einen offenen Endbereich von 0,046 m². Das Material mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 0,075 m fällt 1,25 m tief.

Gesucht: Der Lufteintrag.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q_{ind}	Volumen des Lufteintrags	Kubikmeter pro Sekunde	Kubikfuß pro Minute
A_u	Offener Bereich der Kopschurre	0,046 m ²	0,5 ft ²
R	Materialdurchfluss	180 t/h	200 st/h
S	Freie Fallhöhe des Materials	1,25 m	4 ft
D	Durchschnittlicher Durchmesser des Materials	0,075 m	0,25 ft
k	Umrechnungsfaktor	0,078	10

Metrisch: $Q_{ind} = 0,078 \cdot 0,046 \cdot \sqrt[3]{\frac{180 \cdot 1,25^2}{0,075}} = 0,055$

Amerikanisch: $Q_{ind} = 10 \cdot 0,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{200 \cdot 4^2}{0,25}} = 117$

Q_{ind}	Volumen des Lufteintrags	0,055 m ³ /s	117 ft ³ /min
-----------	--------------------------	-------------------------	--------------------------

Tabelle 7.1

Näherungswerte der von verschiedenen Brecherarten erzeugten Luftströme		
Art des Brechers	Am Einlass des Brechers, pro 300 mm Öffnungsweite	Am Auslass des Brechers, pro 300 mm Förderbandbreite
Backenbrecher	850 m ³ /h	850 m ³ /h
Kreiselbrecher	850 m ³ /h	1700 m ³ /h
Hammermühlen und Prallbrecher	850 m ³ /h	2550 m ³ /h



Ein brauchbarer Parameter für die Dimensionierung der Bandaustrittschurren von Beschickungsbereichen ist die Einhaltung einer Luftgeschwindigkeit von weniger als 1,0 m/s im Bandaustrittsbereich. Bei höheren Geschwindigkeiten kann die Luftströmung Materialpartikel ansaugen und diese dann in der Luft in Schwebe halten, wodurch sich die Eindämmung, die Erfassung oder Unterdrückung schwieriger gestaltet.

Messung von Luftgeschwindigkeit und -volumen

Die pro Minute durch den Übergabepunkt strömende Luftmenge kann anhand von Messungen bestimmt werden (**Gleichung 7.4**). Um das Volumen der bewegten Luft zu berechnen, wird die an jedem offenen Bereich des Übergabepunktes gemessene Geschwindigkeit der austretenden Luft - auch die am Fördergurtaustritt, am Schurrenrückwandkasten, entlang der Seiten des Bandes, an den Staubsammelstellen und an sonstigen Öffnungen - mit der Querschnittsfläche der jeweiligen Öffnung multipliziert. Diese Luftströme werden dann durch Addition zu einem Gesamtluftstrom zusammengefasst. Diese Messungen müssen durchgeführt werden, während der Übergabepunkt in Betrieb ist. Die Luftgeschwindigkeitsmessungen können mit einem relativ preisgünstigen Hand-Anemometer durchgeführt werden; der Querschnitt kann mit einem Maßband gemessen werden (**Abbildung 7.3**).

Da Brecher, Rüttelsiebe, Aufgabereinrichtungen und andere Verfahrens- und Transporteinrichtungen zusätzliche Luftströme verursachen, die dann durch das Gehäuse des Übergabepunktes strömen,

müssen auch diese Geräte bei der Messung der Luftgeschwindigkeit in Betrieb sein.

Diese Berechnung der effektiven Luftvolumina sollte mit den theoretischen Berechnungen des Luftvolumens verglichen werden (**Gleichung 7.1**). Wenn größere Diskrepanzen vorliegen, sollte IMMER der aus den gemessenen Luftgeschwindigkeiten berechnete Luftstrom verwendet werden (**Gleichung 7.4**).

KONTROLLE DER LUFT

Die Beherrschung der Luftbewegung

Ein Komplettsystem für die Staubbekämpfung an Förderbandübergaben basiert auf vier Gestaltungsparametern:

- A. Begrenzung der in das Gehäuse eintretenden Luftmenge
Der Lufttritt in das Gehäuse an der Kopftrommel der entladenden Fördereinheit kann ohne hochtechnische oder teure Änderungen verhindert



Abbildung 7.3

Luftmessungen können mit einem relativ preisgünstigen Hand-Anemometer und einem Lineal durchgeführt werden.

$Q_{tot} = A \cdot V$			
Gegeben: Die Geschwindigkeit der aus einem Übergabepunkt ausströmenden Luft wird mit 4,3 m/s gemessen. Das Gehäuse des Übergabepunktes hat eine Gesamtquerschnittsfläche von 0,19 m ² .			
Gesucht: Der Gesamtluftstrom.			
	Variablen	Metrisch	Amerikanisch
Q_{tot}	Gesamtluftbewegung	Kubikmeter pro Sekunde	Kubikfuß pro Minute
A	Querschnittsfläche des Übergabepunktgehäuses	0,19 m ²	2 ft ²
V	Luftgeschwindigkeit	4,3 m/s	850 ft/min
Metrisch: $Q_{tot} = 0,19 \cdot 4,3 = 0,81$			
Amerikanisch: $Q_{tot} = 2 \cdot 850 = 1700$			
Q_{tot}	Gesamtluftstrom	0,81 m ³ /s	1700 ft ³ /min

Gleichung 7.4

Berechnung der Luftmenge

werden. Konventionelle Gummivorhänge können am Ein- und Austritt des Bandes angebracht werden. Damit kann man auch andere Öffnungen abdichten, wie z. B. die Trommelwellen. Die vielleicht einfachste Maßnahme zur Begrenzung des Lufteintritts an den Übergabestellen ist das Schließen aller Kontrolltüren.

B. Begrenzung der Materialstrom-Ausbreitung

Während der Bewegung durch den Übergabepunkt übt jedes Partikel oder jeder Fördergutbrocken auf die im Gehäuse vorhandene Luft eine Wirkung aus und reißt eine gewisse Menge Luft mit sich fort. Um das Material beim Verlassen der Kopftrommel und beim Durchlaufen des Übergabepunktes in einem begrenzten Strom zu halten, können Lenkbleche oder konstruierte Abwurfleithauben und Auffangtrichter verwendet werden. Ein Lenkblech kann im Hinblick auf den Materialfluss Probleme hervorrufen, während derartige Schwierigkeiten bei konstruierten Abwurfleithauben und Auffangtrichtern weniger wahrscheinlich sind. Je mehr Material bewegt wird und je schneller die Bewegung, desto eher wird eine ingenieurmäßig konzipierte Schurre benötigt. (Siehe Kapitel 22: „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“.)

C. Begrenzung der Fallhöhe des Materials

Bei der konventionellen Entladung von Förderanlagen fällt das Material im freien

Fall. Dadurch fächert das Material auf, der Strom verbreitert sich und kann mehr Luft mit sich reißen, weil die sich innerhalb des aufgefächerten Materials bildenden Leerräume mit Luft gefüllt werden. Wenn das Material dann auf dem nächsten Band landet, wird die enthaltene Luft aus dem Schüttkegel herausgedrückt und erzeugt lokalen Überdruck. Je tiefer das Material fällt, desto größer sind die beim Aufprall auftretenden Kräfte und auch der nach außen gerichtete Druck. Dieses Problem bekommt man durch die Begrenzung der Fallhöhe in den Griff. Das erfordert normalerweise, dass die Förderanlagen enger zusammengedrückt werden. Wenn eine Förderanlage einmal installiert ist, gestaltet sich dieses Unterfangen als unglaublich kompliziert. Bei der Neugestaltung der Systeme ist die Begrenzung der Fallhöhe jedoch relativ leicht zu bewerkstelligen.

D. Begrenzung der Luftgeschwindigkeit im Gehäuse auf einen Wert unterhalb der Ansauggeschwindigkeit der Staubpartikel

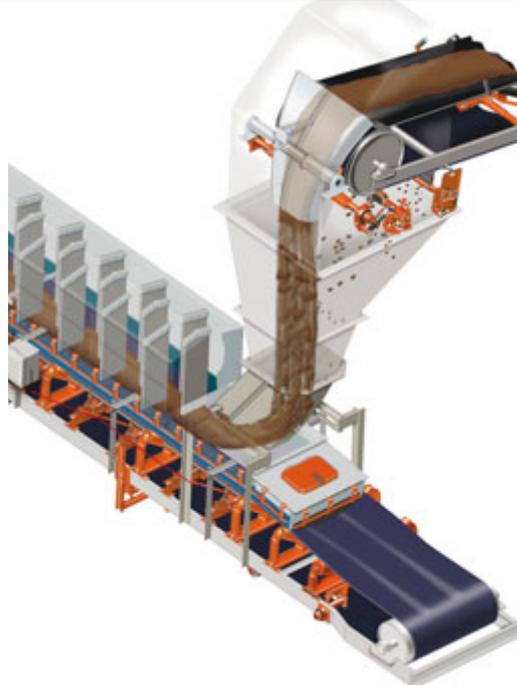
Konventionelle Förderanlagegehäuse verhalten sich wie große Windkanäle, durch die die Luft strömt. Durch die Änderung der Querschnittfläche der Schurre und der Einhausung kann die Strömungsgeschwindigkeit der Luft erhöht oder reduziert werden. (Siehe Kapitel 11: „Einhausungen“, speziell Weiterführende Themen für Beispiele zur Bestimmung der Geschwindigkeit)

Haube-und-Trichter - Systeme

Die Vermeidung der Ausbreitung des Materials beim Verlassen der Abwurf-trommel vermindert wesentlich die als Lufteintrag eingezogene Luftmenge. Die zur Eingrenzung des Materialstroms mit „Haube-und-Trichter“ konzipierten Schurren reduzieren den Luftstrom (**Abbildung 7.4**). Die Abwurfleithaube vermindert die Ausbreitung des Materials und lenkt den Strom abwärts. Der Auffangtrichter bietet eine gekrümmte Beschickungsschurre mit einer gleichmäßigen Falllinie, so dass das Material zum Auffangbehälter hinabgleitet, wobei es sich hier um ein Behältnis oder um eine weitere Förderanlage handeln kann. Der Auffangtrichter nimmt das Fördergut gleichmäßig und fortlaufend auf und kontrolliert die Geschwindigkeit, die Richtung und die Aufprallwucht des Materials im Beschickungsbereich. Bei der Gestaltung der Abwurfleithaube und des Auffangtrichters haben paradoxerweise Schwerkraft und

Abbildung 7.4

Durch die Eingrenzung des Materialstroms vermindert eine „Haube-und-Trichter“-Schurre die mit dem Material eingezogene Luft und somit auch die Bildung von Schwebestaub.



Reibung eine Auswirkung auf die Beibehaltung der Fließgeschwindigkeit des Materials durch die Schurre. Bei einigen Anordnungen steht unter Umständen keine ausreichende Fallhöhe zur Verfügung, um diese Technik für die Staubbekämpfung zu nutzen.

Dieses System reduziert die Aufprallwirkung im Beschickungsbereich, indem die Geschwindigkeit und die Richtung des Materials an die Geschwindigkeit und -richtung des aufnehmenden Förderbandes angeglichen wird. Deshalb entweicht weniger Staub und Luft mit hoher Geschwindigkeit. Da das Material sanft auf dem Fördergurt aufgebracht wird, überstürzt es weniger und es treten auch weniger Turbulenzen auf. Die Aufprallwucht in der Ladezone wird vermindert, wodurch die Schäden am Gurt durch Stoßwirkung ebenfalls reduziert werden. Die Länge der Einhausung kann gekürzt und wirksamer abgedichtet werden, weil das Material weniger überstürzt und geringere Turbulenzen sowie Seitenkräfte auftreten.

Die Schwerkraft und der Materialfluss sorgen dafür, dass sich in der Abwurfleithaube und dem Auffangtrichter kein Material festsetzt und die Schurre blockiert. Manchmal ist nicht genug Platz vorhanden, um sowohl die Abwurfleithaube und auch den Auffangtrichter bei der Gestaltung zu berücksichtigen. Zur Minimierung des Abriebs am Fördergurt und des Seitendrucks wird bei frei fließenden Materialien in einigen Fällen nur ein Auffangtrichter verwendet, um die Richtung des Stroms zu ändern. Bei nicht konstanten Förderguteigenschaften sind Auffangtrichter anfällig für eine Rückstaubildung des Materials. Zum Ausgleich dieser wechselnden Eigenschaften des Fördergutes kann der Auffangtrichter so konstruiert werden, dass er diesbezüglich eine gewisse Anpassungsfähigkeit besitzt.

Der größte Schwachpunkt bei der Verwendung des „Haube-und-Trichter“-Konzepts ist der Preis dieser speziell konstruierten Komponenten. Die Analyse der Vollkosten zeigt trotzdem immer dort, wo es eingesetzt und betrieben wird, eine wesentliche Kosteneinsparung durch geringere Staubbildung, weniger Materialverlust und verminderten Bandverschleiß.

Das „Haube-und-Trichter“-System funktioniert am besten dann, wenn der Materialstrom so kontinuierlich wie möglich abläuft. Diese Anordnung reduziert die Ausdehnung des Materialprofils, um dadurch

den Lufteintrag zu vermindern und einen kontinuierlichen Materialfluss zu erreichen. Die durch die Schwerkraft bewirkte Zunahme der Geschwindigkeit beim Fallen des Materials ermöglicht die allmähliche Verminderung der Querschnittsfläche der Schurre, ohne das Risiko der Verstopfungen in der Schurre zu erhöhen. Schwankungen beim Tempo der Beladung des Fördergurts können der Gestaltung der idealen Abwurfleithaube und des Auffangtrichters widersprechen, so dass bei der Gestaltung der Schurre Kompromisse erforderlich werden können.

Die Anordnung mit Abwurfleithaube und Auffangtrichter ist ein typisches Merkmal für ingenieurmäßig konzipierte Durchflussschurren, die auf der Grundlage der Materialeigenschaften und der Kontinuumsmechanik entwickelt und mit Hilfe der Discrete Element Modeling - Methode (DEM) überprüft worden sind. Der erfolgreiche Einsatz dieses Systems kann wohl in einigen Betrieben die Notwendigkeit eines zentralen Entstaubungssystems eliminieren. (Siehe Kapitel 22: „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“.)

Absetzbereiche

Der Begriff Absetzbereich bezeichnet die bedeckte Einfassungslänge einschließlich, falls erforderlich, eines zusätzlichen eingehausten Volumenanteils des Beschickungsbereichs nach der Aufgabe des Produktes auf das Förderband (**Abbildung 7.5**). Dieses zusätzliche Volumen verlangsamt die Luft und ermöglicht das Absetzen des größten Teils des Staubes und den Austritt der saubereren Luft.

Die Größe eines Absetzbereichs wird durch sechs Faktoren bestimmt: Breite und Geschwindigkeit des Fördergurts, Schurrenbreite, Luftstromvolumen, Tiefe der Materiallage und Durchmesser des größten,



Abbildung 7.5

Der Absetzbereich ist normalerweise ein erweiterter Teil der Einhausung am Übergabepunkt, an dem der Luftstrom verlangsamt wird, das transportierte Produkt sich absetzen und die sauberere Luft entweichen kann.

durch den Absatzbereich transportierten Materialbrockens. In dem Maß, wie einer oder mehrere dieser Faktoren zunehmen, muss auch die Größe des Absatzbereichs zunehmen. Berechnungen zur Bestimmung der Größe eines Absatzbereichs gelten nur für den Luftraum, also den über der Ladung liegenden Bereich. Bei der Berechnung der Querschnittsfläche für den Absatzbereich ist von der Querschnittsfläche am Schurrenaustritt die von der Ladung eingenommene Fläche zu subtrahieren. (Siehe Kapitel 11: „Einhausungen“ für Beispiele zur Berechnung der richtigen Größe eines Einfassungsbereiches, einschließlich des Absatzbereichs.)

Zusätzlich zur Erweiterung des Absatzbereichs besteht zur Verlangsamung der Luft noch die Möglichkeit des Einbaus von Gummivorhängen als Dämpfungsorgan. (Siehe Kapitel 18: „Passive Entstaubung“ für weitere Informationen über Staubvorhänge.)

SYSTEMWARTUNG

Für die wirksame Steuerung der sich in einem Übergabepunkt befindlichen und der daraus entweichenden Luft ist es wichtig, dass alle Öffnungen geschlossen werden, unabhängig davon, ob die Öffnung durch Durchrostung, Abnutzung oder eine geöffnete Tür hervorgerufen wurde. Die Instandhaltung der Komponenten in einem Übergabepunkt, wie z. B. von Verschleißauskleidungen und Lenkblechen, ist für die Minimierung von Störungen im Material- und Luftstrom entscheidend.

Zur Erhaltung eines sauberen, sicheren und produktiven Arbeitsplatzes beauftragen viele Betriebe externe Spezialfirmen mit der Wartung der aktiven und passiven Entstaubungsanlagen zur Kontrolle der Luftbewegung und des sich daraus ergebenden Staubes.

Abbildung 7.6

Die Anbringung eines alten Fördergurtstückes als Vorhang zwischen dem Obergurt und dem Untertrum vermindert den Lufteintrag am Fördergurteinlass.



TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

Zur Gestaltung des eingefassten Bereichs eines Übergabepunktes (einschließlich Verschlusskasten am Umlaufende, Einfassung und Absatzbereich) sind für die Kontrolle des Materialverlustes und der Luftbewegung geeignete typische Spezifikationen entwickelt worden. (Siehe Kapitel 6: „Vor der Beladezone“ und Kapitel 11 „Einhausungen“.)

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Die Änderung offener Bereiche und der Fallhöhen bei Kopfschurren zur Minimierung des Lufteintrags

Das Volumen des Lufteintrags (Q_{ind}) ist eine Funktion des offenen Endbereichs (A_w), der Durchflussmenge (R), der Fallhöhe (S) und des durchschnittlichen Durchmessers (D) (**Gleichung 7.3**). Der offene Endbereich und die Fallhöhe sind die einzigen Faktoren, die wirklich variiert werden können. Diese beiden Variablen wirken sich unterschiedlich auf den Lufteintrag aus. Eine Reduzierung des offenen Endbereichs um 5 % ergibt eine 4,27 % Verminderung des Lufteintrags. Eine 5 % Reduktion der Fallhöhe mindert aber den Lufteintrag nur um 3,42 %. Die Kosten der Reduzierung des offenen Endbereichs sind normalerweise viel geringer als die Kosten zur Verminderung der Fallhöhe. Diese geringeren Kosten und die höhere Wirkung geben der Reduzierung des offenen Endbereichs den Vorrang bei der Begrenzung der in einer Förderanlage einfließenden Luftmenge.

Es ist zu beachten, dass sich der Lufteintrag um 6,84% verkleinert, wenn der offene Endbereich und die Fallhöhe um 5% reduziert werden.

Einschränkung der Luftbewegung am Einlass zur Kopfschurre

Zusätzlich zu den schon erwähnten Techniken wird auch eine andere Methode zur Reduzierung des Lufteintrags angewendet: die Abdeckung des einlaufenden Teils des Förderbandes über eine Länge von mehreren Metern bevor es in die Kopfschurre einmündet. Dies erhöht den Widerstand zum Eintritt der Luft in die Öffnungen und vermindert somit den Luftstrom.

Eine Methode zur Reduzierung des Lufteintrags besteht in der Anbringung eines alten Fördergurtstückes als Vorhang am



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Es ist wichtig, die bestehenden Sicherheitsvorschriften in Bezug auf persönliche Schutzausrüstung, den Zugang zu geschlossenen Räumen und die Belastung durch Stäube am Arbeitsplatz zu befolgen.

Bei Anwendungen mit bestehender Explosions- oder Brandgefahr sind die relevanten Verfahrensweisen zur Risikominderung anzuwenden.

Fördergurteinlass zwischen dem Obergurt und dem Untertrum (**Abbildung 7.6**). Wenn dieser Vorhang zwischen der Wandung der Schurre montiert wird, wirkt er als Barriere, schließt die Kopftrammel ein und reduziert die Luftbewegung.

LUFTKONTROLLE ≈ STAUBKONTROLLE

Zum Abschluss...

Der Staub wird vom Luftstrom getragen, der im Förderprozess am Übergabepunkt entsteht (**Abbildung 7.7**). Obwohl es auch ohne Luftströmungen zur Staubbildung kommt, wird dennoch das Entweichen des Staubs reduziert, wenn keine Luftströmung vorhanden ist. Je besser die Luftbewegung an einem Übergabepunkt (oder in einer ganzen Anlage) beherrscht wird, desto besser können die Staubemissionen kontrolliert werden.

Vorausblick...

Dieses Kapitel „Luftkontrolle“ ist das zweite Kapitel im Abschnitt „Das Beladen des Bandes“ und es folgt den Themenkreisen über Kehrtrommeln und Übergangsbereiche im Kapitel „Vor der Ladezone“. Die folgenden zwei Kapitel setzen die Diskussion in diesem Abschnitt über die Reduzierung von Staub- und Materialverlusten durch verbesserte Materialkontrolle fort: Kapitel 8 handelt von konventionellen Übergabeschurren und Kapitel 9 befasst sich mit den Hilfsmitteln zur Verbesserung des Materialflusses.



Abbildung 7.7

Staub wird vom Luftstrom getragen, der beim Transport des Schüttguts durch den Übergabepunkt erzeugt wird.

REFERENZEN

- 7.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 7.2 Alle Hersteller und die meisten Fördergurtlieferanten bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte, als auch über Förderbänder im Allgemeinen.

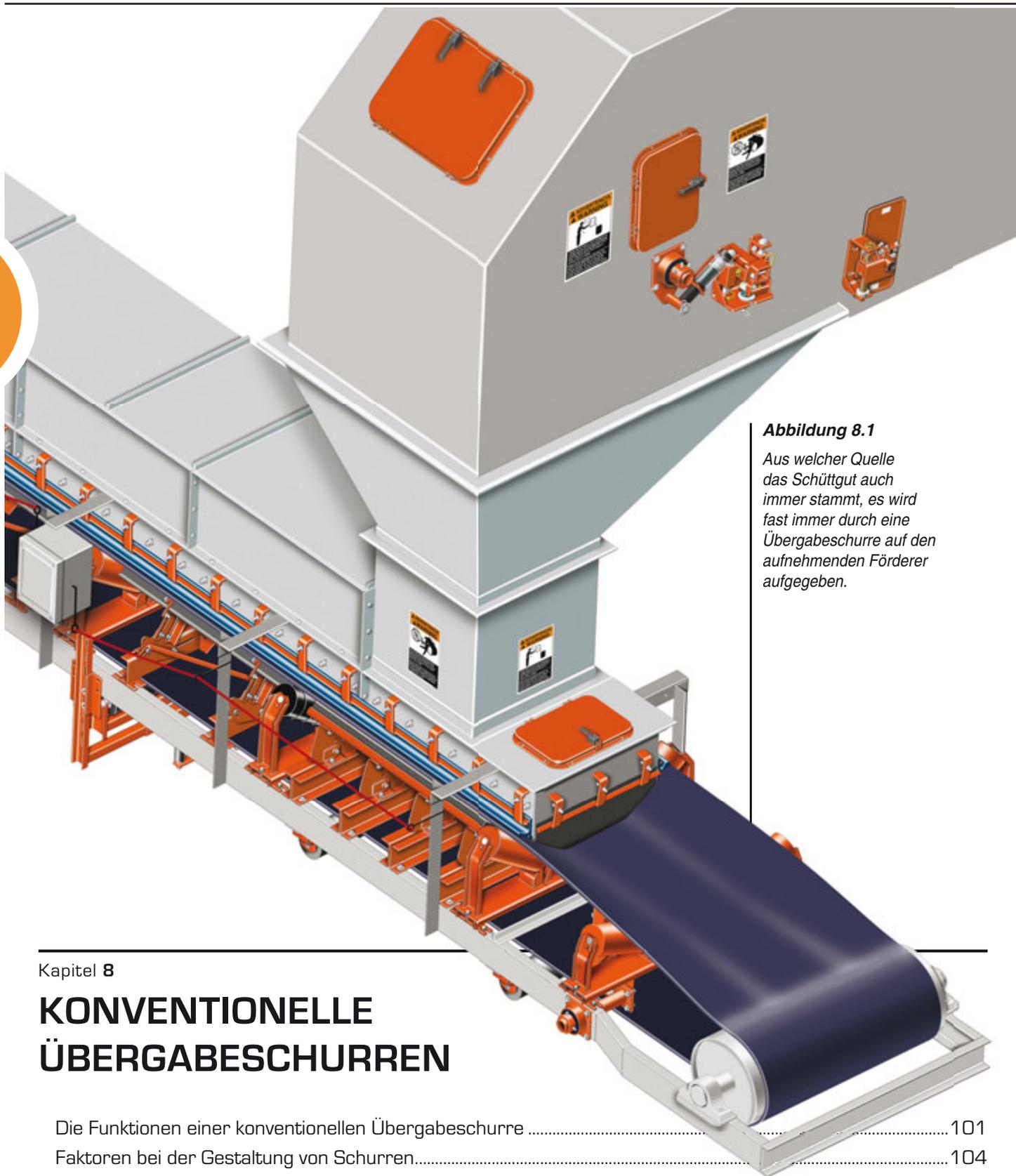


Abbildung 8.1

Aus welcher Quelle das Schüttgut auch immer stammt, es wird fast immer durch eine Übergabeschurre auf den aufnehmenden Förderer aufgegeben.

Kapitel 8

KONVENTIONELLE ÜBERGABESCHURREN

Die Funktionen einer konventionellen Übergabeschurre	101
Faktoren bei der Gestaltung von Schurren.....	104
Sicherheitsrelevante Fragen.....	113
Typische Spezifikationen	113
Weiterführende Themen.....	114
Die Aufgaben der Schurre	115

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel konzentrieren wir uns auf konventionelle Übergabeschurren: Auf ihre Funktion, ihre Gestaltung und ihre Spezifikationen. Wir besprechen eine Vielzahl der Methoden, die einen konstanten Schüttgutstrom, eine Reduzierung des Verschleißes und die Kontrolle der Luftströmung zur Vermeidung von Staub und Verschüttungen sowie eine lange Lebensdauer der Schurre gewährleisten. Eine Gleichung zur Berechnung von erforderlichen Neigungswinkel der Schurrenwände ist ebenfalls mit eingeschlossen.

Ein Gurtförderer wird mit Schüttgut von anderen Förderanlagen, Silos, Auszugs- und Aufgabereinrichtungen, mobilen Geräten, Waggons oder sonstigen Materialtransportsystemen beladen. Obwohl die Quellen variieren, wird das Schüttgut fast immer durch eine Übergabeschurre auf die aufnehmende Förderanlage übergeben (**Abbildung 8.1**).

Weil jedes Schüttgut und jede Anwendung seine eigene Charakteristik hat, müssen Übergabeschurren mehr sein als nur hohle Behältnisse, die das Schüttgut kanalisieren. Eine gut konzipierte Schurre kontrolliert das Fließen des Schüttguts, verhindert Blockaden, reduziert sowohl Verschüttungen als auch Staubentstehung und senkt dadurch die Wartungskosten der Anlage. Bei der Gestaltung einer wirksamen Schurre müssen nicht nur die im Laufe der Zeit variierenden Schüttguteigenschaften berücksichtigt werden, sondern auch die Interaktionen des Schüttguts mit den Schurrenwänden, Einbauten und angrenzenden Gewerken.

DIE FUNKTIONEN EINER KONVENTIONELLEN ÜBERGABESCHURRE

Eine konventionelle Übergabeschurre erfüllt ihren Zweck, wenn damit die folgenden Ziele erreicht werden (**Abbildung 8.2**):

- A. Störungsfreie Übergabe des Schüttguts mit der vorgegebenen Durchflussmenge
- B. Schutz des Personals vor Verletzung
- C. Minimierung des flüchtigen Schüttguts
- D. Die Rückführung des abgestreiften Schüttguts zum Haupt-Schüttgutstrom
- E. Wartungsfreundlichkeit

Bei der Konzeption einer Schurre sind oft Kompromisse notwendig, weil Förderanlagen normalerweise nicht als eigenständige Einheit, sondern als Teil von komplexen Systemen verwendet werden. Vorgegebene Umgebungsbedingungen erlauben oftmals keine optimale Gestaltung der Schurren. Folglich sind die oben genannte Ziele nicht als absolute Voraussetzungen zu betrachten, sondern eher als eine ideale Vorstellung.

Bei der Gestaltung konventioneller Übergabeschurren kommen viele Regeln zur Anwendung, die sowohl auf Erfahrung und als auch auf technisch-wissenschaftlichen Prinzipien basieren. Manchmal stimmen diese überein, manchmal aber widersprechen sie sich. Die Gestaltung von Schurren ist eine Kombination aus Wissenschaft und Erfahrung. Deshalb ist es immer klug, wenn man sich an einen Konstrukteur wendet, der Erfahrung mit der Handhabung der spezifischen Schüttgüter hat. (*Siehe Kapitel 22: „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“ für eine Diskussion über erweiterte Schurrengestaltung.*)

Die Übergabe des Schüttguts

Die Hauptfunktion einer Übergabeschurre ist die zuverlässige Übergabe des Schüttgutes mit der vorgegebenen Durchflussmenge. Ist diese Hauptfunktion nicht erfüllt, sind die weiteren Zielsetzungen für die Gestaltung und Funktion der Schurre nicht mehr relevant.

Schüttgüter sollten gleichmäßig und kontinuierlich durch eine Übergabeschurre fließen. Eine Übergabeschurre, die das Schüttgut schwallartig auf den Fördergurt aufgibt, führt zu einer Reihe von Problemen. Das periodische Absetzen großer Schüttgutmengen auf dem Fördergurt kann zu einer Verschiebung des Schwerpunktes und damit zum Schiefelauf des Fördergurtes führen. Die schwallartige Beladung kann eventuell eine Überbeanspruchung der Bauteile des Gurtförderers verursachen, insbesondere des



Abbildung 8.2

Eine gut konzipierte konventionelle Übergabeschurre gewährleistet die Übergabe des Schüttguts mit der vorgegebenen Tonnage ohne Blockaden im Materialfluss, mit reduziertem Risiko für das Personal und mit wenig Verschüttungen.

Antriebs oder des Gurtunterstützungssystems. Ist die Querschnittsfläche der Schurre zu klein bemessen, kann dies zu Blockaden führen.

Neue Methoden, wie die rechnergestützte Diskrete Element Methode (DEM), stehen nunmehr zur Sicherstellung des zuverlässigen Schüttgutflusses zur Verfügung. Die überwiegende Zahl konventioneller Schurren wird jedoch immer noch auf der Grundlage von Erfahrungsregeln ausgelegt.

Der Schutz der Mitarbeiter

In einigen Industriebereichen sind offene Übergaben üblich, wie z. B. in der Kies- und Sand-Industrie und Untertage. Der Trend bei der Gestaltung konventioneller Schurren geht jedoch dahin, eine möglichst umfassende Einhausung zu bauen. Die Einhausung sollte vor der Abwurftrammel beginnen und bis hin zur Beruhigungszone des aufnehmenden Förderers reichen. Die Einhausung des Übergabepunktes leitet das Schüttgut und reduziert die Schallemission. Weiterhin werden die Bediener vor zahlreichen Quetschstellen geschützt.

Die Minimierung flüchtigen Schüttguts

Die Größe der Einhausung ist oft nach dem zur Verfügung stehenden Raum bemessen. Die Funktion der Schurre bleibt deshalb oft hinter den Erwartungen zurück. Die

Übergabeschurre sollte groß genug konzipiert werden, um den Zugang für alle erforderlichen Wartungsarbeiten zu ermöglichen, und um die Luftströmung, den Überdruck der Luft und somit die Staubemission gering zu halten.

Die Gestaltung von Schurren hängt von einer Vielzahl von Kriterien ab. Zur Reduktion von Staubemission und Schüttgutverlust ist jedoch die zentrierte Beladung das entscheidende Kriterium.

Die außenmittige Beladung des Fördergurtes ist in der Praxis das wahrscheinlich häufigste Problem an Schurren, das zur Entstehung von Verschüttungen beiträgt (**Abbildung 8.3**). Meistens tritt das Problem bei Übergabepunkten auf, die die Richtung des Schüttguttransports ändern. Eine außenmittige Beladung kann auch bei „geradlinigen“ Übergabestellen auftreten, wo sich das Schüttgut innerhalb der Schurre aufgebaut hat, oder wenn sich die Abwurfparabel ändert, z. B. durch Änderungen der Schüttgutcharakteristik wie Feuchtigkeitsgehalt, Teilchengröße oder durch Änderung der Geschwindigkeit. Hierdurch kann sich das Schüttgut bevorzugt auf einer Seite des aufnehmenden Fördergurtes ansammeln. Diese Verschiebung des Schüttguts aus der Mitte verursacht Gurtschieflauf und Verschüttungen, nachdem der Gurt die Schurre verlässt (**Abbildung 8.4**).

Idealerweise geben Schurren das Schüttgut zentriert auf den Fördergurt auf. Ist dies nicht der Fall, kann der Schieflauf durch andere Lösungen, zumindest teilweise, kompensiert werden: Zentrierrollen und Gurtenkstationen. Die Installation von korrigierenden Einbauten, wie z. B. von Leitblechen oder Materialfluss-Hilfsmittel innerhalb der Ladezone bietet in Verbindung mit Gurtenkstationen eine wirksame Lösung. (Siehe Kapitel 16: „Gurt-ausrichtung“ für weitere Informationen.)

Hilfseinrichtungen, wie Leitbleche, Auskleidungen, Materialkästen und -Kaskaden, Prallbleche oder Stabroste können innerhalb der Übergabeschurre angeordnet werden, um den Schüttgutfluss zu lenken. Sie werden nachfolgend in diesem Kapitel erörtert. Zur verbesserten Zentrierung des Beladevorgangs sollte die Geometrie der Schurre auf Basis der zu erwartenden Fließigenschaften des Schüttguts berechnet werden.

Abbildung 8.3

Die außenmittige Beladung – das einseitig aufgegebene Schüttgut – ist eine der Schwierigkeiten an vielen Übergabepunkten, die zur Entstehung von flüchtigem Schüttgut beiträgt.



Abbildung 8.4

Eine außenmittige Beladung führt zu einer stärkeren Anhäufung von Schüttgut auf einer Seite des aufnehmenden Gurtes, was in Folge zu Problemen beim Geradeauslauf und zu Verschüttungen führt.



Die Rückführung des vom Gurt abgestreiften Schüttguts zum Haupt-Schüttgutstrom

An der Abwurftrammel werden Fördergurtreiner installiert, um das nach der Abwurfstelle weiterhin am Fördergurt anhaftende Schüttgut zu entfernen.

Das von den Abstreifern entfernte Schüttgut sollte dem Schüttgutstrom zurückgeführt werden, ohne dass es sich innerhalb der Schurre aufbaut. Folglich wird eine große Abtropfschurre mit steilen Wänden benötigt. Das abgestreifte Schüttgut ist meistens sehr klebrig, so dass die Abtropfschurre möglichst steile, fast senkrechte Wände haben sollte.

Um dieses gestalterische Ziel zu erreichen, müssen möglicherweise übergroße Schuppen, Schuppenauskleidungen mit niedrigem Reibungsbeiwert und/oder Hilfsvorrichtungen, wie z. B. Vibrations-Abtropfschuppen, Luftkanonen und Hilfsförderer verwendet werden. (Siehe Kapitel 14: „Bandreinigung“.)

Bei der Gestaltung einer Übergabe ist zu beachten, dass der flachste Winkel einer Schurre dort entsteht, wo geneigte Flächen aneinander stoßen. (**Abbildung 8.5**). Je steiler der erforderliche Neigungswinkel sein muss, um ein Anhaften des abgestreiften Schüttguts zu minimieren, desto steiler müssen die Neigungswinkel der Schuppenwände sein. Wo immer möglich, sollten die Ecken gerundet werden, um das Aufbauen von feinem, klebrigem Schüttgut zu verhindern.

Wartungsfreundlichkeit

Die Gestaltung der Übergabeschurre mit leichter Zugänglichkeit der Komponenten für Wartungszwecke ist für eine effiziente Instandhaltung entscheidend. Dies zu erreichen ist oftmals kein großes Problem. Der Konstrukteur der Schuppen sollte sich fragen, wie jede Komponente an der Schurre gewartet und repariert werden kann und welche Montageräume und Hebezeuge hierfür notwendig sind. An schweren Maschinen und Gewerken werden Hebeösen o.ä. vorgesehen und Hebezeuge für deren Handling geplant, für die Schuppenkomponenten ist dies oftmals nicht der Fall. Ein anderes Problem in der Praxis ist, dass die Schurre zwar gute Zugangsmöglichkeiten für Wartungsarbeiten aufweist, jedoch vor Ort andere Gewerke davor gebaut werden, wie Rohrleitungen, Stahlträger, etc. (**Abbildung 8.6**).

Ausreichend bemessener Montage- und Wartungsraum ist wesentlich, damit Schuppen in der Praxis wartungsfreundlich sind. Das von der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) herausgegebene Buch *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS*, sechste Auflage, nennt empfohlene Abstände und Freiräume für Montage- und Wartungsarbeiten an den Schuppen. (Siehe auch Kapitel 26: „Zugänglichkeit von Förderanlagen“.)

Oft ist auch der Aufbau von Gerüsten oder Arbeitsbühnen im Inneren der Übergabeschurre für Wartungs- und Reparaturarbeiten erforderlich. Das Aufstellen und der Abbau von Gerüsten ist aber meistens mit mehr Aufwand verbunden, als das Durchführen der Arbeiten selbst. Sehr hilfreich ist, wenn Auflagekonsolen oder Vertiefungen in den Schuppenwänden angebracht werden, auf denen Gerüste einfach und schnell installiert werden können. Selbstverständlich müssen die Auflagekonsolen und Vertiefungen an Stellen vorgesehen werden, an denen im Betrieb kein Schüttgut vorbei fließt und diese verschleißt.

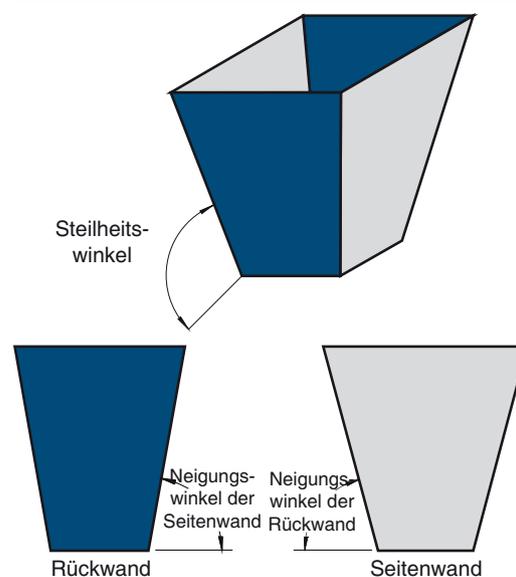


Abbildung 8.5

Der resultierende Steilheitswinkel zwischen zwei Schuppenwänden stellt den flachsten Winkel dar.



Abbildung 8.6

Die Wartungsfreundlichkeit einer Förderanlage kann durch das spätere Verlegen von Versorgungsrohrleitungen und anderer peripherer Komponenten zunichtgemacht werden.

Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an Schurren werden enorm erleichtert, wenn Verschleißteile ausgetauscht werden können, ohne dass Arbeiten innerhalb beengter eingeschlossener Bereiche erforderlich sind. Gleiches gilt für Bereiche, in denen Heißenarbeiten (Schweißen, Trennen) nur mit besonderem Aufwand möglich sind.

Nur eine Übergabeschurre, die leicht und einfach gewartet und gereinigt werden kann, wird dann auch in der Praxis tatsächlich gewartet und gereinigt. Dies wiederum führt zu hoher Produktivität und zu geringen Ausfallzeiten. (Siehe Kapitel 26: „Zugänglichkeit von Förderanlagen“ und Kapitel 28: „Instandhaltung“ für weiterer Informationen.)

FAKTOREN BEI DER GESTALTUNG VON SCHURREN

Die Gestaltung konventioneller Übergabeschurren

Übergabeschurren werden üblicherweise von erfahrenen Konstrukteuren gestaltet, die sich an die empirisch ermittelten und auf Erfahrungen beruhenden Auslegungskriterien und Berechnungsverfahren halten. Betreiber, Ingenieurbüros und Anlagenbauer haben in der Regel ihre eigenen Gestaltungskriterien für Schurren entwickelt, die deren spezifischen Anforderungen und Konstruktionsmerkmale berücksichtigen. Die Gestaltungskriterien sind in der Regel spezifisch für Industrien und Eigenschaften der verschiedenen Schüttgüter. Obwohl sich diese unterscheiden, gibt es Gemeinsamkeiten, die für alle Schurren gelten. Diese allgemeingültigen Gestaltungskriterien werden im Folgenden beschrieben.

Eine konventionelle Übergabeschurre besteht üblicherweise aus folgenden Baugruppen: (**Abbildung 8.7**):

- A. Abwurf-Einhausung
Der Bereich um die Kopftrommel des abwerfenden Förderers

- B. Fallschurre
Der Bereich, wo sich das Schüttgut in freiem Fall befindet
- C. Beladungsschurre
Der Bereich, wo das Schüttgut mit dem aufnehmenden Fördergurt in Kontakt kommt (auch Beschickungsbereich genannt.)
- D. Beruhigungszone
Eine Erweiterung der eigentlichen Schurre um die Luftströmung zu verlangsamen und Raum zu schaffen, in dem sich grobe Staubpartikel absetzen können.

Systemparameter

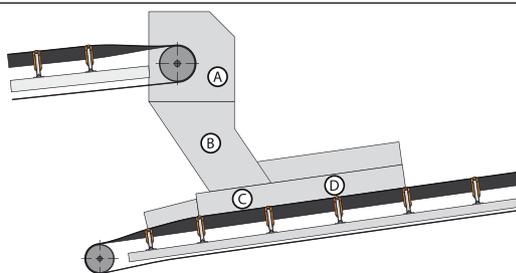
Um eine Übergabeschurre zwischen zwei Gurtförderern konstruieren zu können, müssen folgende Parameter bekannt sein:

- A. Nennkapazität - t/h
- B. Umgebungsbedingungen und deren Grenzen
- C. Schüttdichte (Zustand des Schüttguts beim Transport auf dem Förderer) - kg/m^3
- C. Schüttdichte - kg/m^3
- E. Klassifikation des Schüttgutes
- Korngrößenverteilung, Schüttgutkenngößen und spezielle Eigenschaften
- F. Die Breiten des Fördergurts des abwerfenden und des aufnehmenden Förderers, deren Geschwindigkeiten und Muldungswinkel
- G. Querschnittfläche des Schüttguts auf dem Gurt - m^2
- H. Verschaltung der verschiedenen Förderanlagen miteinander, bzw. deren Verfahrensfließbild
- I. Übersichtszeichnung mit ausreichender Bemaßung und Details des abwerfenden und aufnehmenden Förderers

Oft wird die angegebene Kapazität von Förderanlagen aus mehreren Gründen um 10 bis 20 % niedriger angegeben als die tatsächliche Kapazität, nach der sie konstruiert wurde. Die niedrigere Bewertung der Kapazität schafft einen Spielraum für schwallartige und höhere Beladungen, sie vermindert Verschüttungen und bietet einen Sicherheitsfaktor für die Erfüllung der angegebenen Kapazität. Bei der Dimensionierung von Übergabeschurren ist generell von der vollen Beladung und voller Ausnutzung der Querschnittsfläche der Förderanlage auszugehen.

Abbildung 8.7

Eine konventionelle Übergabeschurre besteht üblicherweise aus folgenden Elementen:
A) Abwurf-Einhausung,
B) Fallschurre, C) Beladungsschurre und D) Beruhigungszone.



Bei der Gestaltung konventioneller Fallschurren wird oft der Schüttwinkel des Schüttguts als Anhaltspunkt für den inneren Reibungswinkel und den Reibungswinkel zwischen Schüttgut und Schurrenwand verwendet. Der Schüttwinkel wird auch bei Festlegung der Mindestneigung der Schurrenwände und der Höhe des Schüttkegels im Inneren der seitlichen Materialführungsleisten berücksichtigt. Außerdem wird der Schüttwinkel oft für die Berechnung der Gewichtskraft verwendet, die auf den Fördergurt wirkt, um die Kräfte beim Starten des Förderers bei einer Überschüttung der Schurre zu bestimmen. Aber: Der Schüttwinkel kann die innere Reibung des Schüttguts und die Haftung an der Schurrenwand eigentlich nicht richtig darstellen.

Ein besserer Ansatz ist die Untersuchung, wie sich das jeweilige Fördergut während der Förderung tatsächlich verhält. Diese Schüttgutuntersuchung führt dann zu einer Bandbreite von Schüttguteigenschaften, die bei der Konzeption einer Fallschurre zu berücksichtigen sind. Dies verhindert auch häufig gemachte Fehler bei der Gestaltung von Übergabeschurren: die ausschließliche Berücksichtigung der maximalen Brockengröße und das Ignorieren der Unterschiede zwischen der Schüttdichte während Förderung und der „normalen“ Schüttdichte. (Siehe Kapitel 25: „Materialkunde“ für zusätzliche Informationen über Materialeigenschaften und Prüfungen)

Abwurfparabel

Die Bahn, die das Schüttgut beim Verlassen der abwerfenden Förderanlage annimmt, wird als Abwurfparabel bezeichnet. Diese wird von der Geschwindigkeit des Fördergurts, vom Neigungswinkel des abwerfenden Förderers und vom Profil des Schüttguts auf dem Fördergurt beeinflusst. Bei der Gestaltung konventioneller Übergabeschurren wird die Abwurfparabel in die Konstruktionszeichnung mit aufgenommen und dient zur Abschätzung, in welchem Bereich das Schüttgut auf der Wandung der Abwurf-Einhausung bzw. Kopfschurre auftritt. Von diesem Punkt ausgehend wird angenommen, dass das Schüttgut durch die Schurrenwände „reflektiert“ wird, wie ein Lichtstrahl durch verschiedene Spiegel. Das von der CEMA herausgegebene Buch *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS*, sechste Auflage beinhaltet detaillierte Informationen über die Berechnung und Darstellung der Abwurfparabeln.

Die häufigsten Fehler in diesem Stadium der Schurrengestaltung bestehen darin, die

Abwurfparabel falsch zu berechnen und die Auswirkungen der Reibung beim Auftreffen des Schüttguts auf der Schurrenwand zu ignorieren.

Bei der Gestaltung von Übergabeschurren denkt man heutzutage vor allem daran, den Schüttgutstrom zu kontrollieren und keinen freien Fall vom Abwurf auf den aufnehmenden Fördergurt zuzulassen. Durch das Lenken und Leiten des Schüttgutstroms über die Schurrenwände wird erreicht, dass sich der Schüttgutstrom nicht oder nur in geringerem Maße ausbreitet. Die Querschnittsfläche des Schüttgutstroms wird möglichst konstant (gering) gehalten. Auch die Fallhöhen des Schüttgutes sollten möglichst gering gehalten werden, um unnötige Entmischungen des Schüttgutes, Staubeentwicklung und Verschleiß des aufnehmenden Fördergurtes zu verhindern.

Diese Vorgehensweise erfordert die Kenntnis der zwischen dem Schüttgut und den Schurrenwänden auftretenden Reibungswerte. Bei der Gestaltung konventioneller Schurren kann der Konstrukteur die DEM-Methode einsetzen, um den Einfluss der unterschiedlichen Eigenschaften der Schüttgüter, wie z. B. des Reibungskoeffizienten, zu untersuchen. Auf dem Markt werden verschiedene DEM - Software-Pakete angeboten, die für diesen Zweck konzipiert wurden.

Abstand, Winkel und Überschneidung zwischen Förderanlagen

Der Idealfall wäre, wenn die Förderer alle in einer Richtung lägen und das Schüttgut keine Änderung der Transportrichtung durch die Übergabeschurren erfahren würde (**Abbildung 8.8**). Diese Art der Übergabe ermöglicht eine ausreichende Überlappung der Förderer zur Vermeidung der Beladung des aufnehmenden Fördergurtes im Übergangsbereich zwischen Trommel und den ersten voll gemuldeten Tragrollen. Diese Anordnung von Förderern erleichtert die Beladung des aufnehmenden Fördergurtes mit Schüttgut, ohne nennenswerte Probleme mit Verschüttungen und Verschleiß am Gurt zu erzeugen. Das Schüttgut kann problemlos mit einem Geschwindigkeitsvektor in Richtung des aufnehmenden Gurtes aufgegeben werden.

Übergabeschurren ohne Richtungsänderung werden oft verwendet, um Einzelförderer nicht zu lange werden zu lassen, um Gurtzugkräfte und Antriebsleistungen zu begrenzen, um

Förderstrecken Stück-für-Stück verlängern oder um Geräte zur Mischung, Zerkleinerung oder Auftrennung des Schüttguts integrieren zu können.

Der häufigere Fall ist jedoch, dass die Transportrichtung des Schüttgutes durch die Schurren geändert wird. (**Abbildung 8.9**).

Dies ist beispielsweise erforderlich, um den Schüttgutstrom umzuleiten, aufzuteilen oder - durch Klappen - wahlweise auf verschiedene Weisen weiter zu transportieren und unterschiedlichen Zwecken zuzuführen, wie Halden, Aufbereitungsmaschinen, Mischverfahren, etc.

Zu den typischen Problemen, die aus der Übergabe des Schüttgutes mit Richtungsänderung resultieren, gehören: Die Schwierigkeit, die richtige Geschwindigkeit des Schüttguts zu erreichen, die Abwurfparabel bzw. der Auftreffwinkel des Schüttgutes auf der Schurreninnenseite zu bestimmen, die Schwierigkeit, Staubentstehung und Verschüttungen gering zu halten sowie Probleme mit erhöhtem Verschleiß der Schurrenkomponenten und den damit verbundenen Betriebskosten.

Die Innenseiten der Schurren zeigen nach einiger Zeit Verschleißspuren. Diese Verschleißspuren verraten den tatsächlichen Weg des Schüttguts durch die Schurre bzw. die Bereiche, wo das Schüttgut auftrifft und ggf. eine Richtungsänderung erfährt. Im unteren Bereich der Schurre zeigt sich durch die Verschleißspuren auch, wie hoch das Schüttgut an den seitlichen Verschleißleisten liegt und welche Strecke es braucht, um durch den aufnehmenden Gurt beschleunigt zu werden. Die Turbulenzen des Schüttgutes innerhalb der Schurre sind zwar nicht mehr sichtbar, wenn das Schüttgut die Schurre bzw. die Beruhigungszone verlässt, sie verursachen jedoch erhöhten Verschleiß an Auskleidungen, Verschleißleisten und Seitendichtungen.

Die bei der Beladung des Gurtes wirkenden Kräfte können zu Gurtschieflauf führen. Hierbei kann die Gurtkante einseitig unter die Verschleißleisten geschoben werden, wodurch die Seitendichtung nach unten rutscht und verhindert, dass der Gurt „zurückkommt“. Sobald sich die Kräfteverhältnisse am Gurt ändern und der Gurt in seine zentrale Lage zurückkehren würde, entstehen seitliche Kräfte auf die Dichtung. Hierdurch bildet sich hohe Reibung und ggf. Überhitzungen, die Dichtung wird beschädigt oder durchtrennt. Die Folge sind massive Verschüttungen und das Risiko der Entzündung brennbarer Schüttgüter (**Abbildung 8.10**).

Glücklicherweise gibt es eine Anzahl von Möglichkeiten und Komponenten, um den Schüttgutstrom in die gewünschte Richtung und zentriert auf den aufnehmenden Gurt zu lenken.

Abbildung 8.8

Bei der linearen Anordnung der Förderer läuft sowohl der abwerfende als auch der aufnehmende Förderer in dieselbe Richtung.



Abbildung 8.9

Eine nichtlineare Anordnung der Übergabe ist erforderlich, um die Transportrichtung des Schüttguts zu ändern, Schüttgüter zu trennen, aufzuhalden bzw. den Schüttgutstrom aufzuteilen.



Abbildung 8.10

Eine außermittige Beladung des Fördergurtes kann diesen zur Seite drücken, wobei die Seitendichtung neben den Gurt fallen kann. Der Gurt läuft gegen die Seitendichtung an und kann beschädigt werden.



Einer der häufigsten Fehler bei der Gestaltung von Förderanlagen besteht darin, keine ausreichende Überschneidung der Förderstrecken vorzusehen. Dies führt dazu, dass der Gurt im Übergangsbereich beladen wird und nicht genügend Platz für den Einbau von Abstreifern gegeben ist. Der Betrieb der Förderanlagen wird immer mit regelmäßigem Verstopfen der Schurren, flüchtigem Schüttgut und hohem Verschleiß belastet sein.

Durch eine Beladung im Übergangsbereich wird versucht, einige Längmeter am Förderer einzusparen, um dadurch Kosten zu reduzieren. Es ist bekannt, dass diese Praxis zahlreiche Probleme bei der Beladung und der Abdichtung sowie erhöhten Verschleiß hervorruft und deshalb vermieden werden sollte.

Die generelle Regel bei der Gestaltung der Schurren besagt, dass die Fallhöhe auf ein Minimum reduziert werden soll, um die Aufprallenergie und Staubeinstehung gering zu halten. Das gilt nicht ganz bei einer Übergabeschurre mit Abwurfleithaube und Auffangtrichter („Hood“ und „Spoon“), wo eine Mindest-Fallhöhe erforderlich ist, um deren Funktion zu gewährleisten. Bei diesem Verfahren wird der Schüttgutstrom durch das Zusammenspiel der geometrischen Gestaltung, der Schwerkraft und der Reibung auf die richtige Geschwindigkeit und Richtung eingestellt (**Abbildung 8.11**). Das Konzept der Auffangtrichter bietet zahlreiche Vorteile. Ein Auffangtrichter sollte entweder schon bei der ursprünglichen Installation der Schurre enthalten oder nachrüstbar sein, um zukünftige Anforderungen an Schurren erfüllen zu können. (Siehe Kapitel 22: „Technisch ausgelegte Übergabeschurren.“)

Gestaltungskriterien für Übergabeschurren

Die Abmessungen der Abwurf-Einhausung (Abwurf- oder Kopfschurre) im Bereich der Abwurftrummel werden üblicherweise durch die Anordnung der Förderer zueinander, die Zugänglichkeiten für Wartungs- und Reparaturarbeiten und durch die Abwurfparabel bestimmt.

Der Durchmesser und die Breite der Abwurftrummel sind Basis, um die Abmessungen der Abwurf-Einhausung festzulegen. Der Abstand zwischen der Wand der Einhausung und dem Rand der Abwurftrummel sollte gering genug sein, damit große Brocken nicht vom Ober- auf den

Untergurt fallen oder sich zwischen Trommel und Wand verklemmen können. Typischerweise beträgt der Abstand 50 mm bis 75 mm auf jeder Seite. Bei der Entscheidung über den Abstand ist die Wartung und Reparatur der Trommel und des Trommelbelages zu berücksichtigen, also auch die Zugänglichkeit zu den Naben der Trommel.

Die Abwurf-Einhausung sollte eine solche Länge haben, dass sie mindestens bis an die letzte voll gemuldete Tragrollenstation zurück reicht. Nur so verbleiben Schüttgut-Partikel innerhalb der Schurre, die sich im Bereich der Abmuldung vom Gurt lösen. Der freie Querschnitt auf der Eintrittsseite der Einhausung sollte möglichst klein sein, um die Luftmenge, die durch die Schurre durchströmt, gering zu halten. Hierzu verwendet man Staubvorhänge am Obergurt und Abdichtungsgummis am Untergurt. (**Abbildung 8.12**).

Sobald der Schüttgutstrom durch den ersten Kontakt mit der Einhausung bzw. deren Einbauten wie Lenk- /Leitblechen oder der Abwurfleithaube nach unten umgelenkt wird, schließt sich dort in der Regel eine Fallschurre an. Diese ist oftmals rohrartig ausgebildet, um den Schüttgutstrom korrekt

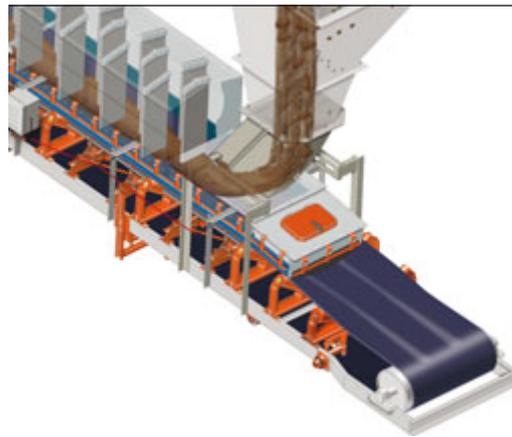


Abbildung 8.11

Das Verfahren mit Abwurfleithaube und Auffangtrichter nutzt die Schwerkraft, um die Strömungsgeschwindigkeit des Schüttgutes zu steuern.



Abbildung 8.12

Um die durch die Schurre durchströmende Luftmenge zu reduzieren, sollte der Eintrittsbereich am Obergurt mit Staubvorhängen und am Untergurt mit Abdichtungsgummis versehen werden.

auf den aufnehmenden Förderer auszurichten. Fallschurren müssen steil genug sein, damit sich keine Schüttgutablagerungen an den Wänden bilden, und im Querschnitt ausreichend groß sein, um Blockaden im Materialfluss zu verhindern.

Eine allgemein bekannte und anerkannte Regel ist, die Querschnittsfläche der Fallschurre mindestens 4-mal so groß zu wählen wie die Querschnittsfläche des Schüttgutsstroms. Es wird ebenfalls allgemein als gültig anerkannt, dass die Mindestmaße für Breite und/oder Tiefe der Fallschurre mindestens 2,5-mal so groß sein sollen wie der größte zu erwartende Brocken, der die Schurre passiert. Viele Konstrukteure erhöhen diese Richtwerte auf der Grundlage der Erfahrungen, die sie mit speziellen Schüttgütern gemacht haben. In einigen Fällen, wo das Schüttgut eine gleichförmige Größe aufweist und frei fließt, können diese Verhältnisse auch reduziert werden, insbesondere wenn die Schurre spezifisch und unter Berücksichtigung der tatsächlichen Schüttguteigenschaften konstruiert wird.

Die Breite der Beladungsschurre (Bereich wo das Schüttgut auf den aufnehmenden Förderer übergeben wird) sollte so gewählt werden, dass auf der Außenseite ausreichend Abstand zur Gurtkante verbleibt, um geeignete Seitendichtungen installieren zu können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Gurt zu einem bestimmten Maß schief laufen kann. (Siehe Kapitel 11: „Einhausungen“).

Der häufigste Fehler in diesem Stadium der Konstruktion ist ein zu abrupter Übergang zwischen der Fallschurre und der Beladungsschurre. Hierbei können Wandungswinkel in der Schurre entstehen, die zum Aufbau von Schüttgut und zu Blockaden führen. Gängige Praxis ist, Neigungswinkel von mindestens 60° vorzugsweise 75° zu wählen (**Abbildung 8.5**).

Abbildung 8.13
Leitbleche werden zur Absorption der Impulskräfte und zur Reduzierung des Verschleißes in einer Schurre verwendet.



Kontrolle des Verschleißes und des Schüttgutflusses

Die Übergabeschurre wird normalerweise für den maximalen Durchsatz und einen konstanten Weg des Schüttgutes ausgelegt. Allerdings verändert sich die Strömung des Schüttgutes durch Änderungen der Schüttguteigenschaften, der Tonnage, dem Verschleißzustand der Schurre und sich bereits gebildeter Schüttgutablagerungen an den Schurrenwänden.

Leitbleche

Leitbleche werden innerhalb der Schurre dort verwendet, wo das Schüttgut durch die Abwurfparabel zum ersten Mal auftrifft. Leitbleche absorbieren die Aufprallkräfte und den Verschleiß. (**Abbildung 8.13**). Wichtig ist, einen ausreichenden Abstand zwischen den Leitblechen und den Wänden der Einhausung und der Fallschurre vorzusehen, damit sich dort keine großen Brocken verklemmen können, und sich kein umherspritzendes Schüttgut ablagern kann. Anderenfalls kann die Schurre schnell verstopfen.

Bei der Inbetriebnahme des Systems ist gegebenenfalls eine Feinjustierung des Schüttgutstromes notwendig. Dies zeigt sich beim ersten Berühren des Schüttguts mit den Leitblechen.

Gängige Praxis ist, Leitbleche in der Beladungsschurre während der Inbetriebnahme eines neuen Fördersystems einzubauen. Diese verbessern die Zentrierung des Schüttgutstromes. Größe, Position und Ausrichtung der Leitbleche wird meistens im „Trial-and-Error“-Verfahren festgelegt, also durch Ausprobieren. Solche Leitbleche sollten einstellbar ausgeführt werden, frei zugänglich und mit möglichst geringem Aufwand auswechselbar sein. Wichtig ist, dass der Schüttgutstrom beobachtet werden kann und die Leitbleche, bzw. deren Verstell-Einrichtungen gut und einfach zugänglich sind. Durch das Leiten von großen Schüttgutbrocken in die Mitte der Schurre bzw. in die Mitte des aufnehmenden Gurtes wird ggf. auch der Lasteintrag in den Fördergurt verringert. Zentriert aufgegebene Brocken verringern das Risiko von Beschädigungen der Verschleißleisten und Seitendichtungen und springen nicht so leicht über die Kanten des Fördergurtes neben den Förderer.

Gekantete Verschleißleisten auf den Innenseiten der Beladeschurre bzw. der

Beruhigungszone können in einigen Fällen das Problem nicht zentrierter Beladung verringern. Ein oder mehrere Leitbleche können notwendig sein, um das Trägheitsmoment des Schüttgutstroms zu überwinden, den Schüttgutstrom in die richtige Richtung und zentriert auf den Gurt zu leiten.

Dennoch: Leitbleche müssen mit Bedacht konstruiert und verwendet werden. Ungeeignete Leitbleche führen zum Verklemmen vom Brocken und zu Blockaden.

Eine beliebte Vorgehensweise zur Führung des Schüttgutflusses durch die Übergabeschuppe und zur Reduzierung der Impulskräfte ist der Einbau von Stabrosten oder von Materialkästen.

Stabroste

Stabroste - auch Stangenroste oder Siebroste genannt - in der Übergabeschuppe bewirken, dass die Feianteile zuerst auf den Fördergurt fallen und dort eine Art Schutzlage bilden. Die Brocken, die nicht zwischen den Stäben durchpassen, rutschen entlang der Neigung nach unten und landen auf der zuvor aufgetragenen Lage von Feianteilen auf dem Fördergurt. Stabroste werden auch zum Aussortieren von übergroßen Brocken verwendet, um diese von den Förderern fernzuhalten, wie bzw. an Lkw-Entladeeinrichtungen. (**Abbildung 8.14**).

Materialkästen

Materialkästen bestehen aus einem Kasten in der Abwurfschuppe, wo sich ein Polster aus Schüttgut ausbildet (**Abbildung 8.15**). Nachfolgendes Schüttgut fließt über dieses abgelagerte Schüttgut hinweg oder weicht ihm aus. Dadurch wird die abrasive Wirkung von der Schuppe auf das abgelagerte Schüttgutpolster übertragen, die Gesamtfallhöhe und die Impulskräfte aus dem Schüttgut reduziert. (**Abbildung 8.16**).

Materialkaskaden, zusammengesetzt aus einer Reihe von Prallblechen oder „Mini“-Materialkästen, werden zur Minderung der Impulskräfte und zur Kontrolle der Schüttgutgeschwindigkeit beim Durchfließen größerer Fallstrecken verwendet (**Abbildung 8.17**). Materialkaskaden werden normalerweise wechselseitig in der Schuppe angeordnet, so dass das Schüttgut nie mehr als 1,5 m bis 2 m frei fällt.

Materialkästen und -kaskaden sind am besten geeignet bei Schuppen für Sand,

Kies oder Hartgestein (**Abbildung 8.18**). Die Materialkaskaden sind am effektivsten, wenn sich die physikalischen Bedingungen und die Tonnagen im Laufe der Zeit nicht ändern, weil es hierbei wichtig ist, dass sich das fließende Schüttgut gleichförmig über das Schüttgutpolster hinwegbewegt. Hier müssen die kohäsiven Eigenschaften des Schüttguts sehr sorgfältig und genau beurteilt werden (zum



Abbildung 8.14

Stabroste (Stangenroste oder Siebroste) - in der Schuppe bewirken, dass die Feianteile zuerst durchfallen und auf dem Fördergurt eine Schutzlage bilden. Stabroste werden auch als Fanggitter verwendet, um übergroße Brocken von Fördersystemen fernzuhalten.

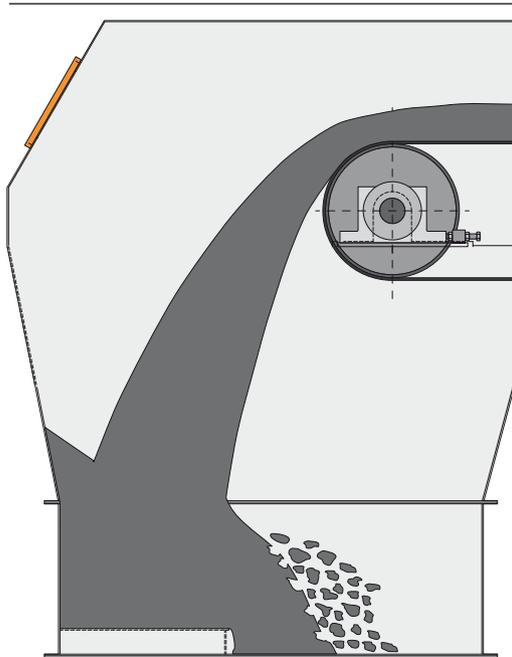


Abbildung 8.15

Materialkästen bestehen aus einem Absatz in der Abwurfschuppe, wo sich ein Polster des transportierten Schüttguts kontrolliert anhäuft.



Abbildung 8.16

Materialkästen schützen die Schuppe von der direkten abrasiven Wirkung; die Gesamtfallhöhe wird reduziert und die Impulskraft dadurch abgeleitet, dass das Schüttgut auf dem bereits aufgebauten Schüttkegel abprallt.

Beispiel auch unter nassen Bedingungen), um Anbackungen zu vermeiden, die die Schurre verstopfen können. Materialkästen sollten nicht in Schurren für Schüttgüter verwendet werden, deren Partikel leicht zerrieben werden können, bei großen Brocken, die den Durchfluss blockieren oder zu einem Rückstau führen könnten oder wenn unterschiedliche Schüttgüter in der Schurre transportiert werden sollen.

8

Abbildung 8.17

Materialkaskaden bestehen aus einer Serie von „Mini“-Materialkästen und werden zur Reduzierung der Impulskräfte sowie zur Reduzierung der Schüttgutgeschwindigkeit bei größeren Fallstrecken verwendet.

**Abbildung 8.18**

Materialkästen und -kaskaden sind besonders geeignet für den Einsatz bei Sand, Kies oder Hartgestein. Anmerkung: Das Bild zeigt die Ansicht von der Abwurftrömmel in die Schurre.

**Abbildung 8.19**

Prallbleche werden in einer Beladezone in den Schüttgutstrom gestellt, um die Flussrichtung zu ändern und die Impulskräfte zu absorbieren.



Prallbleche oder Gitter

Eine andere Methode zur Lenkung des Schüttgutstromes und zur Absorption der Impulskräfte innerhalb der Übergabeschurre ist das Verwenden von Prallblechen oder -gittern (**Abbildung 8.19**). Ein Prallblech wird in der Schurre montiert, um die Impulskräfte aus dem Schüttgutstrom zu absorbieren. Prallbleche werden oft bei Übergaben verwendet, die die Transportrichtung des Schüttgutes ändern, hohe Fördergeschwindigkeiten vorliegen und besondere Umstände (wie z. B. nicht ausreichender Raum und Budgets) die Verwendung geräumiger Schurren ausschließen.

Manche Prallbleche sind so konzipiert, dass das Schüttgut aufgefangen wird, um die Wandung der Schurre zu schonen. Das nachfolgende Schüttgut prallt von dem Aufgestauten ab, ohne den Rost oder die Wandung der Schurre tatsächlich zu berühren. Der Spalt zwischen der Kopftrömmel und dem Prallblech ist sorgfältig zu bemessen, damit sich keine übergroßen Brocken oder Fremdmaterial zwischen der Trömmel und dem Blech verklemmen können, und dass sich kein kohäsives Schüttgut (mit hoher Feuchtigkeit) ansammeln und einen Rückstau in der Übergabeschurre verursachen kann.

Die Auswahl geeigneter Materialien und die sorgfältige Gestaltung und Platzierung von Prallblechen und -gittern kann die Standzeit dieser Verschleißkomponenten wesentlich verlängern.

Verschleißauskleidungen

Die konstante Impulskräfte und das Schleifen des Schüttguts entlang der Seiten der Übergabeschurre ist die Hauptursache für Verschleiß in einer Schurre. Zusätzlich zu den oben besprochenen Materialkästen, -kaskaden und Prallblechen gibt es noch eine Methode zur Minderung des Verschleißes an der Schurre selbst, nämlich die Verwendung von Verschleißauskleidungen in der Schurre. Diese Auskleidungen können auch eingebaut werden, um die Reibung des Schüttgutes an den Wänden und/oder die Adhäsion des Schüttgutes zu reduzieren. Hierbei sollte ein Material ausgewählt werden, das sowohl verschleißfest ist, als auch das Fließen des Schüttgutes verbessert. (Siehe Kapitel 12: „Verschleißauskleidungen“ für weitere Informationen.)

Das Beladen des aufnehmenden Förderers

Ein anderes Phänomen an Übergabepunkten ist das Aufstauen des Schüttgutes, dort wo es senkrecht auf einen schnell laufenden Fördergurt auftrifft. Das sich noch nicht mit der Geschwindigkeit des Gurtes bewegende Schüttgut häuft sich auf dem Fördergurt an (**Abbildung 8.20**). Wenn ein Schüttgutpartikel auf den Gurt fällt, springt er ggf. hoch, dreht sich und verbraucht hierdurch seine kinetische Energie, bis er von der Bewegung des aufnehmenden Gurtes vollständig erfasst wird. Hierbei staut sich das Schüttgut auf dem Gurt auf, kann sich seitlich oder an der Rückseite der Schurre ansammeln und sich aus der Schurre herausdrücken. Je größer der Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des Schüttguts und des aufnehmenden Gurtes ist, desto länger und höher wird die Anhäufung auf dem Gurt. In dem Maß wie diese Anhäufung anwächst, wird es immer schwieriger, die Übergabe dicht zu bekommen und den Verschleiß der Deckplatten des Fördergurtes gering zu halten.

Zur Beseitigung dieses Phänomens kann ein Beschleunigungsförderer eingesetzt werden (**Abbildung 8.21**). Eine andere Lösung ist die Verwendung einer gebogenen Beladungsschurre bzw. Rampe oder eines Auffangtrichters, um die Geschwindigkeit und die Richtung des Schüttgutstroms zu steuern und dem aufnehmenden Gurt anzupassen (**Abbildung 8.22**). Diese gekrümmten Beladungsschuppen leiten das Schüttgut und lassen es auf die Mitte des aufnehmenden Gurtes fließen. Das sanftere Aufgeben des Schüttguts auf den aufnehmenden Gurt reduziert die seitliche Bewegung und das Fließen des Schüttguts über die Gurtkanten hinweg. Es wird weniger Energie freigesetzt, es entsteht weniger Luftbewegung und somit weniger Staub. Der Neigungswinkel der Schurre vom abwerfenden zum aufnehmenden Förderer sollte flach genug sein, damit Brocken nicht übermäßig springen, nachdem sie auf dem Fördergurt landen. Eine Schurre mit möglichst geringem Neigungswinkel und mit der richtigen

Beladungsrichtung und Geschwindigkeit bewirkt, dass die Brocken in einem streifenden, idealerweise tangentialen Winkel auf dem Fördergurt auftreffen (**Abbildung 8.23**). Dadurch prallt das Schüttgut in geringem Maße zurück, da es sich bereits in Richtung des aufnehmenden Gurtes bewegt und springt nicht wieder in Richtung des nachfolgend ankommenden Schüttgutstromes. Eine gekrümmte Schurre reduziert das Risiko eines Schadens am Fördergurt, Partikelveränderungen und Staubentstehung.

Ist der Neigungswinkel der Schurre zu flach, wird sich der Schüttgutstrom soweit verlangsamen, dass sich das Schüttgut aufstaut. Insbesondere beim Abschalten des Förderers wird die Schurre verstopfen. Typische Neigungswinkel für konventionell gestaltete Schuppen liegen zwischen 60° und 75° , bezogen auf die Gerade, auf der sich der aufnehmende Förderer bewegt (**Abbildung 8.5**).

Luftströmung

Die geschickte Konstruktion einer Übergabeschurre kann die Staubentstehung gering halten. Dies wird erreicht, in dem die „induzierte“ Luftströmung gering gehalten wird. Die „induzierte“ („induced“) Luftströmung entsteht durch Impulsübertragung zwischen den bewegten Schüttgutpartikeln und der Luftsäule innerhalb der Schurre. Die der Schurre sich anschließende Beruhigungszone sollte groß genug ausgebildet



Abbildung 8.20

Das Aufstauen des Schüttguts in der Beladungszone entsteht, wenn sich dieses noch nicht mit der Geschwindigkeit des Gurtes bewegt.

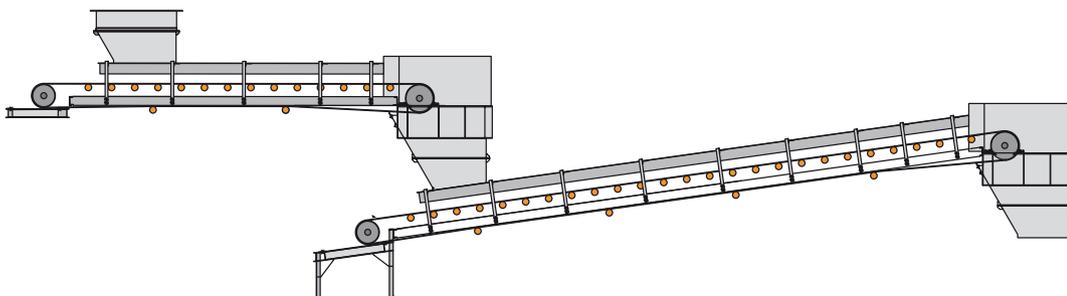


Abbildung 8.21

Beschleunigungsförderer werden eingesetzt, um das Schüttgut etappenweise auf die endgültige Geschwindigkeit zu bringen.

sein, um die Luftströmung zu bremsen. Durch den Strömungswiderstand der Beruhigungszone wird der Überdruck der Luft reduziert, der wiederum die Luftmenge vermindert, die durch die Schurre hindurch bewegt wird. (Siehe Kapitel 7: „Luftkontrolle“ und Kapitel 11: „Einhausungen“ für weitere Informationen.)

Die Beruhigungszone sollte so großzügig konstruiert sein, dass die Strömung so reduziert wird, dass sich Stäube aus der Luft absetzen können und zurück in den Schüttgutstrom gelangen.

Aufbau der Schurre

Die Übergabeschurre ist üblicherweise aus unlegiertem Baustahl oder aus Edelstahl gebaut. Die Wahl des Materials richtet sich nach den Eigenschaften des zu transportierenden Schüttgutes und den Anforderungen des Einsatzumfeldes der Schurre.

Die Auswahl der Blechstärke für die Übergabeschurre hängt von der Schüttgutcharakteristik, der Tonnage und den Festigkeitsanforderungen an die Schurre ab. Wenn die Schurrenwand gleichzeitig statisch tragend und als Verschleißfläche gedacht ist, ist deren Minimalstärke zu bestimmen und zu überwachen, um die Festigkeit der Schurre jederzeit sicherzustellen.

Üblicherweise sind Vorgaben, bzw. Normen zur Berechnung der Festigkeiten für die Konstruktion der Schurre ausschlaggebend, dennoch obliegt es dem Konstrukteur alle auftretenden Kräfte zu berücksichtigen, die an einer Schurre auftreten. Einige der wichtigen, zu beachtenden Kräfte resultieren aus dem Eigengewicht der Schurre, den Staub- und Schüttgutablagerungen, Schnee, Eis, Windlasten, ggf. Verkehrslasten, dem Schüttgut im Falle einer Überschüttung und den Reaktionskräften des Schüttgutstroms. Arbeitsbühnen rund um die Schurren müssen stabil genug aufgestellt sein, um dort alle Wartungs- und Reparaturarbeiten ausführen zu können.

Für den Transport und für den anschließenden Zusammenbau vor Ort sollten Übergabeschurren in gut handhabbare Segmente unterteilt sein. Für das Umrüsten von existierenden Schurren müssen die Schurrensegmente auch so konzipiert sein, dass diese durch vorhandene Öffnungen, Begehungen, Aufzugsschächte und durch vorhandene Kräne auf der Baustelle eingebracht und montiert werden können.

Herstellung und Montage der Übergabeschurren sind so sorgfältig durchzuführen, dass keine Absätze in den Innenflächen der Schurren entstehen, die zu Fließproblemen des Schüttguts führen und die Sorgfalt der Konstruktion wieder zunichtemachen. Bereits Abweichungen von ± 3 mm beim Ausrichten von Verschleißauskleidungen oder

Abbildung 8.22

Eine gekrümmte Materialeinspeisung bzw. -rinne kann das Schüttgut mit der richtigen Geschwindigkeit und Richtung auf den aufnehmenden Gurt leiten.



Abbildung 8.23

Der Neigungswinkel der Schurre vom abwerfenden zum aufnehmenden Förderer sollte flach genug sein, damit das Schüttgut in einem Winkel auf dem Fördergurt auftrifft, durch den das Hochspringen der Brocken vom aufnehmenden Gurt verhindert wird.

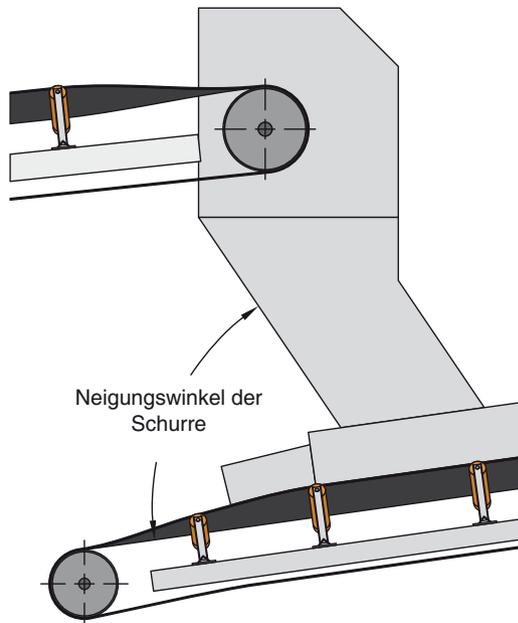


Abbildung 8.24

Trotz aller Maßnahmen, die bei der Gestaltung und Ausführung ergriffen werden, kann es immer dazu kommen, dass sich in Übergabeschurren Schüttgut aufbaut.



Schurrenkomponenten können zu Problemen führen. Die in eine genaue Schurrenmontage investierte Zeit macht sich durch einen verbesserten Wirkungsgrad, eine vereinfachte Instandhaltung und eine Reduzierung des flüchtigen Schüttguts mehrfach bezahlt.

Trotz der besten Absichten und Praktiken beim Konstruieren von Schurren gibt es Umstände, bei denen sich Schüttgut in Übergabeschurren aufbaut. Schüttgüter mit hoher Feuchtigkeit können an Wänden anhaften oder während des Betriebes im Winter sogar anfrieren (**Abbildung 8.24**). Ein kontinuierlicher Betrieb kann zu einer Verdichtung der Schüttgutkrusten an der Schurrenwandung und zum weiteren Aufbau von Schüttgut sowie möglicherweise zu einer vollständigen Blockade der Schurre führen. Schon während der Gestaltung der Schurre sollten Vorkehrungen für eventuell künftig benötigte Materialfluss-Hilfsmittel vorgesehen werden, z. B. für Vibratoren oder Luftkanonen. (Siehe Kapitel 9: „Materialfluss-Hilfsmittel“ und Kapitel 22: „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“.)

Zugang zur Schurre

Eine eingehauste Übergabeschurre muss über Öffnungen verfügen, die eine visuelle Inspekti-

on und Zugang für Wartungs-, Reinigungs- und Reparaturarbeiten ermöglichen. Weiterhin muss ein klar definierter Zugangsweg zu den Öffnungen vorgegeben sein. Kontrollöffnungen, wie z. B. schwenkbare Inspektionstüren, sollten so platziert sein, dass diese vom Schüttgutstrom ausreichend weit entfernt liegen, aber dennoch so, dass der Schüttgutstrom und der Verschleiß an den Innenwänden gut beobachtet werden kann (**Abbildung 8.25**).

Gitter oder Schutzeinrichtungen müssen so platziert werden, dass die Bediener bei der Beobachtung des Schüttgutstromes vor Quetschstellen und sich bewegenden Komponenten und Schüttgutbrocken immer sicher geschützt sind. Inspektionstüren und -abdeckungen sollten korrosionsbeständig und mit einer staubdichten



Abbildung 8.25

Inspektionstüren sollten vom Schüttgutstrom entfernt platziert werden, jedoch so, dass die Bewegung des Schüttguts und der Verschleiß auf den Innenseiten beobachtet werden kann.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Die Sicherheitsvorschriften fordern, dass die Zugänglichkeit insoweit beschränkt sein muss, dass das Personal die Schurre nicht befahren oder begehen kann, bis sowohl an der entladenden als auch an der aufnehmenden Fördereinheit entsprechende Sicherungsmaßnahmen erfolgt sind, einschließlich der Absperrung mit Schlössern (lockout), dem Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), dem blockieren/verkeilen (blockout) und dem Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout). Ohne entsprechende Schulung über die Sicherungsmaßnahmen in umschlossenen Räumen darf niemand in eine Schurre einsteigen.

Die Bauteile und Auskleidungen von Übergabeschurren sind groß, schwer und dürfen nur mit entsprechendem Gerät sowie mit der erforderlichen Vorsicht bewegt werden.

Wenn Materialfluss-Hilfsmittel (wie z. B. Luftkanonen) eingebaut sind, muss vor der Wartung derartiger Geräte eine ordnungsgemäße Abschalt-

ung erfolgen. Sie müssen durch Absperrung mit Schlössern, dem Anbringen von Verriegelungsanhängern, blockieren/verkeilen (blockout) und dem Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung gesichert werden.

Den Mitarbeitern, die an den Übergabeschurren arbeiten, muss die potentielle Gefährdung durch herabfallendes Material bewusst sein, das sich entweder vom darüber liegenden Fördergurt oder von der Wandung der Schurre lösen kann. Es wird empfohlen, dass die Schurre vor dem Einstieg inspiziert und gründlich gereinigt wird.

Besonders wichtig ist die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen bei Arbeiten in der Umgebung radioaktiver Messgeräte zur Überwachung der Füllhöhe oder für die Onlineanalyse des Schüttgutes in Übergabeschurren.

Zur Vermeidung von statischer Elektrizität müssen Schurren und deren Aufbauten geerdet werden.

Abdichtung versehen sein. Trennende Schutzeinrichtungen müssen vor Ort so angebracht sein, dass keine Gefährdung durch den Schüttgutstrom entsteht und kein Bediener in die Schurre und den Schüttgutstrom eingreifen kann.

Oft wird bei der Gestaltung von Übergabeschurren eine Zugangsmöglichkeit für den Austausch der Verschleißauskleidungen an der Schurre oder für die Wartung der Fördergurtreiniger gänzlich vergessen.

Einige Schurren sind zu eng gebaut, damit Menschen darin arbeiten können. Damit diese Schurren repariert oder deren innenliegende Verschleißauskleidungen ausgetauscht werden können, müssen sie entsprechend konstruiert sein und über Zugangsmöglichkeiten verfügen. Eine Möglichkeit ist, die Schurren in einzelnen Segmenten aufzubauen, die separat austauschbar sind. (Siehe Kapitel 26: „Zugänglichkeit von Förderanlagen“.)

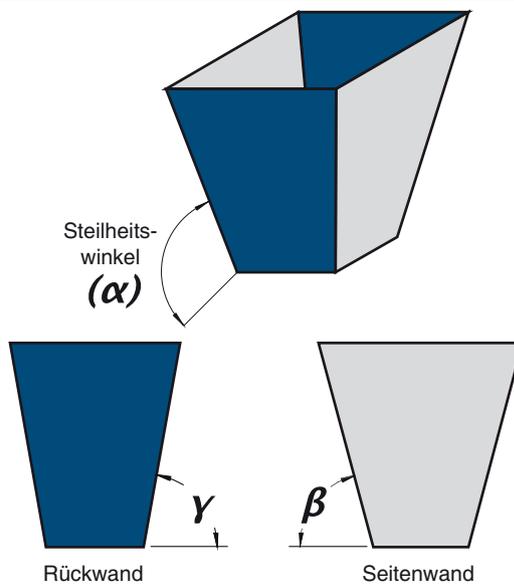


Abbildung 8.26
Der resultierende Steilheitswinkel ist der Winkel, der durch Seitenwand und die Rückwand gebildet wird.

Gleichung 8.1

Die Berechnung von Steilheitswinkeln

$$\alpha = \text{arc cot} (\sqrt{\text{cot}^2 (\beta) + \text{cot}^2 (\gamma)})$$

Gegeben: Ein Konstrukteur hat einen Seitenwandwinkel von 75° und einen Rückwandwinkel von 60° gewählt.
Gesucht: Der resultierende Steilheitswinkel der Schurre.

α	Steilheitswinkel	Grad
β	Rückwandwinkel zur Horizontalen	60°
γ	Seitenwandwinkel zur Horizontalen	75°
$\alpha = \text{arc cot} (\sqrt{\text{cot}^2 (60) + \text{cot}^2 (75)}) = 57,5$		
α	Resultierender Steilheitswinkel	57,5°

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

- A. Richtung
Generell sollte die Übergabeschurre so gestaltet werden, dass das Schüttgut in Richtung des aufnehmenden Förderers geleitet und mittig auf dem Fördergurt aufgegeben wird.
- B. Fallhöhe
Die Fallhöhe von der Abwurfstelle auf den aufnehmenden Förderer sollte so gering wie möglich sein. Es soll aber ausreichend Raum für Montage, Wartung und Reparatur zur Verfügung stehen.
- C. Geschwindigkeit
Das Schüttgut sollte mit der gleichen Geschwindigkeit und Richtung auf den aufnehmenden Fördergurt aufgegeben werden, mit der sich dieser bewegt.
- D. Neigung
Die Übergabeschurre sollte eine angemessene Neigung aufweisen, die übermäßige Impulskräfte des Schüttguts und somit auch eine hohe Staubentwicklung vermeidet.
- E. Größe und Querschnitt
Der Querschnitt der Abwurfschurre (Fallschurre) sollte mindestens 4-mal so groß sein wie der Querschnitt des Schüttgutstromes. Die Schurre muss groß genug sein, um die Luftströmung zu verlangsamen.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Breite der Schurren

Der Fördergurt ist 1.200 Millimeter breit mit 30° - Muldungsrollen. Wie groß ist die empfohlene Breite der Schurre, damit diese mit den Verschleißleisten der Beruhigungszone zusammen passt?

Die CEMA - 2/3 - Regel ergibt hier eine Schurre mit einer Breite von 800 mm.

Eine andere Methode zur Bestimmung des empfohlenen Abstandes zwischen den Verschleißleisten basiert auf dem erforderlichen Abstand zwischen Beruhigungszone außen und der Gurtkante, um eine Seitendichtung installieren zu können. Hierbei ist auch der übliche Schiefelauf des Gurtes zu beachten. Die empfohlene Breite der Verschleißleisten für einen 1.200 mm breiten Fördergurt mit einem Muldungenwinkel von 30° beträgt 894 mm. (Siehe Kapitel 11: „Einhausungen“.) Der Unterschied zur CEMA - Methode ist bei sehr schmalen und sehr breiten Fördergurten recht signifikant.

Die Berechnung von Steilheitswinkeln

Eine neue Schurre mit einem Mindeststeilheitswinkel von 60° ist gefordert. Es wurden ein Seitenwandwinkel von 75° und ein Rückwandwinkel von 60° gewählt, weil diese Winkel innerhalb des empfohlenen Bereichs liegen (**Abbildung 8.26**). Zur Überprüfung der Auslegung kann die entsprechende Gleichung verwendet werden (**Gleichung 8.1**).

In diesem Beispiel beträgt der resultierende Steilheitswinkel etwa 57°. Der Konstrukteur muss also die Gestaltung der Schurre ändern, um die geforderten 60° einzuhalten. Wenn man die Winkel auf 65° und 75° ändert, beträgt der resultierende Steilheitswinkel 61° und ist somit steil genug, um das Fließen des Schüttguts sicherzustellen.

Hier ist zu beachten, dass der resultierende Steilheitswinkel niemals größer sein kann als der kleinere der beiden anderen Winkel (Winkel der Rückwand und der Seitenwand.)

Die Gestaltung der Geometrie ist ein iterativer (sich wiederholender) Vorgang, abhängig von der Geometrie der Schurre und den Wandungswinkeln. Ist der resultierende Steilheitswinkel nicht ausreichend, müssen andere Wandwinkel gewählt werden und der resultierende Steilheitswinkel muss anschließend neu bestimmt werden. Dieser Prozess ist so oft zu wiederholen, bis die Schurre in den vorgegebenen Raum passt und die Steilheitswinkel den Anforderungen für das jeweilige Schüttgut entsprechen, vorausgesetzt dies ist geometrisch möglich.

DIE AUFGABEN DER SCHURRE

Zum Abschluss...

Richtig gestaltet, transportieren konventionelle Übergabeschurren Schüttgüter sicher und zuverlässig von einer Höhenlage zur anderen mit einem Minimum an flüchtigem Schüttgut und Wartungsaufwand. Das Beachten der in diesem Kapitel erörterten Prinzipien bietet sowohl dem Konstrukteur als auch dem Endbenutzer das geeignete Instrumentarium für das praktische Verständnis der Funktionsweise von Schurren. Es zeigt Wege auf, wie man bei Neuplanung und Modifizierung durch geeignete Maßnahmen die Leistung der Anlagen steigern kann.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über konventionelle Übergabeschurren, das dritte Kapitel im Abschnitt „Das Beladen des Bandes“, konzentriert sich auf die Übergabeschurre und die Methoden zur Beherrschung des Schüttgutflusses zur Reduzierung von Verschüttungen und Staub. Das folgende Kapitel setzt dieses Thema mit einer Diskussion über Materialfluss-Hilfsmittel fort.

REFERENZEN

- 8.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* [Gurtbandförderer für Schüttgüter], sechste Auflage. Naples, Florida.
- 8.2 Martin Marietta Corporation. *Dust Control Handbook for Minerals Processing* [Handbuch der Staubkontrolle bei der Aufbereitung von Mineralstoffen], Vertrag Nr. J0235005.
- 8.3 Morrison, J.N., Jr. (1971). “Environmental Control Applied to Belt Conveyor Transfer Points.” [Angewandter Umweltschutz an Übergabepunkten von Förderbändern] In *Bulk Materials Handling: Band 1*. University of Pittsburgh.
- 8.4 Taylor, H.J. (1989). *Guide to the Design of Transfer Chutes and Chute Linings for Bulk Materials* [Leitfaden für die Gestaltung von Übergabeschurren und Schurrenauskleidungen für Schüttgüter]. The Mechanical Handling Engineers' Association.

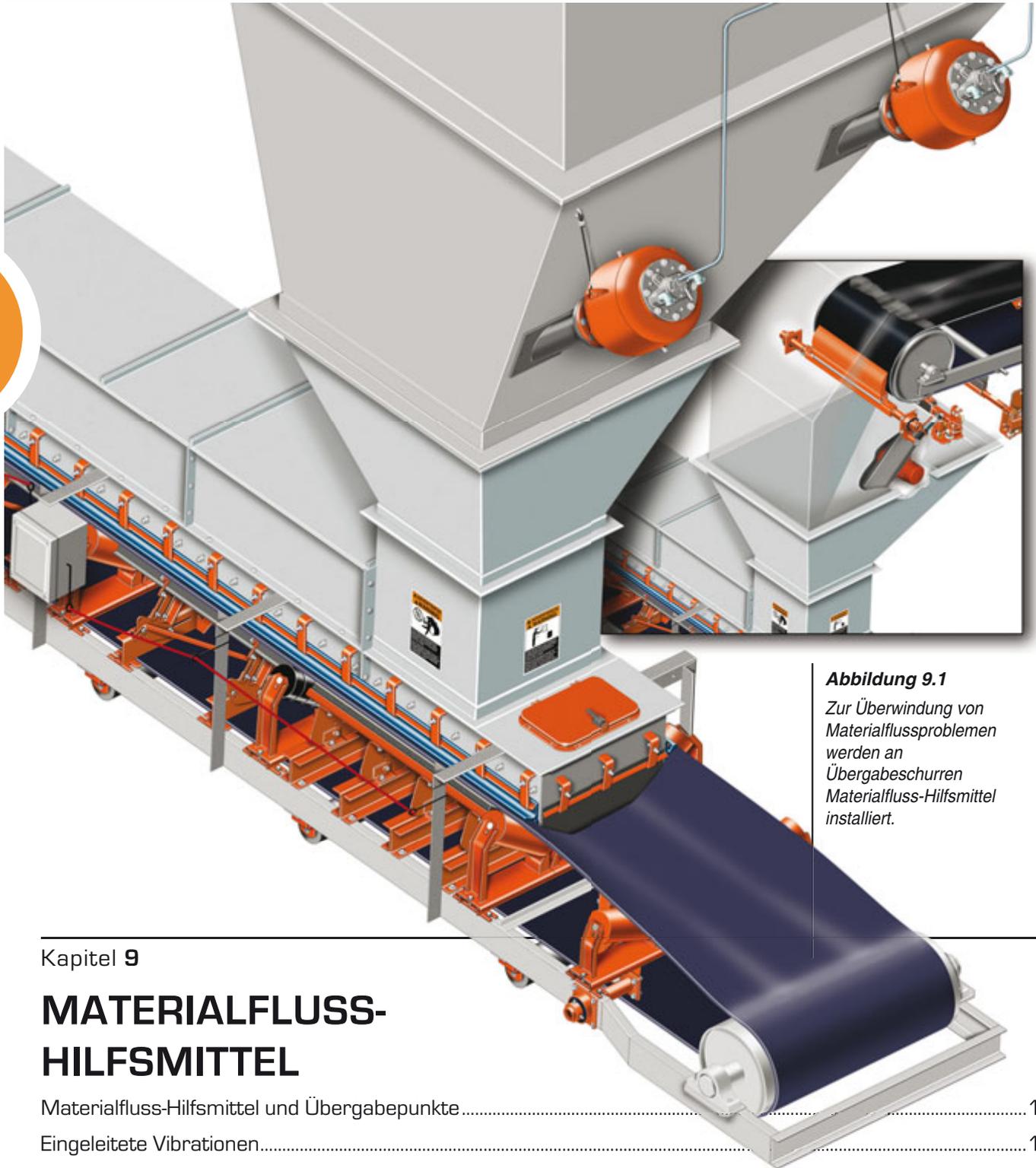


Abbildung 9.1
 Zur Überwindung von Materialflussproblemen werden an Übergabeschuppen Materialfluss-Hilfsmittel installiert.

Kapitel 9

MATERIALFLUSS-HILFSMITTEL

Materialfluss-Hilfsmittel und Übergabepunkte	117
Eingeleitete Vibrationen.....	118
Luftkanonen.....	122
Andere Methoden zur Verbesserung des Materialflusses.....	123
Systemwartung	124
Sicherheitsrelevante Fragen.....	125
Anwendung der Materialfluss-Hilfsmittel	127
Weiterführende Themen.....	127
Für den störungsfreien Materialfluss sorgen.....	128

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel erörtern wir verschiedene Methoden zur Verbesserung des Materialflusses durch Schurren. Sie umfassen Linear- und Rotationsvibratoren, Luftkanonen, Belüftungssysteme, Schurrenbeläge und weich gestaltete Schurren. Es werden die anwendungsspezifische Auswahl, Dimensionierung, Montage und Wartung der Materialfluss-Hilfsmittel sowie die relevanten Sicherheitsbestimmungen behandelt.

Übergabeschurren müssen so konzipiert sein, dass sie den Schüttgutfluss begünstigen. Aber selbst bei einer Übergabeschurre, die für eine konkrete Anwendung ideal gestaltet ist, können Änderungen der Materialkenngrößen und/oder der Betriebsbedingungen dazu führen, dass Probleme bei Materialfluss auftreten. Deshalb wird eine Vielzahl von so genannten Materialfluss-Hilfsmitteln zur Bewältigung dieser Probleme eingesetzt (**Abbildung 9.1**).

Es gibt eine Vielzahl Materialkenngrößen und Einsatzbedingungen, bei denen die Einplanung von Materialfluss-Hilfsmitteln bereits bei Neuanlagen eine sinnvolle Option darstellt. Eine Schurre so zu gestalten, dass sie mit jedem Material und mit jeder Situation zurechtkommt, ist praktisch unmöglich. Oft ist es die wirtschaftlichste Lösung, Materialfluss-Hilfsmittel schon in die ursprüngliche Gestaltung mit einzubeziehen, um einen guten Materialfluss bei wechselnden Einsatzbedingungen zu gewährleisten. Materialien mit hohem Feuchtigkeitsgehalt können an Wänden anhaften oder während des Betriebes im Winter anfrieren. Beim kontinuierlichen Betrieb kann die Verdichtung des Materials an den Schurrenwänden zu festen Verkrustungen führen. Die Kenngrößen von Schüttgütern können sich bei dem Transport durch den Betrieb, durch das Flöz oder auf der Halde stark verändern. Manchmal kann eine Schurre bereits durch eine kleine Veränderung dieser Parameter völlig blockiert werden.

Materialfluss-Hilfsmittel werden zur Unterstützung des Materialflusses beim Durchfließen einer Schurre oder eines Behälters installiert. Da sie die Beladung des Förderbandes beeinflussen, können Materialfluss-Hilfsmittel auch einen Einfluss auf den Materialverlust und die Staubbildung haben. Das versehentliche oder absichtliche Losbrechen von verfestigtem Material kann zu einem Materialschwall und damit zu einer Überlastung, zu Materialverlust und zu Gurtschieflauf führen. Durch das Vorsehen aktiver Materialfluss-Hilfsmittel in einer

Schurre, gewinnt der Betrieb ein Ausmaß an Kontrolle, welches alleine mit statischen Ansätzen, wie z. B. durch Auskleidungen mit niedrigem Reibungsbeiwert, nie zu erreichen wäre.

MATERIALFLUSS-HILFSMITTEL UND ÜBERGABEPUNKTE

Was ist ein Materialfluss-Hilfsmittel?

Materialfluss-Hilfsmittel sind Systeme zur Stimulierung oder zur Verbesserung des Fließverhaltens der Schüttgüter. Das kann ein einfacher Kolbenvibrator mit Schlagwirkung an der Schurrenwandung zur Lösung von Materialablagerungen sein oder etwas hochwertiges, wie z. B. ein Luftkanonensystem mit Mehrfachabgängen, das automatisch und zeitgesteuert aktiviert wird. Diese Materialfluss-Hilfsmittel umfassen Linear- und Rotationsvibratoren, Luftkanonen, Belüftungssysteme, Schurrenbeläge und weich gestaltete Schurren. Diese Systeme können auf vielerlei Art miteinander kombiniert werden.

Die althergebrachte Lösung zum Losbrechen von Verstopfungen und zur Entfernung von Materialablagerungen aus Schurren und Lagerbehältern besteht darin, dass mit einem Hammer oder mit einem anderen schweren Gegenstand von außen auf die Wandungen eingeschlagen wird (**Abbildung 9.2**). Je mehr jedoch auf die Wandungen eingewirkt wird, desto schlechter wird die Situation, weil die durch die Schläge entstehenden nach innen gerichteten Wölbungen zu einer vermehrten Ablagerung von Material führen (**Abbildung 9.3**).

Eine bessere Lösung ist der Einsatz eines Materialfluss-Hilfsmittels für die Schurre. Diese Geräte führen Energie genau dort zu, wo sie gebraucht wird, um die Reibung an den Wandungen zu reduzieren und um das Material

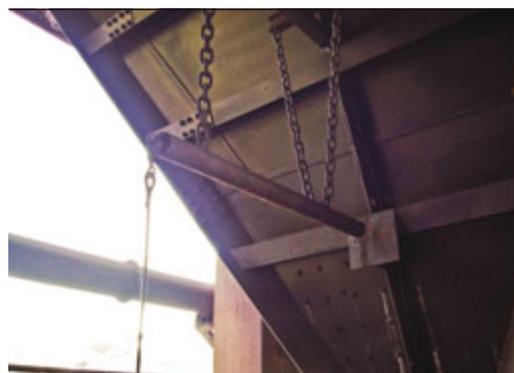


Abbildung 9.2

Die „klassische“ Lösung bei Materialflussproblemen: mit einem Rammbock, einem Hammer oder einem anderen schweren Gegenstand von außen auf die Wandung einschlagen.

abzulösen, damit es sich stetig zum Auslass hin bewegt.

Dieses Kapitel behandelt die verschiedenen Methoden zur Förderung des Materialflusses in einer Schurre. Die Diskussion konzentriert sich auf die Anwendung von Materialfluss-Hilfsmitteln für Beschickungs- und Entladeschurren für Förderanlagen. Diese Informationen und Techniken können auch für Anwendungen in anderen Verfahrens- und Lagerbehältern angewandt werden, einschließlich Silos, Bunker, Vorratsbehälter, Siebgitter, Aufgabereinrichtungen, in Zyklonen und in Wärmetauschern.

Materialfluss-Hilfsmittel an Übergabepunkten

Die Gestaltung einer Schurre auf der Grundlage der Materialkenngrößen und der verfahrenstechnischen Anforderungen zur Optimierung der Fließfähigkeit ist mit Sicherheit der richtige Weg. Das Material ist jedoch unberechenbar. Seine Herkunft kann sich aufgrund wirtschaftlicher Gründe ändern oder die Witterungseinflüsse können die Fließigenschaften drastisch verändern. In diesen Situationen ist die Anwendung von Materialfluss-Hilfsmitteln die einfachste und kostengünstigste Lösung zur Sicherstellung eines kontinuierlichen Materialflusses.

Manchmal sind Materialfluss-Hilfsmittel schon als Originalkomponente zur

Stabilisierung des Durchflusses oder zur Beseitigung zu erwartender Probleme in die Gestaltung des Systems integriert. Beispielsweise könnte ein Materialfluss-Hilfsmittel in ein System eingebaut werden, um Material durch eine Schurre zu bewegen, die aufgrund von Höhenbeschränkungen für eine konstante Materialbewegung einen nicht ausreichend steilen Winkel der Schurrenwand aufweist. In anderen Fällen sind Materialfluss-Hilfsmittel Nachrüstbauteile, die in ein Materialtransportsystem eingebaut werden, um Probleme zu überwinden, die in der ursprünglichen Auslegung des Systems nicht vorhersehbar waren oder die etwa aufgrund von Änderungen der Materialeigenschaften, des Verfahrens oder der Geräte erst nachträglich aufgetreten sind.

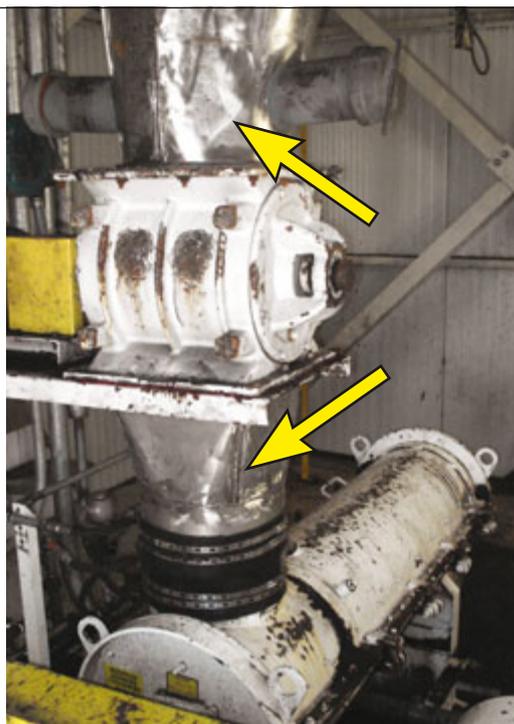
Es ist sinnvoll schon beim Bau der Schurre Profilhalterungen für Vibratoren oder Befestigungsvorrichtungen für die Düsen von Luftkanonen vorzusehen. Sollten später aufgrund von veränderter Materialkenngrößen oder anderer unvorhergesehener Schwierigkeiten Probleme auftreten, ist der Einbau eines Materialfluss-Hilfsmittels zur Beseitigung des Problems eine einfache Sache.

Es ist äußerst wichtig, dass die Stahlschurre und deren tragenden Elemente stabil sind, da die Bauteile durch den Betrieb dieser Materialfluss-Hilfsmittel mechanisch beansprucht und eventuell beschädigt werden. Eine gut gestaltete und gewartete Schurre wird durch den Einbau von Materialfluss-Hilfsmitteln nicht beschädigt.

Es ist zu beachten, dass die Materialfluss-Hilfsmittel nur aktiviert werden, wenn der Auslass offen ist und das Material von der Schurre abfließen kann. Wenn sie eingesetzt werden, während der Auslass geschlossen ist, kann die durch die Materialfluss-Hilfsmittel eingetragene Energie zu einer weiteren Verdichtung des Materials führen, wodurch der Materialfluss beim Öffnen des Auslasses gehemmt wird und im schlimmsten Fall der Bunker beschädigt werden kann. Die beste Verfahrensweise ist der sensorgesteuerte oder zeitgesteuerte Betrieb der Materialfluss-Hilfsmittel, um jede für den Materialfluss hemmende Wirkung auszuschließen. Dies spart Energie, reduziert Lärm und erhöht die Sicherheit, weil das Materialfluss-Hilfsmittel nur bei Bedarf in Betrieb ist.

Abbildung 9.3

Je mehr gegen die Wandungen gehämmert wird, desto schlechter wird die Situation, weil die schweren Schläge nach innen gerichtete Aufwölbungen und Stege in der Wandung verursachen. In Folge nehmen die Flussprobleme zu.



EINGELEITETE VIBRATIONEN

Vibratoren haben dieselbe Wirkung, als ob man mit der Hand einen Salzstreuer schüttelt: Sie reduzieren die Kohäsion zwischen den Materialpartikeln und die Adhäsion zwischen den Partikeln und der Wandung, um dadurch den Abfluss des Materials aus dem unteren Bereich zu verbessern.

Die Beziehung zwischen dem Schüttgut und der zur Stimulation dieses Materials am besten geeigneten Vibrationsfrequenz ist proportional zur Teilchengröße. Als allgemeine Regel gilt, je kleiner die Partikel sind, desto besser reagieren sie auf höhere Schwingungsfrequenzen. Die Beziehung zwischen der Amplitude der Vibration und dem Schüttgut basiert auf den Kohäsions- und Adhäsionskräften. Mit zunehmender Teilchengröße nimmt auch die zur Bewegung des Schüttgutes erforderliche Amplitude zu. Feine und frei fließende (wenig kohäsive) Partikel reagieren gut auf niedrige Vibrationsamplituden; größere, frei fließende Partikel reagieren besser auf größere Amplituden. Klebrige Partikel tendieren zur Agglomeration in festen Massen, die gut auf Vibrationen mit niedriger Frequenz und hoher Amplitude reagieren. Generell sollte die Richtung der Rotation oder des Hubes der Vibratormasse in der Richtung des gewünschten Materialflusses gerichtet sein.

Linearvibratoren

Linearvibratoren aktivieren das Material in einer Schurre oder einem Bunker durch die Aufbringung einer starken Schlagwirkung auf die Außenwände des Aufbaus. Früher wurden die Vibrationen mit einem Hammer erzeugt. Die Adhäsionskraft zwischen dem Material und der Wandinnenfläche der Schurre oder des Bunkers wird dabei durch das Hämmern überwunden. Diese Einwirkung auf die Wandung des Bunkers oder der Schurre führt jedoch oft dazu, dass die Oberfläche der Wandung beschädigt wird (**Abbildung 9.4**). Diese zuweilen als „Hammer-Akne“ bezeichneten Hammerspuren an der Wandung verstärken das Problem, das eigentlich beseitigt werden sollte. Außerdem stellt das Ausholen mit dem Vorschlaghammer ein Verletzungsrisiko für das Personal dar. Deshalb wurde der Kolbenvibrator entwickelt, um die oben geschilderte Wirkung zu erzielen, ohne tatsächlich einen Hammer schwingen zu müssen (**Abbildung 9.5**).

In einem pneumatischen Kolben- oder Linearvibrator wird ein Kolben mittels

Pressluft in einem Gehäuse hin und her bewegt (**Abbildung 9.6**). Bei einigen Vibratoren schlägt dieser Kolben auf die Wandung auf, bei anderen Varianten oszilliert er lediglich mit einer ausreichend bemessenen Masse, um die Wandung zum Schwingen zu bringen. In beiden Fällen überträgt der Vibrator Energie über die Wandung auf das stockende Schüttgut in der Schurre. Diese so aufgebrauchte Kraft hebt die zwischen dem Material und der Wandung wirkenden Adhäsionskräfte auf und das anhaftende Material wird von der Schurrenwand gelöst.

Die lineare Vibration ist die beste Lösung für klebriges und grobes Material mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt. Man kann dies einfach prüfen, in dem man eine Handvoll



Abbildung 9.4

Das Einschlagen auf die Bunker- oder Schurrenwandung mit einem Hammer führt zu einer Beschädigung der Wandungsoberfläche.



Abbildung 9.5

Der Kolbenvibrator wurde entwickelt, um diese Wirkung zu erzielen, ohne tatsächlich einen Hammer schwingen zu müssen.

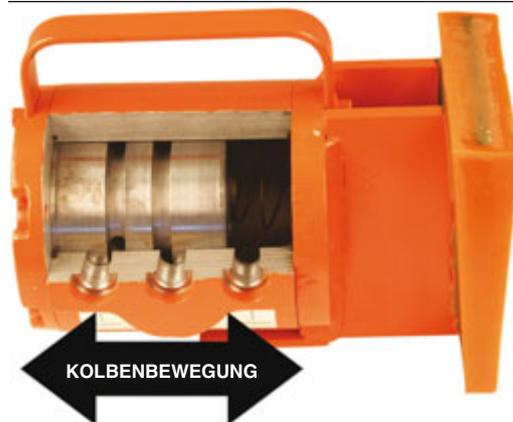


Abbildung 9.6

In einem pneumatischen Kolben- oder Linearvibrator wird ein Kolben mittels Pressluft in einem Gehäuse in eine schwingende Bewegung gesetzt, um eine Vibrationskraft zu erzeugen.

des Materials nimmt und es zu einer Kugel zusammendrückt. Wenn das Material leicht die Kugelform beibehält, nachdem man die Hand wieder geöffnet hat, dann ist die lineare Vibration wahrscheinlich die beste Wahl.

Ein Kolbenvibrator ist auf die Außenseite des Behälters oder der Schurre an dem Punkt anzubringen, wo auf der Innenseite der Materialaufbau oder die Blockierung vorliegt. Oft werden diese Vibratoren an einem

auf der Schurrenwandung angebrachten U-Profil montiert (**Abbildung 9.7**). Diese Art der Montage verteilt die Kraft über einen größeren Bereich des Aufbaus und erhöht so den Wirkungsgrad, während gleichzeitig eine Materialermüdung vermieden wird. Die meisten Linearvibratoren werden mit Pressluft betrieben und können über ein ferngesteuertes Magnetventil oder direkt vor Ort mit einem manuellen Ventil ein- oder ausgeschaltet werden.

9

Tabelle 9.1

Typische Vibratorgrößen nach Gewicht des Materials in der Schurre				
Maximales Schüttgutgewicht in der Schurre	Erforderliche Vibratorkraft	Durchmesser des Kolbens im Linearvibrator	Wandstärke des Vorratsbehälters	Profilhalterung, empfohlene Länge
kg	N	mm	mm	mm
1315	ca. 1300	32	1,6 bis 3,2	900
2223	ca. 2250	50	4,8 bis 6,4	900
4445	ca. 4450	75	6,4 bis 9,5	900
9979	ca. 10000	100	9,5 bis 12,7	1800

Tabelle 9.2

Vibratorkraft abhängig von der Rohdichte	
Rohdichte	gewichtbezogene Vibratorkraft
Mehr als 1440 kg/m ³	1 Newton pro 0,7 kg
Zwischen 640-1440 kg/m ³	1 Newton pro 1,0 kg
Weniger als 640 kg/m ³	1 Newton pro 0,3 kg

Hinweis: Wie bereits erwähnt, reagieren feine, trockene Stoffe gut auf Vibrationen mit hoher Frequenz und niedriger Amplitude, wohingegen größere Partikel und nasse Stoffe besser auf Vibrationen mit niedriger Frequenz und hoher Amplitude ansprechen.

Gleichung 9.1

Erforderliche Kraftabgabe für Linearvibratoren

$$LF = \frac{Wt_t}{k_a}$$

Gegeben: 4100 kg eines trockenen Gutes blockieren die Beschickungsschurre einer Förderanlage.

Gesucht: Die von einem Vibrator abzugebende lineare Kraft, die für das Auslösen des Materialflusses in der gegebenen Schurre erforderlich ist.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
LF	Erforderliche lineare Kraft	Newton	Pfund Druckkraft
k_a	Anwendungsfaktor <i>Der Anwendungsfaktor stammt von der Regel für Vibratorenanwendungen.</i>	1,025 (trocken) 0,82 (nass)	10 (trocken) 8 (nass)
Wt_t	Gewicht des Materials im beeinflussten Bereich	4100 kg	9000 lb _m
Metrisch: $LF = \frac{4100}{1,025} = 4000$			
Amerikanisch: $LF = \frac{9000}{10} = 900$			
LF	Erforderliche lineare Kraft	4000 N	900 lb _f

Der Vibrator für eine spezifische Anwendung wird abhängig vom Gewicht und von den Materialeigenschaften ausgewählt und an der Schurre oder an einem geeigneten Segment des Bunkers oder des Vorratsbehälters montiert (**Tabelle 9.1**). Für die typischen Anwendungen beträgt der Kraftbedarf pro Kilogramm Material in der Schurre 1 Newton. Diese allgemeine Regel gilt für fließfähige Schüttgüter mit einer Dichte, die im Bereich zwischen 640 und 1440 kg/m³ liegt.

Schüttgüter mit einer Dichte, die außerhalb dieses Bereiches liegt und Schüttgüter mit einer sehr hohen Feuchtigkeit erfordern mehr Kraft (**Tabelle 9.2**).

Die empfohlenen Längen der Profilhalterung und die Wandungsstärken für die Schurren hängen auch vom Gewicht und von den Materialeigenschaften ab. Für Anwendungen, die in der Tabelle nicht erfasst sind, können Sonderkonstruktionen erforderlich sein.

Für die Anwendung eines Vibrators an einer Schurre wird die Berechnung der linearen Kraft benötigt (**Gleichung 9.1**).

Zur Maximierung der Wirkung auf das Schüttgut müssen luftgetriebene Vibratoren nach der Montage durch Anpassen des Luftdrucks und/oder der Luftmenge auf die Bedürfnisse der Anwendung eingestellt werden.

Rotationsvibratoren

Im Gegensatz zu Linearvibratoren wird die vibrierende Kraft bei anderen Geräten durch die Rotation einer exzentrisch gelagerten Masse erzeugt. Diese Rotationsvibratoren erzeugen eine kraftvolle Vibration, ähnlich wie dies bei einer Waschmaschine im Haushalt der Fall ist, wenn die Ladung einseitig verrutscht ist. Sie liefern Energie, die für die Bewegung feiner, trockener Stoffe bestens geeignet ist (**Abbildung 9.8**).

Rotationsvibratoren können pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch angetrieben werden: Die Wahlmöglichkeit für eine gegebene Anwendung wird oft von der vor Ort am günstigsten verfügbaren Energieart bestimmt.

In pneumatischen Rotationsvibratoren ist es ein Luftstrom, der eine Masse auf einer Kreisbahn bewegt und dadurch die Vibration erzeugt. Bei hydraulischen Rotationsvibratoren wird die Masse durch eine Hydraulikflüssigkeit bewegt. In elektrischen Rotationsvibratoren werden Exzentergewichte normalerweise an

den Enden des Rotors oder einer Welle eines Elektromotors angebracht (**Abbildung 9.9**).

Rotationsvibratoren sind in verschiedenen Größen und Leistungsklassen passend für jede Anwendung erhältlich. Außerdem kann bei vielen elektrischen Rotationsvibratoren die Unwucht durch Ändern der Überlappung der Exzentergewichte zur Erzielung der gewünschten Vibrationskraft individuell eingestellt werden.

Vibrationen können in Metallkonstruktionen zu einer hohen Beanspruchung führen. Die Wandungen müssen dann an den Anwendungspunkten möglicherweise verstärkt werden. Wie Linearvibratoren werden Rotationsvibratoren normalerweise ebenso auf einer Montageplatte



Abbildung 9.7

Ein Kolbenvibrator sollte auf einer Stahlprofilhalterung montiert werden, die auf der Schurrenaußenseite an der Stelle angebracht ist, wo der Materialaufbau vorliegt.



Abbildung 9.8

Rotationsvibratoren erzeugen eine kraftvolle Vibration durch die Rotation eines Exzentergewichts um eine zentrale Achse.



Abbildung 9.9

Elektrische Rotationsvibratoren sind vergleichbar mit einem Elektromotor an dessen Wellenenden Exzentergewichte angebracht sind.

oder einer Profilhalterung montiert, durch welche die Vibrationsenergie und das Gewicht des Geräts über eine größere Oberfläche verteilt wird (**Abbildung 9.10**).

Abbildung 9.10

Rotationsvibratoren werden normalerweise auf einer Montageplatte oder einer Profilhalterung montiert, welche die Vibrationsenergie und das Gewicht des Geräts über eine größere Oberfläche verteilt.



Abbildung 9.11

Ein Luftkanonensystem ist eine weitere Lösung zur Beseitigung von Materialaufbau in Übergabeschuppen.



Abbildung 9.12

In Luftkanonen wird Pressluft zur Erzeugung eines Luftstoßes verwendet, der die Materialablagerungen in Schuppen auflockert oder löst.

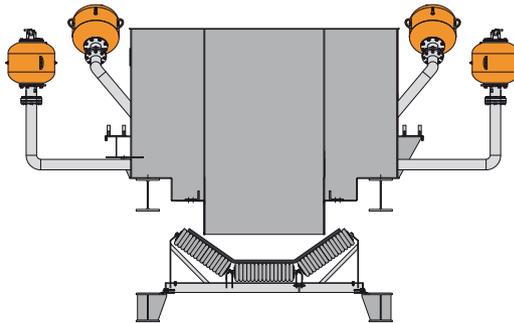


Abbildung 9.13

Manche Luftkanonensysteme versorgen mehrere Düsen mit der Luft aus einem Reservoir.



Die für Schuppen oder Vorratsbehälter konzipierten Rotationsvibratoren werden normalerweise auf der Grundlage der ausgangsseitigen Kraft im Verhältnis von 1:10 zu dem in der Schuppe oder im geneigten Segment eines Bunkers oder eines Vorratsbehälters liegenden Material ausgewählt. Generell gilt, je feiner das Material ist, desto höher muss die Frequenz zur Anregung des Materialflusses sein.

An einer Schuppe wird ein Rotationsvibrator im Normalfall im unteren Viertel oder Drittel des Aufbaus installiert. Wenn ein zweiter Vibrator erforderlich sein sollte, ist er um 180° versetzt und auf halber Strecke nach oben anzubringen.

Rotationsvibratoren können automatisch oder manuell gesteuert werden und ermöglichen dadurch eine bedarfsabhängige Nutzung. Nach dem Einbau muss ein Vibrator durch Einstellen der Kraft und/oder der Geschwindigkeit bzw. Drehzahl angepasst werden, um die für jede Anwendung optimale Wirkung zu erzielen.

LUFTKANONEN

Zusätzlich zu den Vibratoren, gibt es noch eine andere Lösung zur Beseitigung von Materialaufbau in Übergabeschuppen: die Montage eines Luftkanonensystems (**Abbildung 9.11**).

In Luftkanonen wird Druckluft zur Erzeugung eines Luftstoßes verwendet, der dann die Materialablagerungen in Schuppen auflockert. Das Hauptelement der Luftkanonen sind Drucklufttanks, die mit Schnellentlüftungsventilen ausgestattet sind. Das Öffnen der Ventile bewirkt, dass die Druckluft sehr schnell mit einem breiten Wirkungsbereich austritt (**Abbildung 9.12**). Wenn die Kraftwirkung des Luftstoßes richtig geleitet und gesteuert wird, lockert er vorhandene Materialablagerungen auf und verhindert einen weiteren Aufbau.

In der Wandung der Schuppe sind Düsen und Rohre in verschiedenen Formen eingelassen, die alle mit Luftkanonen verbunden sind. Die Düsen sollten auf den Auslass hin oder in die Richtung des Materialflusses ausgerichtet werden. Bei manchen Systemen wird für jede Düse ein extra Luftbehälter verwendet. Andere Systeme verwenden ein Reservoir für mehrere Düsen (**Abbildung 9.13**). Die Düsen sind in die Wandung eingebettet, damit sie unter der

Schicht des angesammelten Materials entladen können (**Abbildung 9.14**). Beim Einbau der Düsen ist darauf zu achten, dass keine zusätzlichen Kanten und Ecken geschaffen werden, die den Aufbau von Material fördern würden. Die Bewegung des Schüttguts kann auf die Düsen eine verschleißende Wirkung haben und größere Brocken können die Düsen deformieren oder zerstören.

Die Anzahl der installierten Luftkanonen hängt von der Größe, der Form der Schurre und von der Charakteristik des Materialaufbaus ab. Normalerweise kann eine Luftkanone 1,5 bis 2 m² der Wandung der Schurre von Material frei halten. Luftkanonen mit einem Tankvolumen von 50 Litern haben bei Anwendungen in Schurren gute Ergebnisse gezeigt. Luftkanonen können in mehreren Höhen rund um den Behälter installiert werden.

Sie sind mit verschiedenen großen Luftreservoirien und Auslassöffnungen erhältlich, um eine angemessene Wirkung zu erzielen. Die Abschussfolge für eine Luftkanonenanordnung muss für die spezifischen Gegebenheiten angepasst werden, wobei auch die Bedingungen der Schurre, des Materials und des Klimas zu berücksichtigen sind. Wenn dann zufrieden stellende Ergebnisse erzielt worden sind, können die Kanonen an eine Zeitsteuerung oder andere automatische Steuerung gekoppelt werden, so dass der Abschusszyklus ohne Beaufsichtigung durch Personal erfolgen kann.

Die Entladung der Luftkanone in die Schurre hinein kann zu einer Zunahme des Überdrucks in der Schurre führen und damit zu einer Zunahme des aus der Schurre oder der Ladezone entweichenden Staubes. Oft werden Luftkanonen bei klebrigen Materialien verwendet, die mehr Kraft erfordern, als durch Vibrationen aufgebracht werden kann, was aber nicht zu einer höheren Staubbildung führt. Die von Luftkanonen eingetragene Luft sollte in die Berechnungen der erzeugten Luftströme einbezogen werden. (Siehe Kapitel 7: „Luftkontrolle“, Gleichung 7.1, Berechnung des Gesamtluftstroms)

ANDERE METHODEN ZUR VERBESSERUNG DES MATERIALFLUSSES

Belüftungssysteme

Manche feinkörnige Materialien wie Mehl oder Maisstärke geben bei der Lagerung die in ihnen enthaltene Luft ab - sie verdichten sich dabei und werden fest. Wenn sie zu lange gelagert worden sind, fließen sie nicht gut. Diesen Produkten werden dann große Volumina Luft mit niedrigem Druck zugeführt, damit diese Materialien wieder problemlos gleiten. Dies geschieht mit Hilfe eines Gebläses, das die im Behälter montierten Belüftungsdiffusoren, Polster oder Düsen mit Luft versorgt (**Abbildung 9.15**). Manche Belüftungseinrichtungen wirken alleine durch die Luftströmung, manche vibrieren mit dem Luftstrom. Bei trockenen Gütern zerstört die von den Luftpolstern entweichende Luft die Adhäsion zwischen dem Material und der Schurrenwandung. Nasses, klebriges oder klumpiges Schüttgut reagiert nicht gut auf dieses System.

Schurrenauskleidungen

Keramische Auskleidungsmaterialien und speziell entwickelte Kunststoffe bieten eine preiswerte Lösung für Fließprobleme in



Abbildung 9.14

Die Ausblasdüsen für ein Luftkanonesystem sind in der Schurrenwandung eingebettet, damit sie unter der Schicht des angesammelten Materials entladen können und auch darüber hinaus den Materialfluss möglichst wenig beeinträchtigen.



Abbildung 9.15

Zur Verbesserung des Materialflusses werden in der Schurre Belüftungsdüsen montiert.

einer Schurre. Polyäthylen mit hoher Dichte (HDPE), ultrahochmolekulares Polyethylen (UHMW) und Keramik haben sich alle als für den Materialfluss förderlich erwiesen. Das für die Auskleidung gewählte Material muss die auftretenden Stoßkräfte aufnehmen können und gegen die Abriebwirkung des Schüttguts beständig sein.

Die speziell entwickelten Kunststoffe werden normalerweise mittels versenkten und abgedeckten Verbindungselementen mit der Schurrenwandung verschraubt. Ein bei der Verwendung von Kunststoffbelägen auftretendes Problem ist der Unterschied zwischen dem Ausdehnungskoeffizienten des Kunststoffs und dem der Metallwandung. Das Befestigungssystem muss diesem Unterschied dadurch Rechnung tragen, dass die Kunststoffauskleidungen beweglich angebracht werden müssen. Wird dies nicht beachtet, verwirft sich die Auskleidung, behindert Materialfluss und verschleißt schnell.

Keramikauskleidungen können mit Klebstoff, durch Verschweißung oder durch eine Kombination beider Verfahren auf Metallschurren aufgebracht werden.

Die richtige Installation von Schurren-
auskleidungen ist für das Erreichen
eines niedrigeren Reibungskoeffizienten
entscheidend. Wenn die Platten nicht richtig
installiert werden, können die Stoßkanten
tatsächlich den effektiven Reibungskoeffizienten
über den von Stahl hinaus erhöhen und
damit die Fließeigenschaften der Schurre
verschlechtern. Zur Bestimmung des effektiven
Reibungskoeffizienten und zur Vorhersage des
zu erwartenden Verschleißes wird die Prüfung
der Auskleidung und des Schüttguts empfohlen.

Weich gestaltete Schurren

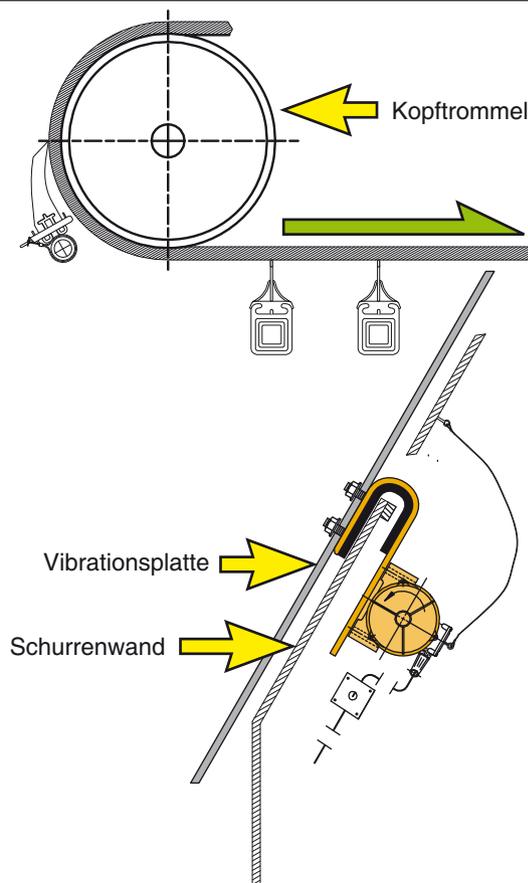
Die meisten Schurren sind aus starrem Metall gebaut. Es gibt jedoch Fälle, in denen die Schurre oder ihre Auskleidung aus einem flexiblen Material bestehen kann. Extrem nasse oder klebrige Materialien reagieren gut auf weich gestaltete Schurrenwandungen.

Bei einer weich gestalteten Schurre wird ein aus U-Profil oder Winkeleisen bestehender Abstandsrahmen verwendet. An diesem Rahmen wird ein flexibles Material wie z. B. Gummi oder Gurtmaterial angebracht. Oft verhindert schon die Eigenschwingung vom Antrieb der Förderanlage oder von anderen Geräten des Systems, dass das Material am Gummibelag anhaftet.

Der Wirkungsgrad einer weich gestalteten Schurre kann durch den Einsatz von Vibratoren und Luftkanonen zur Aktivierung der flexiblen Auskleidung verbessert werden. Ein Beispiel für den Einsatz eines Vibrators zur Verbesserung des Fließverhaltens in einer weich gestalteten Schurre ist eine Vibrations-Abtropfschurre, in der eine Kunststoffplatte als „falscher Boden“ oder „falsche Wandung“ in der Schurre wirkt (**Abbildung 9.16**). Um das Material in Bewegung zu halten, wird ein Vibrator mit dieser Platte verbunden. (Siehe Kapitel 14: „Bandreinigung“ für Information über Vibrations-Abtropfschurren)

Eine andere Methode verwendet den Luftstoß von Luftkanonen auf der Rückseite einer auf der Schurrenwandung als Auskleidung installierten flexiblen Gummimatte (**Abbildung 9.17**). Wenn die Kanonen entladen, erhält die Matte einen Schlag, um dadurch Materialablagerungen abzutrennen, so etwa wie man am Strand Sand aus einem Handtuch ausschüttet. Die Gummimatte ist nur am oberen Ende befestigt. Normalerweise wird das Tuch nur auf der flacheren Seite der Schurre angebracht oder dort, wo der Materialfluss Probleme bereitet.

Abbildung 9.16
Bei einer Vibrations-
Abtropfschurre
wird ein Vibrator an
einer aufgehängten
Kunststoffplatte
angebracht, um das
Material in Bewegung
zu halten.





SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Wie bei allen Betriebseinrichtungen, sind auch bei Vibratoren und Luftkanonen deren eigene, spezifische Sicherheitsaspekte zu beachten. Lärm und herabfallendes oder herumfliegendes Material sind die sich aus der Verwendung von Materialfluss-Hilfsmitteln ergebenden Hauptgefahren. Der Lärm kann dadurch vermindert werden, dass Materialfluss-Hilfsmittel nur bei Bedarf eingesetzt werden. Den Gefahren durch herabfallendes oder herumfliegendes Material kann durch die richtige Auswahl des Einbauortes für das Materialfluss-Hilfsmittel und durch die Befolgung der richtigen Vorgehensweise begegnet werden, wie z. B. der richtige Zugang zu Schurren, in denen Materialfluss-Hilfsmittel eingebaut sind. Bei der Montage, dem Betrieb und der Instandhaltung von Materialfluss-Hilfsmitteln sind die Hinweise des Herstellers sorgfältig zu beachten und zu befolgen.

Vibratoren müssen fest mit den Aufbauten verbunden sein. Profilhalterungen sind mittels Heftschweißung an der Wandung der Schurre zu befestigen, wobei die Abschnitte der Schweißnaht durch Abstände voneinander getrennt sind (**Abbildung 9.18**). Diese Art der Heftschweißung hat den Vorteil, dass sich ein Riss in der Verbindungsstelle nicht über die gesamte Montageplatte hinweg fortsetzen kann. Der geschweißte Bereich der Halterung sollte monatlich auf Risse in den Schweißnähten kontrolliert werden. Es ist ein Fangseil anzubringen, damit der Vibrator nicht abstürzen kann, falls dessen Befestigung versagen sollte.

Bei Arbeiten im Bereich der Halterungen und Vibratoren müssen ordnungsgemäße Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout) und Versuchsstart zur Prüfung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden.

Die Halterungen und die Ausblasrohre für Luftkanonen müssen fest mit der Schurrenwandung verbunden werden. Auch die Luftkanone selbst muss fest mit der Halterung verbunden sein. Es ist nicht empfehlenswert, dass die Schraubverbindung zwischen dem an der Halterung befestigten Rohr und dem Luftreservoir vollständig verschweißt wird, da dabei ein Spannungsbereich entsteht, der zum Abreißen des Gewindes führen kann.

Das Luftreservoir muss durch ein Fangseil mit einem tragenden Element verbunden sein, damit die Luftkanone nicht herabfallen kann, falls deren Befestigung versagt (**Abbildung 9.19**).

Vor der Durchführung jeglicher Arbeiten an der Luftkanone muss der Luftbehälter völlig entleert/drucklos gemacht und das Absperrventil der Luft-

zufuhrleitung in geschlossener Stellung verriegelt/abgeschlossen werden, damit keine Druckluft in den Tank eindringen kann. Zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Entleerung / Drucklosigkeit des Behälters der Luftkanone ist es auch ratsam, das Überdruckventil zu betätigen. Es sind auch Luftkanonen verfügbar, die nur auf das Vorliegen eines Überdrucksignals hin abfeuern und deshalb nicht zufällig entladen können, wenn die Energiezufuhr unterbrochen wird.

Zur Verhinderung unbefugten Zugangs müssen alle Kontroll- und Zugangstüren abgeschlossen werden. Die für das Befahren oder Begehen von Behältern geltenden Vorschriften sind ordnungsgemäß zu befolgen und die Luftkanonen müssen ordnungsgemäß abgesperrt und entladen/drucklos sein, bevor Personal die Schurre betreten kann. Die Schurre oder der Behälter muss die richtige, auf die möglichen Gefahren hinweisende Beschilderung aufweisen (**Abbildung 9.20**).

Es ist äußerst wichtig, dass die Sicherungsmaßnahmen durch Absperrung mit Schlössern (lockout), die Anbringung von Verriegelungsanhängern (tagout), die Blockierung/Verkeilung (blockout) und der Versuchsstart zur Prüfung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden, da bei Materialfluss-Hilfsmitteln oft Pressluft oder andere Energiequellen zur Anwendung kommen, durch die eine Gefährdung durch gespeicherte Energie gegeben ist. In der Schurre können immer noch Materialablagerungen vorhanden sein, die nur schwach an der Schurrenwandung anhaften; bereits eine geringfügige Erschütterung während der Instandhaltungsarbeiten kann ein Herabfallen des Materials auslösen. Bei Arbeiten an den Steuerungssystemen besteht die Gefahr eines Stromschlags. Die Möglichkeit der Betätigung durch Fernbedienung während Instandhaltungs- und Prüfarbeiten muss beachtet werden und es müssen Verfahrensweisen vorgesehen werden, um eine derartige unbeabsichtigte Betätigung zu verhindern.

Bei der Verrichtung von Arbeiten in der Umgebung von Vibratoren oder Luftkanonen kann das Tragen von Gehörschutz erforderlich sein. Der Schallpegel kann stark variieren und hängt sehr von der Art des Behälters und der Größe des Materialfluss-Hilfsmittels ab. Es sollten Schallpegelmessungen durchgeführt und bei Bedarf die entsprechende Warnbeschilderung aufgestellt werden (**Abbildung 9.21**).

Wenn Luftkanonen oder Belüftungseinrichtungen in eingehausten Bunkern oder Schurren verwendet werden, muss die Zunahme des Luftdrucks bestimmt werden und es sind entsprechende Vorkehrungen zur Druckentlastung im System vorzusehen.

Abbildung 9.17

Bei einer anderen Technik wird mit dem Luftstoß einer Luftkanone eine auf der Schurrenwand aufliegende Gummimatte in Bewegung versetzt und somit das Material abgelöst.

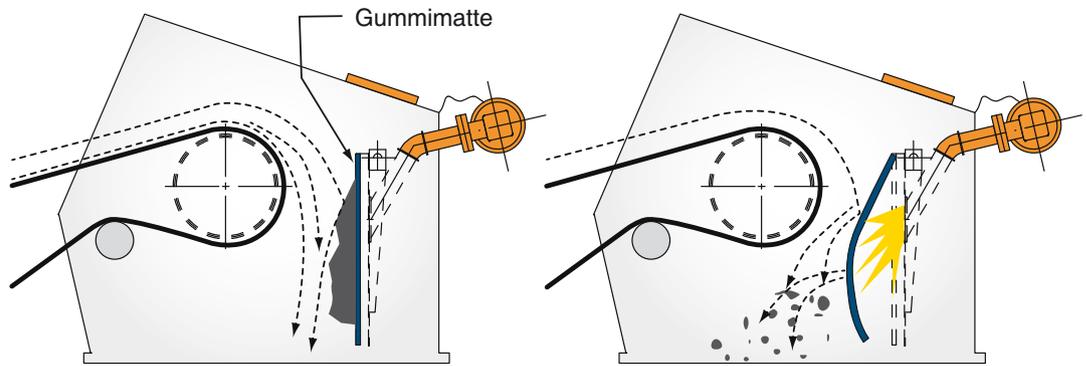
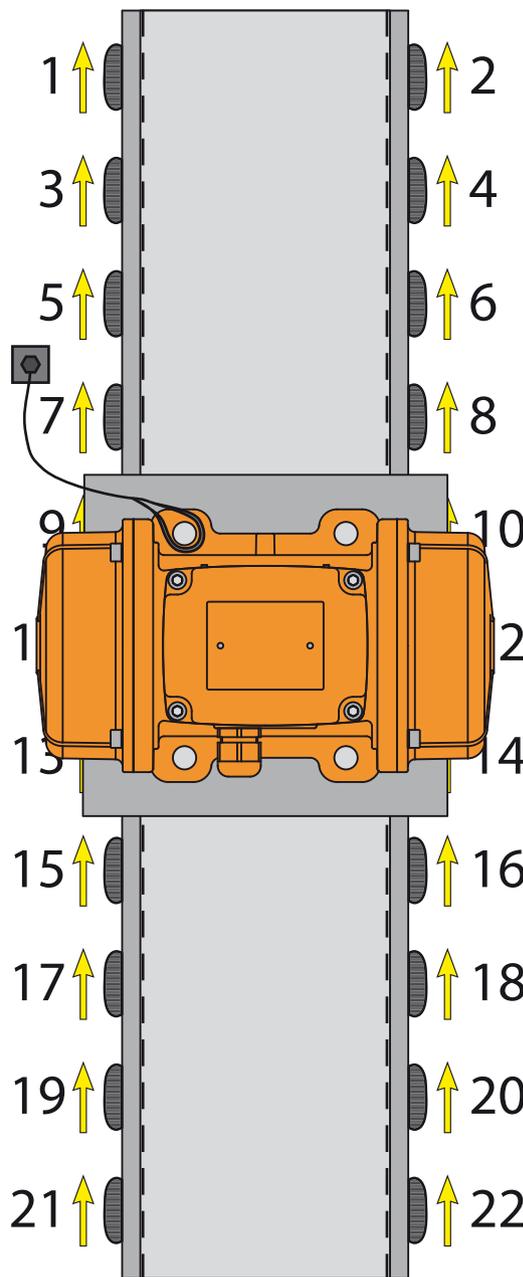


Abbildung 9.18

Vibratoren und Halterungen sind mittels Heftschiweißung an der Schurrenwand zu befestigen, wobei die Abschnitte der Schweißnaht durch Abstände voneinander getrennt sind.



Das Ausblasrohr sollte so ausgerichtet werden, dass es von der Kanone abwärts in Richtung auf den Behälterauslass hin geneigt ist, damit kein Material in die Öffnung der Kanone eindringen kann. Diese Methode funktioniert gut mit nassen oder klebrigen Materialien.

SYSTEMWARTUNG

Materialfluss-Hilfsmittel sind in Bezug auf den richtigen Einbauort und Betrieb relativ empfindlich. Einer der Hauptvorteile bei der Verwendung von Materialfluss-Hilfsmittel ist, dass ein Ausmaß an Kontrolle über den Materialfluss in einer Schurre gewonnen wird, wie dies auf keinem anderen Weg zu erreichen wäre. Dieser Vorteil kann auch zu einem Problem werden, da ein Materialfluss-Hilfsmittel aus der optimalen Betriebseinstellung heraus verstellt werden kann. Oft vergessen Arbeiter bei der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten die Einstellungen aufzuzeichnen, oder sie stellen das Materialfluss-Hilfsmittel nach den Wünschen des Betreibers ein. Dies kann zu einer unzureichenden Leistung in der Materialbewegung führen, zu einer mangelhaften Energienutzung und zu einer kürzeren Standzeit für das Materialfluss-Hilfsmittel. Wenn Materialfluss-Hilfsmittel unsachgemäß befestigt oder eingestellt worden sind, kann die gewünschte Wirkung nicht erzielt werden und die Situation kann sich sogar noch verschlimmern. Ein erfahrener Lieferant von Spezialgeräten kann normalerweise die ursprünglichen Montage und die Originaleinstellungen eines Materialfluss-Hilfsmittels optimieren. Diese Einstellungen müssen für eine spätere Bezugnahme festgehalten und aufgezeichnet werden.

Ein zu geringer Luftdruck oder zu geringes Luftvolumen beeinflussen die Leistung. Das Druckluftsystem von Schmutz und Feuchtigkeit frei zu halten ist für druckluftbetriebene Materialfluss-Hilfsmittel von ausschlaggebender Bedeutung. Manche pneumatischen Materialfluss-Hilfsmittel benötigen Schmierung; andere wiederum nicht. Die Anforderungen des Herstellers in Bezug auf Luftqualität und -behandlung sind unbedingt zu erfüllen.

Materialfluss-Hilfsmittel befinden sich oft in Bereichen, wo Material auf sie fallen kann, wo sie von sich bewegenden Maschinenteilen getroffen werden können und wo sie der Witterung und Vibrationen ausgesetzt sind. Über einen gewissen Zeitraum hinweg können diese Zustände zu einer Schädigung der Versorgungsleitungen und der Steuerungen der Materialfluss-Hilfsmittel führen. Die Empfehlungen der Hersteller in Bezug auf Inspektionen und regelmäßige Wartung der Steuerungen und Versorgungsleitungen sind deshalb unbedingt zu befolgen.

Materialfluss-Hilfsmittel übertragen auf die Schurre und das Schüttgut eine Kraft. Über einen gewissen Zeitraum hinweg verschleßen die Bauteile unter Normalbedingungen, oder zerbrechen sogar. Die meisten Materialfluss-Hilfsmittel können zur Verlängerung ihrer Nutzungsdauer wieder aufgerüstet werden. Weil für den ordnungsgemäßen Betrieb von Materialfluss-Hilfsmitteln Ventilspiel, mechanische Passungen und Toleranzen entscheidend sind, ist es empfehlenswert, dass die Aufrüstung und Reparatur des Materialfluss-Hilfsmittels vom Hersteller durchgeführt wird, oder dass der Hersteller das betriebseigene Personal in der ordnungsgemäßen Aufrüstung der Komponenten unterweist.

Da Materialfluss-Hilfsmittel normalerweise periodisch oder zeitweise laufen, können sie funktionstüchtig erscheinen, obwohl sie nicht mit optimaler Leistung laufen. Deshalb sollten Materialfluss-Hilfsmittel zur Sicherstellung der optimalen Leistung von Zeit zu Zeit entsprechend den Vorschlägen des Herstellers geprüft werden. Ein erfahrener Lieferant von Spezialgeräten kann oft vom Klang oder aus der Wirkung des Materialfluss-Hilfsmittels heraus sagen, ob ein Reparatur- oder Einstellungsbedarf vorliegt oder nicht.

ANWENDUNG DER MATERIALFLUSS-HILFSMITTEL

In den **Tabellen 9.3** und **9.4** werden die typischen Kenngrößen und Anwendungsbereiche für verschiedene Materialfluss-Hilfsmittel verglichen.

In vielen Fällen ist eine „Überdimensionierung“ des Materialfluss-Hilfsmittels um eine Stufe von Vorteil, besonders bei Vibratoren. Im normalen



Abbildung 9.19

Das Luftreservoir einer Luftkanone muss durch ein Fangseil mit einem tragenden Element des Behälters verbunden sein.



Abbildung 9.20

Bei Luftkanonensystemen muss eine geeignete Sicherheitsbeschilderung angebracht werden und es müssen die für das Befahren oder Begehen von Behältern geltenden Vorschriften aufgeführt sein.



Abbildung 9.21

Bei vielen Materialfluss-Hilfsmitteln muss eine Lärmschutzbeschilderung angebracht werden.



Tabelle 9.3

Kenngrößen von üblichen Materialfluss-Hilfsmitteln				
	Linearvibrator	Rotationsvibrator	Luftkanone	Belüfter
Elektrisch		Ja		
Pneumatisch	Ja	Ja	Ja	Ja
Hydraulisch		Ja		
Variable Geschwindigkeit	Ja	Ja	Kann so oft entladen, wie oft der Lufttank gefüllt wird	Ja
Variable Kraft	Ja	Ja	Ja	Ja
Vibrationsbereich (V/min)	1400 bis 5500	Pneumatische Vibratoren 3000 - 25000 V/min Elektrische Vibratoren 600 - 3600 U/min		

Tabelle 9.4

Eignung der Materialfluss-Hilfsmittel je nach Materialeigenschaften				
Materialkenngröße	Linearvibrator	Rotationsvibrator	Luftkanone	Belüfter
Leicht flaumig		X		X
Kleine Partikel		X		X
Große Partikel	X		X	
Klebrige Feinanteile	X		X	
Explosive Materialien*	X	X	X	
Sich ineinander verkeilende Partikel			X	
Dicker Materialaufbau	X		X	

* Wenden Sie sich wegen ausdrücklich für Gefahrenbereiche zugelassenen Produkten an den Hersteller.

Betrieb kann das Gerät mit gedrosselter Leistung eingesetzt werden. Wenn dann die Anforderungen steigen, muss nicht gleich ein neuer Vibrator gekauft werden.

Für die Festlegung der Größe und für die Platzierung von Materialfluss-Hilfsmitteln gibt es allgemeine Regeln. Die richtige Diagnose bei Problemen und beim Einstellen des Materialfluss-Hilfsmittels zur Erzielung einer maximalen Wirkung ist eher eine Kunst als eine Wissenschaft. Die Auswahl, Montage und die Steuerung von Materialfluss-Hilfsmitteln werden am besten von einem Lieferanten von Spezialgeräten erledigt, der auf einen großen Wissensfundus aus zahlreichen Einrichtungen zurückgreifen kann.

Nach einer Überprüfung der spezifischen Kenngrößen einer potentiellen Anwendung, einschließlich der Natur des Problems und der

Kenngrößen des Materials, wird die Auswahl des Materialfluss-Hilfsmittels oft von der vor Ort verfügbaren Energiequelle bestimmt.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Die Festlegung der Größe eines Vibrators als Materialfluss-Hilfsmittel

Die meisten Hersteller von Vibratoren geben die von ihren verschiedenen Einheiten abgegebene Leistung an. Der Benutzer muss dann die für eine gegebene Anwendung erforderliche Kraftwirkung bestimmen (**Gleichung 9.1**). Auf der Basis dieses erforderlichen Kraftaufwandes kann der richtige Vibrator dann mit Hilfe der technischen Angaben des Herstellers ausgewählt werden.

FÜR DEN STÖRUNGSFREIEN MATERIALFLUSS SORGEN

Zum Abschluss...

Jede Art von Materialfluss-Hilfsmittel muss konstruktiv richtig konzipiert werden, um für einen Betrieb von Nutzen zu sein. Materialspezifikationen, Verfahrenskenngrößen und die Anzahl, die Größe und der Einbauort der Geräte sind entscheidende Elemente innerhalb eines effizienten Systems von Materialfluss-Hilfsmitteln. Wenn Materialfluss-Hilfsmittel konstruktiv nicht richtig konzipiert und für eine Anwendung ausgelegt werden, können zusätzliche Probleme entstehen.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über Materialfluss-Hilfsmittel, das vierte Kapitel in dem Abschnitt „Das Beladen des Bandes“, stellt Materialfluss-Hilfsmittel als ein Mittel zur Verbesserung des Materialflusses vor. Das folgende Kapitel setzt diesen Abschnitt fort und konzentriert sich auf die Gurtunterstützung.

REFERENZEN

- 9.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 9.2 Alle Hersteller und die meisten Fördergurtlieferanten bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte, als auch über Förderbänder im Allgemeinen.



Abbildung 10.1

Um einen effektiven Übergabepunkt mit minimalen Verschüttungen zu erreichen, muss der Verlauf des Fördergurtes in der Ladezone mit den richtigen Gurträgern stabilisiert werden.

Kapitel 10

GURTUNTERSTÜTZUNG

Die Vorteile der Stabilität.....	131
Gurtunterstützung mit Gurtrollen.....	133
Gurtunterstützungsaufnahme.....	138
Gestellmontage	143
Alternativmethoden der Gurtunterstützung.....	145
Systemwartung	146
Typische Spezifikationen.....	146
Sicherheitsrelevante Fragen.....	147
Weiterführende Themen	147
Zahlen Sie jetzt, oder zahlen Sie später (mehr).....	149

In diesem Kapitel...

Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Gurtunterstützung in der Ladezone der Förderanlagen, um Materialverschüttungen sowie Schäden am Fördergurt und an anderen Komponenten zu verhindern. Zu den beschriebenen Themen gehören Gurtrollen, Gleitbalken und Aufpralldämpfungstische sowie mehrere Alternativmethoden zur Gewährleistung einer stabilen Bandführung. Es werden auch Gleichungen zur Berechnung der relevanten Spannungen bzw. Kräfte und des Leistungsbedarfs durch Gurtträger angegeben.

Die Konstruktion eines effizienten Aufnahmebereichs für die Förderanlage ist wie der Bau eines Hauses: Alles beginnt mit einem guten Fundament. Bei einem Fördersystem fundamentale Bedeutung hat eine stabile, durchhangfreie Förderstrecke.

Um bei einer Förderanlage Staub und Verschüttung kontrollieren zu können, muss der Konstrukteur alles tun, um Verformungsfreiheit und eine stabile, geradlinige Bandführung sicherzustellen. Auch wenn eine Vielzahl Faktoren innerhalb als auch außerhalb der Ladezone die Bandführung beeinflussen, so ist doch eine wirksame Gurtunterstützung entscheidend.

Um einen effektiven Übergabepunkt mit minimaler Verschüttung zu erreichen, muss der Verlauf des Fördergurtes in der Ladezone mit geeigneten Bandträgersystemen stabilisiert werden (**Abbildung 10.1**).

DIE VORTEILE DER STABILITÄT

Ein ebener, durchhangfreier Gurtverlauf innerhalb der Einhausung ist wesentlich für eine wirksame Abdichtung des Aufnahmebereichs (**Abbildung 10.2**). Idealerweise sollte das Band flach gehalten werden, als ob es über einen Tisch lief, der außer der vorgesehenen Laufrichtung der Ladung jede Bewegung in eine andere Richtung verhindert. Damit wäre der Durchhang vermieden und die Abdichtung einfacher.

Wenn man den Übergabepunkt von der Seite betrachtet, kann man den Gurtdurchhang als eine vertikale Abweichung des Bandverlaufes von einer über die Oberkante von zwei benachbarten Gurtrollen gezogenen Geraden beobachten (**Abbildung 10.3**). Dabei nimmt das durchhängende Band die Form einer katenoïden Kurve (oder Seilkurve) an, einer natürlichen Kurve, die entsteht, wenn man ein Seil an den Endpunkten aufhängt.

Wenn das Förderband zwischen den Gurtrollen tiefer als die Unterkante der Ladezone durchhängt oder sich unter der Belastung der Ladung durchbiegt, können Feinanteile und Brocken seitlich heraustreten und als Verschüttung auf den Boden fallen oder als Staubwolke in die Luft aufsteigen. Im schlimmsten Fall können sich diese Materialien in Einschlussstellen verkeilen, wo sie Riefen in den Gurt einschneiden oder das Abdichtsystem und andere Komponenten beschädigen können, wodurch die Verschüttungen weiter verstärkt werden. Ein leichter Gurtdurchhang, der mit dem Auge kaum wahrnehmbar ist, reicht dafür, dass sich Feinanteile festsetzen, was zum abrasiven Verschleiß am Abdichtsystem der Einhausung und an der Oberfläche des Fördergurtes führt. Eine Rille, die in der Gurtaußenseite über die gesamte Länge eingeschnitten ist, kann normalerweise auf einen Materialeinschluss zurückgeführt werden (**Abbildung 10.4**). Durch eine Beseitigung des Gurtdurchhangs werden die Anzahl und die Größe der Einschlussstellen reduziert und folglich das Gurtbeschädigungspotential.



Abbildung 10.2

Ein ebener, durchhangfreier Gurtverlauf innerhalb der Einhausung ist wesentlich für eine wirksame Abdichtung des Aufnahmebereichs

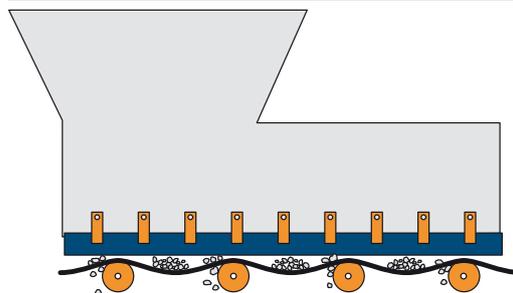


Abbildung 10.3

Gurtdurchhang ist eine vertikale Abweichung des Gurtprofils von einer Geraden, welche die Oberkanten von zwei benachbarten Gurtrollen tangiert.



Abbildung 10.4

Eine Rille, die in der Gurtaußenseite über die gesamte Länge eingeschnitten ist, kann normalerweise auf einen Materialeinschluss zurückgeführt werden.

Zur Verhinderung von Verschüttungen und des Entweichens von Staubpartikeln muss ein Gurtdurchhang beseitigt werden, wo immer dies möglich ist. Besonders wichtig ist die Kontrolle des Durchhanges in der Ladezone der Förderanlage, wo die Lasten durch die Ladung ständigen Schwankungen unterworfen sind. Diese Schwankungen führen zu einem Austrag von Feinanteilen und Staub aus dem Abdichtungssystem heraus und pressen sie in Einschlussstellen zwischen der Verschleißauskleidung oder der Kantenabdichtung und dem Fördergurt hinein.

Methoden zur Eindämmung des Durchhanges

Eine Möglichkeit zur Gurtdurchhangreduzierung über die gesamte Länge der Förderanlage besteht in der Erhöhung der Gurtspannung. Hierbei treten jedoch auch Nachteile auf, wie z. B. ein erhöhter Leistungsbedarf für den Antrieb und eine höhere Belastung des Bandes, der Verbindung(en) und anderer Komponenten. Bei Erhöhung der Gurtspannung zur Durchhangreduzierung darf die maximale Nennspannung des Gurtes nie überschritten werden.

Ist die maximal zulässige Gurtspannung erreicht, wird für weitere Reduzierung des Gurtdurchhanges Anwendung der Bandträgersysteme (**Abbildung 10.5**) empfohlen.

Richtige Gurtunterstützung

Die richtige Gurtunterstützung ist entscheidend für eine stabile, durchhangfreie Gurtführung. Der erforderliche Umfang richtet sich nach der individuellen Größe der Förderanlage, deren Ladezone(n) und den Förderlasten. Zu den zu bestimmenden Faktoren gehört der Muldungswinkel und die Laufgeschwindigkeit beim Beladen, das Gewicht des Materials, die maximale Brockengröße, die Fallhöhe des Materials sowie der Winkel und die Materialgeschwindigkeit während der Beladung.

Abbildung 10.5

Um den Gurtdurchhang zu reduzieren, muss die Bandunterstützung verbessert werden



Ein wesentlicher Aspekt ist, dass der Fördergurt über die gesamte Länge des Aufnahmebereichs stabilisiert wird. Über die erforderliche Mindestlänge hinausreichende Unterstützungssysteme haben keine schädliche Auswirkung, außer einer geringfügigen Zunahme des Leistungsbedarfs der Förderanlage. Ein zu kurz geratenes Bandträgersystem kann jedoch am Ende des Systems zum instabilen Bandlauf führen, wodurch mögliche Materialverschüttungen die Wirksamkeit des eingebauten Bandträgersystems zunichte machen kann. Mit den Gurtunterstützungen ist es wie mit dem Geld: Es ist viel besser, wenn man davon etwas zu viel als zu wenig hat.

Grundlagen der Konstruktion von Gurtunterstützungen

Ein wesentlicher Faktor ist, dass die Längsträger das eigentliche Grundgerüst der Förderanlage, auf der alle anderen Komponenten montiert sind, gerade und parallel verlaufen. Ist dies nicht der Fall, dann müssen sie ausgerichtet oder ausgetauscht werden. Die Laservermessung ist die für die Überprüfung der Ausrichtung der Längsträger bevorzugte Methode. (Siehe Kapitel 16: „Gurtausrichtung“.)

Um eine Längsträgerverformung zu verhindern, muss der Unterbau einen sicheren Stand der Konstruktion gewährleisten. Zur Vermeidung einer unzulässigen Verformung müssen die Lasten durch das Fördergut und die auftretende Stoßwirkung berücksichtigt werden. Die Längsträger, die mit dem richtigen Abstand stabil mit dem Unterbau verbunden werden, gewährleisten einen guten Stand der gesamten Anlage.

Die CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association) bietet eine wertvolle Quelle an Konstruktionsrichtlinien für den Bau von Förderanlagen und Ladezonen: “Conveyor Installation Standards for Belt Conveyors Handling Bulk Materials.” [Montagenormen für Gurtbandförderer zur Schüttguthandhabung] (Referenz 10.1).

Zur Vermeidung von Gurtdurchhang durch eine Verbesserung der Gurtunterstützung in der Ladezone steht eine große Anzahl von Techniken und Komponenten zur Verfügung, die unabhängig oder in Kombination miteinander verwendet werden können. Dazu gehören Gurtrollen, Bandträgergestelle und Aufpralldämpfungstische.

BANDTRÄGER MIT ROLLEN

Grundsätzlich erfolgt die Unterstützung eines Förderbandes mit Hilfe von Gurtrollen. Ein Gurtrollensatz besteht aus einer oder mehreren Einzelrollen, wobei jede zur Sicherstellung eines freien, reibungsarmen Laufs mit einem oder mehreren Lagern versehen ist. Die Rollen werden stehend oder hängend auf einem quer zu den Längsträgern der Förderanlage angebrachten Gerüst montiert (**Abbildung 10.6**). Gurtrollen sind die zahlreichsten an einer Förderanlage vorkommenden Komponenten. Es gibt viele Arten, Ausführungen und Typen, die jedoch stets dieselbe Aufgabe haben: den Fördergurt und die Ladung zu formen und abzustützen, unter Wahrung des geringstmöglichen Leistungsbedarfs für den Materialtransport.

Die verschiedenen Rollentypen

Gurtrollen werden entsprechend dem Rollendurchmesser, dem Verwendungszweck, den Einsatzbedingungen, der Belastung des Fördergurts und der Bandgeschwindigkeit klassifiziert. Sie werden nach ihrer Tragfähigkeit auf Grundlage ihrer berechneten Stand- oder Einsatzzeit bewertet. Die CEMA verwendet einen aus zwei Zeichen bestehenden Code, bei dem die Klassifizierung der Rolle und die implizierte Tragfähigkeit durch einen Buchstaben ausgedrückt wird, gefolgt von dem Durchmesser der Rolle in Zoll, wodurch eine Unterteilung mit den Bezeichnungen von B4 bis F8 gegeben ist (**Tabelle 10.1**). In anderen Regionen können eventuell andere Klassifizierungssysteme gelten.

Ungeachtet aller Codes und Klassifizierungen besteht jedoch der Grundsatz, dass jede Förderanlage durchgehend und überall mit Rollen nach demselben Klassifizierungssystem bestückt ist, die nach Möglichkeit auch vom selben Hersteller stammen.

Unter Berücksichtigung der vorgesehenen Anwendung gibt es eine große Vielfalt allgemeiner Kategorien von Gurtrollen.

Tragrollen

Tragrollen sorgen für die Unterstützung des Bandes während des Materialtransports. Sie sind sowohl in flacher, als auch in gemuldeter Ausführung erhältlich. Die flache Ausführung besteht normalerweise aus einer einzelnen waagerechten Rolle für den Gebrauch mit flachen Bändern, z. B. bei Abzugsbändern.



Abbildung 10.6

Ein Gurtrollensatz besteht aus einer oder mehreren gelagerten Rollen. Die Gurtrollen werden stehend oder hängend auf einem Trägergerüst montiert, das seinerseits an den Längsträgern des Förderers befestigt ist.

Klassifizierung von Rollen (nach CEMA)

Gurtrollen- klassifizierung nach CEMA	Rollendurchmesser		Gurtbreite		Beschreibung
	mm	Zoll	mm	Zoll	
B4	102	4	450-1200	18-48	Leichte Belastung
B5	127	5	450-1200	18-48	
C4	102	4	450-1500	18-60	Mittlere Belastung
C5	127	5	450-1500	18-60	
C6	152	6	600-1500	24-60	
D5	127	5	600-1800	24-72	
D6	152	6	600-1800	24-72	Hohe Belastungen
E6	152	6	900-2400	36-96	
E7	178	7	900-2400	36-96	
F6	152	6	1500-2400	60-96	
F7	178	7	1500-2400	60-96	
F8	203	8	1500-2400	60-96	

Tabelle 10.1

Metrische Maße wurden von Martin Engineering umgerechnet; die Fördergurtbreiten entsprechen eventuell nicht den tatsächlichen metrischen Fördergurtgrößen.

Abbildung 10.7

Der Rollenstuhl normalerweise aus drei Rollen - einer waagerechten Rolle in der Mitte und zwei geneigten Rollen auf jeder Seite.



Abbildung 10.8

„Sortierbandrollen“ haben eine längere Mittelrolle und zwei kurze Seitenrollen und bieten somit einen großen flachen Bereich für das Fördergut.

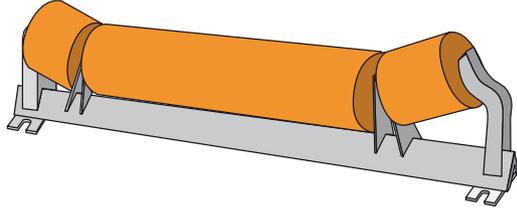


Abbildung 10.9

Bei In-Line-Rollenstühlen sind die Mittelachsen aller drei Rollen in einer Ebene ausgerichtet.

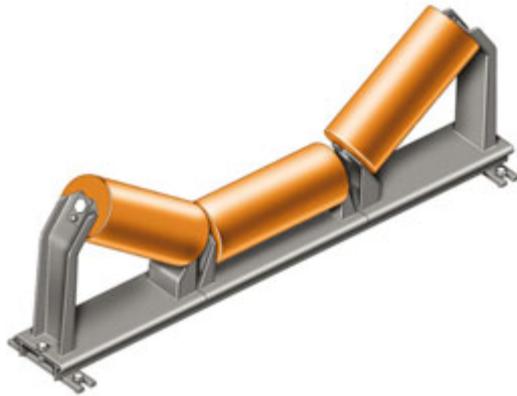


Abbildung 10.10

Bei Offset-Rollenstühlen steht die Mittelrolle vor den seitlichen Rollen, wodurch die Gesamthöhe des Rollenstuhls reduziert werden kann.

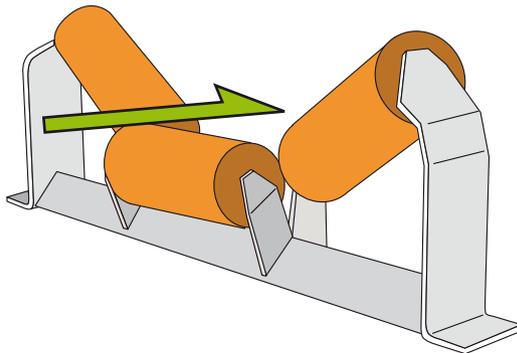
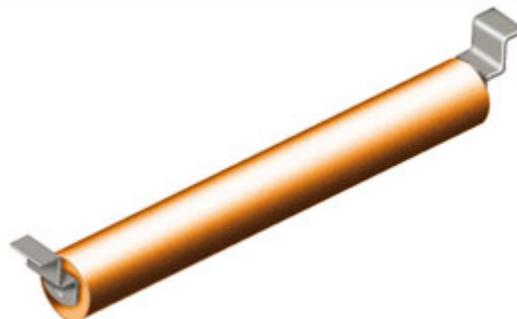


Abbildung 10.11

Rücklaufrollen bestehen normalerweise aus einer von der Unterseite der Längsträger abgehängten einzelnen waagerechten Rolle, die das Band auf dem Weg zurück zur Ladezone abstützen.



Der gemuldete Rollensatz besteht normalerweise aus drei Rollen - eine waagerechte Rolle in der Mitte, mit geneigten Rollen auf jeder Seite (**Abbildung 10.7**). Der Winkel zwischen der Horizontalen und der geneigten Rollenchse wird als Muldungswinkel bezeichnet. Normalerweise haben alle drei Rollen dieselbe Länge, obwohl es Sätze mit einer längeren Mittelrolle und kürzeren geneigten Rollen gibt, die als „Sortierbandrollen“ bezeichnet werden. Diese Ausführung bietet einen größeren, flachen Bereich für den Materialtransport, um die Prüfung und das Aussortieren des Förderguts zu ermöglichen (**Abbildung 10.8**).

Rollenstühle sind in zwei unterschiedlichen Arten verfügbar. Bei der ersten Art sind die Rollen in einer Ebene angeordnet (In-Line-Anordnung). Bei der zweiten Art liegt die Mittelrolle in einer anderen Ebene als die beiden Außenrollen (Offset-Anordnung). Gewöhnlich werden diese Rollenstühle so angeordnet, dass der Gurt zuerst die Mittelrolle passiert (**Abbildung 10.10**). Ein Versatz der Gurtrollen ermöglicht eine reduzierte Gesamthöhe des Rollenstuhls und kommt deshalb entsprechend häufig im Untertagebergbau vor, wo enge Platzverhältnisse herrschen. Bei versetzt angeordneten Gurtrollen gibt es auch keine Lücke zwischen den Rollen und damit ist auch das Risiko eines vom Rollenübergangstoß herrührenden Gurtenschadens beseitigt.

Rücklaufrollen

Nach dem Abwurf des Materials stützen Rücklaufrollen das Band auf dem Rückweg zur Ladezone. Diese Gurtrollen bestehen normalerweise aus einer von der Unterseite der Längsträger der Förderanlage abgehängten einzelnen waagerechten Rolle (**Abbildung 10.11**). V-förmige Rücklaufrollen mit zwei kleineren Einzelrollen werden manchmal zur Verbesserung der Gurtführung installiert (**Abbildung 10.12**).

Einspurrollen

Bei den Einspurrollen zur Verbesserung des mittigen Verlaufes der Bandführung existiert eine Vielzahl an Ausführungsvarianten. Normalerweise sind diese Gurtrollen selbstjustierend: Sie reagieren auf jeden Gurtschieflauf indem sie sich dabei in eine Stellung bringen, durch die das Band wieder auf die Mittellinie zurückgeführt wird (**Abbildung 10.13**). Sie sind sowohl für die Tragseite als auch für das Untertrum erhältlich. (Siehe Kapitel 16: „Gurtausrichtung“)

Im Aufnahmebereich sollten Einspurrollen nie unter der Tragseite des Fördergurts installiert werden, da sie höher hervorstehen als die benachbarten normalen Tragrollen und bei herumschwenken den Fördergurt anheben.

Aufpralldämpfungsrollen

Gummigepolsterte Aufpralldämpfungsrollen stellen eine mögliche Lösung zur Aufnahme der Aufprallkräfte in der Ladezone dar (**Abbildung 10.14**). Bei diesen Gurtrollen werden Rollen verwendet, die aus federnden Gummischeiben zusammengesetzt sind. Aufpralldämpfungsrollen haben normalerweise die gleiche zulässige Tragfähigkeit wie die Standardgurtrollen, da dieselben Achsen und Lager verwendet werden. Die Gummiüberzüge absorbieren einen Teil der Energie und wirken somit als Stoßdämpfer.

Ein Nachteil bei der Verwendung von Aufpralldämpfungsrollen im Aufnahmebereich besteht darin, dass jede Rolle das Band nur im oberen Bereich der Rolle abstützt. Ganz gleich wie eng sie angeordnet sind, führt die gerundete Form der Rolle und die Verformungsfähigkeit des Gummis unter Belastung zu Bandvibrationen oder das Band verformt sich und weicht vom ebenen Idealprofil ab (**Abbildung 10.15**). Dieser Durchhang ermöglicht und begünstigt Materialverluste und das Festsetzen des verschütteten Materials. Der räumliche Abstand zwischen Aufpralldämpfungsrollen bietet nur wenig Schutz davor, dass Fremdkörper von oben auf das Band fallen und es beschädigen können.

Auch die Aufpralldämpfungsrollen sind der Beschädigung durch Stoßwirkung ausgesetzt, wobei Lager und Rollen durch „zu große“ Brocken oder durch ungewöhnlich hohe Stoßwucht Schaden erleiden (**Abbildung 10.16**). Rollen mit verschlissenen oder festsitzenden Lagern bewirken einen unregelmäßigen Bandlauf und führen zu Gurtschiefelauf und zu Verschüttungen über die Seitenränder des Fördergurtes. Durch schwere Schlagwirkung beschädigte oder festsitzende Rollen bewirken eine starke Zunahme des Leistungsverbrauchs der Förderanlage. In vielen Fällen ist die Absorption der Stoßwucht durch Aufpralldämpfungstische, die nachfolgend vorgestellt werden, wirksamer.

Rollenabstand

Der jeweilige Abstand zwischen den rollenden Komponenten hat auf die stützende und formgebende Wirkung der Gurtrollen einen

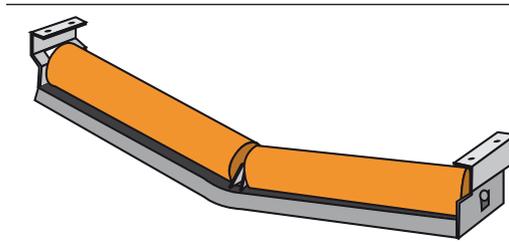


Abbildung 10.12

Manchmal werden V-förmige Rücklaufrollensätze mit zwei kleineren Einzelrollen zur Verbesserung der Gurtführung verwendet.

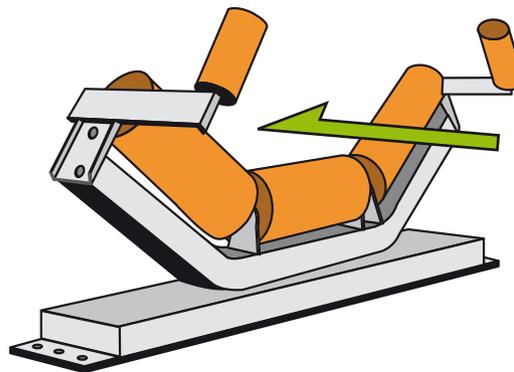


Abbildung 10.13

Sowohl für die Tragseite als auch für das Untertrum erhältlich, richten sich Einspurrollen selbst so aus, dass das Band wieder auf die Mittellinie zurückgeführt wird.



Abbildung 10.14

Zur Dämpfung der beim Beladen auftretenden Kräfte werden Aufpralldämpfungsrollen verwendet, die aus elastischen Gummischeiben zusammengesetzt sind.



Abbildung 10.15

Die gerundete Form der Rolle und die Verformungsfähigkeit des Gummis unter Belastung führen zu Bandvibrationen. Das Band kann sich auch verformen und vom ebenen Idealprofil abweichen.



Abbildung 10.16

Die Aufpralldämpfungsrollen sind der Beschädigung durch Stoßwirkung ausgesetzt, wobei Lager und Rollen durch „zu große“ Brocken oder durch eine ungewöhnlich hohe Stoßwucht Schaden erleiden können.

sehr großen Einfluss. Zu weit voneinander entfernte Gurtrollen stützen das Band nicht richtig und das gewünschte Profil kann nicht erreicht werden. Eine zu enge Anordnung der Gurtrollen verbessert zwar die Stützwirkung und das Profil, dadurch erhöhen sich jedoch die Kosten und möglicherweise auch der Leistungsbedarf der Förderanlage.

Normalerweise werden Gurtrollen so nah beieinander positioniert, dass sie ein voll beladenes Band abstützen können, ohne dass der Fördergurt dazwischen übermäßig durchhängt. Liegt ein zu großer Gurtdurchhang vor, rutscht die Ladung beim Nähern an die nächste Gurtrolle ein wenig zurück. Wenn sie passiert ist, gleitet sie wieder ein wenig vor in das sich öffnende Tal. Diese ständige Verschiebung der Ladung führt zu mehr Verschüttungen und erhöht den Bandverschleiß und den Energieverbrauch. Für Anwendungen außerhalb der Ladezone

hat die CEMA Tabellen mit den empfohlenen Rollenabständen veröffentlicht (**Tabelle 10.2**).

Der Abstand der Rücklaufrollen wird vom Gewicht des Fördergurts bestimmt, weil diese Gurtrollen keine andere Last zu tragen haben und die Materialverluste auf Untertrum irrelevant sind. Der typische Abstand von Rücklaufrollen beträgt 3 m.

Gurtrollen im Bereich der Einhausung

Die grundsätzlich traditionelle Vorgehensweise zur Verbesserung der Gurtunterstützung zur Gurtdurchhangreduzierung in der Ladezone (aber auch in anderen Bereichen der Förderanlage) ist die Erhöhung der Anzahl der Gurtrollen. Durch Erhöhung der Gurtrollenanzahl innerhalb einer gegebenen Strecke - und dadurch Verkürzung der Abstände zwischen den Rollen - wird das Potential zur Gurtdurchhangbildung reduziert (**Abbildung 10.17**). Gurtrollen können normalerweise so platziert werden, dass der Abstand zwischen den Rollen weniger als 25 mm beträgt (**Abbildung 10.18**).

Diese Methode hat jedoch auch Nachteile. Durch geringe Abstände zwischen den Gurtrollen wird auch die Wartung schwieriger. Rollensätze werden normalerweise so gewartet, dass dabei der Gurtrollenträger auf die Seite umgelegt wird, um die Schmierung der Rollen oder einen Austausch vornehmen zu können.

Abbildung 10.17

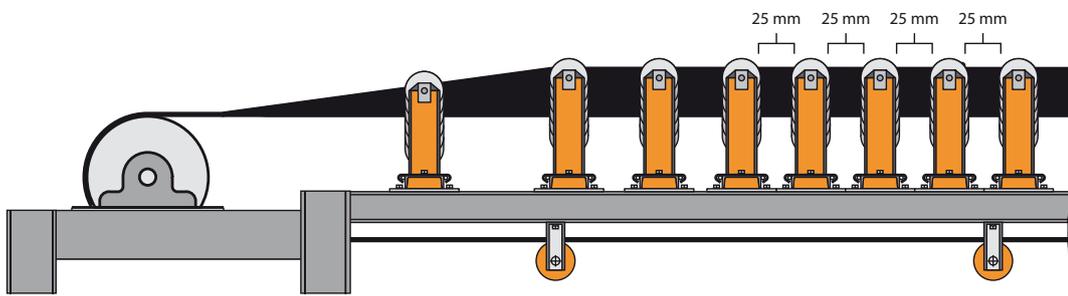
Die traditionelle Methode zur Reduzierung des Gurtdurchhangs unter einer Ladezone ist die Erhöhung der Anzahl der Gurtrollen innerhalb einer gegebenen Strecke, wodurch auch der Abstand zwischen den Gurtrollen reduziert wird.



Tabelle 10.2

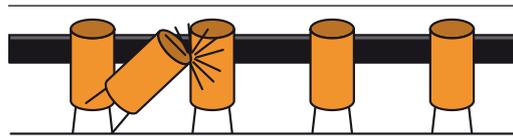
Empfohlener Rollenabstand für Anwendungen außerhalb der Ladezone (nach CEMA)							
Abstand der Rücklaufrollen	Gurtbreite	Rollenabstand auf der Tragseite außerhalb der Ladezone					
		Dichte des transportierten Materials in kg/m ³					
		480	800	1200	1600	2400	3200
m	m	m	m	m	m	m	m
3,0	457	1,7	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
3,0	610	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2
3,0	762	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2
3,0	914	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1
3,0	1067	1,4	1,4	1,2	1,1	0,9	0,9
3,0	1219	1,4	1,2	1,2	1,1	0,9	0,9
3,0	1372	1,4	1,2	1,1	1,1	0,9	0,9
3,0	1524	1,2	1,2	1,1	0,9	0,9	0,9
2,4	1829	1,2	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8
2,4	2134	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	0,6
2,4	2438	1,1	1,1	0,9	0,8	0,6	0,6

Metrische Maße wurden von Martin Engineering umgerechnet; die Fördergurtbreiten entsprechen eventuell nicht den tatsächlichen metrischen Fördergurtgrößen.

**Abbildung 10.18**

Gurtrollen können normalerweise so platziert werden, dass der Abstand zwischen den Rollen weniger als 25 mm beträgt.

Stehen die Gurtrollen zu eng beieinander, dann ist nicht genügend Platz zur Verfügung, um den Rollensatz für die Durchführung der Instandhaltungsarbeiten auf die Seite umlegen zu können (**Abbildung 10.19**). Hier müssen mehrere benachbarte Rollensätze entfernt werden, um einen bestimmten Gurtrollensatz erreichen zu können, was zu einem „Domino-Effekt“ führt.

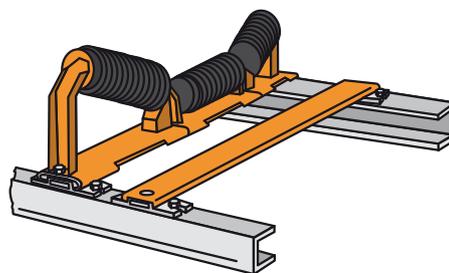
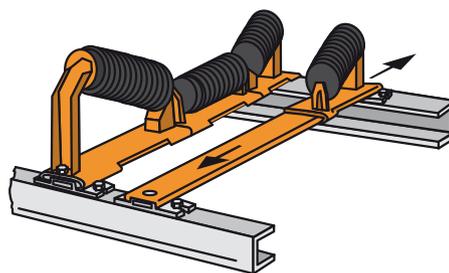
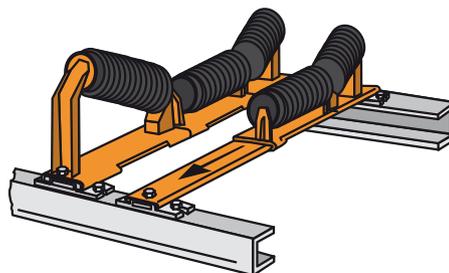
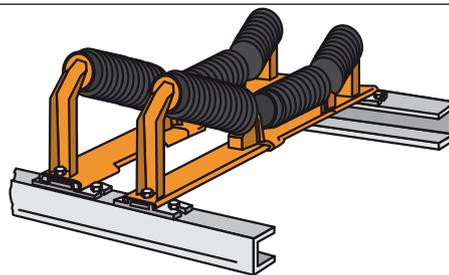
**Abbildung 10.19**

Stehen die Gurtrollen zu eng beieinander, ist nicht genügend Platz zur Verfügung, um den Rollensatz für die Durchführung von Wartungsarbeiten auf die Seite umlegen zu können.

Auf Schienen montierte Rollen

Eine Lösung der Probleme, die bei der Wartung auftreten, sind die in sehr engen Abständen auf Schienen montierte Rollen. Diese Gurtrollen sind auf eine Stahlschiene so montiert, dass die einzelnen Rollen seitlich im rechten Winkel zum Bandverlauf auf diese Gleitschiene aufgeschoben oder davon abgezogen werden können (**Abbildung 10.17** und **Abbildung 10.20**). Für die Gleitschiemenmontage kommen Stahlrollen oder aus Gummischeiben bestehende Aufpralldämpfungsrollen in Frage. Bei den auf Schienen montierten Rollen kann jede Rolle oder jeder Rollensatz einzeln gewartet werden, ohne dass der Gurtrollenträger auf die Seite umgelegt oder das Band angehoben werden muss.

Die Gleitschiene, auf der die Gurtrollen (und/oder andere Komponenten des Bandträgersystems) verschoben werden können, stellt eine konstruktive Erweiterung der Förderanlage dar. Diese Schienen können bereits bei der Gestaltung der Förderanlage in die Gerüstkonstruktion integriert werden (**Abbildung 10.21**). Die Einbeziehung eines Einschubschienensystems während der Entwurfsphase der Förderanlage ermöglicht die Verwendung modularer Bandträgereinheiten, Gurtrollen, Gestellen oder Kombi-Baugruppen und vereinfacht die Montage dieser Komponenten. Dies ist besonders nützlich bei breiten Fördergurten, bei denen für große Komponenten ansonsten vielleicht Kräne oder anderes schweres Gerät für die Montage erforderlich wären.

**Abbildung 10.20**

Eine Lösung der Probleme, die bei der Wartung von sehr eng montierten Rollen auftreten, sind auf Gleitschienen montierte Rollenstühle.

Tipps für die Montage von Gurtrollen

Bei der Montage von Gurtrollen an einem Übergabepunkt sollten diese rechtwinklig zu den Längsträgern ausgerichtet werden und über die gesamte Förderanlage sowohl horizontal als auch vertikal fluchten. Abweichungen führen zur Bildung von Einschlussstellen, in denen sich Material festsetzt - einer häufigen Ursache für Gurtschäden und Materialverluste. Für die Überprüfung der Ausrichtung aller rollenden Komponenten kann die Laserver-

messung verwendet werden. (Siehe Kapitel 16: „Gurtausrichtung“.)

Die Normen für Gurtrollen geben Toleranzen beim Rollendurchmesser, bei der Rundheit (oder Maßhaltigkeit), der Höhe der Rolle in der Mitte und für den Muldungswinkel vor. Sogar ein kleiner Unterschied in den Maßen einer Gurtrolle, z. B. Unterschiede zwischen den Produkten verschiedener Hersteller, kann auf der Förderstrecke zu Höhenschwankungen führen, wodurch eine wirksame Abdichtung unmöglich gemacht wird. Gurtrollen müssen sorgfältig ausgerichtet und aneinander angepasst werden, damit auf dem Fördergurt keine Unebenheiten entstehen. Gurtrollen sollten auf Konzentrität geprüft werden, denn je unrunder sie sind, desto größer ist die Tendenz, dass der Fördergurt unruhig läuft. Im eingehausten Bereich einer Förderanlage sollten nur Gurtrollen vom selben Hersteller und mit demselben Rollendurchmesser, derselben Klasse und mit demselben Muldungswinkel verwendet werden.

Abbildung 10.21

Die Gleitschienen, auf denen die Gurtrollen verschoben werden können, können bereits bei der Gestaltung der Förderanlage in die Gerüstkonstruktion integriert werden.

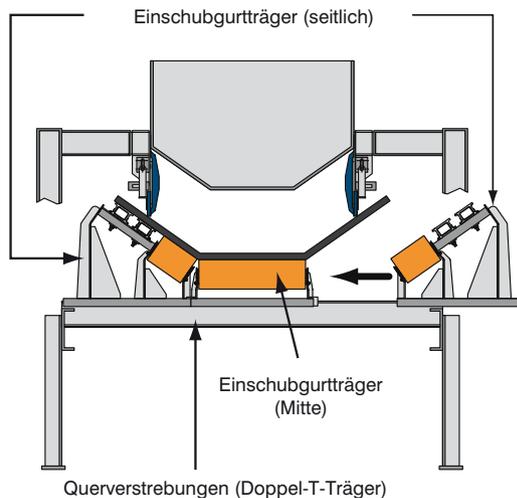


Abbildung 10.22

Um eine flache Auflage mit der Möglichkeit zur wirksamen Abdichtung zu erreichen, werden bei vielen Förderanlagen in der Ladezone Trägergestelle statt Gurtrollen verwendet.

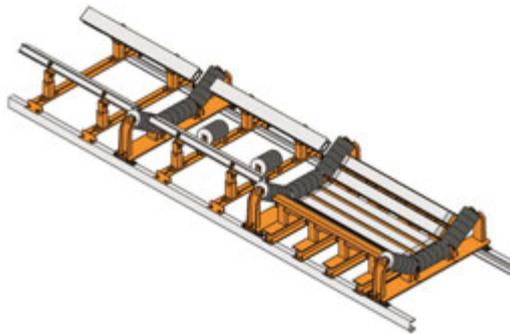


Abbildung 10.23

Beim „Seitenschienen“-Aufbau werden auf beiden Seiten der Förderanlage direkt unter der Kantenabdichtung ein oder mehrere reibungsarme Balken angebracht.



BANDTRÄGERGESTELLE

Das „flach wie ein Tisch“-Konzept ist für eine gute Abdichtung so wichtig, dass viele Konstrukteure unter den Ladezonen der Förderanlagen verstärkt Trägergestelle statt Gurtrollen einsetzen (**Abbildung 10.22**). Statt einer Gurtrolle kommen bei den Trägergestellen zur Unterstützung des Gurtprofils verschiedene Arten von Balken mit niedrigem Reibungskoeffizient zum Einsatz.

In dieser Abhandlung über Bandträgersysteme sind die Ausdrücke Gestell, Bett oder Sattel als Synonyme zu betrachten.

Alle Bandträgergestelle haben zwei Funktionen: Sie dämmen den Gurtdurchhang im Aufnahmebereich zur Verminderung der Materialverluste ein und bieten eine glatte Oberfläche als Auflage für den laufenden Fördergurt. Außerdem reduzieren Aufpralldämpfungstische Gurtschäden dadurch, dass sie die beim Auftreffen des Materials auf dem Fördergurt auftretenden Kräfte absorbieren. Zu den weiteren Vorteilen bei der Benutzung von Gestellen unter dem Übergabepunkt gehören auch eine Reduktion der Anzahl beweglicher Teile und der dadurch entfallende Schmierungsbedarf. Die modulare Bauweise der Gestellsysteme ermöglicht bedarfsabhängige Erweiterung der Gurtunterstützung.

Stützeinrichtungen zur Kantenabdichtung

Stützeinrichtungen zur Kantenabdichtung bieten eine fortlaufende Abstützung des Fördergurtes und gewährleisten einen geraden Verlauf der Fördergurtkanten.

Die Stützeinrichtungen zur Kantenabdichtung haben einen „Seitenschienen“- Aufbau. Bei diesem System werden auf beiden Seiten der Förderanlage direkt unter der Kantenabdichtung ein oder mehrere reibungsarme Balken (auch Stützbalken oder Gleitbalken genannt) montiert (**Abbildung 10.23**). Diese Balken stützen die Fördergurtkanten ab, wodurch sie ihre Verformung verhindern und damit die Wirksamkeit der Kantenabdichtung verbessern.

Jede Stützeinrichtung zur Kantenabdichtung kann, je nach Länge des Übergabebereichs, der Geschwindigkeit des Fördergurtes und der sonstigen Kenngrößen der Förderanlage, aus einem oder mehreren Segmenten (auch Gurtunterstützungsstationen oder Kantenabdichtungsgestelle genannt) bestehen. Zur Vermeidung von Stellen, wo sich Material festsetzen kann, müssen die Oberseiten dieser Balken mit den Oberkanten der Eingangs- und Ausgangsrollen fluchten (**Abbildung 10.24**). Werden mehrere Segmente verwendet, dann müssen zwischen diesen Segmenten Gurtrollen positioniert werden.

Auf schnelleren, breiteren oder schwerer beladenen Bändern können pro Segment (Gurtunterstützungsstation) auf jeder Seite mehrere Stützbalken notwendig sein. Bei breiteren Fördergurten ist oft die Anbringung einer Abstützrolle in der Mitte oder der Einbau eines zusätzlichen Balkens unter der Mitte des Fördergurtes erforderlich (**Abbildung 10.25**).

Gleitbalken zur Gurtunterstützung können aus Kunststoffen mit niedrigem Reibungskoeffizient hergestellt werden, wie z. B. aus ultrahochmolekularem Polyethylen (UHMW). Diese Materialien bieten eine selbstschmierende Oberfläche mit niedrigem Schleppwiderstand, die dem Aufbau eines Wärmestaus entgegenwirkt und einen geringen Verschleiß sowohl am Fördergurt als auch an den Balken aufweist. Eine firmeneigene Ausführungsart ist mit Balken mit einem H- oder kastenförmigen Profil ausgestattet, wodurch sowohl die obere als auch die untere Seite genutzt werden können (**Abbildung 10.26**).

Bei Bandgeschwindigkeiten über 3,8 m/s kann die durch Reibung des Fördergurtes her-

vorgerufene Wärmeentwicklung den Wirkungsgrad der Kunststoffbalken beeinträchtigen. Folglich sind für diese Anwendungen Stützbalken aus Edelstahl weit verbreitet. Balken aus Edelstahl sollten auch bei Anwendungen mit Betriebstemperaturen über 82 °C verwendet werden.

Die Auswahl der bei Balkenabstützsystemen verwendeten Materialien kann durch Sicherheitsbestimmungen begrenzt sein. In den meisten Ländern gibt es Bestimmungen, die bei Anwendungen Untertage antistatische und/oder feuerfeste Materialien vorschreiben, wenn diese Kontakt mit dem Fördergurt haben. Andere regionale oder betriebliche Erfordernisse können bei der Auswahl der verwendenden Materialien ausschlaggebend sein.



Abbildung 10.24

Zur Vermeidung von Stellen, wo sich Material festsetzen kann, müssen die Oberseiten der Gleitbalken und der Oberkanten der Eingangs- und Ausgangsrollen in einer Ebene liegen.



Abbildung 10.25

Bei breiten Fördergurten ist oft die Anbringung zusätzlicher Stützrollen oder Gleitbalken in der Mitte des Trägersgestells erforderlich.

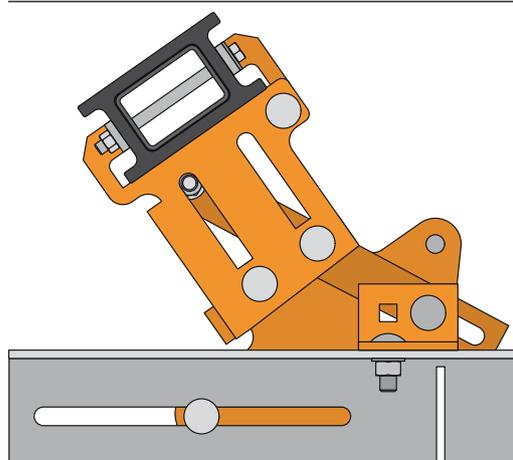


Abbildung 10.26

Eine firmeneigene Ausführungsart ist mit Balken mit einem H- oder kastenförmigen Profil ausgestattet, wodurch sowohl die obere, als auch die untere Oberfläche genutzt werden kann.

Die Balken mit niedrigem Reibungskoeffizient sollten in einem verstellbaren Montage- rahmen eingebaut werden, um die Montage, die Ausrichtung und die Instandhaltung zu erleichtern. Dieser Rahmen sollte für ver-

Abbildung 10.27

Die Balken sollten so in der Stützposition montiert sein, dass das Montagematerial und die Verbindungselemente nicht mit dem Fördergurt in Kontakt kommen können.



Abbildung 10.28

Aufprallwucht, die in der Ladezone durch große Fallhöhen oder große Brocken verursacht wird, kann zu Beschädigung der Komponenten und zu Verschüttungen führen.



Abbildung 10.29

Direkt unter der Aufgabestelle des Materials werden Aufpralldämpfungstische eingebaut, um den Hauptstoß des auf das Band herabfallenden Materials abzufangen.



Abbildung 10.30

Aufpralldämpfungstische bestehen aus einer Stahl- konstruktion, in die ein Satz stoßabsorbierender Balken eingebaut ist. Die Balken verbinden eine glatte Oberseite und eine oder mehrere schaum- stoffartige Sekundär- schichten zur Absorption der Aufprallenergie.



schiedene Gurtrollen - Kombinationen und Wandungsbreiten der Schurre geeignet sein und Nachstellmöglichkeiten zum Verschleißaus- gleich bieten.

Die Balken sollten so in der Stützposition montiert sein, dass das Montagematerial und die Verbindungselemente nicht mit dem Förder- gurt in Kontakt kommen können. Zum Beispiel sollten die zur Befestigung der Balken verwen- deten Schrauben parallel und nicht senkrecht zum Fördergurt stehen (**Abbildung 10.27**).

Eine Gurtunterstützungsstation kann zu einer Erhöhung der Reibung des Fördergurtes und des Leistungsbedarfs der Förderanlage führen. Diese geringfügige Zunahme des Energie- verbrauchs wird jedoch dank Reduktion der Materialverluste durch dichtere Einhausungen, Vermeidung der Bandabriebschäden durch sich festsetzendes und reibendes Material und durch weniger Ausfallzeiten für die Instandhaltungs- arbeiten an den Rollen und dem Band mehr als ausgeglichen.

Aufpralldämpfungstische

Nichts kann den Gurt einer Förderanlage und die Komponenten eines Übergabepunktes so schnell und ernsthaft beschädigen und zu Materialverlusten führen, als Einschläge von schweren Gegenständen oder von schaffkantigen Brocken in der Ladezone (**Abbildung 10.28**). Durch die Stoßwucht dieser Einschläge werden auch andere Komponenten beschädigt, wie z. B. Gurtrollen und Abdichtstreifen, unab- hängig davon, ob sie von hohen Fallstrecken, großen Brocken, Felsblöcken, Holzbalken oder Almetall herrühren. Diese Aufprallwirkung kann den Lauf des Bandes in einen instabilen Zustand versetzen und zu verstärkten Materi- alverlusten führen. Schwere oder wiederholte Einschläge können auch die äußere Lage des Fördergurtes beschädigen und die Karkasse schwächen. Aus diesem Grund sind die Kon- struktoren bestrebt, die Aufprallwucht in den Ladezonen möglichst effektiv zu reduzieren. Zu den geeigneten Maßnahmen zählen ingeni- eurtechnisch konstruierte Schurren, Aufprall- puffer oder derartige Lenkung des Materi- alstroms, dass zuerst Feianteile auf das Band aufgegeben werden und erst auf diese Schutz- schicht die großen Brocken geleitet werden.

Derartige Stöße können jedoch in vielen Fällen nicht gänzlich vermieden werden, weshalb der Einbau eines energieabsorbieren- den Systems unter der Ladezone erforderlich ist. Wenn man einen Fördergurt auf einen Betonboden auslegt und mit einem Beil oder

einem Hammer darauf einschlägt, würde man dadurch den Fördergurt beschädigen. Wenn man jedoch zwischen dem Fördergurt und dem Boden Schaumstofflagen einschiebt, wäre der Fördergurt besser geschützt. Und gerade auf diese Art schützt ein Bandträgersystem mit Aufpralldämpfung den Fördergurt.

Direkt unter der Fördergutaufgabestelle werden Aufpralldämpfungstische eingebaut, um den Hauptstoß des herabfallenden Materials abzufangen (**Abbildung 10.29**). Diese Konstruktionen bestehen normalerweise aus einer Zusammenstellung von einzelnen stoßabsorbierenden Balken in einem Stützrahmen als Stahlkonstruktion. Die Balken sind aus einem strapazierfähigen, elastischen Polymer mit glatter Oberfläche, über die das Band fast reibungslos hinweggleiten kann, und einer oder mehreren schaumstoffartigen sekundären Schichten zur Absorption der Energie des Aufpralls hergestellt (**Abbildung 10.30**).

Manche Hersteller kombinieren eine Gruppe langer Balken - normalerweise 1,2 m lang - zu einem Gestell, bei dem die Balken parallel zum Verlauf des Fördergurts ausgerichtet sind. Andere Hersteller verwenden kürzere, modulare Segmente, die fluchtend einen senkrecht zur Laufrichtung des Bandes verlaufenden Sattel bilden. Diese Sättel sind normalerweise 300 mm breit. Die Anzahl der erforderlichen Gestelle und Sättel ergibt sich aus der Länge der Aufprallzone. Die für ein bestimmtes Gestell oder für einen bestimmten Sattel erforderliche Anzahl von Balken wird durch die Breite des Förderbandes bestimmt.

Bei einigen Systemen ist die glatte Oberseite fest mit der gepolsterten Unterschicht verbunden. Andere bieten separate Komponenten, die bei der Anwendung zusammengefügt werden. Aufpralldämpfungstische sind auf Gleitschienen montiert erhältlich, wodurch der eventuell erforderliche Austausch der Balken vereinfacht wird (**Abbildung 10.31**).

Der Grenzwert der Stoßwucht, die vom Fördergurt in Verbindung mit einem Aufpralldämpfungstisch absorbiert werden kann, basiert auf der Widerstandsfähigkeit des Fördergurtes gegen Quetschbeanspruchung. Für Ladezonen mit allerhöchsten Stoßwuchtbeanspruchungen kann die ganze Anordnung des Aufpralldämpfungstischs auf einem stoßabsorbierenden Unterbau, wie z. B. auf Federn oder einem Luftkissen montiert werden. Während dies doch die Steifigkeit der gesamten Ladezone vermindert und dabei für Stoßkräfte absorbierend wirkt, hat es den Nachteil, dass eine gewisse Vertikalauslenkung des Fördergurts im eingehausten Bereich möglich ist, wodurch die Abdichtung des Aufgabebereiches erschwert wird.



Abbildung 10.31

Es werden auch Aufpralldämpfungstische auf Gleitschienen angeboten, wodurch die Montage und Wartung vereinfacht werden.

$F_i = W + \sqrt{2 \cdot k \cdot W \cdot h_d}$			
Gegeben: Ein Materialbrocken mit einem Gewicht von 475 N fällt 4 m tief auf einen Aufpralldämpfungstisch mit einer Gesamtfederkonstante von 1000000 N/m.			
Gesucht: Die vom Materialbrocken hervorgerufene Stoßkraft.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
F_i	Stoßkraft	Newton	Pfund Druckkraft
k	Federkonstante des die Stoßwucht absorbierenden Systems	1000000 N/m	70000 lb _f /ft
W	Gewicht des größten Materialbrockens	475 N	100 lb _f
h_d	Fallhöhe	4 m	13 ft
Metrisch: $F_i = 475 + \sqrt{2 \cdot 1000000 \cdot 475 \cdot 4} = 62119$			
Amerikanisch: $F_i = 100 + \sqrt{2 \cdot 70000 \cdot 100 \cdot 13} = 13591$			
F_i	Stoßkraft	62119 N	13591 lb _f

Gleichung 10.1

Berechnung der Aufprallwucht eines einzelnen Materialbrockens (CEMA Norm 575-2000)

Richtlinie für Aufpralldämpfungstische

CEMA Norm 575–2000 enthält ein einfaches Bewertungssystem für Aufpralldämpfungstische zur Anwendung bei Schüttgütern. Dieses System bietet den Herstellern und den Anwendern ein allgemein anzuwendendes Bewertungssystem, um das Risiko von Fehlanwendungen zu vermeiden.

Das Klassifizierungssystem für Aufpralldämpfungstische basiert auf der Aufprallenergie des Schüttgutes und dient der Einordnung einer gegebenen Anwendung in eine der Kategorien des Bewertungssystems. Die Aufprallkraft wird für jede Anwendung durch Berechnen des größtmöglich (schlimmstenfalls) auftretenden Aufpralls bestimmt. Bei einer gegebenen An-

wendung sollte die Stoßwucht sowohl für den größten Einzelbrocken (**Gleichung 10.1** und **Abbildung 10.32**), als auch für einen kontinuierlichen Materialstrom (**Gleichung 10.2** und **Abbildung 10.33**) berechnet werden. Für die meisten Anwendungen kommt die Größere der beiden Kräfte zum Einsatz. Der Wert für die Stoßkraft dient dann zur Einordnung in eine der drei Bewertungsklassen (**Tabelle 10.3**).

Die von der CEMA verwendeten Gleichungen sind allgemein als Näherungsrechnung zur Berechnung von Stoßkräften anerkannt. Die CEMA Norm gibt an, dass die Stoßwucht von einem maximal großen Brocken fast immer die höchste Stoßkraft ergibt und deshalb für eine gegebene Anwendung zur Bewertung der Stoßwucht eingesetzt werden sollte. Eine genaue Berechnung würde die Einbeziehung der vom

Abbildung 10.32 (links)

Berechnung der Stoßkraft durch den größten Einzelbrocken

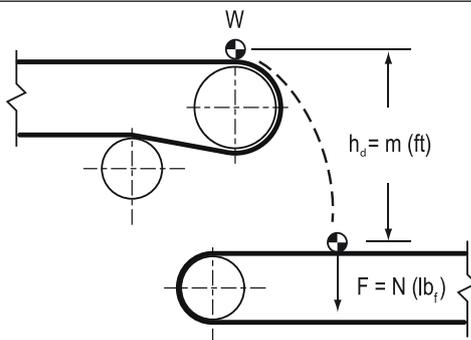
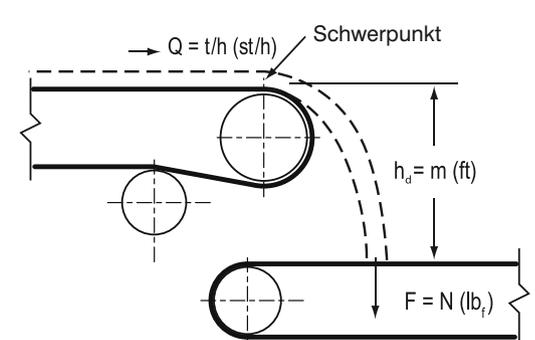


Abbildung 10.33 (rechts)

Berechnung der Stoßkraft durch kontinuierlichen, homogenen Materialfluss



Gleichung 10.2

Berechnung der Stoßkraft des Materialstroms (CEMA Norm 575-2000)

$F_s = k \cdot Q \cdot \sqrt{h_d}$			
Gegeben: Ein Materialstrom von 2100 t/h fällt 4 m tief auf einen Aufpralldämpfungstisch.			
Gesucht: Die vom Materialstrom hervorgerufene Stoßkraft.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
F_s	Stoßkraft	Newton	Pfund Druckkraft
Q	Materialfluss	2100 t/h	2300 st/h
h_d	Fallhöhe	4 m	13 ft
k	Umrechnungsfaktor	1234	0,1389
Metrisch: $F_s = 1,234 \cdot 2100 \cdot \sqrt{4} = 5183$			
Amerikanisch: $F_s = 0,1389 \cdot 2300 \cdot \sqrt{13} = 1152$			
F_s	Stoßkraft	5183 N	1152 lb_f

Tabelle 10.3

CEMA Norm 575-2000			
Bewertungssystem für Aufpralldämpfungstische und -gestelle			
Kodierung	Bewertung	Stoßkraft (N)	Stoßkraft (lb_f)
L	Leichte Belastung	<37800	<8500
M	Mittlere Belastung	37800-53400	8500-12000
H	Hohe Belastungen	53400-75600	12000-17000

Metrische Umrechnungen von Martin Engineering

Brocken absorbierten Kraft, die Berücksichtigung der von einem Materialstrom absorbierten Kraft und eine Verrechnung der Werte erfordern.

Die Dimensionen für die Konstruktion von Gestellen basieren auf dem bewährten Klassifizierungssystem der CEMA. Enthalten sind die Klassifizierungen: B, C, D, E oder F, gefolgt vom Nenndurchmesser der Rolle in Zoll (z. B. 5, 6 oder 7).

Gestelle mit Balken und Rollen

Es gibt auch einige „Kombinationsgestelle“, bei denen Balken für eine fortlaufende Abdichtung an der Fördergurtkante eingesetzt sowie auch Rollen unter der Mitte des Fördergurtes eingebaut sind (**Abbildung 10.34**). Diese Mischbauweisen sind eine beliebte Variante zur Kombination des niedrigeren Energieverbrauchs beim Einsatz von Rollen mit der ebenen Abdichtfläche von Aufprallbalken oder Gleitbalken. Mit einer Mischbauweise wird die aus der Bewegung resultierende Reibung durch die Abstützung der Mitte des Fördergurtes mit konventionellen Rollen niedrig gehalten. Dies reduziert die Leistungsaufnahme der Förderanlage. Die Fördergurtkante wird fortlaufend abgestützt, wodurch ein Gurtdurchhang zwischen den Gurtrollen vermieden wird. Dies reduziert Verschüttungen auf ein Minimum. Da die mittleren Rollen in einer praktisch staubfreien Umgebung laufen, haben die Rollenlager und die Dichtungen eine lange Standzeit, wodurch die Instandhaltungskosten langfristig reduziert werden. Diese Bauarten sind am häufigsten auf schnell laufenden Förderanlagen mit Geschwindigkeiten oberhalb von 3,8 m/s oder bei Anwendungen mit schweren Materiallasten zu finden, bei denen in der Mitte des Bandes eine hohe Reibung auftritt.

Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung von Gestellen mit Aufprallbalken in der Mitte und kurzen, eng beieinander liegenden Sortierbandrollen an den Seiten. Hier soll in der Mitte die Stoßwucht bestmöglich abgefangen werden, während die Reibung an den Fördergurtkanten reduziert wird.

GESTELLMONTAGE

Mehrfachgestellsysteme

Oft ist der Einbau von Kombinationssystemen angezeigt, bei denen sowohl stoßabsorbierende Aufpralldämpfungsgestelle als auch Stützgestelle für die Abdichtung integriert sind

(**Abbildung 10.35**). Es sollten so viele Aufpralldämpfungstische wie notwendig installiert werden, um den Fördergurt bis zum Ende der Aufprallzone unterstützen zu können. Stützgestelle zur Kantenabdichtung vervollständigen dann das System über die zur Stabilisierung der Ladung erforderliche Strecke hinweg.

Diese Systeme bieten eine effiziente Lösung zur Kombination optimaler Gurtunterstützung mit maximaler Wirtschaftlichkeit im Systembau und im Energieverbrauch.



Abbildung 10.34

Bei kombinierten Gestellen werden zusätzlich zu den Balken für eine fortlaufende Abdichtung an der Fördergurtkante und auch Rollen unter der Mitte des Fördergurtes eingesetzt.



Abbildung 10.35

Zur Stabilisierung der Förderstrecke können Kombinationssysteme installiert werden, bei denen sowohl stoßabsorbierende Gestelle als auch Stützgestelle für die Kantenabdichtung integriert sind.

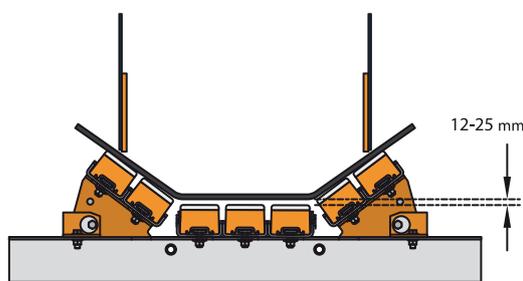


Abbildung 10.36

Aufpralldämpfungstische werden normalerweise so installiert, dass die Balken in der Mitte des Gestells 12 bis 25 mm tiefer als das normale (unbeladene) Niveau des Bandes gesetzt werden.

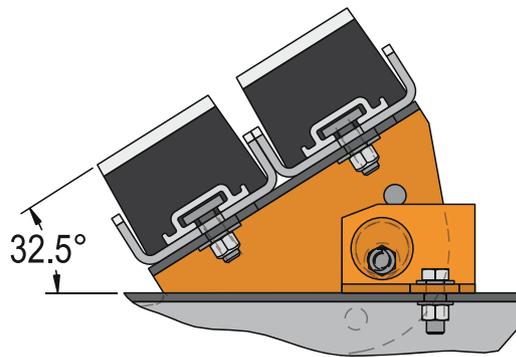


Abbildung 10.37

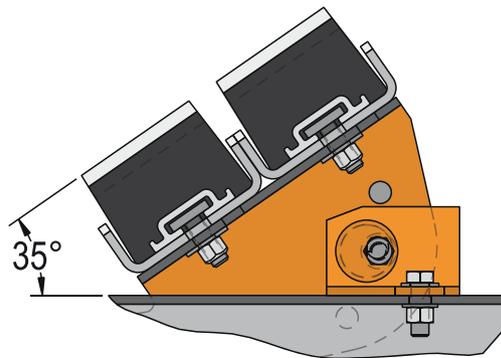
Zur Vermeidung von Gurtdurchhang und Einschlussstellen sollten die seitlichen Balken eines Aufpralldämpfungstisches mit den Eingangs-, den Zwischenrollen und den Ausgangsgurtrollen fluchten.

Abbildung 10.38

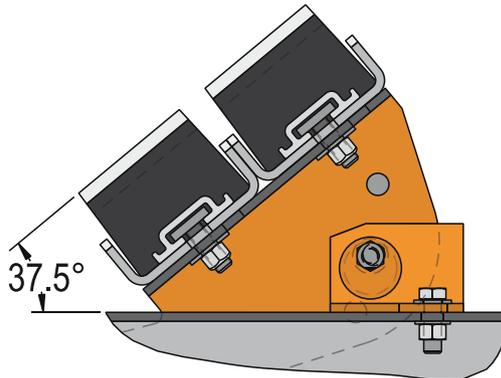
Die Installation eines vernünftig gestalteten Aufpralldämpfungstisches wird durch die Verwendung verstellbarer Seitenkonsolen vereinfacht, wobei das Gestell in flacher Form unter den Fördergurt geschoben wird und die Seiten dann auf den entsprechenden Muldungswinkel angehoben werden. Hinweis: Der Einstellbereich für einen 35°- Muldungswinkel beträgt $\pm 2,5^\circ$.



Einstellung 32,5°



Einstellung 35,0°



Einstellung 37,5°

Abbildung 10.39

Wenn zwei oder mehr Gestelle installiert werden, wird die Verwendung von Zwischenrollen empfohlen.



Gestellausrichtung

Der Aufpralldämpfungstisch wird normalerweise so installiert, dass die Balken in der Mitte des Gestells etwas - 12 bis 25 mm - tiefer gesetzt werden als das normale, unbeladene Niveau des Bandes (**Abbildung 10.36**). Dadurch kann das Band einen Teil der Aufprallkraft absorbieren, indem es sich entsprechend verformt, während bei normaler Fördergutlast eine fortlaufende Reibung und Abnutzung an den Balken vermieden wird. Um Gurtdurchhang und Einschlussstellen zu verhindern, sollten die seitlichen Balken des Gestells mit den Eingangs-, den Zwischenrollen und den Ausgangsgurtrollen fluchten (**Abbildung 10.37**). Es ist wichtig, dass der direkt unter der Schurrenwandung oder der Einhausung der Förderanlage liegende Balken genau auf die Seitenrollen ausgerichtet ist.

Die Gestelle können mit den Längsträgern verschweißt oder verschraubt werden. Es ist sicherlich vorteilhafter, wenn die Systeme verschraubt werden, da dies eine effizientere Wartung ermöglicht. Einige Hersteller bieten Aufpralldämpfungstische mit Montage auf Gleitschienen, wodurch der Einbau der Gestelle und ein eventuell erforderlicher Balkenaustausch vereinfacht werden.

Die Installation von Aufpralldämpfungstischen wird durch die Verwendung von verstellbaren Seitenkonsolen erleichtert, wobei das Gestell in flacher Form unter den Fördergurt geschoben wird und die Seiten dann auf den entsprechenden Muldungswinkel angehoben werden (**Abbildung 10.38**). Es ist wichtig, dass bei dem Gestell eine einfache Möglichkeit zur Anpassung von Balkenhöhe und -winkel vorgesehen ist. Dies ermöglicht Verschleißausgleich und die Benutzung des Gestells mit Gurtrollen von verschiedenen Herstellern.

Gurtrollen zwischen Gestellen

Wenn zwei oder mehr Gestelle installiert werden, ist die Verwendung von Zwischenrollen zu empfehlen, d. h. von Gurtrollen, die zwischen benachbarten Gestellen positioniert werden (**Abbildung 10.39**). Der Einbau eines Rollensatzes zwischen zwei Gestelle vermindert die Reibungskräfte zwischen dem Förderband und den Balken. Das reduziert den Energieverbrauch der Förderanlage und die Stauwärme in den Balken, wodurch sich die Standzeiten der Balken und des Fördergurts erhöhen.

Vor und nach jedem 1200 mm Gestell sollten Gurtrollen vorgeschrieben werden. Die Anzahl der pro Übergabe erforderlichen Rollensätze ist

gleich der Anzahl der Gestelle plus ein weiterer Rollensatz. Für die Laufstabilität der Förderstrecke sollten alle Gurtrollen von demselben Hersteller stammen und dieselbe Rollengröße haben. Unter der Ladezone sollten zwischen den Gestellen Aufpralldämpfungsrollen und außerhalb des Aufprallbereichs konventionelle Gurtrollen verwendet werden. Zwischen den Gestellen sollten auf Schienen montierte Rollen eingesetzt werden, um die Wartung zu erleichtern.

In manchen Bereichen mit Stoßbelastungen kann ein Abstand zwischen den Zwischenrollen von bis zu 2,4 m akzeptabel sein. Das gilt für Anwendungen, wo eine Vorhersage des Aufprallpunktes schwierig ist und wo Rollen durch punktartige Belastungen beschädigt werden könnten; in diesen Fällen werden entsprechend lange Ladezonen ausgelegt. Hierzu gehören Übergabepunkte unter Abkippstellen in Steinbrüchen und Minen, in Holzbearbeitungs- und Papierfabriken, wo Holzstämmen auf Fördergurte abgeworfen werden, oder Recyclingbetriebe, in denen schwere Gegenstände - von Autobatterien bis zu Lastwagenmotoren - auf die Förderbänder herabfallen.

ALTERNATIVMETHODEN FÜR DIE GURTUNTERSTÜTZUNG

In diesem Buch werden mehrere Ansätze und Methoden alternativer Fördersysteme erörtert (Siehe Kapitel 33: „Sonderförderanlagen“). Außerdem gibt es noch weitere Methoden zur Gurtunterstützung auf unkonventionellen Förderanlagen.

Girlandenträgerrollen

Girlandenträgerrollen sind Rollensätze, die normalerweise aus drei oder fünf über ein Seil, eine Kette oder eine anderes flexibles Trägerelement miteinander verbundenen Einzelrollen bestehen, die unter dem Band hindurchgeführt und am Gestell der Förderanlage herabhängend befestigt sind (**Abbildung 10.40**). Unter den bei der Beschickung des Bandes auftretenden Kräften können diese Rollensätze frei schwingen, absorbieren dabei Stoßkräfte und zentrieren die Ladung. Deren flexible Aufhängung ermöglicht eine schnelle Bewegung oder Wartung der Gurtrollen und bietet eine gewisse selbstzentrierende Wirkung.

Girlandenträgerrollen werden normalerweise bei Schwerlastanwendungen eingesetzt, z. B. bei Förderanlagen mit hohen Stoßbelastungen und großen Materialmengen. Zu benennen wären

hier typischerweise Förderanlagen unter dem Abwurf von Schöpfradbaggern und unter den Ladezonen langer Überlandförderanlagen, auf denen Rohstoffe aus den Minen transportiert werden (**Abbildung 10.41**). Girlandenträgerrollen werden auch häufig in Gießereibetrieben eingesetzt.

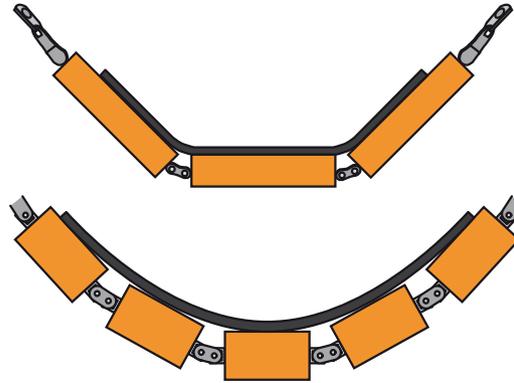


Abbildung 10.40

Girlandenträgerrollen sind Rollensätze, die normalerweise aus drei oder fünf über ein Seil, eine Kette oder eine andere flexible Verbindung miteinander verbundenen Einzelrollen bestehen, die unter dem Band hindurchgeführt und am Gerüst der Förderanlage herabhängend befestigt sind.



Abbildung 10.41

Zu den typischen Anwendungen von Girlandenträgerrollen gehören z. B. Förderanlagen unter dem Abwurf von Schöpfradbaggern und unter den Ladezonen langer Überlandförderanlagen, auf denen Rohstoffe aus den Minen transportiert werden.

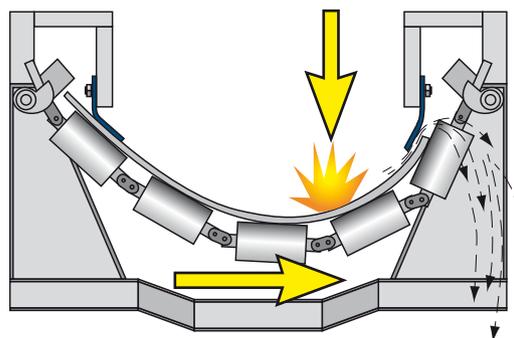


Abbildung 10.42

Aufgrund ihrer Aufhängung die Girlandenträgerrollen schaukeln seitlich während des Beladevorgangs, wodurch der Verlauf des Bandes beeinflusst und die Abdichtung erschwert werden.

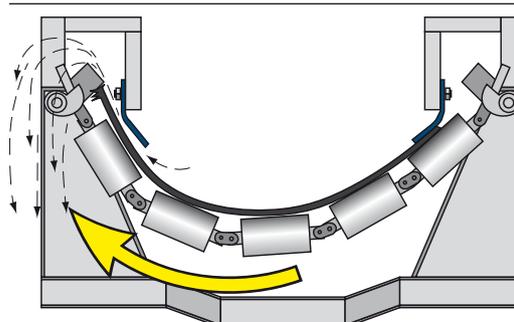


Abbildung 10.43

So wie die Girlandenträgerrollen hin und her schwingen, so bewegt sich auch das Band von einer Seite zur anderen, verursacht seitlichen Austritt des Materials und führt zu Gurtschieflauf.

Bei der Konstruktion eines Fördersystems ist systembedingtes „Schaukeln“ der Girlandentragrollen zu berücksichtigen und ebenso die Auswirkung dieser Beweglichkeit auf den Bandverlauf, besonders wenn das Material nicht zentrisch aufgegeben wird (**Abbildung 10.42**). So wie die Girlandentragrolle hin und her schwingt, so bewegt sich auch das Band von einer Seite zur anderen. Dies führt dazu, dass Fördergut verdrängt wird und seitlich austreten kann. Eine weitere Folge sind mögliche Bandbeschädigungen, wenn das Band bei besonders starken Ausschlägen gegen das Traggerüst stößt. (**Abbildung 10.43**). Aus diesem Grund muss an der Einhausung entsprechend mehr Raum vorgesehen werden.

Luftunterstützte Förderanlagen

Ein anderes Konzept zur Stabilisierung der Förderstrecke ist das luftunterstützte Förderband. Bei diesen Förderanlagen sind die Gurtrollen und Gestelle auf der Trageite durch ein so genanntes Plenum unter dem Band ersetzt. Das Band wird von einem dem Plenum entströmenden Luftfilm abgestützt (**Abbildung 10.44**). (Siehe Kapitel 23: „Luftunterstützte Förderanlagen“.)

SYSTEMWARTUNG

Für einen stabilen, linearen Bandlauf der Förderanlage ist ordentliche Instandhaltung der Bandträgersysteme von entscheidender Bedeutung. Die vorgeschriebene Wartung dieser Komponenten verhindert, dass das Band eine unerwünschte Eigendynamik entwickelt, wodurch die Bandträgersysteme im Hinblick auf die Eindämmung der Materialverluste ihre Wirksamkeit verlieren.

Die für ein konkretes Bandträgersystem erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen variieren zwar je nach Systemart und verwendeten

Komponenten, sie sollten jedoch folgendes beinhalten:

- A. Die Überprüfung der rollenden Komponenten - einschließlich der Trommeln und Gurtrollen auf Verschleiß und Funktion (Drehen sie sich noch?)
- B. Den Austausch von „blockierten“, „fest-sitzenden“, beschädigten oder verschlissenen Rollen
- C. Die Schmierung der Lager in rollenden Komponenten nach Bedarf - manche Gurtrollen sind gekapselt, so dass keine Schmierung erforderlich ist
- D. Die Überprüfung der Bandträgergestelle
- E. Die Nachstellung der Gestelle zum Ausgleich von Verschleiß
- F. Die Neuausrichtung und/oder der Ersatz von beschädigten oder abgenutzten Balken
- G. Nach Bedarf Entfernung von Materialansammlungen an Rollen, Rahmen, Gestellen und Stützschiene

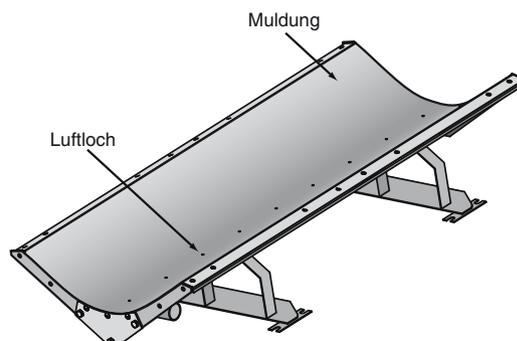
Für jede einzelne Komponente sind die Instandhaltungsanweisungen des Herstellers zu befolgen.

Gurtrollen sollten nicht zu viel geschmiert (überschmiert) werden. Dies kann zu einer Beschädigung der Lagerdichtungen führen, wodurch entweichendes Material in das Lager eindringen kann, was wiederum zu einer Erhöhung der Reibung und einer verminderten Standzeit führt. Überschüssiges Öl und Fett kann auf das Band laufen, wo es in die Deckplatte eindringt und die Standzeit des Bandes verkürzt. Überschüssiges Fett kann auch auf Handläufe, Laufstege oder auf Fußböden gelangen, wodurch diese rutschig und gefährlich werden. Gurtrollen mit gekapselten, dauergeschmierten Lagern sollten nicht geschmiert werden.

Am günstigsten ist es, wenn man die Komponenten des Bandträgersystems nach Einfachheit der Instandhaltung auswählt. Sonst steigt die Wahrscheinlichkeit, dass diese wesentlichen Instandhaltungsarbeiten aufgrund des dafür erforderlichen Zeit- und Arbeitsaufwandes gar nicht durchgeführt werden.

Abbildung 10.44

Bei luftunterstützten Förderanlagen wird die Förderstrecke dadurch stabilisiert, dass das Band von einer Luftschicht getragen wird, die einem Plenum entströmt.



TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

Voraussetzung für die erfolgreiche Abdichtung eines Übergabepunktes ist eine völlig flache und gerade verlaufende Förderstrecke innerhalb der Einhausung. Der Gurtdurchhang in der Ladezone sollte auf nicht mehr als 3 mm begrenzt werden. Die Spezifikationen beinhalten:

A. Aufpralldämpfungstische im Beladungsbereich

Um die Stoßwirkung von der Beladung zu absorbieren und um die Förderstrecke zu stabilisieren, sollten im direkten Beladungsbereich vollständige Aufpralldämpfungstische unter dem Fördergurt verwendet werden. Die Aufpralldämpfungstisch-Abschnitte sollten nicht länger als 1,2 m sein, wobei mindestens alle 1,2 m eine Gurtrolle eingebaut ist.

B. Gestellen in Beladungsbereich

Die Gestelle sollten an das Profil des gemuldeten Fördergurtes angepasst sein und so

installiert werden, dass die Balken in der Mitte des Gestells 12 bis 25 mm tiefer liegen als das normale, unbeladene Niveau des Bandes.

C. Auf Schienen montierte Gestelle

Die Balken sollten auf einem Gestell aufgebaut werden, um einfache Montage und Wartung zu ermöglichen, ohne dass dafür das Anheben des Bandes oder die Entfernung von benachbarten Gurtrollen oder des Gestells selbst erforderlich wäre. Zur Erleichterung des Zugangs und der Wartung sollte das Gestell aus drei auf Schienen montierten Baugruppen bestehen.

D. Gleitbalken zur Kantenabstützung und Stützrollen für die Mitte

Im eingefassten Stabilisierungsbereich unmittelbar nach der Beladestelle sollten für die Abdichtungen Stützgestelle mit Gleitbalken zur Abstützung der Gurtkanten und Stützrollen für die Mitte des Gurtes verwendet werden.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Die Mitarbeiter müssen sich der folgenden, für die Ladezone typischen Gefahren bewusst sein und sie sind in der sicheren Durchführung der Kontrollen, der Reinigungs- und der Instandhaltungsarbeiten zu schulen:

A. Quetschstellen

Zwischen dem sich bewegenden Band und den rotierenden oder feststehenden Komponenten der Ladezone entstehen Klemm- und Quetschstellen.

B. Schwere Komponenten

Viele der Komponenten der Bandträgersysteme und der Ladezone haben hohes Gewicht, was zu einer Gefährdung durch schwere Lasten führt.

C. Enge Raumverhältnisse

Ladezonen befinden sich oft in beengter Umgebung mit eingeschränktem Zugang, also in Bereichen, die bisweilen als umschlossene Räume betrachtet werden.

D. Wasser, Schnee oder Eis

Ladezonen befinden sich oft an Standorten, die der Witterung ausgesetzt sind, so dass sich dort oft Wasser, Schnee oder

Eis ansammeln kann, was eine zusätzliche Rutsch-, Stolper- und Sturzgefahr darstellt.

E. Lagerfläche

Die Umgebung des hinteren Endes der Förderanlage und der Ladezone werden oft als Lagerfläche für Ersatzteile und für ausgetauschte Komponenten benutzt. Diese Praxis führt zu Stolper- und Sturzgefahren in diesen Bereichen.

F. Hilfsgeräte

Hilfsgeräte sind oft automatisiert und können ohne Vorwarnung anlaufen, was zu potentiell gefährlichen Situationen führt.

Vor der Durchführung jedweder Einstell- oder Wartungsarbeiten an einem Bandträgersystem müssen ordnungsgemäße Sicherheitsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungshängern (tagout), blockieren/verkeilen der beweglichen Komponenten (blockout) und Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden. Der Bereich muss frei von Hindernissen sein und es sind alle für das Befahren umschlossener Räume geltende Vorschriften zu befolgen.

E. Fluchtende Gurtrollen

Die Gestelle sollten sowohl mit den Eingangs- und Ausgangsgurtrollen fluchten als auch mit den evtl. vorhandenen Zwischenrollen.

F. Einstellung und Anpassung

Es sollte eine Möglichkeit gegeben sein, um den Balken vertikal und radial an das Band anpassen zu können.

In jedem Fall müssen die ausgewählten Komponenten nicht nur eine angemessene Abstützung des Bandes gewährleisten, sondern auch dafür sorgen, dass das Band in ständigem Kontakt mit dem Kantenabdichtungssystem bleibt, um eine wirksame Abdichtung zu erreichen.

In der Ladezone muss der Durchhang viel geringer als die CEMA-Empfehlung sein, um Verschüttungen, Staubbildung und die Abnutzung des Bandes, der Verschleißauskleidung und der Kantenabdichtung zu verhindern. Die Anwendung der CEMA-Methode (**Gleichung 10.3**) für eine 35°-Gurtrolle ergibt zum Beispiel einen empfohlenen maximalen Durchhang zwischen Gurtrollen von 12,5 mm und von 19 mm für eine 20°- Gurtrolle. Dies ist für die Eindämmung von Verschüttungen in der Ladezone ein eindeutig unakzeptabler Durchhang.

Der Durchhang (ΔY_s) ist proportional zum Gewicht des Bandes inkl. Schüttgut ($W_b + W_m$) [N/m] und dem Rollenabstand (S_i) [mm] und umgekehrt proportional zur Gurtspannkraft in der Ladezone (T_m) [N] (**Gleichung 10.3**). Um Materialverluste beherrschen zu können, sollte der Konstrukteur die Gurtspannung und den Rollenabstand in der Ladezone so auslegen, dass der Gurtdurchhang nicht mehr als 3 mm beträgt. Da das Material sogar bei sehr kleinem Durchhang entweichen und Verschleiß verursachen kann, soll vorzugsweise der Durchhang von 0,0 mm angestrebt werden, was dazu führt, dass das Band durchgehend unterstützt werden muss.

Das Beispiel (**Gleichung 10.3**) zeigt, dass der Durchhang bei einem Rollenabstand von 600 mm 3,37 mm beträgt. Wenn der Rollenab-

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Rollenabstand und Gurtdurchhang

In BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter], sechste Auflage, empfiehlt die CEMA bei 35°-Gurtrollen die Begrenzung des Gurtdurchhangs zwischen Gurtrollen auf 2% und bei 20°-Gurtrollen auf 3%(Referenz 10.2). Die CEMA-Methode bezieht sich auf die Begrenzung des Gurtdurchhangs außerhalb der Ladezone zur Verhinderung von Materialverlusten.

Gleichung 10.3

Berechnung des Gurtdurchhangs

$$\Delta Y_s = \frac{(W_b + W_m) \cdot S_i \cdot k}{T_m}$$

Gegeben: Ein Förderband, das 550 N/m wiegt, trägt pro Meter eine Materiallast von 3000 N. Die Gurtrollen sind in einem Abstand von 600 mm verteilt und die Spannkraft in diesem Bereich beträgt 24000 N.

Gesucht: Der Gurtdurchhang.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
ΔY_s	Gurtdurchhang	Millimeter	Zoll
W_b	Gewicht des Fördergurtes pro Längeneinheit des Fördergurtes	550 N/m	38 lb _f /ft
W_m	Gewicht des Materials pro Längeneinheit des Fördergurtes	3000 N/m	205 lb _f /ft
S_i	Rollenabstand	600 mm	2 ft
T_m	Gurtspannkraft	24000 N	5400 lb _f
k	Umrechnungsfaktor	0,038	1,5
Metrisch: $\Delta Y_s = \frac{(550 + 3000) \cdot 600 \cdot 0,038}{24000} = 3,37$			
Amerikanisch: $\Delta Y_s = \frac{(38 + 205) \cdot 2 \cdot 1,5}{5400} = 0,135$			
ΔY_s	Gurtdurchhang	3,37 mm	0,135 in.

stand im Beispiel auf 178 mm reduziert wird, fällt der Gurtdurchhang auf 1 mm.

Wenn ein Bandträgersystem wie z. B. ein Aufpralldämpfungstisch oder ein luftunterstütztes Fördersegment verwendet wird, kann ein Rollenabstand (S_i) von 0,0 mm angenommen werden. Die Berechnung ergibt dann einen Gurtdurchhang von Null, weil kein Durchhang vorliegen sollte, wenn das Band eine durchgehend ebene Fläche bildet.

Gestelle und Leistungsbedarf

Bandträgersysteme haben einen wesentlichen Einfluss auf den Leistungsbedarf einer Förderanlage. Änderungen an der Bandunterstützung wirken sich besonders stark bei Systemen mit einer zu knapp bemessenen Leistung aus. Es ist empfehlenswert, rechnerisch den Leistungsbedarf einer vorgesehenen Änderung im Bandträgersystem zu ermitteln, um sicherzustellen, dass das Antriebssystem genügend Leistungsreserven zum Ausgleich der zusätzlichen Reibung hat.

Der erhöhte Leistungsverbrauch in Kilowatt kann durch Bestimmung der zusätzlich wirkenden Kräfte berechnet werden; hierzu können die von CEMA empfohlenen Standardmethoden benutzt werden. Der Reibbeiwert der vorgesehenen Bandträgersysteme multipliziert mit Gesamtlast der Bandträger ergibt die Kraft. Es ist nicht erforderlich, die Gurtrollen, das Gefälle der Förderanlage oder weitere nachrangige Faktoren zu berücksichtigen, weil die mit dieser Methode ermittelten Werte in den meisten Fällen bereits höher sind als der in der Praxis festgestellte Energieverbrauch. In Anwendungen beispielsweise, wo ein Schmiermittel (z. B.

Wasser) permanent vorhanden ist, kann die effektive Leistung halb so groß oder sogar noch geringer sein, als der errechnete Betrag.

Die durch Stützeinrichtung zur Kantenabdichtung hinzugefügte Kraft kann mit (**Gleichung 10.4**) berechnet werden.

Die von einem Aufpralldämpfungstisch hinzugefügte Kraft kann mit (**Gleichung 10.5**) berechnet werden.

Die durch den Aufpralldämpfungstisch und das Stützbett verursachten Kräfte steigern den Leistungsbedarf des Förderbandantriebs, der rechnerisch ermittelt werden kann (**Gleichung 10.6**).

ZAHLEN SIE JETZT, ODER ZAHLEN SIE SPÄTER (MEHR)

Zum Abschluss...

Scheinbar einfache Änderungen in einem Fördersystem, wie z. B. die Änderung der Spezifikation für das Band oder Erweiterung um ein Bandträgersystem, können zu bedeutenden Veränderungen der erforderlichen Antriebsleistung führen.

In ihrer sechsten Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* [Gurtbandförderer für Schüttgüter] stellt die CEMA eine relativ komplexe Formel zur Kraft- und Leistungsbedarfsbestimmung bei Förderanlagen ausführlich vor. Die derzeitige Computersoftware für Förderanlagentechnik bietet ähnliche Gleichungen und führt nach Eingabe der Daten die Berechnung aus.

$\Delta T_s = (W_b \cdot L_b \cdot 0,1) + (F_{ss} \cdot 2 \cdot L_b)$			
Gegeben: Ein Förderband, das pro Meter 130 N wiegt, wird entlang einer Länge von 6 m unter der Abdichtung abgestützt. Die Abdichtung drückt mit einer Kraft von 45 N/m gegen das Band.			
Gesucht: Kraftanteil durch Stützeinrichtungen zur Kantenabdichtung			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
ΔT_s	Kraftanteil durch Stützeinrichtungen zur Kantenabdichtung	Newton	Pfund Druckkraft
W_b	Gewicht des Fördergurtes pro Längeneinheit des Fördergurtes	130 N/m	9 lb _f /ft
F_{ss}	Presskraft der Kantenabdichtung	45 N/m	3 lb _f /ft
L_b	Länge der Bandabstützung	6 m	20 ft
Metrisch: $\Delta T_s = (130 \cdot 6 \cdot 0,1) + (45 \cdot 2 \cdot 6) = 618$			
Amerikanisch: $\Delta T_s = (9 \cdot 20 \cdot 0,1) + (3 \cdot 2 \cdot 20) = 138$			
ΔT_s	Kraftanteil durch Stützeinrichtungen zur Kantenabdichtung	618 N	138 lb _f

Gleichung 10.4

Berechnung des Kraftanteils durch Stützeinrichtungen zur Kantenabdichtung

Gleichung 10.5

Berechnung des Kraftanteils durch Aufpralldämpfungstisch

$$\Delta T_{IB} = (W_b \cdot L_b) + (F_{ss} \cdot 2 \cdot L_b) + \left(\frac{Q \cdot L_b \cdot k}{V} \right)$$

Gegeben: Ein Förderband, das 130 N/m wiegt, wird über eine Länge von 1,5 m von einem Aufpralldämpfungstisch abgestützt. Die Abdichtung drückt mit einer Kraft von 45 N/m gegen das Band. Auf dem mit einer Geschwindigkeit von 1,25 m/s laufenden Band werden pro Stunde 275 t transportiert.

Gesucht: Kraftanteil durch Aufpralldämpfungstisch.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
ΔT_{IB}	Kraftanteil durch Aufpralldämpfungstisch	Newton	Pfund Druckkraft
W_b	Gewicht des Fördergurtes pro Längeneinheit des Fördergurtes	130 N/m	9 lb _f /ft
L_b	Länge der Bandabstützung	1,5 m	5 ft
F_{ss}	Presskraft der Kantenabdichtung	45 N/m	3 lb _f /ft
Q	Materialfluss	275 t/h	300 st/h
V	Bandgeschwindigkeit	1,25 m/s	250 ft/min
k	Umrechnungsfaktor	2,725	33,33
<p>Metrisch: $\Delta T_{IB} = (130 \cdot 1,5) + (45 \cdot 2 \cdot 1,5) + \left(\frac{275 \cdot 1,5 \cdot 2,725}{1,25} \right) = 1230$</p> <p>Amerikanisch: $\Delta T_{IB} = (9 \cdot 5) + (3 \cdot 2 \cdot 5) + \left(\frac{300 \cdot 5 \cdot 33,33}{250} \right) = 275$</p>			
ΔT_{IB}	Kraftanteil durch Aufpralldämpfungstisch	1230 N	275 lb _f

Gleichung 10.6

Berechnung der zusätzlichen Leistungsaufnahme des Antriebs durch Stützsysteme für die Kantenabdichtung und den Aufpralldämpfungstisch.

$$P = (\Delta T_s + \Delta T_{IB}) \cdot V \cdot \mu_{ss} \cdot k$$

Gegeben: Ein mit einer Geschwindigkeit von 1,25 m/s laufendes Förderband wird von einem Aufpralldämpfungstisch und einem Stützsystem für die Kantenabdichtungen abgestützt, die jeweils 1230 N bzw. 618 N hinzufügen. Bei den Stützsystemen werden UHMW-Gleitflächen eingesetzt. **Gesucht:** Der zusätzliche Energieverbrauch des Antriebs durch Stützsysteme für die Kantenabdichtung und den Aufpralldämpfungstisch.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
P	Zusätzlicher Energieverbrauch des Bandantriebs	Kilowatt	Pferdestärke
ΔT_s	Kraftanteil durch Stützeinrichtung zur Kantenabdichtung (in Gleichung 10.4 berechnet)	618 N	138 lb _f
ΔT_{IB}	Kraftanteil durch Aufpralldämpfungstisch (in Gleichung 10.5 berechnet)	1230 N	275 lb _f
V	Bandgeschwindigkeit	1,25 m/s	250 Fuß/min
μ_{ss}	Reibungskoeffizient nach CEMA 575-2000	0,5 – UHMW 1,0 – Polyurethan 1,0 – Gummi	0,5 – UHMW 1,0 – Polyurethan 1,0 – Gummi
k	Umrechnungsfaktor	1/1000	1/33000
<p>Metrisch: $P = \frac{(618 + 1230) \cdot 1,25 \cdot 0,5}{1000} = 1,15$</p> <p>Amerikanisch: $P = \frac{(138 + 275) \cdot 250 \cdot 0,5}{33000} = 1,56$</p>			
P	Zusätzlicher Energieverbrauch des Bandantriebs	1,15 kW	1,56 hp

Der Einbau verbesserter Bandträgersysteme kann zur Erhöhung des Leistungsbedarfs der Förderanlage führen. Die wahren Auswirkungen verbesserter Bandträgersysteme können allerdings erst dann korrekt bewertet werden, wenn man diese mit dem Energieverbrauch einer Förderanlage vergleicht, die (infolge von Materialverschüttungen durch Banddurchhang) schwergängige Rollenlager und verklebte oder gar blockierte Gurtrollen hat.

Wie von R. Todd Swinderman in der Arbeit "The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners," [Der Verbrauch an Antriebsenergie des Förderbandes durch Fördergurtreiniger] belegt (*Referenz 10.3*), gilt: „Auch Verschüttungen können den Betrieb einer Förderanlage beeinträchtigen und den Energieverbrauch deutlich steigern.“ Zum Beispiel hat Swinderman berechnet, dass eine einzelne, festgefrorene Aufpralldämpfungsrolle etwa 1,2 kW an zusätzlicher Energie benötigt, während ein festsitzender Rollensatz aus Stahl bis zu 0,27 kW erfordern kann. Eine Gurtrolle mit einer 25 mm starken Materialanbackung würde 0,32 kW an zusätzlichem Leistungsbedarf für den Antrieb bedeuten. Dieser Mehrbedarf wird mit der Anzahl der mit diesem Mangel behafteten Gurtrollen multipliziert.

Die Nutzung verbesserter Bandträger- und Abdichtsysteme bewirkt einen erhöhten Leistungsbedarf der Förderanlagenantriebe. Dieser Mehrbedarf und diese Kosten erscheinen jedoch geringfügig, wenn man sie mit dem Energieverbrauch für den Betrieb einer einzigen „festsitzenden“ Gurtrolle oder mit einigen verklebten Gurtrollen vergleicht. Durch die Verwendung der richtigen Bandträgersysteme kann ein Betrieb gleichzeitig die vielen und kostspieligen Probleme vermeiden, die durch Materialverschüttungen verursacht werden.

Die Konstruktion eines Systems mit einer etwas erhöhten Leistungsaufnahme zur Vermeidung von Verschüttungen ist als vernünftiger zu betrachten, als mit den viel höheren Energiekosten und den weitreichenderen Folgen der fortlaufenden Materialverluste leben zu müssen. Die Kosten für den Einbau und den Betrieb der richtigen Bandträgersysteme sind eigentlich eine Investition in die Verbesserung des Wirkungsgrades.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über die Gurtunterstützung, das fünfte Kapitel im Abschnitt „Das Beladen des Bandes“, befasst sich mit der Bedeutung der richtigen Bandträgersysteme zur Gewährleistung

eines stabilen Bandlaufs zur Vermeidung von Materialverlusten und Staubbelastung. Dieser Abschnitt wird mit den drei folgenden Kapiteln fortgesetzt, in denen weitere Methoden zur Vermeidung von Verschüttungen, mit den Hauptthemen Einhausungen, Verschleißauskleidungen und Kantenabdichtsysteme besprochen werden.

REFERENZEN

- 10.1 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). "Conveyor Installation Standards for Belt Conveyors Handling Bulk Materials." [Montagenormen für Gurtbandförderer zur Schüttgut-handhabung] In *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS*, sechste Auflage, Anhang D, Seiten 575–587. Naples, Florida.
- 10.2 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage, Seite 133. Naples, Florida.
- 10.3 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (Mai 1991). "The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners," [Der Verbrauch an Antriebsenergie des Förderbandes durch Fördergurtreiniger] *Bulk Solids Handling*, Seiten 487–490. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.

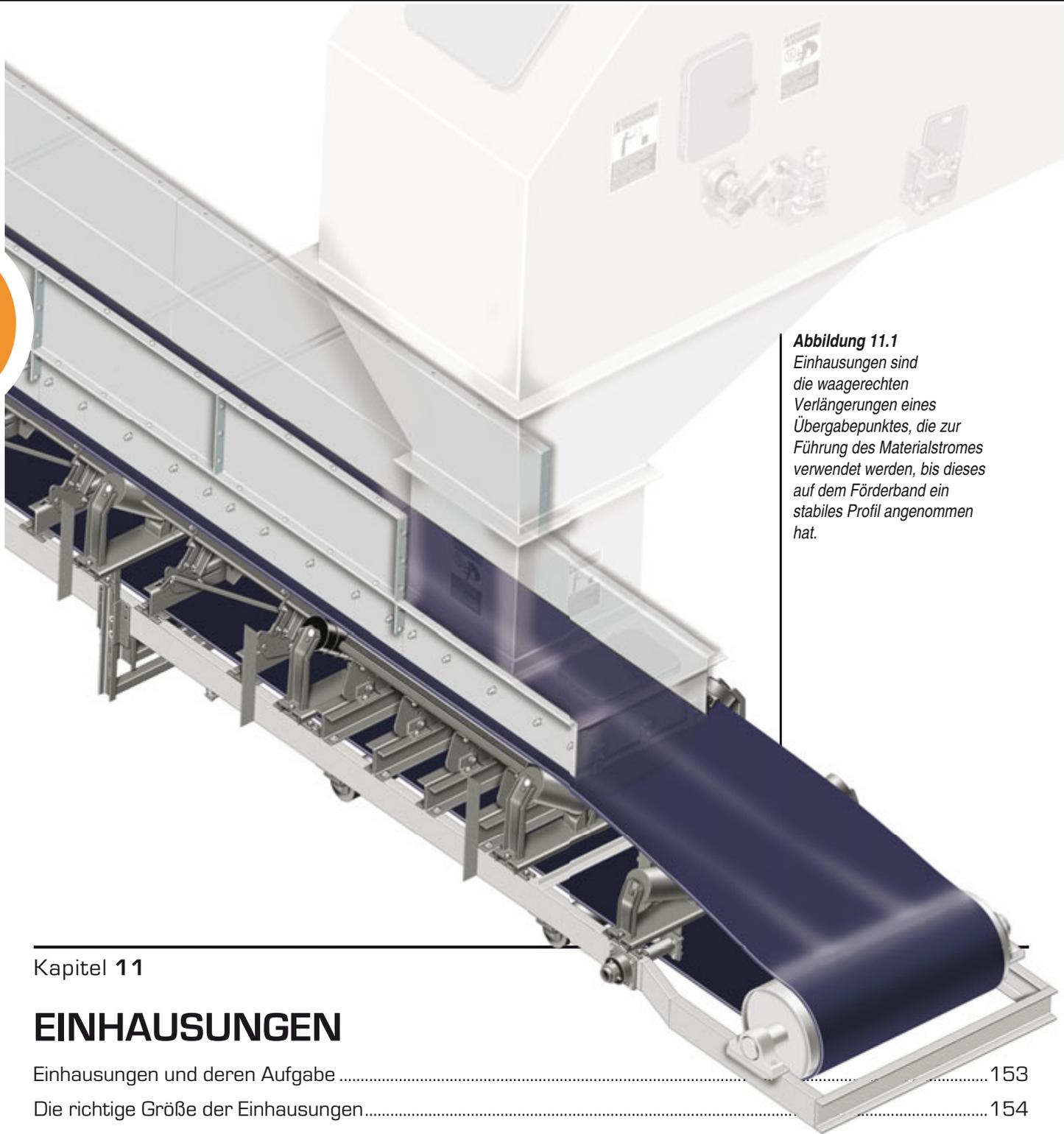


Abbildung 11.1
 Einhausungen sind die waagerechten Verlängerungen eines Übergabepunktes, die zur Führung des Materialstromes verwendet werden, bis dieses auf dem Förderband ein stabiles Profil angenommen hat.

Kapitel 11

EINHAUSUNGEN

Einhausungen und deren Aufgabe	153
Die richtige Größe der Einhausungen	154
Die Einhausung als Beruhigungszone	158
Der Aufbau von Einhausungen	159
Sicherheitsrelevante Fragen	162
Systemwartung	162
Typische Spezifikationen	163
Weiterführende Themen	163
Das Fazit über Einhausungen	168

**Abbildung 11.2**

Einhausungen erstrecken sich normalerweise entlang beider Seiten des Übergabepunktes in Förderrichtung und dienen der Eingrenzung und Formung des Materialstromes, bis dieser das gewünschte Profil angenommen hat.

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel werden Einhausungen und deren Funktionen bei der Reduzierung von Verschüttungen und Staub dargestellt. Wir betrachten Gleichungen zur Bestimmung der richtigen Länge und Breite von Einhausungen und zeigen dazu Beispiele auf. Ebenfalls enthalten sind Informationen über den Aufbau von Einhausungen.

Einhausungen dienen zur Führung des Materialstromes während der Beladung des Förderbandes, bis dieser ein stabiles Profil angenommen hat (**Abbildung 11.1**). Einhausungen – im täglichen Gebrauch oft auch als seitliche Schurrenwände, Randplatten, Seitenwände oder manchmal einfach als Schurre oder Auf-/Übergabe bezeichnet – sind fast immer aus Stahlblech gefertigt. In diesem Buch bezeichnet der Ausdruck Einhausung die über die Beladestelle in Richtung des Materialstromes auf beiden Seiten des Förderbandes hinausreichende Konstruktion (**Abbildung 11.2**). Die Begriffe „Gummidichtung“, „Seitenwandabdichtung“, „Staubabdichtung“, „Abdichtstreifen“, „Abdichtung“ und „Seitendichtung“ beziehen sich auf den an der Einhausung angebrachten Elastomerstreifen zur Vermeidung des Austritts von Feinanteilen. (Siehe Kapitel 13: „Kantenabdichtsysteme“.)

Die Primäraufgabe der Einhausungen ist es, das Schüttgut auf dem Förderband zu halten, damit dieses nicht über die Förderbandkante verschüttet wird, während es in die Muldung des Förderbandes aufgegeben wird und die Förderbandgeschwindigkeit erreicht. Die Einhausung eines Übergabepunktes muss so aufgebaut sein, dass sie den Besonderheiten des beförderten Schüttguts, des zu beladenden Förderbandes, der Fallhöhe des Schüttgutes zwischen den Förderbandanlagen und der Verwendungs- und Beladungsart des Übergabepunktes entspricht.

Die bewährten Verfahren für die Auslegung von Übergabepunkten und deren Einhausungen bieten nunmehr die Möglichkeit für einen viel saubereren und effizienteren Transport von Schüttgut an. In diesem Kapitel werden diese optimalen Verfahrensweisen für die Gestaltung und Anwendung von Einhausungen an Übergabepunkten erörtert.

EINHAUSUNGEN UND DEREN AUFGABE

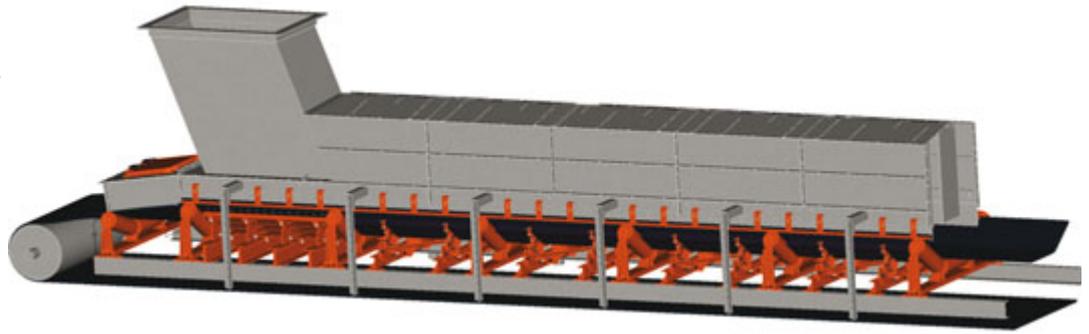
Die Einhausungen und die auf deren Innenseite angebrachte Verschleißauskleidung bilden in Verbindung mit einer Elastomer-Seitenabdichtung ein multiples Seitenabdichtungssystem (**Abbildung 11.3**). Da eine Elastomer-Seitenabdichtungen im Wesentlichen keinen seitlichen Materialdruck oder dem Kontakt mit Schüttgut größer als kleine Feinanteile standhält, bilden die Einhausungen zusammen mit der Verschleißauskleidung eine erste Abdichtung und verhindern, dass das Schüttgut entweichen kann bzw. nehmen den im System eventuell vorhandenen Überdruck auf. Dadurch wird verhindert, dass zwischen dem Schüttgut und der Seitenabdichtung ein Kontakt besteht was zum vorzeitigen Verschleiß dieser führen würde. Darüber hinaus kann die Einhausung in Verbindung mit einer Abdeckung eine Beruhigungszone bilden, die Grundvoraussetzung für eine wirksame Staubkontrolle (**Abbildung**

**Abbildung 11.3**

Die Einhausung bildet zusammen mit der Verschleißauskleidung und dem Seitenabdichtungssystem des Übergabepunktes eine wirksame, multiple Abdichtung.

Abbildung 11.4

Die Beruhigungszone ist normalerweise ein erweiterter Teil der abgedeckten Einhausung eines Übergabepunktes.



11.4). In der Beruhigungszone wird der mit dem sich bewegenden Materialstrom mitlaufende Luftvolumenstrom verlangsamt und kontrolliert, wodurch sich in der Luft schwebende Partikel wieder in den Materialstrom absetzen können (**Abbildung 11.5**).

Unzureichend dimensionierte Einhausungen führen immer zu einer mangelhaften Leistung der Förderbandanlage in Form von Verschüttungen, entweichenden Feinanteilen, übermäßiger Staubbildung und erhöhten Betriebskosten für den Betreiber. Somit ist eine ausreichende Dimensionierung der Höhe und Länge von Einhausungen eine Grundvoraussetzung für die Vermeidung von Verschüttungen bzw. der Kontrolle von flüchtigem Schüttgut.

DIE RICHTIGE GRÖSSE DER EINHAUSUNGEN

Länge der Einhausung

Die Länge der Einhausung bezieht sich auf die zusätzliche, über dem Übergabepunkt hinausreichende Konstruktion. Die Aufprallzone ist der Bereich, welcher in Verlängerung des Übergabepunktes hinab zum Förderband reicht bzw. wo das Material auf dem Förderband auftrifft.

Die Einhausung sollte sich in der Förderrichtung des Förderbandes über jenen Punkt hinaus erstrecken, an der das Schüttgut seine vollständige Profilform eingenommen hat und dieses für die restliche Förderstrecke beibehält.

In manchen Fällen stabilisiert sich das Schüttgut nicht vollständig und folglich werden für die ganze Länge der Förderbandanlage Einhausungen benötigt. Dies kommt am häufigsten bei sehr feinen Materialien vor, die leicht in die Luft aufsteigen, bei Materialien, die einen geringen Böschungswinkel haben oder bei Förderbandanlagen mit mehreren Übergabepunkten. Kurze Förderbandanlagen, die fast über die ganze Breite des Förderbandes beladen werden, werden in der Regel ebenfalls über die gesamte Länge hinweg eingehaust.

Die Mindestlänge für die Einhausung sollte sich auf der Grundlage der folgenden Richtlinien nach der Luftstrommenge und der Förderbandgeschwindigkeit richten:

- Ist der Luftstrom geringer/gleich $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, sollte die Länge der Einhausung $0,6 \text{ m}$ pro $0,5 \text{ m/s}$ Förderbandgeschwindigkeit entsprechen.
- Bei einem Luftstrom größer als $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, sollte die Länge der Einhausung $0,9 \text{ m}$ pro $0,5 \text{ m/s}$ Förderbandgeschwindigkeit entsprechen.

(Siehe weiterführende Themen: Gleichung 11.1.)

Um Verschüttungen oder Beschädigungen am Förderband zu vermeiden, sollte die Einhausung über einer Tragrolle enden und nicht zwischen zwei Tragrollen (**Abbildung 11.6**). Dies könnte zu einer Erhöhung der Gesamtlänge der Einhausung führen. Zusätzliche aufschlussreiche Hinweise über die Länge von Einhausungen ergeben sich durch die eventuelle Notwendigkeit für Einhausung von Staubunterdrückungs- und/oder Staubabscheidungssystemen. Diese werden aber an einer anderen Stelle in diesem Buch erläutert. (Siehe Kapitel 19:

Abbildung 11.5

Diese Beruhigungszone verlangsamt die Luft, so dass sich aufgewirbelte Feinanteile wieder in den Materialstrom absetzen können und sauberere Luft entweichen kann.



„Staubunterdrückung“ und Kapitel 20: „Staubabscheidung“.) Die Wände einer Entstaubungseinheit können sehr wirksam als Einhausung dienen, wobei die für eine wirksame Entstaubungsanlage erforderliche Länge generell größer ist als jene, die für die Stabilisierung des Schüttgutes erforderlich ist.

Die Nachteile einer erhöhten Länge der Einhausung sind die zusätzlichen Instandhaltungskosten für die längeren Auskleidungen und Abdichtungen, sowie eine minimale Erhöhung der Kosten für den Stahl der Einhausung und einer geringen Erhöhung des Leistungsbedarfs der Förderbandanlage. Die zusätzliche Leistungsaufnahme ergibt sich aus der Reibungszunahme, bedingt durch die längere Stahlwand und die zusätzliche Länge der Seitenabdichtung. Langfristig werden jedoch diese Nachteile durch die Vorteile aufgewogen, welche die minimalen finanziellen Vorleistungen bei weitem übertreffen. (Für weitere Informationen über den Energieverbrauch von Seitenabdichtungssystemen siehe Kapitel 13: „Kantenabdichtsysteme“.)

Es gibt auch Situationen, bei denen die Umstände eine beträchtliche Verlängerung des eingehausten Bereiches zur Vermeidung von Verschüttungen erfordern, z. B. im Hinblick auf die Muldung des Förderbandes und die Form und/oder Höhe des Schüttgutes auf dem Förderband.

Idealerweise ist es immer besser, wenn die Einhausung etwas länger als die, durch die oben genannte Gleichung, geforderte Mindestlänge. Die Empfehlung eines 25-prozentigen Längenzuschlages für eine Einhausung bietet eine verbesserte Entstaubung bei einer nur minimalen Erhöhung des Energiebedarfs und der Ausgaben für Stahl.

Sind in der Förderbandanlage mehrere Übergabepunkte vorhanden, sollte bei der Berechnung der Luftvolumenstrom von allen Übergabepunkten verwendet werden, um so die Mindestmaße der Einhausung nach dem letzten Übergabepunkt zu bestimmen.

Die Breite der Einhausung

Der Abstand zwischen den beiden Seiten der Einhausung wird normalerweise von den Anforderungen an die Förderbandkapazität bestimmt. Der Platzbedarf für die Einrichtung einer wirksamen Seitenabdichtung auf der Außenseite der Einhausung wird jedoch allzu oft ignoriert.

Die Bedeutung der Gestaltung des Systems mit ausreichendem „Überstand“ für die Seitenabdichtung (Förderbandüberstand zwischen der Außenseite der Einhausung und der äußeren Förderbandkante) sollte nicht unterschätzt werden. Der Konstrukteur einer Förderbandanlage muss immer die Auswirkungen eines möglicherweise auftretenden Förderbandschieflaufes auf die wirksame Seitenabdichtung zwischen der feststehenden Einhausung und dem sich bewegenden Förderband berücksichtigen. Durch die Berücksichtigung eines größtmöglichen „Förderbandüberstandes“ kann der Konstrukteur einen Großteil der häufigen, oft mit der Übergabe von Schüttgütern zwischen zwei Förderbandanlagen verbundenen Verschüttungs- und Staubprobleme vermeiden. Die Vorteile der Einhaltung des richtigen „Förderbandüberstandes“ auf dem Förderband, um ein wirksam abdichtendes System zu ermöglichen, werden noch durch die Auslegung der richtigen Unterbaukonstruktion unter der Einhausung und durch den Einbau eines hochwirksamen Abdichtsystems für die Einhausung erweitert. (Siehe Kapitel 10: „Gurtunterstützung“ und Kapitel 13 „Kantenabdichtsysteme“.)

Durch die Muldung des Förderbandes reduziert sich die Förderbandbandbreite. Für die Förderbandbreite eines gemuldeten Förderbandes wird der Ausdruck „nutzbare Förderbandbreite“ verwendet. Jedoch ist zu beachten, dass damit nicht die Transportbreite (der Abstand innerhalb der Einhausung) gemeint ist, sondern das Maß der horizontalen Breite eines gemuldeten Förderbandes, parallel zur unteren Tragrolle (**Abbildung 11.7**).

Für die Berechnung des Abstandes innerhalb der seitlichen Schurrenwände können verschiedene Standards herangezogen werden. Hierdurch kommt es auch zu unterschiedlichen Förderbandüberständen, welche für die Seitenabdichtung zur Verfügung stehen. Die CEMA - (Conveyor Equipment Manufacturers Association - Verband der Förderbandanlagenhersteller) und das Deutsche Institut für Normung (DIN 22101) haben beide Berech-

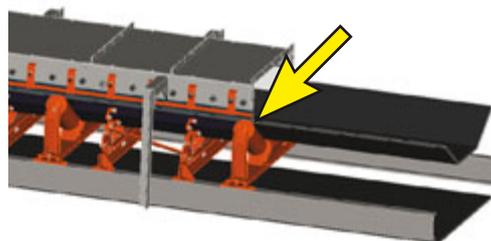


Abbildung 11.6

Einhausungen sollten über einer Tragrolle enden, um Verschüttungen und/oder Beschädigung des Förderbandes zu vermeiden.

Empfehlungen zur Gestaltung des Übergabebereichs

Tabelle 11.1

Empfehlungen zur Gestaltung des Übergabebereichs																Tabelle 11.1		
I) Förderbandbreite				II) Muldungswinkel				III) Effektive Bandbreite (Siehe Abb. 11.7 "A")				IV) Empfohlene Breite der Einhausung (Siehe Abb. 11.7 "B")						
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
Metrisch (mm)	300	0°	300	n.e.	1400	0°	1400	1170	2600	0°	2600	2370	3000	0°	3000	2770	Metrisch (mm)	
		20°	288	n.e.		20°	1344	1128		20°	2495	2279		20°	2879	2663		
		30°	273	n.e.		30°	1275	1076		30°	2368	2169		30°	2732	2533		
		35°	264	n.e.		35°	1231	1043		35°	2287	2098		35°	2638	2450		
		40°	253	n.e.		40°	1182	1005		40°	2194	2018		40°	2532	2356		
		45°	241	n.e.		45°	1127	964		45°	2092	1930		45°	2414	2252		
	500	0°	500	270	1600	0°	1600	1370	2800	0°	2800	2570	3200	0°	3200	2970		
		20°	480	264		20°	1536	1320		20°	2687	2471		20°	3071	2855		
		30°	455	n.e.		30°	1457	1258		30°	2550	2351		30°	2914	2715		
		35°	440	n.e.		35°	1407	1219		35°	2462	2274		35°	2814	2626		
		40°	422	n.e.		40°	1350	1174		40°	2363	2187		40°	2701	2525		
		45°	402	n.e.		45°	1288	1125		45°	2253	2091		45°	2575	2413		
	650	0°	650	420	1800	0°	1800	1570	18	0°	18,0	9,0	54	0°	54,0	45,0		
		20°	624	408		20°	1728	1512		20°	17,3	8,8		20°	51,8	43,4		
		30°	592	393		30°	1639	1440		30°	15,8	n.e.		30°	47,5	40,1		
		35°	572	383		35°	1583	1395		35°	14,5	n.e.		35°	43,5	37,1		
		40°	549	372		40°	1519	1343		24	0°	24,0		15,0	0°	60,0		51,0
		45°	523	360		45°	1449	1286			20°	23,0		14,6	20°	57,6		49,1
	800	0°	800	570	2000	0°	2000	1770	30	35°	21,1	n.e.	60	35°	52,8	45,4		
		20°	768	552		20°	1920	1703		45°	19,3	n.e.		45°	48,3	41,9		
		30°	729	529		30°	1821	1622		72	0°	30,0		21,0	0°	72,0		63,0
		35°	704	515		35°	1759	1570	20°		28,8	20,3	20°	69,1	60,6			
		40°	675	499		40°	1688	1512	35°		26,4	19,0	35°	63,3	55,9			
		45°	644	481		45°	1609	1447	45°	24,1	17,8	45°	57,9	51,6				
1000	0°	1000	770	2200	0°	2200	1970	36	0°	36,0	27,0	84	0°	84,0	75,0			
	20°	960	744		20°	2112	1895		20°	34,6	26,1		20°	80,6	72,2			
	30°	911	711		30°	2004	1804		35°	31,7	24,3		35°	73,9	66,5			
	35°	879	691		35°	1935	1746		45°	29,0	22,6		45°	67,6	61,2			
	40°	844	668		40°	1857	1681	42	0°	42,0	33,0	0°	96,0	87,0				
	45°	805	642		45°	1770	1608		20°	40,3	31,9	20°	92,1	83,7				
1200	0°	1200	970	2400	0°	2400	2170	48	35°	36,9	29,6	96	35°	84,4	77,1			
	20°	1152	936		20°	2304	2087		45°	33,8	27,4		45°	77,3	70,9			
	30°	1093	894		30°	2186	1986		108	0°	48,0		39,0	0°	108,0	99,0		
	35°	1055	867		35°	2111	1922	20°		46,1	37,6	20°	103,7	95,2				
	40°	1013	837		40°	2026	1849	35°		42,2	34,8	35°	95,0	87,6				
	45°	966	803		45°	1931	1769	45°	38,6	32,3	45°	86,9	80,5					
Hinweise: Maße wurden durch Berechnung und nicht durch Messungen in der Praxis ermittelt. Alle Maße sind immer zum nächsten Millimeter aufgerundet. Amerikanische Maße sind auf eine Dezimalstelle gerundet. Es wurde von dreiteiligen Muldungsrollen gleicher Länge ausgegangen. Die Seitenüberhänge des Förderbandes berücksichtigen bei metrischen Berechnungen 90 mm für die Seitenabdichtung + 25 mm für Förderbandschieflauf und bei amerikanischen Berechnungen 3,5 Zoll für die Seitenabdichtung. Die Materialstärke des Stahls der Einhausung und die Korngröße des Schüttgutes wurden nicht berücksichtigt.													120	0°	120,0	111,0		
														20°	115,2	106,7		
														35°	105,5	98,2		
														45°	96,6	90,2		

n.e. = nichts empfohlen

nungsformeln festgelegt, wobei hier nur auf die deutsche Norm verwiesen wird.

Als praktikabel hat sich herausgestellt, dass ein Mindestabstand von 115 mm auf jeder Seite des Förderbandes für die Seitenabdichtung zur Verfügung stehen sollte. Dieser Förderbandüberstand, gemessen von der Förderbandaußenkante bis zur Einhausung liefert nicht nur den benötigten Montagebereich für die Seitenabdichtung, sondern stellt auch die notwendige Toleranz für einen eventuellen Förderbandschieflauf zur Verfügung (**Tabelle 11.1**).

Falls im Aufgabebereich Girlandenträgrollen mit fünf Einzelrollen verwendet werden, sollte der Förderbandüberstand auf mindestens 150 mm erweitert werden, um den zusätzlichen, bei der Verwendung von Girlandenträgrollen charakteristisch auftretenden Förderbandschieflauf zu kompensieren.

Die Breite der Einhausung sollte dahingehend ausgelegt werden, dass die Höhe des gefördert Schüttgutes unter Berücksichtigung des dynamischen Böschungswinkels keine Verschüttungen generiert.

Höhe der Einhausung

Die Förderbandbreite und -geschwindigkeit, die Korngröße des Schüttgutes sowie die Luftgeschwindigkeit am Abwurf sind bei der Auslegung der Höhe der Einhausung für einen gegebenen Übergabepunkt zu berücksichtigen.

Die Einhausung sollte ausreichend hoch sein, um die Schüttgutbeladung bei normalem Betrieb der Förderbandanlage aufnehmen zu können und ebenfalls sollte genügend Freiraum für die im Schüttgut enthaltenen größeren Brocken vorhanden sein, so dass es nicht zu Materialansammlungen kommt. Die Höhe der Einhausung sollte analog zu der Größe der Schüttgutbrocken zunehmen, diese sollte aber zu mindestens für die größten Brocken ausgelegt sein. Idealerweise wird die Höhe der Einhausung so ausgelegt, dass sie ausreichend für die zweieinhalbfache Größe des größten Brockens ist.

In der sechsten Auflage von *Belt Conveyors for Bulk Materials* [Förderbandanlagen für Schüttgüter], hat die CEMA Tabellen mit den Mindesthöhen für offene Einhausungen von Förderbandanlagen mit 20°, 35°- und 45°-Muldungswinkeln unter Berücksichtigung von verschiedenen

Korngrößen der Schüttgutbrocken herausgegeben. Zusammengefasst wurden folgende Richtwerte empfohlen; 300 mm Höhe sind ausreichend für Materialkorngrößen bis 50 mm oder kleiner, auf nicht gemuldeten oder bis 20° gemuldeten Förderbändern mit einer Förderbandbreite von bis zu 1800 mm, oder bei auf 35° bzw. 45° gemuldeten Förderbändern mit einer Förderbandbreite von bis zu 1200 mm. Für Förderbandbreiten ab 2400 mm und Brocken bis zu 450 mm Korngröße werden in der Tabelle Einhausungen mit einer Mindesthöhe von 825 mm empfohlen.

Bei sehr „staubigen“ Schüttgütern, ist es sinnvoll die Höhe des eingehausten Bereichs zu erhöhen, um genügend Raum zur Überdruckreduzierung zu schaffen. Dieser Bereich dient zur „Beruhigung“ der staubangereicherten Luft, so dass sich die Partikel wieder in den Materialstrom absetzen können.

Für eine wirksame Staubkontrolle, muss die Einhausung hoch genug sein, damit im Querschnitt des Aufgabebereiches die maximale Luftgeschwindigkeit von weniger als 1 m/s über dem Schüttgut gewährleistet werden kann. (Siehe dazu auch weiterführende Themen: **Gleichung 11.2**.) Mit Hilfe dieses größeren Volumens und in Verbindung mit mehreren Staubvorhängen

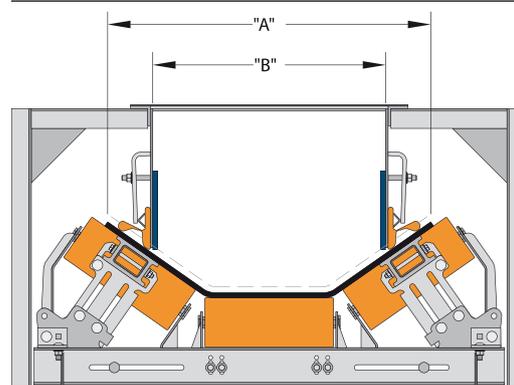


Abbildung 11.7

Die nutzbare Förderbandbreite (A) ist die Breite des Förderbandes im gemuldeten Zustand. Die tatsächlich für die Schüttgutbeförderung nutzbare Breite (B) wird dann, um die außerhalb der Einhausung angebrachten Seitenabdichtungen und deren Anforderungen reduziert.



Abbildung 11.8

Die Höhe der Einhausung sollte erhöht werden, um die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Überdruck innerhalb der Einhausung zu minimieren. Somit wird der mit der Luft ausgeblasene Feinmaterialanteil der meisten herkömmlichen Schüttgüter reduziert.

kann der Überdruck in der Einhausung abgebaut werden, ohne dass Material oder Staub am Ende der ausreichend bemessenen Einhausung mit der Luftbewegung ausgeblasen wird (**Abbildung 11.8**). Um diese Reduzierung der Luftgeschwindigkeit zu erreichen, muss die Höhe der Einhausung oft auf 600 mm oder mehr erhöht werden. Bei sehr leichten Schüttgütern mit sehr hohem Feinanteil oder bei sehr „staubigen“ Schüttgütern, ist es sogar erforderlich die Luftgeschwindigkeit auf 0,25 m/s zu reduzieren.

Die Einhausung muss zusätzlich noch hoch genug sein, um den größten Brocken des Materialstromes aufnehmen zu können, auch wenn dieser oben auf dem Materialprofil aufliegt. Sollte die Berechnung keine ausreichende Höhe ergeben, kann mit Hilfe der zweieinhalbfachen Größe des größten Brockens die entsprechende Höhe festgelegt werden.

Naturgemäß gibt es eine praktische Grenze für die Höhe einer Einhausung. Nimmt die erforderliche Höhe der Einhausung ein impraktikables Maß an, sollte der Einsatz eines Entstaubungssystems, welches den Luftvolumenstrom des Übergabepunktes aufnehmen kann in Verbindung mit einer aktiven Entstaubungsanlage (z. B. Staubunterdrückungssystem oder zentrales Entstaubungssystem mit Filtersäcken) in Betracht gezogen werden.

Die Einhausung muss hierfür hoch genug bzw. so gestaltet sein, dass die Ansaugöffnungen der Entstaubungsanlage keine Feinanteile vom Materialstrom ansaugen können. Die Entstaubungsanlage könnte sonst zu viel Material ansaugen, was unmittelbar zu einer Verstopfung dieser führen würde. Eine nicht ausreichend hoch dimensionierte Einhausung verschwendet Energie dadurch, dass Staub abgesaugt würde, welcher sich von alleine wieder auf dem Materialstrom abgelegt hätte. Das Entstaubungssystem würde dadurch größer und

teurer als notwendig ausfallen. (Siehe dazu auch die Erläuterungen über Beruhigungszonen in Kapitel 18: „Passive Entstaubung“.)

DIE EINHAUSUNG ALS BERUHIGUNGSZONE

Eine Abdeckung aus Stahl oder anderer alternativer Materialien für die Einhausung wird für eine wirksame Staubkontrolle empfohlen (**Abbildung 11.9**), insofern kein triftiger Grund vorliegt der dies unmöglich macht. Die Abdeckung der Einhausung wird benötigt um eine Beruhigungszone zu schaffen, in welcher der Staub sich absetzen bzw. die Luftbewegung sich beruhigen kann. Eine große voluminöse Beruhigungszone ist zur Kontrolle der durch die Bewegung des Materialstroms generierten Staubwolken von Vorteil. (Siehe dazu auch Kapitel 7: „Luftkontrolle“ und Kapitel 18: „Passive Entstaubung“.)

Der Einbau von richtig positionierten Staubvorhängen innerhalb der Einhausung unterstützt die Verringerung der Luftgeschwindigkeit und führt zu einer wesentlichen Verminderung der Freisetzung von Schwebestäuben am Austrittsende des Übergabepunktes. (Siehe dazu auch Kapitel 18: „Passive Entstaubung“ für nähere Informationen über Staubvorhänge.)

Zusätzlich verhindert eine Abdeckung der Einhausung, das gelegentliche Herunterspringen von Materialbrocken vom Förderband, welche im Aufgabebereich mit einer hohen Aufprallenergie auftreffen. Die CEMA empfiehlt die Abdeckung mit einer von der Übergabeschurre her in Förderrichtung hin gerichtete Neigung zu versehen um Materialansammlungen durch Schüttgut, welches noch nicht die Förderbandgeschwindigkeit aufgenommen hat zu vermeiden. In der sechsten Auflage von *Belt Conveyors for Bulk Materials [Förderbandanlagen für Schüttgüter]*, hat die CEMA Tabellen für Mindesthöhen bei offenen Einhausungen und für Mindestbandbreiten in Beachtung der Brockengröße angeführt. In der Praxis hat sich bewährt, dass die Breite und Höhe der Einhausung mindestens der zweieinhalbfachen Größe des größten Brockens entsprechen sollte. Durch eine hohe Einhausung werden gleich zwei Ziele erreicht; Materialansammlungen werden vermieden und die Größe der Beruhigungszone steht für die Verringerung der Luftgeschwindigkeit bzw. für das Absetzen der Feinanteile zur Verfügung.

Abbildung 11.9

Die Abdeckung der Einhausung mit Stahlblech oder einem Gewebesystem ist für die Schaffung einer Beruhigungszone zur Beruhigung der Luftströmung und dem Absetzen des Staubes empfehlenswert.



Abdeckungen auf Einhausungen sind nicht die weithin entlang des Verlaufs einer Förderbandanlage sichtbaren halbkreisförmigen „Hauben“, sondern diese bilden normalerweise flache Dächer auf der Einhausung. In den meisten Fällen ist eine Abdeckung aus Stahl am besten, diese können leicht montiert und demontiert werden, damit sie für Inspektionen und Wartungsarbeiten leicht entfernt werden können. Häufig wird für die Verbindung zwischen vibrierenden Komponenten und feststehenden Schurren oder Einhausungen Gewebe oder Gummi verwendet.

Die Abdeckung sollte so ausgelegt sein, dass sie das Gewicht eines Menschen trägt, oder sie wird abgesichert und mit Warnschildern als „Nicht begehrbar“ gekennzeichnet, damit ein Durchbrechen durch die Abdeckung ausgeschlossen wird.

Öffnungen für Wartungsarbeiten und zur Kontrolle sollten in der Einhausung oder den Abdeckungen vorgesehen werden. Diese Öffnungen sollten mit Türen versehen sein, damit kein Schüttgut entweichen kann und um Luftaustritt zu minimieren.

DER AUFBAU DER EINHAUSUNG

Freiraum über dem Förderband

Auch unter idealsten Bedingungen können Einhausungen aus Stahl für das Förderband ein gewisses Beschädigungspotential darstellen. Förderbandbewegungen können dazu führen, dass es zu Berührungen zwischen Förderband und Einhausung kommt und Beschädigungen in Form von Furchen oder gar Rissen, was zur Durchtrennungen des Förderbandes führen könnte, hervorruft. Außerdem könnte sich Schüttgut unter der Einhausung verkeilen und die Förderbandoberfläche beschädigen.

Von äußerster Wichtigkeit ist die ausreichend hohe Anhebung der Unterkanten der Einhausung, so dass diese nie mit der oberen Lauffläche des Förderbandes in Kontakt kommen kann. Analog zur Zunahme des Abstands über dem Förderband, nehmen auch die Probleme im Hinblick auf eine wirksame Seitenabdichtung zu. Um den Austausch des Förderbandes zu erleichtern, werden die Einhausungen gelegentlich mit einem Freiraum von mehreren Zentimetern über dem Förderband installiert. Wird die Einhausung jedoch zu weit über der Lauffläche des Förderbandes positioniert, wird

eine wirksame Abdichtung auf der Außenseite der Einhausung in Verbindung mit seitlichem Materialdruck praktisch unmöglich.

Eine ineffektive Seitenabdichtung ist mehr oder weniger ein „Selbstläufer“. Material tritt aus, sammelt sich auf den Tragrollen an, dies führt zu Förderbandschieflauf und anderen Schwierigkeiten, die wiederum einen instabilen Förderbandlauf bewirken. Das Förderband biegt sich nach oben und unten durch und wandert von einer Seite zur anderen. Die Konstrukteure und das Wartungspersonal erhöhen den Freiraum zwischen Förderband und Einhausung im Bewusstsein, dass ein Kontakt zwischen dem Förderband und der Einhausung unter allen Umständen vermieden werden muss. Dies verschärft stark die problematische Lage der Seitenabdichtung des Übergabepunktes und verursacht noch mehr Verschüttungen. Die Zunahme der Verschüttungen führt unweigerlich zu einem sich fortsetzenden Teufelskreislauf von Förderbandschieflauf, dem Ausfall der drehenden Komponenten und steigenden Betriebskosten.

Je näher die Einhausung am Förderband ansetzt, umso problemloser ist die Seitenabdichtung zu installieren. Von äußerster Wichtigkeit sind Vorkehrungen zur Entlastung in der Förderrichtung des Förderbandes. Der Freiraum unter der Einhausung sollte sich keilförmig öffnen, damit das zu transportierende Schüttgut an Einhausung und Dichtungsgummi „entlang gleiten“ kann, statt sich durch die Krafteinwirkung der Förderbandbewegung in der Öffnung festzusetzen. Die Einhausung sollte sich allmählich sowohl horizontal als auch vertikal von der Beladestelle her in Förderrichtung des Förderbandes öffnen, damit sich festgesetztes Schüttgut lösen kann (**Abbildung 11.10**).

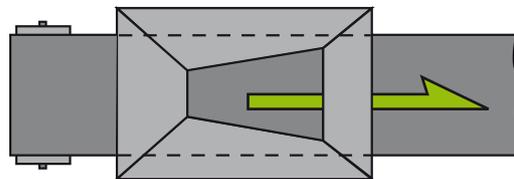
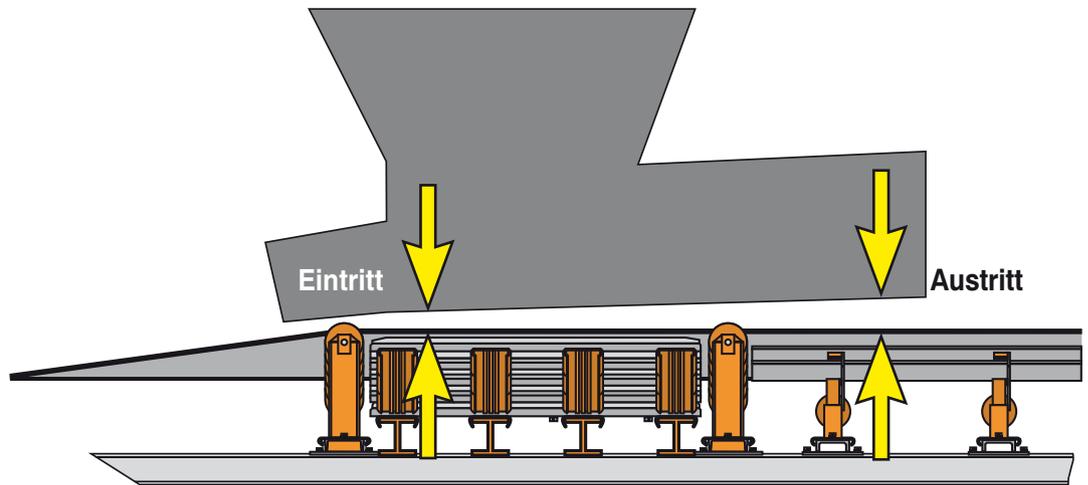


Abbildung 11.10

Zur Minderung des Risikos, dass festgesetztes Schüttgut das Förderband beschädigt, sollte sich die Einhausung in Förderrichtung des Förderbandes sowohl horizontal als auch vertikal öffnen (oder selbst entlasten). (In der Abbildung ist dieses zur Verdeutlichung der Wirkungsweise übertrieben dargestellt.)

Abbildung 11.11

Die niedrigste Kante der Einhausung sollte am Eintritt des Förderbandes in den Übergabepunkt 6 mm über dem Förderband platziert werden. Dieses Maß sollte in Förderrichtung des Förderbandes bis zum Austritt aus der Einhausung gleichmäßig auf 9 bis 12 mm erhöht werden.



Empfehlenswert ist die Positionierung der seitlichen Wände der Einhausung 6 mm über dem Förderband am Eintritt des Förderbandes in den Übergabepunkt. Dieses Maß sollte in Förderrichtung des Förderbandes bis zum Austritt aus der Einhausung gleichmäßig auf 9 bis 12 mm erhöht werden (**Abbildung 11.11**). Dieser enge Freiraum kann nur umgesetzt werden, wenn die Förderbandbewegung auf eine Toleranz von plus/minus 1,5 mm zwischen Eintritt (Kehrtrommel) und Ende des Übergabepunktes stabilisiert worden ist.

Entscheidend ist, dass die Mittellinie der Einhausung mit der Mittellinie des Förderbandes fluchtet, um Förderbandschieflauf zu vermeiden. Bei einer außermittigen Beladung, verursachen die ungleichen Kräfte des Schüttgutes, sowie die Reibung an der Einhausung einen chronischen Förderbandschieflauf und vorzeitigen Verschleiß der Auskleidungen bzw. der Seitenabdichtung. Weiterhin ist für das Förderband zu beachten, dass sich das Förderband beim Anfahren der Förderbandanlage nicht von den Tragrollen abheben kann und dadurch mit der nah am Förderband platzierten Einhausung in Kontakt gerät. Dies ist einer der Gründe dafür, warum die allgemein als Halbmulden-Anordnung bekannte Erhöhung der Kehrtrommel keine ideale Lösung darstellt, da diese

Positionierung ein Abheben des Förderbandes eher fördert. Mit dem Einsatz einer Halbmulden-Anordnung wird normalerweise eine Verkürzung der Übergangsstrecke bezweckt. (Siehe Kapitel 6: „Vor der Beladezone“ für zusätzliche Informationen über Halbmulden-Übergänge.) Um das Risiko eines sich von den Tragrollen abhebenden Förderbandes zu minimieren, ist die richtige Berechnung der Förderbandspezifikationen und der Förderbandspannung unerlässlich. Um das Förderband auf den Tragrollen zu halten, könnten auch Gegenrollen installiert werden.

Eingerissene Unterkanten oder Verformungen an der Einhausung können zu ungünstigen Bedingungen führen, bei denen eingeklemmtes Schüttgut die Leistungsaufnahme des Antriebs der Förderbandanlage erhöht und/oder dieses eine Schleifwirkung auf die Oberfläche des Förderbandes ausübt. Keramikblöcke oder Verschleißplatten müssen sorgfältig installiert werden, um gezackte oder sägezahnartige Kanten zu vermeiden, wo sich Material einklemmen kann oder die möglicherweise das Förderband beschädigen könnten (**Abbildung 11.12**). Idealerweise ist ein glatter Oberflächenverlauf an den Kanten der Unterseite der Einhausung und die Vermeidung aller Klemmstellen anzustreben, das kann dadurch erreicht werden, dass die Einhausungen und deren Auskleidungen sehr sorgfältig, mit glatten Übergängen installiert werden.

Abbildung 11.12

Einhausungen sollten so installiert werden, dass ein glatter Oberflächenverlauf an der Unterkante der Einhausung sichergestellt wird, um Klemmstellen wo sich Material festsetzen kann zu vermeiden.



Die zwischen der Einhausung und der Oberfläche des Förderbandes verbleibende Lücke sollte mit einer an der Außenseite der Einhausung angebrachten flexiblen, austauschbaren Elastomer-Seitenabdichtung abgedichtet werden. (Siehe dazu auch Kapitel 13: „Kantenabdichtsysteme“.)

Die Konstruktion der Einhausung

Die Festigkeit und Stabilität der Einhausung ist ausschlaggebend für deren Wirksamkeit. Oft ist die Einhausung einer Förderbandanlage an einer freitragenden Konstruktion befestigt, die dem Materialaufprall oder der Anlagen-vibration nicht standhalten kann. Dadurch riskiert man eine strukturelle Schwäche, die das Förderband und den Übergabepunkt selbst beschädigen könnte.

Die Materialstärke der Einhausung muss darüber hinaus ausreichend bemessen sein, um den möglicherweise bei Materialansamm-lungen innerhalb der Einhausung oder des beim Rücklauf des Förderbandes auftretenden Seitendruckes standhalten zu können. Da die Einhausung sich in unmittelbarer Nähe zum Förderband befindet, muss jede Bewegung der Einhausung verhindert werden, um die Risiken einer Beschädigung zu minimieren.

Außer bei sehr leichten Anwendungen, sollte die Mindeststärke des verwendeten Materials (meist unlegierter Baustahl) für die Einhausung 6 mm betragen. Bei Förderbandgeschwindig-keiten von mehr als 3,7 m/s oder bei Förder-bandbreiten von mehr als 1300 mm sollte eine Mindeststärke von 10 mm vorgesehen werden. Für Anwendungen mit Förderbandgeschwin-digkeiten über 5 m/s oder bei Förderband-breiten ab 1800 mm sollte die Mindeststärke 12 mm betragen.

Einhausungen sollten auf Tragkonstruktio-nen in mittigen Abständen von etwa 1,2 m montiert werden, damit die Träger nicht mit den Abständen der Bandträgeregestelle und Tragrollen in die Quere kommen oder deren Zugänglichkeit behindern. Das am häufigsten verwendete Trägerprofil ist das L-Profil, das jeweils in etwa demselben Abstand wie die Tragrollen montiert wird. Diese Tragkonstruk-tion sollte stabil und mit Versteifungsblechen gut verstärkt sein und hoch genug oberhalb des Förderbandes installiert werden, um einen leichten Zugang für die Justierung und/oder den

Austausch der Seitenabdichtung zu ermögli-chen (**Abbildung 11.13**).

Mindestens ein Tragkonstruktion sollte am Anfang der Einhausung angebracht werden und ein weiterer am Ende. Kleinere Abstände sollten in der Aufprallzone der Förderbandan-lage in Erwägung gezogen werden, bis hin zur Verdoppelung dieser.

Beim Bau dieser Tragkonstruktion sind für die verwendeten L-Profile gewisse Mindest-größen zu beachten (**Tabelle 11.2**). Diese Spezifikationen beziehen sich auf frei fließendes Schüttgut mit niedriger Dichte. Für aufgeben-de Förderbänder oder für den Transport von Schüttgütern mit hoher Dichte, wie z. B. von Erz oder Konzentraten, sind unter Umständen größere Querschnitte und geringere Abstände erforderlich.

Es ist genügend Freiraum zwischen der Unterkante der Tragkonstruktion und dem Förderband vorzusehen, um genügend Platz für die Montage und die Instandhaltung einer Seitenabdichtung und deren Befestigungssyste-me zu ermöglichen. Der empfohlene Mindestfreiraum zwischen dem waagerechten Träger und dem Förderband an der Einhausung sollte 230 mm betragen.

Gibt es im System dynamische Vibrationen, entweder verursacht von Förderbandbewegun-gen oder von anderen Einheiten, wie von Bre-chern, Mahlwerken oder Siebgittern, kann eine



Abbildung 11.13

Einhausungen müssen ausreichend abgestützt werden und die Tragkonstruktion muss genügend Freiraum haben, um den Zugang zum Seitenabdichtungssystem zu gewährleisten.

Empfohlene Abmessungen der L-Profile für die Tragkonstruktion der Einhausung	
Spezifikationen der Förderbandanlage	L-Profile für die Tragkonstruktion
Weniger als 3,7 m/s oder 1400 mm breit	50 x 50 x 5 mm
3,7 m/s bis zu 5 m/s oder 1400 mm bis 1800 mm breit	75 x 75 x 6,4 mm
Über 5 m/s oder 1800 mm breit	75 x 75 x 9,5 mm

Tabelle 11.2

Entkopplung der Einhausung erforderlich sein.

Diese Empfehlungen gelten für Standard-Förderbandanlagen unter normalen Betriebsbedingungen, dass Förderband verläuft etwa in Hüfthöhe und die Tragrollen verfügen über

eine normale Länge. Für andere Anwendungen, wie z. B. Einhausungen mit doppelter Höhe oder dem Einsatz unter erschwerten Bedingungen, könnte den Einbau zusätzlicher Tragkonstruktionen erforderlich machen. Es sollte ein Förderbandanlagen- oder Bauingenieur in Bezug auf die Materialstärke für die Einhausung und die erforderlichen Tragkonstruktion konsultiert werden.

Abbildung 11.14

Wenn bei einer Förderbandanlage mehrere Übergabepunkte relativ nahe zusammen liegen, ist eine fortlaufende Einhausung zwischen den Übergabepunkten die beste Lösung.



Abbildung 11.15

Luftunterstützte Förderbandanlagen sind wie kein anderes System für den Einsatz mit mehreren Übergabepunkten geeignet, da sie lediglich eine zentrale Beladung, statt einer konventionellen Einhausung oder Seitenabdichtungen erfordern.



Einhausungen für Förderbandanlagen mit mehreren Übergabepunkten

Wird ein Förderband von mehr als nur einem Übergabepunkt entlang der Förderbandanlage beladen, muss die Positionierung der Einhausung an den Übergabepunkten sehr sorgfältig durchgeführt werden. Die Einhausung an den nachfolgenden Übergabepunkten muss so konzipiert werden, dass das zuvor beladene Material ungehindert passieren kann, ohne von den Außenwänden der Einhausung vom Förderband geschoben zu werden.

Bei mehreren Übergabepunkten ist davon auszugehen, dass das Material ungleichmäßig und nicht mittig auf dem Förderband aufgegeben wird und dadurch ein gewisses Maß an Verschüttungen wahrscheinlich unvermeidlich



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Auch bei sorgfältiger Installation, mit ausreichenden Freiräumen und glatten Oberflächen, stellt eine Einhausung immer noch eine gefährliche Kante in der unmittelbaren Nähe zu dem sich bewegenden Förderband dar. Auf Grund der zwischen den sich bewegenden Teilen und der Stahlkonstruktion gegebenen Quetsch- und Erfassungsgefahr sind Arbeiten in der Umgebung der Einhausung mit der entsprechenden Vorsicht durchzuführen.

Auch wenn die Abdeckungen der Einhausungen aus Stahl gebaut sind, sind diese nicht als Laufstege gedacht und sollten ebenfalls nicht als Arbeitsbühnen verwendet werden. Sie sollten abgesperrt sein und mit "Nicht begehbar" - Warnschildern versehen sein.

Schneid- und Schweißarbeiten kommen bei Instandhaltungsarbeiten im Bereich des

Übergabepunktes häufig vor. Dabei sind die für brandgefährdende Arbeiten vorgeschriebenen Maßnahmen zu treffen und eine Brandwache ist zu postieren. Schurren und Einhausungen mit Abdeckungen werden oft als geschlossene Räume betrachtet, weshalb die Mitarbeiter besondere Vorsichtsmaßnahmen zu beachten haben. (Siehe Kapitel 2: „Sicherheit“ für Informationen über geschlossene Räume.) Schurren und Beladungsvorrichtungen können große Mengen von Anbackungen oder Ablagerungen von aufgestauten, losen Schüttgütern enthalten, die während der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten herabfallen können. Es sind deshalb ordnungsgemäße Sicherheitsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchzuführen.

ist. Dieses entweichende Schüttgut trägt sowohl zu höherem Betriebs- und Reinigungskosten bei, als auch zu vorzeitigen Ausfällen von Komponenten. Deshalb wird der Einbau einer durchgehenden Einhausung als die praktikabelste Lösung angesehen.

Sollten die Übergabepunkte relativ nahe beisammen liegen, ist normalerweise die Verwendung eines größeren Muldwinkels üblich. Zusätzlich ist die Installation einer durchgehenden Einhausung zwischen den beiden Übergabepunkten eine bessere Lösung, als die Verwendung einzelner Einhausungen an jedem Übergabepunkt (**Abbildung 11.14**).

Ein anderer ausgezeichneter Ansatz für Förderbandanlagen mit mehreren Übergabepunkten, wäre die Verwendung einer luftunterstützten Förderbandanlage. Luftunterstützte Förderbandanlagen sind wie kein zweites System für den Einsatz mit mehreren Übergabepunkten geeignet. Sie erfordern lediglich eine zentrierte Beladung statt konventioneller Einhausungen oder Seitenabdichtungen (**Abbildung 11.15**). (Siehe Kapitel 23: „Luftunterstützte Förderbandanlagen“.)

der Verschleiß zu einem zu berücksichtigenden Faktor werden. Die Einhausung kann durch Korrosion angegriffen werden und einen periodischen Austausch erforderlich machen. Ein weiterer Risikofaktor ist das häufige blockieren der Förderbandanlage durch Materialansammlungen, dies kann zu einer deformierten Einhausung führen, wodurch sich das Risiko eines Förderbandschadens erhöht. Im Rahmen von Kontrollgängen und nach Instandhaltungsarbeiten sollte sichergestellt werden, dass die Abdeckungen der Einhausung gut befestigt bzw. Zugangstüren geschlossen sind. Periodisch sollten Überprüfungen durchgeführt und dadurch sichergestellt werden, dass die Einhausungen baulich dazu in der Lage sind, dass beförderte Schüttgut aufzunehmen bzw. dass sie richtig über dem Förderband platziert sind.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

Die folgenden Spezifikationen gelten für Förderbandanlagen, auf denen frei fließende und relativ gleichförmige Schüttgüter, wie z. B. Kohle und gebrochenes Gestein transportiert werden.

A. Übergabepunkt

Der Übergabepunkt ist mit einer Einhausungen als Erweiterung der Schurre auszustatten, die auf jeder Seite des Förderbandes eine seitliche Abdichtung ermöglicht.

B. Beruhigung des Materialstroms

Die Einhausung muss lang genug sein, damit der Materialstrom sich beruhigen und

SYSTEMWARTUNG

Da es sich bei einer Einhausung im Grunde genommen lediglich um einen Stahlkasten ohne bewegliche Teile handelt, ist eine vorsorgliche Wartung nur in geringem Umfang erforderlich. Falls die Einhausung jedoch auch eine Verschleißauskleidung beinhaltet, kann

$l_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$		Einheiten	
		Metrisch	Amerikanisch
l_{sb}	Länge der Einhausung (von der Ladezone bis Übergabepunktende)	Meter	Fuß (feet)
V	Förderbandgeschwindigkeit	m/s	ft/min
CF	Faktor für die Einhausung (Q_{tot} = Luftvolumenstrom)	Wenn $Q_{tot} < 0,5 \text{ m}^3/\text{s} = 0,6$	Wenn $Q_{tot} < 1000 \text{ ft}^3/\text{s} = 2$
		Wenn $Q_{tot} > 0,5 \text{ m}^3/\text{s} = 0,9$	Wenn $Q_{tot} > 1000 \text{ ft}^3/\text{s} = 3$
k	Umrechnungsfaktor	0,5	100

Gleichung 11.1
Länge der Einhausung

$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$		Einheiten	
		Metrisch	Amerikanisch
h_{sb}	Höhe der Einhausung	Meter	Fuß (feet)
Q_{tot}	Luftvolumenstrom	m^3/s	ft^3/min
CW	Einhausungsbreite	m	ft
v	Angestrebte Luftgeschwindigkeit	m/s	ft/min

Gleichung 11.2
Höhe der Einhausung

Abbildung 11.16
Musterbeispiel #1

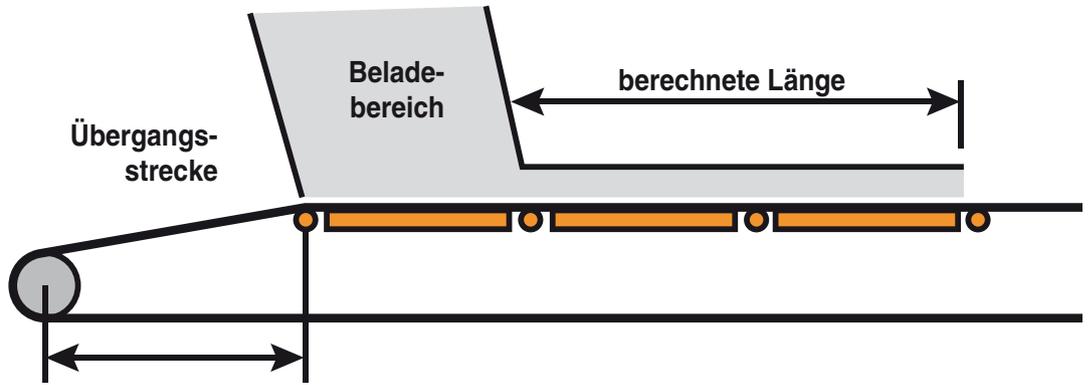


Tabelle 11.3
(Abbildung 11.16)

Einhausung Musterbeispiel # 1					
Gegeben:	Material	Bituminöse Braunkohle		Gesucht:	Mindestlänge der Einhausung (Gleichung 11.1.1)
	Förderbandbreite	1 m (36 in.)			Gesucht:
	Förderbandgeschwindigkeit	3 m/s (600 ft/min)			
	Einhausungsbreite	0,6 m (2 ft)			
	Gemessener Luftvolumenstrom	0,56 m³/s (1200 ft³/min)			

Gleichung 11.1.1
Länge der Einhausung
Musterbeispiel #1

$I_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$			
Gegeben: Förderbandgeschwindigkeit 3 m/s (600 Fuß/min) und ein Luftvolumenstrom von 0,56 m³/s (1200 ft³/min). Gesucht: Mindestlänge der Einhausung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
V	Förderbandgeschwindigkeit	3 m/s	600 ft/min
CF	Faktor für die Einhausung	0,9	3
k	Umrechnungsfaktor	0,5	100
Metrisch: $I_{sb} = \frac{3 \cdot 0,9}{0,5} = 5,4$		Amerikanisch: $I_{sb} = \frac{600 \cdot 3}{100} = 18$	
I_{sb}	Mindestlänge der Einhausung (von der Ladezone bis Übergabepunktende)	5,4 m	18 ft

Gleichung 11.2.1
Höhe der Einhausung,
Musterbeispiel #1

$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$			
Gegeben: Ein Luftvolumenstrom von 0,56 m³/s (1200 ft³/min), eine Einhausungsbreite von 0,6 m (2 Fuß) und eine angestrebte Luftgeschwindigkeit von 1 m/s (200 Fuß/min).			
Gesucht: Mindesthöhe der Einhausung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q_{tot}	Luftvolumenstrom	0,56 m³/s	1200 ft³/min
CW	Einhausungsbreite	0,6 m	2 ft
v	Angestrebte Luftgeschwindigkeit	1 m/s	200 ft/min
Metrisch: $h_{sb} = \frac{0,56}{0,6 \cdot 1} = 0,93$		Amerikanisch: $h_{sb} = \frac{1200}{2 \cdot 200} = 3,0$	
h_{sb}	Mindesthöhe der Einhausung	0,93 m	3 ft

Hinweis: In der Praxis können sich manchmal die berechneten Ergebnisse als unmöglich oder nicht anwendbar erweisen, so dass diese kritisch und mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten sind.

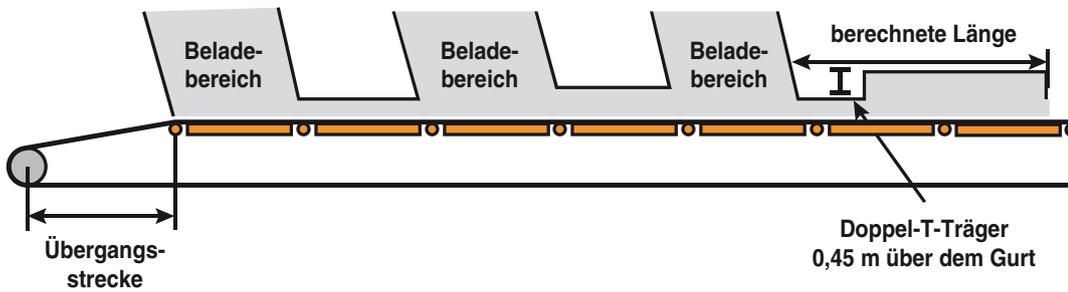


Abbildung 11.17
Musterbeispiel #2

Einhausung Musterbeispiel #2			
Gegeben:	Material	Holzschnitzel	Gesucht:
	Förderbandbreite	1,24 m (48 in.)	
	Förderbandgeschwindigkeit	3,5 m/s (700 ft/min)	
	Einhausungsbreite	1,0 m (3 ft)	
	Gemessener Luftvolumenstrom	0,28 m ³ /s (600 ft ³ /min) von jedem Beschickungsbereich; alle Beschickungsbereiche laufen gleichzeitig	
			Mindestlänge der Einhausung (Gleichung 11.1.2)
			Mindesthöhe der Einhausung (Gleichung 11.2.2)

Tabelle 11.4
(Abbildung 11.17)

$l_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$			
Gegeben: Förderbandgeschwindigkeit 3,5 m/s (700 Fuß/min) und ein Luftvolumenstrom von 0,84 m ³ /s (1800 ft ³ /min). Gesucht: Mindestlänge der Einhausung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
V	Förderbandgeschwindigkeit	3,5 m/s	700 ft/min
CF	Faktor für die Einhausung	0,9	3
k	Umrechnungsfaktor	0,5	100
Metrisch: $l_{sb} = \frac{3,5 \cdot 0,9}{0,5} = 6,3$		Amerikanisch: $l_{sb} = \frac{700 \cdot 3}{100} = 21$	
l_{sb}	Mindestlänge der Einhausung (von der Ladezone bis Übergabepunktende)	6,3 m	21 ft

Gleichung 11.1.2
Länge der Einhausung
Musterbeispiel #2

$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$			
Gegeben: Ein Luftvolumenstrom von 0,84 m ³ /s (1800 ft ³ /min), eine Einhausungsbreite von 1 m (2 Fuß) und eine angestrebte Luftgeschwindigkeit von 1 m/s (200 Fuß/min).			
Gesucht: Mindesthöhe der Einhausung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q_{tot}	Luftvolumenstrom	0,84 m ³ /s	1800 ft ³ /min
CW	Einhausungsbreite	1,0 m	3 ft
v	Angestrebte Luftgeschwindigkeit	1 m/s	200 ft/min
Metrisch: $h_{sb} = \frac{0,84}{1,0 \cdot 1} = 0,84$		Amerikanisch: $h_{sb} = \frac{1800}{3 \cdot 200} = 3$	
h_{sb}	Mindesthöhe der Einhausung	0,84 m	3 ft

Gleichung 11.2.2
Höhe der Einhausung,
Musterbeispiel #2

Hinweis: Diese Einhausung mit größerer Höhe muss unmittelbar nach dem Doppel-T-Träger über dem Förderband installiert werden.

Hinweis: In der Praxis können sich manchmal die berechneten Ergebnisse als unmöglich oder nicht anwendbar erweisen, so dass diese kritisch und mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten sind.

Abbildung 11.18
Musterbeispiel #3

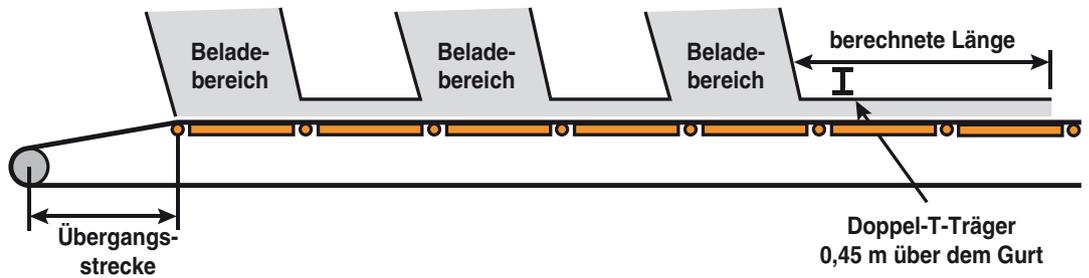


Tabelle 11.5
(Abbildung 11.18)

Einhausung Musterbeispiel #3			
Gegeben:	Material	Anthrazit	Gesucht:
	Förderbandbreite	1,24 m (48 in.)	
	Förderbandgeschwindigkeit	3,5 m/s (700 ft/min)	
	Einhausungsbreite	1,0 m (3 ft)	
	Gemessener Luftvolumenstrom	0,28 m³/s (600 ft³/min) von jedem Beschickungsbereich; jeder Beschickungsbereich läuft individuell	
		Mindestlänge der Einhausung (Gleichung 11.1.3)	
		Mindesthöhe der Einhausung (Gleichung 11.2.3)	

Gleichung 11.1.3
Länge der Einhausung
Musterbeispiel #3

$I_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$			
Gegeben: Förderbandgeschwindigkeit 3,5 m/s (700 Fuß/min) und ein Luftvolumenstrom von 0,28 m³/s (600 ft³/min). Gesucht: Mindestlänge der Einhausung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
V	Förderbandgeschwindigkeit	3,5 m/s	700 ft/min
CF	Faktor für die Einhausung	0,6	2
k	Umrechnungsfaktor	0,5	100
Metrisch: $I_{sb} = \frac{3,5 \cdot 0,6}{0,5} = 4,2$		Amerikanisch: $I_{sb} = \frac{700 \cdot 2}{100} = 14$	
I_{sb}	Mindestlänge der Einhausung (von der Ladezone bis Übergabepunktende)	4,2 m	14 ft

Gleichung 11.2.3
Höhe der Einhausung,
Musterbeispiel #3

$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$			
Gegeben: Ein Luftvolumenstrom von 0,28 m³/s (600 ft³/min), eine Einhausungsbreite von 1 m (3 Fuß) und eine angestrebte Luftgeschwindigkeit von 1 m/s (200 Fuß/min).			
Gesucht: Mindesthöhe der Einhausung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q_{tot}	Luftvolumenstrom	0,28 m³/s	600 ft³/min
CW	Einhausungsbreite	1,0 m	3 ft
v	Angestrebte Luftgeschwindigkeit	1 m/s	200 ft/min
Metrisch: $h_{sb} = \frac{0,28}{1,0 \cdot 1} = 0,28$		Amerikanisch: $h_{sb} = \frac{600}{3 \cdot 200} = 1$	
h_{sb}	Mindesthöhe der Einhausung	0,28 m	1 ft

Hinweis: Die Einhausung kann zwischen Doppel-T-Träger und dem Förderband installiert werden.

Hinweis: In der Praxis können sich manchmal die berechneten Ergebnisse als unmöglich oder nicht anwendbar erweisen, so dass diese kritisch und mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten sind.

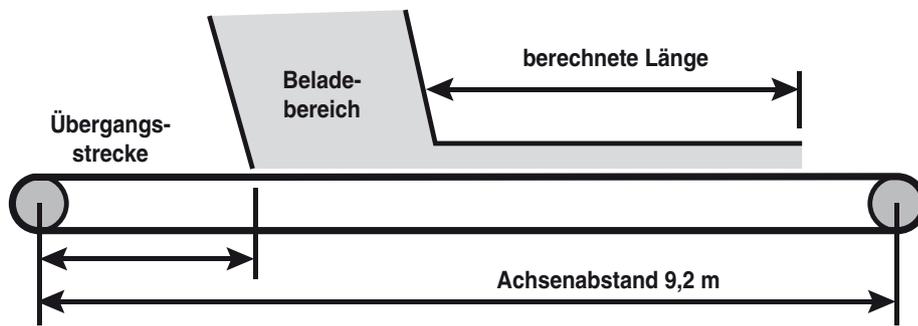


Abbildung 11.19
Musterbeispiel #4

Einhausung Musterbeispiel #4			
Gegeben:	Material	Anthrazit	
	Förderbandbreite	1,8 m (72 in.) (Aufgabeband)	
	Förderbandgeschwindigkeit	0,5 m/s (100 ft/min)	
	Materialhöhe	0,3 m (1 ft)	
	Einhausungsbreite	1,5 m (5 ft)	
	Nicht gemuldetes Förderband		
	Gemessener Luftvolumenstrom	0,047 m³/s (100 ft³/min)	
Gesucht:	Mindestlänge der Einhausung	(Gleichung 11.1.4)	
	Mindesthöhe der Einhausung	(Gleichung 11.2.4)	

Tabelle 11.6
(Abbildung 11.19)

$l_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$			
Gegeben: Förderbandgeschwindigkeit 0,5 m/s (100 Fuß/min) und ein Luftvolumenstrom von 0,047 m³/s (100 ft³/min). Gesucht: Mindestlänge der Einhausung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
V	Förderbandgeschwindigkeit	0,5 m/s	100 ft/min
CF	Faktor für die Einhausung	0,6	2
k	Umrechnungsfaktor	0,5	100
Metrisch: $l_{sb} = \frac{0,5 \cdot 0,6}{0,5} = 0,6$		Amerikanisch: $l_{sb} = \frac{100 \cdot 2}{100} = 2$	
l_{sb}	Mindestlänge der Einhausung (von der Ladezone bis Übergabepunktende)	0,6 m	2 ft

Gleichung 11.1.4
Länge der Einhausung
Musterbeispiel #4

Hinweis: Die Einhausung muss sich über die gesamte beladene Länge des Förderbandes erstrecken, weil sie auch das Material auf dem Förderband halten soll.

$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$			
Gegeben: Ein Luftvolumenstrom von 0,047 m³/s (100 ft³/min), eine Einhausungsbreite von 1,5 m (5 Fuß) und eine angestrebte Luftgeschwindigkeit von 1 m/s (200 Fuß/min).			
Gesucht: Mindesthöhe der Einhausung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q_{tot}	Luftvolumenstrom	0,047 m³/s	100 ft³/min
CW	Einhausungsbreite	1,5 m	5 ft
v	Angestrebte Luftgeschwindigkeit	1 m/s	200 ft/min
Metrisch: $h_{sb} = \frac{0,047}{1,5 \cdot 1} = 0,03$		Amerikanisch: $h_{sb} = \frac{100}{5 \cdot 200} = 0,1$	
h_{sb}	Mindesthöhe der Einhausung	0,03 m	0,1 ft

Gleichung 11.2.4
Höhe der Einhausung,
Musterbeispiel #4

Hinweis: Die Höhe muss mindestens 0,3 m (1 Fuß) betragen (das entspricht der Höhe des Schüttgutes auf dem Förderband.)

Hinweis: In der Praxis können sich manchmal die berechneten Ergebnisse als unmöglich oder nicht anwendbar erweisen, so dass diese kritisch und mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten sind.

das für den Transport vorgesehene Profil einnehmen kann.

- C. Reduzierte Luftgeschwindigkeit
Die Querschnittsfläche der Einhausung muss groß genug bemessen sein, um die Luftgeschwindigkeit auf 1,0 m/s zu reduzieren, damit sich der Staub absetzen kann, bevor der Materialstrom den eingehausten Bereich verlässt.
- D. Abdeckungen
Die Einhausungen sind mit Abdeckungen auszustatten, damit sich eine Zone ergibt, in welcher sich flüchtiges Feinmaterial absetzen kann.
- E. Förderbandüberstand
Die Einhausung ist so zu konzipieren, dass auf jeder Seite ein ausreichend bemessener Förderbandüberstand für eine wirksame Seitenabdichtung verbleibt.
- F. Freiraum über dem Förderband
Die Unterkante der Einhausung sollte auf der Eintrittsseite des Förderbandes in den Übergabepunkt 6 mm über dem Förderband stehen und es wird empfohlen, diesen Spalt bis zum Bandaustritt auf 9 bis 12 mm zu erweitern.
- G. Kein Abheben des Förderbandes
Das Förderband darf sich nicht von den Tragrollen abheben, selbst wenn es leer läuft.
- H. Bauliche Konstruktion
Die Einhausung ist in solider Bauweise zu konstruieren, mit ausreichend dimensionierten Trägern, welche bei der Installation und Wartung von Komponenten, wie z. B. Bandträgeregestellen, Tragrollen oder Seitenabdichtungssystemen nicht im Wege ist.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Musterbeispiele: Berechnen der Maße für eine Einhausung

In den nachfolgenden Beispielen sind Gleichungen zur Bestimmung der Mindestmaße für die Einhausung an Übergabepunkten aufgeführt (**Gleichung 11.1** Länge der Einhausung und **Gleichung 11.2** Höhe der Einhausung). *(Zur Bestimmung des Luftvolumenstromes in den Musterbeispielen, siehe Gleichung 7.1. Alternativ kann der Luftvolumenstrom gemessen werden.)*

DAS FAZIT ÜBER EINHAUSUNGEN

Zum Abschluss...

Einhausungen spielen sowohl bei der Staubkontrolle als auch bei der Vermeidung von Verschüttungen eine Schlüsselrolle. Richtig gestaltete Einhausungen reduzieren Verschüttungen durch ihre zentrierende Wirkung bei der Aufgabe des Schüttgutes. Durch die Bildung einer Beruhigungszone für das Absetzen flüchtigen Feinmaterials reduzieren sie auch den Staubgesamtaustrag. Diese beiden Aspekte spielen eine wesentliche Rolle, um eine noch größerer Wirksamkeit der Förderbandanlage durch eine vollständige Schüttgutkontrolle zu erreichen.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über Einhausungen, das sechste Kapitel des Abschnittes „Das Beladen des Bandes“, konzentrierte sich auf den Einsatz von Einhausungen zur Vermeidung von Staub und Verschüttungen. Somit verbleiben noch zwei Kapitel in diesem Abschnitt: Kapitel 12: „Verschleißauskleidungen“ und Kapitel 13: „Kantenabdichtsysteme“.

REFERENZEN

- 11.1 DIN 22101 – *Stetigförderer – Gurtförderer für Schüttgüter – Grundlagen für die Berechnung und Auslegung* – Ausgabedatum: 2010-02.
- 11.2 CEMA - Verband der Förderbandanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Förderbandanlagen für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 11.3 Die Website <http://www.conveyorbeltguide.com> ist eine nützliche, nichtkommerzielle Informationsquelle über Förderbänder.
- 11.3 Alle Hersteller und die meisten Vertreter von Förderbandprodukten bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial an, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte, als auch über Förderbandanlagen im Allgemeinen.

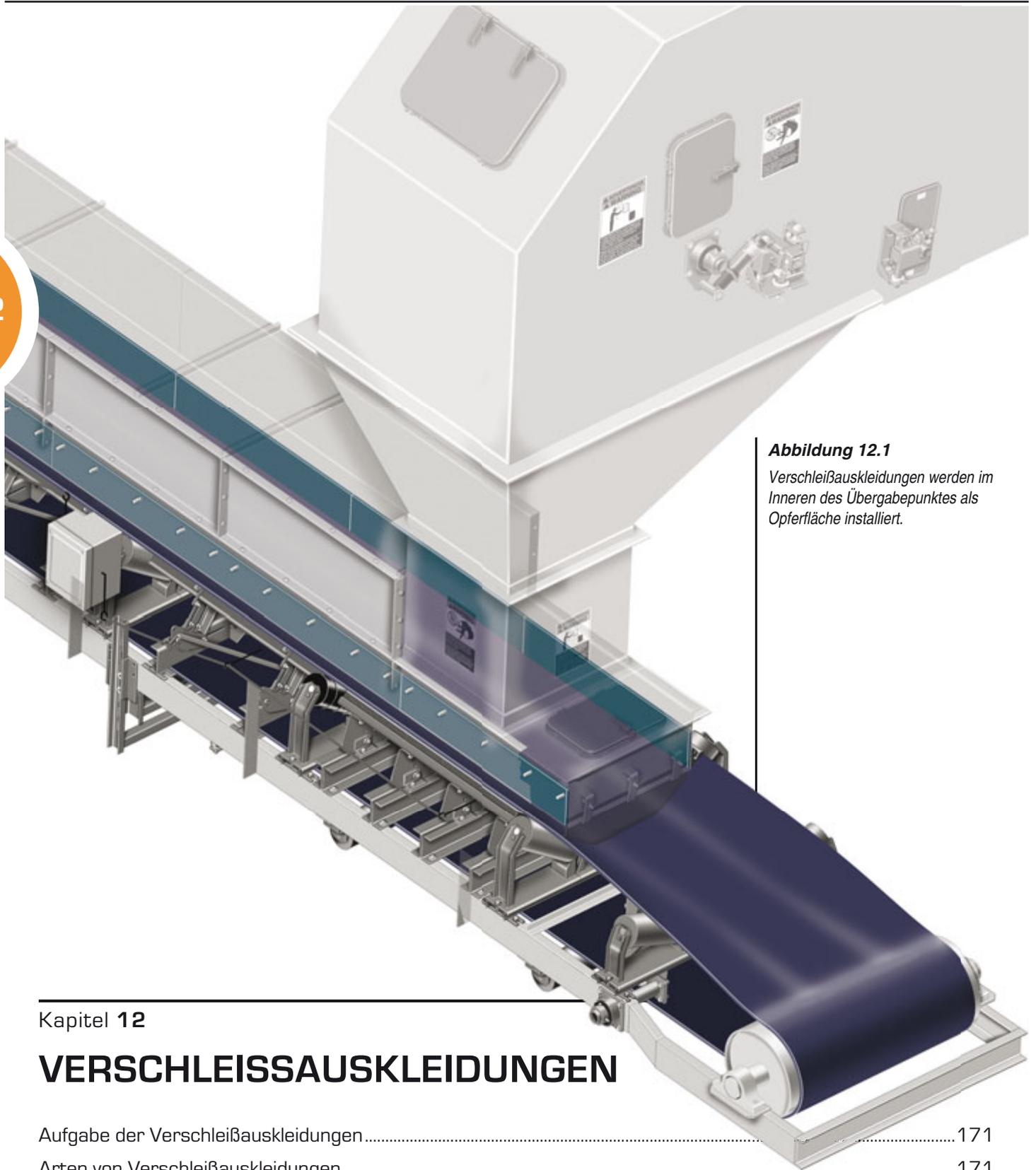


Abbildung 12.1
Verschleißauskleidungen werden im Inneren des Übergabepunktes als Opferfläche installiert.

Kapitel 12

VERSCHLEISSAUSKLEIDUNGEN

Aufgabe der Verschleißauskleidungen.....	171
Arten von Verschleißauskleidungen	171
Anbringung von Verschleißauskleidungen.....	175
Sicherheitsrelevante Fragen.....	176
Typische Spezifikationen.....	178
Auswahl einer Verschleißauskleidung für einen konkreten Anwendungsfall.....	178

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel werden die Gründe für den Einbau von Verschleißauskleidungen dargelegt. Wir stellen die am häufigsten anzutreffenden Arten der Verschleißauskleidungen vor und die Materialien, die für Verschleißauskleidungen verwendet werden. Wir besprechen auch Kriterien für die Auswahl der Verschleißauskleidungen und die korrekten Einbautechniken.

Unter Verschleißauskleidung versteht man ein auf der Innenseite der Einhausungen der Übergabepunkte angebrachtes Material, das als „Opferfläche“ fungiert. Die Verschleißauskleidung hat einen direkten Kontakt mit dem sich bewegenden Fördergutstrom und schützt damit die eigentliche Einhausung vor Verschleiß, während sie selbst abgenutzt wird (**Abb. 12.1**).

AUFGABE DER VERSCHLEISSAUSKLEIDUNGEN

Bei der Planung eines Übergabepunktes, der sich durch geringe Verschüttungen auszeichnen soll, kommen der Verschleißauskleidung mehrere Aufgaben zu:

- A. Sie bietet eine leicht ersetzbare Opfer-Verschleißfläche zum Schutz der Schürrenwandung und der Einhausung.
- B. Sie unterstützt die Zentrierung der Ladung.
- C. Sie schützt die Abdichtstreifen vor den seitlich wirkenden Kräften und erhöht dadurch die Standzeit der Abdichtung.
- D. Einige Arten von Verschleißauskleidungen können auch die Reibung, die Aufprallwucht, die Lärmentwicklung und die qualitative Verschlechterung des Schüttguts reduzieren.

Die Schüttgutmassen, die durch einen Übergabepunkt hindurch strömen und auf ein Band auftreffen, verursachen einen sehr hohen, nach außen gerichteten Druck. Zur Beherrschung dieses Seitendrucks und zum Schutz der Komponenten des Übergabepunktes werden Verschleißauskleidungen eingebaut. Die Verschleißauskleidung trägt wesentlich zur Eindämmung des transportierten Materials im eingefassten Bereich bei (**Abbildung 12.2**). Wenn dieser seitlich wirkenden Druck nicht beherrscht wird, werden Feinanteile und Staub aus dem Materialstrom unter die Einfassung gedrückt und zu Materialverlusten führen.

Verschleißauskleidungen werden auf der Innenseite der Einfassung installiert, um die Einfassungsabdichtung zu schützen. Sie haben die Aufgabe, die Funktionen der Abdichtung und der Lastaufnahme voneinander zu trennen. Durch die Schaffung eines Dämmbereichs zwischen der Schüttgutladung und den Kantenabdichtstreifen reduzieren die Verschleißauskleidungen wesentlich die Seitenkräfte, mit denen das Fördergut auf die Abdichtstreifen wirkt. Wenn Verschleißauskleidungen verwendet werden, müssen die Abdichtstreifen bei der Fassung des Materials nicht als Wandung wirken und können dadurch ihre Funktion als Abdichtung effektiver erfüllen. Diese Anordnung verbessert die Wirksamkeit und Standzeit des Abdichtsystems, während sie das Risiko einer Schädigung durch Materialeinschluss vermindert.

Es gibt nur wenige Fälle, wo die Montage einer Verschleißauskleidung die Abdichtbarkeit eines Übergabepunktes und die Standzeit der Komponenten nicht wesentlich verbessert. Hierzu gehören z. B. sehr leicht beladene Förderbänder oder Bänder für den Transport von nicht abrasiven Materialien mit niedriger Dichte. Bei allen anderen Anwendungsfällen reduzieren richtig installierte und gewartete Verschleißauskleidungen die seitlich wirkenden Materialkräfte und verbessern die Abdichtung und die Lebensdauer der Abdichtstreifen.

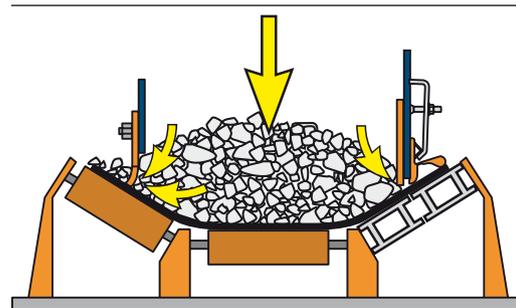


Abbildung 12.2

Ohne die Schutzwirkung einer Verschleißauskleidung ist das Elastomer-Abdichtsystem nicht stark genug, um den das Material über die Kante des Fördergurts drückenden Kräften standhalten zu können.

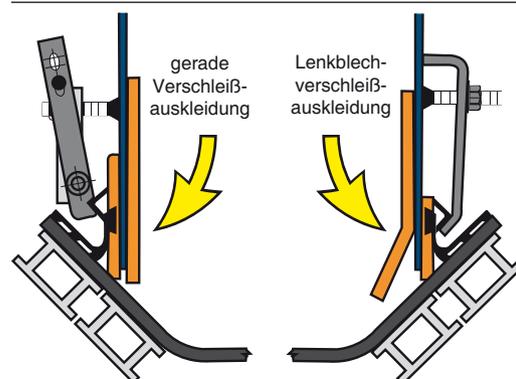


Abbildung 12.3

Links: Gerade Verschleißauskleidung.

Rechts: Lenkblechverschleißauskleidung.

ARTEN VON VERSCHLEISSAUSKLEIDUNGEN

Bauformen der Verschleißauskleidung

Heutzutage sind vier Arten von Verschleißauskleidungen üblich: gerade, mit Zwischenraum, mit Lenkwirkung und mit Verjüngung (Abbildung 12.3).

Gerade Verschleißauskleidung

Eine gerade Verschleißauskleidung kann die durch die Beladung hervorgerufenen seitlich

wirkenden Kräfte von den Einfassungsabdichtungen fern halten, ohne dass es in der Schurre zu einem Rückstau kommt und ohne den Materialfluss einzuengen. Gerade Verschleißauskleidungen werden für Förderbänder in allen Größen eingesetzt (Abbildung 12.4). Der wirkliche Vorteil der Verwendung gerader Verschleißauskleidungen liegt darin, dass die Standzeit verlängert und die Abdichtung verbessert wird, ohne dabei den effektiven Beladungsbereich zu verkleinern. In einer Zeit, in der die Bewältigung eines stetig wachsenden Bedarfs durch eine stetig abnehmende Zahl von Ressourcen gefordert wird, ist die Maximierung der Systemkapazität durch Ausnutzung der vollen Breite der Beschickungsschurre und des Förderbandes eminent wichtig. Die gerade Verschleißauskleidung ist eine gute Wahl, um sowohl die gegenwärtigen als auch die zukünftigen Anforderungen in Bezug auf den Materialfluss bei den meisten Schüttgütern erfüllen zu können.

Gerade Verschleißauskleidungen eignen sich auch am besten für Bänder mit mehreren Beladestellen, ob in einem langen Übergabepunkt integriert oder auf mehrere Ladezonen verteilt.

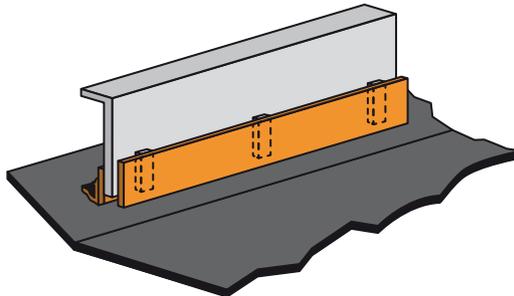
Abbildung 12.4

Die Verschleißauskleidung verbessert die Abdichtung, ohne im effektiven Beladungsbereich einen Rückstau hervorzurufen



Abbildung 12.5

Die Verschleißauskleidung mit Zwischenraum beinhaltet einen offenen Bereich hinter der Auskleidung, wo die Entstaubung eingesetzt werden kann.



Verschleißauskleidung mit Zwischenraum

Eine Variation der geraden Verschleißauskleidung ist die Verschleißauskleidung mit Zwischenraum (Abbildung 12.5). Diese Mischform kann bei Anwendungen verwendet werden, wo eine mechanische Entstaubung zur Verfügung steht. Um die Abdichtung zu unterstützen, werden die Auskleidungen nicht direkt auf die Wandung der Einfassung befestigt, sondern davon leicht - 25 bis 50 mm - abgesetzt. Der Abstand bzw. Raum zwischen der Einfassung und der Verschleißauskleidung wird als Unterdruckbereich verwendet. Feinanteile und Schwebestäube in diesem Bereich können mit dem Entstaubungssystem der Förderanlage abgesaugt werden.

Diese Technik eignet sich besser für neue Fördersysteme, damit die „freie Kantenbreite“ gleich von Anfang an in die Maße der Ladezone mit einbezogen werden kann, ohne die Transportkapazität der Förderanlage zu reduzieren. Während dieser Abstand nicht groß ist, normalerweise 25 bis 50 mm Freiraum auf jeder Seite der Förderanlage, ist beim Einbau einer Verschleißauskleidung mit Zwischenraum darauf zu achten, dass die Auskleidungsoberkante weit genug über das Haufwerk in der Ladezone übersteht.

Abbildung 12.6

Die Lenkblechverschleißauskleidung sorgt für einen freien Bereich zwischen der Auskleidung und dem Abdichtsystem.



Lenkblechverschleißauskleidung

Die Lenkblechverschleißauskleidung ist gekrümmt, so dass die untere Hälfte der Auskleidung nach innen in Richtung der Mitte des Fördergurts gebogen ist (**Abbildung 12.6**). Durch diesen Winkel wird zwischen der Gummieinfassung und der Verschleißauskleidung ein „freier“ Bereich geschaffen. Dieser Bereich ist deshalb nützlich, weil dort die Feianteile, die unter der Unterkante der Verschleißauskleidung durchgeschlüpft sind, doch noch mittransportiert werden können.

Sie werden nicht automatisch aus dem System entfernt, sondern vom Abdichtstreifen eingegrenzt und durch das Band zum Austrittsbereich des Übergabepunktes transportiert. Die Feianteile, die sich ihren Weg in Richtung Gummidichtung gebahnt haben, sind relativ frei von Krafteinwirkungen und von der abwärts und nach außen gerichteten Kraft der Beladung isoliert.

Der Nachteil der Lenkblechverschleißauskleidung besteht darin, dass sie die effektive Querschnittsfläche des Einfassungsbereichs vermindert. Dies wiederum reduziert das Materialvolumen, das den Übergabepunkt durchlaufen kann, was folglich bei Beibehaltung einer gegebenen Kapazität eine Anpassung der Maße der Schurre oder Änderungen im Betriebsplan eines Systems erforderlich machen kann. Diese Überlegung ist besonders bei kleineren Bändern wichtig - weniger als 750 mm breit - oder bei Förderbändern, die am Rande der Kapazitätsauslastung betrieben werden. Durch die Querschnittsreduzierung der Ladezone können Lenkblechauskleidungen damit auch die maximal zulässige Brockengröße vermindern, was zu Materialstauungen führt.

Lenkblechverschleißauskleidungen sollten nicht bei Ladezonen verwendet werden, die einer Aufprallwucht ausgesetzt sind. Bei derartigen Anwendungen ist die Auskleidung einem erhöhten Verschleiß ausgesetzt und Materialstücke können vom Band zurückprallen und sich in der offenen Unterseite der Lenkblechauskleidung verkeilen, was zu einem Abrieb am Fördergurt führen kann. Bei Lenkblechauskleidungen konzentriert sich auch der abrasive Verschleiß von Materialeinschlägen auf den „geneigten“ Bereich und auf die „Lippe“ der Auskleidung. Wenn von dem Verschleiß besonders eine Stelle betroffen wird, können dadurch Löcher entstehen, wo sich Materialbrocken ansammeln und Abrieb am Fördergurt verursachen können (**Abbildung 12.7**).

Verschleißauskleidung mit Verjüngung

Verschleißauskleidungen mit Verjüngung werden normalerweise aus Molybdänstahl gegossen und bei hohen Belastungen eingesetzt. Der Querschnitt der Gussstücke ist trapezförmig angelegt, um die Lücke beim Stoß von Fördergurt, Auskleidung und der Abdichtung zu vermindern, während eine ausreichend starke Verschleißfläche gegeben ist, wo das Material auftritt oder am eingefassten Bereich entlang schleift. Um das Gewicht der einzelnen Gussstücke in einem für die Handhabung vernünftigen Rahmen zu halten, werden die Verschleißauskleidungen mit Verjüngung normalerweise in einer Breite von 300 bis 400 mm hergestellt. Da gegossene Verschleißauskleidungen schwer sind und nur in kurzen Längen zur Verfügung stehen, ist der ordentliche Einbau mit einer glatten, geraden Unterkante schwierig. Eine mangelhafte Montage kann zur Taschenbildung führen, wo sich Material verfangen und am Band scheuern kann.

Materialien für Verschleißauskleidungen

Gerade Verschleißauskleidungen und Lenkblechverschleißauskleidungen werden normalerweise als Platten oder Tafeln ausgeliefert, meist mit einer Länge von 1200 mm, einer Höhe von 200 mm und einer Materialstärke von 12 mm. Gegossene Auskleidungen werden üblicherweise in Stücken mit einer Breite von 300 bis 400 mm, einer Höhe von 200 bis 500 mm und einer Materialstärke von 25 bis 75 mm zur Verfügung gestellt. Zur Vereinfachung der Montage vor Ort können die Auskleidungen schon mit vorgebohrten Löchern versehen geliefert werden.

Es gibt eine ganze Reihe von Materialien, die sich für Verschleißauskleidungen eignen (**Tabelle 12.1**).



Abbildung 12.7

Bei Lenkblechauskleidungen konzentriert sich auch der abrasive Verschleiß von Materialeinschlägen auf den „geneigten“ Bereich und auf die „Lippe“ der Auskleidung.



Verschleißauskleidungen aus unlegiertem Stahl

Verschleißauskleidungen aus unlegiertem Stahl kommen häufig bei Materialien mit sehr niedriger Abrasionswirkung oder bei Förderbändern mit nur leichter Belastung oder wenig Betriebsstunden zum Einsatz. Derartige Materialien wären z. B. Sägemehl, Holzschnitzel und Müll. Kandidaten für den Einsatz von Verschleißauskleidung aus unlegiertem Stahl wären außerdem Projekte, bei denen niedrige Anschaffungskosten gefordert sind, die jedoch gute kurzfristige Ergebnisse aufweisen sollen.

Wenn die Umgebung feucht oder durch andere Faktoren bedingt korrosiv ist, kann die höhere Korrosionsneigung des unlegierten Stahls in der Ladezone zu zusätzlicher Reibung am Materialkörper führen.

Verschleißauskleidungen aus unlegiertem Stahl können entweder in gerader Ausführung oder in Lenkblechdurchführung geliefert werden.

Abrasionsbeständige Plattenverschleißauskleidung

Eine abrasionsbeständige Plattenverschleißauskleidung (AR Platte) bietet eine viel längere Standzeit als eine Verschleißauskleidung aus unlegiertem Stahl. Die AR Platte ist eine gute Allzweck - Verschleißauskleidung, die mit abrasiveren Materialien wie z. B. Sand, Fels/Hartstein, Bergbauerzen und Kohle zurechtkommt.

Die Standzeit kann unter Umständen fünf bis sieben Mal länger als die von unlegiertem Stahl sein. AR Platten sind entweder in gerader Ausführung oder in Lenkblechdurchführung erhältlich.

Keramikbeschichtete Verschleißauskleidung

Die keramikbeschichtete Verschleißauskleidung ist eine gute, langlebige Verschleißauskleidung für im Dauerbetrieb arbeitende Bänder, auf denen hochabrasives Material transportiert wird und die nur minimaler Stoßwucht ausgesetzt sind. Eine mit Keramikblöcken belegte Trägerplatte aus unlegiertem Stahl ist unter diesen Umständen eine gute Wahl. Diese Keramikblöcke werden auf die Trägerplatte aus unlegiertem Stahl aufgeklebt und/oder mittels Lochnahtschweißung befestigt, normalerweise im Bereich der unteren 100 mm der Platte. Zur Verminderung des Verschleißes auf schwerer beladenen Förderbändern können die Keramikblöcke auch weiter oben an der Trägerplatte angebracht werden.

Es hat sich gezeigt, dass keramikbeschichtete Verschleißauskleidungen gut bei Kohle und Holzschnitzel funktionieren. Sie sind sowohl in gerader Ausführung als auch in Lenkblechdurchführung lieferbar.

Wann immer Auskleidungen mit gießbaren Materialien belegt werden, ob Keramik oder Legierungen wie z. B. Magnesiumstahl, ist

Tabelle 12.1

Materialien für Verschleißauskleidungen					
Auskleidungsmaterial	Anschaffungskosten	Verschleißfestigkeit bei Gleitreibung	Schlagfestigkeit	Temperaturbeständigkeit	Niedrige Reibung
Unlegierter Stahl	Niedrig	G	G	SG	NE
Abrasionsbeständige Platte	Mittel	SG	G	SG	NE
Edelstahl	Hoch	G	G	E	SG
Chromkarbidüberzug	Mittel	E	G	SG	SG
Gummi	Hoch	G	E	NE	NE
Polyurethan	Hoch	E	E	NE	G
UHMW	Mittel	G	NE	NE	E
Keramikplatten					
Natursteinplatten	Niedrig	G	NE	G	G
Glasierte Platten	Niedrig	SG	NE	SG	SG
Basaltplatten	Mittel	SG	G	SG	G
Aluminiumoxidplatten	Hoch	E	G	E	G

Hinweis: Leistungsvergleich möglicher Materialien für Verschleißauskleidungen. Bewertungen: E - exzellent; SG - sehr gut; G - gut; NE - nicht empfehlenswert.

äußerste Sorgfalt darauf zu verwenden, dass die Blöcke während der Befestigung auf der Stahlplatte gut ausgerichtet werden. Die Unterkante der Montage muss sorgfältig platziert werden, um Quetschstellen und „Treppenstufen“ zu vermeiden, an denen sich Material verfangen kann.

Verschleißauskleidung aus Edelstahl

Verschleißauskleidungen aus Edelstahl sind eine Wahlmöglichkeit, die hinsichtlich der Abriebfestigkeit etwa zwischen unlegiertem Stahl und AR Platte liegt. Die chemische Widerstandsfähigkeit des Edelstahls wird oft bei Anwendungen gefordert, wo für unlegierten Stahl oder die AR Platte die Möglichkeit der Korrosion gegeben ist. Der Reibbeiwert zwischen dem Schüttgut und Edelstahl variiert erheblich und bei der Nachrüstung mit Auskleidungen aus Edelstahl sollte der Energiebedarf der Anlage überprüft werden. Verschleißauskleidungen aus Edelstahl sind sowohl in gerader Ausführung als auch in Lenkblechausführung lieferbar.

Chromkarbidüberzug

Der Chromkarbidüberzug ist ein sehr hartes Material, geeignet für Förderanlagen, auf denen sehr abrasive Materialien transportiert werden. Chromkarbid ist jedoch sehr spröde, weshalb es für den Einbau auf eine Trägerplatte aufgebracht wird. Je nach den Anforderungen für die spezifische Anwendung, kann die Trägerplatte aus unlegiertem Stahl oder aus Edelstahl bestehen. Die harte Verblendung weist eine Rockwell „C“ Härte zwischen 53 und 65 auf. Durch den Kontakt mit dem transportierten Material härten manche Überzüge im Einsatz nach, so dass sie eine Härte von 75 auf der Rockwell „C“ Skala erreichen. Auch als „plattierte Platte“ bezeichnet, sind diese Materialien in zwei Ausführungen verfügbar: mit einfacher oder doppelter Schweißnaht. Normalerweise wird für Verschleißauskleidungen die doppelte Schweißnaht verwendet. Diese Ausführung ist für hohe Stoßwucht nicht geeignet und wird deshalb nur bei geraden Verschleißauskleidungen verwendet.

Verschleißauskleidung aus Kunststoff

Verschleißauskleidungen aus Kunststoff sind eine neuere Entwicklung. In letzter Zeit wurden auch Verschleißauskleidungen aus ultrahochmolekularem Polyethylen (UHMW) oder Urethan eingebaut. In vielen dieser Montagen sitzt die Auskleidung direkt auf dem Fördergurt und kontrolliert so äußerst feine, staubige Materialien. Schlitzlöcher in den Auskleidungssegmenten

bieten eine Nachstellmöglichkeit, damit die Verschleißauskleidung immer in Kontakt mit dem Fördergurt bleibt.

Anwendungen von UHMW als Verschleißauskleidung zeigen gute Erfolge mit feinen, pulverigen Produkten wie Sand, Flugasche und Stäuben aus Lichtbogenöfen. Außerdem ist es für den Einsatz bei pulverigen Nahrungsmitteln geeignet, da UHMW von der US-Food and Drug Administration [Behörde für Lebensmittelüberwachung und Arzneimittelzulassung] zugelassen ist. Wegen ihres geringen Gewichts und ihrer leichten Austauschbarkeit werden Urethanauskleidungen derzeit erfolgreich bei der Goldgewinnung und in der Erzaufbereitung verwendet.

Kunststoffe wurden bislang nur als gerade Verschleißauskleidungen eingesetzt; bei Lenkblechen tritt hohe Abrasion auf, welche die Lebensdauer solcher Auskleidungen drastisch reduzieren würde. Es ist auch darauf zu achten, dass Kunststoffauskleidungen nicht in Bereichen eingebaut werden, wo der Gebrauchstemperaturbereich des Materials überschritten wird, oder bei hohen Fördergurtgeschwindigkeiten. Dies könnte zu einer Erhöhung der Auskleidungstemperatur bis hin zum Erweichungspunkt führen, was die Lebensdauer ebenfalls verkürzen würde.

Verschleißauskleidung für gekrümmte Schurren

Viele dieser Materialien sind auch für die Auskleidung gekrümmter Schurren geeignet, wenn für eine Anwendung Verschleißfestigkeit oder eine verminderte Reibung gefordert wird. Als Beispiel hierzu wäre die Anwendung von Keramikplatten oder AR Platten als Auskleidung in einer gekrümmten Schurre für den Transport von Kohle zu nennen, oder die Verwendung von UHMW in einer Schurre für Holzschnitzel.

Kosten-Nutzen Betrachtung der Verschleißauskleidungen

Während die Anschaffungskosten einer Verschleißauskleidung ein wichtiges Entscheidungskriterium darstellen, sollte sie jedoch aufgrund ihres Leistungsverhaltens und ihrer Lebensdauer ausgewählt werden. Besondere Kriterien, die auch berücksichtigt werden sollten, sind:

- A. Reibungskoeffizient
- B. Geringe Tendenz zu Materialanhaftungen

- C. Verschleißfestigkeit bei Gleitreibung
- D. Verschleißfestigkeit gegen Schlagabrieb
- E. Korrosionsbeständigkeit
- F. Befestigungsmethode
- G. Einbaukosten
- H. Instandhaltungskosten

Die Auswahl des richtigen Materials für die Verschleißauskleidung kann zu einer Erhöhung der Anschaffungskosten für den Übergabepunkt führen. Die Verwendung eines spezifisch auf eine gegebene Anwendung zugeschnittenen

Auskleidungsmaterials sollte jedoch in Betracht des Arbeitsaufwandes für den Austausch von vorzeitig verschlissenen Auskleidungen und für die Beseitigung von entwichenem Material eine bessere Kapitalrendite ergeben.

DIE ANBRINGUNG VON VERSCHLEISSAUSKLEIDUNGEN

Die Montage der Verschleißauskleidung

Mit Ausnahme von UHMW müssen alle Verschleißauskleidungssysteme mit einem vom Eintrittsbereich des Übergabepunktes ausgehenden und sich in Richtung des Austrittsbereichs erweiternden Entlastungswinkel montiert werden. Der Abstand oberhalb des Fördergurtes variiert je nach Produktgröße. Wie bei der stählerne Einfassung ist das Ziel auch bei Auskleidung die Schaffung einer größeren Öffnung in Richtung des Bandaustritts aus der Ladezone, um Materialeinschlüsse zu verhindern.

Wie bereits gesagt, werden Verschleißauskleidungen aus UHMW und Urethan normalerweise so installiert, dass die Unterkante den Fördergurt streift oder darauf aufsitzt.

Im Eintrittsbereich liegt der Abstand zwischen dem Fördergurt und der Unterkante der Verschleißauskleidung üblicherweise im Bereich von 3 bis 10 mm, wobei das kleinere Maß bei Materialien mit kleineren Teilchengrößen anzuwenden ist. Am Austrittsende beträgt der Abstand normalerweise 10 bis 20 mm. Wieder ist der kleinere Abstand für feinere Materialien vorgesehen, während man bei Materialien mit größeren Teilchen das größere Maß verwendet. Eine angemessene tragende Konstruktion, die das Durchhängen und Vibrationen des Gurtes verhindert, ist entscheidend, um den Gurt bei

Abbildung 12.8

Mangelhaft ausgerichtete Verschleißauskleidungen bieten Ansatzpunkte für unerwünschten Materialeinschluss.

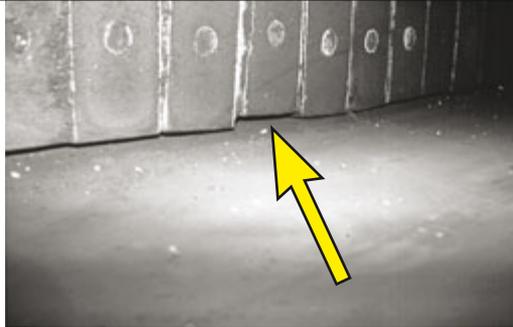


Abbildung 12.9

Verschleißauskleidungen sollten in einer geraden Linie eingebaut werden, die sich in Richtung des Austritts am Übergabepunkt allmählich aufweitet.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Beim Einbau von Verschleißauskleidungen ist immer daran zu denken, dass es sich hierbei um große stählerne Tafeln oder Platten handelt, die scharfe Kanten haben können. Sie sind schwer und normalerweise unhandlich, besonders beim Manövrieren und beim Einbau in der beengten Umgebung zwischen den Einfassungen bei schmalen Förderanlagen. Zur Durchführung der Montage sollte richtiges Hebezeug und ausreichend bemes-

sene Vorrichtungen zum Verspannen der Auskleidungen verwendet werden.

Es sind die im Betrieb geltenden Sicherheitsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchzuführen und die für umschlossene Räume und anderweitig anwendbaren Sicherheitsbestimmungen zu befolgen.

den engen Platzverhältnissen vor Zerstörung zu schützen.

Ein Warnhinweis: Beim Zusammenfügen einzelner Elemente der Verschleißauskleidung ist unbedingt darauf zu achten, dass die Unterkanten eine glatte, gerade Linie und kein gezacktes „Sägezahnmuster“ bilden (**Abbildung 12.8**). Werden die Unterkanten nicht genau ausgerichtet, entstehen dadurch Einschlussstellen. Das transportierte Material verursacht dann in diesen Bereichen punktuell außergewöhnlich hohe Drücke, die zu Materialverlusten führen, oder noch schlimmer, das Material wird keilartig zu verhärteten Ablagerungen zusammengepresst, die eine Schleifwirkung auf das Band ausüben. Um diese Ablagerungen zu verhindern, sollte die Unterkante der Verschleißauskleidung über die gesamte Länge schnurgerade sein (**Abbildung 12.9**). Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass im Verlauf der Bandbewegung der Abstand zwischen der Förderguroberfläche und der Unterkante leicht zunimmt, um Einschlussstellen zu vermeiden.

Der Einbau der Verschleißauskleidung

Verschleißplatten können mittels Schrauben, Schweißung oder einer Kombination von beiden Methoden befestigt werden.

Verschleißauskleidungen werden üblicherweise mit versenkten Schrauben installiert, wodurch auf der Innenseite der Einfassung eine glatte Oberfläche erreicht wird. Diese Schrauben ermöglichen auch den einfachen Austausch der Auskleidung. Auskleidungen können durch Schweißen befestigt werden, mit dem offensichtlichen Nachteil der erschwerten Austauschbarkeit der verschlissenen Auskleidungen. Sollte die Montage die Verschweißung der Verschleißauskleidung erfordern, ist auf die Verwendung des für das Auskleidungsmaterial richtigen Schweißmaterials und der entsprechenden Schweißtechnik zu achten

Eine andere Installationsmöglichkeit ist Befestigung der Verschleißauskleidung mittels Lochnahtschweißung von der Außenseite des Übergabepunktes (**Abbildung 12.10**). Bei dieser Technik werden Löcher in die Stahlwand gebohrt oder geschnitten. Dann wird die Rückseite der Auskleidung an die Schurrenwand geschweißt. Dieses System ermöglicht die Montage ohne Schrauben oder Löcher, die in die Ladezone hineinragen und somit Ziele für Materialabrasion sind. Die Auskleidung bietet somit die volle Materialstärke für die Anwendungsdauer. Ist die Auskleidung verschlissen,

werden die Lochnahtschweißungen aufgetrennt und die Auskleidung wird ausgetauscht, wobei für die Verschweißung zur Befestigung der Austauschteile dieselben Löcher verwendet werden.

Beim Verschweißen der Auskleidung ist auf die Bildung von Spannungen im Metall der Auskleidung zu achten. Wenn sie als Auskleidung angebracht werden, sind abrasionsbeständige Platten auf dieselbe Art und Weise anzubringen wie eine Tapete. Wird eine Tapetenbahn beim Tapezieren zuerst an den vier Außenkanten angedrückt, werden in der Mitte der Bahn große Luftblasen eingeschlossen. Eine ähnliche Situation tritt auf, wenn man AR Platten in derselben Art und Weise installiert, aber statt eingeschlossener Luftblasen, wird in der Platte eine Eigenspannung erzeugt. Wenn die Konstruktion dann im normalen Betrieb mechanisch beansprucht wird, können diese Spannungen dann zur Rissbildung in der Verschleißauskleidung führen. Wird dieser Erscheinung nicht rechtzeitig vorgebeugt, kann ein großes Stück aus der Auskleidung herausbrechen, oder die Schurrenwand verbiegt sich.

Um diese Spannungen zu vermeiden, muss die richtige Schweißtechnik eingesetzt werden. Das anerkannt „optimale Verfahren“ wird als „Schweißen im Pilgerschrittverfahren“ bezeichnet. Hierbei wird eine Heftschweißung auf der Plattenoberseite durchgeführt (**Abbildung 12.11**). An jeder Schweißnaht wird die Raupe in Richtung des geschweißten Endes zurückgezogen. Um eine feste und widerstandsfähige Schweißverbindung zu gewährleisten,

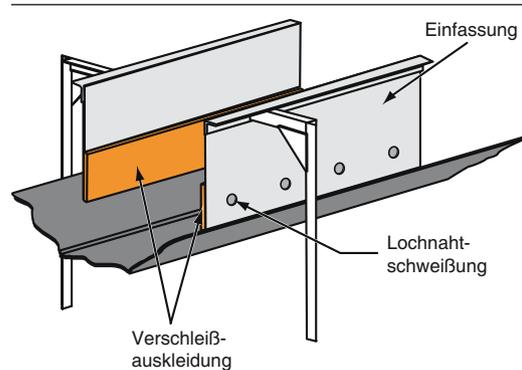


Abbildung 12.10
Verschleißauskleidungen können von der Außenseite der Einfassung mittels Lochnahtschweißung installiert werden.

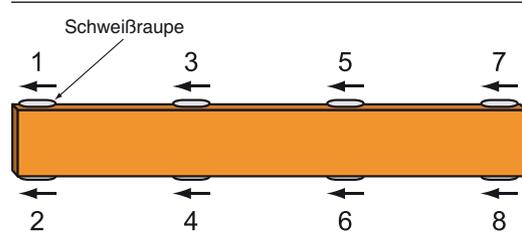


Abbildung 12.11
Schweißen im Pilgerschrittverfahren gilt beim Einbau von Verschleißauskleidungen als das „optimale Verfahren“, weil damit ein Materialverfälschen verhindert wird.

ist unbedingt auf die richtige Auswahl der Schweißstäbe/-elektroden zu achten.

Bei der erstmaligen Montage von Auskleidungen ist die Festigkeit des Traggerüsts zu beachten. Wenn er nicht richtig verstärkt / versteift ist, kann der Traggerüst eventuell zu schwach sein, um das zusätzliche Gewicht der Auskleidungen tragen zu können, was zu kostspieligen Schäden und Ausfallzeiten führen kann.

Die Gestaltung der Schurre und die Instandhaltung

Wie bei jeder Art Einhausung, muss auch hier eine einfache Möglichkeit zur Kontrolle des Innenraumes gegeben sein. Zur Überprüfung des Zustandes von Auskleidungen müssen in der Schurrenwand oder Einfassung Türen vorhanden sein.

Im Idealfall ist die Schurre groß genug, so dass das Personal hineinsteigen und die Montage- und Austauscharbeiten von innen her ausführen kann. Wenn die Anlagengröße nicht so bemessen ist, dass das Personal im Inneren des Übergabepunktes arbeiten kann, dann sollte das Einfassungs- und Auskleidungssystem so gestaltet sein, dass die gesamte Baugruppe geöffnet, auf die Rückseite umgelegt, oder vom Traggerüst abgehoben werden kann. Dies würde den Auskleidungsaustausch und die Reinstallation mit einem Minimum an Ausfallzeit, Unannehmlichkeiten und Kosten ermöglichen.

Sinnvoll wäre auch die Anbringung von fest montierten Anker-/Anschlagpunkten an geeigneten Stellen oberhalb der Einfassung, um die Verschleißauskleidungsplatten oder -tafeln leichter anheben und positionieren zu können.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Verschleißauskleidung

Die Einfassung ist mit einer Verschleißauskleidung auszustatten. An der Innenseite der Einfassung befestigt, schützt diese Auskleidung das Kantenabdichtungssystem vor den seitlich wirkenden Kräften des Förderguts.

B. Positionierung

Die Verschleißauskleidung ist am Eintrittsbereich in einem Abstand von 3 bis 10 mm zum Fördergurt zu positionieren und am Austritt der Einfassung des

Übergabepunktes in einem Abstand von 10 bis 20 mm.

C. Ausrichtung

Die Unterkante der Auskleidungen ist genau auszurichten, um gezackte oder „gezähnte“ Kanten zu vermeiden, in denen sich Material verfangen kann.

D. Lochnahtschweißung

Die Verschleißauskleidung ist mittels Lochnahtschweißung zu installieren, um Schraubenlöcher im Auskleidungsmaterial zu vermeiden.

DIE AUSWAHL EINER VERSCHLEISSAUSKLEIDUNG FÜR EINEN KONKRETEN ANWENDUNGSFALL

Zum Abschluss...

Die Auswahl des „besten“ Auskleidungsmaterials für eine konkrete Anwendung ist normalerweise auf diese gegebene Anwendung beschränkt, basierend auf dem zu transportierenden Schüttgut und dem vorliegenden Fördersystem.

Manchmal wird die Entscheidung von höherer Stelle im Unternehmen getroffen, wo ein Betriebsingenieur mit einer bestimmten Auskleidung seine Erfahrungen gemacht hat - ob positiv oder negativ - und deshalb die Verwendung einer bestimmten Lösung vorschreibt (oder verbietet). Manchmal wird die Auswahl unter dem Aspekt getroffen, dass die Einheitlichkeit aller Systeme innerhalb eines Werks gewahrt wird - so dass vorhandene Komponenten einheitlich verwendet werden können, oder um zukünftige Bestellungen zu vereinfachen - selbst für eine Anwendung, für die die vorgegebene Auskleidung nicht die beste Lösung ist.

Als Hilfe bei der Auswahl einer Auskleidung für einen spezifischen Anwendungsfall kann man auf die vielen Referenzen, die Fachliteratur und die Lieferanten von Verschleißauskleidungen zurückgreifen. Das Werkspersonal weiß normalerweise, welche Auskleidungsalternativen bereits ausprobiert worden sind und es kennt den damit erzielten Erfolg. Die Leute wissen, was in einem Anwendungsfall funktioniert und - vielleicht noch wichtiger - was nicht funktioniert hat oder nur unzureichende Standzeiten erreichen konnte.

Dieses institutionelle Gedächtnis ist ein wertvolles Werkzeug bei der Auswahl der Auskleidung. Man sollte sich aber nicht ausschließlich darauf verlassen. Dieses Hintergrundwissen sollte mit genauen Aufzeichnungen des Einbaudatums und der an einem gegebenen Standort unter Verwendung eines bestimmten Auskleidungsmaterials transportierten Tonnage verglichen werden. Die Datenerfassung ist der Schlüssel zur Bestätigung der getroffenen Materialauswahl für die Verschleißauskleidung.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über Verschleißauskleidungen, das siebte Kapitel in dem Abschnitt „Das Beladen des Bandes“, behandelt deren Verwendung an Übergabepunkten mit niedrigen Materialverlusten. Das folgende Kapitel „Kantenabdichtsysteme“ schließt diesen Abschnitt ab.

REFERENZEN

- 12.1 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 12.2 Die Website <http://www.conveyorbeltguide.com> ist eine wertvolle, nichtkommerzielle Informationsquelle über Gurtmaterial.
- 12.3 Alle Hersteller und die meisten Vertrieber von Gurtmaterial bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte, als auch über Förderbänder im Allgemeinen.



Abbildung 13.1
Eine wirksame Abdichtung der Fördergurtkanten in der Ladezone und in den Absetzbereichen ist eine wesentliche Voraussetzung für die Eindämmung von Materialverlusten.

Kapitel 13

KANTENABDICHTSYSTEME

Die Aufgabe des Abdichtsystems.....	181
Vertikal-, Innen- oder Außenabdichtung.....	182
Ausgewählte Aspekte erfolgreicher Abdichtung.....	187
Sicherheitsrelevante Fragen.....	188
Montage und Instandhaltung.....	189
Typische Spezifikationen.....	190
Weiterführende Themen.....	191
Die letzte Barriere gegen die Materialverluste.....	192

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel schließen wir die Diskussion über die Abdichtung der Ladezone eines Übergabepunktes mit einer Betrachtung der Kantenabdichtsysteme. Es werden drei Haupttypen von Abdichtsystemen beschrieben, mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen und unter Einbeziehung verschiedener ingenieurtechnisch konzipierter Systeme. In diesem Zusammenhang werden auch Richtlinien zur Auswahl, Montage, Verwendung und Instandhaltung von Kantenabdichtsystemen erörtert. Das Kapitel schließt mit Gleichungen zum Berechnen der zusätzlichen Leistungsaufnahme des Antriebssystems.

Eine entscheidende Anforderung an jeden Übergabepunkt, der sich durch geringe Materialverluste und einen hohen Wirkungsgrad auszeichnen soll, ist ein wirksames Abdichtsystem an den Fördergurtkanten (**Abbildung 13.1**). Die Abdichtung sollte im Beladungsbereich beginnen und sich bis zum Ende des Absetzbereichs fortsetzen. Eine Kantenabdichtung, normalerweise ein flexibler Elastomerstreifen, wird auf beiden Seiten des Fördergurts auf der Außenseite der Einhausung installiert, um den Spalt zwischen den unbeweglichen Elementen der Stahlkonstruktion und dem sich bewegenden Band zu schließen.

Ein wirksames Kantenabdichtsystem bietet die letzte Möglichkeit, Schüttgutströme an den Förderanlagen zu kontrollieren und unerwünschte Materialfreisetzung zu verhindern. Die Stabilisierung des Bandverlaufes mit einem richtig installierten Bandträgersystem und die Kontrolle der Materialleckagen durch den Einsatz eines nahe am Fördergurt installierten Verschleißauskleidungssystems verbessern beide das Leistungsverhalten des Kantenabdichtsystems. Ein flexibles, mehrlagiges System, das sich bis zu einem gewissen Grad selbst einstellt, kann wirksam die Materialverluste an einem Übergabepunkt eindämmen und die Funktionsweise der Förderanlage verbessern.

Diese Erkenntnisse stellen die Grundlage für die Konzeption eines effektiven Kantenabdichtsystems dar. Ein solches System erfordert die Verwendung eines Bandträgersystems, einer Einhausung, geeigneter Verschleißauskleidungen und einer Kantendichtung (**Abbildung 13.2**). Bandträgersysteme werden in Kapitel 10 besprochen, Einhausungen in Kapitel 11 und Verschleißauskleidungen in Kapitel 12. Dieses Kapitel konzentriert sich in erster Linie auf die Einhausungs- oder Kantenabdichtung als der letzten wichtigen Komponente.

DIE AUFGABE DES ABDICHTSYSTEMS

Was Abdichtsysteme leisten können und was nicht

In der Vergangenheit bestand ein typisches Kantenabdichtsystem aus einem senkrechten, an der Schurrenaußenseite oder der Einhausung festgeklemmten Elastomerstreifen. Der Abdichtstreifen schloss die Lücke zwischen dem Stahl und dem Fördergurt, die normalerweise 25 bis 50 mm oder breiter war.

Von diesem elastischen Abdichtstreifen wurde eine Leistung erwartet, die fast an ein Wunder grenzt. Mit einem durchhängenden, nicht richtig abgestützten Fördergurt, ohne Verschleißauskleidung oder mit einer Verschleißauskleidung, die durch Abnutzung unwirksam geworden ist, wurde von der elastischen Kantendichtung erwartet, dass sie der vollen Gewichtslast der Materialladung standhält, während sie sich auch noch an ein in Schlangenlinien verlaufendes Band anpasst. Wenn man von einem flexiblen Abdichtstreifen, das von keinen Komponenten unterstützt wird, mehr verlangt, als die Eindämmung eines leichten Materials oder von Staub auf dem Förderband, dann verlangt man Unmögliches. Das Fördergut wird den Abdichtstreifen schnell abgeschauert haben oder es drückt ihn von der Einhausung weg, so dass der Abdichtstreifen schon nach sehr kurzer Zeit seine Wirkung verliert und die Verschüttungen nicht mehr aufhalten kann (**Abbildung 13.3**).

Bei dem Versuch, den Materialverlust zu verhindern, stellt das Anlagepersonal die Abdichtstreifen immer wieder und immer weiter bis auf

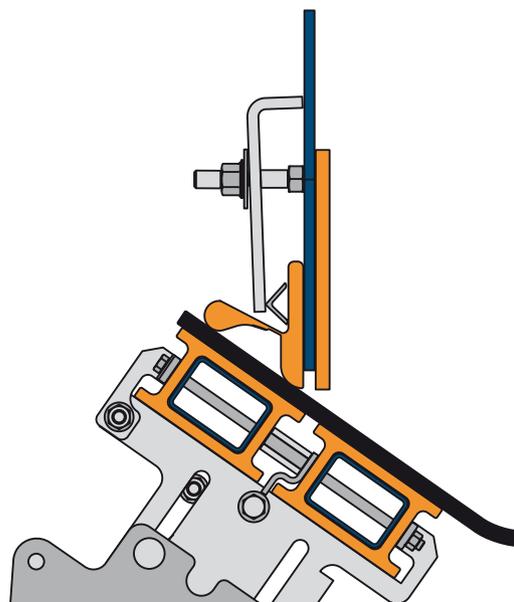


Abbildung 13.2

Eine wirksame Abdichtung an der Fördergurtkante erfordert die Verwendung eines Bandträgersystems, der Einhausungen, der Verschleißauskleidungen und einer Kantendichtung.

den Fördergurt herunter, wodurch natürlich der Dichtungsdruck erhöht wird, was zu mehreren unerwünschten Erscheinungen führt. Die Zunahme des Dichtungsdruckes erhöht den Leistungsbedarf der Förderanlage, manchmal bis hin zu einem Punkt, wo das Band möglicherweise „ausgebremst“ wird. Die steigende Reibung verursacht einen Wärmestau, der zum Erweichen des Elastomer-Abdichtstreifens führt und seine Standzeit verkürzt, manchmal bis hin zu einem Punkt, an dem die Abdichtung praktisch wegschmilzt. Dieser verstärkte Verschleiß ist an den Stellen mit dem höchsten Druck am besten erkennbar, nämlich direkt über den Gurtrollen (**Abbildung 13.4**).

Ein Band, das im Ladebereich unzureichend abgestützt ist, hängt zwischen den Rollen durch und bietet damit die Möglichkeit, dass sich Ma-

terial zwischen der Verschleißauskleidung oder der Kantendichtung und dem Band verfängt. Das dort eingeschlossene Material beschleunigt natürlich den Verschleiß aller beteiligten Komponenten und erhöht den Energiebedarf des Antriebs.

Das Ziel eines Abdichtsystems

Das Ziel eines Abdichtsystems ist es zu verhindern, dass die Materialfeinanteile und der Staub den Fördergurt verlassen. Außer einer hinreichenden Standzeit werden dabei die kleinstmögliche Kontaktfläche zwischen Dichtung und Band und der geringstmögliche nach unten gerichtete Dichtungsdruck angestrebt. Eine Minimierung dieser Parameter reduziert die Reibungskräfte der Förderanlage, den Verschleiß am Fördergurt und an der Abdichtung sowie die für den Bandantrieb erforderliche Mehrleistung.

Die Abdichtung der Kanten in der Ladezone ist eine echte Herausforderung. Selbst in den besten Übergabepunkten mit geradliniger Gurtführung, ist das Abdichtsystem einem gewissen seitwärts gerichteten Druck und Vibrationen ausgesetzt, welche von Schwankungen in der Beladung und von anderen Faktoren hervorgerufen werden. Das Abdichtsystem muss so konstruiert sein, dass es sich an diese Schwankungen im Bandlauf anpassen kann und somit eine wirksame Abdichtung bildet. Die Abdichtung muss robust genug sein, damit sie der Scheuerwirkung des Bandes und dem Durchlauf von Gurtverbindungen standhalten kann, ohne übermäßige Abnutzung und ohne dass sich die Verbindung in der Abdichtung verfängt. Das Abdichtsystem sollte mit einem einfachen Nachstellmechanismus versehen sein, um den Verschleiß ausgleichen zu können.

Kein Abdichtsystem kann die hohe Beanspruchung durch die Schüttgutmassen über längere Zeit standhalten. Wenn die Abdichtungen nicht vor dem Abrieb durch den Materialfluss geschützt werden, werden sowohl die Wirksamkeit als auch die Lebensdauer der Abdichtstreifen reduziert. Wenn bei der Beladung Material auf ein Abdichtsystem auftrifft, wird der Abdichtstreifen gegen das Fördergurt gedrückt und beschleunigt dadurch sowohl den Verschleiß an der Abdichtung als auch am Fördergurt. Der Übergabepunkt sollte so gebaut werden, dass die Abdichtungen sowohl vor den Stoßwirkungen bei der Beladung als auch vor dem Materialfluss des Förderguts geschützt sind.

Abbildung 13.3

Ohne ein wirksames Abdichtsystem läuft Material über die Fördergurtränder ab und verkürzt die Lebensdauer der Komponenten. Gleichzeitig nehmen die erforderlichen Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten zu.



Abbildung 13.4

Mit dem höheren Druck nutzt sich die Abdichtung schneller und ungleichmäßig ab. Die ungleiche Abnutzung in Form von Auskehlungen ist direkt über den Gurtrollen am offensichtlichsten, wo der Druck am höchsten ist.

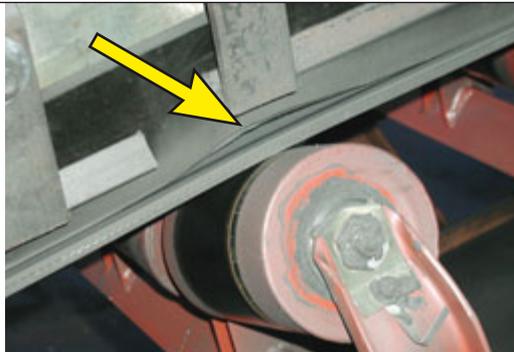


Abbildung 13.5

Die ersten Einhausungsabdichtungen wurden aus den zur Verfügung stehenden Materialien hergestellt, wie z. B. aus gebrauchtem Gurtmaterial oder aus dicken Stahlseilen. Diese primitiven Abdichtsysteme wurden auf die Fördergurtkanten hinabgedrückt oder durch die Wirkung der Schwerkraft an ihrem Platz gehalten.



VERTIKAL-, INNEN- ODER AUSSENABDICHTUNG

Ingenieurtechnisch konstruierte Abdichtsysteme

Die ersten Abdichtungen wurden in den einzelnen Betrieben aus den zur Verfügung stehenden Materialien hergestellt, wie z. B. aus gebrauchtem Gurtmaterial oder aus den dicken Befestigungsseilen von Lastkähnen (**Abbildung 13.5**). Diese primitiven Abdichtsysteme wurden auf die Fördergurtkanten hinabgedrückt oder durch die Wirkung der Schwerkraft an ihrem Platz gehalten. Sie waren zwar preisgünstig, aber nicht sehr erfolgreich. Teilweise wurden Materialien eingesetzt, die den Fördergurt regelrecht abgeschabt haben. Es fehlte ihnen auch eine einfache Möglichkeit, um die Abnutzung ausgleichen zu können. Schließlich erwuchs aufgrund der enttäuschenden Ergebnisse dieser selbst gebastelten „Lösungen“ eine regelrechte Nachfrage nach wirksameren Systemen.

In den letzten Jahren hat sich der Stand der Technik bei Komponenten für Übergabepunkte bedeutend weiterentwickelt: von den einfachen Abdichtstreifen, die kaum Material zurückhalten konnten, zu den gegenwärtigen Systemen, die den Austritt von Feinanteilen und sogar von Staub wirksam verhindern können. Derzeit werden am Markt mehrere ingenieurtechnisch ausgelegte Systeme angeboten, die durchaus hilfreiche Lösungen darstellen. Im Allgemeinen bestehen diese Systeme aus einem langen Elastomerstreifen, der mittels einer Anordnung von Klammern gegen die Unterkante der Einhausung angepresst wird.

Für eine wirksame Abdichtung ist auf dem Band ein ausreichend bemessener Freiraum unerlässlich. Der Freiraum auf dem Band - das auf beiden Seiten der Förderanlage außerhalb der Einhausung hervorstehende Bandstück - bietet den für das Abdichtsystem erforderlichen Platz. (**Abbildung 13.6**). Allzu oft wird der Freiraum auf dem Band zu Gunsten des Transportes der größtmöglichen Ladung auf einem möglichst schmalen Band eingeschränkt. Dies geschieht fraglos auf Kosten der Wirksamkeit des Abdichtsystems. (Für weitere Informationen über den Freiraum auf dem Band und über die effektive Bandbreite, siehe Kapitel 11: „Einhausungen“.)

Für die Abdichtung von Einhausungen gibt es verschiedene Ansätze. Eine einfache Einteilung dieser Systeme richtet sich nach dem Kontaktpunkt der Abdichtung mit dem Band: Manche verlaufen von der Einhausung her direkt nach unten, manche sind von der Außenseite zu der Innenseite der Einhausung ausgerichtet und

die letzten werden komplett auf der Außenseite der Einhausung angebracht.

Vertikalabdichtung

Bei den Vertikalabdichtsystemen wird normalerweise nur ein einzelner Abdichtstreifen aus Elastomer verwendet (**Abbildung 13.7**). Oft bietet der eine Lieferant ein Klammersystem und ein anderer liefert den Abdichtstreifen. Manchmal wird ein speziell geformter Elastomerstreifen eingebaut und manchmal wird ein Gummistreifen verwendet, oder noch schlimmer, gebrauchtes Gurtmaterial (**Abbildung**

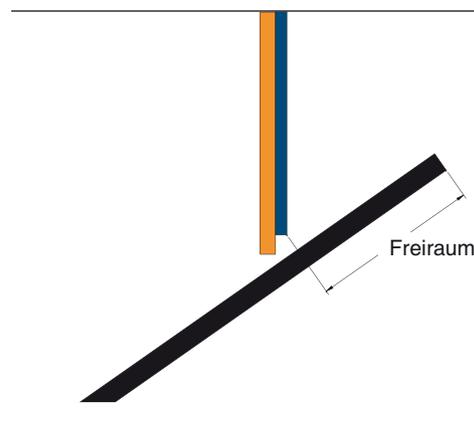


Abbildung 13.6

Der Freiraum auf dem Band - das auf beiden Seiten der Förderanlage außerhalb der Einhausung hervorstehende Bandstück - bietet den für das Abdichtsystem erforderlichen Platz.

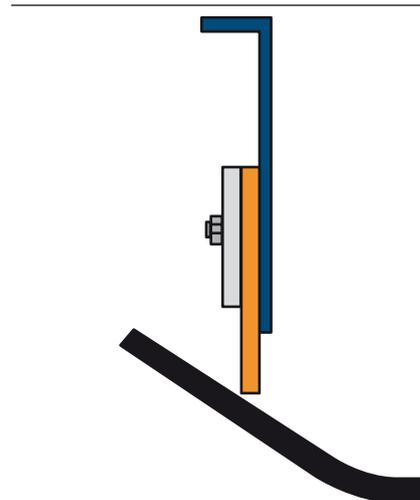


Abbildung 13.7

Bei den Vertikalabdichtsystemen wird normalerweise ein Gummi- oder Elastomerstreifen eingesetzt, der je nach Hersteller eine spezielle Form haben kann. Zur Befestigung des Abdicht-Elastomers wird ein System von Klammern verwendet.



Abbildung 13.8

Manchmal findet man Gummistreifen vor oder noch schlimmer, gebrauchtes Gurtmaterial. Letzteres kann leicht die Gurtoberseite verletzen. In jedem Fall sollte das Abdichtsystem weniger abriebbeständig sein als die äußere Lage der Gurtoberseite.

13.8). Das ausgewählte Abdichtsystem sollte immer eine geringere Abriebfestigkeit als die Deckplatte des abzudichtenden Bandes aufweisen.

An dieser Stelle muss noch speziell vor der Verwendung von gebrauchtem Gurtmaterial oder von irgendwelchen Restbeständen als Abdichtung gewarnt werden. Von der langjährigen Benutzung ist gebrauchtes Gurtmaterial normalerweise immer mit abrasiven Stoffen behaftet, wie z. B. mit Sand, Schlacken oder Feinanteilen. In allen Gurtmaterialien, ob neu oder gebraucht, sind Gewebeerstärkungen

oder Stahlseile enthalten, die an dem sich bewegenden Band scheuern und die schützende Deckplatte abtragen, was zu vorzeitigem Ausfall und der kostspieligen Ersatzbeschaffung führt.

Bei einer anderen Art von Vertikalabdichtung wird eine Reihe von ineinander greifenden Abdichtklötzen eingesetzt, die auf einer speziellen Montageplatte sitzen und von außen an der Einhausung angebracht werden. Die ineinander greifenden Klötze können nach unten (in Bandrichtung) geschoben werden, aber sie widerstehen einer Aufwärtsbewegung (**Abbildung 13.9**). Diese Klötze können mittels eines einfachen Hammers leicht auf eine Position oberhalb des Bandes eingestellt werden. Jeder Klotz muss allerdings individuell eingestellt werden und die Überjustierung stellt dabei ein häufiges Problem dar. Wenn diese Klötze zu hohen Druck auf das Band ausüben, können sie leicht das Band abbrem sen.

Die Hauptvorteile der vertikalen Abdichtungen sind:

- A. Geringe Kosten
- B. Hohe Toleranz in Bezug auf Kantenabstand (Freiraum) auf dem Band
- C. Kann sich selbst nachstellen

Die Hauptnachteile der gerade von oben nach unten verlaufenden Abdichtungen sind:

- A. Genaue Einstellung ist oft schwierig
- B. Werden leicht zu stramm eingestellt, was zu vorzeitiger Abnutzung und erhöhtem Widerstand führt
- C. Neigen zu festklemmenden Materialeinschlüssen, was zu Gurtschäden führt
- D. Sind anfällig für das Entweichen von Staub und Feinanteilen

Eine dritte Art von Vertikalabdichtung ist die schwimmende Abdichtung, bei der viele der Nachteile der vertikalen Abdichtungen nicht vorkommen. Bei diesem System werden die Abdichtstreifen mittels unabhängiger, frei drehbarer Verbindungsarme an der Einhausung angebracht (**Abbildung 13.10**). Durch diese drehbaren Verbindungsarme „schwimmt“ der Abdichtstreifen auf dem Fördergurt und kann so auf Änderungen im Bandlauf reagieren, während er dennoch in „dichter“ Verbindung mit dem Fördergurt bleibt (**Abbildung 13.11**). Diese Konstruktion ermöglicht die selbsttätige Anpassung des Abdichtsystems zum Verschleißausgleich durch Nutzung des eigenen Gewichtes. Die selbstregulierende Funktion ermöglicht dieser Art von Abdichtsystem die

Abbildung 13.9

Diese Art von Abdichtsystemen ist leicht anzupassen, weil sie aus Segmenten besteht. Dabei wird eine Reihe von Abdichtklotzmodulen eingesetzt, die auf einer speziellen Montageplatte sitzen und von außen an der Einhausung angebracht werden, wobei die ineinander greifenden Klötze nach unten (in Bandrichtung) geschoben werden können. Eine Aufwärtsbewegung ist nicht möglich.



Abbildung 13.10

Ein Kantenabdichtsystem, das man als gerade von oben nach unten verlaufend bezeichnen könnte, ist das schwimmende Abdichtsystem. Bei diesem System werden die Abdichtstreifen mittels unabhängiger, frei drehbarer Verbindungsarme an der Einhausung angebracht.



Abbildung 13.11

Diese Konstruktion ermöglicht die selbsttätige Anpassung des Abdichtsystems zum Ausgleich von Verschleiß oder von Schwankungen im Bandlauf durch Nutzung des eigenen Gewichtes.



Überwindung von Hindernissen, die aus dem ungleichmäßigen Bandlauf aufgrund einer unzureichenden Gurtunterstützung oder aufgrund von Schwallerscheinungen beim Beladen des Materials herrühren.

Innenabdichtung

Einige Abdichtsysteme werden an der Außenseite der Schurre befestigt, wobei sich der Elastomerstreifen zurück unter die Übergabe-einhausung rollt. Bei diesen Systemen wird die Abdichtung auf der Innenseite der Einhausung gebildet. Weil die Abdichtung innen liegt, muss die Verschleißauskleidung höher über dem Fördergurt angebracht werden, damit sie sich senkrecht zum Band in einem gewissen Umfang frei bewegen kann (**Abbildung 13.12**). Diese nach innen gerichteten Systeme sind bisher mit einigem Erfolg auf Förderanlagen für leichte, flaumige Materialien und für feine, nicht-abrasive Materialien, wie z. B. Ruß, eingesetzt worden. Systeme mit Innenabdichtung sind auch als zeitweilige Zwischenlösung auf Bändern mit begrenztem Abstand für die Kantenabdichtung nützlich, wo ein Mangel an Gurtbreite außerhalb der Einhausung den für ein Abdichtsystem zur Verfügung stehenden Raum begrenzt. Diese Systeme sind manchmal in Bereichen mit hohem Innendruck in der Schurre nützlich - unter dem Ablass eines Schienenfahrzeugs zum Beispiel - wo das auf der Abdichtung aufliegende Material bei richtiger Anwendung die Abdichtwirkung verstärkt. Es ist jedoch zu beachten, dass die Abdichtung eventuell schnell verschleißt und dass unter der Abdichtung eingeschlossenes Material die Deckplatte der Gurtoberseite vorzeitig abnutzt.

Eine Innenabdichtung wird manchmal aufgrund eines Fördergurts mit extremem Gurtschieflauf eingesetzt, weil hier die geringste Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Band unter einem derartigen System herauswandert. Bei dieser Sachlage wäre es jedoch besser, das Problem zu lösen und den Gurtschieflauf zu beseitigen, statt das Problem durch „tolerante“ Abdichtung umzugehen. (Siehe Kapitel 16: „Gurtausrichtung“.)

Der Vorteil der Schutzwirkung durch die Montage einer Verschleißauskleidung kann verloren gehen, wenn das Abdichtsystem zu weit unter die Einhausung hineinreicht und der Abdichtstreifen noch vor der Verschleißauskleidung liegt (**Abbildung 13.13**). Der Abdichtstreifen wird dann vom Materialstrom schnell verschliffen, wodurch er sich leicht am Band verfangen und abgerissen werden kann.

Die Hauptvorteile einer Innenabdichtung der Einhausung sind:

- Sie ist selbstregulierend
- Sie ist gut bei leichten, flaumigen Materialien und bei feinen, nichtabrasiven Materialien einzusetzen
- Sie erfordert nur einen geringen Kantenabstand (freie Bandbreite)



Abbildung 13.12

Einige Abdichtsysteme werden an der Schurrenaußenseite befestigt, wobei sich der Abdichtstreifen zurück unter die Einfassung einrollt und damit an der Innenseite der Schurrenwandung eine Abdichtung bildet. Weil die Abdichtung innen liegt, muss die Verschleißauskleidung höher über dem Fördergurt angebracht werden, damit sie sich vertikal im erforderlichen Umfang frei bewegen kann.



Abbildung 13.13

Der Vorteil der Schutzwirkung durch die Montage einer Verschleißauskleidung kann zu einem gewissen Grad verloren gehen, wenn das Abdichtsystem unter die Schurrenwandung hineinreicht und der Abdichtstreifen im Inneren der Einhausung steht. Innerhalb der Verschleißauskleidung kann der Abdichtstreifen leicht durch die aus der Materialladung herrührenden Kräfte beschädigt werden.

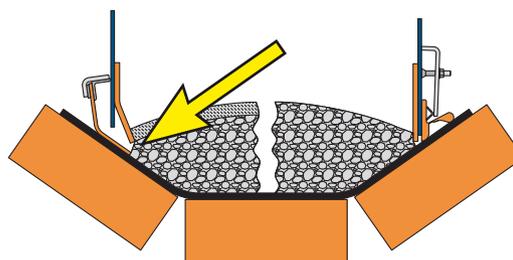


Abbildung 13.14

Innenabdichtungen bei Einhausungen reduzieren den nutzbaren Bereich des Fördergurts. Die Kapazität wird aufgrund einer „Regenbogen“-Wirkung an den Rändern des Transportbereichs über das gesamte Band hinweg vermindert.

- D. Sie ist auch bei hohen Innendrücken in der Schurre geeignet
- E. Sie kommt mit extremem Gurtschieflauf zurecht

Die Hauptnachteile einer Innenabdichtung der Einhausung sind:

- A. Eine kürzere Standzeit der Abdichtung, da sie im Materialfluss steht
- B. Anfälligkeit für Verkeilen von Materialeinschlüssen unter dem Abdichtstreifen, was zu vorzeitigem Bandverschleiß führt

- C. Eine verminderte Ladehöhe auf dem Band durch die sich auf die Oberseite des Materialquerschnitt fortsetzende "Regenbogen" - Wirkung (**Abbildung 13.14**)

Eine Mischvariante dieser Systeme entsteht durch Kombination der vorhergehend unter Vertikalabdichtung beschriebenen schwimmenden Vertikalabdichtung mit einem „L“ - förmigen Elastomerstreifen (**Abbildung 13.15**). Der Fuß des „L“ - förmigen Elastomers erstreckt sich nach innen, unter die Einhausung und die Verschleißauskleidung in Materialrichtung. Dieses einteilige Abdichtsystem dient sowohl als Abdichtung gegen größere Materialbrocken als auch gegen Staub. Der Elastomer - „Fuß“ verbessert die Standfestigkeit der Abdichtung gegen den Seitendruck von der Ladung und erweitert den Schieflaufbereich, den das Abdichtsystem tolerieren kann.

Dieses System ist besonders nützlich bei Übergabepunkten, wo die Verschleißauskleidung 25 mm oder mehr oberhalb des Bandes installiert ist. Hier kann das Band wegen des Abstands nicht gegen die Verschleißauskleidung anlaufen. Der Abstand schützt somit das Band vor Beschädigung und ist gängige Praxis in einigen Industriebereichen, wo die Förderanlagen selbst und die Umgebungsbedingungen weniger als ideal sind, wie z. B. im Kohlebergbau und bei der Gewinnung von mineralischen Zuschlagstoffen.

Bei dieser Mischvariante schwimmt die Abdichtung auf dem Fördergurt. Sie steigt und fällt mit der Bewegung des Bandes und der Verbindungsübergänge. Der geringe Anpressdruck reduziert die Abnutzung sowohl beim Fördergurt als auch beim Abdichtstreifen.

Außenabdichtung

Die letzte Variante bei den Kantenabdichtsystemen sind die Systeme, die an der Außenseite der Einhausung ihre Dichtwirkung entfalten (**Abbildung 13.16**). Bei der wirksamsten Version vereinigt sich die Effektivität mehrlagiger Abdichtungen mit der Einfachheit der Systeme mit nur einem einzelnen Streifen.

Wenn sich Menschen für den Einsatz bei kalter Witterung vorbereiten, ziehen sie mehrere Lagen Kleidung an. Es ist bekannt, dass es wirksamer ist, wenn man mehrere Schichten Kleidung anzieht - Unterhemd, Hemd, Sweatshirt und Jacke - als dass man nur ein einziges, dickes Kleidungsstück trägt. Dasselbe Konzept kann auch bei der Abdichtung von Übergabepunkten angewendet werden: Es ist besser, mit mehreren dünnen Schichten zu arbeiten, als mit einer einzigen, dicken Allzweckschicht.

Abbildung 13.15

Eine Mischvariante dieser Systeme entsteht durch Kombination der vorhergehend unter Vertikalabdichtung beschriebenen schwimmenden Vertikalabdichtung mit einem „L“ - förmigen Elastomerstreifen. Der Fuß des „L“ - förmigen Elastomers erstreckt sich nach innen, unter die Einhausung und die Verschleißauskleidung in Materialrichtung.



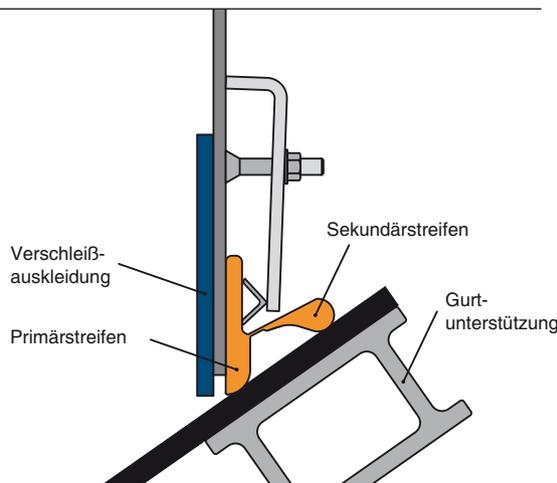
Abbildung 13.16

Die letzte Variante bei den Kantenabdichtsystemen sind die Systeme, die an der Außenseite der Einhausung ihre Dichtwirkung entfalten.



Abbildung 13.17

Mehrlagige Abdichtsysteme bestehen aus zwei Schichten: aus einem Primärstreifen, der sanft auf das Band angepresst wird und den größten Teil der Partikel eingrenzt und aus einem Sekundärstreifen, der auf der Fördergurtaußenkante aufliegt und alle Feinanteile und Stäube zurückhält, die unter der Verschleißauskleidung und dem Primärstreifen passieren konnten.



Bei der Abdichtung wird die erste Schicht von der in der Schurre installierten Verschleißauskleidung gebildet. Die Verschleißauskleidung hält die großen Materialpartikel weit genug von der Fördergurtkante weg, indem sie sich nach unten in die Nähe des Fördergurts erstreckt. (Siehe Kapitel 12: „Verschleißauskleidungen.“) Die nächste Schicht bildet das Abdichtsystem.

Mehrlagige Abdichtungen sind mit robusten Einzelstreifen aus Elastomer mit vorgeformtem Wulstband versehen, das als Sekundärabdichtung dient (**Abbildung 13.17**). Dieser Ausleger oder Sekundärstreifen bildet normalerweise einen oder mehrere Sperrkanäle, in denen die Feianteile eingefangen und sanft auf dem Band entlang transportiert werden, bis sie wieder im Materialstrom abgesetzt werden.

Die Primärabdichtung des Systems wird mittels Klammern an der Schurrenaußenseite befestigt und verläuft senkrecht nach unten, leicht auf den Fördergurt aufstoßend. Sie wird mit leichtem Druck auf den Fördergurt angepresst, wobei die Kräfte der Klammern statt nach unten auf den Fördergurt horizontal in Richtung der Schurre wirken. Dadurch hält der Primärstreifen das Material, das an die Außenseite der Verschleißauskleidung gelangen konnte, ohne Aufbringung hoher Anpressdrücke zurück, die zu erhöhtem Verschleiß und Energieverbrauch führen würden.

Als „Ausleger“ bildet die Sekundärabdichtung den Anpressdruck zur Abdichtung lediglich durch die Kraft ihrer eigenen Elastizität. Dadurch hält die Abdichtung eine lange Zeit, ohne dass sie nachgestellt werden muss.

Der Einbau der bevorzugten einteiligen Version ist einfach: man rollt die Abdichtung auf die richtige Länge ab, schneidet sie ab und befestigt an der Einhausung mittels eines Klemmsystems. Durch eine einteilige Abdichtung werden unnötige Verbindungsstellen und das Zusammenfügen mehrerer Stücke vermieden. Für verschiedene Anwendungszwecke sollten Abdichtsysteme in verschiedenen Materialstärken und -arten zur Verfügung stehen, um den unterschiedlichsten Bedürfnissen gerecht werden zu können, z. B. in Lebensmittelqualität, für hohe Temperaturen und für Anwendungen Untertage.

Die Vorteile von Außenabdichtungen sind:

- A. Sie halten lange, weil sie vom Materialfluss entfernt positioniert sind und von der Einhausung sowie der Verschleißauskleidung geschützt werden

- B. Sie können sich gegebenenfalls selbst regulieren
- C. Sie erfordern nur einen geringen Anpressdruck aufgrund ihrer mehrlagigen bzw. „Labyrinth-“ Bauweise
- D. Sie passen zu den vorhandenen Klemmsystemen

Die Nachteile von Außenabdichtungen sind:

- A. Sie erfordern einen größeren Kantenabstand (Freiraum) auf dem Band
- B. Sie sind bei Gurtschieflauf für Schäden anfällig, wenn die Abdichtung nicht mehr auf dem Band aufliegt

AUSGEWÄHLTE ASPEKTE ERFOLGREICHER ABDICHTUNG

Anforderungen im Hinblick auf den Kantenabstand

Bei der Auswahl eines Kantenabdichtsystems ist darauf zu achten, dass es in den zur Verfügung stehenden Bereich zwischen der Kante des Fördergurts und der Einhausung hineinpasst. Abdichtstreifen sollten nicht über die Kante des Fördergurts hinausragen, da dies im Fall eines Gurtschieflaufs das Risiko eines Schadens an der Abdichtung und/oder am Fördergurt erhöht.

Allgemein wird auf beiden Seiten der Ladezone als Mindestabstand für eine wirksame Abdichtung ein Abstand von 15 mm von der Außenseite der Einhausung empfohlen. (Für zusätzliche Informationen über den Kantenabstand, siehe Kapitel 11: „Einhausungen“, besonders Tabelle 11.1).



Abbildung 13.18

Wenn das Band unter einer Seite der Einhausung herauswandert, hängt der auf dieser Seite frei werdende Abdichtstreifen (grün) ohne Abstützung unterhalb des normalen Bandniveaus herab, was zu einer Abdichtungsschädigung und zu Ablaufverlusten führt.

Kantendichtungen und Bandversatz

Alle Abdichtsysteme für Einhausungen sind für Schäden durch den Gurtschieflauf anfällig. Wenn das Band unter einer Seite der Einhausung herauswandert, hängt der auf dieser Seite frei werdende Abdichtstreifen ohne Abstützung unterhalb des normalen Bandesniveaus herab (**Abbildung 13.18**). Wenn das Band dann wieder in eine mittige Position zurückläuft, wird die Abdichtung durch den Kontakt mit der Kante des sich bewegenden Bandes abgeschabt, oder sie wird in eine unnatürliche Stellung nach hinten umgebogen, zerrissen oder weggeschleudert. Jede dieser Alternativen wird zu einer wesentlichen Zunahme der Ablaufverluste führen. Der Schlüssel zur Schadenvermeidung an der Kantenabdichtung ist einerseits ein ausreichend bemessener Kantenabstand und andererseits eine kontrollierte Gurtführung. (Siehe Kapitel 16: „Gurtausrichtung“.)

Abdichtsysteme und Verschleiß an der Deckplatte

In einem im Jahr 1995 in der Fachzeitschrift *Bulk Solids Handling* veröffentlichten For-

schungsprojekt wurde untersucht, in welchem Ausmaß ingenieurmäßig konzipierte Bandreinigungs- und Abdichtsysteme den Bandverschleiß beeinflussen (*Referenz 13.1*). In dieser Studie wurde die Abriebwirkung mehrerer Kantenabdichtsysteme gegen typische Gurtmaterialien geprüft. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die Verwendung hoch entwickelter Bandreinigungs- und Abdichtsysteme mit entsprechender Wartung die Lebensdauer des Fördergurtes verlängern kann. Obwohl diese Vorrichtungen zu Bandverschleiß führen, entspricht das Abnutzungsmaß etwa der Hälfte der Abnutzung, die zu erwarten ist, wenn das Band durch Materialablagerungen läuft, die sich infolge unzureichender Reinigungs- und Abdichtsysteme aufbauen.

Die Vermeidung von Rillen im Fördergurt

Es ist eine häufig anzutreffende aber ungenaue Vorstellung, dass der Abdichtsystem „weicher“ als die äußere Lage des Gurtmaterials sein muss, damit sichergestellt ist, dass die Abdichtung vor dem Fördergurt verschleißt. Abdichtungen können aus verschiedenen Materialien mit einem weiten Bereich an Härte und Verschleißfestigkeit hergestellt werden. Um eine Abnutzung des Bandes durch die Abdichtstreifen zu verhindern, sollten die Abdichtstreifen aus Materialien mit geringerer Abriebfestigkeit als die der äußeren Lage der Gurtoberseite hergestellt werden, wodurch sichergestellt ist, dass die Abdichtung vor der äußeren Lage des Gurtmaterials verschleißt. Deswegen wird nicht die Härte bestimmt, sondern die Abriebfestigkeit, die beispielsweise nach DIN bestimmt wird (alternativ mit anderen Messverfahren, wie Pico oder Taber).

Abbildung 13.19

Bei vielen Fördergurten ist eine Abnutzung auf jeder Seite entlang des eingefassten Bereichs in einem bestimmten Abstand von der Kante des Fördergurts festzustellen.



SICHERHEITRELEVANTE FRAGEN

Vor der Durchführung jeder Arbeit an den Kantenabdichtstreifen oder an irgend einem anderen Bauteil auf oder in der Nähe des Förderbandes müssen ordnungsgemäße Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungshängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden. Die in den Hersteller Richtlinien angegebenen Kontrollintervalle und Wartungsanweisungen sind zu befolgen.

Während das Band läuft sollten Abdicht-

streifen niemals angehoben werden, weil der Arbeiter dadurch in die unmittelbare Nähe des sich bewegenden Bandes gerät. Bei dieser Vorgehensweise können auch Materialklumpen, Feinanteile oder Staub aus der Übergabepunkt heraus auf den Arbeiter geschleudert werden.

Eine Abschränkung der Umgebung des Übergabepunktes auf beiden Seiten der Förderanlage ist zu empfehlen. Die Schutzabschränkungen hindern ungelernetes Personal an der Ein-/Nachstellung der Abdichtstreifen und schützen diese Personen vor den zahlreichen Quetschstellen in der Übergabzone.

Bei vielen Fördergurten ist auf jeder Seite entlang des eingefassten Bereichs in einem bestimmten Abstand von der Fördergurtkante eine Abnutzung festzustellen (**Abbildung 13.19**). Oft wird das Abdichtsystem für diese Abnutzung verantwortlich gemacht, obwohl das meistens gar nicht der Fall ist. Der Ursprung dieser Rillen liegt im Einschluss von Feinanteilen und Materialklümpchen zwischen der Auskleidung und dem Fördergurt begründet. Dieses eingeschlossene Material zerkratzt anfänglich die Oberfläche des Fördergurts und scheuert sich allmählich durch die äußere Lage der Gurtoberseite. Derartige Materialeinschlüsse sind häufig auf Fördergurten ohne richtige Gurtunterstützung zu finden, oder auf Förderanlagen, wo die Beladung im Übergangsbereich des Bandes beginnt (*siehe Kapitel 6: „Vor der Ladezone“*), nämlich dort, wo die Bandformveränderung den Materialeinschluss unter der Einhausung erleichtert. Bei der Ermittlung der Ursache für eine Rille im Band sind stets die oberhalb der betroffenen Förderanlage gelegenen Förderbänder und Schurren auf Leckagen und Ablaufverluste zu prüfen.

MONTAGE UND INSTANDHALTUNG

Montagerichtlinien

Ein Abdichtsystem muss entlang der Seiten der Einhausung einen fortlaufenden Streifen bilden. Werden die einzelnen Abschnitte der Abdichtstreifen einfach auf Stoß aneinander gesetzt, drängt das Material im Laufe der Zeit zwischen die Stoßflächen und der Abdichtstreifen wird undicht. Hier wirkt eine ineinander greifende oder überlappende Verbindungsstelle am besten, um diese Ablaufverluste zu vermeiden. Eine bessere Lösung ist die Verwendung eines fortlaufenden Streifens, bei dem keine Naht- oder Verbindungsstelle vorhanden ist.

Es ist bei allen Kantenabdichtsystemen empfehlenswert, die Kante des Abdichtungstreifens am hinteren Ende der Förderanlage abzurunden, dort wo das Förderband in die Rückseite der Ladezone eintritt. (**Abbildung 13.20**). Durch diese gerundete Kante wird das Risiko reduziert, dass sich das laufende Band oder ein mechanischer Gurtverbinder am Abdichtstreifen verhakt und ihn herausreißt oder von der Schurre zieht.

Instandhaltung des Abdichtsystems

Wenn man sich für ein Abdichtsystem entscheidet, sollte auch ein Mechanismus für das Ein-/Nachstellen und für den Austausch des Verschleiß-Elastomers vorgesehen werden. Wenn die Förderanlage läuft, trägt die durch

die Reibung des Fördergurts gegen die Abdichtung erzeugte Wärme in Kombination mit dem abrasiven Charakter der Feinanteile des Materials dazu bei, dass der Abdichtstreifen angegriffen wird. Um diesen Verschleiß zu verhindern, muss der Abdichtstreifen von Zeit zu Zeit abwärts gegen das Band nachgestellt werden.

Ein zu hoher abwärts gerichteter Druck auf das Abdichtsystem führt zu einem erhöhten Leistungsbedarf für den Bandantrieb und zu zusätzlichem Verschleiß, sowohl am Fördergurt als auch an der Abdichtung.

Wenn die Prozedur für die Wartung des Abdichtsystems umständlich oder kompliziert ist, dann muss man mit drei nachteiligen Folgen rechnen:

- Es findet keine Nachstellung statt
Es findet überhaupt keine Nachstellung statt, so dass die Abdichtstreifen der Einhausung abgenutzt werden. Es entstehen Lücken und Material tritt weiterhin aus.
- Es findet selten eine Nachstellung statt
Die Nachstellung wird zu selten durchgeführt, so dass Ablaufverluste periodisch auftreten.
- Es findet eine zu starke Nachstellung (Überjustierung) statt
Das Wartungspersonal oder der Betreiber der Förderanlage stellt die Abdichtung zu stramm ein, um sich regelmäßige Nachstellung „zu ersparen“. Die Aufbringung von zuviel Druck auf das Band erhöht das Risiko einer Gurtbeschädigung. Gleichzeitig entsteht die Gefahr, dass sich eine Gurtverbin-

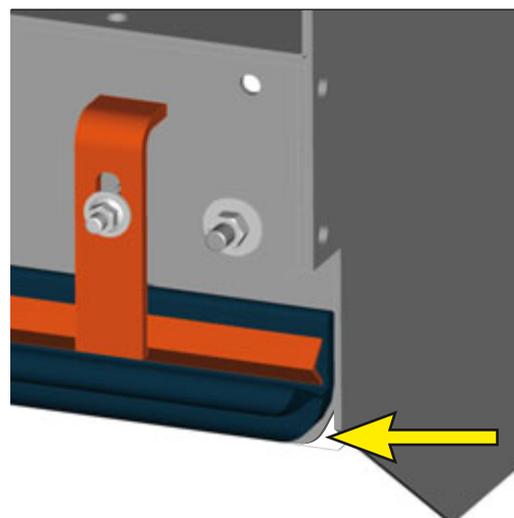


Abbildung 13.20

Es ist bei allen Kantenabdichtsystemen empfehlenswert, die Kante des Abdichtungstreifens am hinteren Ende der Förderanlage abzurunden, dort wo das Förderband in die Rückseite der Ladezone eintritt.

dung verfängt und einen ganzen Abschnitt des Abdichtstreifens herausreißt.

Um diese Probleme zu vermeiden, sollten die Vorgehensweisen bei der Wartung der Abdichtungen sehr einfach sein, mit möglichst wenig Werkzeug und kurzen Ausfallzeiten.

Abdichtsysteme, die leicht auf dem Band aufliegen, mit einem geringfügig höheren Druck als durch ihr eigenes Gewicht oder durch die Eigenspannung der Anordnung, können den Wartungs- und Nachstellbedarf minimieren.

Einige mehrlagige Abdichtsysteme bieten die Möglichkeit der Selbstregulierung, da der zur Abdichtung erforderliche Druck durch das „Gedächtnis“ des Elastomers aufgebracht wird. So wie sich die Schenkel des sekundären Streifens

abnutzen, hält die natürliche Elastizität des Elastomerstreifens diese auf dem Fördergurt unten und erhält dadurch die Wirksamkeit der Abdichtung.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

- A. Gestaltung mit niedrigem Instandhaltungsaufwand
Ein Abdichtsystem am Übergabepunkt einer Förderanlage dient der Vermeidung von Materialverlusten und bietet eine sichere Staubabdichtung an den Seiten der Ladezone. Dieses Abdichtsystem sollte einen geringen Instandhaltungsaufwand erfordern und eine wirksame Abdichtung bieten, ohne dass dazu ein nach unten gerichteter Druck auf das Band erforderlich wäre.
- B. Verschleißauskleidungen
Zum Schutz des Abdichtsystems vor den seitlich wirkenden Kräften durch die Belastung sollten im Inneren der Schurre und der Einhausung geeignete Verschleißauskleidungen angebracht sein.
- C. Selbstanpassung
Zur Reduzierung der Wartungshäufigkeit sollte das Abdichtsystem sich selbst nachstellen, wobei das System durch die eigene Elastizität auf Abnutzung oder Änderungen im Bandverlauf reagiert und so die Wirksamkeit der Abdichtung wahrt.

Abbildung 13.21

Die Berührungsstrecke der Abdichtung ist die Breite der Kontaktfläche von Fördergurt und Kantendichtung.

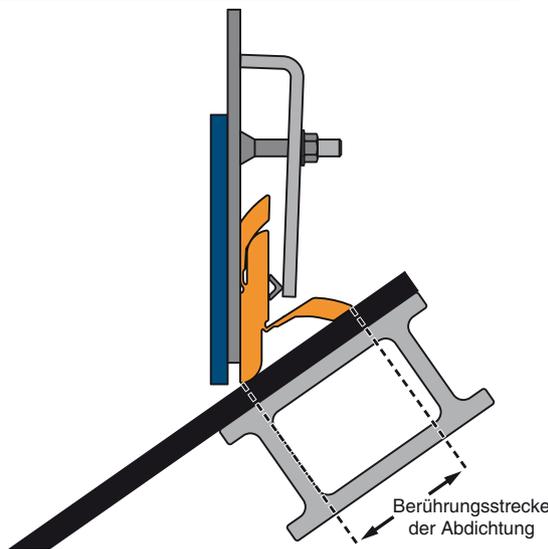


Tabelle 13.1

Grundmerkmale von Abdichtsystemen	Typische vergleichende Auswahlhilfe für Abdichtungen		
	Innenabdichtung	Vertikalabdichtung	Außenabdichtung
Kann zu einer Reduzierung der Kapazität führen	Ja	Nein	Nein
Empfohlener Freiraum auf dem Band (außerhalb der Einhausung)	≥ 115 mm	≥ 115 mm	≥ 115 mm
Berührungsstrecke der Abdichtung (Abb. 13.21)	≥ 38 mm	≤ 51 mm	≈ 75 mm
Verschleißauskleidung erforderlich	Ja	Ja	Ja
Abstand der Verschleißauskleidung über dem Fördergurt	≥ 25 mm	≤ 25 mm	≤ 25 mm

D. Einzelner, über die gesamte Länge reichender Streifen

Der Abdichtstreifen sollte (auf jeder Seite der Förderanlage) als ganzer Streifen ohne Nahtstelle über die gesamte Länge hinweg reichen.

E. Schwierigkeitsgrad der Anwendung

Bei der Auswahl eines Abdichtsystems muss auch dem Schwierigkeitsgrad der Anwendung Rechnung getragen werden. Damit ein geeignetes System für die Anwendung ausgewählt werden kann, müssen Faktoren wie z. B. die Fördergurtgeschwindigkeit, die Materiallast und der Freiraum auf dem Band überprüft werden (**Tabelle 13.1**).

Leistungsbedarf von Abdichtsystemen

Um das Material wirksam auf dem Fördergurt halten zu können, müssen Abdichtsysteme gegen das Band einen gewissen Druck ausüben. Dieser Druck steigert den auf das Band wirkenden Widerstand und erhöht deshalb die Leistungsaufnahme der Förderanlage. Der zusätzliche Leistungsbedarf hängt direkt mit der Länge und der Breite der Abdichtung zusammen sowie mit dem auf die Abdichtung zur Wahrung des Kontaktes mit dem Band aufbrachten Druck. Er ist von der Breite des Fördergurts unabhängig.

CEMA - der Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association) (*Referenz 13.2*) bietet eine Formel zur Berechnung des Schleppwiderstandes beim Einsatz von Elastomerabdichtungen entlang der beiden Seiten eines Übergabepunktes (**Gleichung 13.1**).

Die Spannung (**Gleichung 13.1**) steht mit der zusätzlichen Leistungsaufnahme für den Antrieb des Förderbandes (**Gleichung 13.2**) in Relation.

Hinweis: Dieser Widerstand gilt zusätzlich zu dem Widerstand aus dem Kontakt des Fördergurts mit der Einhausung/Verschleißauskleidung.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Sonderformen bei Abdichtsystemen

Manche speziellen Umstände erfordern eine Kombination aus verschiedenen Abdichtsystemen. Im Falle eines flachen Aufgabebandes, bei dem sehr feines Material unter hohem Druck steht, wird häufig eine Variante der Außenabdichtung in konventioneller, aufrechter Bauart verwendet.

Kraft zwischen Fördergurt und Abdichtstreifen bei verschiedenen Abdichtsystemen		
Wirksame Normalkraft (F_{ss}) zwischen Fördergurt und Abdichtung	F_{ss}	
	Einheiten	
	Metrisch	Amerikanisch
Art der Einhausung	N/m	lb _f /ft
Gummiplatte: SBR Gummi - 60 bis 70 Shore D	45	3
Gummisegment - Block: Martin Engineering MARTIN® TRAC-MOUNT™ Abdichtsystem oder ähnlich	45	3
Selbstregulierender, flacher Gummi: Martin Engineering MARTIN® BOCO™ Selbstregulierendes Seitenabdichtungssystem oder ähnlich	78	5,25
1-teilige Mehrfachbarriere: Martin Engineering MARTIN® APRON SEAL™ 1-teiliges Seitenabdichtungssystem oder ähnlich	30	2
1-teilige Mehrfachbarriere für hohe Belastungen: Martin Engineering MARTIN® APRON SEAL™ 1-teiliges Seitenabdichtungssystem für hohe Belastungen oder ähnlich	50	3,3

Tabelle 13.2

Man hat sowohl in Versuchen als auch unter Praxisbedingungen festgestellt, dass viele Abdichtsysteme mit sehr hohen Anpressdrücken nach unten auf das Band gedrückt werden können. In diesen Fällen sollte die tatsächliche Gurtspannung gemessen werden, damit der tatsächlich auf das Band wirkende Widerstand nicht unterschätzt wird. Für die beim Bandanlauf erforderlichen Leistungen und die sich daraus ergebenden Kräfte sind unter Praxisbedingungen brauchbare Näherungsmessungen

durchgeführt worden (**Tabelle 13.2**) (**Gleichungen 13.1** und **13.2**).

Der Leistungsbedarf für den Betrieb entspricht normalerweise der Hälfte bis zwei Drittel des Leistungsbedarfs beim Anlauf. Wenn die tatsächlichen Bedingungen bekannt sind, sollte die effektiv erforderliche Leistung oder Spannung gemessen oder berechnet und in diese Gleichungen eingesetzt werden.

13

Gleichung 13.1

Berechnung der zusätzlichen Kraft, mit der die Abdichtung auf das Band wirkt

$\Delta T_{SS} = n \cdot \mu_{SS} \cdot F_{SS} \cdot L$			
Gegeben: Gummipatten-Einhausung installiert auf beiden Seiten über 6 m (20 Fuß) entlang des Fördergurts. Gesucht: Kraft, die durch die Abdichtung zusätzlich auf das Band aufgebracht wird.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
ΔT_{SS}	Durch die Abdichtung zusätzlich auf das Band aufgebrachte Kraft	Newton	Pfund Druckkraft
n	Anzahl der Abdichtungen	2	2
μ_{SS}	Reibungskoeffizient (nach CEMA 575-2000)	0,5 – UHMW 1,0 – Polyurethan 1,0 – Gummi	0,5 – UHMW 1,0 – Polyurethan 1,0 – Gummi
F_{SS}	Normalkraft zwischen Fördergurt und Abdichtung pro Längeneinheit	45 N/m (Tabelle 13.2)	3 lb _f /ft (Tabelle 13.2)
L	Länge des eingefassten Bereiches der Förderanlage	6 m	20 ft
Metrisch: $\Delta T_{SS} = 2 \cdot 1 \cdot 45 \cdot 6 = 540$			
Amerikanisch: $\Delta T_{SS} = 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 20 = 120$			
ΔT_{SS}	Durch die Abdichtung zusätzlich auf das Band aufgebrachte Kraft	540 N	120 lb _f

Gleichung 13.2

Berechnung der zusätzlich für den Bandantrieb erforderlichen Leistung

$P = \Delta T_{SS} \cdot V \cdot k$			
Gegeben: Gummipatten-Einhausung installiert auf beiden Seiten über 6 m (20 Fuß) entlang des Fördergurts. Das Band läuft mit 3 m/s (600 Fuß/min).			
Gesucht: Die durch die Abdichtung zusätzlich für den Bandantrieb erforderliche Leistung.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
P	Zusätzlich erforderliche Leistung des Bandantriebs	Kilowatt	Pferdestärke
ΔT_{SS}	Durch die Abdichtung zusätzlich auf das Band aufgebrachte Spannung (<i>berechnet in Gl. 13.1</i>)	540 N	120 lb _f
V	Bandgeschwindigkeit	3 m/s	600 ft/min
k	Umrechnungsfaktor	1/1000	1/33000
Metrisch: $P = \frac{540 \cdot 3}{1000} = 1,6$			
Amerikanisch: $P = \frac{120 \cdot 600}{33000} = 2,2$			
P	Zusätzlich erforderliche Leistung des Bandantriebs	1,6 kW	2,2 hp

DIE LETZTE BARRIERE GEGEN DIE MATERIALVERLUSTE

Zum Abschluss...

Kantenabdichtung bietet die letzte Möglichkeit, Schüttgutströme zu kontrollieren und Materialverluste zu verhindern. Je besser die Gurtunterstützung und die Verschleißauskleidungssysteme sind, umso wirksamer ist das Kantenabdichtsystem. Ein flexibles, mehrlagiges System, das sich bis zu einem gewissen Grad selbst einstellt, sorgt dafür, dass das Material an einem Übergabepunkt in den vorgesehenen Bahnen bleibt und damit den Betrieb der Förderanlage verbessert. Regelmäßig durchgeführte Kontrollen und Instandhaltungsmaßnahmen verlängern die Lebensdauer der Komponenten, vermindern Schäden, verbessern die Leistung und steigern die Arbeitszufriedenheit. Dadurch ist gewährleistet, dass ein Betrieb für seine Investition in ein modernes, ingenieurtechnisch konzipiertes Abdichtsystem den optimalen Gegenwert an Nutzen erhält.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über Kantenabdichtsysteme schließt den Abschnitt „Das Beladen des Bandes“ und ebenso die Diskussion über die Abdichtung der Ladezone eines Übergabepunktes zur Vermeidung von Materialverlusten und insbesondere der Feianteile ab. Das folgende Kapitel eröffnet den Abschnitt über den Rücklauf des Fördergurtes mit einer Diskussion über Bandreinigung. Die folgenden zwei Kapitel setzen diesen Abschnitt mit Information über Schutzabstreifer für die Trommel und über die Gurtausrichtung fort.

zur Berechnung der Gurtspannung]
In BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS, *sechste Auflage*, Seiten 104–129. Naples, Florida.

REFERENZEN

- 13.1 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (Oktober–Dezember 1995). “Belt Cleaners, Skirting and Belt Top Cover Wear,” [Förderbandreiniger, Einhausungen und Verschleiß an der äußeren Lage der Gurtoberseite] *Bulk Solids Handling*. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- 13.2 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). “‘Universal Method’ for Belt Tension Calculation.” [‘Universalmethode’

ABSCHNITT 3

RÜCKLAUF DES FÖRDERGURTS

• Kapitel 14	196
BANDREINIGUNG	
• Kapitel 15	244
SCHUTZABSTREIFER FÜR DIE TROMMEL	
• Kapitel 16	252
GURTAUSRICHTUNG	

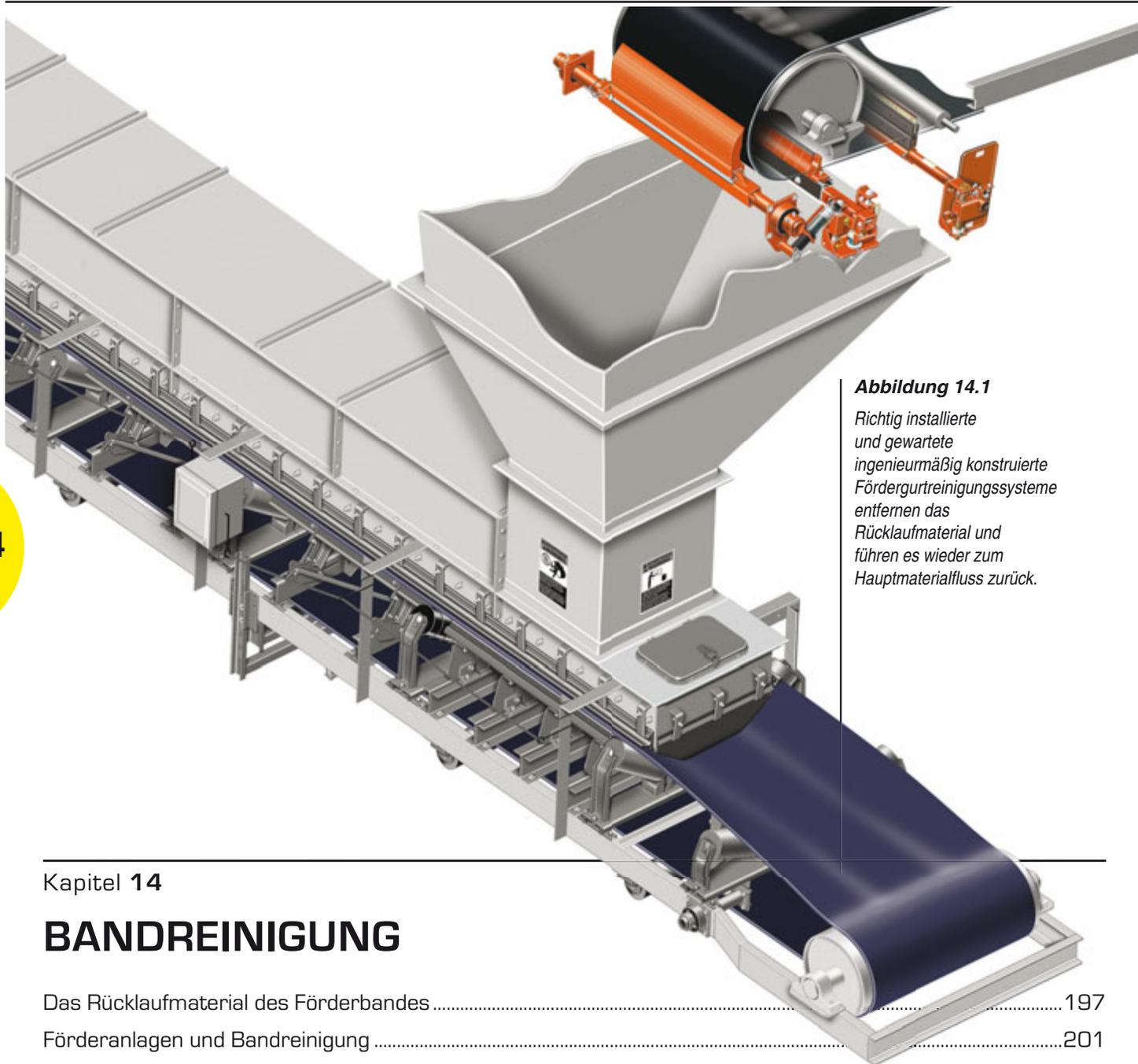


Abbildung 14.1

Richtig installierte und gewartete ingenieurmäßig konstruierte Fördergurtreinigungssysteme entfernen das Rücklaufmaterial und führen es wieder zum Hauptmaterialfluss zurück.

14

Kapitel 14

BANDREINIGUNG

Das Rücklaufmaterial des Förderbandes	197
Förderanlagen und Bandreinigung	201
Die Gestaltung der Reinigungssysteme.....	204
Die Auswahl eines Fördergurtreinigungssystems.....	208
Systematischer Ansatz zur Bandreinigung.....	210
Der Anpressdruck des Abstreifblattes auf das Band.....	221
Der Einbau der Gurtreiniger.....	223
Systemwartung	228
Die Beurteilung des Leistungsverhaltens der Gurtreiniger.....	230
Typische Spezifikationen.....	232
Weiterführende Themen.....	233
Sicherheitsrelevante Fragen.....	241
Die Vorteile der Kontrolle des Rücklaufmaterials.....	241

In diesem Kapitel....

In diesem Kapitel konzentrieren wir uns auf verschiedene Arten von Fördergurtreinigern: ihr Aufbau, ihre Anwendungen, Montage und Instandhaltung. Wir besprechen die Beschaffenheit und die Kosten durch Rücklaufmaterial, die Verwendung von Fördergurtreinigern bei der Reduzierung von Rücklaufmaterial und Methoden zur Beurteilung des Leistungsverhaltens der Gurtreiniger im Einsatz. Bei den Weiterführenden Themen bieten wir Gleichungen zur Bestimmung der zusätzlich erforderlichen Antriebsleistung bei der Verwendung von Fördergurtreinigern.

Der Transport von Schüttgut auf einem Förderband führt zu einer Auftrennung der Ladung in eine auf dem Fördergurt ruhenden Schicht mit feuchten Feinanteilen, mit größerem, trockenerem Material auf den Feinanteilen und die größten Brocken, die oben aufliegen. Die Brocken, der größte Anteil des groben Materials und ein Teil der Feinanteile werden in der normalen Flugbahn abgeworfen. Ein Teil der körnigen Anteile und der Feinanteile bleibt am Fördergurt haften. Als Rücklaufmaterial bekannt, wird dieser Rückstand auf dem Band in Richtung Kehrtrommel zurückgetragen. Beim Trocknen reduzieren sich die kohäsiven und adhäsiven Kräfte der Partikel und sie werden dann von den Untergurtrollen und Umlenktrommeln aufgelockert und abgelöst. Das meiste Material fällt schließlich vom Fördergurt ab, sammelt sich in Haufen unter dem Fördergurt an oder baut sich auf den Untergurtrollen, den Trommeln und dem Stahlbau der Förderanlagen auf, oder es entschwindet in die Luft als Staub.

Die Beseitigung von entwichenem Material wie z. B. Rücklaufmaterial ist ein Vorgang, der oft mit schweren Unfällen in Verbindung steht. Die Entfernung von Rücklaufmaterial auf Einrichtungen und auf dem Boden kann sehr Arbeits- und Geräteintensiv sein, wobei oft ganze Arbeiterkolonnen und teure Maschinen wie z. B. Lader und Saugwagen erforderlich sind.

Zur Abmilderung dieses Problems durch Entfernen des Rücklaufmaterials und dessen Rückführung zum Hauptmaterialfluss können richtig installierte und gewartete ingenieurmäßig konstruierte Fördergurtreinigungssysteme wirtschaftlich gerechtfertigt werden (Abbildung 14.1).

DAS RÜCKLAUFMATERIAL DES FÖRDERBANDES

Rücklaufmaterial als entweichendes Material

Rücklaufmaterial, also Material, das über die Abwurfstelle der Kopftrommel hinaus am Band anhaftet, ist für einen Großteil der Materialverluste an einem Fördersystem verantwortlich. Wie die Materialverluste an Übergabepunkten, stellt das Rücklaufmaterial für Fördersysteme ein ernsthaftes Problem dar, das im Hinblick auf Instandhaltung, Ausfallzeiten und Wirtschaftlichkeit der Anlage Konsequenzen fordert. Diese Probleme zeigen sich als Ansammlungen von abgängigem Material, die zu Gurtschieflauf führen, zu einer verkürzten Fördergurtlebensdauer, zu vorzeitigem Komponentenausfall und zu anderen Schwierigkeiten, die mit Stillstandszeiten und teuren Reparaturen verbunden sind. Die Ansammlung des entweichenden Materials auf dem Boden oder als Staubwolken in der Luft stellen Brand- und Explosionsgefahren, Rutsch-, Stolper- und Sturzgefahren und Gesundheitsgefahren dar. Sie ziehen auch unerwünschte Aufmerksamkeit von Nachbarn und Überwachungsbehörden wie ein Magnet an. Ganz gleich wo es schließlich landet, Rücklaufmaterial ist eine der führenden Ursachen und auch ein Indiz für unwirtschaftliche Anlagen.

Zur Minderung des durch Rücklaufmaterial verursachten Schadens und der Kosten werden auf Förderbändern Gurtreinigungssysteme eingebaut. Normalerweise bestehen Bandreinigungssysteme aus einem oder mehreren Schabern, die an oder in der Nähe der Abwurf- / Kopftrommel montiert sind, um beim Umlauf des Bandes um die Kopftrommel herum die restlichen am Fördergurt anhaftenden Feinanteile zu entfernen (**Abbildung 14.2**).



Abbildung 14.2

Typische Fördergurtreinigungssysteme verfügen über einen oder mehrere an oder in der Nähe der Abwurf-/Kopftrommel montierte Schaber zur Entfernung der anhaftenden Feinanteile.

Die Beschaffenheit des Rücklaufmaterials

Rücklaufmaterial könnte man als die Ladung des Fördergurtes in ihrer allerschlechtesten Form bezeichnen. Die Partikelgröße des Rücklaufmaterials ist normalerweise kleiner und weist einen höheren Feuchtigkeitsgehalt auf als das transportierte Material im Allgemeinen. Die Bandvibrationen beim Übergang über die Untergurtrollen haben eine sedimentierende Wirkung. Zusammen mit überschüssiger Feuchtigkeit setzen sich die kleinsten Feinanteile am Boden der Beladung ab, wo sie eine am Fördergurt anhaftende Mischung bilden. Bei der Entfernung dieser

Mischung vom Fördergurt haftet sie an anderen Oberflächen an, auch am Gurtreinigungssystem und an den senkrechten Wänden der Schurre (Abbildung 14.3). Wenn sie trocknen, werden diese Ansammlungen hart wie Beton und reduzieren den Wirkungsgrad der Fördergurtreinigung, sie verursachen Schäden am Fördergurt oder an anderen Geräten und führen zu Verstopfungen an der Schurre (Abbildung 14.4).

Die durch Rücklaufmaterial verursachten Kosten

Rücklaufmaterial ist oft lästiger und kostspieliger als Verschüttung am Übergabepunkt. Weil es an jedem beliebigen Punkt entlang des Untertrums abfallen kann, sind Reinigungstrupps entlang der vollen Länge der Förderanlage mit der Beseitigung des Rücklaufmaterials beschäftigt. Deshalb ist die Beseitigung aufwändiger und teurer als die örtlich begrenzten Reinigungsarbeiten bei Verschüttung.

Freigesetztes Rücklaufmaterial verursacht Anbackungen auf Gurtrollen, die zu unrundem Lauf der Komponenten führen und zu Gurtschieflauf beitragen (Abbildung 14.5). Es dringt in die Lager ein und erhöht die Reibung, was schließlich die Zerstörung der Lager verursacht. Eine große Firma des deutschen Braunkohlebergbaus hat errechnet, dass sie jedes Jahr 12 Prozent der Rücklaufrollen in ihrem Betrieb austauscht. Etwa 30 Prozent dieser Rollen wurden wegen Abnutzung am Tragring oder an der Arbeitsoberfläche der Gurtrolle ausgetauscht, einem Verschleiß, der durch die Freisetzung von Material entlang der Förderstrecke hervorgerufen wurde.

Da sich Rücklaufmaterial ungleichmäßig auf den rollenden Komponenten der Förderanlage ansammelt, verursacht es Gurtschieflauf, was zu Verschüttung und zu außerordentlichen Beladung der Förderanlage führt. Gurtschieflauf führt zu einer Verkürzung der Lebensdauer des Bandes, zu außergewöhnlich hohen Arbeitskosten für die Instandhaltung und Reinigung, zu unvorhergesehenen Ausfallzeiten und zu Sicherheitsrisiken.

Die Ermittlung der Menge an Rücklaufmaterial

Um das Problem mit dem Rücklaufmaterial besser verstehen zu können, sollte die am Fördergurt anhaftende und zurücktransportierte Materialmenge ermittelt werden. Wenn das Problem quantifiziert wird, kann man die Wirksamkeit der eingebauten Fördergurtreinigungssysteme leichter bestimmen und was sonst noch an zusätzlichen Reinigungssystemen und verbesserten Wartungsplänen notwendig ist. Rücklaufmate-

Abbildung 14.3

Bei der Entfernung des Rücklaufmaterials vom Fördergurt haftet es an anderen Oberflächen an, auch am Gurtreinigungssystem und an den senkrechten Wänden der Schurre.

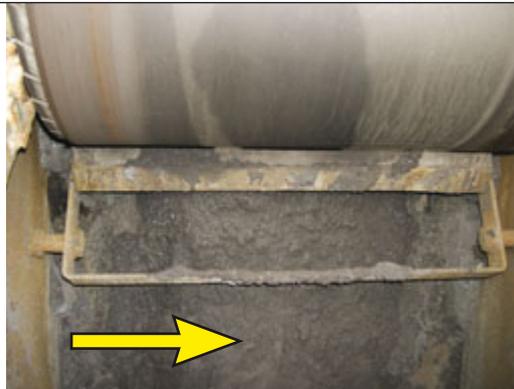


Abbildung 14.4

Wenn sie trocknen, werden diese Ansammlungen hart wie Beton und vermindern den Wirkungsgrad der Fördergurtreinigung. Sie verursachen Schäden am Fördergurt oder an anderen Geräten und führen zu Verstopfungen an der Schurre.



Abbildung 14.5

Freigesetztes Rücklaufmaterial verursacht Anbackungen auf Gurtrollen, die zu unrundem Lauf der Komponenten führen und zu Gurtschieflauf beitragen



rial wird als Trockengewicht des Materials in Relation zu der Fläche des Fördergurts in g/m^2 (oz/ft^2) angegeben, von der das Material stammt. Die Schüttgutindustrie in Australien ist bei der Gestaltung und der Anwendung von Systemen zur genauen Bestimmung der Menge an Rücklaufmaterial auf einem gegebenen Fördergurt ein Vorreiter. Diese Systeme wurden zur Beurteilung der Wirksamkeit von Fördergurtreinigungsgeräten, bei der Gestaltung von neuen Vorrichtungen und bei der Überwachung von Dienstleistungsverträgen zur Fördergurtreinigung eingesetzt.

Zur Bestimmung der Menge an Rücklaufmaterial gibt es mehrere Methoden. Man kann mit einer Spachtel eine kleine Probe vom stillstehenden (blockierten) Band abkratzen. Es wird eine definierte Fläche abgekratzt, das Material wird in einer Pfanne oder auf einer Plastikfolie gesammelt und gewogen, woraus sich dann der Wert für das Rücklaufmaterial pro Flächeneinheit berechnen lässt. Ein Nachteil bei dieser Methode ist, dass sich die Menge und der Charakter des Rücklaufmaterials durch das Anhalten und den Stillstand des Bandes ändern.

Bei einer vom Bandreinigungspionier Dick Stahura entwickelten Methode wird eine mit Abstreifblättern versehene Sammelpfanne für das Rücklaufmaterial verwendet (**Abbildung 14.6**). Diese Pfanne hält man gegen das Untertrum des sich bewegenden Bandes und entfernt so das anhaftende Material, das sich in der Pfanne sammelt. Diese Methode ist aus Gründen der Sicherheit automatisiert worden, was zu einer von der University of Newcastle Research Association, Ltd von Australien (gemeinhin als TUNRA-Gruppe bekannt) für die International Conveyor Technology (ICT)-Gruppe entwickelten Messanordnung zur Bestimmung der Rücklaufmaterialmenge geführt hat. Mit dieser ICT-Messanordnung zur Bestimmung der Rücklaufmaterialmenge kann man die Gesamtbreite des Bandes bemustern, indem die Messanordnung bei konstanter Geschwindigkeit innerhalb eines festgelegten Zeitraumes quer über das Band hinweggezogen wird (**Abbildung 14.7**).

Diese Prüfverfahren bieten einen Bildausschnitt der verschiedenen Mengen an Rücklaufmaterial und der Reinigungsleistung für ein gegebenes Zeitintervall. Änderungen bei den Materialspezifikationen, beim Durchsatz oder bei den Klimabedingungen können die am Band anhaftende Materialmenge dramatisch verändern. Deshalb sollte ein Programm für die laufende, regelmäßige Bestimmung des Rücklaufmaterials eingeführt werden.

Die Berechnung des Rücklaufmaterials

Durch die Annahme dieser gesammelten Probe als Durchschnittsmenge des Rücklaufmaterials oder durch die Entnahme mehrerer Proben mit anschließender Bildung einer Durchschnittsprobe für genauere Ergebnisse kann man die Durchschnittsmenge des auf dem Fördergurt vorhandenen Rücklaufmaterials und die zu erwartende Streuung als die Standardabweichung bestimmen. (**Abbildung 14.8**).

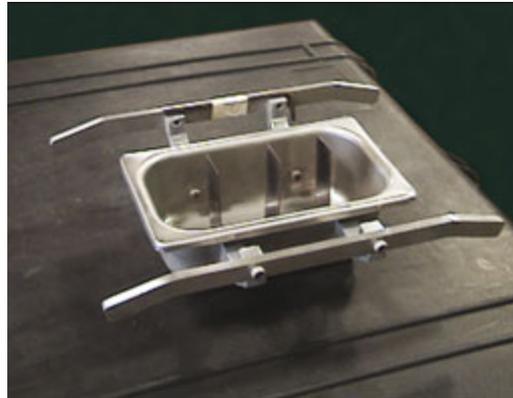


Abbildung 14.6

Der Bandreinigungspionier Dick Stahura hat eine mit Abstreifblättern versehene Sammelpfanne für Rücklaufmaterial entwickelt.



Abbildung 14.7

Die ICT-Messanordnung zur Bestimmung der Rücklaufmaterialmenge verwendet einen sich bewegenden Probenehmer, der bei konstanter Geschwindigkeit innerhalb eines festgelegten Zeitraumes quer über das Band hinweggezogen wird.



Abbildung 14.8

Durch die Annahme dieser gesammelten Probe als Durchschnittsmenge des Rücklaufmaterials oder durch die Entnahme mehrerer Proben mit anschließender Bildung einer Durchschnittsprobe für genauere Ergebnisse kann man die Durchschnittsmenge des auf dem Fördergurt vorhandenen Rücklaufmaterials und die zu erwartende Streuung als die Standardabweichung bestimmen.

Eine von einem Bandabschnitt entfernte scheinbar geringe Menge an Rücklaufmaterial von einem Gramm zeigt an, dass auf dem Band noch eine wesentliche Menge von Material anhaftet, das sich vom Band lösen und sich dann unter dieser Förderanlage ansammeln könnte (**Abbildung 14.9**).

Dieses eine, von der Förderanlage abgenommene Gramm Material entspricht in etwa der Menge an Süßstoff in den Päckchen auf Tischen in vielen Restaurants. Diese kleine Menge an Rücklaufmaterial wächst jedoch in Anbetracht der Fördergurtlänge, der Breite und der Geschwindigkeit moderner Förderanlagen zu Tonnen an Material, das Jahr für Jahr auf dem Band verbleibt. Dieses Material fällt dann entlang der gesamten Länge des Untertrums vom Fördergurt ab, verschmutzt die Geräte und verursacht einen unordentlichen Zustand, dessen Beseitigung Zeit, Mühe und Geld kostet.

Das eine Gramm an Material im obigen Beispiel stellt eine kleine Menge an Rücklaufmaterial dar und würde bei manchem Betrachter den

Eindruck erwecken, dass das Band bereits sauber sei. Aber normalerweise zeigen Messungen der tatsächlich auf dem Förderband vorhandenen Mengen an Rücklaufmaterial Werte im Bereich von 7 bis 250 g/m². Dieses Material entweicht als Schwebestaub in die Luft und/oder sammelt sich in Haufen unter der Förderanlage oder es baut sich um rollende Komponenten herum auf.

Eine „wissenschaftlichere“ Messung wäre die Probenahme direkt nach der Abwurfstelle und eine zweite Probenahme direkt vor dem Eintritt des Bandes in den Beladebereich der Förderanlage. Dies würde zeigen, wie viel Material über den Abwurf hinaus am Fördergurt anhaftet und auch wie viel Rücklaufmaterial entlang der Rücklaufstrecke vom Fördergurt abfällt. Dieses Material ist nicht nur für den Betrieb verloren, sondern es sammelt sich auf Rücklaufrollen sowie Trommeln an und wird zu Problem für zukünftige Wartung.

Die Analyse des Materials

Eine Prüfung des Schüttgutes ist für die Vorhersage des zu erwartenden Verhaltens auf dem Band nützlich. Dieses Verhalten hängt von einer Anzahl von Parametern ab: von der Schüttgutedichte, der Übergangsreibung, der Übergangskohäsion, der Übergangsadhäsion und dem Fördergurtszustand selbst. Prüfungen haben gezeigt, dass bei den meisten (wenn nicht bei allen) Materialien die Kohäsion (die Körnchenhaftung untereinander) und die Adhäsion (die Körnchenhaftung am Fördergurt) bei zunehmender Feuchtigkeit steigt. Dieses Verhalten verläuft bis zu einem kritischen Punkt, wie die glockenförmige Kurve zeigt, bis genug Feuchtigkeit zugesetzt worden ist, dass das Material sich zu verflüssigen beginnt und die Kohäsion vermindert wird (**Abbildung 14.10**). Die genauen Schwankungen in der Adhäsion und der Kohäsion bedingt durch den Feuchtigkeitsgehalt variieren von Material zu Material und von Standort zu Standort.

Die Adhäsionsprüfung zwischen einem Material und dem Fördergurt braucht nicht durchgeführt zu werden, da sie aus den Reibungs- und Kohäsionswerten mathematisch ermittelt werden kann. Anhand dieser Ergebnisse und der Details zum Gurtreiniger (Abstreifwinkel, Blattprofil und Blattzusammenstellung) kann der optimale Anpressdruck des Abstreifers bestimmt werden. Zur Vorhersage der Anzahl der Gurtreiniger bei vorgegebenem Blatt-zu-Gurt Anpressdruck, die zur Entfernung des Rücklaufmaterials auf einem Band erforderlich ist, werden modernste Konfektionierungstechniken eingesetzt. (Siehe Kapitel 25: „Materialkunde“ für weitere Informationen über Schüttgutprüfungen.)

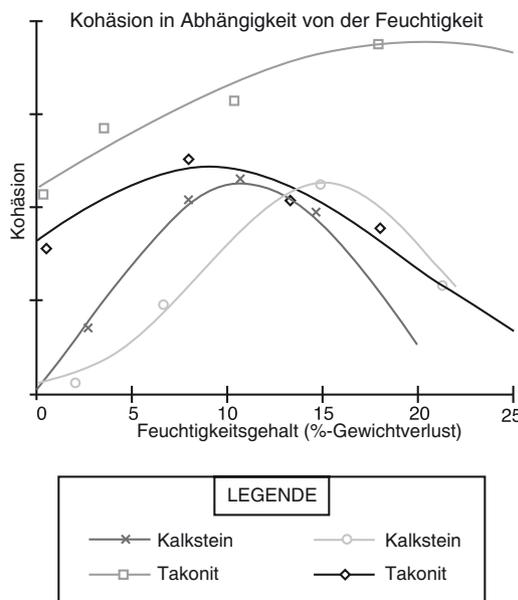
Abbildung 14.9

Selbst eine kleine auf dem Fördergurt belassene Menge an Rücklaufmaterial kann sich unter der Förderanlage zu ansehnlichen Haufwerken ansammeln.



Abbildung 14.10

Prüfungen haben gezeigt, dass die Kohäsion und die Adhäsion bei zunehmender Feuchtigkeit steigt, bis genug Feuchtigkeit zugesetzt worden ist, dass das Material sich zu verflüssigen beginnt und die Kohäsion reduziert wird. Die genauen Schwankungen in der Adhäsion und der Kohäsion bedingt durch den Feuchtigkeitsgehalt variieren von Material zu Material und von Standort zu Standort. Hinweis: Der prozentuale Gewichtsverlust zwischen dem nassen Material und dem Material nach der Trocknung.



Man sollte sich immer vor Augen halten, dass die Förderanlage irgendwann im Verlauf der Lebensdauer des Förderbandes schließlich mit dem Material in seiner „allerschlechtesten Form“ konfrontiert werden wird.

FÖRDERANLAGEN UND BANDREINIGUNG

Der Aufstieg der ingenieurmäßig konstruierten Fördergurtreinigungssysteme

Über lange Jahre waren Fördergurtreiniger selbst gebastelte Konstruktionen, oft eine Gummiplatte, ein Reststück gebrauchtes Gurtmaterial oder ein weggeworfenes Holzstück, das in den Aufbau eingeklemmt oder mit einem Gegengewicht an das Förderband angepresst wurde (**Abbildung 14.11**). Diese Systeme erwiesen sich als unhandlich, schwerfällig und ganz allgemein als unwirksam. Die Bedürfnisse der Betriebe forderten die Verwendung von breiteren, schnelleren, tiefer gemuldeten und schwerer beladenen Förderanlagen. Sie führten zur Entwicklung von ingenieurmäßig konstruierten Gurtreinigungssystemen, die die Betriebsinvestitionen durch die Verlängerung der Lebensdauer des teuren Gurtmaterials und der sonstigen Komponenten der Förderanlage reduzierten. Diese Systeme bestehen normalerweise aus einem tragenden Element (Haupttrahmen), einem Reinigungselement (Abstreifblatt) und einer Spannvorrichtung.

Der Grundgedanke bei den ingenieurmäßig konzipierten Reinigungssystemen ist die Reduzierung des Platzbedarfes durch den Einbau des Gurtreinigers in der Abwurfschurre. Durch die Vereinfachung des Austauschs der Abstreifblätter werden die Wartungszeiten und der Arbeitsaufwand minimiert. Durch den Einsatz von fortschrittlichen Materialien, wie z. B. von Kunststoffen, Keramik und Wolframkarbid wird die Lebensdauer der Abstreifblätter noch weiter verlängert, wodurch die erforderliche Wartung reduziert wird. Die Reinigungsleistung wird durch eine durchdachte Gestaltung der Abstreifblattkante und eine effizientere Anordnung der Spannvorrichtung verbessert. Die auf dem Untertrum des Fördergurts anhaftende Masse von Feinanteilen und Feuchtigkeit kann durch die Verwendung von ingenieurmäßig konzipierten Reinigungssystemen fast völlig abgereinigt werden.

Die Überwachung der Reinigungsleistung

Bei einer gegebenen Einrichtung und einem gegebenen Schüttgut bietet die Möglichkeit

zur Bestimmung des Rücklaufmaterials auch die Chance zur Entwicklung einer Leistungsbeschreibung für die Fördergurtreinigung. Eine vollständige Spezifikation enthält eine ausführliche Darstellung des erforderlichen Leistungsvermögens in Bezug auf die durchschnittliche Rücklaufmaterialmenge für die Einrichtung. Vom Lieferanten ist die Gestaltung, die Lieferung, der Einbau, die Inbetriebnahme und die Wartung des Gurtreinigungssystems zu verlangen, mit der Garantie, dass die durchschnittlichen Mengen an Rücklaufmaterial nicht überschritten werden.

Nach dem Einbau des Gurtreinigungssystems sind Messungen der Rücklaufmengen durchzuführen, um das Leistungsvermögen des Gurtreinigungssystems zu prüfen. Ein laufend fortgesetztes Prüf- und Protokollierungsprogramm erbringt Informationen über die periodisch erforderlichen Wartungsarbeiten und liefert Amortisationsdaten für die Wartung des Reinigungssystems und für die Nach-/Aufrüstung.

Durch das Überwachen der Leistungsfähigkeit der Gurtreinigung mittels Prüfung der Menge an Rücklaufmaterial kann der Betrieb die Einsparungen durch eine mögliche Aufrüstung auf effizientere Reinigungssysteme beurteilen.

Von betriebsinternen Abteilungen durchgeführte Leistungsanalysen und Wartungsprogramme werden aufgrund der sonst im Betrieb anstehenden Aufgaben und Herausforderungen selten als Priorität betrachtet. Die einfachste Art, Ergebnisse von einer Investition in Gurtreinigungsgeräte zu erzielen, ist die Vergabe eines Dienstleistungsvertrages an eine auf die Lieferung, Montage, Instandhaltung und Analyse von Gurtreinigungssystemen spezialisierte Firma.

Die Gestaltung von Förderanlagen für eine wirksame Reinigung

Beim Neubau von Förderanlagen ist die Einbeziehung einer Spezifikation für die Leistungsfähigkeit der Gurtreinigung in die Bauvorgaben



Abbildung 14.11

Lange Jahre wurden Gurtreinigungssysteme selbst gebastelt.

wünschenswert. In dieser Spezifikation sollte ein Grenzwert für die das Reinigungssystem passierende Menge an Rücklaufmaterial in g/m^2 angegeben werden. Zur Gewährleistung, dass die Menge an Rücklaufmaterial unter der vertraglich zugesicherten Grenze bleibt, sollten die Betriebsinhaber Förderanlagen mit ausreichend bemessenen Reinigungssystemen fordern und die Ingenieure sollten auch solche Förderanlagen bauen. Dies würde die Konstrukteure von Fördersystemen ermutigen, ausreichenden Platz für den Einbau und die Wartung des Bandreinigungssystems vorzusehen und Komponenten in die Förderanlage mit einzubeziehen, die für das Ziel einer wirksamen Bandreinigung förderlich sind.

Ein Problem, das häufig bei der Anwendung von Vorrichtungen zur Gurtreinigung auftritt, ist, dass bei der Gestaltung des Fördergerüsts und der Montagemöglichkeiten zu wenig Platz für den Einbau eines adäquaten Mehrfach-Abstreifersystems vorgesehen wird. Dies kommt oft vor, weil der Konstrukteur der Förderanlage die wahre Beschaffenheit des transportierten Materials nicht in Betracht gezogen hat, besonders wenn dieses Material im schlechtest denkbaren Zustand vorliegt. Die Konstrukteure von Förderanlagen sollten Freiräume und Zugangsmöglichkeiten entsprechend den Empfehlungen der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) vorsehen und damit dem Hersteller der Gurtreiniger die Einpassung und den Einbau des entsprechenden Systems zu ermöglichen, einschließlich dem Schneiden der Löcher in die Schurre nach der Aufstellung und dem Einbau des Bandes.

Ein Schlüssel zur wirksamen Bandreinigung ist die Anpassung des Abstreifblattes an das Band. Es ist auch verständlich, dass je besser das Abstreifblatt zum Gurtprofil passt, desto besser wird die Reinigungswirkung sein. Es gilt alles zu vermeiden, das den Kontakt zwischen Abstreifblatt und dem vorbeilaufenden Fördergurt erschwert oder diesem abträglich ist. Zu diesen

unerwünschten Faktoren gehören Flügeltrommeln, unrund laufende Trommeln und schlecht ausgewählte oder mangelhaft installierte Trommelbeläge. Jedes Pulsieren oder jede Vibration der Förderguroberfläche reduziert den Wirkungsgrad der Reinigung und hat einen negativen Einfluss auf die Lebensdauer des Bandes.

Vulkanisierte Verbindungen sind die bevorzugte Methode zur Verbindung des Fördergurts, um eine optimale Leistung des Gurtreinigungssystems zu erzielen. Unsachgemäß montierte mechanische Verbinder können an Gurtreinigern hängen bleiben und diese zum hochschleunigen und vibrieren bringen, oder zu „Blattgeklapper“ führen. Mechanische Verbindungen sollten immer entsprechend den Empfehlungen des Herstellers versenkt werden, um unnötigen Schaden am Abstreifer und an der Verbindung zu vermeiden.

Nach dem Einbau eines Gurtreinigers sind periodische Kontrollen, regelmäßiges Nachstellen und eine wirksame Wartung für den Erhalt der Leistungsfähigkeit erforderlich. Genauso wie Abstreifer mit hoher Widerstandsfähigkeit und für eine einfache Wartung konzipiert sein müssen, so muss auch die Förderanlage selbst so gestaltet sein, dass eine einfache Wartung möglich ist und dass die erforderlichen Freiräume für den Zugang gegeben sind.

Umwenden des Gurtes

Um Probleme zu vermeiden, die vom Kontakt eines schmutzigen Fördergurts mit den Rücklaufrollen hervorgerufen wurden, kann ein Förderband um 180° gewendet werden, nachdem es die Abwurfstelle passiert hat. Diese „Umwendung“ bringt die Fördergurtragsseite nach oben und die saubere Förderguroberfläche in Kontakt mit den Rücklaufrollen (**Abbildung 14.12**). Theoretisch sollte das Rücklaufmaterial beim Rücklauf des Bandes auf dem Fördergurt verbleiben. Der Fördergurt muss beim Eintritt in das hintere Ende wieder um 180° zurückgedreht werden, damit die Gurtoberseite beim Eintritt in den Beschickungsbereich wieder richtig positioniert ist. Die für die 180° -Wende des Bandes erforderliche Strecke an beiden Enden der Förderanlage entspricht etwa der 12- bis 20-fachen Fördergurtbreite.

Für die Umwendung sind spezielle Rollen mit zusätzlichem Freiraum unter der Förderanlage und ein spezieller Aufbau erforderlich. Folglich sind Gurtwendestationen normalerweise nur bei langen Überlandförderanlagen vertretbar.

Ein weiterer Aspekt ist die Tatsache, dass Rücklaufmaterial austrocknet und entlang der

Abbildung 14.12

Um Probleme zu vermeiden, die durch den Kontakt eines schmutzigen Fördergurts mit den Rücklaufrollen entstehen, wird das Band „gewendet“.



Rücklaufstrecke der Staub vom Wind weggeweht wird und in die Luft übergeht.

Durch die Wendung des Fördergurts kommt die schmutzige Seite des Fördergurts in Kontakt mit den Wenderollen. Da dies an einer Stelle stattfindet, wo die Ausrichtung der Rollen und Sauberkeit entscheidend sind, ist entweichendes Material hier besonders problematisch. Um die beim Wenden des Bandes freigesetzte Menge an Rücklaufmaterial zu minimieren, muss an der Abwurfstelle des Förderbandes ein wirksames Gurtreinigungssystem vorhanden sein. Oft ist es kostengünstiger, wenn man statt zwei Gurtwendestationen ein fortschrittliches Reinigungssystem wie z. B. einen Waschkasten einbaut.

Gurtmaterialien und Fördergurtreiniger

Der Zustand des Fördergurts hat einen bedeutenden Einfluss auf die Leistung des Fördergurtreinigungssystems. Es ist schwierig, einen Fördergurt zu reinigen, der aufgrund von Witterungseinflüssen, chemischem Angriff oder Gurtversatz rissig geworden ist, der ausgefranst oder durchbohrt ist, oder wo sich die einzelnen Materialschichten voneinander ablösen und aufblättern. Die Bandreinigung kann durch Musterbildung auf der Gurtoberfläche erschwert werden, wie z. B. von jenen, die man auf Polyvinylchlorid (PVC) - Gurtmaterial feststellen kann. In diesen Fällen ist die einzig wirksame Methode zur Entfernung von Rückständen das Abwaschen des Bandes.

Manche Gurthersteller haben immer noch die Unart, dass sie Kenn-Nummern und Firmenzeichen in die äußere Lage der Gurtoberseite einprägen (**Abbildung 14.13**). Den Wert dieser Praktik für das Marketing abzuschätzen, ist eine leichte Übung. Es ist jedoch genauso leicht, die Schwierigkeiten zu erkennen, die diese Embleme auf der Gurtoberseite bei der effektiven Reinigung und der Abdichtung der Fördersysteme hervorrufen. Eine bessere Vorgehensweise wäre die Kennzeichnung der Bänder auf Gurtunterseite.

Bei Fördergurten mit Stahlseilen ist oft das Muster der im Gummi eingebetteten Seile auf der Oberfläche erkennbar. Dies ergibt im Bandverlauf eine Reihe von harten und weichen Streifen. Zur Überwindung dieser „Streifen“ wird der Anpressdruck für die Reinigung über das notwendige Maß hinaus erhöht und deshalb beschleunigt sich auch der Verschleiß auf der Banddeckplatte und an den Abstreifblättern.

Alle Bandreinigungsmethoden und alle Materialien für Abstreifblätter führen auf der Förder-

gurtdeckplatte zu einem gewissen Verschleiß. Es gibt Gurtmaterialhersteller, die diesen Verschleiß bei der Gestaltung der Deckplatte der Gurtoberseite berücksichtigen. Es gilt allgemein als anerkannt, dass eine langsame Fördergurtabnutzung durch die eingebauten Gurtreinigungssysteme besser ist als ein schneller Verschleiß aufgrund der Praktik, dass das Band durch die Verunreinigungen geschleift und über festsitzende oder beschädigte Gurtrollen gezogen wird, die von einem nicht gereinigten Fördergurt herrühren. In Wirklichkeit hat ein gut konzipiertes Reinigungssystem viel weniger negative Auswirkungen auf die Lebensdauer der Deckplatte des Gurtmaterials als die Beladung des Bandes mit Material. Die Auswahl der Deckplatte der Gurtoberseite sollte sich eher nach der Beladung mit Material richten als nach den Betrachtungen über die Bandreinigung.

Manchmal ist ein Förderband mit „gutem Allgemeinzustand“ mit einer längs verlaufenden Rillenbildung behaftet, durch die konventionelle Reinigungsmethoden weniger wirksam sind. Dieser längs verlaufende Schaden könnte aus vielen Quellen herrühren, möglicherweise aus einem gegen das Band verkeilten Materialbrocken oder von einem Stück Stahl, das gegen das Band gedrückt wird. Um den Wirkungsgrad der Reinigung zu verbessern, könnte die Rille durch Anbringen eines Urethanflickens verfüllt werden. Möglicherweise muss diese Flickmasse im Verlauf der Lebensdauer des Fördergurts mehrmals aufgebracht werden. Die örtliche Reinigung mit einer Luftdüse, einem Bürstentreiniger oder einer anderen Vorrichtung kann auch zu einer verlängerten Nutzungsdauer des Bandes beitragen.

Die Auswirkungen der Reinigung auf die Lebensdauer des Fördergurts

Die Frage, inwieweit die Verwendung eines ingenieurmäßig konstruierten Gurtreinigungssystems die Nutzungsdauer des Fördergurts



Abbildung 14.13

Manche Gurthersteller prägen Firmenzeichen in die äußere Lage der Gurtoberseite und schaffen damit Probleme bei der Reinigung und Abdichtung der Fördersysteme.

verkürzt, ist schon eine Überlegung wert. Die Mechanismen des Verschleißes hängen zu einem beträchtlichen Teil von der im Abstreifblatt und in der Deckplatte der Gurtoberseite erzeugten Wärme ab. Beobachtungen aus der Praxis haben gezeigt, dass besonders bei Abstreifblättern aus Elastomeren der höchste Verschleiß sowohl des Abstreifblattes als auch des Fördergurtes auftritt, wenn kein Material auf dem Fördergurt aufliegt.

In der Forschungsstudie von R. Todd Swinderman und Douglas Lindstrom, "Belt Cleaners and Belt Top Cover Wear," [Fördergurtreiniger und Verschleiß auf der Gurtoberseite] wird ausführlich auf die Frage eingegangen, ob und inwieweit Fördergurtreiniger die Lebensdauer des Gurtmaterials negativ beeinflussen (Referenz 14.1). Die Ergebnisse dieser Studie haben gezeigt, dass ein Fördergurtreiniger zu einem Verschleiß am Fördergurt führen kann, der Verschleiß jedoch immer geringer war, als die Auswirkungen durch abrasives Rücklaufmaterial, wenn keine Abstreifer eingesetzt wurden.

Ähnliche Ergebnisse zeigten sich in einer Studie, in der die Lebensdauer von Bändern und deren Versagen in Betrieben mit ingenieurmäßig konzipierten Reinigungs- und Abdichtsystemen mit Betrieben verglichen wurden, die keine derartigen Systeme einsetzten. In dieser Untersuchung wurden in Indien 213 Förderbänder über 300.000 Betriebsstunden hinweg in Betrieben beobachtet, die sich mit dem Transport von Braunkohle, Kalkstein und Eisenerz beschäftigen. Diese Studie hat gezeigt, dass in den Betrieben, in denen ingenieurmäßig konstruierte Reinigungs- und Abdichtsysteme eingesetzt werden, die Bänder durchschnittlich 150 Prozent länger hielten (und nur 50 Prozent des Reinigungsaufwandes erforderten) als die Bänder in jenen Betrieben, die nicht mit solchen Systemen ausgestattet waren. Diese in Betrieben durchgeführte Studie spiegelt die Ergebnisse aus der Laborforschung, nämlich dass die Gurtreinigungssysteme zwar eine gewisse Abnutzung auf der Deckplatte des Fördergurtes hervorrufen, aber

die Devise im Endeffekt dennoch lauten muss „je sauberer das Band ist, desto länger wird es halten“.

DIE GESTALTUNG DER REINIGUNGSSYSTEME

Die Grundlagen von effektiven Reinigungssystemen

Zu den Grundlagen für den Einbau eines wirksamen Gurtreinigungssystems gehören die folgenden Kriterien: weit vorne, außerhalb des Materialflusses und mit dem geringstmöglichen Risiko für das Band.

Weit vorne

Um die Freisetzung von Rücklaufmaterial in die Anlage zu minimieren, sollte die Bandreinigung so weit vorne wie möglich an der Rücklaufstrecke des Bandes stattfinden (**Abbildung 14.14**). Normalerweise wird an der Stelle, wo der Fördergurt noch in Kontakt mit der Kopftrommel ist, mindestens ein Abstreifer installiert. Er wird auf der Lauffläche der Kopftrommel angebracht, unmittelbar unter der Stelle, wo das Material das Band verlässt. Diese Stellung, genannt Primärposition, bietet einen wesentlichen Vorteil dadurch, dass das Rücklaufmaterial sofort wieder mit dem Hauptmaterialfluss vereinigt wird. Dies reduziert die Gefahr, dass die Materialansammlung auf rollende Komponenten und in die Umgebung gelangt. Wenn die Abstreifblätter gegen das an der Kopftrommel anliegende Band gespannt werden, lassen sie sich am genauesten einstellen. Die Kopftrommel bietet eine feste Oberfläche, gegen die der Abstreifer präzise gestellt werden kann.

Durch die Nutzung des zur Verfügung stehenden Raumes und die Anbringung des ersten Abstreifers in dem als Primärposition bezeichneten Bereich steht mehr Platz zur Verfügung für die Installation von einem oder mehreren Abstreifern in der Sekundär- und der Tertiärposition. Wie beim Primärabstreifer gilt auch beim Einbau eines jeden weiteren Abstreifers, dass je weiter vorne er angebracht wird, desto geringer stehen die Chancen für die Freisetzung von Rücklaufmaterial und desto geringer ist der Bedarf für Geräte wie Abtropfschürren oder Schmutzförderer, um das aufgefangene Material mit dem Hauptmaterialstrom zusammenzuführen.

Abbildung 14.14

Die Bandreinigung sollte so weit vorne wie möglich auf der Rücklaufstrecke des Bandes stattfinden, um die Freisetzung von Rücklaufmaterial in die Anlage zu minimieren.



Außerhalb des Materialflusses

Es ist wichtig, dass die Abstreifer außerhalb des Materialflusses angebracht werden und das vom Band entfernte Material nicht an den Abstreifblättern oder am Aufbau anhaftet (**Abbildung 14.15**).

Ein in der Materialflugbahn installierter Abstreifer kann zu vorzeitigem Verschleiß am Stützrahmen und an der Rückseite der Abstreifblätter führen, was einen Austausch der Abstreifblätter erforderlich machen kann, sogar noch bevor die Reinigungskante verschlissen ist. Die zu bevorzugende Positionierung eines Abstreifers in der Primärposition erfordert, dass die Abstreiferspitze unterhalb der horizontalen Mittellinie der Trommel steht.

Auf einem außerhalb der Flugbahn des Materials installierten Abstreifer kann sich immer noch Material aufbauen, das an den Außenflächen anhaftet. Abstreifer sollten so konzipiert werden, dass so wenig Material wie möglich anhaften kann. Dies wird durch Vermeidung von flachen Oberflächen und von Taschen erreicht, in denen sich Material verfangen kann und durch den Einsatz von nichthaftenden Materialien. Unter der Voraussetzung der richtigen Umgebung hilft das Aufsprühen von Wasser auf die Bandoberfläche - oder auf die Abstreifer - beim aufweichen des Materials und bei der Minimierung von Materialansammlungen. (Siehe Kapitel 24: „Gurtwaschsysteme“.)

Mit dem geringstmöglichen Risiko für das Band

Eine wesentliche Überlegung bei der Auswahl einer Bandreinigungseinrichtung ist die Minimierung des Risikos, dass der Abstreifer das Band oder eine Gurtverbindung beschädigen könnte, also jenes System, für dessen Schutz er eigentlich eingebaut wurde. Gurtreinigungssysteme müssen so konstruiert werden, dass das Abstreifblatt ausweichen kann, wenn eine Verbindung, ein beschädigter Abschnitt des Fördergurts oder ein anderes Hindernis mit dem Band den Abstreifer passiert. Die Spannvorrichtung des Abstreifers, speziell beim Primärabstreifer, wo der Angriffswinkel steiler ist, sollte mit einem Entlastungsmechanismus versehen sein, der auf den Aufprall der Gurtverbindung reagiert.

Ein aggressiv eingestellter Primärabstreifer mit hohem Anpressdruck wird die Deckplatte der Gurtoberseite schneller abtragen. Derartige Abstreifer bergen das Risiko in sich, dass sie sich an einer hervorstehenden Verbindung oder einem Bandstück verfangen.

Das Material des Abstreifers sollte sorgfältig ausgesucht werden. Materialien, wie z. B. Streifen von gebrauchtem Gurtmaterial, sollten nie für die Gurtreinigung oder zur Abdichtung verwendet werden, weil sie eventuell Stahlseile oder abrasiven Gewebeeinlage enthalten können. Diese eingebetteten Materialien verursachen einen übermäßigen Verschleiß an der Deckplatte der Gurtoberseite.

Gestaltungsprinzipien für Gurtreiniger

Obwohl auch andere Gurtreinigungssysteme verfügbar sind - meist Bürstensysteme oder auf pneumatischer Basis - werden am häufigsten Gurtreiniger mit Abstreifblättern eingesetzt. Hier wird das Material mittels eines Abstreifblattes von der Fördergurtoberfläche weggeschabt. Zum Anpressen der Reinigungsleiste gegen den Fördergurt benötigen diese Geräte eine Energiequelle, wie z. B. eine Feder, ein Presslufttank oder ein durch Torsion gespanntes elastisches Element. Das direkt mit dem Fördergurt in Kontakt stehende Abstreifblatt unterliegt einer abrasiven Abnutzung. Es muss regelmäßig nachgestellt bzw. ersetzt werden, um die Reinigungsleistung zu gewährleisten.

Reinigungsbreite

Normalerweise erfassen die Abstreifblätter eines Gurtreinigers nicht die volle Breite des Bandes, weil die volle Fördergurtbreite üblicherweise nicht für den Materialtransport verwendet wird. Die CEMA spezifiziert die Mindestreinigungsbreite des Abstreifblattes auf der Basis der Fördergurtbreite (**Tabelle 14.1**).

Verschiedene Hersteller der Gurtreiniger haben ihre eigenen Normen oder typischen Reinigungsbreiten und deswegen sehen sie größere Breiten als die Mindestreinigungsbreite vor. Es ist jedoch selten erforderlich, dass das Abstreifblatt so breit oder breiter als das Band sein muss.

Für eine verbesserte Reinigungswirkung sollte die Materialtransportbreite auf dem Band



Abbildung 14.15

Fördergurtreiniger sollten außerhalb des Materialflusses angebracht werden.

Tabelle 14.1

Mindestreinigungsbreite des Abstreifblattes			
Metrische Normgurtmaße* (mm)		Amerikanische Normgurtmaße (Zoll)	
Bandbreite	Mind. Reinigungsbreite	Bandbreite	Mind. Reinigungsbreite
300	200	18	12
500	330	24	16
650	430	30	20
800	530	36	24
1000	670	42	28
1200	800	48	32
1400	930	54	36
1600	1070	60	40
1800	1200	72	48
2000	1330	84	56
2200	1470	96	64
2400	1600	108	72
2600	1730	120	80
2800	1870		
3000	2000		
3200	2130		

*Nach Muster der CEMA; *Metrische Maße basieren auf metrischen Normgurtmaßen, nicht auf der Umrechnungen von angloamerikanischen Maßen.*

Abbildung 14.16

oben: Wenn das Abstreifblatt breiter als der Materialfluss ist, kann die Mitte des Abstreifblattes schneller verschleiben als die Außenkanten.

unten: Wenn sich die Mitte des Blattes abnutzt, kann Material an der Spitze vorbeirutschen; die Außenkanten werden vom Material weggehalten und verschleiben somit nicht.



beobachtet oder berechnet und an die Breite des Gurtreinigers angepasst werden.

Manchmal führt die Verwendung eines Abstreifblattes, das breiter als die Materialladung auf dem Band ist, zu unerwünschten Verschleißmustern. Das Mittelstück des Abstreifblattes verschleißt schneller als die Außenseiten, da in der Mitte mehr abrasives Material vorhanden ist. Dann hält der Außenbereich des Abstreifblattes das Mittelstück auf Abstand vom Fördergurt weg. Rücklaufmaterial kann dann zwischen dem Fördergurt und dem Abstreifblatt durchfließen und den Verschleiß des Mittelstücks beschleunigen (**Abbildung 14.16**).

Das Material auf dem Band sorgt auch für eine Schmierung und Kühlung des Abstreifblattes, deshalb sollte die Reinigungsbreite nicht übermäßig groß ausgelegt werden. Ohne diese Schmierwirkung kann ein Hitzestau an den Außenkanten zum Abstreifblattversagen und/oder zu einer Bandschädigung führen.

Eine Reduzierung der Reinigungsbreite auf dem Fördergurt kann zu einer Verringerung des Wärmeproblems beitragen. Dabei sollte jedoch umsichtig vorgegangen werden, besonders bei einem gemuldeten Bandes. Wenn sich das Band über die Kante eines Abstreifblattes wellt, ist es der scharfen Kante des Blattes ausgesetzt. Bei manchen Abstreifern wird ein flexibleres, nicht-metallisches Abstreifblatt auf den Außenkanten eingesetzt, um dieses Problem zu vermeiden. Eine andere Lösung ist die Bandglättung unter Verwendung von Niederdruck-Rollen (**Abbildung 14.17**).

Bei einigen Anwendungen muss das Abstreifblatt so breit oder breiter als das Band sein. Wenn ein Abstreifer als Wasserabstreifer zur Trocknung des Bandes eingesetzt wird, muss er eventuell so breit wie das Band sein, um alle nassen Bereiche erfassen zu können. Manche Materialien wie z. B. Flugasche neigen dazu, sich auf dem Band auszubreiten oder horizontal über den Gurtreiniger hinwegzuffließen. Wenn sich das Abstreifblatt in solchem Fall nicht über die volle Breite erstreckt, kann sich Material zwischen dem Band und der Achse des Abstreifers ansammeln, wo es verhärten und das Band beschädigen kann.

Durchgehende- oder segmentierte Reinigungsleiste

Bei einer segmentierten Reinigungsleiste mit elastischen oder federbelasteten Aufhängungen an jedem einzelnen Abstreifsegment wird jedes Blatt mit der richtigen Abstreifspannung gegen das Band angedrückt, wobei jedes Blatt schon

bei einem niedrigeren Druck wirksam sein kann, als die durch die gesamte Spannvorrichtung aufgebrachte Kraft. Mit anderen Worten schmale Abstreifblätter können sich besser an den Fördergurt anpassen. Sie können gegen Veränderungen in der Oberflächenkontur nachgeben, vom Band abheben, um eine Gurtverbindung passieren zu lassen und dann leichter in die Reinigungsposition zurückkehren, als ein einzelnes, aus einer einzigen Einheit bestehendes Abstreifblatt. Dies bedeutet, dass die segmentierte Abstreifblätter effizienter und sicherer für den Abstreifer und das Band sind.

Neue Entwicklungen bei den Urethanausführungen ermöglichen einen verbesserten Kontakt zwischen Primärabstreifern in Einzelblattausführung und dem Band.

Es gibt eine ganze Reihe von Materialien, die als Abstreifblätter zum Einsatz kommen, von Gummi und Urethan bis hin zu unlegierten Stählen und Edelstählen. Zur Verbesserung der Abriebfestigkeit und der Reinigungsleistung sind Abstreifblätter mit Wolframkarbideinlagen oder auch mit Füllstoffen wie Glasperlen erhältlich.

Die Abstreiferhersteller haben den Bereich der zur Verfügung stehenden Urethanmaterialien erweitert, um den spezifischen Anforderungen für bestimmte Einsatzgebiete gerecht werden zu können, wie z. B. mit einer verbesserten Beständigkeit gegen Verschleiß, gegen Hitze, Chemikalien oder Luftfeuchtigkeit. Manchmal erfordert die einzigartige Kombination von Kenngrößen in einem Anwendungsfall die Durchführung eines vergleichenden Testprogramms, um das beste Material für diese Anwendung zu bestimmen.

Angriffswinkel

Der Angriffswinkel der Abstreifblätter gegen das Band ist ein Thema von äußerster Wichtigkeit. Allgemein betrachtet gibt es zwei Alternativen: Abstreifblätter mit positiver Anstellneigung (oder schneidend) und Abstreifblätter mit negativer Anstellneigung (oder schabend) (**Abbildung 14.18**). Bei einer positiven Anstellneigung sind die Abstreifblätter gegen die Transportrichtung des Bandes (**Abbildung 14.19**) und bei einer negativen Anstellneigung in Transportrichtung des Bandes gerichtet, normalerweise in einem Winkel von 3° bis 15° auf die Vertikale bezogen, je nach Art der Gurtverbindung (**Abbildung 14.20**). Abstreifblätter, die am Montagepunkt vertikal oder senkrecht auf das Band ausgerichtet sind, haben einen Anstellwinkel von Null Grad.

Metallabstreifblätter mit einer positiven Anstellneigung werden von dem sich bewegenden Band schnell auf Rasiermesserschärfe ange-



Abbildung 14.17

Eine Lösung für ein sich über die Kante eines Abstreifblattes kräuselndes Förderband ist die Glättung des Bandes mit Hilfe von Niederhalter-Rollen.

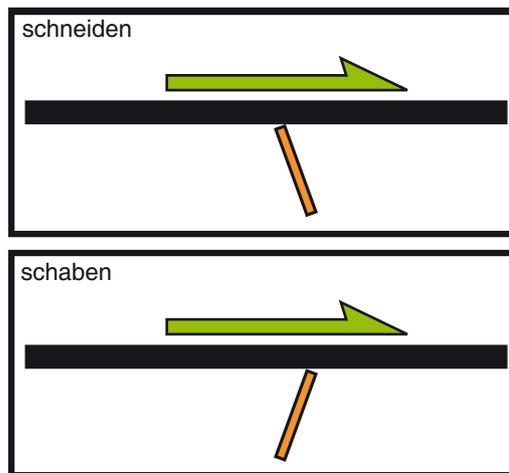


Abbildung 14.18

Der Angriffswinkel der Abstreifblätter gegen das Band ist ein Thema von äußerster Wichtigkeit. Allgemein betrachtet gibt es bei der Gurtreinigung zwei Angriffswinkel: Abstreifblätter mit positiver Anstellneigung (oder Abschläusrichtung) und Abstreifblätter mit negativer Anstellneigung (oder schabende Ausrichtung)



Abbildung 14.19

Abstreifblätter mit einer positiven Anstellneigung sind gegen die Transportrichtung des Bandes gerichtet.

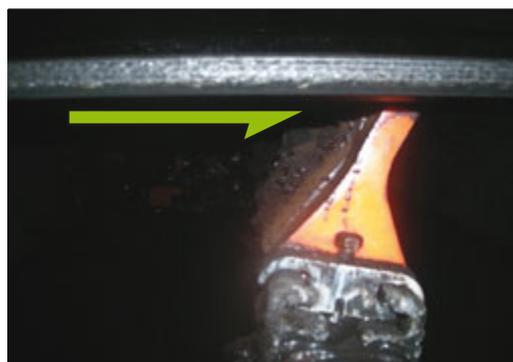


Abbildung 14.20

Abstreifblätter mit einer negativen Anstellneigung sind in Transportrichtung des Bandes gerichtet.

schliffen und können teure Schäden verursachen, wenn deren Ausrichtung z. B. durch einen kleinen Schlag verändert wird. Abstreifblätter mit positiver Anstellneigung sind gelegentlich hochfrequenten Vibrationen ausgesetzt, was ein „Rattern“ der Abstreifblätter verursacht, wobei deren geschärfte Kanten wiederholt in die Deckplatte des Gurtes hineinstoßen.

Bei Abstreifblättern mit negativer Anstellneigung kann sich an der geneigten Reinigungskante Material ansammeln, das das Abstreifblatt aus der Stellung einer wirksamen Reinigung wegdrückt. Bei fehlender Reinigung und Wartung sind jedoch alle Fördergurtreiniger dem Risiko des Materialaufbaus ausgesetzt, gleichgültig welcher Angriffswinkel gewählt wird (**Abbildung 14.21**). Bei einem Abstreifblatt mit negativer Anstellneigung stoßen seine Kanten (selbst bei Anwendung eines hohen Anpressdrucks) nicht in die Gurtoberfläche.

Häufig besteht die Meinung, dass eine positive Anstellneigung für Primärabstreifer akzeptabel ist, die mit sehr geringem Anpressdruck am Fördergurt anliegen. Es ist jedoch ratsam, in Sekundär- und Tertiärposition Abstreifblätter mit negativer Anstellneigung zu verwenden, wo höhere Anpressdrücke und die Verwendung von Metallblättern ein größeres Risiko für den Fördergurt, die Gurtverbindung und den Abstreifer selbst darstellen.

DIE AUSWAHL EINES FÖRDERGURTREINIGUNGSSYSTEMS

Bei der Auswahl eines Gurtreinigers für eine gegebene Anwendung ist die Beurteilung einer Anzahl von Faktoren erforderlich. Nachfolgend finden Sie die Grundinformationen, die ein

Lieferant für die Empfehlung eines geeigneten Gurtreinigungssystems benötigen würde:

- Breite und Geschwindigkeit des Bandes
- Breite der Beladung des Fördergurtes
- Trommeldurchmesser
- Materialkenngrößen (einschließlich Korngröße, Feuchtigkeitsgehalt, Temperatur, Abrasivität und Korrosivität)
- Länge der Förderanlage

Die Länge der Förderanlage ist eine wichtige Variable, da die Bewegungen über die Muldungsrollen Vibrationen im Schüttgut verursachen die eine Sedimentierung der Feinanteile mit nachfolgender Verdichtung auf dem Band führen. Bei langen Überlandförderanlagen kann dieser Effekt beträchtlich werden. Deshalb sind längere Förderanlagen fast immer schwerer zu reinigen als kürzere Bänder.

Kurze Bänder oder Bänder, die längere Zeit leer laufen, können unter der durch den Gurtreiniger erzeugten Wärme leiden. Ein Abstreifblatt, das mit dem Fördergurt in Kontakt steht, erzeugt Wärme aufgrund der Reibung zwischen dem Band und dem Abstreifblatt. Bei Förderbändern, die längere Zeit ohne Ladung betrieben werden, kann sich im Abstreifblatt und in der Halterung des Blattes Wärme stauen, was zu einer Verminderung der Lebensdauer des Blattes oder zu Schäden an der Halterung führt. Wenn es sich um ein kurzes Band handelt, kann die Deckplatte des Bandes die Wärme eventuell nicht abgeben, was zu einer qualitativen Verschlechterung des Gurtmaterials führt. Ein Fördergurtreiniger, der mit hohem Anpressdruck am Band anliegt, verschlimmert dieses Problem bis zu einem Punkt, wo das Abstreifblatt nach dem Abschalten der Förderanlage am Band festklebt.

Zu den weiteren Variablen, die für das Gesamtleistungsverhalten des ausgewählten Systems von Bedeutung und deshalb bei der Auswahl des Reinigungssystems zu prüfen sind, gehört:

- Der für die Montage und die Wartung zur Verfügung stehende Raum
- Die Änderungsmöglichkeit in den Materialkenngrößen (z. B. von nass und klebrig zu trocken und staubig)
- Extreme Temperaturen
- Einschnitte, Einstiche, Risse oder Spalte im Fördergurt aufgrund von Alter oder extremer Belastung
- Zahlreiche, nicht versenkte oder beschädigte mechanische Verbindungen

Abbildung 14.21

Bei Abstreifblättern mit negativer Anstellneigung kann sich an der geneigten Reinigungskante Material ansammeln, das das Abstreifblatt aus der Stellung einer wirksamen Reinigung wegdrückt. Bei fehlender Reinigung und Wartung sind jedoch alle Fördergurtreiniger dem Risiko des Materialaufbaus ausgesetzt, unabhängig davon, welcher Angriffswinkel gewählt wird.



- F. Gurtvibrationen durch Materialansammlungen auf Kopfrollen und anderen rollenden Komponenten, die den Kontakt zwischen dem Abstreifer und dem Fördergurt erschweren
- G. Material, das an der Reinigungsvorrichtung anhaften oder sich darin verfangen kann
- H. Materialanhäufung in der Abtropfschurre

Weitere Spezifikationen eines Lieferanten mit einzubeziehende oder bei dessen Bewertung zu berücksichtigende Überlegungen wären:

- A. Gewünschte/erforderliche Reinigungsleistung
- B. Erforderliche/verfügbare Wartungsmöglichkeiten
- C. Erforderliche/verfügbare Sachkenntnis für die Montage
- D. Anschaffungspreis in Bezug auf die Betriebskosten
- E. Renommee des Herstellers (einschließlich der Servicekapazitäten und Leistungsgarantien)

Für die Auswahl eines für eine bestimmte Anwendung passenden Reinigungssystems steht eine ganze Anzahl Möglichkeiten zur Verfügung, einschließlich Online-Auswahlsysteme, die die Materialkenngrößen und Förderanlagenspezifikationen analysieren, um letztlich einen Vorschlag für einen Gurtreiniger zu liefern.

Die für die Spezifizierung eines Reinigungssystems erforderlichen Informationen

R. Todd Swinderman hat beim Jahrestreffen der Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME) in 2004 in einer Arbeit die Grundinformationen vorgestellt, die der Endnutzer für die Ausarbeitung eines Angebotes für ein Gurtreinigungssystem zur Verfügung stellen soll und die in einem vom Reinigungssystemhersteller erstellten Angebot enthalten sein sollten.

Die Anfrage des Betreibers sollte beinhalten:

- A. Die Betriebsstunden des Fördersystems
- B. Die Nenntonnage des Systems pro Stunde
- C. Prozentualer Anteil der Laufzeit der Förderanlage, in der Material transportiert wird
- D. Marke und Beschreibung des Fördergurtes: Breite, Alter, Zustand und Spurführung des Bandes
- E. Geschwindigkeit des Bandes und ob es sich um einen unidirektionalen Förderer oder einen Reversiergurt handelt und falls reversie-

rend, den prozentualen Anteil der Nutzung für beide Richtungen

- F. Die Temperatur, (Luft)feuchtigkeit und sonstige von der Umwelt oder den Einsatzbedingungen abhängige Größen, die auf den Einsatz oder die Lebensdauer von Gurtreinigungseinrichtungen eine Auswirkung haben könnten
- G. Materialspezifikation gemäß dem CEMA-Standard 550 *Classification of Bulk Solids Standard* [Klassifizierung von festen Schüttgütern]
- H. Bei der Gurtreinigung auf der Tragseite der Rücklaufstrecke des Förderbandes zu erreichende Reinigungsstufe in g/m^2 (Unze/ ft^2)
- I. Trommeldurchmesser und Zustand der Trommelbeschichtung, Art und Materialstärke

Das Angebot des Gerätelieferanten sollte beinhalten:

- A. Eine Empfehlung des entsprechenden Systems, das der vom Nutzer vorgegebenen Stufe der Reinigungsleistung entspricht
- B. Eine Erklärung der zu erwartenden durchschnittlichen Lebensdauer und der zu erwartenden Kosten für Verschleißteile
- C. Eine Möglichkeit zur Anpassung der Reinigungsleistung im Laufe der Zeit, während der sich der Zustand des Fördergurts oder das Schüttgut ändern kann
- D. Prüfverfahren, Prüfeinrichtungen und der für Leistungsmessungen zu verwendende Referenzstandort/Messort; Prüfeinrichtungen zur Erzielung wiederholbarer Ergebnisse, die für die gesamte Transportbreite und Länge des Fördergurts arttypisch sind; Dokumentation der Prüfverfahren und Prüfeinrichtungen, damit die Prüfungen wiederholt werden können
- E. Einbauanweisungen
- F. Erforderliche Vorgehensweisen bei der Wartung und Wartungshäufigkeit
- G. Leistungsgarantie
- H. Zahlungsbedingungen und -konditionen

Ein für alle Förderanlagen geeigneter Abstreifer?

Eine Prüfung des Marktes zeigt, dass es viele konkurrierende Konzepte für Reinigungssysteme gibt. Deshalb stellt sich die Frage: Warum hat sich die Branche nicht für ein einzelnes, erfolgreiches System entschieden, das bei allen Anwendungen akzeptable Ergebnisse liefert?

In einer Zusammenfassung der verschiedenen in seinem Betrieb installierten Fördergurtreiniger hat ein Ingenieur einer großen Bergbaugesellschaft geschrieben:

Sowohl aufgrund der unterschiedlichen Materialien mit ihren sehr weit gefächerten physikalischen Eigenschaften, als auch wegen der unterschiedlichen Umweltbedingungen im Tagebau, gibt es gegenwärtig keinen universell anwendbaren Fördergurtreiniger, der die Anforderungen aller Situationen ohne Probleme erfüllen könnte.

Der Autor bezog sich hier nur auf den Braunkohletagebau einer einzigen Gesellschaft in Deutschland. Der Abbau von Braunkohle im Tagebau ist wahrlich eine herausfordernde Aufgabe, aber es ist eben nur eine der unzähligen Umgebungen, die ein Fördergurtreiniger erdulden muss. Die gesamte Anwendungswelt für Fördergurtreiniger ist so viel größer - einschließlich der Vielzahl von verschiedenen Materialien, Bedingungen und Fördersystemen - dass die Sondierung einer ganzen Reihe von verschiedenen Wahlmöglichkeiten erforderlich ist.

Das Problem besteht darin, ein Reinigungssystem zur Verfügung stellen zu können, das an die meisten dieser Situationen angepasst werden kann. In der Tat ist eine der Schwierigkeiten bei der Entwicklung eines Universalreinigungssystems, dass jeder Gerätehersteller, jeder Förderanlageningenieur und Heerscharen von Anlagenmitarbeiter und Wartungspersonal eigene Vorstellungen und Ideen für die richtige Reinigung eines Förderbandes haben. Mit so vielen verschiedenen Variablen bei den Anwendungen hat jedes dieser Konzepte irgendwo und irgendwann zum Erfolg geführt.

Anlageingenieure oder Wartungskräfte, die aus eigenem Antrieb heraus einen Fördergurtreiniger selbst konstruiert und eingebaut haben, kommen jeden Tag vorbei und sehen nach, ob auch alles richtig und schön funktioniert. Dadurch, dass sie auf den Abstreifer achten, immer wieder die Spannung zwischen Abstreifblatt und Gurt nachstellen und jede Materialansammlung abklopfen, stellen sie sicher, dass die Leistungsfähigkeit mindestens der von vielen der derzeit verfügbaren kommerziellen Reinigungssysteme gleichkommt. Das Schlüsselement, das zu einer akzeptablen Reinigungsleistung dieses Systems führte, war wahrscheinlich der erhöhte Pflegeaufwand. Aber egal wie ein Fördergurtreiniger konstruiert ist, funktionieren alle Reinigungssysteme besser, wenn ihnen eine regelmäßige und ausreichend bemessene Wartung zuteil wird.

Reinigungssysteme für „Worst-Case“ Materialien

Reinigungssysteme für Förderanlagen sollten nicht so ausgelegt werden, dass sie nur mit den beschränkten Herausforderungen der normalen Einsatzbedingungen zurechtkommen. Sie sollten eher so konstruiert sein, dass sie auch in schwierigen Umgebungen gut funktionieren. Wenn das transportierte Material in 99 Prozent der Fälle trocken ist, dann kommt mit Sicherheit irgendwann der Tag, an dem das Material nass und klebrig sein wird und an dem sich das Reinigungssystem möglicherweise nicht angemessen verhält. Dieses einzelne Ereignis könnte ein Vielfaches dessen kosten, was durch die Auslegung für „normale“ Einsatzbedingungen „gespart“ worden ist. Mit einem für „Worst-Case“-Bedingungen ausgelegten Reinigungssystem bietet diese „Überdimensionierung“ bei normalen Einsatzbedingungen mit Sicherheit den Vorteil einer viel längeren Nutzungsdauer und einem geringeren Wartungsbedarf. Und wenn sich die Bedingungen dann zum Schlechteren wenden, kann das Reinigungssystem auch diese Herausforderung bestehen.

Die Beurteilung eines Materials in seinem schlechtesten Zustand erfordert Zeit und Arbeit, aber jeder renommierte Gurtreinigungssystemhersteller wird derartige Prüfungen bereits durchgeführt haben, damit er das Materialverhalten versteht und das beste Produkt zur Abdeckung vieler verschiedener Einsatzbedingungen anbieten kann.

SYSTEMATISCHER ANSATZ ZUR BANDREINIGUNG

Der Bedarf für ein System

Nach dem Stand der Technik wird bei der Fördergurtreinigung mehr als nur ein einziger Durchgang empfohlen, um eine sichere und wirksame Entfernung des Rücklaufmaterials zu erreichen. Wie beim Rasieren ist es sicherer und effektiver, wenn man mehrmals sanft über eine Stelle darübergeht, statt einmal, aber bei hohem Anpressdruck und mit aggressivem Anstellwinkel.

Am wirksamsten ist normalerweise der Einbau eines Mehrfach-Abstreifersystems, das aus einem Vorabstreifer und mindestens einem Hauptabstreifer besteht (**Abbildung 14.22**). Dabei ist der Vorabstreifer mit niedrigem Anpressdruck an der Kopftrommel zur Entfernung der obersten Schicht und der Hauptmasse des Rücklaufmaterials montiert. Dies ermöglicht dem mit optimalem Anpressdruck eingestellten Hauptab-

streifer die exakte und abschließende Entfernung der anhaftenden Feianteile, ohne dabei durch eine Masse von Rücklaufmaterial überlastet zu werden. Bei der Gurtreinigung haben die zwei Arten von Abstreifer verschiedene Aufgaben und sind deshalb unterschiedlich konstruiert und aufgebaut. Viele Förderanlagen kommen mit dem dualen Abstreifsystem zurecht (**Abbildung 14.23**). Es gibt jedoch Anwendungen, bei denen zusätzliche Gurtreiniger erforderlich sind, um höchste Reinigungswirkung unter allen Bedingungen zu erzielen (**Abbildung 14.24**).

Der Ausdruck „Mehrfach-Abstreifersystem“ kann sich auf eine beliebige Kombination beziehen und reicht von dem häufig eingesetzten System aus Vorabstreifer und Hauptabstreifer, bis hin zu den hoch entwickelten Systemen aus einem oder mehreren Vorabstreifern und einem oder mehreren Haupt- und/oder Tertiärabstreifern. Ein Fördersystem mit einer großen Kopftrommel ermöglicht die Montage von mehr als einem Vorabstreifer in der Primärposition. Wo das Förderband sehr sauber sein muss, könnte man den Vorabstreifer und Hauptabstreifer mit einem Gurtwaschsystem ergänzen, das aus Sprühlanzen, Fördergurtreinigen und Abstreifern zum Trocknen vom Fördergurt besteht. (Siehe Kapitel 24: „Gurtwaschsysteme“.)

Zusätzlich zur verbesserten Reinigungsleistung erweitert ein Mehrfach-Abstreifersystem auch den Zeitraum zwischen den erforderlichen Wartungen. Zwei Abstreifer, jeder mit einem etwas geringer eingestellten Anpressdruck eingesetzt, sollten zu einer längeren Lebensdauer der Abstreifblätter führen, als wenn man nur einen einzigen Abstreifer mit höherem Anpressdruck zur Bewältigung der gesamten Reinigung einsetzt.

Ein erfolgreiches Mehrfach-Abstreifersystem ist eines, das in den Aufbau der Förderanlage hineinpasst, das das gewünschte Reinigungsergebnis erreicht und bei dem nur ein Minimum an Wartungsaufwand erforderlich ist.

Primärabstreifer

Der Vorabstreifer oder Grobabstreifer wird auf der Lauffläche der Kopftrommel angebracht, unmittelbar unterhalb der Abwurfparabel des vom Fördergurt abgeworfenen Materials (**Abbildung 14.25**). Durch diese Position kann sich das vom Fördergurt entfernte Material mit dem Hauptmaterialfluss vereinen, sowie dieses den Fördergurt verlässt, wodurch eine Überlastung der Abtropfschurre oder eines sonst vorhandenen Rückgewinnungssystems vermieden wird.

Vorabstreifer werden mit geringem Anpressdruck aber mit einem aggressiven Angriffswin-

kel eingebaut, um die groben Anteile von der Rücklaufmaterialschiene abzuscheren (**Abbildung 14.26**). Dadurch wird die Hauptmenge des Rücklaufmaterials entfernt und der Hauptabstreifer kann das weitere, darunterliegende Material beseitigen.

Das Blatt des Vorabstreifers sollte mit positiver Anstellneigung eingebaut werden, mit einer gegen die Laufrichtung des Bandes und der Trommel gerichteten Neigung, typischerweise in einem Winkel von 30° bis 45° zu einer Tangente zur Gurtoberfläche am Berührungspunkt. Statt den Lauf des Materials zu blockieren, lenkt

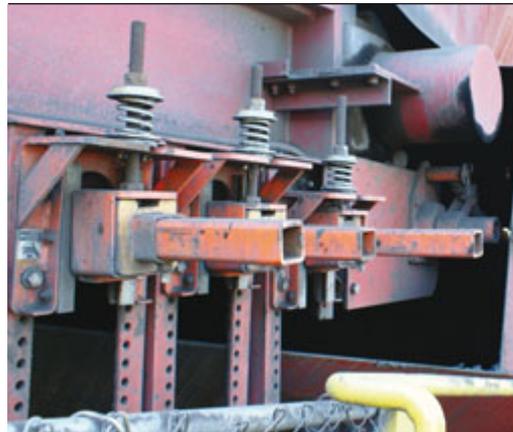


Abbildung 14.22

Ein aus einem Primärabstreifer und mindestens einem Sekundärabstreifer bestehendes Mehrfach-Abstreifersystem ist oft das wirksamste System.



Abbildung 14.23

Viele Förderanlagen können mit einem dualen Abstreifsystem zufrieden stellend gereinigt werden.

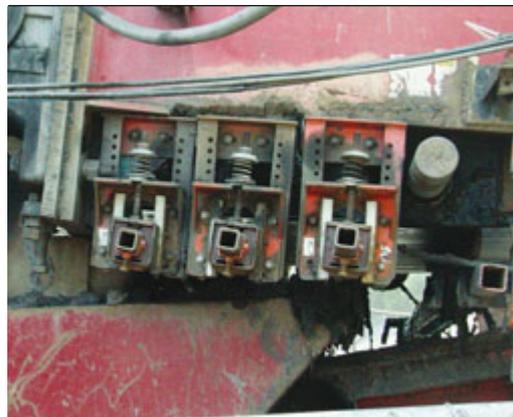


Abbildung 14.24

Bei manchen Anwendungen werden zusätzliche Gurtreiniger benötigt, um höchste Reinigungswirkung unter allen Bedingungen zu erzielen.

ein Vorabstreifer das Material vom Fördergurt weg, so dass es zum Hauptmaterialfluss zurückkehren kann, oder über die Rückseite des Abstreifers hinweg abgeworfen wird (**Abbildung 14.27**). Die Verwendung dieses niedrigen Angriffswinkels, in Verbindung mit bei geringem Anpressdruck anliegenden Elastomer-Vorabstreifblättern, führt zu niedrigen Verschleißraten, sowohl für das Blatt, als auch für die Bandoberfläche. Wäre der Angriffswinkel größer (d.h. ein Anstellwinkel von Null oder bei einer negativen Anstellneigung), müsste das Abstreifblatt gegen den Druck des anströmenden Materials in Position gehalten werden. Eine Erhöhung des Druckes erhöht das Risiko eines Fördergurtschadens.

Um sogar das von einem in positiver Anstellneigung mit leichtem Anpressdruck gehaltenen Abstreifblatt ausgehende Risiko für das Band, die Gurtverbindung und den Abstreifer zu minimieren, werden bei den Vorabstreifern normalerweise Abstreifblätter aus federnden Elastomeren statt Metall verwendet, wie z. B. Urethan oder Gummi. Ein Anpressdruck von 14 kPa ermöglicht eine gute Reinigungsleistung und bietet gleichzeitig Sicherheit für den Fördergurt. Dieser niedrige Anpressdruck bedeutet, dass das System nachgeben kann. Das Abstreifblatt kann sich vom Fördergurt weg abheben und ausweichen, wenn sich ein Hindernis, wie z. B. eine mechanische Verbindung an der Reinigungskannte vorbeibewegt. Dadurch wird das Risiko einer Beschädigung reduziert. Ein ordnungsgemäß auf den Abstreifer aufgebracht Anpressdruck verlängert die Lebensdauer des Abstreifblattes und reduziert den Bandverschleiß. Bei zu geringem Anpressdruck kann Material zwischen dem Abstreifblatt und dem Fördergurt durchrutschen, wo es sich dann verfängt und eine verschleißende Wirkung für beide Komponenten hat. Ein zu hoher Anpressdruck führt zu beschleunigtem Verschleiß und erhöht den zur Bewegung des Bandes erforderlichen Energiebedarf.

Abbildung 14.25

Der Primärabstreifer, manchmal auch als Vorabstreifer oder Grobabstreifer bezeichnet, wird auf der Lauffläche der Kopftrommel angebracht, unmittelbar unterhalb der Flugbahn des vom Fördergurt abgeworfenen Materials.

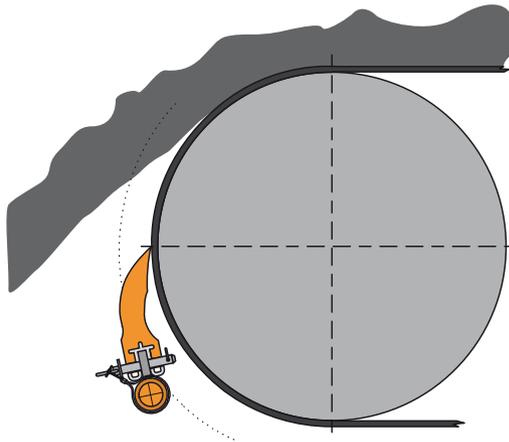


Abbildung 14.26

Vorabstreifer werden mit geringem Anpressdruck aber einem aggressiven Angriffswinkel eingebaut, um die obere Schicht des Rücklaufmaterials abzuscheren.



Abbildung 14.27

Statt den Lauf des Materials zu blockieren, lenkt ein Vorabstreifer das Material vom Fördergurt weg, damit es zum Hauptmaterialfluss zurückkehren kann.



Um eine akzeptable Reinigungsstufe mit nur einem einzigen Vorabstreifer zu erreichen (ohne Unterstützung durch einen Hauptabstreifer oder zusätzlichen Abstreifer), ist normalerweise die Aufbringung eines höheren Anpressdruckes auf das Abstreifblatt erforderlich, als dem Druck, der für die Erhaltung der Bandnutzungsdauer empfohlen wird.

Zu den Kenngrößen von Vorabstreifern gehören der Verschleißbereich, die Reinigung mit konstantem Anstellwinkel und die Reinigung mit konstanter Anpressfläche.

Verschleißbereich

Eine Eigenschaft, die für jeden Vorabstreifer definiert werden sollte, ist die Materialmenge, die vom Abstreifblatt durch den Fördergurt abgetragen werden kann. Dies nennt man den Verschleißbereich. Dieser Bereich kann durch Erfassung des Abstreifblattes und der Kopftrommel in einer Konstruktionssoftware ermittelt werden. Der Montageabstand, der Drehpunkt des Abstreifblattes und der Durchmesser der Kopftrommel sind der Herstellerspezifikation zu entnehmen. Das Abstreifblatt wird so rotiert, dass es bis zur Verschleißgrenze in die Kopftrommel hineinragt und dann wird die von der Kopftrommel überdeckte Fläche berechnet (**Abbildung 14.28**). Dieser Verschleißbereich ermöglicht den Vergleich verschiedener Blattkonstruktionen, da

die Lebensdauer eines Abstreifblattes weder eine Funktion der Reinigungsbreite des Abstreifblattes noch der Breiten der einzelnen Abstreifblätter ist.

Reinigung mit konstantem Anstellwinkel

Um dem Problem des sich bei Blattverschleiß ändernden Anstellwinkels zu begegnen, ist ein radial verstellbarer Fördergurtreiniger mit einem speziell gestalteten gebogenen Abstreifblatt ausgestattet. Diese Anordnung hat man CARP (Constant Angle Radius Profile [Winkelbeibehaltung unter Radialdruck]) benannt. Bei der „CARP“-Anordnung bleibt der Abstreifwinkel während der gesamten Nutzungsdauer des Abstreifblattes konstant. Dieses Prinzip des „konstanten Winkels“ hat den offensichtlichen Vorteil, dass der Wirkungsgrad des Reinigers während der gesamten Nutzungsdauer erhalten bleibt.

Reinigung mit konstanter Anpressfläche

Viele neue Abstreifblätter sind mit einer Spitze versehen, die nur eine kleine Kontaktfläche zum Fördergurt hat. Diese Kontaktspitze ermöglicht ein schnelles „Einlaufen“ des Abstreifblattes und damit eine gute Anpassung an das Band, unabhängig davon, welchen Durchmesser die Kopftrommel hat.

So wie sich die Abstreifblätter abnutzen, nimmt die den Fördergurt berührende Kontaktfläche des Abstreifblattes zu. Dies führt zu einer Reduzierung des Anpressdruckes und damit zu einer entsprechenden Abnahme des Wirkungsgrades bei der Reinigung. Deshalb muss die Spannvorrichtung des Systems nachgestellt (nachgespannt) werden, um eine stetige Reinigungsleistung zu gewährleisten. Es wäre besser, wenn man Abstreifer konstruieren würde, die nicht an dieser allmählichen Zunahme der Anpressfläche leiden (**Abbildung 14.29**). Das oben beschriebene CARP-Prinzip hat sich bei der Minimierung der Flächenveränderung im Verlauf der gesamten Nutzungsdauer eines Abstreifblattes als geeignet erwiesen, wenn man noch die Gestaltung der Spannvorrichtung mit einbezieht.

Sekundärabstreifer

Sekundärabstreifer werden als Abstreifer definiert, die entlang der Rücklaufstrecke des Bandes in Sekundärposition stehen (**Abbildung 14.30**). Die Sekundärposition ist der Bereich, der direkt vor dem Punkt beginnt, ab dem das Band den Kontakt zu der Kopftrommel verliert bis direkt vor dem Punkt, an dem der Fördergurt mit der Einsnürtrommel in Kontakt kommt. Diese Stelle liegt noch im Bereich der Abwurf bzw. Abtropfschurre, wodurch das entfernte Rück-

laufmaterial durch die Schwerkraftwirkung zum Hauptmaterialfluss zurückkehren kann.

So wie der Vorabstreifer für die erste Grobreinigung vorgesehen ist, dient der Hauptabstreifer der Feinreinigung jenes Materials, das am Vorabstreifer durchgeschlüpft ist. Um das gewünschte Reinheitsniveau zu erreichen, können eventuell mehrere Hauptabstreifer erforderlich sein.

Eine wichtige Rolle spielt die Positionierung von zusätzlichen Abstreifern. Je näher an der Abwurfstelle wird das Rücklaufmaterial entfernt, desto geringer ist das Risiko des Aufbaus von Feianteilen in der Abtropfschurre. Bei einem Band mit vulkanisierter Verbindung ist der beste Standort für einen zusätzlichen Abstreifer dort, wo das Band noch an der Kopftrommel anliegt (**Abbildung 14.31**). Dadurch kann der Hauptabstreifer an einer festen Oberfläche entlang schaben und damit das Material wirksamer entfernen.

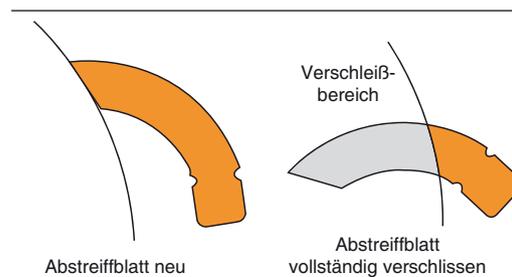


Abbildung 14.28

Der Verschleißbereich eines Elastomer-Vorabstreifers ist ein Kennzeichen für die Nutzungsdauer des Abstreifblattes.

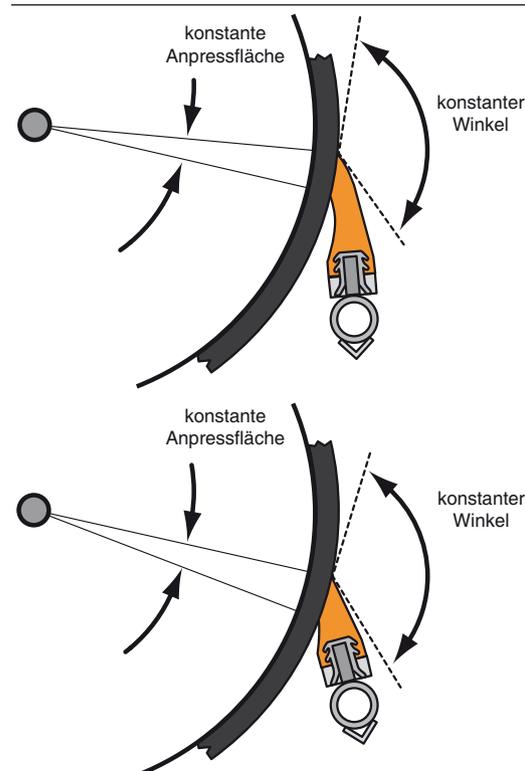


Abbildung 14.29

Ein CARP-Abstreifblatt (Gurtabstreifer mit konstantem Anstellwinkel) gewährleistet die Beibehaltung des Abstreifwinkels in allen Stadien der Nutzungsdauer des Abstreifblattes. So wie sich die Abstreifblätter abnutzen, sollte die den Fördergurt berührende Kontaktfläche des Abstreifblattes konstant bleiben.

Wenn tragende Elemente der Förderanlage, räumliche Beschränkungen oder mangelhaft angebrachte mechanische Verbindungen den Einbau eines Abstreifers in der bevorzugten Position unmöglich machen, dann sollten Hauptabstreifer dort montiert werden, wo das Material in den Materialfluss zurückgeleitet wird. Wenn ein Hauptabstreifer jedoch in einer Position eingebaut wird, wo dessen Druckwirkung auf das Band den Verlauf des Bandes verändert, so wird auch die Reinigungsleistung weniger effektiv sein (**Abbildung 14.32**). In diesem Fall führt eine Erhöhung des aufgebracht Druckes nur zu einer noch größeren Veränderung des Bandverlaufes, ohne dass die Reinigungsleistung verbessert wird. Hier sollten Niederhalter-Rollen oder ähnliche

Vorrichtungen eingebaut werden, um einen stabilen Bandverlauf zu erreichen.

Ein wichtiges Problem stellt der Angriffswinkel des Hauptabstreifers gegenüber dem Fördergurt dar. Abstreifblätter mit Metall- oder Keramikspitzen in einer positiven Anstellneigung werden durch die Fördergurtbewegung schnell zu einer äußerst scharfen Schneidkante angeschliffen. Diese geschärften Abstreifblätter erhöhen das Risiko, dass eine von einer Person ohne Sachkenntnis durchgeführte Nachstellung möglicherweise zu einem zu hohen Anpressdruck oder zu einem falschen Winkel führt, wodurch sich der Abstreifer dann nicht schnell genug vom Band ablösen und Hindernissen wie mechanischen Verbindungen ausweichen kann. Dies könnte zu Schäden am Fördergurt, an der Verbindung oder am Gurtreiniger selbst führen. Folglich wird empfohlen, wenn Hindernisse oder mechanische Verbindungen vorhanden oder zu erwarten sind, dass die Sekundärabstreifer mit einem in Transportrichtung des Bandes gerichteten Neigungswinkel (einer negativen Anstellneigung) eingebaut werden, anstatt dass sie in einer positiven Anstellneigung gegen das Band anstehen. Versuche haben gezeigt, dass bei einem Winkel von 7° bis 15° in Transportrichtung des Bandes der Wirkungsgrad der Reinigung erhalten bleibt, während der Übergang von Hindernissen erleichtert wird (**Abbildung 14.33**).

Ein sich bewegendes Band stellt keine einheitliche und gleichförmige Oberfläche dar. Schmale, einzelne Abstreifblätter mit individueller Aufhängung bleiben am ehesten in präzisiertem Kontakt, während sich die veränderliche Bandoberfläche über die Reinigungskante bewegt. Es ist auch von Vorteil, wenn diese einzelnen Abstreifblätter von Seite zu Seite schwenken oder schaukeln können, um sich sofort auf die sich ändernden Konturen der Fördergurtoberfläche einstellen zu können. Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass ein Gurtabstreifer aus einer Reihe von einzelnen, unabhängigen Abstreifblättern, jedes 75 bis 200 mm breit, sehr gut für eine wirksame Sekundärreinigung geeignet ist.

Die Studie *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning* [Grundparameter der Förderbandreinigung] des Bureau of Mines weist darauf hin, dass der erste Verschleiß an den Kanten dort auftritt, wo die einzelnen Abstreifblätter nebeneinander liegen (*Referenz 14.2*). Die Prüfungen zeigten, dass Material durch die zwischen den benachbarten Abstreifblättern liegenden Zwischenräume durchtrat, was zu einer langsamen Aufweitung dieser Zwischenräume führte. Dieser Durchtritt beschleunigte wiederum den Blattverschleiß und ermöglichte den Durchtritt von noch mehr

Abbildung 14.30

Hauptabstreifer werden als die Abstreifer definiert, die in dem direkt vor dem Punkt beginnenden Bereich installiert sind, ab dem das Band den Kontakt zu der Kopftrommel verliert bis direkt vor dem Punkt, an dem der Fördergurt mit der Einschnürtrommel in Kontakt kommt.

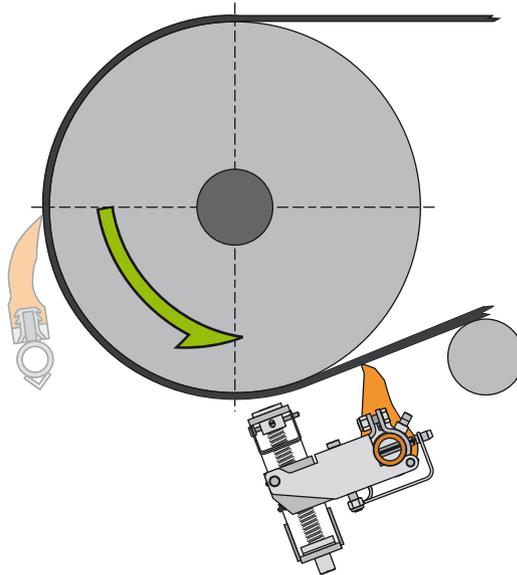


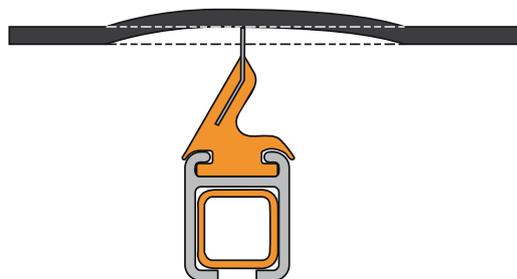
Abbildung 14.31

Der beste Standort für einen Hauptabstreifer ist dort, wo das Band noch an der Kopftrommel anliegt und wo er an einer festen Oberfläche entlang schaben kann.



Abbildung 14.32

Die Reinigungsleistung wird weniger effektiv sein, wenn ein Hauptabstreifer in einer Position eingebaut wird, wo dessen Druckwirkung auf das Band den Bandverlauf verändert.



Material. Um diesen abtragenden Verschleiß zu reduzieren, können die Abstreifblätter in einem überlappenden Muster angebracht werden, das durch die abwechselnde Verwendung von langen und kurzen Armen erzielt wird (**Abbildung 14.34**). Dadurch werden die „Streifen“ von Rücklaufmaterial entlang des Fördergurts vermieden, die sonst durch die Spalte zwischen den Abstreifblättern hervorgerufen werden. Es können aber auch zwei Abstreifer mit in Reihe angeordneten und gegeneinander versetzten Abstreifblättern eingebaut werden, so dass die Spalte überlappt werden.

Die Blätter vom Hauptabstreifer selbst können aus einem harten Material bestehen, z. B. aus Wolframkarbid oder Keramik, das dem Wärmestau aus der Reibung gegen das Band widerstehen kann. Manche Betriebe lehnen die Verwendung eines Abstreifblattes aus Metall auf dem Fördergurt ab, weshalb eine Vielzahl von Urethanformulierungen für den Hauptabstreifer entwickelt worden ist.

Bei einem Hauptabstreifer kommt die natürliche Elastizität oder „Federkraft“ des bei den Abstreifblättern verwendeten Elastomere zum tragen, um die Nachstellhäufigkeit zu reduzieren. Die Urethan - Abstreifblätter werden gegen das Band gedrückt, weshalb sie sich in die Transportrichtung des Bandes biegen (**Abbildung 14.35**). Durch die Elastizität des Abstreifblattes wird die Spitze des Blattes andauernd gegen das Band gedrückt, sogar wenn das Blatt durch die Bewegung des Bandes und des Materials abgetragen wird. Dadurch sind die Abstreifblätter selbstnachstellend und reduzieren so den Wartungsbedarf (**Abbildung 14.36**).

Tertiärabstreifer

Tertiärabstreifer werden manchmal für die abschließende Reinigung eingesetzt. Der Standort für Tertiärabstreifer ist normalerweise der Bereich hinter der Einschnürtrommel und außerhalb der Abwurfschurre (**Abbildung 14.37**). Dieser Standort liegt außerhalb des Bereichs, von dem aus sich das Material leicht mit dem Hauptmaterialfluss vereinigen lässt, weshalb die Verwendung einer Hilfsschurre oder eines Reinigungsförderers erforderlich ist. An dieser Stelle können Mehrfachabstreifer eingesetzt werden, um die vom Betrieb geforderten Reinigungsergebnisse zu erreichen (**Abbildung 14.38**).

Normalerweise wird der Tertiärabstreifer zur Entfernung von Wasser und kleiner Partikel verwendet, die von den Sekundärabstreifblättern nicht erfasst worden sind. Spezialabstreifer und Waschkästen oder zusätzliche Abstreifer in der Art der Sekundärabstreifer befinden sich oft in

der Tertiärposition (**Abbildung 14.39**). Abstreifblätter zur Entfernung von Feuchtigkeit, die vom Material herrührt oder im Verlauf der Gurtreinigung aufgebracht wurde, werden normalerweise in Tertiärposition montiert (**Abbildung 14.40**).

Ein bei Tertiärabstreifern festzustellendes Problem ist die Wärmestauung. Wenn das Band sauber oder trocken ist, bevor es den Tertiärabstreifer erreicht, kann an den Abstreifblättern des Tertiärabstreifers ein Wärmestau auftreten, wodurch das Material an den Abstreifblättern oder der Halterung zerkrümeln oder die Oberfläche des Fördergurts beschädigen kann. Ein Mehrfachreinigungssystem sollte sorgfältig überprüft

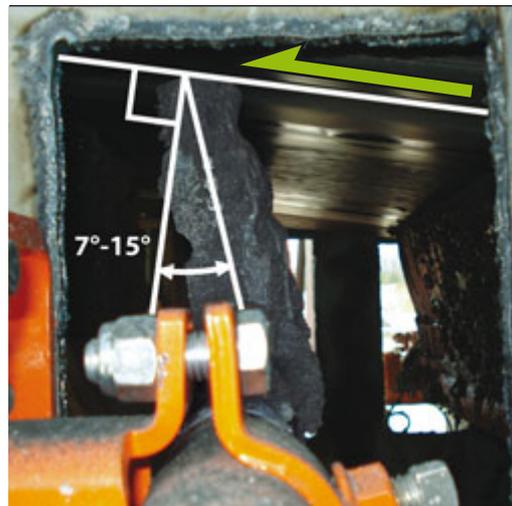


Abbildung 14.33

Eine Anstelleneigung mit einem Winkel von 7° bis 15° in Transportrichtung des Bandes erhält den Wirkungsgrad bei der Reinigung und ermöglicht den leichteren Durchgang von Hindernissen.



Abbildung 14.34

Um „Streifen“ von Rücklaufmaterial zu vermeiden, das von den Spalten zwischen den Abstreifblättern herrührt, kann ein sich überlappendes Muster verwendet werden, das durch die abwechselnde Verwendung von langen und kurzen Armen erzielt wird.



Abbildung 14.35

Dieser Abstreifer ist mit Urethan - Abstreifern versehen, die gegen das Band gedrückt werden, so dass sie sich in die Transportrichtung des Bandes biegen.

Abbildung 14.36

Durch die Elastizität des Abstreifblattes wird die Blattspitze andauernd gegen das Band gedrückt, sogar wenn das Blatt durch die Bewegung des Bandes und des Materials abgetragen wird, wodurch sich das Blatt selbst nachstellt.



Abbildung 14.37

Der Standort für Tertiärabstreifer ist der Bereich hinter der Einschnürtrommel und außerhalb der Abwurfschurre.



Abbildung 14.38

Der Einsatz von Mehrfachabstreifern außerhalb des Bereichs, der eine erleichterte Rückführung des Materials zum Hauptmaterialfluss ermöglicht, erfordert die Verwendung einer Hilfsschurre oder eines Reinigungsförderers.



Abbildung 14.39

Spezialabstreifer und Gurtwaschsysteme befinden sich oft in Tertiärposition.



werden, um diese Möglichkeit auszuschließen. Die Verwendung eines feinen Sprühwasserstrahls zur Bandschmierung und zur Reduzierung der Festigkeit des Rücklaufmaterials ist zur Verbesserung der Reinigungswirkung der Tertiärabstreifer und zur Verlängerung der Wartungsintervalle sehr wirksam. (Siehe Kapitel 24: „Gurtwaschsysteme“.)

Die Wahl des Abstreifers passend zur Anwendung

Der zunehmend hohe Entwicklungsstand bei den Fördergurtreinigern ermöglicht die Gestaltung der Reinigungssysteme, die den Bedürfnissen einer bestimmten oder spezialisierten Anwendung entsprechen. Diese alternativen Gestaltungsmöglichkeiten bieten spezielle Materialien für die Konstruktion der Gurtreiniger, wie z. B. Urethane für Anwendungen bei hohen Temperaturen, hoher Feuchtigkeit oder hochabrasivem Material. Außerdem gibt es eine Vielfalt der Reinigungssysteme, die für spezielle Aufgaben passend maßgeschneidert worden sind, wie z. B. für leichte Belastung ausgelegte Förderanlagen für den Lebensmittelbereich, oder solche, die für hohen Belastungen im Bergbau eingesetzt werden.

Für den Bergbaubetrieb geeignete Fördergurtabstreifer

Die großen Materialvolumina, hohen Geschwindigkeiten, großen Breiten der Bänder und die großen Trommeldurchmesser, die man in vielen Bergbaubetrieben antrifft, stellen an die Fördergurtreinigungssysteme ganz spezielle Ansprüche. Zur Entfernung von Abraum werden in manchen deutschen Braunkohlegruben Förderanlagen mit Gurtbreiten bis zu 3200 mm bei Geschwindigkeiten von 10,5 m/s eingesetzt. Um diesen belastenden Bedingungen widerstehen zu können, wurden besonders strapazierfähige, für den Bergbaubetrieb geeignete Gurtreinigungssysteme entwickelt (**Abbildung 14.41**). Diese Systeme zeichnen sich durch einen massiven Hauptrahmen aus, um großen Brocken und hohen Materialvolumen widerstehen zu können, durch massive Abstreifblätter für eine längere Lebensdauer und durch strapazierfähige Spannsysteme, um den Wartungsbedarf zu reduzieren (**Abbildung 14.42**).

Die hohen Geschwindigkeiten dieser Förderanlagen erschweren den effektiven Einsatz von Hauptabstreifern. Die höheren Betriebsgeschwindigkeiten und die daraus resultierende stärkere Vibration dieser Fördergurte, in Verbindung mit dem für einen Hauptabstreifer typischen höheren Anpressdruck, führen zu höherem Verschleiß und verstärken auch die Risiken,

sowohl für das Band, als auch für den Abstreifer. Deshalb können bei diesen Anwendungen zwei Vorabstreifer auf der Kopftrummel angebracht werden. Die Trommeln sind normalerweise groß genug, um diese Anordnung zu ermöglichen (**Abbildung 14.43**).

Krustenzerkleinerer

Bei Anwendungen wie z. B. dem Transport von gebrochenem Erz in Kupferminen und in anderen Hartsteinwerken, oder beim Transport von Abraum im Braunkohlebergbau, können feuchte Materialpartikel durch die Materialaufgabe hindurchsedimentieren und sich mit derart starker Haftung auf dem Band festsetzen, dass sich dieses Material beim Abwurf nicht vom Band löst. Stattdessen haftet dieses pastenartige Material beim Passieren der Trommel in Schichten von 75 bis 100 mm oder mehr am Fördergurt. Diese Materialkruste kann ein konventionelles Reinigungssystem ganz schnell ins Schleudern bringen, mit einer mangelhaften Reinigungsleistung und einer verkürzten Lebensdauer des Abstreifers, was die Produktivität des gesamten Materialtransportsystems in Frage stellt.

Um dieses Problem zu bewältigen, haben manche Betriebe einen „Krustenzerkleinerer“ installiert. Diese Reinigungskante wird auf der Kopftrummel, unmittelbar unter der Flugbahn des Materials eingebaut. Hier dient sie als Grob-abstreifer zur Begrenzung der Materialmenge, die bis zu dem unmittelbar darunter installierten konventionellen Vorabstreifer vordringen kann (**Abbildung 14.44**). Aus keramikbeschichteten Metallplatten hergestellt, wird die Reinigungskante des Krustenzerkleinerers so montiert, dass sie ganz nahe am Band ansteht, dieses jedoch nicht berührt. So wird die Materialmenge reduziert, die den Vorabstreifer erreicht und die den Vorabstreifer passieren und den Hauptabstreifer beschädigen (oder überlasten) könnte. Mit dem vor dem Vorabstreifer installierten „Krustenzerkleinerer“ können die konventionellen Abstreifer eine verbesserte Reinigungsleistung bei gleichzeitig verlängerter Lebensdauer der Abstreifblätter erbringen.

Abstreifer für Reversierbänder

Manche Förderanlagen können in zwei Richtungen betrieben werden oder das Band läuft beim Abschalten immer ein beträchtliches Stück zurück. Deswegen ist es äußerst wichtig, dass die auf diesen Systemen installierten Abstreifer in jeder Bewegungsrichtung des Bandes gut funktionieren, oder dass sie zumindest nicht durch die Umkehr der Bandlaufrichtung beschädigt werden. Für Reversiergurte sind Spezialabstreifer

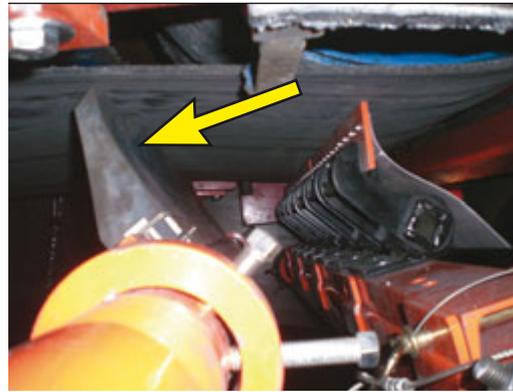


Abbildung 14.40

Abstreifblätter zur Entfernung von Feuchtigkeit werden normalerweise in Tertiärposition montiert.



Abbildung 14.41

Um diesen belastenden Bedingungen widerstehen zu können, wurden besonders strapazierfähige, für den Bergbaubetrieb geeignete Gurtreinigungssysteme entwickelt.



Abbildung 14.42

Für den Bergbaubetrieb geeignete Fördergurt-abstreifer zeichnen sich durch einen massiven Hauptrahmen aus, durch massive Abstreifblätter für eine verlängerte Lebensdauer und durch strapazierfähige Spannsysteme.

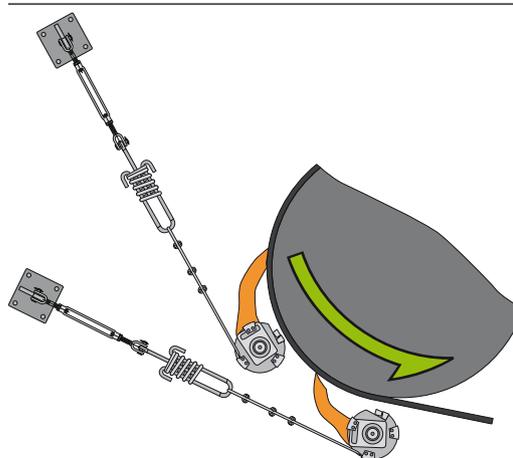


Abbildung 14.43

Um die Verwendung von Sekundärabstreifern auf schnell laufenden Förderbändern mit hohen Vibrationen zu vermeiden, verwenden manche Betriebe zwei Vorabstreifer auf großen Kopftrummeln.

Abbildung 14.44

Ein Krustenzerkleinerer dient als Grobabbstreifer zur Begrenzung der Materialmenge, die bis zu dem unmittelbar darunter installierten konventionellen Vorabbstreifer vordringen kann.



Abbildung 14.45

Für Förderanlagen, die in zwei Laufrichtungen betrieben werden, oder bei denen das Band beim Abschalten immer ein beträchtliches Stück zurück rollt, sind spezielle Reversierabbstreifer entwickelt worden.



Abbildung 14.46

Normalerweise sind die Abbstreifer mit einem Abbstreifblatt versehen, das senkrecht zum Fördergurt eingebaut wird und in beide Bewegungsrichtungen des Bandes um einen geringen Betrag - 7° bis 15° - nachgeben kann.



Abbildung 14.47

Ihre senkrechte Montage und senkrechte Verspannung ermöglicht den Einbau von Reversierabbstreifern an Engstellen, wo Hauptabbstreifer mit einem Reinigungsarm nicht hineinpassen würden.



entwickelt worden (**Abbildung 14.45**). Diese Abbstreifer werden normalerweise senkrecht zum Fördergurt installiert und daher senkrecht gegen die Fördergurtoberfläche gespannt. Normalerweise sind die Abbstreifer mit einem Abbstreifblatt versehen, das in beide Bewegungsrichtungen des Bandes um einen geringen Betrag - 7° bis 15° - nachgeben kann (**Abbildung 14.46**).

Natürlich könnten Abbstreifer für Reversierbänder auch auf Fördergurten mit nur einer Laufrichtung installiert werden. Die senkrechte Montage und Verspannung dieser Abbstreifer stellen ein Merkmal dar, das für deren Verwendung auf nichtreversierenden Bändern spricht. Dies ermöglicht den Einbau des Reversierabbstreifers an engen Stellen, wo ein Hauptabbstreifer mit Reinigungsarm nicht hineinpassen würde (**Abbildung 14.47**).

Reinigungssysteme in Lebensmittelqualität

Manche Reinigungssysteme werden extra für die in der lebensmittelverarbeitenden Industrie üblichen kleinen Trommeln und geringeren Bandgeschwindigkeiten konstruiert. Aus Materialien in Lebensmittelqualität gebaut und in der Lage, den häufigen Reinigungszyklen und den Reinigungschemikalien standhalten zu können, eignen sich diese Systeme ideal für diese Branche (**Abbildung 14.48**).

Abstreifer für Chevron-Förderbänder

Fördergurte mit Rippen, Stollen oder Chevrons werden für den Transport von Materialien verwendet, die beim Überwinden einer Steigung zurückgleiten würden. Bei der Entfernung von Rücklaufmaterial stellen diese herausragenden Elemente ein Problem dar. Für die Reinigung von Chevron-Förderbändern benötigt man Gurtreiniger mit „fingerartigen“ Abbstreifblättern, die über die Hindernisse hinweggehen (**Abbildung 14.49**). Diese Anordnung kann Chevrons/Rippen/Stollen mit einer Höhe von bis zu 13 mm wirksam reinigen (**Abbildung 14.50**).

Abstreifer für Taschengurte

Fördergurte mit sehr tiefen Stollen und/oder Seitenwänden, auf denen klebrige Materialien transportiert werden, sind schwierig zu reinigen. Die übliche Art diese Fördergurte zu reinigen, besteht darin, den Fördergurt mit einem Linearvibrator oder rotierenden Klopfen abzuklopfen, wenn das Band auf der Rücklaufstrecke verkehrt herum waagrecht liegt. Diese Systeme erfordern häufige Wartung und sind nur bis zu einem gewissen Grad effektiv.

Trommelabstreifer

Entweichendes Material kann beim Bandrücklauf auf die saubere Seite des Fördergurts fallen und sich dann auf den Einschnürtrommeln oder Krümmertrommeln ansammeln. Um die Gurtführung gerade zu halten, ist dann der Einbau von Vorrichtungen zur Trommelreinigung notwendig. Zur Entfernung des an der Trommel anhaftenden Materials wird ein Förderbandreiniger mit einem Elastomer-Abstreifblatt etwas unterhalb der waagerechten Trommelmittelachse auf der vom Fördergurt abgewandten Seite der Trommel angebracht (**Abbildung 14.51**). Dadurch kann das entfernte Material in einen Behälter oder einen für die Reinigung zugänglichen Bereich fallen.

Rotierende Bürstenreiniger

Bei trockenen Materialien können rotierende Bürstensysteme zur wirksamen Reinigung eingesetzt werden (**Abbildung 14.52**). Diese Systeme können mit Freilauf versehen sein, d.h. sie drehen sich durch die Bewegung des Bandes. Sie wirken aber besser, wenn sie von einem Elektromotor angetrieben werden. Bürstenreiniger haben oft Probleme mit klebrigen oder feuchten Materialien, die sich zwischen den Borsten der Bürste ansammeln und festsetzen (**Abbildung 13.53**). Ein eingebauter Klopfer oder Kamm kann bei der Entfernung von den Borsten des angesammelten Materials hilfreich sein.

Pneumatische Abstreifer (Luftmesser)

Bei einem Fördergurtreinigungssystem mit Luftmesser wird ein Strom von Druckluft oder verdichteter Luft zur Abscherung von Rücklaufmaterial eingesetzt (**Abbildung 14.54**). Luftmesser-Abstreifer können in Vor-, Haupt- oder Tertiärposition angebracht werden. Diese Abstreifer sind von Interesse, weil hier kein Kontakt zum Fördergurt entsteht.

Ein Luftmesser-System kann bei der Entfernung von trockenem Material effektiv sein und wird manchmal bei sehr nassen Materialien mit niedriger Adhäsion, wie z. B. bei Kohlereinigungsanlagen, verwendet. Wenn sie für trockene Materialien wie Aluminiumoxid verwendet werden, sind diese Systeme Teil einer Staubsammelstation, wobei die vom Luftmesser ausgestoßene Luft in einen Staubabzug eingeleitet wird. Luftmesser-Systeme können zur Trocknung von Bändern verwendet werden, die von der Materialfeuchtigkeit oder von dem zur Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Fördergurtreinigung zugesetzten Wasser, z. B. von einem Gurtwaschsystem, nass geworden sind. (Siehe Kapitel 24:



Abbildung 14.48

Für die in der Lebensmittelindustrie üblichen Trommelgrößen und Bandgeschwindigkeiten konzipiert, sind Fördergurtabstreifer in Lebensmittelqualität ideal für diese Branche.



Abbildung 14.49

Für die Reinigung von Chevron-Förderbänder benötigt man Gurtreiniger mit „fingerartigen“ Abstreifblättern, die über die Hindernisse hinweggehen.

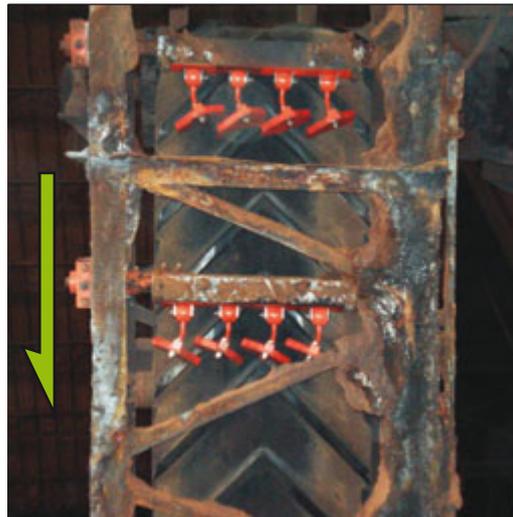


Abbildung 14.50

Die „Finger“ ermöglichen den Abstreifblättern die wirksame Reinigung der Chevrons/Rippen/Stollen. Anmerkung: Aufnahme von der Unterseite der Förderanlage.



Abbildung 14.51

Zur Entfernung des an der Trommel anhaftenden Rücklaufmaterials wird ein Förderbandreiniger mit einem Elastomer-Abstreifblatt etwas unterhalb der waagerechten Mittelachse der Trommel auf der vom Fördergurt abgewandten Trommelseite angebracht.

„Gurtwaschsysteme“ für eine eingehende, detaillierte Diskussion über Waschkasten-Systeme.)

Zu den Nachteilen von Luftmesser-Systemen gehören die Kosten für die kontinuierliche Bereitstellung von Luft für das Luftmesser und Probleme durch das Verstopfen der Luftauslässe. Bei trockenen Materialien können sie zur Bildung zusätzlicher Schwebestäube führen. Bei

nassen Stoffen bauen sich Materialspritzer an den Schurrenwänden auf.

Die Verwendung von Wasser bei der Bandreinigung

Bei vielen Anwendungen steht die Feuchtigkeitszunahme des Rücklaufmaterials in direkter Beziehung zur erhöhten Adhäsion auf dem Fördergurt, so dass die Schwierigkeiten bei der Handhabung und Entfernung des Materials bei steigender Feuchtigkeit zunehmen. Dieser Effekt wird bei steigendem Feuchtigkeitsgehalt bis zu einer für jedes Material spezifischen Stufe beobachtet, ab der dann die Adhäsion wieder abfällt. Deshalb ist die Wasserverwendung ein immenser Vorteil in der Reinigung von Förderbändern bei fast jedem Material.

Die Verwendung einer einfachen Sprühanze unmittelbar hinter dem Vorabstreifer oder vor dem Hauptabstreifer verbessert den Reinigungsprozess auf vielerlei Art (**Abbildung 14.55**). Eine kleine, direkt nach dem Vorabstreifer auf die Unterseite des Abstreifblattes aufgesprühte Wassermenge wirkt als Löser und befeuchtet das Band sowie das Material und reduziert die Anhaftung an die meisten Oberflächen. Es dient auch als Kühlmittel für die Hauptabstreifer, um ein Anbacken des Materials zu verhindern. Als zusätzlicher Vorteil ist die Verlängerung der Lebensdauer der Abstreifblätter durch die Schmierfunktion des Wassers zu betrachten.

Auf Fördergurten, die längere Zeit leer laufen können, erzeugen Abstreifblätter aufgrund der Reibung zwischen der Förderguroberfläche und der Spitze des Abstreifblattes Wärme. Je höher die Geschwindigkeit des Bandes ist, desto schneller wird die Wärme erzeugt. Die Verwendung einer Sprühanze zur Bandschmierung beseitigt dieses Problem durch Reibungsreduzierung und durch Kühlung des Abstreifblattes.

Die Sprühanze muss vielleicht nicht viel mehr als einen feinen Nebel auf die Bandoberfläche aufbringen. Falls hinter dem Hauptabstreifer noch überschüssiges Wasser bleibt, kann es durch den Einsatz eines weichen Urethan-Hauptabstreifers als tertiäres Reinigungssystem entfernt werden (**Abbildung 14.56**).

Die durch die richtige Anwendung von Wasser bei Fördergurtreinigungssystemen erzielten Resultate lassen eine Überlegung über deren Berücksichtigung in den meisten Materialtransportsystemen mehr als gerechtfertigt erscheinen. In einer 1990 bei der International Coal Engineering Conference [Internationalen Konferenz für Kohletechnik] in Australien vorgestellten Arbeit berichtet J.H. Planer, dass ein Sprühwasserzusatz

Abbildung 14.52

Bei trockenen Materialien können rotierende Bürstensysteme zur wirksamen Reinigung eingesetzt werden.



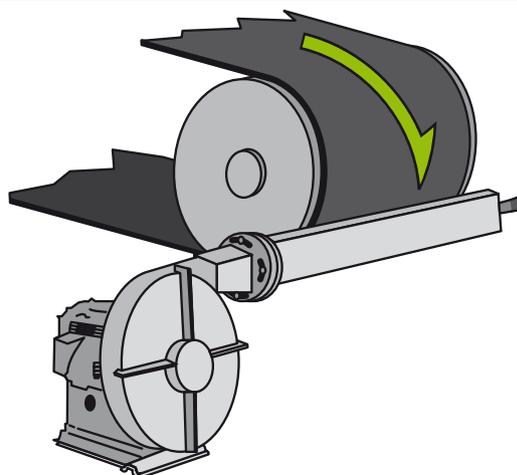
Abbildung 14.53

Bürstenreiniger haben oft Probleme mit klebrigen oder feuchten Materialien, die sich zwischen den Borsten der Bürste ansammeln und festsetzen.



Abbildung 14.54

Bei einem Fördergurtreinigungssystem mit Luftmesser wird ein Strom von Druckluft oder verdichteter Luft zur Abscherung von Rücklaufmaterial eingesetzt.



bei verschiedenen konventionellen Reinigungssystemen den Wirkungsgrad der Reinigung von ca. 85% in den Bereich von 95% angehoben hat (Referenz 14.3). (Siehe Kapitel 24: „Gurtwaschsysteme“.)

DER ANPRESSDRUCK DES ABSTREIFBLATTES AUF DAS BAND

Optimaler Anpressdruck des Abstreifers

Ein Schlüsselfaktor für das Leistungsverhalten bei jedem Reinigungssystem ist die Fähigkeit, die Kraftwirkung dauernd gewährleisten zu können, die zur Aufrechterhaltung des Kontakts zwischen der Reinigungskante und dem Fördergurt erforderlich ist. Der Anpressdruck muss kontrolliert aufgebracht werden, um eine optimale Reinigung bei minimalem Blattverschleiß zu erzielen.

Es gibt eine häufig anzutreffende aber dennoch falsche Vorstellung, dass je strammer der Abstreifer gegen das Band gespannt ist, desto besser wird er reinigen. Es ist durch Forschungsarbeiten belegt, dass dies nicht wahr ist. In einer 1989 vom Twin Cities Research Center des U.S. Bureau of Mines durchgeführten Studie wurde die Anpressdruckoptimierung mit der Zielsetzung der besten Reinigungswirkung bei gleich bleibenden Bedingungen im Hinblick auf Blattverschleiß, Gurtschäden und/oder Leistungsbedarf für die Förderanlage untersucht. Diese Forschungsergebnisse sind in *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning [Grundparameter der Förderbandreinigung]* (Referenz 14.2) veröffentlicht worden. Die Studie beurteilte die Effektivität der Reinigung und die Verschleißkennzahlen von verschiedenen Stahl-Abstreifblättern dadurch, dass diese mit einem gemessenen Anpressdruck senkrecht gegen einen laufenden Fördergurt gehalten wurden, um eine angefeuchtete Sand-/Kalkmischung zu entfernen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Menge an Rücklaufmaterial und das Maß an Blattverschleiß bei Anpressdruckerhöhung bis zum Optimalwert abnimmt. In der Studie wurde der optimale Anpressdruck für Hauptabstreifer mit 76 bis 97 kPa ermittelt (Abbildung 14.57). Eine Drucksteigerung über diesen Bereich hinaus erhöht die Reibung zwischen Abstreifblatt und Band, verkürzt somit die Lebensdauer des Abstreifblattes, erhöht den Bandverschleiß und den Energieverbrauch, ohne eine Verbesserung der Reinigungsleistung zu erzielen. Ein zu stramm gespanntes Abstreifblatt zeigt normalerweise einen beschleunigten, jedoch gleichmäßigen Verschleiß, einige Verfärbungen oder „Brandflecken“ und auf dem Blatt

festgebackene Partikel aus der Deckplatte der Gurtoberseite mit Rücklaufmaterial.

Der Einsatz eines Fördergurtreinigers unterhalb dieses optimalen Druckes führt zu einer weniger effektiven Reinigung und kann einen raschen Blattverschleiß verursachen. Ein Band, das kaum den Fördergurtreiniger berührt, kann als funktionsfähig erscheinen. In Wirklichkeit aber wird das Material zwischen dem Abstreifblatt und dem Fördergurt mit hoher Geschwindigkeit hindurchgezängt. Dieser Materialdurchgang führt zu einem kanalartig geformten, ungleichmäßigen Verschleißbild an der Arbeitskante des Abstreifblattes. So wie das Material weiterhin zwischen dem Abstreifblatt und dem Fördergurt hindurchtritt, vergrößern sich diese Kanäle und das Abstreifblatt wird rasch verschlissen. Ein Abstreifblatt, das mit zu geringer Spannung beaufschlagt gewesen ist, zeigt normalerweise eine gezackte Kante mit Verschleißlinien auf der Verschleißfläche.

Die Studie des Bureau of Mines berichtete auch, dass die Reinigungswirkung im Laufe der Zeit aufgrund von ungleichmäßigem Blattverschleiß nachlässt. In die Kante des Abstreifblattes eingegrabene Furchen ermöglichen den Durchgang von Rücklaufmaterial, wobei diese Erscheinung durch eine Erhöhung des Anpressdruckes nicht beseitigt werden kann. Im Bericht ist vermerkt: „Wenn die Oberfläche eines Abstreifblattes erst einmal beschädigt ist, dann gibt es keinen realistischen Anpressdruck mehr, der das

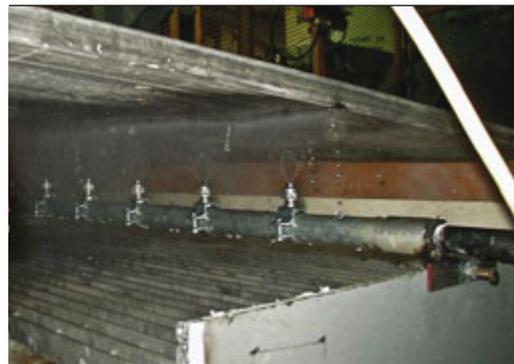


Abbildung 14.55

Die Verwendung eines einfachen Sprühdüsen unmittelbar hinter dem Vorabstreifer oder vor dem Hauptabstreifer verbessert den Reinigungsprozess.



Abbildung 14.56

Nach dem Hauptabstreifer kann das noch auf dem Band vorhandene überschüssige Wasser durch den Einsatz eines weichen Urethan-Hauptabstreifers als tertiäres Reinigungssystem entfernt werden.

Blatt auf die Oberfläche des Bandes zwingen kann, um eine ordentliche Reinigungswirkung zu erzielen.“

Spannvorrichtungen / -systeme

Der für die Bandreinigung erforderliche Anpressdruck zwischen Abstreifblatt und Band wird durch eine Spannvorrichtung aufgebracht. Was den technischen Aufwand angeht reichen diese Spannvorrichtungen von einem einfachen Betonblock als Gegengewicht über Spannringe bis hin zu Drehmoment-Speicherkupplungen und ingenieurmäßig konstruierten Druckluftfedersystemen, die an die Druckluftversorgung des Betriebes angeschlossen werden (**Abbildung 14.58**). Die Auswahl einer bestimmten Spannvorrichtung hängt sowohl von den Eigenschaften

der Förderanlage als auch von den betrieblichen Präferenzen ab.

Alle Spannsysteme sollten so konzipiert werden, dass sich die Reinigungskante vom Band weg abheben und ausweichen kann, um mechanische Verbindungen und andere Hindernisse passieren lassen zu können. Spannvorrichtungen sollten selbstentlastend wirken, um die Verletzungsgefahr für das Personal und das Gefährdungspotential für andere Vorrichtungen zu minimieren, falls die Abstreifblätter von Hindernissen oder aufgrund von Löchern im Fördergurt „mitgerissen“ werden (**Abbildung 14.59**).

Eine Spannvorrichtung sollte mit dem Abstreifer kompatibel sein, um während der gesamten Lebensdauer des Abstreifblattes einen gleichmäßigen Anpressdruck zu gewährleisten. Wenn der Abstreifer nachgestellt oder nachgespannt werden muss, sollten diese Wartungsarbeiten einfach und ohne Werkzeuge durchführbar sein, ohne dass dazu mehr als ein einzelner Mitarbeiter erforderlich ist.

Bei einigen Abstreifern wird die Elastizität eines vor- und eingespannten Urethan-Abstreifblattes zur Aufbringung des für die Reinigung erforderlichen Anpressdruckes genutzt (**Abbildung 14.60**). Wenn sie eingebaut sind, biegen sich diese Abstreifblätter durch das Anpressen gegen den Fördergurt um. Im Verlauf der Abnutzung richten sie sich wieder auf und behalten so den für die Reinigung erforderlichen Anpressdruck bei. Da sowohl der Anpressdruck als auch die selbstentlastende Wirkung vom Abstreifblatt selbst herrühren, braucht der Abstreifer keine konventionelle Spannvorrichtung. Stattdessen wird die ganze Baugruppe gegen den Fördergurt gedrückt und der Hauptrahmen wird fest angezogen, dass er die Abstreifblätter leicht komprimiert und so den Ausgangsanpressdruck hervorruft.

Linear- oder Radialeinstellung

Für die Einstellung der Gurtreiniger gibt es konkurrierende Theorien. Es gibt linear wirkende Abstreifer, die (gerade) gegen den Fördergurt hochgedrückt werden und radial wirkende Abstreifer, die mit einem Hauptrahmen als Drehachse installiert und in Arbeitsstellung hineingedreht werden (**Abbildung 14.61**).

Radial wirkende Abstreifer haben gegenüber dem linearen Aufbau mehrere praktische Vorteile. Sie sind leichter zu installieren, sie können von einer Seite des Fördergurtes aus eingestellt werden und sich eher vom Fördergurt wegdrehen, um den Stoßbelastungen ausweichen zu können, die durch die Bewegung des Förderbandes und

14

Abbildung 14.57

Die Ergebnisse zeigen, dass die Menge an Rücklaufmaterial und das Maß an Blattverschleiß bei Erhöhung des Anpressdruckes bis zu einem Optimalwert von 76 bis 97 kPa abnimmt.

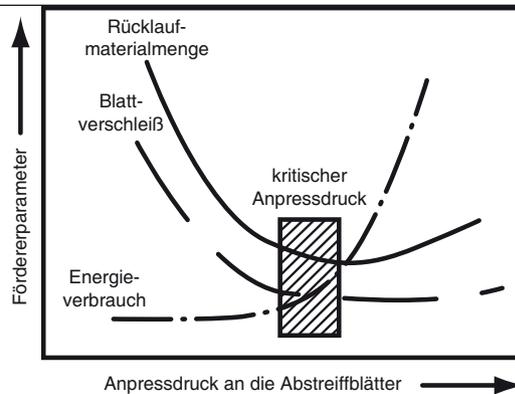


Abbildung 14.58

Bei den technisch aufwändigeren Spannvorrichtungen werden z. B. auch Druckluftfedersysteme eingesetzt, die an die Druckluftversorgung des Betriebes angeschlossen werden.

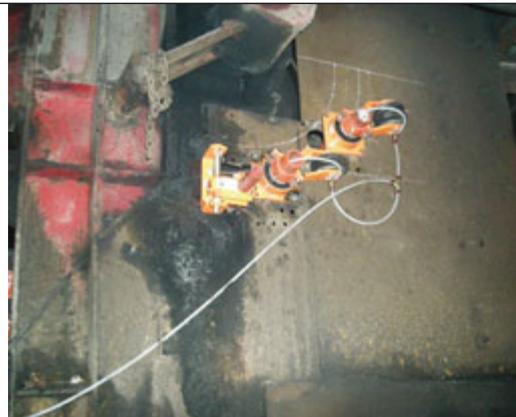


Abbildung 14.59

Spannsysteme sollten so konzipiert werden, dass sich die Reinigungskante vom Band weg abheben und ausweichen kann, um mechanische Verbindungen und andere Hindernisse passieren lassen zu können.



durch das Passieren der Gurtverbindungen verursacht werden.

Bei linear wirkenden Abstreifern ist für eine gleichmäßige Einstellung die Zugänglichkeit von beiden Seiten erforderlich (**Abbildung 14.62**). Deshalb sind die Spannvorrichtungen für diese Abstreifer oft mit einer kraftbetriebenen Nachstellmöglichkeit versehen, wie z. B. einem ferngesteuerten Druckluftbalg. Lineare Spannvorrichtungen gewährleisten im Verlauf der Blattabnutzung einen konstanten Abstreifwinkel und die Gurtreiniger können für Wartungsarbeiten leicht zurückgezogen werden, ohne die Spannvorrichtung zu entfernen.

Außerdem bieten manche Mischvarianten eine senkrechte Spannungsmöglichkeit mit einem radialen Entlastungsmechanismus (**Abbildung 14.63**).

Zur Gewährleistung einer effizienten Reinigung ist die Beibehaltung des Blattstellwinkels von ausschlaggebender Bedeutung. Ändert sich der Kontaktwinkel durch Blattverschleiß, so nimmt auch die Reinigungswirkung ab. Ein durchdacht konzipierter Gurtreiniger behält den Abstreifwinkel während der gesamten Nutzungsdauer bei.

DER EINBAU DER GURTREINIGER

Entscheidend für die Leistungsfähigkeit eines jeden Bandreinigungssystems ist dessen Einbau. Eine unsachgemäße Montage hat auf das Leistungsverhalten einen negativen Effekt. Die Lebensdauer der Abstreifblätter und ebenso die Reinigungswirkung werden reduziert. Deswegen

sind die Installationsanweisungen des Herstellers genau zu befolgen.

Zu den die Montageposition eines Fördergurtreinigers beeinflussenden Faktoren gehören:

- Die Gestaltung des Bandreinigers
- Erfordernisse im Hinblick auf die Spannvorrichtung und die Montage
- Die Anbringung des Abstreifers mittels Schraub- oder Schweißverbindung
- Die Anbringung direkt an der Schurrenwandung oder Abhängen von einem tragenden Element
- Die Position der Gerüstträger, Lager und Antriebe der Förderanlage

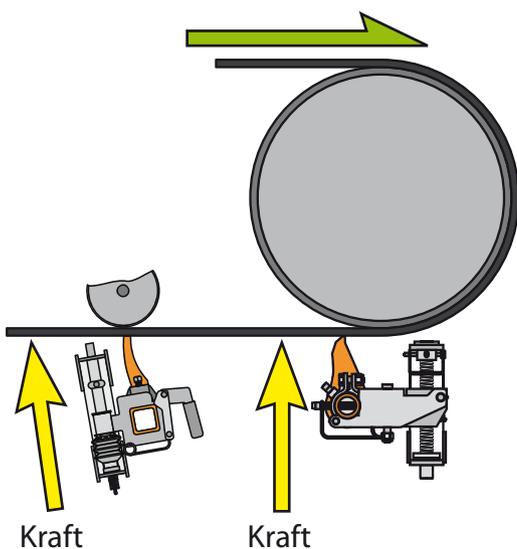
Gleichgültig von welcher Firma der Bandreiniger auch stammt, ist der kritische Faktor beim Einbau des Abstreifers immer die Einhaltung des richtigen Abstandes zwischen dem Stützrahmen des Abstreifers und der Oberfläche des Fördergurts. Durch die Positionierung des Abstreifers mit dem richtigen Abstand zum Fördergurt werden die Probleme vermieden, bei denen das



Abbildung 14.60

Bei einigen Abstreifern wird die Elastizität eines Urethan-Abstreifblattes zur Aufbringung des für die Reinigung erforderlichen Anpressdruckes genutzt.

Lineare Spannung



Radiale Spannung

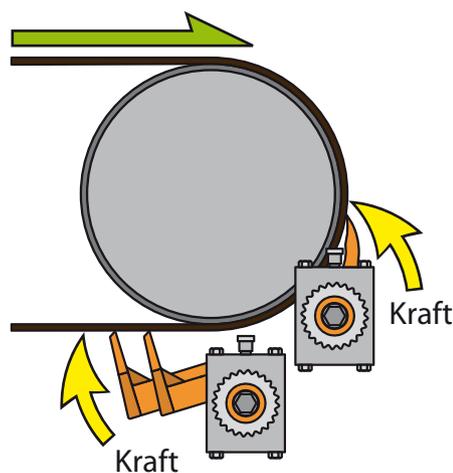


Abbildung 14.61

Linear wirkende Abstreifer werden (gerade) gegen den Fördergurt hochgedrückt, radial wirkende Abstreifer werden, mit dem Haupttrahmen als Drehachse, in die Arbeitsstellung hineingedreht.

Band den Abstreifer in das Band hinein und in eine gegenläufige Stellung zieht, was normalerweise zu einem verbogenen Hauptrahmen führt (**Abbildung 14.64**). Durch die Einhaltung des richtigen Maßes werden die Abstreifblätter mit dem richtigen Angriffswinkel gegen das Band gestellt, wobei die beste Reinigungswirkung, eine gleichmäßige Abnutzung der Blätter und die längste Lebensdauer gewährleistet sind. Der richtige Abstand ist von Abstreifer zu Abstreifer verschieden.

Abbildung 14.62

Bei linear wirkenden Abstreifern ist für eine gleichmäßige Einstellung die Zugänglichkeit von beiden Seiten erforderlich.



Abbildung 14.63

Manche Mischvarianten bieten eine senkrechte Spannmöglichkeit mit einem radialen Entlastungsmechanismus.



Abbildung 14.64

Durch die Positionierung des Abstreifers mit dem richtigen Abstand zum Fördergurt werden die Probleme vermieden, bei denen das Band den Abstreifer in das Band hinein und in eine gegenläufige Stellung zieht, was normalerweise zu einem verbogenen Hauptrahmen führt



Sowohl bei Neuanlagen und auch bei Nachrüstungen wird nachdrücklich empfohlen, dass der Hersteller den Einbau und die Wartung der Fördergurtreiner übernimmt, denn die meisten Probleme im Hinblick auf das Leistungsverhalten bei neuen Gurtreinigungssystemen entstehen erstens durch eine unsachgemäße Montage und zweitens durch fehlende Wartung. Die Beauftragung des Herstellers oder eines vom Hersteller zugelassenen Vertragsmonteurs mit der Montage gewährleistet die richtige Montage und die gleich bleibende Leistungsfähigkeit.

Fehlerbehebung bei der Montage von Abstreifern

Wenn ein Reinigungssystem bei richtig eingestellter Spannvorrichtung nur eine mangelhafte Reinigungsleistung erbringt und die Abstreifblätter keine übermäßige Abnutzung aufweisen, dann liegen mit Sicherheit andere Ursachen vor. Zu diesen Problemen könnten gehören:

- A. Der Stützrahmen steht nicht parallel zur Trommel.
- B. Der Abstreifer ist nicht mit dem richtigen Abstand zur Bandoberfläche installiert.
- C. Der auf den Abstreifer aufgebrachte Druck ändert den Bandlauf.
- D. Die Abstreifblätter sind nicht mittig auf den Fördergurt ausgerichtet.

Jeder dieser Faktoren beeinträchtigt die Reinigungskapazität des Abstreifers zur Entfernung von Rücklaufmaterial. Die entsprechenden Korrekturmaßnahmen sollten dann in der Betriebsanleitung oder der Montageanleitung nachgeschlagen werden.

Bandflattern und Bandreinigung

Bandflattern kann bei der Bandreinigung zu Problemen führen. Es handelt sich dabei um eine auf und ab - Bewegung des Fördergurtes und ist am häufigsten auf der Seite mit der niedrigsten Bandspannung, der Rücklaufseite des Bandes zu beobachten. Die Amplituden dieser Vibrationen wurden mit bis zu 25 mm gemessen. Die Bewegung kann so stark sein, dass dadurch die Gurtreiner zerstört werden oder dass die Lebensdauer der Lager der Rücklaufrollen verkürzt wird. Die Amplitude der Vibration kann den Kontakt zwischen den Abstreifblättern und dem Fördergurt erschweren, wodurch die Reinigungswirkung beeinträchtigt wird. Zur Reduzierung des Bandflatterns kann der Abstand der Rücklaufrollen variiert werden oder es wird eine Gegenrolle zur Banderuhigung eingebaut.

„Schrägspaltbildung“ bei Vorabstreifern

Bei den Vorabstreifern soll die Vorderkante der Spitze des Abstreifblattes das Band zuerst berühren. So wie die Spitze abgetragen wird, dreht sich der Vorabstreifer normalerweise in das Band hinein, um den Kontakt zwischen dem Abstreifblatt und dem Fördergurt aufrecht zu erhalten. Wenn ein Elastomer-Vorabstreifer zu nahe am Band angebracht ist, können sich jedoch Probleme ergeben. Bei einem dergestalt montierten Vorabstreifer wird die Hinterkante der Blattspitze zuerst das Band berühren, unabhängig davon wie das Abstreifblatt konstruiert ist. Durch diese „Schrägspaltbildung“ entsteht eine Spalte zwischen dem Band und der Vorderkante der Blattspitze (**Abbildung 14.65**). Transportiertes Material sammelt sich in dieser Spalte und drückt dann das Abstreifblatt vom Fördergurt weg. Wenn das Abstreifblatt einmal vom Förderband weggedrückt ist, können große Materialmengen zwischen dem Fördergurt und dem Abstreifblatt durchlaufen, was zu einem beträchtlichen Verschleiß am Abstreifblatt sowie am Fördergurt und zu einer Reduzierung der Reinigungswirkung führt. Die Lösung hierfür ist die Wahrung des richtigen Montageabstandes, damit die Vorderkante des Abstreifblattes zuerst den Fördergurt berührt.

Das Problem des Überspanns

Eine optimale Reinigungswirkung ergibt sich aus der Kombination des richtigen Abstreifwinkels und der angemessenen Spannung gegen das Band. Wie in der Arbeit *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning [Grundparameter der Förderbandreinigung]* des Bureau of Mines festgestellt wurde, führt eine Erhöhung des Anpressdruckes eines Abstreifers nicht unbedingt zu einer Verbesserung der Reinigungsleistung (*Referenz 14.2*). Sie kann zu einer Reduzierung der Reinigungswirkung und zu einer verkürzten Nutzungsdauer führen. Selbst wenn der Elastomer-Abstreifer richtig installiert ist, wird bei einer zu strammen Einstellung die Kraft von der gesamten Auflagefläche in Richtung auf die Hinterkante des Abstreifblattes verlagert. Dies führt zu einer „Mini-Schrägspaltbildung“, wobei das Blatt an der Spitze oft zu einem dünnen Saum angeschärft und die Reinigungswirkung vermindert wird (**Abbildung 14.66**).

Wenn ein Hauptabstreifer überspannt wird, kann sich der Abstreifwinkel soweit verändern, dass sich Rücklaufmaterial in dem keilförmigen Bereich zwischen dem Abstreifblatt und dem Band verfängt (**Abbildung 14.67**). Dadurch baut sich Material auf, das den Fördergurt hochdrückt und den wirksamen Anpressdruck des

Abstreifers reduziert. Material läuft zwischen dem Abstreifblatt und dem Fördergurt durch und führt wiederum zu einer mangelhaften Reinigungswirkung und zu einem erhöhten Verschleiß am Abstreifblatt und am Band.

Die Weiterbehandlung des vom Förderband entfernten Materials

Die Tatsache, dass Rücklaufmaterial über die Abwurfstelle hinaus am Fördergurt anhaftet, ist ein Indiz dafür, dass es andere Kenngrößen als der Rest des transportierten Materials aufweist. Die Partikel sind feiner und haben einen höheren Feuchtigkeitsgehalt, so dass sie andere Fließeigenschaften als die Materialhauptmasse haben. Es ist nicht ungewöhnlich, dass Rücklaufmaterial an der Oberfläche einer vertikalen Auskleidung mit niedrigem Reibungsbeiwert anhaftet

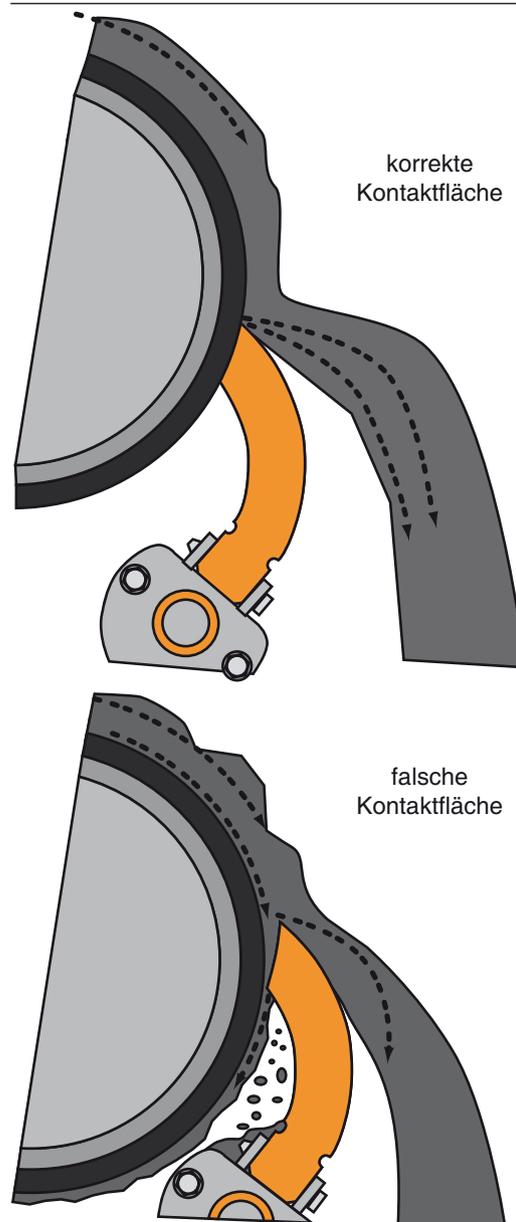


Abbildung 14.65

„Schrägspaltbildung“ - wenn die hintere Kante des Vorabstreifers zuerst am Band ansteht - führt zur Bildung eines Spaltes zwischen dem Band und der Vorderkante der Spitze. In diesem Spalt sammelt sich Material und drückt das Blatt vom Band weg.

Abbildung 14.66

Wird ein Elastomer-Vorabstreifer zu stramm eingestellt, dann wird die Kraft von der gesamten Kontaktfläche in Richtung auf die Hinterkante des Abstreifblattes verlagert. Dies kann dazu führen, dass das Blatt an der Spitze zu einem dünnen Saum angeschärft und die Reinigungswirkung vermindert wird.

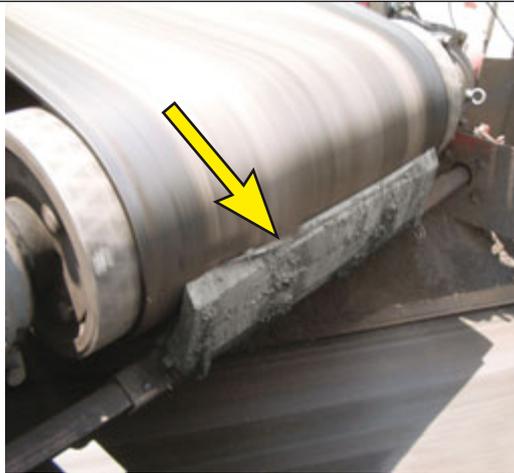


Abbildung 14.67

Wenn ein Hauptabstreifer überspannt wird, kann sich der Abstreifwinkel soweit verändern, dass sich Rücklaufmaterial zwischen dem Abstreifblatt und dem Band verhängt, wodurch das Band hochgedrückt und der wirksame Anpressdruck des Abstreifers vermindert wird.



Abbildung 14.68

Es ist nicht ungewöhnlich, dass Rücklaufmaterial an der Oberfläche einer vertikalen Auskleidung mit niedrigem Reibungsbeiwert anhaftet.



Abbildung 14.69

Ein Abstreifer, der von einer klebrigen oder getrockneten Ansammlung von Material regelrecht eingekapselt wird, kann nicht richtig funktionieren.



(Abbildung 14.68). Selbst nach dem Entfernen vom Rücklaufmaterial am Förderband ist mit Problemen im Hinblick auf dessen Fassung, Handhabung und Entsorgung behaftet.

Wegen der Kenngrößen des Rücklaufmaterials ist es normalerweise am besten, wenn die Gurtreiniger so nah wie möglich an der Abwurfstelle angebracht werden. Die Rückführung der größtmöglichen Menge an Rücklaufmaterial in den Hauptmaterialfluss reduziert die Notwendigkeit, dieses schwierige Material außerhalb des normalen Prozesses zu behandeln. Das klebrige Material, das noch weiter am Band entlang transportiert wird, kann innerhalb der Schurre zu Materialaufbau führen oder den Einsatz von Abtropfschuren oder Reinigungsförderern erforderlich machen, wodurch wiederum die Kosten zunehmen und die Komplexität des Transportsystems steigt. Zur Wahrung einer wirksamen Reinigungsleistung muss der Materialaufbau auf dem Abstreifer oder in der Abtropfschurre verhindert werden. Ein Abstreifer, der von einer klebrigen oder getrockneten Materialansammlung regelrecht eingekapselt ist, kann nicht richtig funktionieren (Abbildung 14.69).

Die Sammlung und Rückführung von Rücklaufmaterial in dem Materialfluss kann bei der Gestaltung von Abwurf-/Entladeschuren ein ernsthaftes Problem darstellen. Idealerweise ist die Hauptabwurfchurre der Förderanlage groß genug, damit das vom Band entfernte Material durch dieselbe Schurre fallen kann, wo es wieder mit dem Hauptmaterialstrom vereinigt wird. Aber in vielen Fällen müssen Hilfsschuren oder zusätzliche Systeme zugeschaltet werden.

Abtropfschuren

An Förderanlagen, die den Einbau der Gurtreiniger lediglich in Bereichen zulassen, die es nicht erlauben, dass das abgereinigte Material ungehindert dem Hauptmaterialstrom zugeführt werden kann, sind u.U. Abtropf- oder Feinmaterialschuren erforderlich. Hierbei kann es sich um eine Erweiterung der Hauptschurre, den Bereich der Rückwand der Hauptschurre oder um eine separate Schurre handeln, durch die das Feinmaterial abtransportiert wird. Diese Hilfsschurre muss groß und steil genug sein, so dass das meist feuchte und klebrige Material sicher abfließen kann und nicht anbackt oder aufgestaut wird. Andernfalls ist es möglich, dass das Gurtreinigungssystem vom Material eingeschlossen wird und damit erheblich an Reinigungsleistung verliert. Es ist ratsam, die Abtropfschurre mit möglichst steilen Wandungen zu versehen und mit Materialien mit möglichst niedrigem Reibwert auszukleiden, wie z. B. ultrahochmo-

lekularem Polyethylen (UHMW PE). Zusätzlich oder alternativ können auch Fließhilfen wie z. B. Vibratoren oder Luftkanonen dabei helfen, das Material auf den gewünschten Weg zu zwingen.

Ein Beispiel für die Beseitigung von Materialstauungen oder – anbackungen durch Fließhilfen ist die Verwendung eines dynamischen Zwischenbodens in der Schurre. Diese besteht aus einer verschleißfesten Kunststoffplatte mit niedrigem Reibbeiwert, die parallel zum betroffenen Schurrenbereich montiert wird. Dabei wird ein Ende nicht befestigt, damit sich die Platte frei bewegen kann. An diese Platte wird ein Vibrator montiert, der Schwingungen erzeugt, durch die das Material abfließt (**Abbildung 14.70**). Da diese vibrierende Platte von der Stahlschurre durch einen Gummipuffer isoliert ist, werden sehr wenig Schwingungen auf die tragende Konstruktion übertragen, die zu Materialermüdung führen können (**Abbildung 14.71**).

Ein alternatives Beispiel ist der Einbau eines flexiblen Vorhangs aus z. B. Gummi in dem von Anbackungen betroffenen Bereich. Auf der Rückseite dieses Vorhangs wird eine Luftkanone installiert, die periodisch ausgelöst wird. Durch den Impuls der Luftkanone wird der Vorhang in Bewegung versetzt und das auf ihm klebende Material wird aufgelockert und fällt ab (Siehe Kapitel 9: „Materialfluss-Hilfsmittel“).

Generell sollten Abtropfschurren mit Wartungsklappen versehen sein, damit der innere Bereich inspiziert und ggf. zusätzlich manuelle gereinigt werden kann.

Hilfsförderer

Falls der Einbau einer Abtropfschurre nicht möglich ist, kann alternativ ein Hilfsförderer eingesetzt werden (**Abbildung 14.72**). Hierbei handelt es sich um eine unterhalb des Hauptsystems installierte kleinere Förderanlage, die das unter dem Band anfallende Feinmaterial in den

Hauptmaterialstrom zurückleitet. Üblicherweise werden für die Anwendung Förderschnecken, Kratzerförderer, elektrische oder hydraulische Schubstangenförderer oder Schwingförderer eingesetzt (**Abbildung 14.73**).

Ein Vorteil von Hilfsförderern ist, dass sie die Platzierung mehrerer tertiärer Förder-

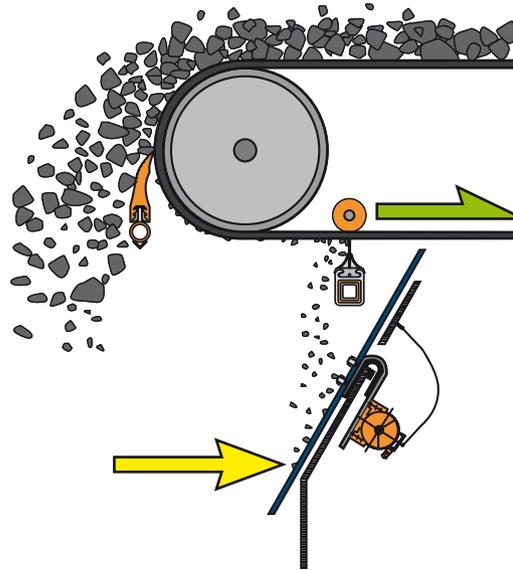


Abbildung 14.70

Eine Vibrations-Abtropfschurre besteht aus einer Kunststoffplatte mit niedrigem Reibbeiwert, an der ein elektrischer Vibrator angebracht ist.



Abbildung 14.71

Durch die Isolierung der vibrierenden Platte von der Stahlschurre mit einem Gummipuffer wird sehr wenig Energie auf den Aufbau übertragen, die zu einer Ermüdung des Metalls führen könnte.



Abbildung 14.72

Das vom Fördergurt entfernte Material kann mit Hilfe eines kraftbetriebenen Pflugabstreifers oder Schubstangenförderers wieder zurück in den Hauptmaterialstrom befördert werden. (Photo des patentierten Drip-N-Ram Conveyor von S&S Concepts, Inc.)

gurtreiner an für die Wartung günstigeren Standorten ermöglichen. Das vom Fördergurt entfernte Material kann sogar bergauf zurück in die Hauptschurre transportiert werden. Der Hauptnachteil dieser Systeme ist, dass damit ein weiteres mechanisches Gerät hinzugefügt wird, das periodisch gereinigt und gewartet werden muss.

SYSTEMWARTUNG

Wie wichtig die Wartung ist

Auch das beste und effizienteste Gurtreinigungssystem erfordert eine regelmäßige Wartung und Einstellung, da sich ansonsten mit der Zeit die Reinigungsleistung verschlechtert und der Verschleiß ansteigt. Mangelnde Wartung führt außerdem zu einem erhöhten Risiko von Beschädigungen des Fördergurtes oder des Reinigungssystems. Nur eine ordentlich durchgeführte Wartung der Gurtreinigungssysteme reduziert den Verschleiß des Fördergurtes und der Abstreifblätter, verhindert Schäden und gewährleistet eine effiziente Reinigung.

Die Konstrukteure von Förderanlagen und die Hersteller von Gurtreiniger müssen ihre Geräte so gestalten, dass Wartungsarbeiten so einfach wie möglich durchzuführen sind. Bei

der Auswahl eines Reinigungssystems sollte der Wartungsbedarf mit berücksichtigt werden. Die Vorausschauende Wartung von Gurtreinigern ermöglicht eine effiziente Durchführung der Arbeiten, was sich in einer verbesserten Reinigungsleistung und durch kürzere Stillstandszeiten bemerkbar macht. Wartungsarbeiten, die einfach und arbeiterfreundlich sind, werden eher regelmäßigen und sorgfältig durchgeführt als schwierige und unbequeme Arbeiten.

Nach dem Einbau eines Fördergurtreinigers sind periodische Kontrollen, Einstell- und Wartungsarbeiten erforderlich (**Abbildung 14.74**). Genauso wie Abstreifer auf Langlebigkeit, Widerstandsfähigkeit und einfache Wartung ausgelegt sein müssen, müssen Förderanlagen für eine einfache Instandhaltung ausgelegt sein. Dies schließt auch die Zugänglichkeiten und den Platz für die Wartung, Inspektion und den Austausch der Gurtreinigungssysteme ein. Im Folgenden sind wesentliche Elemente, die bei Einbau eines Gurtreinigungssystems in eine Bandanlage beachtet werden sollten aufgeführt:

- Nach Empfehlung der CEMA oder der Arbeitsstättenrichtlinie ausreichend bemessene Zugangsmöglichkeiten mit genügend Kopffreiheit und Platz zum Arbeiten
- Mit der Achse der Fördergurtreiniger fluchtende Wartungsöffnungen mit einfach zu bedienenden Türen auf beiden Seiten der Trommel
- Gurtreiniger, die man für die Wartung einfach herausziehen und hineinschieben kann, ohne dass weitreichende Demontagen erforderlich ist
- Komponenten, einschließlich Abstreifblätter und Hauptrahmen, die beständig gegen Korrosion und mechanische Beanspruchung sind
- Komponenten, sollten eine schnelle Ausführung der erforderlichen Wartungsarbeiten erlauben. Die Arbeiten sollten sich mit einfachen Handwerkzeugen durchführen lassen, so dass man nicht erst lange auf das Eintreffen einer Wartungsmannschaft mit Elektrowerkzeugen warten muss

Montagesystem mit Gleitschienen erlauben einen schnellen und einfachen Ein- und Ausbau von Gurtreinigungssystemen, wodurch der Wartungsaufwand reduziert und die Wirtschaftlichkeit erhöht wird (**Abbildung 14.75**). Unter bestimmten Umständen lassen sich solche System auch während des Betriebs der Bandanlage austauschen oder warten. Hier sollte aber unbedingt darauf geachtet werden, dass die Unbedenklichkeit solcher Arbeiten vorher mit den Zuständigen Stellen für die Arbeitssicher-

Abbildung 14.73

Schwingförderer findet man oft als Hilfsförderer.

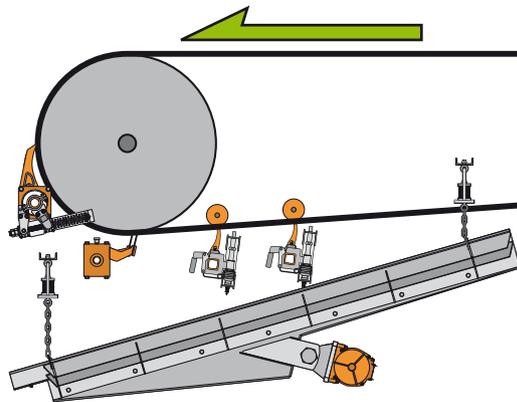


Abbildung 14.74

Nach dem Einbau eines Fördergurtreinigers werden periodische Kontrollen, Nachstellungen und Wartungsarbeiten erforderlich.



heit geklärt und das ausführende Personal entsprechend geschult ist.

Bei der Durchführung von Wartungsarbeiten an Reinigungssystemen sind selbstverständlich sämtliche Arbeitssicherheitsvorschriften und -regeln einzuhalten. Arbeiten an Bandförderanlagen sollten nur von entsprechend ausgebildeten und unterwiesenen Personen ausgeführt werden. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Regeln des Freischaltwesens eingehalten werden. Vor Beginn sollte versucht werden die Anlage anzufahren, um zu prüfen ob die Freischaltmaßnahmen wirksam sind.

Tipps für die Wartung der Gurtreiniger

Wenn die Betriebsleitung und das Personal sich um den Erhalt der Leistungsfähigkeit der Gurtreiniger bemühen, macht sich dieser Aufwand in Form einer effizienteren Reinigung bezahlt. Möglichst überträgt man die Wartung der Gurtreinigungssysteme an fest zugeordnete Mitarbeiter oder an spezialisierte Dienstleistungsbetriebe, da klare Zuständigkeiten das Engagement fördern.

Häufig ist zu beobachten, dass betriebsinterne Inspektionen äußerst selten durchgeführt werden. Dabei werden diese Kontrollen dann noch nur oberflächlich von Leuten durchgeführt werden, die nicht wissen, worauf zu achten ist, weil sie nicht für die Durchführung der Wartungsarbeiten geschult worden sind. Die meisten Betriebsleiter sind der Meinung, dass die Inspektion und Wartung der Gurtreinigungssysteme eine einfache Aufgabe ist, die betriebsintern erledigt werden kann. In Wahrheit ist aber die Wartung der Gurtreiniger aber selten eine Arbeit mit hoher Priorität, so dass sie häufig vernachlässigt wird, gerade weil sie so einfach ist. Durch die Beauftragung externer, spezialisierter Dienstleistungsbetriebe wird sichergestellt, dass die Wartung der Gurtreiniger ordentlich regelmäßig und fachgerecht ausgeführt wird. Häufig helfen solche externen Dienstleister aufgrund Ihrer Erfahrungen in vielen verschiedenen Betrieben auch dabei Probleme, Schwachstellen oder Verbesserungspotenzial zu erkennen, die bisher nicht als solche in auffällig geworden sind.

Während für jeden Gurtreiniger und für jede Spannvorrichtung spezifische Wartungsanweisungen vom Hersteller mitgegeben werden, gibt es regelmäßig durchzuführende Routineverfahrensweisen, die in bestimmten Intervallen ausgeführt werden sollten.

Bei Arbeiten an Gurtreinigungssystemen sind die betrieblichen und gesetzlichen Sicherheits-

vorschriften genauso einzuhalten wie die Maßnahmen die von Hersteller des Geräts empfohlen werden.

Täglich: Entfernung der Materialansammlungen vom Abstreifer

Entfernen Sie bei stillstehendem Band das Material, das sich zwischen den Abstreifblättern und dem Fördergurt angesammelt oder sich auf den Armen der Sekundärabstreifer aufgebaut hat. Oft kann dieses Material dadurch entfernt werden, dass man den Gurtreiniger vom Fördergurt wegschwenkt und ihn dann durch einige kräftigen Schläge gegen das stehende Band sauber klopft. Es ist auch möglich den Abstreifer mit einem Wasserschlauch oder Hochdruckreiniger zu reinigen. Sie können einen Abstreifer nur dann ausreichend inspizieren, wenn Sie alle Anbackungen und Verunreinigungen vorher entfernt haben.

Wöchentlich: Überprüfung der Reinigungsleistung

Überprüfen Sie das Ergebnis des Reinigungssystems. Auf dem Fördergurt anhaftendes Rücklaufmaterial oder Materialansammlungen unter dem Band können auf verschlissene Abstreifblätter, einen falschen Anpressdruck oder Beschädigung des Gurtreinigers hinweisen.

Wöchentlich: Überprüfung des Blattverschleißes

Kontrollieren Sie die Reinigungselemente auf Abnutzungserscheinungen. Bei manchen Fabrikaten sind die Abstreifblätter mit einer sichtbaren Verschleißgrenze versehen. Bei anderen sind die Grenzen des zulässigen Verschleißes dem Handbuch zu entnehmen.

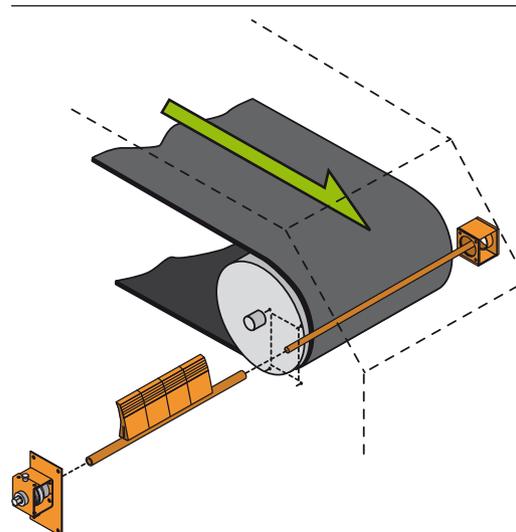


Abbildung 14.75

Auf Schienen montierte Aufsteckmontagesysteme, bei denen die Reinigungsanordnung auf diese Gleitschiene aufgeschoben oder davon abgezogen werden kann, bieten die Möglichkeit für eine schnellere Wartung.

Wöchentlich: Überprüfung der Einstellung der Spannvorrichtung

Das wichtigste Kriterium für die Erhaltung der Reinigungsleistung ist, dass die Reinigungskante gleich bleibend gespannt gegen den Fördergurt anliegt. So wie sich die Abstreifblätter abnutzen, muss die Spannvorrichtung zum Ausgleich der Abstreifblattverkürzung nachgestellt werden. Die spezifischen Anweisungen für das Nachstellen sind dem jeweiligen Handbuch für die Spannvorrichtung zu entnehmen.

DIE BEURTEILUNG DES LEISTUNGSVERHALTENS DER GURTREINIGER

Die Verbesserung der Reinigungsleistung

Es gibt eine Vielzahl von Vorgehensweisen, wie in einem Betrieb die Leistung der Gurtreinigungssysteme verbessert werden kann. Ein solcher Verbesserungsprozess kann u.A. folgende Elemente enthalten:

A. Befolgen Sie die Anweisungen des Herstellers

Stellen sie sicher, dass die Systeme in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers eingebaut und gewartet werden. Halten Sie bei der Wartung die empfohlenen Fristen ein.

B. Standardisieren und systematisch Vorgehen

Die Standardisierung durch Festlegung auf einen Abstreifertyp oder -hersteller in einem Betrieb oder in jeder Betriebsstätte eines Unternehmens führt zur Vereinfachung der Wartungsabläufe und reduziert die Mengen und Arten von Ersatzteilen, die vorgehalten werden müssen.

In Betrieben, die unterschiedliche Förderbandtypen und Schüttgüter einsetzen, sollte man sich für ein plattformbasiertes Gurtreinigungssystem entscheiden, dass es z. B. erlaubt durch Austausch bestimmter Komponenten die Eigenschaften des Gurtreinigers zu verändern. So ist sichergestellt, dass z. B. schnell auf eine Veränderung in den Eigenschaften des Schüttguts (z. B. Feuchtgehalt) reagiert werden kann. Einige Hersteller bieten Reinigungsblätter mit unterschiedlichen Eigenschaften die in Kartuschen montiert sind, die eine einfache und schnelle Modifikation erlauben, ohne dass die Hauptachse und die Spannvorrichtung des Abstreifers ausgetauscht werden müssen. Bei Verwendung von solchen Systemen ist generell die

Anzahl der unterschiedlichen Hauptachsen und Spannvorrichtung deutlich reduziert, was sich positiv auf die Lagerbestände auswirkt. Zusätzlich erleichtert eine solche Standardisierung die Wartung, da nicht viele unterschiedliche Abstreifertypen beherrscht werden müssen. Weiterhin lässt sich die Leistung von Abstreifsystemen verbessern, wenn man die Wartungsvorgänge systematisch im Betriebsablauf verankert (Wartungspläne) und Zuständigkeiten für die Wartung klar regelt. Es bietet sich an, Mitarbeitern diese Aufgaben fest zuzuordnen oder spezialisierte Dienstleistungsfirmen damit zu beauftragen.

C. Setzen Sie die Messlatte höher an

Steigern Sie die Leistungsanforderungen stetig. Erwarten Sie eine immer saubere Anlage und fordern Sie Leistung. Suchen Sie einen Lieferanten, der für sein Produkt Garantien abgibt und arbeiten Sie mit ihm zusammen, um den Reinigungsprozess zu verstehen. Führen Sie Verfahren ein mit denen Sie die Reinigungsleistung messen können, wie z. B. die Messung der Lebensdauer von Abstreifblättern. Nutzen Sie die gewonnen Daten dann bei der Auswahl von Abstreifblättern. Nutzen Sie auch Verfahren zur Bestimmung der Menge an Rücklaufmaterial um das Leistungsverhalten des Reinigungssystems zu beurteilen. Ziehen Sie den Einbau zusätzlicher Abstreifer bei problematischen Förderanlagen in Erwägung.

Eine weitere Strategie ist das systematische Forschen. Analysieren Sie Ihr Reinigungssystem, um den optimalen Anpressdruck bzgl. Verschleiß und Reinigungsleistung herauszufinden. Um die Optimierung zu erleichtern, sind bei einigen Abstreifertypen Markierungen auf den Abstreifblättern angebracht, die den Abnutzungsgrad anzeigen. In Kombination mit Spannvorrichtungen, die unabhängig von Blattverschleiß einen konstanten Anpressdruck bieten, ist hier ein Optimierungsprozess einfach durchführbar.

Dieser Optimierungsprozess besteht darin, dass der Anpressdruck des Abstreifers auf einen gegebenen Wert eingestellt und dann die Zeitdauer und/oder die Gesamtmenge an transportiertem Material erfasst wird, bis das Abstreifblatt die 25%-Marke beim Abnutzungsgrad erreicht hat. Dann wird der Druck nachgestellt und der Vorgang bis zur nächsten 25%-Marke wiederholt. Ebenso muss der Wirkungsgrad bei der Reinigung gemessen werden, entweder mittels der vorhergehend in diesem Kapitel besprochenen quantitativen Methoden oder durch qualitative visuelle Messungen. Auf diese Weise kann ein Betrieb feststellen, bei welchem Druck die längs-

te Nutzungsdauer der Abstreifblätter erreicht wird, während gleichzeitig die Reinigungsleistung beurteilt und zu den Verschleißkosten in ein Verhältnis gesetzt werden kann.

Die Ergebnisse variieren von Anwendung zu Anwendung und sogar von Förderanlage zu Förderanlage innerhalb desselben Werks. Ein deutscher Braunkohlebetrieb hat festgestellt, dass ein höherer Anpressdruck zu einer längeren Nutzungsdauer der Abstreifblätter führt. Ein anderer ähnlicher Betrieb berichtete, dass ein geringerer Druck eine längere Nutzungsdauer der Abstreifblätter gewährleistet, während eine akzeptable Reinigungsleistung immer noch gegeben ist.

Ziele für die Bandreinigung

Die Bandreinigung ist ein Prozess und wie bei jedem anderen Prozess, lassen sich auch hier die Ergebnisse in einer Kurve darstellen (**Abbildung 14.76**). Die Menge des entfernten Materials ist eine Funktion des dabei betriebenen Aufwands. Das könnte der Geldaufwand sein, der Anpressdruck des Abstreifers, die Anzahl der Abstreifer oder eine Kombination aus diesen Faktoren.

Die Kurve des Reinigungsprozesses kann graphisch dargestellt werden, wobei der Aufwand für Entfernung des Rücklaufmaterials bis zu einem gewissen Reinigungsprozentsatz den Kosten für diese Menge an Rücklaufmaterial (einschließlich Reinigung, Wartung, Rollenaustausch und dem Wert des abgängigen Materials) gegenübergestellt wird. An irgendeinem Punkt entlang der Kurve sind die Ausgaben für den Einbau, den Betrieb und die Wartung von zusätzlichen Reinigungssystemen größer als die Kosten, die durch das Rücklaufmaterial entstehen (**Abbildung 14.77**).

Die Kosten für ein Gurtreinigungssystem mit einer Reinigungsleistung von 100% würden wahrscheinlich die Vorteile eines solchen Systems überwiegen. Eine wesentliche Menge des Rücklaufmaterials, das noch jenseits der Gurtreinigungssysteme mit hoher Reinigungsleistung am Band anhaftet, wird auch während des gesamten Rücklaufs des Gurtes am Band verbleiben. Dieses Material wird auch dann noch auf dem Fördergurt sein, wenn er wieder in die Beladestelle eintritt. Daher würde es sich der Aufwand nicht lohnen, dieses Material überhaupt zu entfernen.

Aber ein noch wichtigerer Aspekt ist der, dass die Abstreifer bei einer ausschließlich durch mechanisches Abschaben durchgeführten „100%-igen“ Reinigung mit so viel Druck angepresst werden müssten, dass die Abstreifer die Deckschicht des Bandes gefährden würden. Und egal wie hoch der Wirkungsgrad des

Reinigungssystems auch sein mag, es wird immer eine gewisse Menge an Rücklaufmaterial auf dem Fördergurt verbleiben, versteckt in kleinen Rissen und Killen in der Oberfläche des Bandes. Deshalb ist es unmöglich, eine „100%-ige“ Reinigung zu erreichen.

Man sollte sich daher möglichst vernünftige und erreichbare Ziele für die Bandreinigung setzen, die man beim Betrieb einer Anlage auch erreichen kann. Mit der richtigen Geräteauswahl und einer kontinuierlichen Wartung, führen vernünftig gesetzte Ziele zu sinnvollen Verbesserungen und einer entsprechenden Kapitalrendite. Reinigungssysteme sollten so gestaltet, eingebaut und gewartet werden, dass sie den tatsächlichen Betriebsbedürfnissen unter Einhaltung eines akzeptablen Reinigungsaufwands gerecht werden.

Die Entwicklung eines Standards für das Leistungsverhalten von Bandreinigungssystemen

Die auf einem Fördergurt verbleibende Menge an Rücklaufmaterial hängt eher von den Kenngrößen des Schüttgutes und den physikalischen Parametern des Fördersystems ab, als von der Tonnage an transportiertem Material oder von

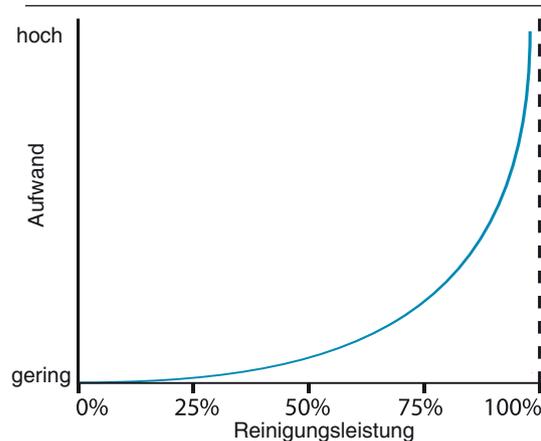


Abbildung 14.76

Die Bandreinigung ist ein Prozess und wie bei jedem anderen Prozess, lassen sich auch hier die Ergebnisse in einer Kurve darstellen.

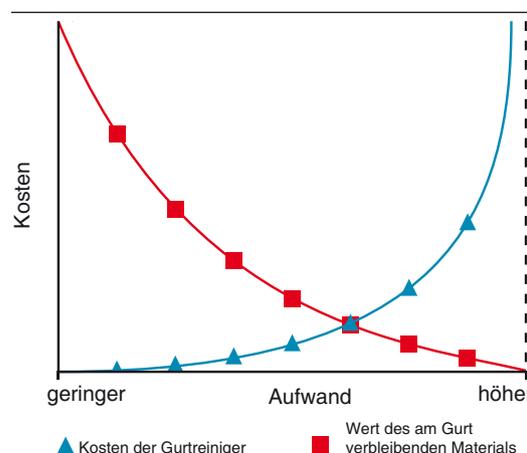


Abbildung 14.77

An einem Punkt entlang der absteigenden Kurve, die die Menge an entferntem Material und die Kosten dieses Rücklaufmaterials darstellt, sind die Ausgaben für den Einbau und die Wartung von zusätzlichen Reinigungssystemen größer als die Kosten, die entstehen, wenn das übrige Material auf dem Fördergurt verbleibt.

sonstigen Faktoren. R. Todd Swinderman hat in einer 2004 bei der Jahrestagung der Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME) vorgestellten Arbeit einen auf dem Leistungsverhalten basierenden Standard für die Gurtreinigung vorgeschlagen (Referenz 14.5). Der Zweck seines Vorschlags war die Vorstellung einer Standardmethode zur Spezifizierung von Bandreinigungssystemen auf Grundlage der Erwartungen der Benutzer und der Geräteleistung im zeitlichen Verlauf. Auf seine Arbeit mit den vorgeschlagenen drei Reinigungsstufen wird im Folgenden eingegangen. (Siehe Kapitel 31: „Leistungsmessungen“ für die Swinderman-Bewertung.)

Reinigungsstufe I wird allgemein vorgegeben, wenn die Frage des Rücklaufmaterials nicht von großer Bedeutung ist. Reinigungssysteme für Einhaltung der Reinigungsstufe I sind normalerweise Einzel- oder Doppel-Abstreifersysteme mit einteiligen Abstreifblättern, die mangelhaft bis durchschnittlich gewartet werden. Häufiges Entfernen des vom Untertrum abfallenden Rücklaufmaterials ist hier wahrscheinlich erforderlich. Stufe I würde für Materialien vorgegeben werden, die leicht vom Fördergurt zu entfernen sind, in Betrieben mit niedrigen Tonnagen an transportiertem Material, in Anlagen, die nur zeitweise in Betrieb sind, oder wo das Rücklaufmaterial einfach eingesammelt und in den Prozess zurückgeführt werden kann.

Reinigungsstufe II wird allgemein vorgegeben, wenn Rücklaufmaterial schon von Bedeutung ist, aber kein wesentliches Sicherheits- oder Umweltproblem darstellt. Reinigungssysteme für die Einhaltung der Reinigungsstufe II sind normalerweise Mehrfach-Abstreifersysteme mit segmentierten Abstreifblättern, die in den vom Hersteller angegebenen Zeitabständen gewartet werden. Stufe II würde für Betriebe mit großen Durchsatzvolumina vorgegeben werden, für

Betriebe, wo das verschüttete Material einen mäßigen Wert darstellt, oder eine wöchentliche manuelle Reinigung unter den Förderanlagen akzeptabel ist.

Reinigungsstufe III wird allgemein vorgegeben, wenn Rücklaufmaterial einen kritischen Faktor darstellt. Hier reichen die Auswirkungen vom Sicherheitsaspekt über die Umweltbedenklichkeit bis hin zur Produktkontamination. Reinigungssysteme für die Einhaltung der Reinigungsstufe III sind normalerweise Mehrfach-Abstreifersysteme kombiniert mit mindestens einem niedervolumigen Sprühwassersystem. Bei schwer zu reinigenden Schüttgütern kann der Einsatz einer Gurtwaschanlage erforderlich sein, die mit Mehrfachabstreifern in Verbindung mit einem niedervolumigen Sprühwassersystem zur Schmierung der Abstreifer und einem hochvolumigen Sprühsystem zur Sicherstellung des freien Abflusses der Gurtwaschanlage und der Ablaufrohre ausgestattet ist. Stufe III ist dort angezeigt, wo die Verhinderung der Materialverluste gefordert wird, wo die Kontaminierung der Ladung auf dem Band von Bedeutung ist, das Schüttgut einen hohen Wert darstellt oder wo eine nur monatliche Reinigung unter den Förderanlagen gefordert wird.

In der Arbeit von Swinderman ist vermerkt, dass mit den Ansprüchen an die Reinigungsleistung auch der Aufwand und die Kosten für das Reinigungssystem steigen (Tabelle 14.2).

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Allgemein

- a. Es ist wichtig, dass Bandreinigungssysteme so gestaltet und ausgelegt werden, dass sie nicht nur mit nor-

Tabelle 14.2

Zulässige Durchschnittsmenge an Rücklaufmaterial am Band nach der Reinigung			
Reinigungsstufe	Stufe I	Stufe II	Stufe III
Durchschnittsmenge an Rücklaufmaterial (Trockengewicht g/m ²)	250	100	10
Durchschnittsmenge an Rücklaufmaterial (Trockengewicht oz/ft ²)	0,82	0,33	0,03

Anmerkungen:

1. Da die Umwelt- und Betriebsbedingungen variieren, basiert die Reinigungsstufe auf dem Mittel einer Standardverteilungskurve, die für jede Förderanlage und für jedes Schüttgut spezifisch ist. Deshalb ist zur Bemessung der Gesamtleistung der Gurtreiner das Mittel der Messungen von allen ähnlichen Systemen einzusetzen, die in einem Betrieb ähnliche Schüttgüter transportieren.
2. Rücklaufmaterialfaktoren (Cbf), der Prozentsatz des Materials, das letztlich vom Fördergurt abfällt und sich unterhalb der Förderanlage ansammelt, sind zu durchschnittlich 75% des gemessenen Rücklaufmaterials bei Stufe I gemessen worden, zu 50% bei Stufe II und zu 25% bei Stufe III

malen Einsatzbedingungen sondern auch mit Problemen des Materials in deren „Worst-Case“-Zustand zurechtkommen. Dadurch können die Reinigungssysteme auch ihren Dienst verrichten, wenn bei den Materialien Veränderungen vorliegen.

- b. Fördergurtreiniger sollten so nah wie möglich an der Materialabwurfstelle installiert werden, damit die Reinigungselemente gegen eine feste Oberfläche angepresst werden können und somit eine wirksame Reinigung gewährleisten.
 - c. Gurtreiniger sollten außerhalb der Materialflugbahn installiert und so platziert werden, dass sich das entfernte Material nicht auf den Abstreifblättern oder den Aufbauten festsetzen kann.
 - d. Gurtreinigungssysteme sollten nicht die gesamte Gurtbreite erfassen, damit auch im Falle von Gurtschieflauf ein optimaler Kontakt zum Gurt sicher gestellt ist.
 - e. Jede Kopftrommel sollte mit einem Fördergurtreinigungssystem ausgestattet sein, das mindestens aus einem Primärabstreifer und einem Sekundärabstreifer besteht, wobei schon Vorkehrungen für den Anbau von Tertiärabstreifern getroffen sein sollten.
 - f. Die Reinigungssysteme sollten so gestaltet sein, dass die Wartung und der Austausch von Abstreifblättern auf einfache Art und Weise durchgeführt werden kann. Periodische Wartungsarbeiten sollten gemäß den Empfehlungen der Hersteller durchgeführt werden, damit die Gurtreiniger immer in einem optimalen Zustand sind.
- B. Primärabstreifer
- a. Primärabstreifer sind für die erste Grobreinigung vorgesehen. Sie sollten mit flexiblen (Elastomer)-Abstreifblättern und mit Spannvorrichtungen für Radialeinstellung ausgestattet sein.
 - b. Primärabstreifer sollten mit positiver Anstellneigung auf der Lauffläche der Kopftrommel unmittelbar unterhalb der Flugbahn des Materials angebracht werden.
 - c. Die Abstreifblätter von Primärabstreifern sollten einen konstanten Abstreifwinkel und eine konstante Abstreiffläche aufweisen.
 - d. Vorabstreifer sollten an Gurtförderern mit nur einer Laufrichtung und an reversierenden Anlagen eingebaut werden können.
 - e. Bei reversierenden Gurtförderern sollte auf jeder Abwurftrummel ein Vorabstreifer angebracht werden.
- C. Sekundärabstreifer
- a. Sekundärabstreifer entfernen die Hauptmenge des Materials, das die Vorabstreifer passiert hat. Sekundäre Abstreifblätter sollten den Gurt an einer Stelle berühren, wo dieses noch an der Kopftrommel anliegt oder sich gerade von der Kopftrommel löst. Alternativ können die Abstreifer hinter der Kopftrommel mit einer Gegendruckrolle oberhalb der Abstreifblätter positioniert werden. Die Gegendruckrolle sollte einen Mindestdurchmesser von 100 mm aufweisen.
 - b. Sekundäre Abstreifblätter sollten mit einer negativen Anstellneigung am Band anliegen.
 - c. Die Abstreifblätter sollten aus Wolframkarbid oder einem ähnlich abrasionsbeständigen Material bestehen.
 - d. Auf Fördergurten mit nur einer Laufrichtung sollten die Abstreifer mit einer Spannvorrichtung mit Radialeinstellung und auf Reversiergurten mit einer vertikal wirkenden Federspannvorrichtung ausgestattet werden.
 - e. Reversiergurte sollten so nah wie möglich an jeder Abwurftrummel mit einem Sekundärabstreifer für Reversierbänder ausgestattet werden.

D. Tertiärabstreifer

- a. Bei der Gestaltung der Beladestellen einer Förderanlage sollte für den eventuellen nachträglichen Einbau von Tertiärabstreifern ein ausreichend bemessener Raum mit eingeplant werden.
- b. Für Tertiärabstreifer sollte eine separate Abtropfschurre oder ein separater Reinigungsförderer vorgesehen werden, um das Rücklaufmaterial in den Hauptmaterialstrom zurückzuführen.

E. Verschiedenes

- a. Notwendige Versorgungseinrichtungen (Wasser, Elektrizität, Pressluft) sollten an günstig für die Montage der Gurtreiniger gelegenen Stellen verfügbar sein.
- b. Freiräume und Zugangsmöglichkeiten sollten entsprechend den CEMA-Empfehlungen bei der Gestaltung der Förderanlage mit einbezogen werden.

Gleichung 14.1

Berechnung der durch Gurtreiniger zusätzlich auf das Band aufgebraachte Kraft

$$\Delta T_{BC} = l_{BC} \cdot \mu_{BC} \cdot F_{BC}$$

Gegeben: Ein 900 mm (36 Zoll) breites Förderband ist mit einem Abstreifer an der Kopftrommel ausgestattet. Der Abstreifer übt auf das Förderband eine Kraft von 0,088 Newton pro Millimeter (0,5 lb_f/in.) aus und der Reibbeiwert beträgt 0,6. **Gesucht:** Die aufgrund des Abstreifers zusätzlich auf das Förderband aufgebraachte Kraft.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
ΔT_{BC}	Aufgrund des Abstreifers zusätzlich auf das Förderband aufgebraachte Kraft	Newton	Pfund Druckkraft
μ_{BC}	Reibungskoeffizient	0,6	0,6
F_{BC}	Normalkraft zwischen Fördergurt und Abstreifer pro Längeneinheit des Abstreifers	0,088 N/mm	0,5 lb _f /in.
l_{BC}	Länge des Abstreifblattes	900 mm	36 in.
Metrisch: $\Delta T_{BC} = 900 \cdot 0,6 \cdot 0,088 = 47,5$			
Amerikanisch: $\Delta T_{BC} = 36 \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 10,8$			
ΔT_{BC}	Aufgrund des Abstreifers zusätzlich auf das Förderband aufgebraachte Kraft	47,5 N	10,8 lb _f

Gleichung 14.2

Berechnung der zusätzlich für den Bandantrieb erforderlichen Leistungsaufnahme

$$P = \Delta T_{BC} \cdot V \cdot k$$

Gegeben: Ein Fördergurtreiniger bringt 47,5 Newton (10,8 lb_f) an zusätzlicher Kraft auf ein mit 3 m/s (600 Fuß/min) laufendes Band auf. **Gesucht:** Der zusätzlich für den Antrieb der Förderanlage erforderliche Leistungsbedarf aufgrund des Abstreifers.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
P	Zusätzlicher Energieverbrauch für den Bandantrieb	Kilowatt kW	Pferdestärke hp
ΔT_{BC}	Durch die Einfassungsabdichtung zusätzlich auf das Band aufgebraachte Kraft (berechnet in Gleichung 14.1)	47,5 N	10,8 lb _f
V	Bandgeschwindigkeit	3 m/s	600 ft/min
k	Umrechnungsfaktor	1/1000	1/33000
Metrisch: $P = \frac{47,5 \cdot 3}{1000} = 0,14$			
Amerikanisch: $P = \frac{10,8 \cdot 600}{33000} = 0,2$			
P	Zusätzlicher Energieverbrauch	0,14 kW	0,2 hp

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Fördergurtreiniger und Leistungsbedarf

Der Einsatz der Gurtreiniger erhöht den auf das Band wirkenden Reibwiderstand und damit die Leistungsaufnahme einer Förderanlage (**Gleichungen 14.1** und **14.2**).

In einer von R. Todd Swinderman in *Bulk Solids Handling* veröffentlichten Studie wurde untersucht, wie viel Leistung die Anwendung eines Fördergurtreinigers von der Gesamtantriebsleistung einer Förderanlage verbraucht (*Referenz 14.7*). Der Leistungsbedarf wird anhand der effektiv mit dem Abstreifer in Kontakt stehenden Fördergurtbreite errechnet. In den meisten Fällen stehen die Abstreifblätter nicht über die volle Bandbreite hinweg mit dem Förderband in Kontakt.

In der Studie wird ein 900 mm breites Förderband betrachtet, das sich mit Geschwindigkeiten von 0,5; 2,0; 3,5; und 5,0 m/s bewegt. Die Reinigungsbreite des Abstreifblattes gegen den Fördergurt beträgt 762 mm. Der Leistungsbedarf, der zusätzlich für den Antrieb der Förderanlage durch die Spannung der verschiedenen Arten der Gurtreiniger erforderlich ist, beläuft sich auf 0,14 bis 3,8 kW (**Tabelle 14.3**).

Eine Anwendung wird mit Hilfe eines handelsüblichen Softwareprogramms für die Konstruktion von Förderanlagen durchgerechnet. Ein 1200 mm breites Förderband transportiert mit einer Geschwindigkeit von 3,0 m/s 1350 Tonnen Kohle pro Stunde über eine Strecke von 90 m mit einer Steigung von 14°. Das Gewicht des Fördergurts ist mit 22,3 kg/m angegeben und die Gurtrollen sind in Abständen von 600 mm verteilt. Diese Förderanlage würde eine Gesamtleistung von 107 kW für den Antrieb erfordern.

Wenn pro Quadratmeter 1,2 kg an Rücklaufmaterial auf dem Förderband vorhanden wären,

würde dies eine zusätzliche Belastung von 10,9 t/h bedeuten. Für sich selbst betrachtet, wäre für den Transport dieser zusätzlichen Materialmenge nur eine sehr geringe zusätzliche Leistung erforderlich: 1 kW zusätzliche Leistung bei einer Gesamtleistung von 108 kW. Die Probleme für die Förderanlage ergeben sich nicht aus dem Leistungsverbrauch für die Masse an Rücklaufmaterial, sondern aus der Wirkung dieses in die Umgebung freigesetzten Rücklaufmaterials auf das Material oder die Bauteile der Förderanlage.

Eine einzige festsitzende Aufpralldämpfungsrolle erfordert etwa 1,2 kW an zusätzlicher Leistung. Ein festsitzender stählerner Rollensatz kann bis zu 0,27 kW an zusätzlicher Leistung erfordern. In dieser Studie ist auch festgehalten, dass eine 25 mm starke Schicht von Rücklaufmaterial auf einer einzigen Rücklaufrolle beim Antrieb der Förderanlage einen Mehrbedarf an Leistung von bis zu 0,32 kW verursachen kann.

Dieser sich aus entweichendem Material ergebende zusätzliche Leistungsbedarf sollte mit dem Leistungsbedarf eines typischen dualen Gurtreinigungssystems verglichen werden. Anhand des obigen Beispiels wäre der Leistungsbedarf bei einem 1200 mm breiten Förderband bei einer Geschwindigkeit von 3 m/s und einem eingebauten dualen Gurtreinigungssystem 1,3 kW für den Vorabstreifer und 2,1 kW für den Sekundärabstreifer.

Die für den Einsatz eines effektiven Mehrfach-Abstreifersystems erforderliche zusätzliche Leistungsaufnahme von insgesamt 3,4 kW entspricht einer Zunahme von nur drei Prozent gegenüber den 107 kW, die für die Förderanlage ohne Abstreifer erforderlich sind. Dieser Leistungsnachteil aufgrund des Gurtreinigungssystems liegt nur geringfügig über dem Leistungsverbrauch von 0,27 kW für einen einzigen festsitzenden Rollensatz, oder über den 0,32 kW für eine 25 mm starke Materialschicht auf einer einzelnen Rücklaufrolle.

Zusätzlicher Energieverbrauch des Bandantriebs abhängig von der Art der Gurtreiniger

Art der Abstreifblätter	Bandgeschwindigkeit, m/s			
	0,5	2	3,5	5
	kW	kW	kW	kW
	0,14	0,52	0,97	1,34
Sekundärabstreifer mit Metallblatt	0,22	0,89	1,57	2,24
Sekundärabstreifer mit Urethanblatt	0,37	1,49	2,68	3,80

Tabelle 14.3

Hinweis: Alle Prüfungen wurden mit den von Martin Engineering benannten Kräften gemäß empfohlenen Anpressdrücken durchgeführt

Wie von Swinderman festgestellt, erweisen sich die Folgen für ein nicht eingebautes und angemessen gewartetes Gurtreinigungssystem aufgrund der zusätzlichen Reibung, die durch Gurtrollen mit Materialverkrustungen oder festsitzender Lager verursacht wurde, als ein schwerwiegenderer Verlust an Antriebsleistung.

Bandreinigung und Entstaubung

Beim Materialtransport ist Rücklaufmaterial eine der Hauptquellen für die Staubbildung. Dieser Staub entsteht durch die mechanische Wirkung der Gurtrollen und Trommeln auf die schmutzige Seite des Fördergurts. Fördergurtreiniger reduzieren die beim Materialtransport erzeugte Gesamtmenge an Staub, weil sie die Gesamtmenge an Rücklaufmaterial auf dem Band vermindern. Da sich die Konstruktion der Gurtreiniger weiterentwickelt und verbessert hat, ist die Gesamtmenge an aus Rücklaufmaterial entstehendem Staub soweit reduziert worden, dass die Fördergurtreiniger damit mittlerweile zu einer wichtigen passiven Entstaubungsmethode geworden sind. Dieses weiterführende Thema bietet eine Methode zur Abschätzung der Reduzierung des potentiell vom Förderband in die Umgebung freigesetzten Staubes.

Feuchtigkeitsgehalt und Teilchengröße

Die Staubigkeit eines Schüttguts hängt von der Luftgeschwindigkeit, der Teilchengröße und der Kohäsion ab (**Abbildung 14.78**).

Die Staubigkeit eines gegebenen Schüttguts wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Die für diese Diskussion wichtigsten Faktoren sind Feuchtigkeitsgehalt und Teilchengröße. Generell kann man sagen, dass eine Erhöhung des Feuchtigkeitsgehalts auch die Teilchengröße und die

Kohäsion des Materials erhöht. In dem Maß, in dem die Teilchengröße und die Kohäsion zunehmen, nimmt der Staubigkeitsindex ab. Eine Reduzierung der Staubigkeit ist selbst bei Feuchtigkeitsgehalten von 2,5% festzustellen. Die meisten Materialien mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 16% oder mehr haben einen Staubigkeitsindex, der effektiv Null ist. Die Teilchengröße ist eine wesentliche weitere Variable. Im Allgemeinen haben Schüttgüter mit einer Partikelgröße über 100 µm einen sehr niedrigen Staubigkeitsindex (*Referenz 14.8*). Generell kann man sagen, dass nur eine sehr geringe Staubreduzierung durch die Bandreinigung zu erwarten ist, wenn das Rücklaufmaterial durchschnittlich mehr als 16% Feuchtigkeit und eine Teilchengröße größer als 100 µm aufweist.

Rücklaufmaterial hat normalerweise einen hohen Feuchtigkeitsgehalt, weil die Feinanteile und die Feuchtigkeit aufgrund der wellenartigen Bandbewegung in Richtung der Fördergurtoberfläche wandern. Der typische Feuchtigkeitsgehalt des Rücklaufmaterials beträgt zwischen 15% bis 50%. Seine Korngrößenverteilung hängt davon ab, wo sie gemessen wird und welche Art von Fördergurtreiniger zum Einsatz kommt. Wenn Mehrfachabstreifer vorhanden sind, wird die Partikelgröße des Rücklaufmaterials von Abstreifer zu Abstreifer sukzessive kleiner (**Tabelle 14.4**).

Die durchschnittliche Teilchengröße, der Teilchen, die den Vorabstreifer eines dualen Abstreifsystems passieren, liegt bei etwa 1000 µm. Das Kornspektrum reicht dabei von 1 µm bis 5 mm. Die durchschnittliche Teilchengröße der einen Sekundärabstreifer mit Hartmetall-Abstreifblättern passierenden Partikel beträgt etwa 50 µm, mit einem Größenbereich von 1 µm bis 250 µm.

Abbildung 14.78

Beziehung bei der Erzeugung von Schwebestäuben

$$\text{Staubaufkommen} \sim \frac{\text{Luftgeschwindigkeit}}{\text{Teilchengröße} \cdot \text{Kohäsivität}}$$

Tabelle 14.4

Eigenschaften des durch Reinigungssystem nicht erfassten Rücklaufmaterials			
Reinigungssystem	Gurtreiniger nicht zugeschaltet	Nur Urethan-Vorabstreifer zugeschaltet	Vorabstreifer (mit Urethan-Abstreifblatt) und Sekundärabstreifer mit Metall-Abstreifblatt zugeschaltet
Partikelgröße	Große, kleine und feine Partikel (10 mm bis 1 µm)	Kleine und feine Partikel (5 mm bis 1 µm)	Feine Partikel (250 µm bis 1 µm)
Feuchtigkeitsgehalt	Niedrigster Feuchtigkeitsgehalt (~ 15%)	Erhöhter Feuchtigkeitsgehalt (~ 30%)	Sehr nass (~ 50%)

Anmerkungen: Transportiertes Material: gebrochener Kalkstein, kleiner als 200 mm (8 Zoll). Bandgeschwindigkeit: 2 m/s (394 ft/min) Dauer der Probenahme, jeweils: 30 Sekunden

Leerlaufende Bänder

Es folgt, dass die Kombination von niedriger Feuchtigkeit und kleiner Teilchengrößen vorliegen muss, damit vom Rücklaufmaterial Staub freigesetzt wird. Meist hat das Rücklaufmaterial einen ausreichenden Feuchtigkeitsgehalt, dass die kleineren Partikel aneinander haften und dann am Fördergurt kleben, wodurch die Freisetzung von Staub verhindert wird. Ein Großteil des von Fördergurtreinigern und den nachgelagerten Komponenten hervorgerufenen Staubaufkommens, wie z. B. von Gurtrollen und Umlenktrömmeln, entsteht wenn das Band für längere Zeit läuft, ohne dass Material transportiert wird. Wenn das Band lange genug ohne Ladung läuft, trocknet das Rücklaufmaterial auf dem Fördergurt und die Teilchengröße des Materials wird durch den Kontakt mit den rollenden Komponenten reduziert. Unter diesen Bedingungen wird das Rücklaufmaterial größtenteils in Form von Staub in die Umgebung freigesetzt. Natürlich gibt es hier Ausnahmen, wie z. B. wenn sehr trockene Materialien wie Aluminiumoxid transportiert werden. Die Bandreinigung reduziert jedoch bei Kohle und den meisten Mineralstoffen durch Entfernen der Hauptmenge an Rücklaufmaterial vom Förderband das Staubaufkommen weitestgehend.

Ein anschauliches Beispiel dazu liefert das Fördersystem im Bunker eines kohlebefeuerten Kraftwerkes. Diese Förderanlagen ließ man immer laufen, auch wenn keine Kohle befördert wurde. Wenn sie nicht befördert wurde, nahm der Staub in der Luft ab und die Luft wurde klar.

Wenn jedoch die Bänder lange genug liefen, dass das Material auf den Förderbändern trocknen konnte, stieg die Staubmenge in der Luft wieder an. Das vertrocknete Material auf dem leerlaufenden Band wurde von den Rücklaufrollen, den Gurtreinigern und anderen Komponenten aus dem Fördergurt herausgeklopft und in die Luft freigesetzt. Wenn die Bänder dann wieder beladen wurden, hat die Staubbentwicklung tatsächlich abgenommen, da die Ladung eine gewisse Menge an Feuchtigkeit und Chemikalien für die Staubunterdrückung enthielt (**Abbildung 14.79**).

Obwohl bei diesem Fall keine Werte oder Ergebnisse von vor und nach dem Einbau von Fördergurtreinigern bekannt sind, so zeigt es dennoch, dass die Perioden der größten Staubbentwicklung den Zeiten entsprechen, in denen die Förderanlage lief, ohne dass Kohle transportiert wurde. Das Beispiel zeigt deutlich den Effekt, dass das am Gurt anhaftende Material austrocknet und zum Stauben neigt, wenn die Förderbänder leer laufen. Das trockene Rücklaufmaterial wird als Schwebestaub in die Luft übergehen, wobei der mengenmäßig größte Teil dieses Staubes innerhalb eines kurzen Zeitraumes freigesetzt wird, nämlich wenn der Feuchtigkeitsgehalt des Rücklaufmaterials eine kritische Untergrenze unterschreitet. Es ist offensichtlich, dass hier eine bedeutsame Verbesserung bei der Entstaubung erreicht worden wäre, wenn man die Förderanlage einfach ausgeschaltet hätte, wenn keine Kohle transportiert wird. Wenn das Band leer läuft, trocknet das Rücklaufmaterial aus und der Gurtreiniger sowie die Rücklaufrol-

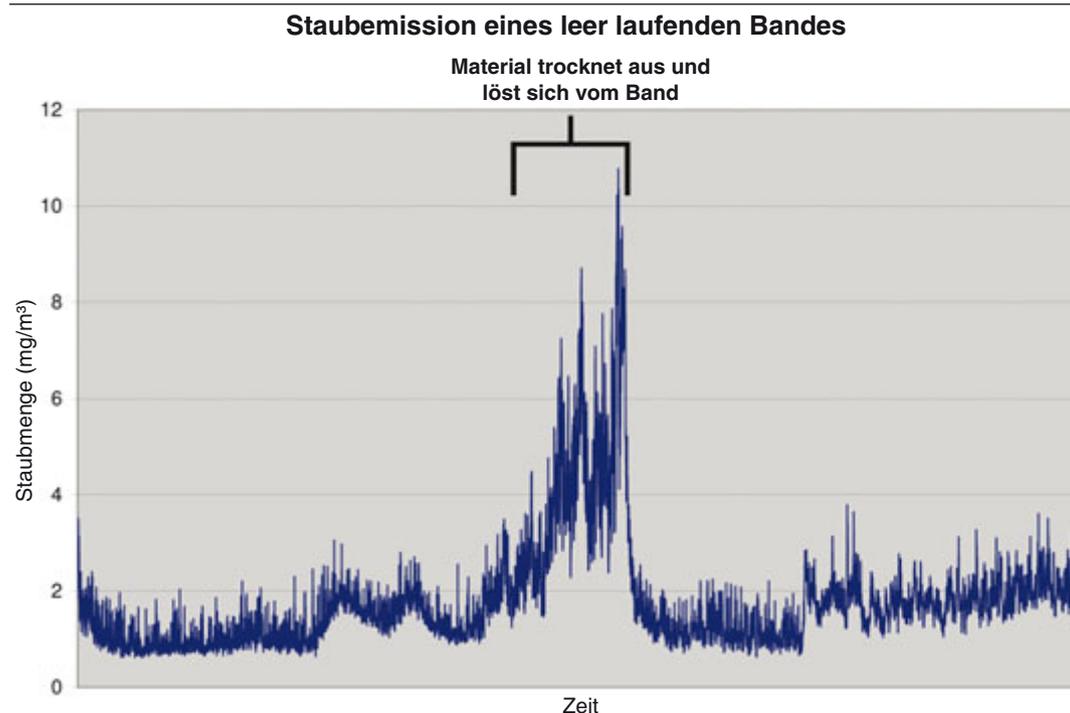


Abbildung 14.79

Die Staubemissionen vom Bandschleifenwagen eines Kraftwerkes nahmen zu, nachdem das Band so lange leer gelaufen ist, dass das Rücklaufmaterialmaterial trocknen und sich vom Förderband lösen konnte.

len entfernen das feine, trockene Material vom Förderband.

Abschätzung des durch die Bandreinigung vermiedenen Staubs

Vorausgesetzt, dass der Staub der innerhalb der Schurre entsteht von den passiven oder aktiven Entstaubungssystemen erfasst wird, gilt, dass die Staubmenge, die in der Rücklaufstrecke erzeugt wird direkt proportional zu der Menge an Rücklaufmaterial auf dem Band ist. Bei Schüttgütern ändern sich die Bedingungen andauernd, wodurch die Berechnung eines genauen Wertes für die durch den Materialtransport hervorgerufen Staubmenge oder die durch die Bandreinigung vermiedene Staubmenge erschwert wird. Die Berechnung der Staubmenge, die freigesetzt werden könnte, erfordert eine Anzahl von Annahmen und Schätzungen. Ohne tatsächliche anwendungsspezifische Daten ist dies grundsätzlich eine rein theoretische Übung. Auf der Grundlage derselben Annahmen und Schätzungen kann jedoch demonstriert werden, dass der Einbau eines ausreichend bemessenen Gurtreinigungssystems, das richtig gewartet und gepflegt wird, zu einer wesentlichen Reduzierung des potentiell aus der Förderanlage entweichenden Staubes führt, wenn man das Förderband nicht über einen längeren Zeitraum hinweg leer laufen lässt.

Ein Musterbeispiel

Eine typische Förderanlage in einem Bergbaubetrieb oder einem Kraftwerk weist ohne ein Gurtreinigungssystem eine durchschnittliche Menge an Rücklaufmaterial von 500 g/m² Fördergurt auf. Ein richtig installiertes und gewartetes duales Gurtreinigungssystem reduziert diese Menge auf weniger als 100 g/m². Fortschrittlichere Systeme - mit mehreren Abstreifern oder mit einem Gurtwaschsystem - können sie weiter auf bis zu 10 g/m² herabdrücken. Wenn 10 g/

m² auch als ein hoher Wert erscheinen kann, so ist dennoch zu bedenken, dass ein 0,14 mm tiefer Kratzer in der Oberfläche des Bandes bei einer Breite von 0,14 mm pro Meter Gurtlänge 10 g Material (mit einer Dichte von 1,0) enthalten kann. Je nach Reinigungsstufe kann angenommen werden, dass sich zwischen 25% bis 75% des nach der Bandreinigung auf dem Fördergurt verbleibenden Rücklaufmaterials im Förderband in Rissen, Löchern und in der angerauten Oberfläche befindet (Referenz 14.5).

Die Fördergurtgeschwindigkeit und die Betriebsstunden stellen die anderen Hauptfaktoren dar, die bei einer Schätzung der Stauberzeugung durch die Bandreinigung zu berücksichtigenden sind. Um die Anzahl der erforderlichen Berechnungen und Diagramme im Rahmen zu halten, wird von einer einheitlichen Bandgeschwindigkeit von 1 m/s ausgegangen. Andere Bandgeschwindigkeiten können linear extrapoliert werden, z. B. bedeutet eine Bandgeschwindigkeit von 3 m/s das Dreifache der jeweiligen Werte bei 1 m/s.

Musterberechnung

Annahmen

Die Annahmen (Tabelle 14.5) basieren auf typischen Werten für Rücklaufmaterial und auf Erfahrungswerten bei der Messung des Leistungsverhaltens von Fördergurtreinigungssystemen unter einer großen Vielzahl von Bedingungen im Kohlebergbau und bei der Hartsteingewinnung. Vorsichtshalber wird angenommen, dass der Staubigkeitsindex bei 100% liegt und dass das gesamte Rücklaufmaterial in diesem Beispiel eine Körnung von 100 µm oder weniger aufweist. Damit handelt es sich bei dem gesamten Rücklaufmaterial um potentielle Schwebestäube. Die Reinigungsstufen I, II und

Tabelle 14.5

Annahmen	Bandreinigungsstufe			
	Keine Abstreifer	Stufe I	Stufe II	Stufe III
Rücklaufmaterial g/m ² (oz/ft ²)	500 (1,6)	250 (0,8)	100 (0,3)	10 (0,03)
Rücklaufmaterialfaktor	88%	75%	50%	25%
Teilchengröße µm (in.)	< 100 (0,004)	< 100 (0,004)	< 100 (0,004)	< 100 (0,004)
Gereinigte Breite des Fördergurtes	67%	67%	67%	67%
Bandgeschw. m/s (ft/min)	1,0 (200)	1,0 (200)	1,0 (200)	1,0 (200)

III stellen Standardkategorien für Rücklaufmaterial dar, die grob betrachtet jeweils 1 Abstreifer, 2 Abstreifern und 3 Abstreifern oder einem Gurtwuschsystem entsprechen.

Definitionen

Zur Erläuterung der Annahmen werden die folgenden Definitionen verwendet:

A. Rücklaufmaterial

Rücklaufmaterial ist das Trockengewicht des nach dem Abwurf der Ladung am Fördergurt anhaftenden Materials. Die Menge an Rücklaufmaterial auf dem Fördergurt kann mit Hilfe einer Messanordnung zur Bestimmung der Rücklaufmaterialmenge mit nachfolgender Aufarbeitung im Labor gemessen werden. Wenn die Adhäsionseigenschaften des Schüttguts bekannt sind, ist eine bessere Schätzung der Menge an Rücklaufmaterial auf dem Fördergurt möglich (*Referenz 14.9*). Ist kein Abstreifer zugeschaltet, gilt für dieses Beispiel die Annahme, dass die Menge an Rücklaufmaterial 500 g/m^2 der zu reinigenden Gurtoberfläche beträgt.

B. Rücklaufmaterialfaktor

Der Rücklaufmaterialfaktor ist die geschätzte prozentuale Menge des Rücklaufmaterials, das nach den Gurtreinigern durch Komponenten, wie z. B. Rücklaufrollen und Krümmertrommeln abgelöst wird. Je sauberer das Band ist, desto niedriger wird die prozentuale Menge des Rücklaufmaterials sein, das vom Fördergurt abfällt, weil das übrige Rücklaufmaterial entweder in Rissen und Sprüngen im Band festsetzt, oder weil die Partikel über eine ausreichende Adhäsionskraft verfügen und am Band haften bleiben.

C. Teilchengröße

Für dieses Beispiel wird angenommen, dass 100% des Rücklaufmaterials klein genug ist, um als Schwebstaub in die Luft entweichen zu können. In der Praxis kann eine Siebanalyse zur Bestimmung des prozentualen Anteils jener Partikel im Rücklaufmaterial durchgeführt werden, die klein genug sind, um potentiell als Schwebstaub in die Luft entweichen zu können und die Ergebnisse der Berechnungen mit dem Prozentsatz der Partikel multipliziert werden, die kleiner als $100 \mu\text{m}$ sind.

D. Gereinigte Breite des Fördergurts

Nur ein Teil des Fördergurts hat Kontakt mit dem Schüttgut und dies ist die Breite, die von Rücklaufmaterial befreit werden muss. Es gilt

die Regel der CEMA, dass zwei Drittel der Bandbreite für die Positionierung der Einfassung einen angemessenen Wert für diese Variable darstellt. Anstatt dieser Annahme kann die tatsächliche Breite gemessen und verwendet werden.

E. Bandgeschwindigkeit

Die Bandgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit des Bandes in m/s. In diesem Beispiel wird von einem Wert von $1,0 \text{ m/s}$ ausgegangen. Ergebnisse für andere Bandgeschwindigkeiten können durch Multiplikation mit der tatsächlichen Bandgeschwindigkeit in m/s extrapoliert werden. Dieselbe Extrapolation ist in Bezug auf die Zeit möglich (Minuten zu Stunden, Tagen, Wochen usw.) und in Bezug auf die Gurtbreite, weil die Beziehung zu den Rücklaufmaterialmengen linear ist.

Gleichung

Die potentielle Staubmenge aus Rücklaufmaterial kann durch Berechnung bestimmt werden (**Gleichung 14.3**). Für verschiedene Fördergurtbreiten und Reinigungsstufen können zusätzliche Berechnungen gemacht werden, wobei die übrigen Variablen nicht verändert werden (**Abbildung 14.80**). Wie im obigen Beispiel ersichtlich, wird durch den Einbau eines Systems für Reinigungsstufe II die potentielle Staubmenge um 89% reduziert. Normalerweise besteht ein System für Reinigungsstufe II aus mindestens einem Vorabstreifer und einem Sekundärabstreifer, beide für die Anwendung richtig ausgewählt und dimensioniert. Die Staubfracht kann durch Berechnung der durch den Übergabepunkt strömenden Luftmenge in Relation zu dem pro Minute erzeugten Staubaufkommen bestimmt werden (*Referenz 14.10*).

Fazit

Förderanlagen, die über längere Zeiträume hinweg leer laufen, gehören zu den Hauptquellen für die Bildung von Staub. Während das Band leer läuft, trocknet das Rücklaufmaterial aus und wird durch den Kontakt mit Komponenten wie z. B. Rücklaufrollen und Umlenktrommeln leichter in die Umgebung freigesetzt. Durch die Verminderung der Rücklaufmaterialmenge reduzieren ingenieurmäßig konstruierte Gurtreinigungssysteme wesentlich die potentiell auf die Förderanlage und in die Umgebung freigesetzte Staubmenge. Die ordnungsgemäße Montage und Wartung der Gurtreiniger in der Einhausung ist entscheidend für die Gewährleistung einer effektiven Reinigung und Reduzierung der Stauberzeugung auf das geringstmögliche Maß. Stehen für die kritischen Variablen

echte Messwerte zur Verfügung, kann eine brauchbare Abschätzung der nach der Gurtreinigung vom Band freigesetzten Staubmenge errechnet werden.

DIE VORTEILE DER KONTROLLE DES RÜCKLAUFMATERIALS

Und zum Abschluss...

Fördergurtreiniger gibt es in einer großen Vielfalt verschiedener Typen und Materialien. Sie müssen passend für die jeweilige Anwendung und die individuellen Materialeigenschaften ausgewählt werden. Für eine wirksame Reinigung sollte die Auswahl von Spezialisten vorgenommen

Gleichung 14.3

Berechnung der potentiell erzeugten Staubmenge

$$DG = BW \cdot Cb_f \cdot DI \cdot BS \cdot WC \cdot Cb \cdot k$$

Gegeben: Ein 1500 mm (60 Zoll) breites Förderband transportiert Material mit einer Geschwindigkeit von 1,0 m/s (200 Fuß/min). Der Rücklaufmaterialfaktor beträgt 88%, der Staubindex 100% und die gereinigte Breite beträgt 67%. Die Rücklaufmaterialmenge ohne Abstreifer beträgt 500 g/m² (1,639 Unze/ft²). **Gesucht:** Das potentielle Staubaufkommen.

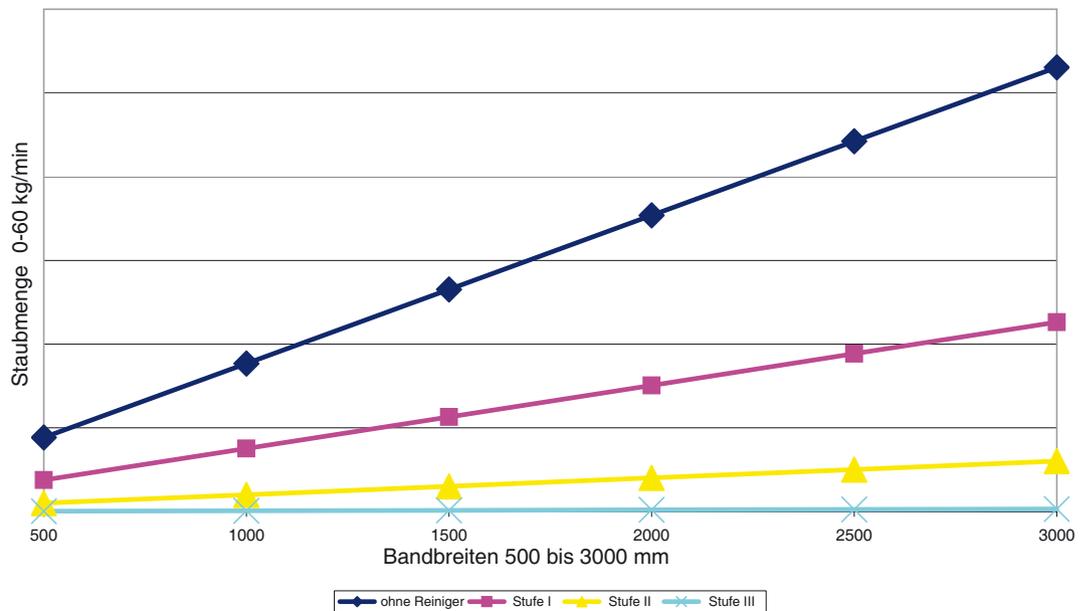
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
DG	Erzeugte Staubmenge	kg/min	Pfund Masse pro Minute
BW	Bandbreite	1500 mm	60 in.
Cb_f	Rücklaufmaterialfaktor	0,88 (88%)	0,88 (88%)
DI	Staubigkeitsindex	1,0 (100%)	1,0 (100%)
BS	Bandgeschwindigkeit	1,0 m/s	200 ft/min
WC	Gereinigte Breite	0,67 (67%)	0,67 (67%)
Cb	Rücklaufmaterial	500 g/m ²	1,639 oz/m ²
k	Umrechnungsfaktor	0,00006	0,00521
Metrisch: $DG = 1500 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 500 \cdot 0,00006 = 26,5$			
Amerikanisch: $DG = 60 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 200 \cdot 0,67 \cdot 1,639 \cdot 0,00521 = 60,4$			
DG	Erzeugte Staubmenge	26,5 kg/min	60,4 lb _m /min

Abbildung 14.80

Potentiell erzeugte Staubmenge bei verschiedenen Bandbreiten und Reinigungsstufen.

Potenzielle Staubemission

Annahmen: Staubigkeitsindex 1, Bandgeschwindigkeit 1 m/s, gereinigte Breite 67% und Rücklaufmaterialmenge und -faktor aus der Tabelle 14.5





SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Wenn keine entsprechenden Gurtreinigungssysteme eingebaut sind oder wenn diese schlecht gewartet werden, ist dies oft die Grundursache für die vielen Unfälle, die bei Reinigungsarbeiten im Bereich der laufenden Förderanlagen passieren.

Bei der Beobachtung und beim Kontrollieren von Gurtreinigungssystemen ist mit größter Vorsicht vorzugehen. Es wird dringend empfohlen, dass nur geschultes und qualifiziertes Personal bei der Installation und bei der Wartung von Gurtreinigungs- und artverwandter Systeme eingesetzt wird. Das Handbuch des Herstellers enthält üblicherweise alle wichtigen Informationen. Auch Industrieverbände wie die CEMA bieten Sicherheitsinformationen und genormte Warnbeschilderungen.

Bei der Montage, Wartung der Gurtreiniger oder bei der Entfernung von Materialansammlungen sollte vor Arbeitsbeginn eine Sicherheitsprüfung durchgeführt werden. Zu einer derartigen Sicherheitsprüfung gehört unter anderem:

- A. Die ordnungsgemäße Durchführung von Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout).
- B. Bei einer laufenden Förderanlage dürfen Wartungs- oder Einstellarbeiten nicht durchgeführt werden, ohne strenge Einhaltung der bundesweit, landesweit, örtlich

und betriebsintern geltenden Sicherheitsbestimmungen.

- C. Bei in höheren Lagen oder oberhalb von gefährlichen Bereichen eingebauten Gurtreinigern, wie z. B. über einem Fluss bei der Entladung von Lastkähnen, können spezielle Vorsichtsmaßnahmen wie Fallschutzsysteme erforderlich sein.
- D. Die Wartung der Gurtreiniger in geschlossenen Bereichen erfordert die Befolgung der Sicherheitsmaßnahmen für den Zugang zu umschlossenen Räumen.
- E. In Schurren sind oft Geräte wie z. B. Fließhilfen und Probenehmer eingebaut, die automatisch anlaufen können. Alle diese Geräte müssen einzeln und unabhängig vom Hauptantrieb der Förderanlage ordnungsgemäß abgesperrt / gekennzeichnet / blockiert / auf Funktionsunfähigkeit geprüft werden, damit kein Mitarbeiter verletzt werden kann.
- F. Gurtreiniger befinden sich oft in Bereichen, wo sich entwichenes Material und Fett, Wasser oder Abfälle ansammeln, was zu Stolper- und Rutschgefahren führt. Diese Ansammlungen sollten vor dem Beginn von Wartungsarbeiten entfernt werden.
- G. Nicht mehr lesbare Warntafeln müssen ersetzt werden.
- H. Bei der Durchführung von Wartungsarbeiten an Gurtreinigungssystemen sind die vom Hersteller empfohlenen und die örtlich geltenden Sicherheitsmaßnahmen zu befolgen.

men werden, die mit den verschiedenen Ausführungen und den Kenngrößen der zu transportierenden Materialien vertraut sind.

Wenn sie richtig ausgewählt, installiert und gewartet werden, können ingenieurmäßig konstruierte Gurtreinigungssysteme einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der Rücklaufmaterialmenge leisten. Eine Minderung der Materialverluste und des Staubs führt wiederum zu einer Reduzierung des Wartungsaufwandes und der Unfälle, die durch Beseitigung des entwichenen Materials verursacht werden. Die Reduzierung des Rücklaufmaterials schützt auch das Förderband und die Komponenten der Förderanlage vor Schaden, wodurch deren Lebensdauer

verlängert und weitere Materialverluste aufgrund von Gurtschieflauf verhindert werden.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über Bandreinigung, das erste Kapitel in dem Abschnitt „Rücklauf des Fördergurtes“, behandelt die Möglichkeiten zur Entfernung von Rücklaufmaterial, damit entlang der Rücklaufstrecke kein entwichenes Material vom Fördergurt fallen kann. Die folgenden zwei Kapitel über Schutzabstreifer für die Trommel und über die Gurtausrichtung setzen diesen Abschnitt fort und beschreiben weitere Methoden zur Reduzierung von Materialverlusten.

REFERENZEN

- Swinderman, R. Todd und Lindstrom, Douglas, Martin Engineering. (1993). "Belt Cleaners and Belt Top Cover Wear," [Fördergurtreiniger und Verschleiß an der äußeren Lage der Gurtoberseite] *National Conference Publication No. 93/8*, Seiten 609–611. Arbeit vorgestellt bei The Institution of Engineers, Australien, 1993 Bulk Materials Handling National Conference.
- 14.2 Rhoades, C.A.; Hebble, T.L.; und Grannes, S.G. (1989). *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning [Grundparameter der Förderbandreinigung]*, Untersuchungsbericht 9221. Washington, D.C: Bureau of Mines, US Department of the Interior.
- 14.3 Planner, J.H. (1990). "Water as a means of spillage control in coal handling facilities." [Wasser als Mittel zur Vermeidung von Materialverlusten in kohleverarbeitenden Einrichtungen] In *Proceedings of the Coal Handling and Utilization Conference: Sydney, Australien*, Seiten 264–270. Barton, Australian Capital Territory, Australien: The Institution of Engineers, Australien.
- 14.4 S&S Concepts, Inc., Pittsburgh, PA., USA. Bild des Drip-N-Ram Conveyor von SSConceptsSales@verizon.net.
- 14.5 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (2004). "Standard for the Specification of Belt Cleaning Systems Based on Performance." [Standard für die Spezifikation von Bandreinigungssystemen, basierend auf dem Leistungsverhalten] *Bulk Material Handling by Conveyor Belt 5*, Seiten 3–8. Bearbeitet von Reicks, A. und Myers, M., Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- 14.6 Martin Supra Engineering. (2008) *Carryback Test/Sum/SBM-001-SBW-05-2008 [Prüfung auf Rücklaufmaterial]*. Unveröffentlichter Bericht für P.T. Martin Supra Engineering. Newmont, Indonesien.
- 14.7 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (Mai 1991). "The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners," [Der Verbrauch an Antriebsenergie des Förderbandes durch Fördergurtreiniger] *Bulk Solids Handling*, Seiten 487–490. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- 14.8 Wood, J. P. (2000). *Containment in the Pharmaceutical Industry [Eindämmung in der pharmazeutischen Industrie]*. Informa Health Care.
- 14.9 Roberts, A.W.; Ooms, M.; und Bennett, D. *Conveyor Belt Cleaning – A Bulk Solid/Belt Surface Interaction Problem [Förderbandreinigung - ein Interaktionsproblem zwischen Schüttgut und Bandoberfläche]*. University of Newcastle, Australien: Department of Mechanical Engineering.
- 14.10 Swinderman, R. Todd; Goldbeck, Larry J.; und Marti, Andrew D. (2002). *FOUNDATIONS3: Das praktische Nachschlagewerk für eine Vollständige Staub- & Materialkontrolle*. Neponset, Illinois: Martin Engineering.

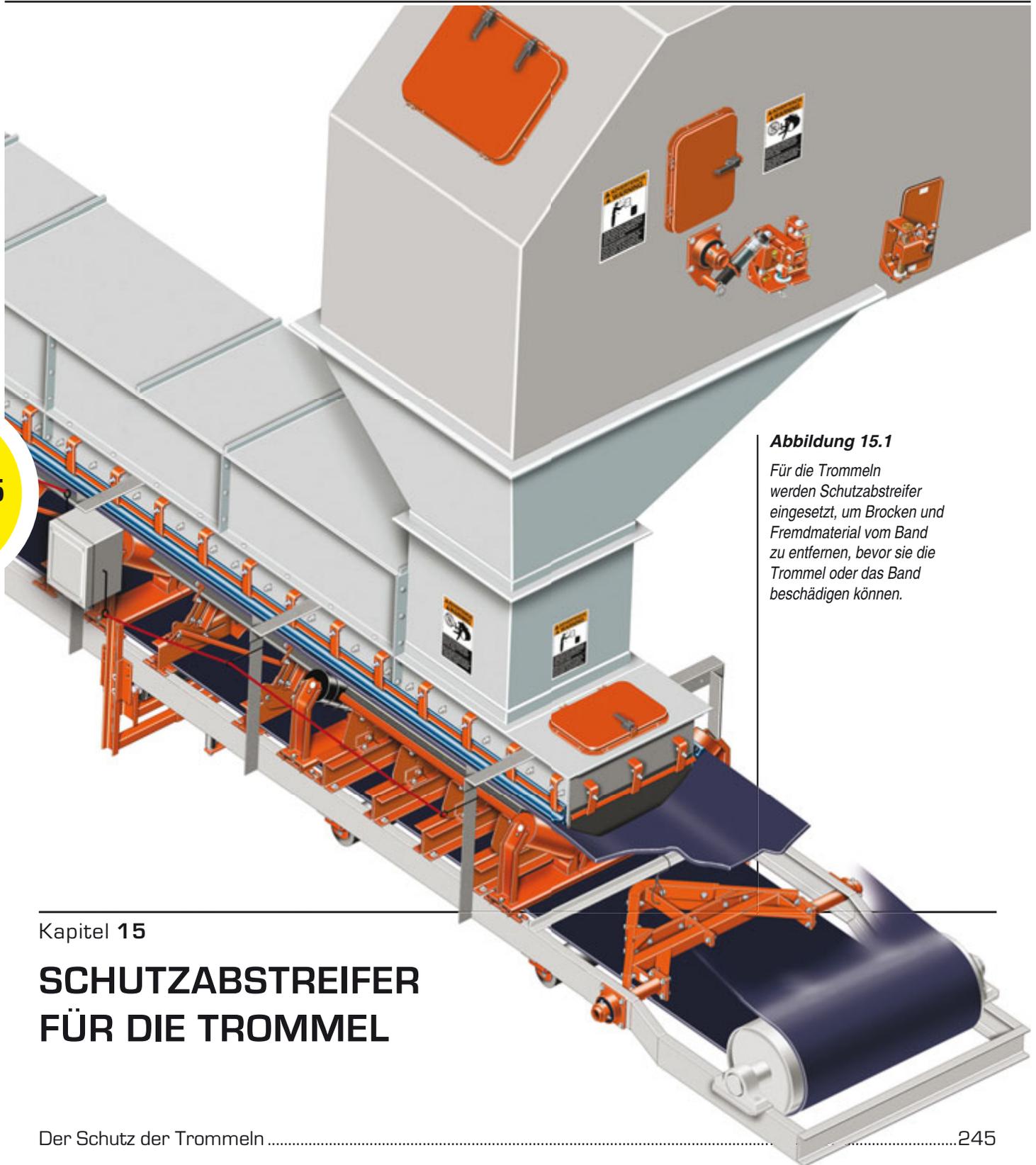


Abbildung 15.1
 Für die Trommeln werden Schutzabstreifer eingesetzt, um Brocken und Fremdmaterial vom Band zu entfernen, bevor sie die Trommel oder das Band beschädigen können.

15

Kapitel 15

SCHUTZABSTREIFER FÜR DIE TROMMEL

Der Schutz der Trommeln	245
Konstruktion und Positionierung der Schutzabstreifer	247
Typische Spezifikationen	249
Sicherheitsrelevante Fragen	250
Weiterführende Themen	250
Trommelschutz als kosteneinsparende Versicherung	251

In diesem Kapitel....

In diesem Kapitel wird die Verwendung von Schutzabstreifern für die Trommeln als eine Art von kostengünstiger Absicherung gegen Schäden am Band und den Trommeln untersucht. Betrachtet wird die Notwendigkeit derartiger Schutzabstreifer und die Schäden, die ohne sie auftreten können sowie Aspekte, die bei der Auswahl und der Positionierung von Schutzabstreifern für die Trommeln zu berücksichtigen sind.

Schutzabstreifer für die Trommeln sind Vorrichtungen, die verhindern, dass große Brocken oder Teile der Förderanlage, die versehentlich in das transportierte Material gelangen können, wie z. B. Gurtrollen, Abstreifblätter von Gurtreinigern oder sonstiges Fremdeisen, sich zwischen dem Band und der Kehrtrommel oder anderen Trommeln verfangen und dabei die Trommel oder das Band beschädigen können (**Abbildung 15.1**). Obwohl sie nicht als Gurtreiniger konzipiert sind, können Schutzabstreifer entweichendes Material durch abschaben bei niedrigem Anpressdruck vom Untertrum entfernen, ähnlich wie ein Schneepflug den Schnee von einer Straße wegschiebt.

Beim Rücklauf des Bandes von der Abwurfstelle (normalerweise der Kopftrommel) zur Ladezone läuft das Band über eine Anzahl von Trommeln. Zu diesen rollenden Komponenten auf der Rücklaufseite gehören die Spanntrommel, die Einschnürtrommel(n) und unmittelbar bevor das Band die Ladezone erreicht, die Kehrtrommel. Gelegentlich sammelt das Band beim Rücklauf herabfallende Materialbrocken, Fremdeisen oder sogar verirrte Teile der Förderanlage ein und transportiert sie auf der nichttragenden Seite des Fördergurts zurück zur Kehrtrommel. Werden diese Objekte nicht vom Band entfernt, können sie sich zwischen der Trommel und dem Band verfangen und diese beschädigen. Deshalb werden an der dafür üblichen Stelle, nämlich in der Nähe des hinteren Endes der Förderanlage Schutzabstreifer, auch als Innengurtabstreifer bezeichnet, für die Kehrtrommel installiert (**Abbildung 15.2**).

DER SCHUTZ DER TROMMELN

Potentielle Schadenursachen für die Trommel und die Förderanlage

Der Einschluss von Gegenständen zwischen dem Band und der Trommel kann zu gravierenden Schäden an einem Fördersystem führen (**Abbildung 15.3**). Wenn sich entweichendes Material zwischen dem Band und der Trommel

verfängt, ist das Auftreten mehrerer Ausfälle wahrscheinlich:

A. Qualitative Verschlechterung des entwichenen Materials

Es tritt eine qualitative Beeinträchtigung des Materials auf, wobei das Material in kleinere Bestandteile zerschlagen wird, die sich dann zwischen dem Band und der Trommel festsetzen und fort getragen werden. Durch das sich an dieser Stelle verfangene Material kann das Band an der Trommel „durchrutschen“, was zu einem Verschleiß an der nichttragenden Unterseite des Bandes führt. Selbst kleine Partikel und Feinanteile können auf der weniger robusten, leichter zu beschädigenden Oberfläche der Bandinnenseite herumscheuern und diese abtragen. Das Material das sich auf Kehrtrommeln ansammelt, führt zu Bandversatz, was wiederum zu einer Schädigung der Gurtkante und/oder des Aufbaus der Förderanlage führt.

B. Schäden am Band

Das Material, das sich zwischen der Trommel und dem Band verfangen hat, drückt sich von unten gegen die Deckplatte der Gurtoberseite durch, besonders wenn es sich bei dem Material um Brocken mit scharfen Kanten handelt. Dies führt zu einer unebenen Bandoberfläche und kann der Ausgangspunkt für Längs- und Profillrisse, Löcher oder Einstiche

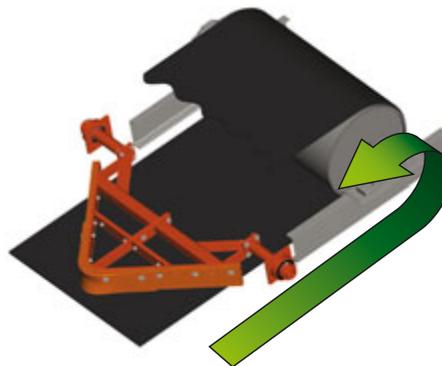


Abbildung 15.2

Die geeignetste Stelle für die Anbringung von Schutzabstreifern für die Trommel ist am hinteren Ende der Förderanlage.



Abbildung 15.3

Der Einschluss von Material zwischen der Trommel und dem Band kann die Trommel und/oder das Band beschädigen.

an den Kanten entlang der gesamten Bandlänge sein.

C. Schäden an der Trommel

Wird das Material nicht nachteilig beeinflusst oder das Band nicht beschädigt, dann muss wahrscheinlich die Lauffläche der Kehrtrommel leiden. Eine beschädigte Trommel führt zu Gurtversatz oder Gurtschäden und zu Schlupferscheinungen an der Trommel.

Der gravierendste Aspekt beim Einschluss von Material zwischen dem Band und der Kehrtrommel ist die Tatsache, dass dies zu einem sich wiederholenden Phänomen werden kann. Wenn ein Materialstück die Trommel erreicht hat, kann es zwischen dem Band und der Trommel eingeklemmt, durch die Rotation der Trommel um diese herumgetragen und dann zurück auf das Untertrum des Bandes ausgeworfen werden. Von dort aus läuft es wieder in Richtung der Trommel, um abermals eingeklemmt zu werden (**Abbildung 15.4**). Kurz gesagt, wenn der Brocken nicht gleich von Anfang an zu einem Schaden führt, dieser Prozess kann sich solange wiederholen bis ein Ausfall eintritt, oder bis der Brocken vom Band entfernt wird. Wenn das Material eine entsprechende Festigkeit aufweist,

könnte es die ganze Kehrtrommel einer Förderanlage zerstören und das Band beschädigen.

Die Vermeidung von Trommelschäden

Bei einem Fördersystem, wo stabile Verhältnisse der Schlüssel zur Kontrolle von entweichendem Material ist, hat jede Beschädigung des Bandes oder der Trommeln eine negative Auswirkung auf das Leistungsverhalten des Systems. Durch die Beseitigung möglicher Schadensquellen an der Förderanlage wird das gesamte System verbessert und die Gefahr der Staubbildung und Materialverlusten stark reduziert.

Der grundlegende Schutz vor diesem Einklemmen des Materials zwischen dem Band und der Trommel besteht in einer kontrollierten Beladung. Die richtige Flugbahn und Fallhöhe des Materials in Verbindung mit dem Verhältnis der Geschwindigkeiten des aufgebracht Materials und des laufenden Bandes, sind Faktoren, die für die Beruhigung der Ladung und die Reduzierung der Turbulenzen einen positiven Einfluss haben und die zu einer Minimierung der Materialverluste beitragen. Auch die richtige Bandausrichtung hat einen Einfluss darauf, wieviel Material auf das Untertrum des Bandes fällt und dadurch auf die Materialverluste.

Eine weitere Möglichkeit, ein Herabfallen des Materials auf die Rücklaufseite zu vermeiden, besteht in der Einhausung oder Abdeckung des Untertrums. Bei langen Förderanlagen kann sich dies als ein teurer Vorschlag erweisen. Deshalb wird die Abdeckung selten an anderen Stellen als in der Nähe der Ladezone angewandt. Sogar bei einer Abdeckung entlang der gesamten Länge einer Förderanlage könnte sich Material an der Abdeckungsobenseite ansammeln und schließlich auf die Rücklaufseite herabfallen, weshalb ebenfalls eine Schutzvorrichtung für die Trommel erforderlich wäre.

Selbst bei idealer Montage der Komponenten und ungeachtet weiterer Vorsichtsmaßnahmen besteht immer noch die Möglichkeit, dass verloren gegangene Komponenten oder transportiertes Material auf die Bandinnenseite fallen. Folglich besteht die Notwendigkeit für ein System, das die Beschädigung der rollenden Komponenten der Förderanlage durch derartige Gegenstände verhindert. Diese Schutzabstreifer für die Trommeln werden üblicherweise an der Kehrtrommel angebracht, können aber, je nach den Kenngrößen des fraglichen Materials und der einzelnen Förderanlage, auch dem Schutz der Spanntrommel oder anderer Trommeln dienen (**Abbildung 15.5**).

Abbildung 15.4

Oben: Ein zwischen der Trommel und dem Band eingeklemmter Brocken kann um die Trommel herum getragen und zurück auf das Band ausgeworfen werden, um abermals erfasst zu werden.

Unten: Ein Schutzabstreifer für die Trommel entfernt Brocken vom Band, damit diese nicht zwischen Band und Trommel eingeklemmt werden.

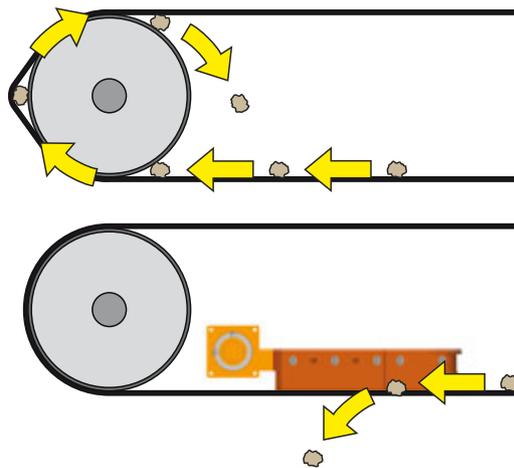
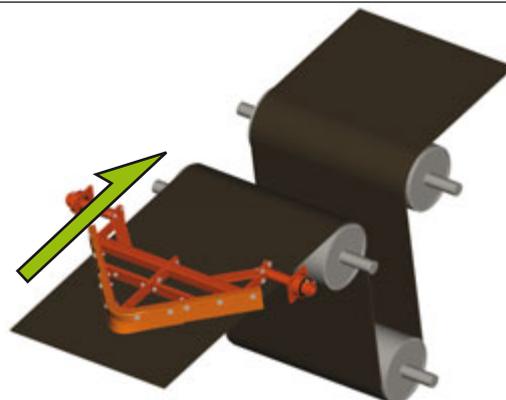


Abbildung 15.5

Normalerweise an der Kehrtrommel eingebaut, können Schutzabstreifer aber auch zum Schutz der Spanntrommel oder anderer Trommeln angebracht werden.



Dies ist eine Aufgabe für einen Pflug

Ein Schutzabstreifer für die Trommel entfernt entweichendes Material vom Band durch Abschaben bei niedrigem Anpressdruck, ähnlich wie ein Schneepflug den Schnee von einer Straße wegschiebt. Statt die Feianteile vom Band zu entfernen soll, der Schutzabstreifer hauptsächlich verhindern, dass große Brocken oder Teile der Förderanlage, die ungewollt in das transportierte Material gelangen können, wie z. B. Gurtrollen, Abstreifblätter von Gurtreinigern oder sonstiges Fremdeisen, sich zwischen dem Band und der Kehrtrommel oder anderen Trommeln verfangen und dabei die Trommel oder das Band beschädigen können (**Abbildung 15.6**).

Ein Schutzabstreifer, der leicht oberhalb des Bandes stehend installiert wird, kann möglicherweise dazu führen, dass sich ein Materialbrocken im Zwischenraum zwischen dem Band und dem Schutzabstreifer verklemmt und somit zu oberflächlicher Abrasion und Schädigung des Bandes führt, mit der Gefahr, dass das Band eingerissen wird. Schutzabstreifer für die Trommel sind normalerweise so konzipiert, dass sie auf der Oberfläche des Bandes „schwimmen“, wobei entweder das Eigengewicht des Schutzabstreifers oder ein Spannmechanismus den Schutzabstreifer mit einem leichten Druck von 13 bis 20 kPa an das Band presst. Sie sind solide gebaut und hoch genug, so dass schnell laufende Materialien nicht die Oberkante des Schutzabstreifers überspringen können.

Mehr als nur Brocken?

Wenn auf der Bandinnenoberfläche wesentliche Mengen an Feianteilen oder Schleim aufliegen, sollte in einem zusätzlichen Schritt ein Reinigungssystem für das Untertrum angebracht werden. Wenn auch dadurch weitere Antriebsenergie für die Förderanlage verbraucht wird, bietet dieses System die wirksame Entfernung des Materials und vermindert die Gefahr von Bandschlupf und von Materialansammlungen auf der Trommel.

Ein Schutzabstreifer, der für die Entfernung von Feianteilen vom Band eingesetzt wurde, sollte an einer Stelle angebracht werden, z. B. direkt unter der Beladestelle, wo er das nahaftende Material vom Band entfernt und so abwirft, dass es leicht aufgesammelt werden kann. Beim Abwurf von entwichenem Material im Bereich der Kehrtrommel sollte mit Bedacht vorgegangen werden, da dies zu einer Reihe von anderen Problemen führen kann, einschließlich der Ansammlung von Material unterhalb der Förderanlage. Wie bei jedem Fördergurtreiniger,

kann entferntes Material, das sich unter der Förderanlage anhäuft, zu vorzeitigem Verschleiß der Deckplatte der Gurtoberseite führen.

KONSTRUKTION UND POSITIONIERUNG DER SCHUTZABSTREIFER

Konstruktion der Schutzabstreifer

Schutzvorrichtungen für Trommeln bestehen normalerweise aus einem geraden oder V-förmigen Stahlrahmen, der mit Hilfe eines Gummi-, Urethan- oder Kunststoffabstreifblattes eventuell vorhandenes Material vom Band weggleitet. Damit große Brocken den Schutzabstreifer nicht überspringen und sich in dessen Aufhängung, im Aufbau der Förderanlage oder zwischen dem Band und der Trommel verfangen können, sollten die Schutzabstreifer so hoch wie der größte transportierte Brocken sein, nicht kleiner jedoch als 100 mm. Bei schnell laufenden Bändern kann es von Vorteil sein, wenn die Höhe der Schutzabstreifer auf die Hälfte der Gesamthöhe der zu schützenden Trommel erhöht wird. Die Innenfläche des Schutzabstreifers sollte abgedeckt werden, damit sich kein Material im Schutzabstreifer selbst verfangen kann.

Der Schutzabstreifer sollte mit einem Fangseil versehen sein, das an einem oberhalb und vor der Vorderkante liegenden Punkt zu befestigen ist. Im Falle eines Montagefehlers verhindert dieses Fangseil, dass der Schutzabstreifer in die Trommel hineingerät und dort den Schaden verursacht, den er ja eigentlich zu verhindern hat.

Auf unidirektionalen Förderbändern ist der Gurtreiniger für den Rücklauf normalerweise „V“-förmig (**Abbildung 15.7**). Die Spitze des „V“ ist in Richtung der Kopftrommel gerichtet, so dass eventuell auf der Bandinnenoberfläche transportiertes loses Material durch die Flügel des Schutzabstreifers vom Band abgelenkt wird.

Wenn es sich um ein Reversierband handelt oder wenn das Band beim Abschalten immer ein beträchtliches Stück zurückläuft, sollte ein



Abbildung 15.6

Ein V-förmiger Schutzabstreifer wird so installiert, dass die Spitze des „V“ in Richtung der Kopftrommel gerichtet ist und das auf dem Band aufliegende Material durch abschaben bei niedrigem Anpressdruck vom Band abgelenkt wird.

diagonal wirkender Umlenkabstreifer eingebaut werden, der eine Reinigungswirkung in beiden Richtungen gewährleistet (**Abbildung 15.8**). Umlenkabstreifer werden normalerweise über das Band hinwegreichend in einem Winkel von 45° in Richtung des Bandlaufes installiert (**Abbildung 15.9**). Wenn es sich um ein Reversierband handelt, bei dem beide Trommeln als die Kehrtrommel fungieren können, sollte an jedem Ende der Förderanlage ein Umlenkabstreifer installiert werden.

Positionierung des Trommelschutzes

Die Position von Schutzabstreifern sollten sorgfältig gewählt werden, damit das vom Band entfernte Material beim Herunterfallen oder beim Bilden größerer Ansammlungen keine Gefahr darstellt.

Genauso wichtig wie die Anbringung einer Rolle über einem sekundären Gurtreiner, die verhindert, dass der Abstreifer das Band

hochdrückt, ist das Anbringen einer oder zwei Anpressrollen unterhalb des Trommelschutzabstreifers. In diesem Fall soll verhindert werden, dass der Schutzabstreifer die Lage des Gurtes dadurch ändert, dass das Band nach unten gedrückt wird, so dass Material unter dem Abstreifblatt hindurchtreten kann. Abhängig von dem zur Verfügung stehenden Raum kann dies eine einzelne, direkt unter dem Schutzabstreifer angebrachte Rolle sein, oder ein Paar Rücklaufrollen, wobei eine Rolle vor und eine Rolle nach dem Schutzabstreifer zu installieren ist.

Wie jede andere mit dem Band in Kontakt stehende Komponente der Förderanlage erhöht der Einbau einer Trommelschutzvorrichtung die Reibung gegen das sich bewegende Band. Folglich erhöht dieser Schleppwiderstand den Leistungsbedarf der Förderanlage.

In der sechsten Auflage von „*BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS*“ [Gurtbandförderer für Schüttgüter] bietet die „Conveyor Equipment Manufacturers Association“ (CEMA) einen empfohlenen Richtwert von 1 kg pro 25,4 mm (2 Pfund pro Zoll) Bandbreite für die Einstellung des Anpressdruckes (das metrische Äquivalent dazu ist 0,35 N pro Millimeter Bandbreite.) Dieser Druck kann mit Hilfe von Formeln in Leistungsaufnahme umgerechnet werden (**Gleichung 15.1**).

Überlegungen bei der Auswahl des Trommelschutzes

Bei der Spezifizierung einer Schutzvorrichtung für Trommeln ist eine ganze Reihe von Faktoren zu berücksichtigen. Ein Schutzabstreifer sollte:

- A. Einen festen, aber flexiblen Anpressdruck bieten

Ein fester, aber flexibler Anpressdruck gewährleistet, dass die Vorrichtung die Oberfläche des Bandes reinigt. Die Aufgabe des Schutzabstreifers ist die effektive Materialentfernung. Das Gerät sollte auch automatisch genauso effizient die Abnutzung des Abstreifblattes ausgleichen und sich den Schwankungen in der Bandbewegung, in der Geschwindigkeit und in der Spurführung anpassen.

- B. Fest montiert sein

Der Schutzabstreifer muss fest montiert sein, damit keine Gefahr besteht, dass er sich losreißt und die Komponenten der Förderanlage gefährdet, die er ja eigentlich schützen soll. Um das Fördersystem im Falle eines Montagefehlers zu schützen, sollte die Montage mit einem Fangseil gesichert werden (**Abbildung 15.10**).

Abbildung 15.7

Ein V-förmiger Schutzabstreifer wird auf Bändern verwendet, die nur in einer Richtung laufen.



Abbildung 15.8

Bei Reversierbändern gewährleistet ein Umlenkabstreifer eine wirksame Reinigung in beide Richtungen.



Abbildung 15.9

Umlenkabstreifer werden über das Band hinwegreichend in einem Winkel von 45° in Richtung des Bandlaufes installiert.



Gleichung 15.1

Leistungsverbrauch für einen Schutzabstreifer für die Trommel

$P = BW \cdot f_c \cdot V \cdot f \cdot k$			
Gegeben: Ein Urethan-Schutzabstreifer auf einem 900 mm (36 Zoll) - Band, das mit einer Geschwindigkeit von 3 m/s (600 Fuß/min) läuft. Gesucht: Die aufgrund des Schutzabstreifers zusätzlich für den Bandantrieb erforderliche Leistungsaufnahme.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
P	Zusätzlicher Energieverbrauch für den Bandantrieb	Kilowatt	Pferdestärke
BW	Bandbreite	900 mm	36 in.
f_c	Anpressdruck pro Einheit Bandbreite (nach CEMA)	0,35 N/mm	2 lb _f /in.
V	Bandgeschwindigkeit	3 m/s	600 ft/min
f	Reibungskoeffizient (nach CEMA 575-2000)	0,5 (UHMW) 1,0 (Urethan) 1,0 (Gummi)	0,5 (UHMW) 1,0 (Urethan) 1,0 (Gummi)
k	Umrechnungsfaktor	1/1000	1/33000
Metrisch: $P = \frac{900 \cdot 0,35 \cdot 3 \cdot 1}{1000} = 0,945$			
Amerikanisch: $P = \frac{36 \cdot 2 \cdot 600 \cdot 1}{33,000} = 1,3$			
P	Zusätzlicher Energieverbrauch für den Bandantrieb	0,945 kW	1,3 hp

C. Leicht installierbar sein

Der Schutzabstreifer sollte leicht zu installieren sein, um die erforderlichen Stillstandzeiten für die Montage zu minimieren. Zum Beispiel sollte das Gerät in den Aufbau der Förderanlage hineinpassen, ohne dass weit reichende Änderungen am Gerät oder am Aufbau erforderlich sind.

D. Mit einem haltbaren, leicht zu ersetzenden Abstreifblatt versehen sein

Um eine lange Nutzungsdauer zu bieten und eine schnelle Wartung zu ermöglichen, sollte das Abstreifblatt aus einem Material bestehen, das den Betriebsbedingungen in der Praxis standhalten kann. Es sollte auch so befestigt sein, dass es leicht entfernt und ersetzt werden kann, wenn es verschlissen ist.

E. Leicht zugänglich sein

Der Schutzabstreifer sollte in einem Bereich installiert werden, wo er während des Betriebes beobachtet und leicht gewartet werden kann.

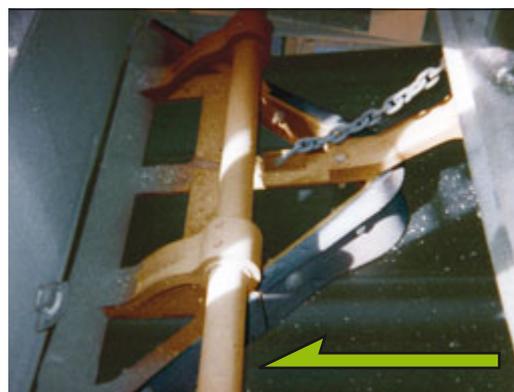
dem Untertrum des Bandes angebracht werden, um entweichendes Material zu entfernen, bevor es zwischen dem Band und einer rollenden Komponente gefangen werden kann:

A. Flexibler Anpressdruck

Wenn die Vorrichtung für den Kontakt mit der Oberfläche des Bandes konzipiert ist, sollte der Schutzabstreifer oder Bandreiniger mit einem festen, aber flexiblen Anpressdruck auf der Oberfläche des Bandes „schwimmen“.

B. Fangseil

Die Vorrichtung muss mit einem Fangseil ausgestattet werden, um das Band und die Trommel im Falle eines Montagefehlers zu schützen.

**Abbildung 15.10**

Eine Sicherheitskette gewährleistet Schutz, falls die Montage des Schutzabstreifers versagt.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

Ein oder mehrere bei niedrigem Anpressdruck zu betreibende Schutzabstreifer für die Trommel sollten nach den folgenden Spezifikationen auf

- C. Ersetzbares Abstreifblatt
Es sollte ein leicht ersetzbares Abstreifblatt aus Gummi, Kunststoff oder Urethan verwendet werden.
- D. Volle Abdeckung der Bandbreite
Das Abstreifblatt des Schutzabstreifers sollte die gesamte Bandbreite abdecken, damit keine Materialbrocken außen am Schutzabstreifer „vorbeirutschen“ können.
- E. Positionierung
Der Schutzabstreifer sollte so positioniert werden, dass das vom Band abgetragene Material sicher von der Förderanlage abgeworfen werden kann, ohne dass es dabei auf Längsholme, Stahlträger, sonstige Komponenten oder Laufstege auftrifft. Er sollte an einem sicheren Standort angebracht werden, der sich leicht reinigen lässt.
- F. Unidirektionale Förderer
Auf unidirektionalen Förderern sollte ein „V“-förmiger Schutzabstreifer zwischen der letzten Rücklaufrolle und der Kehrtrommel installiert werden. Zum Schutz anderer Trommeln oder zur Reinigung der Deckplatte der Gurtunterseite können zusätzliche Vorrichtungen erforderlich sein.
- G. Reversierbänder
Bei Reversierbändern sollten an beiden Enden der Förderanlage diagonale Schutzabstreifer für den Rücklauf installiert und über das Band hinweg in einem 45°-Winkel montiert werden.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Die von einem Materialbrocken oder von anderen auf dem Band aufliegenden Gegenständen verursachte Stoßwirkung kann ziemlich groß sein, wenn Bedingungen wie z. B. hohe Bandgeschwindigkeiten und große Brocken vorliegen. Diese großen Stoßkräfte müssen bei der Auswahl von Geräten berücksichtigt werden, besonders in Anbetracht der andauernden Forderung nach höheren Bandgeschwindigkeiten.

Die einzige Variable in diesem Bauteil, die der Konstrukteur eines Schutzabstreifers kontrollieren kann, ist die Federkonstante (k). Diese Variable beschreibt die Fähigkeit des Abstreifblatts des Schutzabstreifers, die Wucht eines sich bewegenden Brockens absorbieren, dämpfen oder ablenken zu können, ohne dabei Schaden zu nehmen. So wie die Stoßkraft vermindert wird, wenn man ein Ei auf eine Matratze (statt auf einen Betonboden) fallen lässt, so erhöht auch die Verwendung von weicheren Materialien in Abstreifblättern und der Einsatz von Federn oder anderen flexiblen Elementen in der Befestigung des Schutzabstreifers die Chance, dass der Schutzabstreifer den beim Aufprall des Brockens freiwerdenden Kräften standhalten wird. Ein 2,25 kg schwerer Brocken auf einem Band, das sich mit 3 m/s bewegt, trifft z. B. mit einer Kraftwirkung von 815 N auf einen Schutzabstreifer. Wenn dieser Brocken jedoch bei derselben Geschwindigkeit auf einen Schutzabstreifer trifft, der mit einem Abstreifblatt ausgestattet ist, das die doppelte Absorptionswirkung aufweist, trifft er mit einer Kraft von nur 199 N auf. Diese verminderte Aufschlagkraft führt zu niedrigeren Anforderungen in Bezug auf die Robustheit des

15



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Weil Schutzabstreifer am Umlaufenden auf der Rücklaufstrecke oder nichttragenden Bandseite und nahe der Kehrtrommel positioniert sind, befinden sie sich oft an umbauten und fast unzugänglichen Stellen. Dies macht deren Wartung schwierig und stellt bei der Durchführung von Kontrollen sogar ein Sicherheitsrisiko für das Personal dar.

Sicherheitsrelevante Fragen stehen an erster Stelle, wenn die Förderanlage im Betrieb ist. Bei der Durchführung von Kontrollen ist sehr darauf zu achten, dass man nicht von rotierenden Teilen erfasst wird. Während die Förderanlage läuft, dürfen keine Wartungsarbeiten durchgeführt werden, auch nicht versuchs-

weise. Vor der Ausführung der Arbeiten an Förderanlagen und/oder deren Komponenten sind ordnungsgemäße Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchzuführen, um sicherzustellen, dass sich das Band nicht bewegen kann.

An allen Standorten von Schutzabstreifern sind Warnschilder anzubringen, die auf die von den Quetschstellen ausgehende Gefährdung hinweisen. Es ist ebenso zu beachten, dass der Schutzabstreifer Gegenstände vom Band abwerfen kann.

Schutzabstreifers und entsprechend geringeren Kosten für die Vorrichtung.

In Verbindung mit neuen konstruktiven Entwicklungen ermöglicht das Verständnis dieser Stoßkräfte einem Betrieb die engere Anpassung der Anwendung auf die Gestaltung des Schutzabstreifers für die Trommel. Dies erlaubt die kostenwirksamere Auswahl eines Schutzsystems, das Leistungsanforderungen erfüllt. Die Hersteller von Schutzabstreifern sollten in der Lage sein, die Stoßkräfte für Anwendungen berechnen zu können und dann den entsprechenden Schutzabstreifer zu empfehlen. Auch schwerere Objekte können auf den Schutzabstreifer auftreffen, wie z. B. die Zähne von der Schaufel eines Frontladers und abgefallene Rollen von der Förderanlage. Die überwiegende Mehrzahl der Vorkommnisse bewegt sich aber im Leistungsspektrum des Schutzabstreifers.

TROMMELSCHUTZ ALS KOSTENEINSPARENDE VERSICHERUNG

Und zum Abschluss...

Während die meisten Schutzvorrichtungen für Trommeln ziemlich einfache Geräte sind, demonstrieren jedoch einige Innovationen die Vorteile der Verwendung von rechnerisch ausgelegten und fachgerecht konstruierten Systemen, statt selbst gebastelte Schaber einzusetzen. Durch die Innovationen in der Gestaltung und Konstruktion stehen Schutzabstreifer für die Trommeln zur Verfügung, die bei einer minimierten Anfangsinvestition die Vorteile eines ausgelegten und konstruierten Systems bieten (**Abbildung 15.11**). Diese konstruierten Systeme sind langfristige Lösungen, die durch eine gesteigerte Leistungsfähigkeit, eine verlängerte Nutzungsdauer und reduzierte Wartungskosten Einsparungen bieten, statt auf die wirtschaftlich falsche Lösung einer selbstfabrizierten Konstruktion zu setzen. Mithilfe der heutzutage verwendeten computerunterstützten Entwicklungssysteme können konstruierte Schutzabstreifer bereits in einer frühen Phase des Entwicklungsprozesses der Förderanlage integriert werden. Die ausgelegten und konstruierten Systeme gewährleisten, dass für den Einbau, die Bedienung, die Kontrolle und die Wartung eines Schutzabstreifers für die Trommel genügend Platz zur Verfügung steht.

Zwischen einer Trommel und der nächsten Rücklaufrolle eingebaut, stellen Trommelschutzvorrichtungen eine Art von kostengünstiger „Versicherung“ dar, wenn man sie den Kosten und Aufwendungen für Instandhaltung, für auftretende Schäden und einen möglichen vor-



Abbildung 15.11

Die ausgelegten und konstruierten Schutzabstreifer für die Trommel bieten Einsparungen durch eine gesteigerte Leistungsfähigkeit, eine verlängerte Nutzungsdauer und verminderte Wartungskosten.

zeitigen Ersatz des Förderbandes und/oder der Trommel gegenüberstellt.

Vorausblick....

Bei der Betrachtung der Methoden zur Kontrolle der Staubbildung und von Materialverlusten sind zwei Themen angeschnitten worden, die sich auf den Rücklauf des Fördergurtes beziehen: Die Bandreinigung und in diesem Kapitel die Schutzabstreifer für die Trommel. Im dritten und abschließenden Kapitel in diesem Abschnitt werden wir die Gurtausrichtung besprechen.

REFERENZEN

- 15.1 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 15.2 Die Website <http://www.conveyorbeltguide.com> ist eine wertvolle, nichtkommerzielle Informationsquelle über Gurtmaterial.
- 15.3 Alle Hersteller und die meisten Vertreter von Gurtmaterial bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte, als auch über Förderbänder im Allgemeinen.

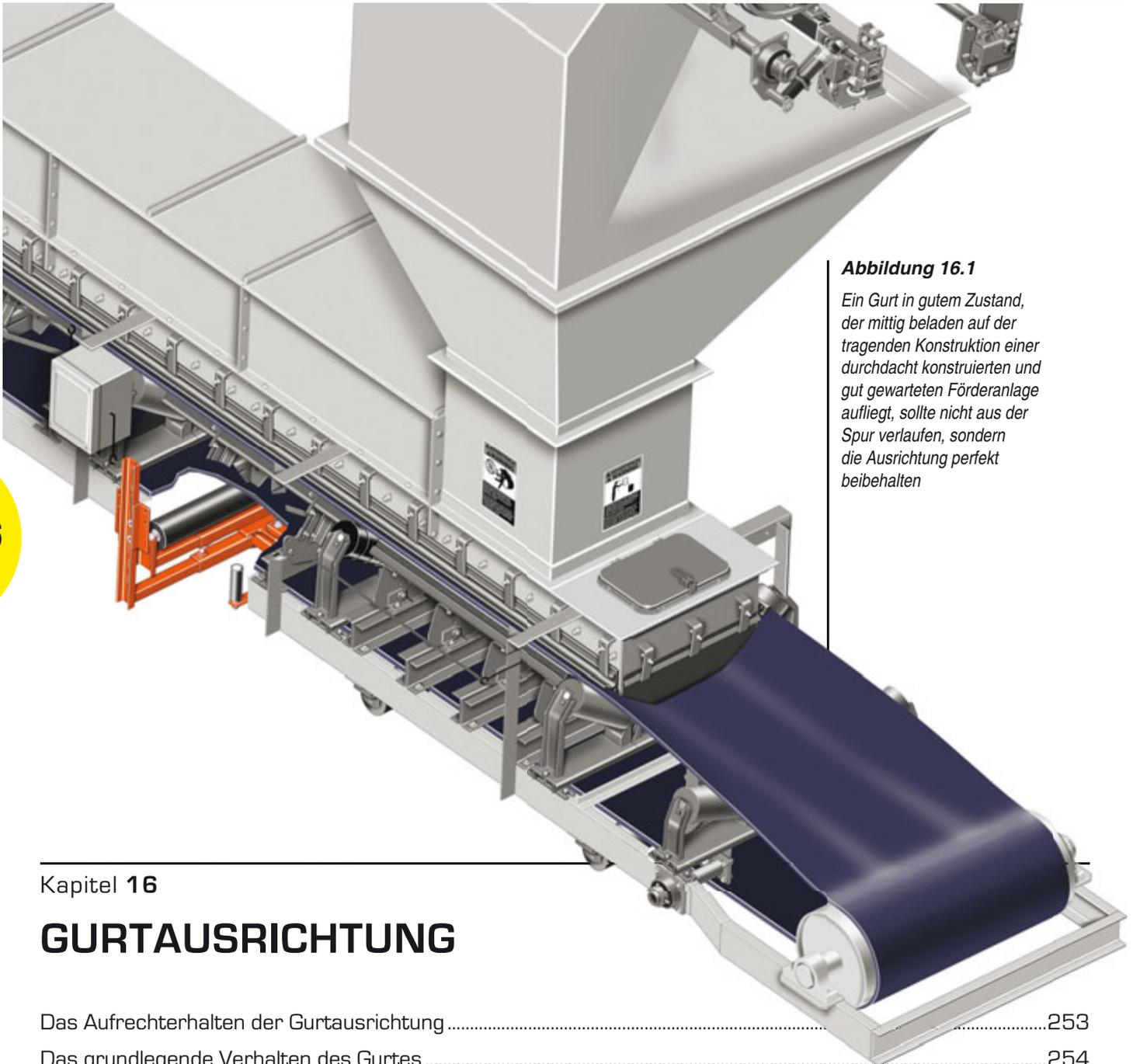


Abbildung 16.1

Ein Gurt in gutem Zustand, der mittig beladen auf der tragenden Konstruktion einer durchdacht konstruierten und gut gewarteten Förderanlage aufliegt, sollte nicht aus der Spur verlaufen, sondern die Ausrichtung perfekt beibehalten

16

Kapitel 16

GURTAUSRICHTUNG

Das Aufrechterhalten der Gurtausrichtung.....	253
Das grundlegende Verhalten des Gurtes	254
Die Ursachen für Gurtschieflauf.....	256
Die Untersuchung des Problems: Die Bestandsaufnahme.....	260
Gurtzentrierung.....	261
Vorrichtungen für das Zentrieren der Gurte	265
Der Einbau von Gurtzentriervorrichtungen.....	273
Sicherheitsrelevante Fragen.....	274
Systemwartung	274
Typische Spezifikationen.....	275
Weiterführende Themen.....	275
Förderbänder in der wirklichen Welt.....	277

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel konzentrieren wir uns auf die Gurtausrichtung und den Zusammenhang zwischen der Gurtausrichtung und den Materialverlusten. Wir besprechen auch den Einsatz von Vorrichtungen und den Einbau von Geräten für das Zentrieren der Gurte. Abschließend werden noch Gleichungen zur Berechnung der Leistungsaufnahme für Gurtzentriergeräte vorgestellt.

In einer idealen Welt wäre ein Gurt immer in gutem Zustand, die Beladung immer mittig und die Förderanlage durchdacht konstruiert und stets optimal gewartet. Unter diesen Bedingungen würde der Gurt nicht aus der Spur laufen sondern die Ausrichtung immer perfekt beibehalten (**Abbildung 16.1**).

Bei der Schütthandhabung sind jedoch aus der vorgegebenen Spur ausscherende Gurte oftmals ein alltägliches Vorkommnis. Ein nicht in der vorgegebenen Spur verlaufendes Förderband kann zu Materialverlusten, zum Ausfall von Komponenten und zu kostspieligen Schäden am Gurt und an tragenden Elementen der Anlage führen. (**Abbildung 16.2**). Das Ausscheren eines Gurtes zur Seite kann die Lebensdauer der Anlage reduzieren, weil eine oder beide Kanten abgescheuert werden, der Gurt überdehnt, oder über sich selbst gefaltet werden kann. (**Abbildung 16.3**). Ein herumwandernder Gurt kann gegen Stahlschuppen und tragende Elemente anlaufen. Dies kann zur Zerstörung des Gurtes selbst oder sonstiger Komponenten und Teile der Stahlkonstruktion so weit führen, bis diese nicht mehr repariert werden können (**Abbildung 16.4**). Noch gravierender ist die Tatsache, dass der Gurtversatz auch schon Todesopfer gefordert hat.

Eine korrekte Gurtausrichtung ist in mancherlei Hinsicht eine Vorstufe und eine Grundvoraussetzung für die Beseitigung von vielen der in diesem Buch erörterten Probleme im Hinblick auf entweichendes Material. In diesem Kapitel besprechen wir zahlreiche Umstände, die zum Ausscheren des Gurtes führen können und bieten dazu entsprechende Lösungen.

DAS AUFRECHTERHALTEN DER GURTAUSRICHTUNG

In der Diskussion über das Thema „Gurtversatz“ werden verschiedene Bezeichnungen gebraucht. Die Bezeichnungen Gurtzentrierung und Zentrieren werden oft als austauschbare Ausdrücke verwendet, ebenso wie deren Gegenteil Versatz und Ausscheren. Hier wird Zent-

rieren als eine Verfahrensweise definiert, durch die das Förderband auf eine Spur entlang der Mittelachse des Förderanlageaufbaus geführt wird, sowohl im leeren als auch im beladenen Zustand. Ausscheren und Gurtschieflauf bezeichnen das Bestreben des Gurtes, sich von der Mittelachse des Förderanlageaufbaus wegzubewegen, wobei der Versatz der Betrag ist, um den der Gurt ausschert.

Bevor die Materialverluste eliminiert werden können, muss die Gurtführung unter Kontrolle gebracht werden. Wenn der Gurt nach einer Seite hin ausschert oder sich beim Durchgang durch die Ladezone hin und her bewegt, besteht die Gefahr, dass das Material auf einer

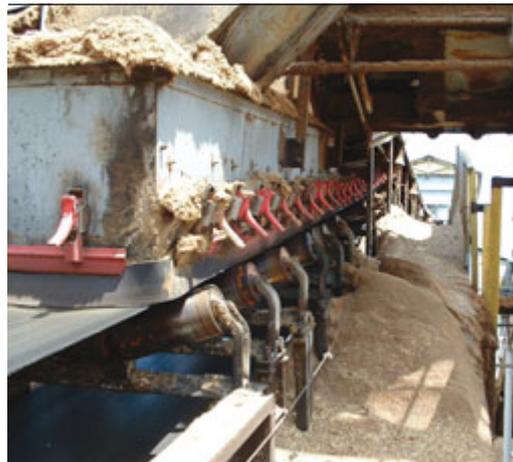


Abbildung 16.2

Ein nicht in der vorgegebenen Spur verlaufendes Förderband kann zu Materialverlusten, zum Ausfall von Komponenten und zu kostspieligen Schäden am Gurt und am Aufbau der Anlage führen.



Abbildung 16.3

Das Ausscheren eines Gurtes zur Seite kann die Lebensdauer der Anlage reduzieren, weil eine oder beide Kanten abgescheuert, der Gurt überdehnt, oder über sich selbst gefaltet werden kann.



Abbildung 16.4

Ein herumwandernder Gurt kann gegen Stahlschuppen und tragende Elemente anlaufen. Dies kann zur Zerstörung des Gurtes selbst oder sonstiger Komponenten und Teile der Stahlkonstruktion so weit führen, bis diese nicht mehr repariert werden können.

oder auf beiden Seiten unter der Seitenabdichtung austritt (**Abbildung 16.5**). Den Gurtschieflauf bekommt man durch Zentrieren des Gurtes und den Einbau von Komponenten in Griff, die den Versatz eingrenzen oder korrigieren können.

Wenn ein Gurt schief läuft, kann dies zu großen Mengen an Materialverlusten führen. Diese Anhäufungen von Materialverlust stellen eine Stolpergefahr dar. Wenn bei einer überkopf an-

gebrachten Förderanlage der Gurt schief läuft, kann Material jeder Größe auf die Arbeiter herabfallen. Der Betrieb sollte schon aus eigenem Interesse das Gurtschieflaufproblem lösen, auch wegen der Gefahr eines Arbeitsunfalls mit allen daraus entstandenen Kosten (**Abbildung 16.6**).

DAS GRUNDLEGENDE VERHALTEN DES GURTES

Trotz all der verschiedenen Ursachen ist Gurtschieflauf immer noch unnötig und vermeidbar. Dies ist ein Problem, das man kontrollieren, oder noch besser, beseitigen kann. In den meisten Fällen kann Gurtversatz durch Erfassen der Grundmuster des Gurtverhaltens vermieden werden. Auch die Einhaltung gewisser Verfahrensweisen kann bei der sorgfältigen Ausrichtung des Aufbaus und der Komponenten der Förderanlage zur Korrektur von Schwankungen im Gurtverlauf das Problem lösen.

Das Verhalten des Gurtes basiert auf einfachen Prinzipien. Diese dienen als Richtlinien für das Zentrieren des Gurtes, das im Wesentlichen darin besteht, den Stahlkonstruktion der Förderanlage, die rollenden Komponenten und die Bedingungen bei der Beladung so zu korrigieren, dass jede Tendenz des Gurtes zu einem außermittigen Verlauf beseitigt wird.

Die Grundregel bei der Zentrierung des Förderbandes lautet: Der Gurt bewegt sich in Richtung auf die Seite, auf der eine größere Reibung vorliegt, oder auf die Seite, auf der die Reibung zuerst erreicht wird (**Abbildung 16.7**). Wenn eine Seite des Gurtes dieser Reibung ausgesetzt wird, bewegt sich diese Gurtseite langsamer und die andere folglich schneller. Damit sind die auf beiden Seiten wirkenden Kräfte nicht mehr im Gleichgewicht und die Richtung des Gurtlaufes wird auf die langsamer laufende Seite verschoben.

Wird zum Beispiel ein Rollensatz in Relation zu den Längsträgern nicht rechtwinklig

Abbildung 16.5

Die Gurtzentrierung muss unter Kontrolle gebracht werden, bevor die Materialverluste eliminiert werden können.



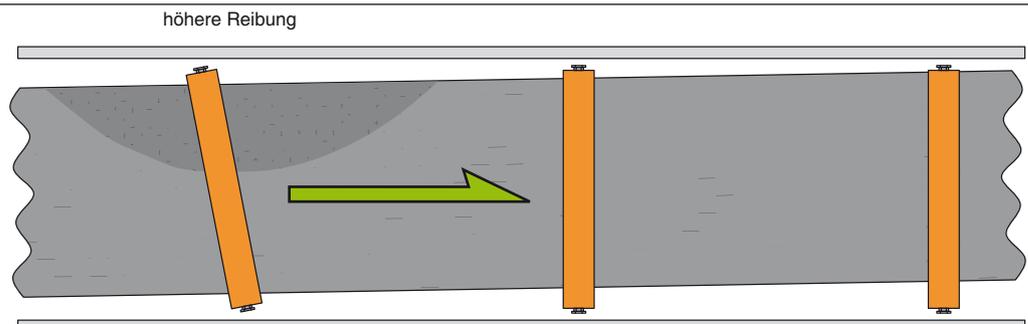
Abbildung 16.6

Wenn ein Gurt schief läuft, kann dies zu großen Materialverlusten führen.



Abbildung 16.7

Die Grundregel bei der Zentrierung des Förderbandes lautet: Der Gurt bewegt sich in Richtung auf die Seite, auf der eine größere Reibung vorliegt, oder auf die Seite, auf der die Reibung zuerst erreicht wird



eingebaut, wird sich der Gurt in Richtung jener Seite bewegen, auf der er den Rollensatz zuerst erreicht. Ist ein Ende des Rollensatzes höher als das andere, steigt der Gurt zu der höheren Seite, da die höhere Seite zuerst berührt wird.

Dies kann sehr einfach demonstriert werden, in dem man einen runden Bleistift auf eine flache Oberfläche, z. B. auf einen Tisch legt. Wenn man nun ein Buch über den Bleistift legt und sanft von sich weg schiebt, wird sich das Buch entweder nach links oder nach rechts bewegen, je nach dem welches Ende des Bleistifts dem Betrachter näher ist (**Abbildung 16.8**). Diese Grundregel gilt sowohl für flache Rollen als auch für gemuldete Rollensätze.

Außerdem haben gemuldete Rollensätze eine bedeutende zentrierende Wirkung. Durch ihre muldenförmige Anordnung wird ein Teil der jeweiligen Gurtkante hochgehalten. Auf diesen erhöhten Teil wirkt die Schwerkraft. Wenn der Gurt nicht zentriert im Rollensatz aufliegt, ist die an der höher stehenden Kante wirkende Kraft größer als die Kraft auf der anderen Seite, wodurch der Gurt in Richtung der Mitte des gemuldeten Rollensatzes gelenkt wird. Diese Spurführungswirkung der Schwerkraft ist so ausgeprägt, dass die Förderanlagen für Schüttgüter normalerweise hauptsächlich diese Kraftwirkung zur Beeinflussung der Gurtzentrierung nutzen.

Eine andere grundsätzlich geltende Regel bei der Gurtführung lautet, dass die Zentrierung des Gurtes an jedem beliebigen Punkt eher von den vorgelagerten Rollen und sonstigen Komponenten beeinflusst wird (also von den Stellen, die der Gurt bereits passiert hat), als von den nachgelagerten Komponenten (die der Gurt noch nicht erreicht hat). Dies bedeutet, wenn irgendwo ein Gurtschieflauf feststellbar ist, ist die Ursache an einem Punkt zu suchen, den der Gurt bereits passiert hat. Folglich sollten die korrigierenden Maßnahmen an einer Stelle ansetzen, die etwas vor dem Punkt liegt, an

dem der Gurtschieflauf sich zeigt (**Abbildung 16.9**).

Unter Beachtung dieser Grundregeln kann das Bedienungs- und Wartungspersonal die

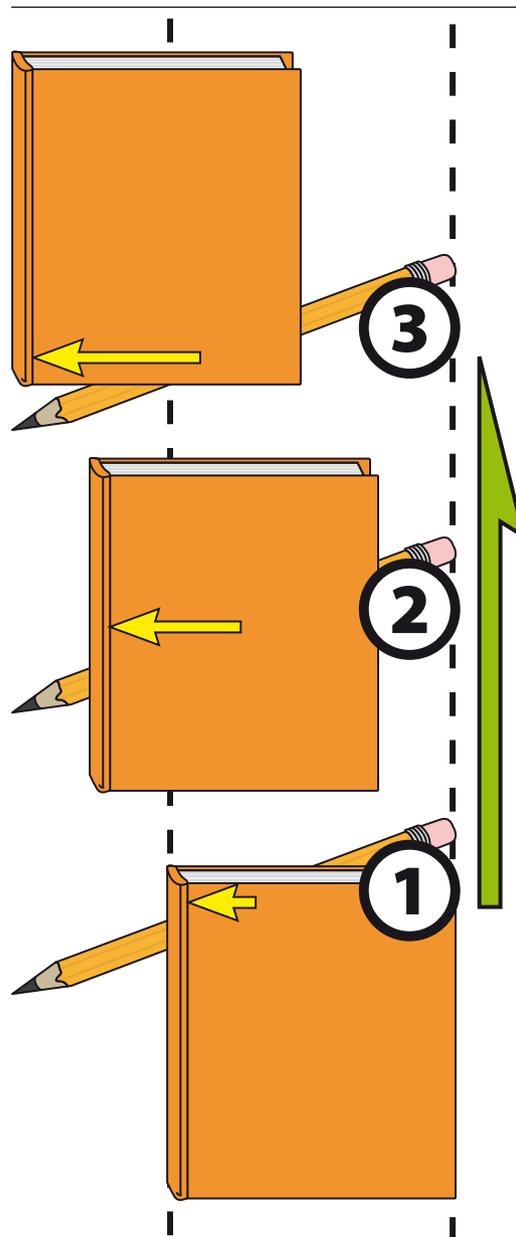


Abbildung 16.8

Die Grundregel für das Zentrieren des Gurtes kann dadurch demonstriert werden, dass man ein Buch auf einen runden Bleistift legt. Wenn man das Buch weg schiebt, wird sich das Buch entweder nach links oder nach rechts bewegen, je nach dem welches Ende des Bleistifts dem Betrachter näher ist, d. h. zu jener Seite des Bleistifts, welche das Buch im Verlauf der Bewegung zuerst berührt.

16

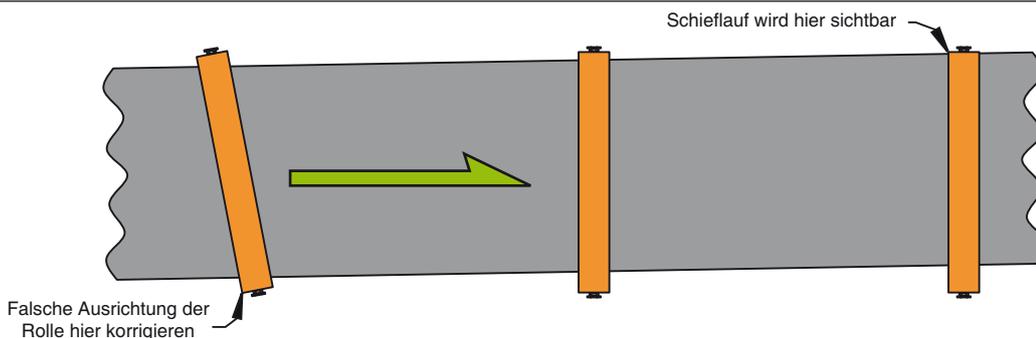


Abbildung 16.9

Wenn ein Gurtschieflauf feststellbar ist, ist die Ursache an einem Punkt zu suchen, der bereits passiert wurde. Folglich sollten die Korrekturmaßnahmen vor dem Punkt ansetzen, an dem der Gurtschieflauf sich zeigt

Förderanlage so einstellen und justieren, dass der Lauf des Gurtes wieder ordentlich und ausgerichtet verläuft.

DIE URSACHEN FÜR GURTSCHIEFLAUF

Das vermeidbare Problem des Gurtversatzes

Um eine Förderanlage richtig zu zentrieren, ist der erste Schritt die Betrachtung des vorliegenden Systems, um den Zustand des Aufbaus und der Komponenten zu verstehen und die Ursachen für den Gurtschieflauf zu bestimmen.

Wie Clar Cukor in der undatierten Monographie *Tracking [Zentrierung]* von Georgia Duck (jetzt Fenner Dunlop) festgestellt hat (*Referenz 16.1*):

Das Problem der Zentrierung sollte von einer systemischen Betrachtung ausgehend betrachtet werden. Der Gurt mag wohl schuld sein, es ist jedoch wahrscheinlicher, dass er lediglich auf einen Konstruktionsfehler oder auf eine fehlerhafte Justierung im System reagiert. Ein Gurt ist flexibel und wenn er richtig konzipiert, hergestellt und zurechtgeschnitten wird, wird er dorthin laufen, wo es aufgrund der Konstruktion der Förderanlage beabsichtigt ist. Der Gurt dient als Indikator und sollte auch als solcher betrachtet werden.

Gurtversatz kann viele Ursachen haben. Zu den Faktoren, die zu einem Gurtversatz beitragen können, zählen Fluchtungsfehler bei den Komponenten der Förderanlage, eine außermittige Materialbeladung, Ansammlung von entwichenem Material auf rollenden Komponenten, schwache Gurtverbindungen, Schäden am Aufbau der Anlage durch den unaufmerksamen Betrieb von schwerem Gerät, Bodensenkungen und vieles mehr. Diese Probleme können in jeder beliebigen Kombination auftreten, wodurch eine Korrektur sehr kompliziert wird.

Aber trotz der Komplexität dieser Probleme, sind sie dennoch lösbar. Falsch ausgerichtete Komponenten können fluchtend ausgerichtet werden, Schurren können umgestaltet werden, so dass die Ladung auf die Mitte des Gurtes aufgebracht wird, Materialansammlungen können vermieden oder beseitigt werden, Gurtverbindungen können verbessert und das Bedienungspersonal kann geschult werden. Die Herausforderung besteht darin, die genaue Ursache für die Probleme bei einem gegebenen Förderband aus der langen Liste von Möglich-

keiten zu bestimmen. Sobald die Ursache für den Gurtschieflauf identifiziert ist, kann der Zustand korrigiert werden.

Die Ursachen für Gurtschieflauf

In vielen Fällen kann die Ursache für den Gurtschieflauf aus dem Erscheinungsbild des Schieflaufs bestimmt werden. Wenn der ganze Gurt an einer bestimmten Stelle der Förderanlage nicht mittig läuft, dann liegt die Ursache wahrscheinlich in der Ausrichtung oder Unebenheit des Aufbaus der Förderanlage, der Rollen oder der Trommeln in diesem Bereich. Wenn ein bestimmter Abschnitt oder mehrere Abschnitte des Gurtes überall auf der Förderanlage einen Schieflauf aufweisen, ist die Ursache wahrscheinlicher im Gurt selbst, in den Gurtverbindungen oder in der Beladung des Gurtes zu suchen. Wenn der Gurt im beladenen Zustand schief läuft und mittig verläuft, wenn er leer ist, oder umgekehrt, ist die Ursache normalerweise in einer außermittigen Beladung oder im Materialaufbau in der Schurre zu suchen, der dann zu veränderlichen Bedingungen bei der Beladung führt.

Die häufigsten Ursachen für den Gurtschieflauf können in drei Gruppen zusammengefasst werden: Fehler am Gurt oder an dessen Verbindungen, Fehler am Aufbau der Förderanlage, an den Komponenten oder durch die Umwelt bedingt und Fehler bei der Beladung.

Fehler am Gurt oder an dessen Verbindungen

A. Gurtmaterial

- a. Der Gurt ist eingebuchtet, ausgebuchtet oder mit Napfbildung behaftet
- b. Fehler oder Schäden an der Karkasse (einzelne Lagen oder Seile) des Gurtes
- c. Die Kante oder die Deckplatte des Gurtes ist beschädigt
- d. Der Gurt ist durch die Witterung oder Chemikalien geschädigt

B. Herstellung und Anwendung

- a. Der Gurt passt nicht richtig zur Förderanlage oder für die Anwendung
- b. Der Gurt hat eine herstellungsbedingte Einbuchtung oder Ausbuchtung
- c. Der Gurt wurde nicht richtig gelagert

C. Gurtverbindungen

- a. Eine vulkanisierte oder mechanische Verbindung wurde nur mangelhaft angebracht, was zu einer nicht rechtwinklig zum Gurtverlauf liegenden Verbindung geführt hat

- b. Ein Gurt wurde aus mehreren Einzelstücken gefertigt, die an den falschen Enden zusammengefügt wurden, was zu einer Ausbuchtung oder einem krummen Abschnitt führt
- c. Gurtmaterialien verschiedener Art, Stärke oder Breite wurde zusammengespleißt
- d. Der Gurt hat Verbindungen, die beschädigt sind oder sich voneinander lösen

Fehler am Aufbau der Förderanlage, an den Komponenten oder durch die Umwelt bedingt

- A. Aufbau
 - a. Der Aufbau wurde während des Baus nicht genau ausgerichtet
 - b. Der Aufbau hat sich durch Bodensenkung auf einer Seite gesetzt
 - c. Der Aufbau ist durch verstopfte Schurren, Brände oder durch Zusammenstöße mit fahrbarem Gerät beschädigt worden
- B. Komponenten
 - a. Rollende Komponenten (Rollen und Trommeln) sind nicht in allen drei Ebenen ausgerichtet
 - b. Die Schwerkraft-Spannvorrichtung ist falsch ausgerichtet
 - c. Rollen sitzen fest oder wurden entfernt
 - d. Materialansammlungen oder Abnutzung haben das Profil der Rollen oder Trommeln verändert
- C. Umwelt
 - a. Die Förderanlage ist großen Windgeschwindigkeiten ausgesetzt
 - b. Regen, Frost oder Eis und Schneean-sammlungen haben die Reibung auf einer Seite des Gurtes verändert
 - c. Die Sonne scheint auf einer Seite der Förderanlage

Fehler bei der Beladung

- A. Die Ladung wird nicht mittig auf den Gurt aufgebracht
- B. Die Ladung hat sich entmischt, wobei die größeren Brocken auf einer Seite des Gurtes zum Erliegen kommen
- C. Der Gurt wird nur zeitweise beladen, obwohl er für Dauerbeladung ausgelegt ist

Manchmal führt eine Kombination dieser Probleme zum Gurtversatz und die grundsätzliche Ursache ist dabei nicht erkennbar. Ist jedoch eine ausreichende Anzahl von Gurtum-

läufen beobachtet worden, wird das Laufmuster des Gurtes im Allgemeinen sichtbar und die Ursache für den Gurtschieflauf kann festgestellt werden. Wenn sich aber kein Muster ergibt, sind die Ursachen für den Gurtschieflauf üblicherweise ein leerer Gurt, das die Muldenform nicht richtig annimmt, oder ein Gurt, der ungleichmäßig beladen ist.

Versatz aufgrund von Fehlern am Gurt oder an den Gurtverbindungen

Unsachgemäße Gurtverbindungen sind eine wesentliche Ursache für Gurtschieflauf. Wird der Gurt nicht rechtwinklig verbunden, läuft er auf der Förderanlage hin und her. Dies kann man normalerweise an der Kehrtrommel beobachten. Jedes Mal, wenn die Verbindung die Kehrtrommel erreicht, schert der Gurt um denselben Betrag aus und kehrt nach dem Übergang der Verbindung in die ursprüngliche Lage zurück. Ist die Verbindung schlecht genug ausgeführt, kann sie alle Bemühungen für eine Ausrichtung zunichte machen. Die Lösung hierfür ist eine erneute, rechtwinklige Verbindung des Gurtes. (Siehe Kapitel 5: „Förderanlagen 101 - Die Gurtverbindung“.)

Eine weitere wesentliche Ursache für Gurtschieflauf ist ein Gurt mit Napfbildung. Aufgrund der unterschiedlichen Reibung gegenüber den gemuldeten Rollensätzen kann ein mit Napfbildung behafteter Gurt die Spur nur schlecht halten. Bei Gurten mit Textileinlage ist die Napfbildung fast immer das Ergebnis einer ungleichmäßigen Schrumpfung zwischen den Deckplatten auf der Gurtoberseite und -unterseite. Hitze, Chemikalien, Muldungswinkel und zu stramme Spannung können ebenfalls zur Napfbildung führen. Dieses Problem kann normalerweise durch Einhaltung des richtigen Dickenverhältnisses der Oberlage zur Unterlage des Gurtes vermieden werden. In manchen Fällen tritt die Napfbildung aufgrund von veränderten Gummieigenschaften der Deckplatte der Gurtoberseite bedingt durch Alterungserscheinungen oder durch die Einwirkung von Chemikalien auf. Ein mit Napfbildung behafteter Gurt lässt sich nur schwer in der Spur führen, weil die Spurführung von der Reibung zwischen dem Gurt und den rollenden Komponenten abhängt. Wenn der Gurt so schwer beschädigt ist, dass dadurch die Kontaktfläche vermindert wird, dann können die Komponenten den Gurt auch nicht mehr richtig in der Spur führen.

Während Probleme bei der Gurtausrichtung oft durch Fertigungsfehler bei der Gurtherstellung oder durch Ausfälle der Komponente entstehen, können die meisten dieser Schwierig-

keiten auf eine unsachgemäße Gurtnutzung zurückgeführt werden. Ein nur dürftig auf die Anwendung abgestimmter Gurt wird normalerweise auch die Spur schlecht halten können.

Versatz aufgrund von Problemen am Aufbau und bei den Komponenten

Damit der Gurt gerade laufen kann, muss der Aufbau ordnungsgemäß aufgestellt und bei Beschädigung wieder ausgerichtet werden. Die meisten Schäden am Aufbau entstehen, wenn mobiles Gerät gegen die Förderanlage gefahren wird. Aufbauschiäden können auch durch Korrosion oder durch die Absenkung von Fundamenten entstehen.

Für einen zuverlässigen Gurtauflauf ist es gleichermaßen wichtig, dass die Komponenten in Bezug auf den Gurt richtig installiert und eingestellt werden. Hauptursachen für den Gurtversatz sind Schwerkraft-Spannvorrichtungen, die nichtfluchtend angeordnet sind oder zu viel seitliches Spiel haben. Die Spanntrommel, wie alle anderen Haupttrommeln, muss im gesamten Verlauf der Spannbewegung mit dem Gurt fluchten, sonst wird der Gurt schief laufen.

Rotierende Komponenten können eine wesentliche Versatzwirkung auf den Gurt ausüben. Sie können wesentlich zu einer unregelmäßigen Gurtführung beitragen, wenn sie aufgrund von Materialansammlungen festsitzen oder funktionsunfähig geworden sind, oder deren Umfang sich aufgrund von Materialanbackungen verändert hat. Folglich sollten Übergabepunkte so konstruiert, gebaut und gewartet werden, dass Materialverluste vermieden werden. Es sollte ein wirksames Gurtreinigungssystem mit Mehrfach-Abstreifern installiert werden, um den Rücklauf von Material zu verhindern. Falls erforderlich, können auch Abstreifer zur Reinigung von Einschnürtrom-

meln, Spanntrommeln und anderer Trommeln eingebaut werden. (Siehe Kapitel 14: „Bandreinigung“.)

Versatz aufgrund von Umweltbedingungen

Starke Winde auf einer Seite der Förderanlage können soviel Kraft entwickeln, dass der Gurt von der Mittellinie abgedrängt oder sogar von den Rollen weggeblasen wird. Die Lösung hierfür ist entweder die Anbringung von Halteringen quer über die Förderanlage hinweg, um den Gurt an seinem Platz zu halten (die man auch als „Windreifen“ bezeichnet), die Anbringung eines Windschutzes auf der Luvseite oder die Einhausung der kompletten Förderanlage.

Wenn der Wind auf eine Seite der Förderanlage Regen, Eis oder Schnee anweht, führt dies zu unterschiedlichen Reibungsverhältnissen auf den Rollen. Diese Unterschiede können ausreichen, dass ein leicht beladener Gurt von der richtigen Spur abgelenkt wird. Wenn die Sonne morgens eine Seite des Gurtes erwärmt, reicht sogar dieser Temperaturunterschied aus, damit ein Gurt ausschert. Hier wäre wieder die Anbringung irgendeiner Art von Abdeckung die Lösung.

Bei manchen Förderanlagen wurde die Konstruktion nicht massiv genug ausgelegt, um Seitenwinden standhalten zu können, weshalb die ganze Förderanlage bei starken Winden vor und zurück schwankt. Eine leichte Veränderung in der Lage der Spanntrommel aufgrund von Seitenwind kann den Verlauf eines Gurtes auch sehr stark beeinflussen.

Versatz aufgrund von Fehlern bei der Beladung

Gurtschieflauf aufgrund von Beladungsfehlern ist im Allgemeinen leicht zu entdecken, weil der Gurt im beladenen Zustand in einer Stellung läuft und wenn er leer ist, in einer anderen Stellung (**Abbildung 16.10**). Bei älteren Förderanlagen kann diese Beobachtung mit den Auswirkungen jahrelanger Anpassungen verwechselt werden, wo die Bemühungen, den Verlauf des Gurtes „in Ordnung zu bringen“ die natürliche Spur des Gurtes verändert haben.

Der Schwerpunkt der Ladung sucht sich die niedrigste Stelle in der Muldungsrolle (**Abbildung 16.11**). Wenn der Gurt nicht mittig beladen wird, drückt das Gewicht der Ladung den Gurt aus der mittigen Lage weg, in Richtung der leicht beladenen Seite hin. Dies kann durch die richtigen Einbauten in der Beladungsschurre, oder durch die Verwendung von

16

Abbildung 16.10

Ein Gurt, der nicht mittig beladen wird, wird schief laufen – mit dem Risiko der Beschädigung des Gurtes und der tragenden Stahlkonstruktion.



Lenkblechen, Gittern, Verstellmöglichkeiten im unteren Bereich der Schurre korrigiert werden. Solche Maßnahmen können zur Korrektur und richtigen Platzierung der Ladung auf dem Gurt wesentlich beitragen. (Siehe Kapitel 8: „Konventionelle Übergabeschurren“.)

Versatz bei Reversierbändern

Reversierbänder können eine Quelle unendlicher Frustration sein. Wenn die Gurtrichtung geändert wird, ändern sich die Positionen der Spannungsbereiche im Gurt in Bezug auf die Antriebstrommel und Ladungsbereiche. Stellen Sie sich vor, Sie hätten eine Förderanlage mit Kopfantrieb und durch das Umliegen eines Schalters befindet sich der Antrieb plötzlich am Umlaufende. Wenn die Oberseite des Gurtes in Richtung Antriebstrommel läuft, befindet sich die gespannte Seite des Gurtes oben. Wenn der Gurt jedoch reversiert wird und die Oberseite von der Antriebstrommel weg läuft, befindet sich die gespannte Seite jetzt unten. Damit wird die Tragseite der Förderanlage jetzt tatsächlich geschoben, statt wie bisher gezogen zu werden. Ein Gurt, der geschoben wird, ist instabiler und auch schwerer in der Spur zu führen, als ein Gurt, der gezogen wird.

Daraus ergeben sich besondere Probleme, weil alle Komponenten jetzt in Bezug auf die Spurführung anders bzw. unterschiedlich wirken. Der Gurt kann in einer Richtung perfekt laufen. Wenn die Anlage aber reversiert wird, dann kann er überall herumschlängeln, weil jetzt andere Rollensätze und Trommeln die Führung des Gurtes steuern. Zur Überwindung derartiger Probleme sollte das System beobachtet werden, um festzustellen, welche Komponenten nicht fluchten. Dann sollten nach Bedarf entsprechende Korrekturen durchgeführt werden, damit alle rotierenden Komponenten wieder fluchtend ausgerichtet sind.

Andere bei Reversierbändern auftretende und durch diese noch verschlimmerte Probleme beziehen sich auf außermittige Beladung, multiple Beladestellen und die Ladung verschiedener Materialien auf denselben Gurt. Eine außermittige Beladung kann die Zentrierungsprobleme bei Reversierbändern verschlechtern, besonders wenn die Ladung näher an einem Ende als am anderen der Förderanlage aufgebracht wird. Dies kann durch die richtige Gestaltung der Beladungsschurre und durch die Verwendung von verstellbaren Lenkblechen, Gittern sowie Verstellmöglichkeiten im unteren Schurrenbereich korrigiert werden.

Verschiedene Materialien auf demselben Reversierband können auch Probleme verur-

sachen. Nehmen wir an, dass der Gurt auf ein Material mit einer bestimmten Rohdichte eingestellt worden ist, um eine gute Spurführung zu erreichen. Jetzt ändern wir die Laufrichtung und führen ein Material mit einer anderen Rohdichte zu. Es können nun alle vorher durchgeführten Einstellungen für das Zentrieren möglicherweise falsch sein. Zur Überwindung derartiger Probleme sollte eine Bestandsaufnahme des Aufbaus durchgeführt werden, um festzustellen zu können, ob das Gegengewicht an der Spanntrommel unzureichend ist, oder ob die Komponenten nicht fluchten. Dann sollten nach Bedarf die erforderlichen Korrekturen durchgeführt werden.

Probleme mit verfahrbaren Förderanlagen

Das Verhalten von verfahrbaren Fördersystemen (wie z. B. Schaufelradbagger/Rückladeförderer, verfahrbare Haldenförderer/Absetzer oder Gurtschleifenwagen) hängt in starkem Maß von der Schienenkonstruktion ab, auf der sie laufen. Ist zum Beispiel eine Schiene an einem gegebenen Punkt höher oder niedriger als der gegenüberliegende Punkt auf der anderen Schiene (manchmal reichen einige Millimeter bei hohen Aufbauten), kann die verfahrbare Förderanlage wippen oder schaukeln, was zu Gurtschieflauf führt.

Oft wird gerade dieses Problem bei der Suche nach den Ursachen für Gurtschieflauf und die Folgeschäden übersehen. Es kann vorkommen, dass der verfahrbare Teil des Systems bei der Durchführung einer Bestandsaufnahme an einer Stelle abgestellt worden ist, wo die Schienen eben sind. Dann stellt man fest, dass alles ordnungsgemäß ausgerichtet ist und fluchtet. Wird die verfahrbare Einheit jedoch an einen anderen Standort verschoben, tritt Gurtschieflauf auf, weil der Unterbau dort nicht eben ist.

Die Schienensysteme müssen auch auf parallele Ausrichtung geprüft werden. Eine mangelhafte Ausrichtung kann dazu führen, dass die Laufräder auf der Innenseite oder der Außenseite der Schiene hochrutschen. Das

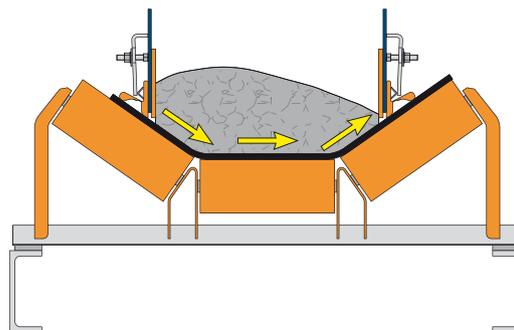


Abbildung 16.11

Wenn der Gurt nicht mittig beladen wird, drückt das Gewicht der Ladung den Gurt aus der mittigen Lage weg, in Richtung der leicht beladenen Seite hin

hat dieselbe Wirkung, als ob ein Punkt auf der Schiene höher als der entsprechende Punkt auf der gegenüberliegenden Schiene läge.

**DIE UNTERSUCHUNG DES PROBLEMS:
DIE BESTANDSAUFNAHME**

Die erste und wichtigste Maßnahme beim Zentrieren einer Förderanlage ist die Überprüfung und Ausrichtung des Aufbaus. Dies beginnt mit einer detaillierten Bestandsaufnahme des vorhandenen Zustandes und der ursprünglichen Konstruktionskriterien. Damit ergibt sich die Möglichkeit zur Durchführung definierter Korrekturen, um das System wieder auf die Originalspezifikationen zurückzuführen, statt von einem planlosen „heute geben wir den Rollen noch einen kleinen Tick mehr“ - Ansatz auszugehen.

Die traditionelle Methode zur Überprüfung der Ausrichtung bestand darin, dass man eine Klaviersaite von einem Ende der Förderanlage zum anderen Ende gespannt hat, die die Grundlinie für die Messungen zur Beurteilung der Ausrichtung bildete. Diese Methode beinhaltet jedoch eine Anzahl von potentiellen Problemen. Zum Beispiel wird dieser Draht durch verschiedene Faktoren in seinem Verlauf

beeinflusst. Eine Änderung der Umgebungstemperatur durch die Einstrahlung der Sonne, oder sogar das Gewicht des Drahtes selbst können zu einer Dehnung des Drahtes führen und damit die Grundlinie verändern. Ein anderes Problem ist, dass es keine genaue Methode zur Messung eines 90°- Winkels am Draht gibt. Bewegt sich der Draht durch die Berührung beim Anlegen eines Lineals oder Winkelmaßes, so wird die Genauigkeit der anschließenden Messungen beeinträchtigt.

Die heutzutage hierfür eingesetzte Spitzentechnologie in Form von parallel zum Förderanlageaufbau ausgerichteten Lichtstrahlen eines Lasertheodolits bietet eine ungehinderte und wiederholbare Referenz für die Ausrichtung der Komponenten der Förderanlage (**Abbildung 16.12**).

Bei dieser Laser-Vermessungstechnik werden die Probleme mit der alten „Klaviersaiten“ - Technik vermieden. Der Laser generiert einen völlig geraden Strahl mit einem Messbereich von 150 m und beim Einsatz von mehreren Geräten wird der Abstand unbegrenzt. Um rechtwinklig zur Grundlinie stehende Objekte zu überprüfen, wird der Strahl mittels Prismen umgelenkt. Mit einem Lasertheodolit braucht der Vermessungstrupp keine rechtwinklige Linie mehr zu bestimmen; sie können sich selbst eine schaffen. Da ein Laserstrahl durch Berührung nicht beeinflusst wird, kann er bei der Durchführung von Messungen auch nicht zufällig bewegt oder verschoben werden.

Die meisten Betriebe haben weder das Gerät noch die Sachkenntnis zum ordnungsgemäßen Gebrauch einer Laser-Vermessung. Deshalb sollten diese Betriebe einen spezialisierten Dienstleister mit der Durchführung dieser Bestandsaufnahme beauftragen, der die entsprechenden Geräte hat und über die entsprechende Erfahrung verfügt. Er führt dann die Laser-Vermessung des Gurtes durch, bringt dauerhafte Bezugs- oder Messpunkte an, schreibt einen ausführlichen Bericht und bietet Vorschläge zur Korrektur der hauptsächlichen Probleme bei der Spurführung.

In dem Bericht sollte aufgelistet sein, welche Komponenten nicht fluchten und um welchen Betrag sie abweichen, damit das werkseigene Personal oder der Dienstleister diese einstellen kann (**Abbildung 16.13**). Durch Wiederholungsmessungen an derselben Förderanlage in regelmäßigen Abständen - z. B. jährlich - kann die Betriebsleitung eine regelmäßige Überprüfung des Zustandes der Förderanlage gewährleisten. Die Bestandsaufnahme wird dann zeigen, ob sich der Zustand des

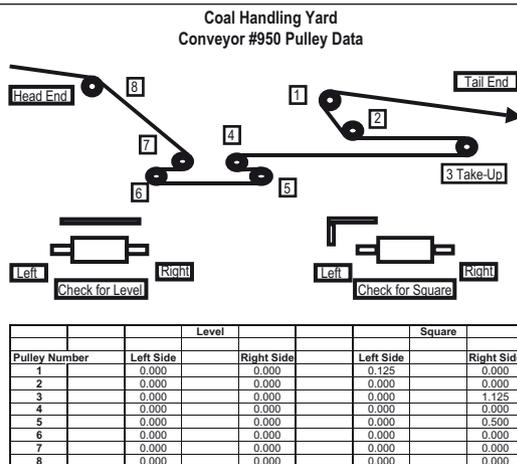
Abbildung 16.12

Parallel zum Förderanlageaufbau ausgerichtete Lichtstrahl eines Lasertheodolits bietet eine ungehinderte und wiederholbare Referenz für die Ausrichtung der Komponenten der Förderanlage.



Abbildung 16.13

Die Laservermessung wird zeigen, welche Komponenten nicht fluchten und um welchen Betrag sie abweichen, damit das werkseigene Personal oder der Dienstleister diese einstellen kann.



Level: positiver Werte= die jeweilige Seite liegt höher
Square: positiver Wert = die jeweilige Seite liegt weiter vorne

Aufbaus verschlechtert, oder ob eventuell andere Umstände auftreten, wie z. B. Senkungen des Bodens unter der Förderanlage oder eine Änderung der Masse der Gegengewichte. Diese Information kann zur Vorwarnung der technischen Leitung und der Wartungsmannschaften im Hinblick auf möglicherweise entstehende Probleme und zur Vermeidung unerwarteter Abschaltungen mit anschließendem Produktionsausfall verwendet werden.

GURTZENTRIERUNG

Die Gurtrückführung in die Mitte der Förderanlage wird durch eine Veränderung an den Rollen und der Bedingungen bei der Beladung erreicht, die jedes Bestreben des Gurtes korrigiert, außerhalb der vorgesehenen Spur zu laufen. Dabei ist der erste Schritt die Ausrichtung des Aufbaus auf die theoretische Gurtmittelachse, wie bei der Bestandsaufnahme des Systems festgestellt. Wenn der Aufbau ausgerichtet ist, müssen alle Trommeln und Rollen eingestellt werden, damit sie eben und im rechten Winkel zur Mittelachse stehen. Dann kann man sich auf den geraden Gurtverlauf selbst konzentrieren.

Beim Zentrieren des Gurtes sollte nur eine einzige Person das Sagen haben. Wenn mehrere Personen gleichzeitig Korrekturen an der Förderanlage vornehmen, kann dies zu widersprüchlichen Änderungen führen, die eine wirkliche Korrektur des Gurtlaufes erschweren. Wichtig ist auch, dass Protokolle geführt werden, in denen die Problembereiche der Förderanlage erfasst und die durchgeführten korrigierenden Maßnahmen festgehalten werden. Dies verhindert oder gibt zumindest einen Hinweis auf die Probleme, die sich aus der Korrektur, aus der nochmaligen Korrektur, der Überkorrektur oder aus der Gegenkorrektur ergeben, wenn in einem bestimmten Bereich wieder Probleme auftreten.

Vorgehensweise beim Zentrieren

Hier ist eine Schritt-für-Schritt Anleitung für die Vorgehensweise beim Zentrieren des Gurtes zur Ausrichtungskorrektur der Komponenten und der Gurtbeladung.

Feststellung der Gurtspannung in den einzelnen Bereichen

Die Nachstellung der Komponenten in den Bereichen mit geringer Spannung hat die größte Wirkung bei der Korrektur des Gurtverlaufes. Durch die Ermittlung der Bereiche mit geringer Spannung und nachfolgenden Korrekturmaß-

nahmen in diesen Bereichen hat der Zentriervorgang die größte Wirkung mit dem geringsten Aufwand an Änderungen. In Bereichen mit hoher Spannung liegt am Gurt zu viel Spannung an, als dass mit relativ geringfügigen Anpassungen eine wesentliche Wirkung auf den Gurtverlauf erreicht werden kann. Die Gurtspannung ist normalerweise an der Antriebstrommel am höchsten (**Abbildung 16.14**). Der Bereich geringster Spannung hängt vom Standort der Einschnürtrommeln und der Spanntrommeln ab. Die Bereiche mit geringer Spannung hängen völlig von der einzelnen Förderanlage ab und müssen für jede Anwendung identifiziert werden. Weitere Informationen können in der sechsten Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* [Gurtbandförderer für Schüttgüter] der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) nachgeschlagen, oder bei einem erfahrenen Förderanlageningenieur erfragt werden.

Es muss sichergestellt sein, dass das Gewicht der Spannvorrichtung die von den gegenwärtigen Gurt- und Kapazitätsbewertungen geforderte korrekte Spannung aufbringt. Wird der Gurt von der Spanntrommel unzureichend oder unsachgemäß gespannt, dann wird der Gurtverlauf wahrscheinlich schwerwiegende Schwankungen aufweisen.

Identifikation von Stellen mit Gurtschieflauf

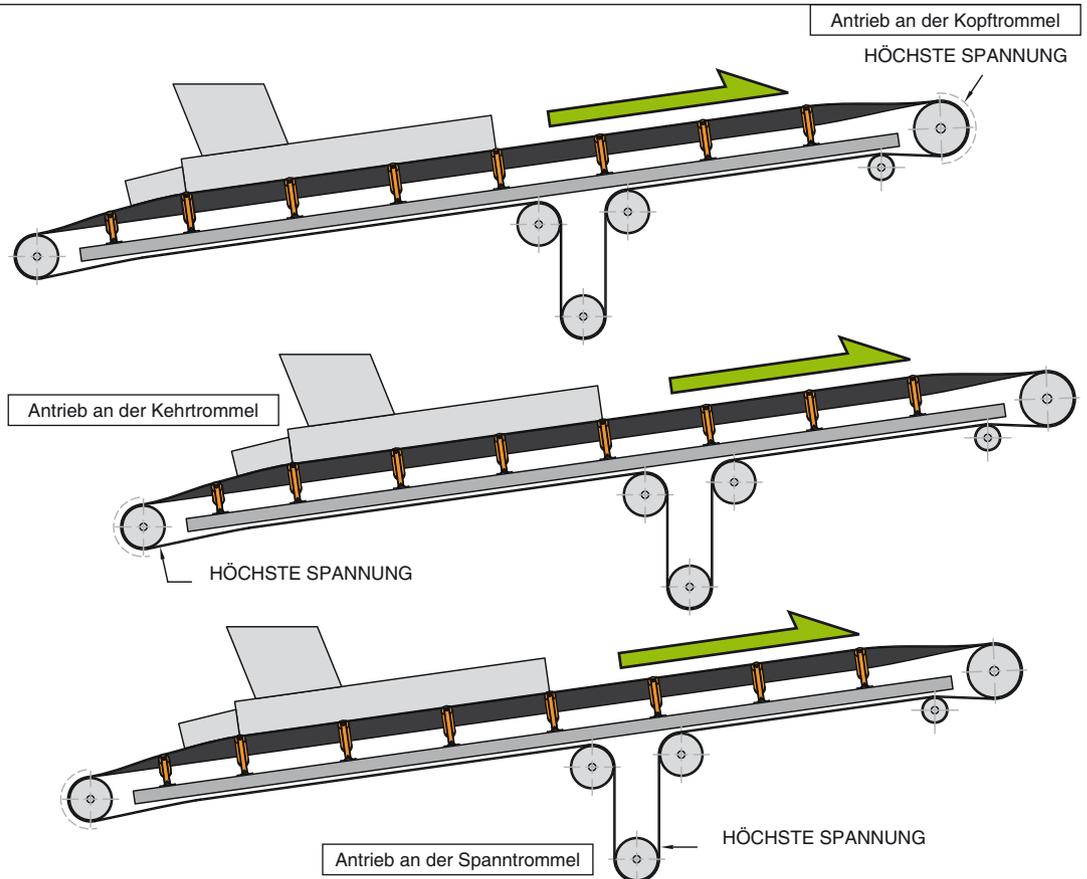
Am besten beginnt man mit der Prüfung auf Gurtschieflauf an der ersten rollenden Komponente direkt nach dem Bereich der höchsten Spannung. Das ist normalerweise die Stelle, wo der Gurt die Antriebstrommel verlässt, da die Spannung in diesem Bereich normalerweise niedriger ist. Dann setzt man die Prüfung entlang dem Gurtlauf bis zu dem Punkt fort, wo der Gurt sichtbar aus der Spur läuft.

Dabei sollte man immer daran denken, dass die Zentrierführung eines Gurtes an jedem beliebigen Punkt eher durch die vorgelagerten Rollen und sonstigen Komponenten beeinflusst wird (an den Punkten, die der Gurt schon passiert hat) als durch die nachgelagerten Komponenten (an den Punkten, die der Gurt noch nicht erreicht hat). Wenn also ein Gurtschieflauf erkennbar ist, dann ist die Ursache für den Schieflauf an einer Stelle zu suchen, die der Gurt schon passiert hat.

Deshalb sollten auch die korrigierenden Maßnahmen an Punkten ansetzen, die der Gurt passiert, bevor er den Bereich erreicht, ab dem der Schieflauf sichtbar wird. Im Allgemeinen hat die Bewegung einer Rolle ihre größte Zen-

Abbildung 16.14

Die Gurtspannung ist normalerweise dort am höchsten, wo der Gurt auf die Antriebstrommel aufläuft. Die Bereiche mit geringer Spannung variieren je nach dem Standort der Einschnürtrommeln und der Spanntrommeln. Beim Zentrieren eines Gurtes beginnt man mit der Prüfung auf Gurtschieflauf direkt hinter dem Bereich mit der höchsten Spannung (wo der Gurt die Antriebstrommel verlässt).



trierwirkung in einem Bereich innerhalb von 5 bis 8 m nach der Rolle.

Zentrieren des Gurtes

Zur Korrektur eines Gurtschieflaufs muss die Förderanlage vor der Durchführung jeglicher Einstellarbeiten an den Komponenten oder an der Gurtspannung ordnungsgemäß abgesperrt / gekennzeichnet / blockiert / auf Funktionsfähigkeit geprüft werden.

Um den Gurtverlauf zu korrigieren, muss man in den Bereichen mit geringer Spannung beginnen und die Rollen nach und nach justieren. Dann stellt man, von der Antriebstrommel ausgehend entlang der Förderanlage in Richtung der nächsten rollenden Komponente, die einzelnen Rollen nacheinander ein und kann so den Gurtverlauf korrigieren.

Ausgehend von dem ersten oder dem zweiten Rollensatz vor einer Stelle, an der der Gurt sichtlich aus der Spur läuft, sollte der Rollensatz in die entgegengesetzte Richtung des Versatzes schräg gestellt werden. Zur Prüfung der Gurtausrichtung sollte die Förderanlage dann neu gestartet werden. Um die Wirkung der Korrektur beurteilen zu können, muss die Förderanlage laufen. Man muss dabei erst zwei oder drei vollständigen Gurtumläufe abwarten, bevor weitere Einstellungen vorgenommen werden.

Am besten verstellt man die Rollen einzeln, da das Verstellen von mehreren Rollen auf einmal zu einer Überkorrektur oder zu Korrekturen mit entgegengesetzter Wirkung führen kann. Zeigt die Beobachtung eine Überkorrektur des Gurtverlaufs, sollte die ursprüngliche Rolle zurückgestellt und damit wieder der ursprüngliche Zustand hergestellt werden, statt

Abbildung 16.15

Die grundlegende Methode beim Zentrieren eines Gurtes besteht im Verdrehen der Rollennachse in Bezug auf den Gurtverlauf, was üblicherweise als „Rollenklopfen“ bezeichnet wird.



dass man weitere Rollen verstellt.

Der Gurt sollte die ganze Förderanlage leer umlaufen, wobei besonders darauf zu achten ist, dass er mittig läuft, wenn er in die Ladezone und in die Abwurfzone eintritt.

Methoden zur Gurtzentrierung

Die grundlegende Zentriermethode besteht in der Einstellung der Rollen. Das Zentrieren eines Gurtes anhand der Rücklaufrollen und der Tragrollen wird durch Versetzen der Rollennachse in Bezug auf den Gurtverlauf erreicht. Dies wird allgemein als „Rollenklopfen“ bezeichnet, weil der Rollensockel durch Schläge mit dem Hammer verdreht wird (**Abbildung 16.15**).

Das Zentrieren eines Gurtes durch Positionsveränderung von einer oder mehrerer Rollen verhält sich genauso, als ob man Fahrrad fährt und mit der Lenkstange lenkt (**Abbildung 16.16**). Wenn Sie ein Ende der Lenkstangen (oder der Rolle) zu sich herziehen, dreht sich das Fahrrad (oder der Gurt) in diese Richtung. Dies stimmt mit der Grundregel für das Zentrieren des Gurtes überein: Der Gurt läuft auf die Seite der Rolle zu, die er zuerst berührt.

Die Steuerung nach dem Lenkstangenprinzip ist verlässlich, aber nur wenn der Gurt mit allen drei Muldungsrollen in gutem Kontakt steht. Deshalb muss man vor dem Zentrieren eines Gurtes sicherstellen, dass der Gurt, selbst wenn er leer ist, entlang der gesamten Tragseite ordnungsgemäß gemuldet wird. Wenn sich der Gurt nicht richtig in die Muldung „hineinschmiegt“, kann möglicherweise zwischen dem Gurt und dem Aufbau der Förderanlage ein Kompatibilitätsproblem vorliegen (**Abbildung 16.17**). Ein Gurt, der zu dick und für eine gegebene Förderanlage nicht geeignet ist, wird vielleicht nie richtig laufen.

Die an den Rollen vorgenommenen Einstellungen sollten gering sein. Forschungsarbeiten an der University of Newcastle in Australien haben gezeigt, dass keine korrigierende Wirkung auf den Gurtverlauf mehr zu erwarten ist, sobald eine Rolle über einen gewissen Punkt hinaus verstellt worden ist, weil der Gurt dann über die Rolle hinwegrutscht, ähnlich wie ein Auto, das über eine vereiste Stelle schlittert (*Referenz 16.2*).

Offensichtlich ist ein derartiges Verstellen von Rollen nur in eine Richtung des Gurtlaufes wirksam. Eine verstellte Rolle, die ein korrigierender Einfluss hat, wenn der Gurt in einer Richtung läuft, wird der Gurt wahrscheinlich

in die Irre leiten, wenn die Förderanlage in die andere Richtung läuft.

Das Verstellen der Rollen beim Zentrieren des Gurtes bietet bei unidirektionalen Förderern Vor- aber auch Nachteile. Es dürfte einleuchtend sein, dass ein Gurt geradeaus laufen kann, wenn eine Hälfte der Rollen in die eine Richtung und die andere Hälfte in die Gegenrichtung steht. Das geht aber zu Lasten einer erhöhten Rollreibung zwischen dem Gurt und den Rollen. Bei den Bemühungen, den Gurt zu zentrieren, verursachen die in alle möglichen Richtungen gedrehten Rollen zusätzliche Reibung, was zu unnötig hohem Verschleiß an der Deckplatte der Gurtunterseite und zu einem erhöhten Energieverbrauch führt.

Anpassungen sollten nur an den Rollen und nie an den Trommeln durchgeführt werden. Die Achsen der Trommeln sollten stets eben gehalten werden, mit einem Winkel von 90° zum angestrebten Gurtverlauf.

Andere Methoden zur Gurtzentrierung

Eine andere Vorgehensweise zur Zentrierung des Gurt besteht darin, die Tragrollen leicht (bis zu zwei Grad) in Laufrichtung des Gurtes zu

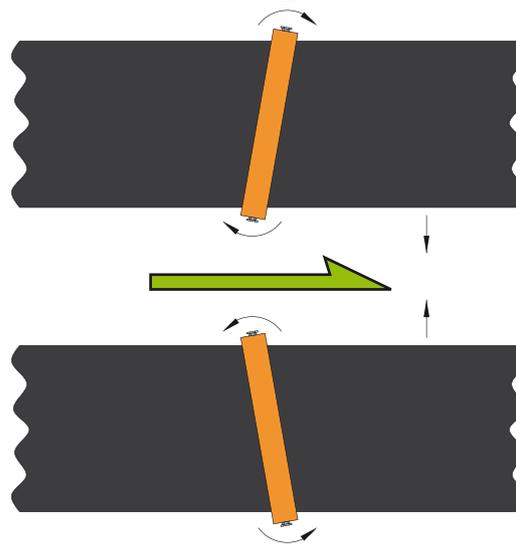


Abbildung 16.16

Das Zentrieren eines Gurtes durch Veränderung der Stellung einer oder mehrerer Rollen ist wie das Lenken eines Fahrrades. Wenn man ein Ende der Lenkstangen (oder der Rollen) zu sich herzieht, bewegt sich das Fahrrad (oder der Gurt) in diese Richtung.



Abbildung 16.17

Damit ein Gurt richtig in der Spur läuft, muss die Muldung auf der Tragseite entlang der Förderanlage gut ausgebildet sein. Wenn sich der Gurt nicht in die Muldung hineinschmiegt, wird er vielleicht nie richtig in der Spur laufen.

kippen. Die Reibung des Gurtes an den seitlichen Gurtrollen hat eine zentrierende Wirkung, die auf die Gurtmittelachse gerichtet ist. Diese Kippstellung kann man erreichen, indem man einfach flache Belegscheiben aus Metall unter die Rückseite des Gurtrollenträgers einschiebt. Viele Rollenhersteller haben ihre Produkte mit einer derartigen Neigung versehen. Wie beim „Rollenklopfen“ hat auch die Wirksamkeit dieser Technik ihre Grenzen und der Energieverbrauch der Förderanlage sowie der Verschleiß an der Deckplatte der Gurtunterseite und an den Rollen wird dabei zweifellos ebenso erhöht (**Abbildung 16.18**).

Eine nicht zu empfehlende Methode zur Zentrierung des Gurtes, wenn er sich auf die Kehrtrommel zubewegt, besteht darin, dass man die beiden Rücklaufrollen unmittelbar neben der Kehrtrommel leicht gegeneinander verdreht (**Abbildung 16.19**), oder dass man deren gegenüberliegende Enden jeweils erhöht (**Abbildung 16.20**). Die Theorie besagt, dass dieser absichtlich in Gegenrichtungen induzierte Gurtschieflauf gegenläufig wirkende Kräfte hervorruft, die eine zentrierende Wirkung auf den Gurt ausüben. Obwohl dies, theoretisch betrachtet, vernünftig erscheint, ist die praktische

Anwendung jedoch problematisch. Diese Methode bringt Instabilität in ein System, bei dem die Zielsetzung für einen optimalen Betrieb die Erlangung stabiler Verhältnisse lautet. Man könnte doch meinen, dass die rechtwinklige Ausrichtung des Systems schon problematisch genug ist, ohne dass man noch zwei weitere Variablen in Form von absichtlich falsch ausgerichteten Rollen hinzufügen muss.

Gurtzentrierung bei der Inbetriebnahme von neuen Förderanlagen

Wenn ein neues Fördersystem nach solider Ingenieurkunst konzipiert und aufgebaut worden ist, wird der Gurt bei der Inbetriebnahme wahrscheinlich fast wie gewünscht verlaufen. Wenn jedoch geringfügige Abweichungen vom idealen Anlageaufbau vorliegen, können sie zu einem nicht ganz perfekten Gurtlauf führen. Sind die Abweichungen aber im Falle einer neuen Anlage relativ geringfügig, kann der Gurt lange genug laufen, ohne dabei Schaden zu nehmen, bis er dann richtig zentriert worden ist.

Der erste Gurtumlauf auf einer neuen Förderanlage sollte langsam und mit Unterbrechungen durchgeführt werden, damit jede Tendenz zum Schiefslauf des Gurtes schnell erkannt wird und der Gurt abgestellt werden kann, bevor ein Schaden auftritt. Die ersten Änderungen müssen an den Punkten durchgeführt werden, wo der Gurt der unmittelbaren Gefahr einer Schädigung ausgesetzt ist. Sobald der Gurt von diesen Gefahrenstellen befreit worden ist, kann der konventionelle Ablauf für das Zentrieren des Gurtes, wie vorstehend aufgezeigt, durchgeführt werden.

Nicht ausreichend sorgfältig durchgeführte Inbetriebnahme kann zu Problemen einschließlich ernster Schäden durch Verlaufen des Gurtes, Kantenschäden und Faltenbildung führen. Der Gurt kann umklappen und es können Materialverluste und Schäden an anderen Komponenten der Förderanlage entstehen. Bei der Inbetriebnahme der Förderanlage sollten Beobachter an jenen Standorten aufgestellt werden, wo eventuell Schwierigkeiten zu erwarten sind, oder wo der Gurt dem größten Risiko ausgesetzt ist - nämlich am Eintritt in die Abwurfschurre und in die Beschickungsschurre. Diese Wachposten sollten mit Funkgeräten oder Telefon ausgestattet sein oder sie sollten zumindest einen Reißleinen-Notausschalter in ihrer unmittelbaren Reichweite haben.

In schwerwiegenden Fällen muss man vielleicht die Förderanlage anhalten, die notwen-

Abbildung 16.18

Das Kippen der Tragrollen durch Einschieben von flachen Unterlegscheiben aus Metall unter die Rückseite der Rolle erhöht die Zentrierungswirkung.

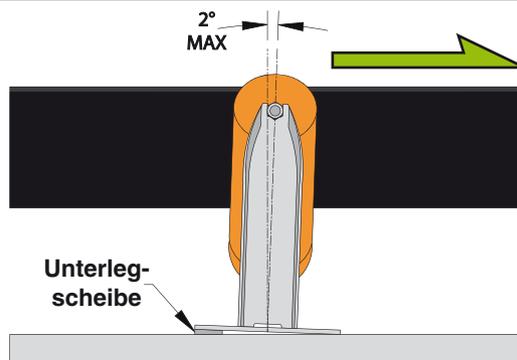


Abbildung 16.19

Eine nicht zu empfehlende Methode, wenn sich der Gurt auf die Kehrtrommel zubewegt: die zwei Rücklaufrollen direkt neben der Kehrtrommel leicht gegeneinander zu verdrehen.

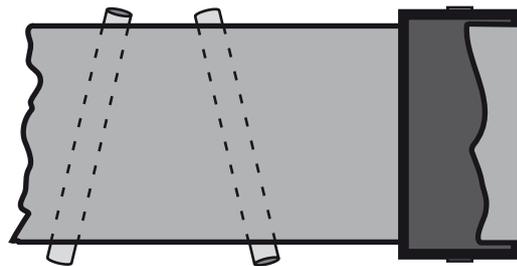
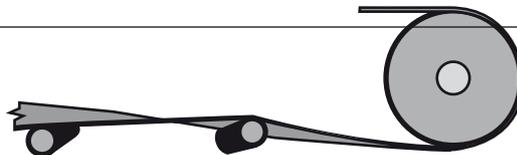


Abbildung 16.20

Es ist nicht empfehlenswert, die entgegengesetzten Enden der beiden Rücklaufrollen direkt neben der Kehrtrommel anzuheben.



digen Einstellungen vornehmen und den Gurt neu positionieren, bevor man einen neuen Startversuch unternimmt.

Zentrieren von Austauschgurten

Ein neuer Gurt - ob neuer Gurt auf einer neuen Förderanlage oder ein Austauschgurt auf einem schon bewährten System - läuft sich oft allmählich ein, wie ein neues Paar Schuhe. Es kommt relativ selten vor, dass man einen neuen Gurt auf eine vorhandene Förderanlage aufzieht, ihn zusammenspleißt, auf den Startknopf drückt und der Gurt läuft schön und sauber in der Mitte. Alle neuen Systeme müssen mehrere Stunden laufen, damit sich die Rollen einlaufen können und der Gurt sich strecken kann, bevor er letztlich zentriert wird.

Bei manchen neuen Gurten laufen ein oder auch mehrere Abschnitte immer auf eine Seite wegen einer dauerhaften Ausbuchtung oder einer vorübergehenden ungleichen Verteilung der Spannung bedingt durch die Lagerung, die Behandlung oder durch das Aufziehen des Gurtes. In vielen Fällen korrigiert sich die Sache von selbst, wenn der Gurt für eine gewisse Einlaufzeit unter Spannung läuft. Eine Gurtbelastung mit 60 % der Kapazität hilft dabei, dass sich der Gurt an die Förderanlage anpassen kann.

Auch der Aufbau der Förderanlage verhält sich gegenüber dem neuen Gurt nicht unbedingt neutral, besonders wenn ein neuer Gurt auf eine vorhandene Förderanlage aufgelegt wird. Sind beim alten Gurt im Laufe der Zeit zahlreiche Einstellungen zur Korrektur des Gurtschieflaufs durchgeführt worden, dann müssen diese Einstellungen eventuell rückgängig gemacht werden, damit der neue Gurt in der richtigen Spur laufen kann.

Zentrieren von Aufgabebändern

Aufgabebänder sind normalerweise kurze, langsam laufende Gurte unter hoher Spannung, bei denen auf der Tragseite Flachrollen oder Sortierbandrollen eingesetzt werden. Auf diesen Gurten ist eine rechtwinklige Gurtverbindung für das Zentrieren entscheidend und die Kopf- und Kehrtrommeln müssen perfekt ausgerichtet sein. Wegen der Konstruktion und den großen Lasten auf der Tragseite kann das Zentrieren nur auf dem Untertrum oder der durchhängenden Seite eines Aufgabebandes durchgeführt werden. Falls erforderlich, kann eine einzelne Gurtzentriervorrichtung in der Mitte des Untertrums angebracht werden, dort wo der Gurt etwas durchhängt, um die Funktion an dieser Stelle erfüllen zu können.

Zentrieren von Reversiergurten

Keine der Techniken, wie z. B. „Rollenklappen“ oder das Kippen der Rollen wirkt bei Reversiergurten. Jede Korrektur, die beim Zentrieren eines Reversiergurtes in eine Richtung durchgeführt wurde, hat bei Änderung der Laufrichtung des Gurtes in Bezug auf Gurtschieflauf die entgegengesetzte Wirkung. Deshalb gehören Reversiergurte zu den größten Herausforderungen beim Gurtzentrieren. Folglich müssen alle Rollen und Trommeln perfekt ausgerichtet und die Gurtverbindung muss rechtwinklig sein, damit das System so sauber läuft bzw. so neutral wirkt, wie möglich. Es sollten nur speziell für Reversiergurte entworfene Gurtzentriervorrichtungen installiert werden.

VORRICHTUNGEN FÜR DAS ZENTRIEREN DER GURTE

Die meisten Förderanlagen benötigen eine Korrektur der Zentrierführung zum Ausgleich von unerwartetem oder umweltbedingtem Gurtversatz. Es gibt jedoch auch Fälle, in denen das Zentrieren nicht zu einer langfristigen Lösung eines Gurtschieflaufs geführt hat. Deshalb steht der Betrieb vor der Aufgabe, den Zentriervorgang häufig wiederholen zu müssen (manchmal täglich), oder irgendeine Art mechanisches Zentriersystem einzubauen, um die Notwendigkeit der Wiederholung zu reduzieren. Ingenieurmäßig konstruierte Zentriervorrichtungen sind Geräte, die die Gurtposition wahrnehmen und den Gurtverlauf durch einen Mechanismus oder durch Veränderung der Geometrie aktiv korrigieren.

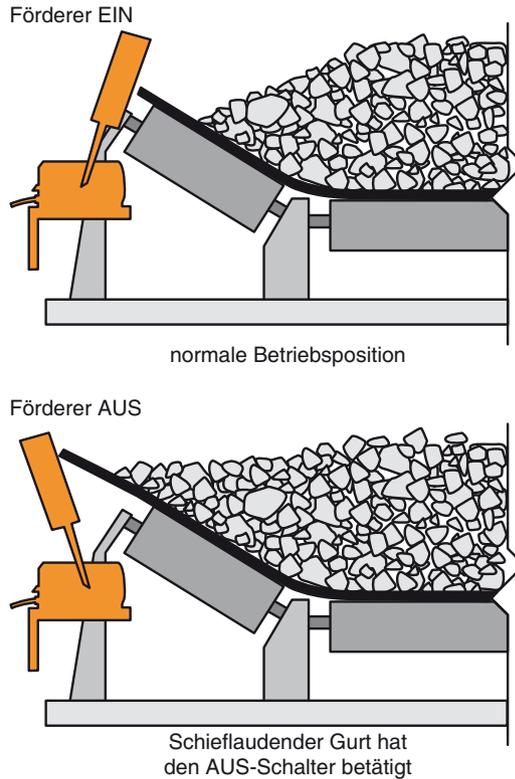
Gurtversatzabschaltung

Obwohl es sich hier nicht um ein korrigierend wirkendes Gerät handelt, bietet eine Gurtversatzabschaltung doch eine gewisse Kontrolle über die Gurtführung. Bei diesen Schaltern handelt es sich um elektromechanische Sensoren, die ein Signal abgeben, wenn sie von dem schief laufenden Gurt aktiviert werden. Diese Schalter werden entlang der Förderanlage auf beiden Seiten des Gurtes in Abständen angebracht, nahe an der äußeren Grenze eines sicheren Gurtlaufes. Wenn sich der Gurt zu weit in irgendeine Richtung bewegt, drückt er den Hebelarm zur Seite, wodurch ein Schalter aktiviert oder ein Signal ausgelöst wird (**Abbildung 16.21**). Dies führt zu einer Unterbrechung der Stromversorgung der Förderanlage und somit bleibt der Gurt stehen. Der Bediener hat dann Gelegenheit zur Durchführung der Korrekturen. In vielen Fällen muss jemand zu dem Schalter hingehen und ihn manuell

zurückzustellen, ehe die Anlage wieder ihren Dienst aufnehmen kann. Manche Geräte können mehrere Signalarten abgeben: Zuerst zeigt ein Alarm an, dass ein gewisses Maß an Gurtversatz vorhanden ist und das zweite Signal unterbricht dann die Stromversorgung aufgrund eines ernsteren Zentrierproblems.

Abbildung 16.21

Wenn sich der Gurt zu weit in irgendeine Richtung bewegt, aktiviert die Versatzabschaltung einen Schalter oder löst ein Signal aus, wodurch die Stromversorgung der Förderanlage unterbrochen wird und der Gurt anhält.



Natürlich ist das Auslösen eines Gurtversatzschalters ein Signal dafür, dass mit der Förderanlage etwas nicht in Ordnung ist. Es hat dieselbe Funktion wie eine Warnleuchte auf dem Armaturenbrett eines Autos, die rot aufleuchtet, wenn der Motor zu heiß ist. Man kann dieses Lichtsignal ignorieren, den Schalter zurückstellen und den Betrieb der Förderanlage wieder aufnehmen. Aber sowohl die Warnleuchte am Auto als auch der Gurtversatzschalter an der Förderanlage dienen als Warnung, dass ernstere, teurere, möglicherweise katastrophale Probleme auftreten können. Ausfallzeiten bei Förderanlagen sind ein Ärgernis und können sehr kostspielig sein. Jeder Störfall verursacht Ausfallzeiten und Produktionsverluste. Gurtversatzschalter lösen die Probleme falsch ausgerichteter Gurte nicht, sondern zeigen nur an, dass ein schwerwiegendes Problem vorliegt.

Passive Lösungen für die Gurtzentrierung

Vertikale Kantenführungen

Wenn man ein hin und her schlängelnder Gurt sieht, ist der erste Gedanke vielleicht, dass man eine Art Barriere einbauen müsste, um den Gurt gerade oder zumindest weg von Hindernissen zu halten (**Abbildung 16.22**). Eine Möglichkeit bei geringfügigen Gurtzentrierproblemen wäre der Einsatz einer vertikalen Kantenführung (**Abbildung 16.23**). Dies sind Geräte, bei denen eine Spule oder Rolle auf einem einfachen Rahmen nahe an der Gurtkante angebracht wird. Vertikale Kantenführungen werden ungefähr rechtwinklig zum Gurtverlauf angebracht, um die Gurtkante von der Stahlkonstruktion der Förderanlage weg zu halten. Diese Seitenführungen spüren den Gurt nicht ein. Anstatt Gurtversatz zu verhindern, ist ihre Aufgabe die Schadensminderung, weil der Gurt gegen eine rollende Oberfläche statt gegen unnachgiebigen Stahl anlaufen kann. Vertikale Kantenführungen wirken am besten auf kurzen Gurten mit geringer Spannung, bei denen der Gurt einfach gewaltsam durch eine auf die Gurtkante wirkende Kraft in die Position gezwungen werden kann. Bei vertikalen Kantenführungen können schwerwiegende Schäden am Gurt oder an der Stahlkonstruktion auftreten, wenn der Gurt über die Führung hinwegspringt und in die Stahlkonstruktion hineinläuft oder wenn die Führung bewirkt, dass der Gurt sich überschlägt. Vertikale Kantenführungen sollten nicht zum Ausgleich von anhaltenden Versatzproblemen eingesetzt werden. Sie sind bei sehr dünnen Gurten nicht sonderlich wirksam.

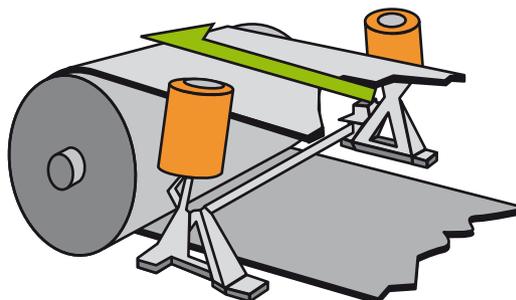
Abbildung 16.22

Der erste Gedanke ist vielleicht, dass man eine Art Barriere einbauen müsste, um den Gurt von Hindernissen weg zu halten.



Abbildung 16.23

Vertikale Kantenführungen sind Geräte, bei denen eine Spule oder Rolle auf einem einfachen Rahmen nahe an der Gurtkante angebracht wird, um den Gurt von der Stahlkonstruktion der Förderanlage fern zu halten.



V-förmige Rollenstation

Eine andere Möglichkeit zur Behebung von Gurtversatz ist der Einbau von V-förmigen Rollenstationen auf der Rücklaufseite des Gurtes. Immer beliebter ist deren Einsatz auf längeren Förderanlagen, die unter hoher Spannung betrieben werden. Sie sind in zwei Versionen erhältlich: als traditionelle V-förmige Rollenstationen (**Abbildung 16.24**) und als umgekehrte V-förmige Rollenstationen (**Abbildung 16.25**). Beide Systeme formen den Gurt zu einer Mulde und führen ihn zur Mitte hin. Ihre Wirkung beruht auf einer Zentrierkraft zur Korrektur des Gurtlaufes, wodurch der Gurt einer zusätzlichen Spannung ausgesetzt ist, die Schäden verursachen kann. Diese Systeme sind teurer und haben einen etwas erhöhten Wartungsbedarf als eine konventionelle Rücklaufrolle.

„Ballige“ Trommeln

Eine Zentrierwirkung wird auch durch Trommeln erreicht, deren Durchmesser in der Mitte größer ist als an den Kanten (**Abbildung 16.26**). Diese „balligen“ Trommeln funktionieren ebenso nach dem Grundprinzip der Gurtzentrierung. Da der erhabene Teil der Trommel (die ballige Stelle) den Gurt zuerst berührt, lenkt er den Gurt in die Mitte. Die äußeren Gurtteile verursachen dann auf beiden Seiten eine Kraftwirkung, die er in Richtung auf die Mitte zutreibt. Wenn der Gurt dann mittig läuft, heben sich diese Kräfte gegeneinander auf. Wenn der Gurt aus der Spur läuft und sich in Richtung auf eine Seite der Trommel zubewegt, wird der Reibungswiderstand auf dieser Seite größer und schiebt den Gurt wieder zurück in Richtung auf die Mitte hin.

Ballige Trommeln wirken am besten auf Förderanlagen mit kurzen Gurten, die mit geringer Spannung betrieben werden. Bei Gurten mit höherer Spannung oder bei Gurten mit Stahlseilen ist von den balligen Trommeln nur eine geringe Lenkwirkung zu erwarten. Dies ist so, weil die hervorgerufene Zentrierwirkung größenordnungsmäßig kleiner ist als die Kräfte des Gurtschieflaufs und der größte Anteil der Kontaktwirkung zwischen dem Gurt und der Trommel sich aufgrund des Übergangs des Gurtes (in die gemuldete Form) auf den Außenkanten der Trommel befindet. Ballige Trommeln sind am wirksamsten, wo ein längeres Gurtstück - viermal die Breite des Gurtes oder länger - ohne Abstützung auf die Trommel zuläuft. Da derartige Abstände auf der Trageite der Förderanlage nicht oft möglich sind, ist die Verwendung von balligen Kopftrummeln relativ unwirksam und lohnt sich in Bezug auf die

zusätzlich im Gurt hervorgerufene Spannung nicht. Sie sind etwas wirksamer, wenn sie als Kehrtrommel verwendet werden (*Siehe Kapitel 6: „Vor der Beladezone“*). Ein anderes Problem mit balligen Trommeln ist, dass sie die Gurtreinigung beeinträchtigen können, weil das Abstreifblatt nicht die gesamte Gurtoberfläche richtig abdecken kann.

Dynamische Lösungen für die Gurtzentrierung

Bei den dynamischen Systemen für die Gurtzentrierung gibt es eine ganze Reihe von Lösungen: Systeme, bei denen sich ein Bauteil zur Korrektur des Gurtlaufes in Bewegung setzt, wenn das System aktiviert wird. Diese Gurtzentriersysteme sind „selbstausschließend“. Dies bedeutet, dass die Kraft des schief laufenden Gurtes die Selbstausrichtung einer Rolle auslöst, wodurch der Gurt zurück in die Mitte geleitet wird.

Wie bei der Einstellung der feststehenden Rollen, nähert sich auch hier die korrigieren-

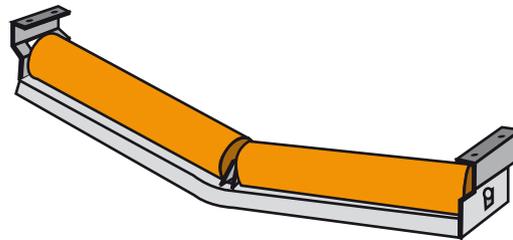


Abbildung 16.24
Traditionelle V-förmige Rollenstationen bilden eine Mulde, um den Gurt in der Mitte zu halten.



Abbildung 16.25
Obwohl sie zur Gurtzentrierung beim Rücklauf eingebaut wurden, bergen umgekehrte V-förmige Rollenstationen die Gefahr einer Schädigung des Gurtes in sich.

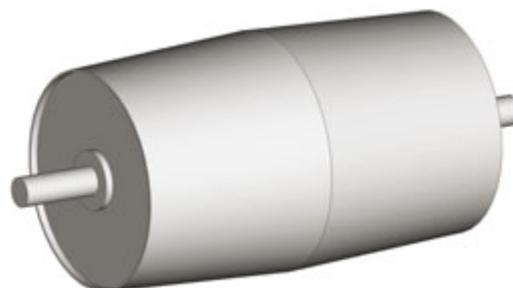


Abbildung 16.26
„Ballige“ Trommeln, mit größerem Durchmesser in der Mitte als an den Kanten, werden manchmal zur Erzeugung einer zentrierenden Wirkung herangezogen.

de Wirkung einer schräg stehenden Rolle mit zunehmender Schrägstellung einer Grenze, die alle Gurtzentrierhilfen letztendlich erreichen. Es ist effektiver, wenn der Gurtschieflauf durch kurze Einzelkorrekturen mit geringen Winkeln durchgeführt wird, als dass man die gesamte Korrektur in einem einzigen Vorgang bei großem Winkel erledigt.

Viele Gurtzentriersysteme tragen den Samen für ihre eigene Zerstörung in sich. Um auf den Gurtverlauf korrigierend wirken zu können, müssen diese Komponenten Bewegungen ausführen. Sie sind deshalb besonders empfindlich gegenüber Ansammlungen von Materialverschüttungen. Anhäufungen von Materialverschüttungen können ihren Bewegungsbereich blockieren oder die Funktionsfähigkeit des

Lagers am Drehpunkt beeinträchtigen (**Abbildung 16.27**). Dadurch kann die Lenkrolle in einer Position blockiert werden, in der sie als „Versatz“-Rolle wirkt. Nun drückt sie den Gurt aus der richtigen Spur heraus und verursacht bzw. verschärft das Problem, das sie eigentlich beseitigen sollte. Um das jetzt falsch ausgerichtete System zu korrigieren, wird die Wartungsmannschaft die Lenkrolle vielleicht in der (ungefähr) richtigen Position festbinden (**Abbildung 16.28**) müssen. Falls eine Gurtzentrierhilfe nicht richtig funktionieren kann, ist es besser, sie zu entfernen anstatt sie einfach abzubinden.

All diese Systeme besitzen einen Nachteil, dass sie erst im Nachhinein wirksam werden. Sie korrigieren den Gurtschieflauf, nachdem er bereits aufgetreten ist. Der Gurt muss erst um einen bestimmten Betrag ausscheren, bevor die erforderliche Korrektur stattfindet. Diese Systeme werden verwendet, um zu verhindern, dass ein Problem so gravierend wird und der Gurt dadurch kostspieligen Schaden erleidet, bevor der Schieflauf entdeckt und korrigiert werden kann.

Gurtzentriervorrichtung mit In-line Anlaufrollen

Die Gurtzentriervorrichtung mit In-line - Anlaufrollen ist die einfachste Bauart eines Gurtzentriergerätes. Es besteht aus einer Tragrolle in einem auf einem zentralen Drehlager montierten Rahmen (**Abbildung 16.29**). Auf beiden Seiten des Gurtes sind senkrechte Anlaufrollen fluchtend mit der Tragrolle angebracht, die als Sensoren für den Gurtverlauf dienen, wobei deren Mittelachse durch den Drehpunkt der Rolle verläuft. Bewegt sich der Gurt gegen eine dieser Anlaufrollen, dann bewegt sich diese Rolle in die Richtung des Gurtversatzes. Dadurch schwenkt die gesamte Tragrollenstation herum. Unter Einhaltung der Grundregel der Gurtzentrierung, dass sich der Gurt immer in Richtung der Seite bewegt, wo der erste Kontakt stattfindet, steuert die geschwenkte Rolle der ausgescherte Gurt wieder zurück in die richtige Spur.

Doch diese in-line - Anlaufrollen werden nicht von sich aus wirksam. Sie benötigen eine beträchtliche Schubwirkung von der Kante des sich bewegenden Gurtes, um eine Korrektur auszulösen. Bei dieser Anordnung schlingert der Gurt von einer Seite zur anderen Seite. Die korrigierende Wirkung wird dadurch ausgelöst, dass der Gurt mit Schwung in die eine Seite oder in die andere Seite hineinläuft. Wenn die Korrektur stattfindet, kann die Rolle mit solcher Wucht auslösen, dass der Gurt dann ganz

Abbildung 16.27

Anhäufungen von Materialverschüttungen können den Bewegungsbereich einer Lenkrolle blockieren oder die Funktion des Lagers am Drehpunkt beeinträchtigen.



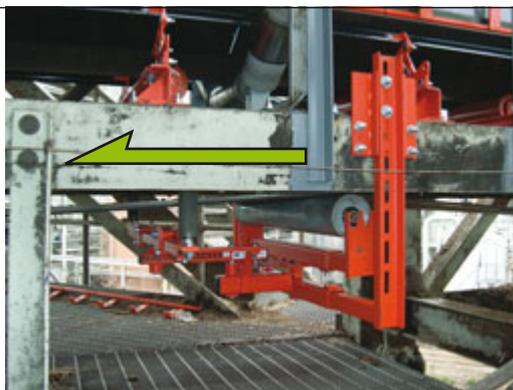
Abbildung 16.28

Um ein falsch ausgerichtetes System zu korrigieren, wird eine Lenkrolle manchmal „abgebunden“ - in einer Stellung fixiert, von der man glaubt, dass es schon die richtige sein wird. Aber wenn sich die Bedingungen ändern, wird diese Position wahrscheinlich die falsche sein.



Abbildung 16.29

Die Gurtzentriervorrichtung mit In-line Anlaufrollen verfügt über eine auf einem zentralen Drehpunkt gelagerte Tragrolle und auf beiden Gurtseiten angeordnete senkrechte, mit der Tragrolle fluchtende Anlaufrollen.



auf die andere Seite hinübergeleitet wird und dort wiederum an die Rolle auf der anderen Seite des Rollengestells stößt, die den Gurtlauf zurück in die andere Richtung dirigiert. Da die Tragrollenstation auf einem einzigen, zentralen Drehpunkt gelagert ist, führt die Bewegung des Gurtes auf eine Seite dazu, dass die Führungsrolle auf der anderen Seite mit hohen Druckkräften auf den Gurt wirkt, was zu einer Beschädigung der Kanten führen kann. Der Gurt kann somit über längere Zeit in einer hin- und herschlingenden Bewegung gehalten werden, wobei die Gefahr der Beschädigung der Kanten und einer Überbeanspruchung des Drehpunktes besteht.

Vorlauf-Gurtzentriervorrichtung mit Anlaufrollen

Die gängigste Gurtzentriervorrichtung besteht aus einer Tragrolle oder einem Muldungsrollensatz in einem Rahmen, der auf einem zentralen Drehpunkt gelagert ist (**Abbildung 16.30**). In einem Abstand von 25 bis 75 mm zum Gurt sind auf beiden Seiten des Gurtes Anlaufrollen auf kurzen Armen montiert. Die Rollen sind vor der Lenkrolle platziert, daher die Bezeichnung Vorlauf-Gurtzentriervorrichtung mit Anlaufrollen (**Abbildung 16.31**). Bei manchen Ausführungen ist die Mittelachse des Drehpunktes leicht in Transportrichtung des Gurtes gekippt, um die Empfindlichkeit der Gurtzentriervorrichtung zu verbessern. Vorlauf-Gurtzentriervorrichtungen mit Anlaufrollen gibt es sowohl für die Oberseite (oder Tragseite) des Gurtes, als auch für die Unterseite (oder Rücklaufseite).

Bewegt sich der Gurt gegen eine der beiden Führungsrollen, schwenkt die Lenkrolle herum und führt den Gurt wieder zurück zur Mitte. Auch hier steuert die geschwenkte Rolle der ausgescherte Gurt auf die richtige Spur zurück, da sich der Gurt immer auf jene Seite zubewegt, mit der er zuerst in Kontakt kommt.

Die Anlaufrollen, die auf kurzen Armen vor der Lenkrolle montiert sind, verfügen über etwas mehr Hebelkraft als die In-line - Anlaufrollen. Es ist aber immer noch eine beträchtliche Schubwirkung von der Kante des Gurtes erforderlich, um eine Korrektur auszulösen. Folglich krankt diese Art Gurtzentriervorrichtung an denselben Verzögerungen wie die In-line Anlaufrollen, den hohen Druckkräften auf die Gurtkante und an Problemen mit Materialverschüttungen.

Die Vorlauf-Gurtzentriervorrichtung mit Anlaufrollen ist das beliebteste und allgemein gebräuchlichste Gurtzentriersystem. Sie ist ein

Originalbauteil bei fast allen neuen Förderanlagen. Sie wird sowohl auf der Tragseite als auch auf der Rücklaufseite in Abständen von etwa 30 m montiert.

Bei diesen Gurtzentriervorrichtungen sind jedoch in der Praxis oft zwei zu bemängelnde Zustände zu beobachten. Der erste Zustand ist das „Festfressen“ des zentralen Drehpunktes durch Materialansammlungen oder durch Kor-

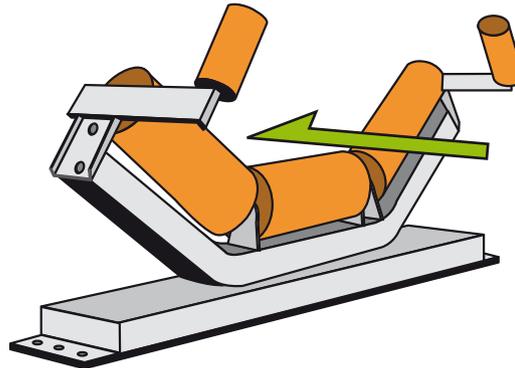


Abbildung 16.30

Die gängigste Gurtzentriervorrichtung, die Vorlauf-Gurtzentriervorrichtung mit Anlaufrollen, verfügt über eine auf einem Drehpunkt gelagerte zentrale Rolle. Auf kurzen Armen montierte Anlaufrollen werden auf beiden Seiten vor der Lenkrolle angebracht.

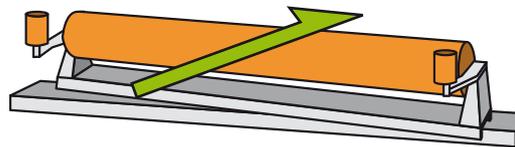


Abbildung 16.31

Auf einer Vorlauf-Gurtzentriervorrichtung mit Anlaufrollen werden die Anlaufrollen auf kurzen Armen vor der schwenkbaren Rolle angebracht.



Abbildung 16.32

Vorlauf-Gurtzentriervorrichtungen mit Anlaufrollen sind Materialanhäufungen ausgesetzt, die zum „Festfressen“ der Gurtzentriervorrichtung führen können.



Abbildung 16.33

Um unregelmäßige Bewegungen zu kontrollieren, werden Gurtzentriervorrichtungen oft „abgebunden“ oder mit einem Seil oder einem Draht fixiert.

rosion (**Abbildung 16.32**). Dieses Problem kann durch eine bessere Wartung oder einen qualitativ höherwertigen Drehpunkt gelöst werden. Der zweite Zustand ist das „Abbinden“ - fixieren mit einem Seil oder Draht - so dass die Gurtzentriervorrichtung etwa einer durch „Hämmern“ eingestellten Rolle entspricht (**Abbildung 16.33**). Der Grund, warum diese „abgebunden“ werden, liegt in ihrer Konstruktion begründet. Die Anlaufrollen schwenken in einem Bogen um den zentralen Drehpunkt. Deshalb müssen die Anlaufrollen weit genug voneinander entfernt angebracht werden, damit sie den Gurt nicht quetschen, wenn die Rollen Extremstellungen erreichen. Wenn der Drehpunkt durch Materialanhäufung, Mangel an Wartung oder Korrosion fest sitzt, reagiert die Rolle nicht, bis der Gurt einen Schiefelauf erreicht hat, der der Breite dieses Abstandes entspricht. Folglich übersteuert die Rolle und wird deshalb zu einem instabilen Steuerungssystem. Die Rollen reagieren oft zu heftig, führen zu unvorhersehbaren Resultaten und deshalb werden sie oft „abgebunden“.

Gurtzentriervorrichtungen mit Torsionsfeder

Die Gurtzentriervorrichtung mit Torsionsfeder ist eine verbesserte Version der Vorlauf-Gurtzentriervorrichtung mit Anlaufrollen (**Abbildung 16.34**). Bei diesem System wird eine Anlaufrolle entfernt und eine Feder in den Drehpunkt eingebaut (**Abbildung 16.35**). Diese Feder hält die eine verbleibende Anlaufrolle immer in Kontakt mit der Gurtkante. Wenn der Gurt in irgendeine Richtung schief läuft, die Rolle kompensiert das, indem sie herumschwenkt und den Gurt lenkt.

Bei diesen federbelasteten Gurtzentriervorrichtungen mit Vorlauf-Anlaufrolle sind die Anlaufrollen auf langen Armen vor der Lenkrolle installiert. Dadurch stehen eine größere Hebelkraft und eine größere mechanische Wirkung bei der Umwandlung des Gurtversatzes in ein Drehmoment für den Lenkvorgang zur Verfügung. Bei der Reaktion dieser Gurtzentriervorrichtung gibt es keine zeitliche Verzögerung aufgrund der Tatsache, dass die Anlaufrolle in dauerndem Kontakt mit dem Gurt steht. Es gibt auch kein Quetschen des Gurtes, weil es eben nur eine einzige Anlaufrolle gibt. Wegen der andauernd ablaufenden Feinabstimmung der Rolle kann sich Materialverschüttungen schwieriger bis zu einem Niveau ansammeln, dass die Schwenkbewegung der Führungseinrichtung dadurch eingeschränkt wäre.

Ein Nachteil dieser Gurtzentriervorrichtung ist die Tatsache, dass sie nicht mit einem gemuldeten Rollensatz funktioniert. Und weil die einzelne Rolle in ständigem Kontakt mit dem Gurt steht, muss diese Rolle außerdem häufiger ersetzt werden als jene auf Vorlauf-Gurtzentriervorrichtungen mit Anlaufrollen.

Gurtzentriervorrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten

Es gibt noch ein Gurtsteuerungssystem, bei dem die Kraft des ausgescherten Gurtes zur Positionierung einer Lenkrolle verwendet wird, um damit den Gurtauflauf zu korrigieren. Bei diesem Gerät kommt ein Mehrfachdrehpunkt mit Drehkraftvervielfältigung zum Einsatz, was bei der Korrektur des Gurtverlaufes einen mechanischen Vorteil bietet (**Abbildung 16.36**).

Bei dieser Art von Gurtzentriervorrichtung wird die Bewegung des schief laufenden Gurtes durch eine einzigartige Parallelverbindung auf die Lenkrolle übertragen (**Abbildung 16.37**). Dadurch wird weniger Kraft zur Auslösung der Korrektur und zur Umlenkung bei der Steuerung des Gurtes benötigt. Das Zentrieren des

Abbildung 16.34

Bei der Gurtzentriervorrichtung mit Torsionsfeder kommt nur eine Anlaufrolle zum Einsatz, die andauernd mit dem Gurt in Kontakt steht.



Abbildung 16.35

Bei der Gurtzentriervorrichtung mit Torsionsfeder wird eine Feder in den Drehpunkt eingebaut.

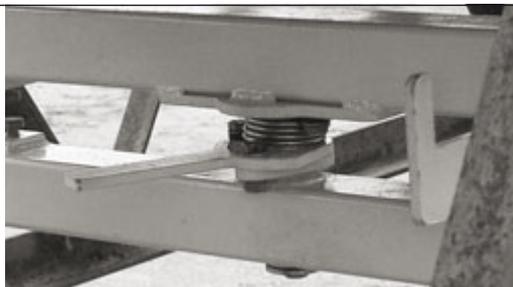


Abbildung 16.36

Bei Gurtzentriervorrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten kommt eine Drehkraftvervielfältigung zum Einsatz, die bei der Verbesserung der Korrektur des Gurtauflaufes einen mechanischen Vorteil bietet.



Gurtes wird damit zu einer fortlaufenden, aktiven und genauen Feinabstimmung des Gurtverlaufes. Diese Bauart gibt es für die gemuldete Seite (Tragseite) oder für die Rücklaufseite der Förderanlage (**Abbildung 16.38**).

Bei dieser Gurtzentriervorrichtung mit Mehrfachdrehpunkten kommen Anlaufrollen zum Einsatz, die sehr nahe - 6 mm entfernt - am Gurt positioniert sind (**Abbildung 16.39**). Mit den an der jeweiligen Kante des Gurtes anliegenden Rollen kann das Gerät kleinere Bewegungen des Gurtes wahrnehmen und bereits nach sehr leichtem Schiefelauf Korrekturen durchführen. Anstatt auf eine mächtige Kraft aus dem Gurtschiefelauf zu warten, stellt die Gurtzentriervorrichtung mit Mehrfachdrehpunkten das System laufend nach, reagiert auf kleinere Kräfte und bietet eine fortlaufende, genaue Korrektur der Lenkrolle.

Für die Anlaufrollen der Gurtzentriervorrichtung mit Mehrfachdrehpunkten werden längere Arme eingesetzt, um den Abstand von den Führungsrollen zur Lenkrolle zu vergrößern. Dadurch wirkt der Hebelarm der Einheit als ein Kraftverstärker und erhöht den mechanischen Vorteil bei den Lenkvorgängen. Deshalb kann dieses Gurtzentriersystem den Gurtverlauf mit der Hälfte der Kraft korrigieren, die man bei konventionellen Gurtzentriersystemen benötigen würde.

Im Gegensatz zu den anderen Gurtzentriervorrichtungen ist das Gerät mit Mehrfachdrehpunkten so eingebaut, dass der Gurt die Lenkrolle überquert, bevor er die Anlaufrollen erreicht (**Abbildung 16.40**). Dies bedeutet, dass die Anlaufrollen den „korrigierten“ Gurtverlauf statt den Schiefelauf nachstellen. Damit haben wir eine Rolle, die den Gurt stetig daran hindert, sich allzu weit von der richtigen Spur zu entfernen. Durch die Ausführung mit Mehrfachdrehpunkten können sich die Anlaufrollen rechtwinklig zur Mittelachse der Stahlkonstruktion des Förderbandes bewegen, während sie die Lenkrolle in den richtigen Winkel dirigieren, statt die Gurtkante zu verschieben und zu quetschen.

Variationen der Gurtzentriervorrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten

Einige Hersteller haben die Gurtzentriervorrichtung mit Mehrfachdrehpunkten leicht modifiziert (**Abbildung 16.41**). Hier wird dieselbe Geometrie zur Kraftverstärkung verwendet, aber die Rolle ist seitlich verschiebbar und drehbar. Mit dem verschiebbaren Rollensystem muss die Anlaufrolle sowohl den

Widerstand zur Drehbewegung als auch den Reibungswiderstand beim Bewegen einer Rolle unter einem Gurt überwinden. Dies reduziert erheblich die gesamte Lenkungs-kraft dieses Gurtzentriersystems.

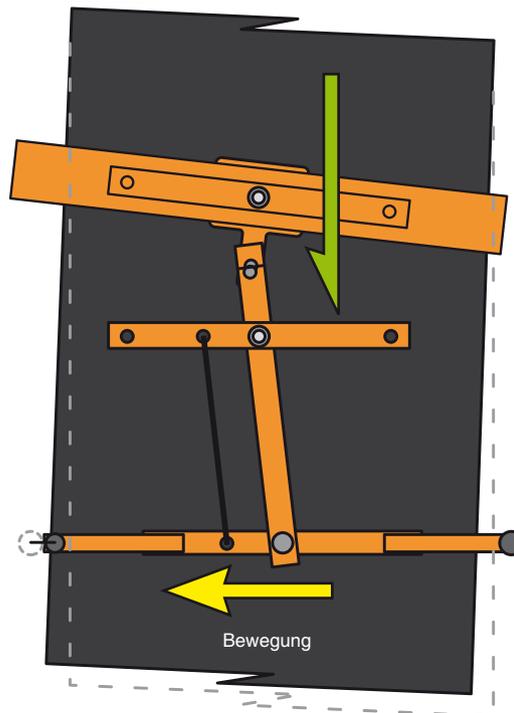


Abbildung 16.37

Weil es die Bewegung des schief laufenden Gurtes durch eine einzigartige Parallelverbindung auf die Lenkrolle überträgt, wird bei der Gurtzentriervorrichtung mit Mehrfachdrehpunkten weniger Kraft zur Auslösung der Korrektur und zur Umlenkung bei der Steuerung des Gurtes benötigt.



Abbildung 16.38

Die Gurtzentriervorrichtung mit Mehrfachdrehpunkten gibt es für die gemuldete Seite (Tragseite) oder für die Rücklaufseite der Förderanlage.



Abbildung 16.39

Mit den an der Kante des Gurtes anliegenden Rollen kann die Gurtzentriervorrichtung mit Mehrfachdrehpunkten kleinere Bewegungen des Gurtes wahrnehmen und bei sehr leichtem Schiefelauf Korrekturen durchführen.

Frei drehbare Gurtzentriervorrichtungen

Die Hersteller haben Gurtzentriersätze entwickelt, bei denen die Lenkrolle auch als Anlaufrolle fungiert. Bei dieser Variante sind die Rollen mittig gelagert, so dass die Enden der Rolle sowohl um die Achse der Rolle

herum schwenken als auch rotieren können. Der Bolzen der Drehachse ist normalerweise in Transportrichtung des Gurtes gekippt, um die Empfindlichkeit derartiger Lenkrollen zu verbessern. Zur Verbesserung des Leistungsverhaltens dieser Spurführungslösung setzen manche Hersteller eine sich an beiden Enden verjüngende Rolle mit Gummiummantelung ein (**Abbildung 16.42** und **16.43**).

Abbildung 16.40

Bei den Gurtzentriervorrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten passiert der Gurt die Lenkrolle, bevor er die Anlaufrolle erreicht. Dies bedeutet, dass die Anlaufrollen den „korrigierten“ Gurtverlauf statt den Schiefelauf nachstellen.

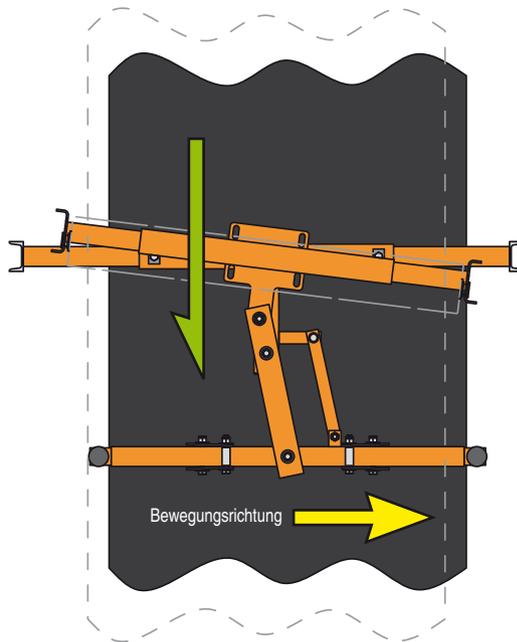


Abbildung 16.41

Einige Gurtzentriervorrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten sind mit Rollen ausgestattet, die sowohl seitlich verschiebbar als auch drehbar sind.

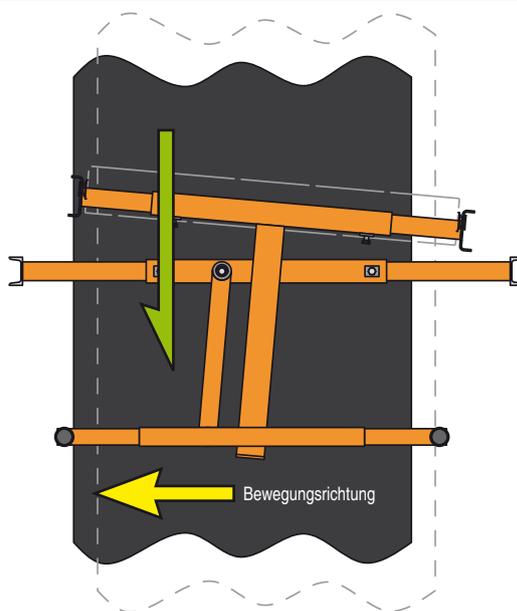


Abbildung 16.42

Einige Hersteller setzen eine sich an beiden Enden verjüngende Rolle mit Gummiummantelung ein.



Wenn der Gurt auf eine Seite der Rolle zuläuft, entsteht auf dieser Seite ein größerer Reibungswiderstand. Als Reaktion darauf schwenkt die Rolle der Gurtzentriervorrichtung in die Richtung, in die sie die größere Kraft drückt. Und entsprechend dem Grundprinzip der Gurtzentrierung lenkt die schwenkende Rolle den Gurt zurück auf die Mitte zu. Wenn sich der Gurt bewegt, gleichen sich die Kräfte auf jeder Seite der Rolle aus und die Rolle bewegt sich zurück in eine Position im rechten Winkel zum Gurtverlauf.

Während diese Lösung sehr wirksam ist und nur aus wenigen beweglichen Teilen besteht, enthält sie dennoch eine komplexe Lagerung, die für Feinstäube anfällig ist. Da die Kräfte sehr klein sind, die das Umschwenken der Einheit auslösen, muss sie sehr leicht schwenken können. Durch diese leichte Schwenkbarkeit kann die Einheit von vielen verschiedenen Umweltbedingungen beeinflusst werden, was dazu führt, dass sie auch umschwenkt, wenn der Gurt nicht ausschert.

Gurtzentriervorrichtungen für Reversierbänder

In zwei Richtungen laufende Förderanlagen waren schon immer die „letzte große Herausforderung“ bei der Gurtzentrierung. Bei Reversierbändern scheuen sich selbst die erfahrenen Mitarbeiter des Anlagenbetreibers, die Rollen einzustellen und die normalerweise beim Zentrieren schief laufender Gurte eingesetzten „Tricks“ anzuwenden. Konventionelle Gurtzentriervorrichtungen können alle aus demselben Grund nicht benutzt werden: Was für die mittige Ausrichtung des Gurtverlaufes funktioniert, wenn der Gurt in die eine Richtung läuft, kann die entgegengesetzte Wirkung haben, wenn die Laufrichtung des Gurtes geändert wird. Eine schwenkbare Rolle, die den Gurt richtig steuert, wenn die Förderanlage in die eine Richtung läuft, führt zu Gurtschiefelauf, wenn er sich in die Gegenrichtung bewegt.

Einige Hersteller haben Gurtzentriervorrichtungen für Reversierbänder entwickelt. Die Gurtzentriervorrichtungen mit In-line - Anlaufrollen steuern diese Gurte richtig, weil die

Anlaufrollen nicht richtungsabhängig sind. Für den Einsatz auf Reversierbändern kann die Gurtzentriervorrichtung mit Torsionsfeder modifiziert werden. Durch die Anbringung eines zweiten Armes mit Anlaufrolle in der Gegenrichtung kann die Gurtzentriervorrichtung mit Torsionsfeder in Abhängigkeit der Richtung der Gurtbewegung die Anlaufrollen-Arme wechseln (**Abbildung 16.44**).

Diese Gurtzentriervorrichtungen für Reversierbänder haben dieselben Vor- und Nachteile wie bei deren Verwendung auf Förderbändern, die nur in eine Richtung laufen.

DER EINBAU VON GURTZENTRIERVORRICHTUNGEN

Gurtzentriervorrichtungen können überall dort eingebaut werden, wo der Gurtverlauf eine Korrektur benötigt. Sie sollten in einem Abstand von etwa der drei- bis vierfachen Gurtbreite vor dem Punkt des Gurtschieflaufs eingebaut werden. Vor dem Einbau einer Gurtzentriervorrichtung muss die Förderanlage abgesperrt / gekennzeichnet / blockiert / auf Funktionsunfähigkeit geprüft werden.

Typischerweise werden Gurtzentriervorrichtungen an folgenden Stellen installiert (**Abbildung 16.45**):

- Unmittelbar bevor der Gurt auf die Umkehrtrommel läuft, um sicherzustellen, dass er auf der Trommel und beim Eintritt in die Ladezone mittig läuft
- Kurz nach der Ladezone, um sicherzustellen, dass der beladene Gurt mittig läuft

- Unmittelbar vor der Abwurftrömmel, um sicherzustellen, dass der Gurt vor dem Eintritt in die Einhausung und beim Abwurf der Ladung mittig läuft

Um Gurtauflaufprobleme auszumerzen, können dynamische Gurtzentriervorrichtungen entlang der gesamten Länge der Förderanlage installiert werden. Möglicherweise müssen Gurtzentrier-



Abbildung 16.43

Eine gummiummantelte Rolle verbessert die Leistung dieser Gurtzentriervorrichtung.

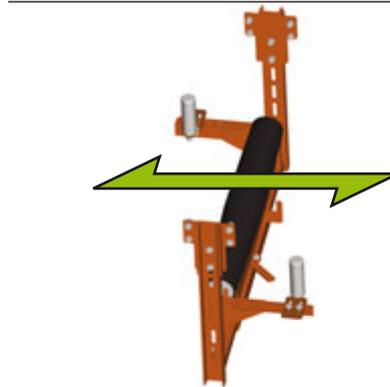


Abbildung 16.44

Durch die Anbringung eines zweiten Armes mit Anlaufrolle in der Gegenrichtung kann die Gurtzentriervorrichtung mit Torsionsfeder bei Reversiergurten verwendet werden.

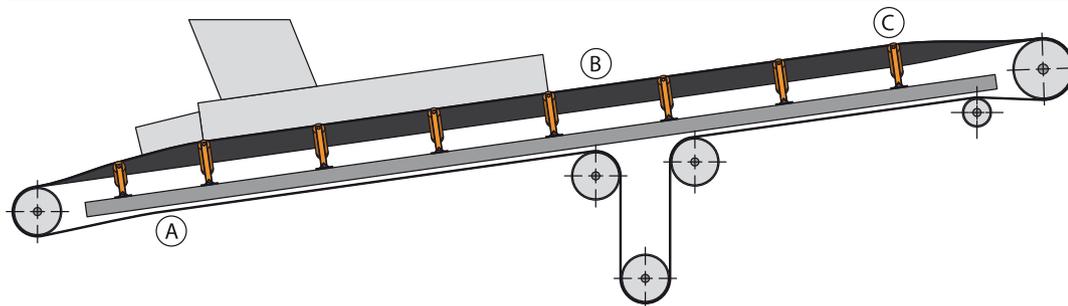


Abbildung 16.45

Die typischen Stellen, wo Gurtzentriervorrichtungen installiert werden, sind:
A. Unmittelbar vor der Umkehrtrommel
B. Kurz nach der Ladezone
C. Unmittelbar vor der Abwurftrömmel

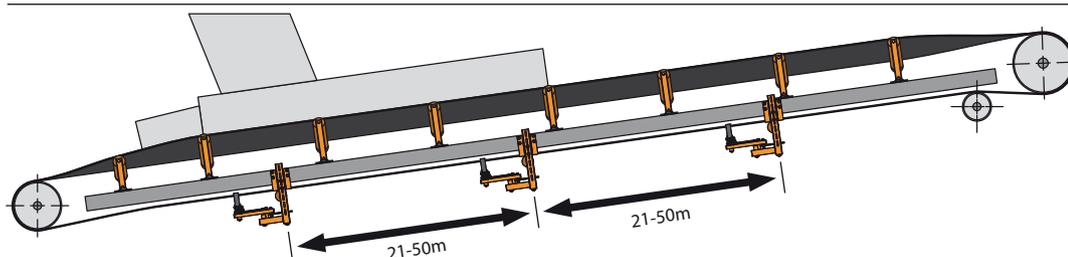
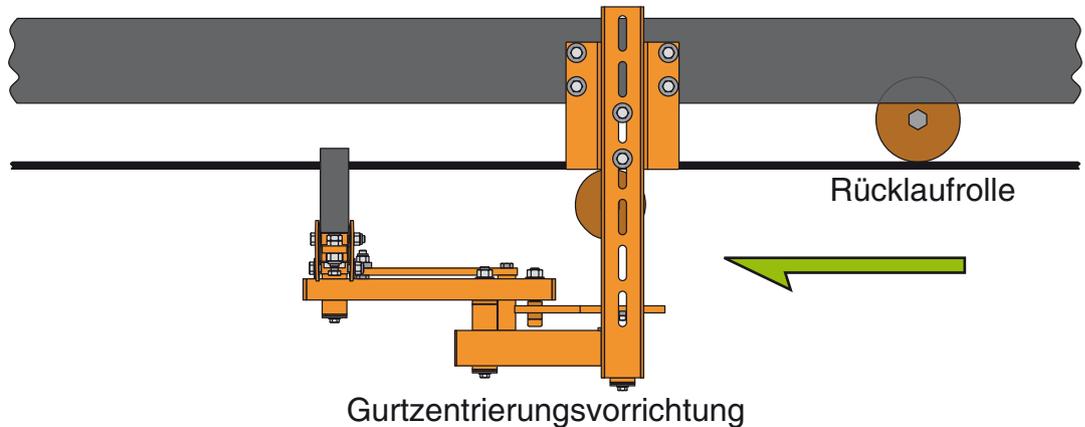


Abbildung 16.46

Gurtzentriervorrichtungen sollten in Abständen von 21 bis 50 m platziert werden, um ein Konkurrenieren oder eine gegenseitige Beeinträchtigung der Steueranläufe zu verhindern.

Abbildung 16.47

Um das Leistungsverhalten von Gurtzentriersystemen auf der Rücklaufseite zu verbessern, kann vor der Führungseinrichtung oberhalb des Gurtes eine Rücklaufrolle eingebaut werden, die für eine verbesserte Kontaktwirkung zwischen der Lenkrolle und dem Gurt sorgt.



vorrichtungen zur Korrektur des Gurtverlaufes an allen Stellen installiert werden, wo der Gurt in eine Einhausung eintritt. Sie sollten nicht so eng beieinander stehen, dass sie sich gegenseitig behindern, oder dass die Steuerungsmanöver beeinträchtigt werden. Je nach der Stärke des Gurtschieflaufs sollte zwischen den Einheiten ein Abstand von 21 bis 50 m liegen (**Abbildung 16.46**).

Bei der Installation irgendeiner Form dynamischer Gurtzentrierungsvorrichtungen liegt die Mittelrolle normalerweise 12 bis 19 mm höher als die Rollen der benachbarten konventionellen Rollensätze. Dies erhöht den Druck des Gurtes auf die Gurtzentriereinrichtung und verbessert die Korrekturwirkung. Dies gilt sowohl für Mulden bildende (Tragseite) als auch für flach angeordnete (Rücklaufseite) selbstausrichtende Rollen. Manche Hersteller von Gurtzentrierungsvorrichtungen haben dieses Merkmal in ihre verschiedenen Modelle mit einbezogen.

Eine andere Methode zur Verbesserung des Leistungsverhaltens von Gurtzentriersystemen auf der Rücklaufseite ist der Einbau einer konventionellen Rücklaufrolle vor der Führungseinrichtung oberhalb des Gurtes, um den Gurt nach unten zu drücken. Dadurch wird der Druck auf die Lenkrolle erhöht,

was zu einer Verbesserung der Funktion führt (**Abbildung 16.47**).

Oft sind gummiummantelte Rollen auf Gurtzentriereinrichtungen nützlich, besonders wenn das Material rutschig ist, oder wenn der Gurt aufgrund von klimatischen Einflüssen oder durch das Verfahren bedingt nass ist. Diese Rollen müssen möglicherweise häufiger ersetzt werden als die Stahl-Tragrollen, aber sie sind erforderlich, um die zur Steuerung des Gurtes notwendige Reibung zu erzielen.

SYSTEMWARTUNG

Das Zentrieren eines Förderbandes gehört zu den Wartungsarbeiten. Weil sich der Gurt bewegt und durch die Ladung belastet wird, ist die Gurtzentrierung mancherlei Veränderungen ausgesetzt, die eine andauernde Kontrolle und Wartung erfordern.

Wenn ein Gurt richtig zentriert ist, sollte die Betriebsplanung Ausrichtungskontrollen als Teil der regulären Wartung vorsehen und einplanen. Die Ausrichtung des Gurtes muss regelmäßig überprüft werden und geringfügige Korrekturen sollen nach Bedarf durchgeführt und dokumentiert werden.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

In manchen Betrieben ist es üblich, dass Korrekturen der Gurtführung durchgeführt werden, während die Förderanlage in Betrieb ist. Es wird jedoch in einem kompetenten Sicherheitsprogramm immer die Forderung stehen, dass die Förderanlage ordnungsgemäß abgesperrt / gekennzeichnet / blockiert / auf Funktionsunfähigkeit geprüft werden

muss, bevor Einstellungsarbeiten an den Komponenten oder an der Gurtspannung zur Korrektur von Gurtschieflauf durchgeführt werden. Obwohl der Gurt zur Überprüfung der Wirksamkeit der Korrekturen bei Einhaltung dieser Praxis mehrmals abgestellt und wieder eingeschaltet werden muss, ist dies immer noch die sicherste Vorgehensweise beim Zentrieren des Gurtes.

Ebenso sind auch mechanische Gurtzentriervorrichtungen regelmäßig zu kontrollieren. Die meisten davon beinhalten bewegliche Teile, die in Bezug auf Verschmutzung anfällig sind. Durch die Inspektion der Geräte soll sichergestellt werden, dass alle Teile frei beweglich sind und dass das Gerät den Gurt immer noch richtig in der Spur führt. (Siehe Kapitel 27: „Bestandsaufnahme bei Fördersystemen“.)

Das Wartungspersonal sollte auf außergewöhnliche Erscheinungen und auf Veränderungen achten, die vielleicht einen Einfluss auf die Gurtausrichtung haben könnten. Es könnten neue Bauteile oder Geräte eingebaut worden sein, oder die Stahlkonstruktion ist durch den Zusammenstoß mit schwerem Gerät eingebault worden, oder das Material hat sich mit Auswirkung auf das Ladeverhalten verändert. Wie wir schon vorher gesehen haben, hat Gurtschieflauf viele Ursachen und kleine Störungen können zu einem großen Vorfall anwachsen.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

Gurtzentriervorrichtung

A. Gurtzentriervorrichtung(en)

Um den Gurtverlauf zu kontrollieren und Gurtschieflauf zu verhindern, werden auf der Förderanlage eine oder mehrere Gurtzentriervorrichtungen eingebaut.

B. Korrektur des Gurtverlaufes

Die Gurtzentriervorrichtungen ertasten am laufenden Gurt jeden Gurtschieflauf und setzen die Kraftwirkung dieses Gurtschieflaufs zur Verstellung einer Rolle um. Diese Rolle steuert den Gurt auf die mittige Spur zurück.

C. Standort

Um den Gurt mittig in der Ladezone der

Förderanlage zu halten, wird eine Gurtzentriervorrichtung auf der Rücklaufseite des Gurtes installiert, kurz bevor der Gurt die Umkehrtrommel erreicht. Um sicherzustellen, dass der beladene Gurt richtig zentriert ist, wird eine zweite Gurtzentriervorrichtung am Austritt des Gurtes aus der Ladezone angebracht. Je nach Bedarf befinden sich zur Korrektur des Gurtversatzes zusätzliche Gurtzentriervorrichtungen entlang der Förderanlage.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Leistungsverbrauch und Gurtzentriervorrichtungen

Jede Änderung an den rollenden Komponenten einer Förderanlage, angefangen bei der Schrägstellung der Rollen bis hin zum Einbau spezieller mechanischer Gurtzentriervorrichtungen, hat Auswirkungen auf den Leistungsbedarf des Systems.

Es gibt mehrere Arten von Lenkrollen, die alle eine Zentrierungskraft auf den Gurt ausüben, die rechtwinklig zur Richtung des Gurtlaufes gerichtet ist. Sie muss in der Berechnung der Leistungsaufnahme der Förderanlage berücksichtigt werden.

Die Analyse der Leistungsaufnahme einer Lenkrolle erfordert Kenntnisse über die Belastung der Rolle. Diese Belastung ergibt sich aus dem Gurtgewicht und aus dem Anteil an der Gurtspannung, der durch den Versatz der Rolle hervorgerufen wird. In der Praxis kann die typische Lenkrolle von 2° bis 5° herumschwenken. Es ist gängige Praxis, dass Lenkrollen 12 bis 19 mm über den normalen Rollen stehend eingebaut werden. Dies führt zu einer größeren Belastung auf diesen Rollen, wodurch eine Zentrierungskraft entsteht, die zur Beeinflussung des Verlaufes des beladenen Gurtes ausreichend

$Tr = PIW \cdot BW \cdot \tan \phi$			
Gegeben: Ein 450 mm (18 Zoll) breiter Gurt mit einer Spannung von 17,5 N/mm (100 lb _f /in.) läuft über eine um 3,5° geschwenkte Rolle. Gesucht: Die durch die Rolle verursachte Versatzkraft.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Tr	Versatzkraft	Newton	Pfund Druckkraft
PIW	Gurtspannung pro Einheit Gurtbreite	17,5 N/mm	100 lb _f /in.
BW	Gurtbreite	450 mm	18 in.
φ	Versatz der Rolle	3,5°	3,5°
Metrisch: $Tr = 17,5 \cdot 450 \cdot \tan 3,5 = 481$			
Amerikanisch: $Tr = 100 \cdot 18 \cdot \tan 3,5 = 110$			
Tr	Versatzkraft	481 N	110 lb _f

Gleichung 16.1

Berechnung der Versatzkraft

hoch ist. Diese zusätzliche Belastung wird von der CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller avin der sechsten Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]* als Versatzbelastung auf die Rolle (IML) beschrieben.

Wenn eine Rolle herumschwenkt, übt sie auf den Gurt Kraft aus, die rechtwinklig zur geschwenkten Rolle wirkt. Diese Kraft wird als Versatzkraft bezeichnet und kann berechnet werden (**Gleichung 16.1**).

Der Anteil der Versatzkraft in Laufrichtung des Gurtes wird als der durch Versatz hervorgerufene Schleppwiderstand bezeichnet und kann ebenfalls berechnet werden (**Gleichung 16.2**).

Der durch Versatz hervorgerufene Schleppwiderstand wird bei der Berechnung der Leistung

eingesetzt, die zum Ausgleich für einen Lenkrollensatz erforderlich ist (**Gleichung 16.3**).

Dieser zusätzliche Leistungsbedarf ist dann mit der Anzahl der eingebauten Lenkrollensätze zu multiplizieren.

Interessanterweise hat ein 1800 mm breiter Gurt mit einer Spannung von 175 N/mm auf der Durchhangseite eine Zentrierungskraft von etwa 9640 N und einen Zentrierungskraftanteil in Gurtlaufrichtung von etwa 589 N. Auf diesem Gurt würde man 1,177 kW pro Lenkrolle benötigen.

Wenn die Lenkrolle fest sitzt und sich weder dreht noch schwenkt, kann sie einen wesentlichen zusätzlichen Leistungsbedarf hervorrufen.

Gleichung 16.2

Berechnung des durch Versatz hervorgerufenen Schleppwiderstandes

$$T_m = T_r \cdot \sin \phi$$

Gegeben: Einer Versatzkraft von 481 Newton (110 lb_f) und eine um 3,5° versetzte Rolle.

Gesucht: Der durch Versatz hervorgerufene Schleppwiderstand.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
T_m	Durch Versatz hervorgerufener Schleppwiderstand	Newton	Pfund Druckkraft
T_r	Versatzkraft (in Gleichung 16.1 berechnet)	481 N	110 lb _f
ϕ	Versatz der Rolle	3,5°	3,5°
Metrisch: $T_m = 481 \cdot \sin 3,5^\circ = 29$			
Amerikanisch: $T_m = 110 \cdot \sin 3,5^\circ = 6,7$			
T_m	Durch Versatz hervorgerufener Schleppwiderstand	29 N	6,7 lb _f

Gleichung 16.3

Berechnung der Ausgleichsleistung für eine Lenkrolle

$$P = T_m \cdot V \cdot f \cdot k$$

Gegeben: Eine falsch ausgerichtete Rolle übt eine Kraft von 29 Newton (6,7 lb_f) auf ein Fördersystem aus. Der Gurt läuft mit 2 m/s (400 Fuß/min). Die Übergangsreibung zwischen dem Gurt und der Rolle beträgt 1.

Gesucht: Die aufgrund der Lenkrolle zusätzlich erforderliche Antriebsleistung.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
P	Zusätzlich erforderliche Leistungsaufnahme des Gurtantriebs	Kilowatt	Pferdestärke
T_m	Durch Versatz hervorgerufener Schleppwiderstand (in Gleichung 16.2 berechnet)	29 N	6,7 lb _f
V	Gurtgeschwindigkeit	2,0 m/s	400 ft/min
f	Reibungskoeffizient	1,0	1,0
k	Umrechnungsfaktor	1/1000	1/33000
Metrisch: $P = \frac{29 \cdot 2 \cdot 1}{1000} = 0,058$			
Amerikanisch: $P = \frac{6,7 \cdot 400 \cdot 1}{33000} = 0,081$			
P	Zusätzlich erforderliche Leistungsaufnahme des Gurtantriebs	0,058 kW	0,081 hp

Bei der Auswahl des Gurtzentriersystems sollte die von ihm verbrauchte Leistung berücksichtigt werden. Während einige Gurtzentriermethoden gewiss wirksam sind, könnte die Lösung mehr Leistung erfordern als der Antrieb der Förderanlage liefern kann. Die meisten Ingenieurbüros schlagen bei der Auslegung einer Förderanlage einen gesunden Sicherheitsfaktor auf, um für Unwägbarkeiten wie diese gewappnet zu sein. Aber es liegt im ureigensten Interesse eines Betriebes, wenn sichergestellt ist, dass deren Förderanlage(n) über eine ausreichende Leistung zur Bewältigung dieser erhöhten Belastungen verfügen.

FÖRDERBÄNDER IN DER WIRKLICHEN WELT

Und zum Abschluss...

In der Realität laufen Förderbänder nun mal aus der Spur. Aber wenn man chronischen Gurtschieflauf zulässt, kann dies zu Personenschäden führen, zur Anhäufung von Materialverschüttungen und zu Schäden am Gurt oder an der Stahlkonstruktion. Das Zentrieren eines Gurtes kann jedoch ohne irgendwelche Kenntnisse über die Wirkungen der durchgeführten Einstellungen zu einem erhöhten Energieverbrauch, zum Ausfall von Bauteilen und zu Schäden am Gurt führen.

Es gibt eine Vielzahl von selbstausrichnenden Rollen, die bei der Gurtzentrierung einen nützlichen Beitrag leisten können. Es sollte den Betreibern von Förderanlagen jedoch bewusst sein, dass sie sich nicht auf diese Lenkrollen verlassen sollten, um eine schwerwiegende falsche Ausrichtung der Stahlkonstruktion der Förderanlage auszugleichen, oder um wesentliche und andauernde Unzulänglichkeiten bei der Beladung zu kompensieren. Wenn eine Lenkrolle fortlaufend korrigierend eingreift, ist dies ein Zeichen für ernstere Probleme, die genau bestimmt und behoben werden müssen. Es ist viel besser, wenn man die Ursache des wirklichen Problems aufdeckt und die notwendigen Korrekturen durchführt.

Obwohl Gurtschieflauf ein komplexes Problem darstellt, kann man dieses Problem durch systematische und vorausschauende Suche nach den Grundursachen für den Gurtschieflauf und anschließende Beseitigung beherrschen. Das Zentrieren eines Gurtes ist eine Fertigkeit, die man erlernen kann. Dies benötigt jedoch Zeit und wird deshalb am besten einem qualifizierten und erfahrenen Mitarbeiter oder einem spezialisierten Dienstleister überlassen.

Vorausblick...

In diesem Kapitel über Gurtausrichtung, dem letzten Kapitel im Abschnitt „Rücklauf des Fördergurtes“ wird erklärt, wie Materialverschüttungen zu Gurtschieflauf und wie Gurtschieflauf wiederum zu vermehrten Materialverschüttungen führen kann. Das folgende Kapitel, „Überblick Staubkontrolle“, eröffnet den nächsten Abschnitt über Staubkontrolle.

REFERENZEN

- 16.1 Cukor, Clar. (Undatiert). *Tracking: A Monograph [Spurführung: Monographie]*. Scottdale, Georgia: Georgia Duck and Cordage Mill (jetzt Fenner Dunlop).
- 16.2 Barfoot, Greg J. (Januar/März 1995). “Quantifying the Effect of Idler Misalignment on Belt Conveyor Tracking,” [Die Quantifizierung der Auswirkung von Rollenversatz auf die Spurführung bei Förderbändern] *Bulk Solids Handling*, Band 15, Nr. 1, Seiten 33–35. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.

ABSCHNITT 4

STAUBKONTROLLE

• Kapitel 17	280
ÜBERBLICK STAUBKONTROLLE	
• Kapitel 18	296
PASSIVE ENTSTAUBUNG	
• Kapitel 19	304
STAUBUNTERDRÜCKUNG	
• Kapitel 20	322
STAUBABSCHEIDUNG	

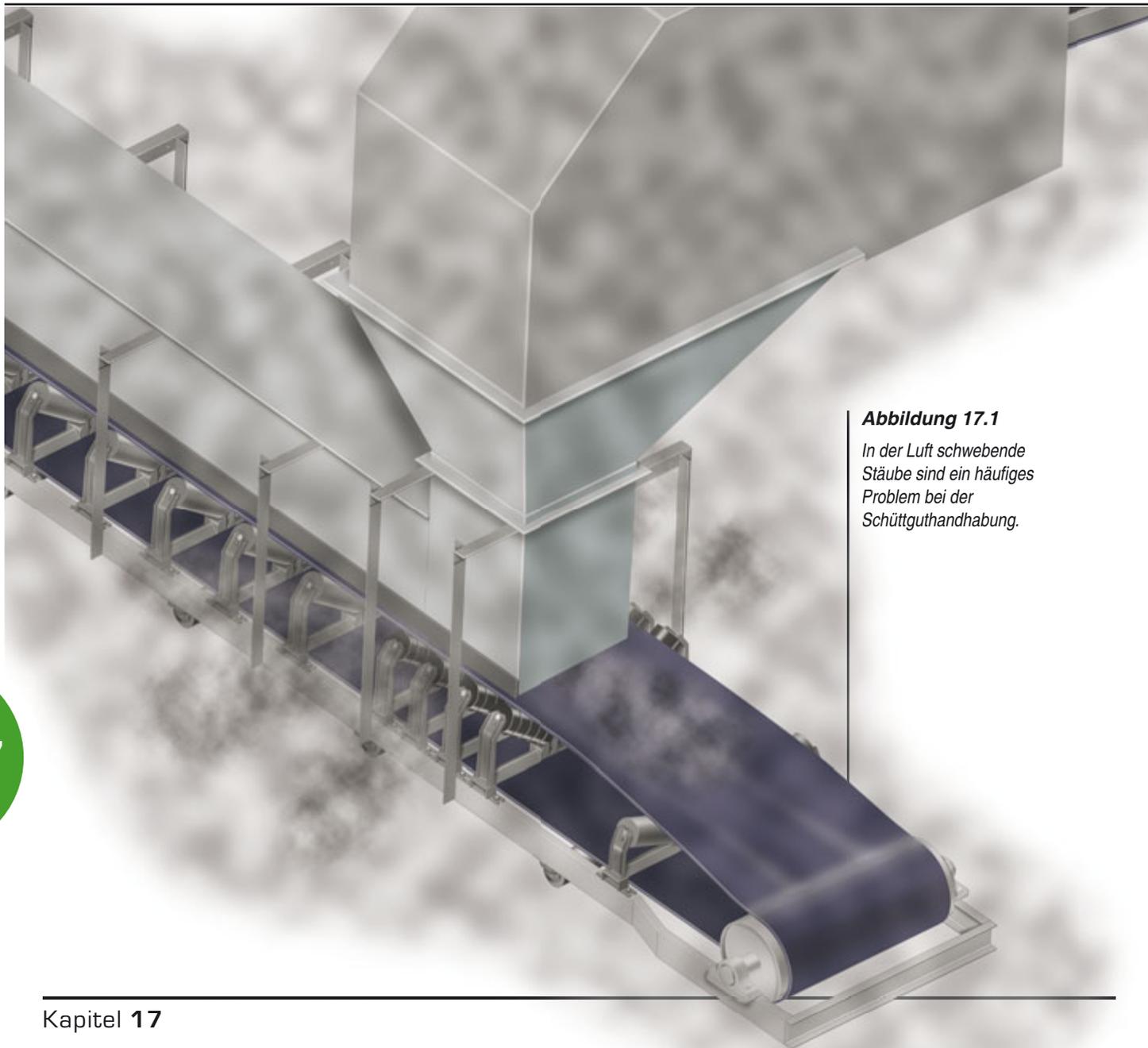


Abbildung 17.1
*In der Luft schwebende
 Stäube sind ein häufiges
 Problem bei der
 Schüttguthandhabung.*

17

Kapitel 17

ÜBERBLICK STAUBKONTROLLE

Die Definition von Staub	281
Die Folgen von Staub	282
Die Messung von Staub.....	285
Methoden der Staubkontrolle	288
Die Verminderung der Brand- und Explosionsgefahr.....	291
Sicherheitsrelevante Fragen.....	292
Die Wartung der Staubkontrollsysteme	293
Verfahrensweisen bei der Auswahl der Systeme zur Staubkontrolle	294
Anwendungsspezifische Staubkontrolle	294

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel wird der Begriff „Staub“ definiert und ein Überblick über das Thema Staubkontrolle gegeben. Hier werden die mit Staub in Zusammenhang stehenden Probleme untersucht, einschließlich der Brand- und Explosionsgefahr, der Methoden zur Messung von Stäuben und zur Reduzierung des Staubaufkommens sowie dessen Kontrolle. Die folgenden drei Kapitel bieten eine genauere Betrachtung der wesentlichen Aspekte der Staubproblematik.

Entweichender Staub, d.h. in der Luft schwebendes fein zerteiltes Material, ist in den mit der Schüttguthandhabung befassten Betrieben zu einem echten Sorgenkind geworden. Staub bereitet Probleme bei den betrieblichen Verfahrensweisen, im Werk selbst, im Leistungsverhalten der Mitarbeiter, in Bezug auf die Gesundheit der Mitarbeiter und der Anwohner und im Hinblick auf die Beziehungen zu den Nachbarn in der Umgebung des Werkes. Diese zunehmende Beunruhigung rührt vielleicht daher, dass Staub von außerhalb des Werkes eher sichtbar ist als sonstige Materialverluste, die eher örtlich begrenzt sind. Sie beeinflussen Vorgänge innerhalb des Werkes. Eine von den Förderanlagen oder Brechern eines Betriebes aufsteigende Staubwolke ist für Außenseiter sichtbar und kann im Hinblick auf die Gesundheit, die Sicherheit, auf nachbarschaftliche Beziehungen und auf die Einhaltung behördlicher Vorschriften zu Problemen führen (**Abbildung 17.1**).

Um die wachsende Belästigung durch Schwebestäube erfolgreich bekämpfen zu können, muss man verstehen, wie Staub entsteht, welche Folgen er hat, welche Behörden Staubentwicklungen überwachen, wie Staub gemessen wird und welche Methoden zur Staubbekämpfung zur Verfügung stehen. Wenn beides, sowohl Materialverluste als auch Schwebestäube kontrolliert werden, wird der Betrieb sauberer, sicherer und produktiver dastehen.

DIE DEFINITION VON STAUB

Die Eingrenzung dieser Diskussion

In diesem Buch wird die Kontrolle jener Stäube erörtert, die aus dem Materialtransport oder aus der Be- und Entladung von Förderbändern resultieren. Andere Industriebereiche und sich mit dem Materialtransport befassende Betriebe erzeugen ebenfalls Staub, wobei hier Brecher, Mahlwerke, Aufbereitungsbetriebe

und der Transport auf LKW zu erwähnen sind. Möglicherweise sind einige der in diesem und den folgenden Kapiteln besprochenen Themen und Techniken für das Verständnis und die Kontrolle von Stäuben aus diesen Quellen nützlich.

Bedingt durch die Natur des Staubes, ist die Lösung der aus der Staubbildung herrührenden Probleme sehr schwierig. Die Staubbildung hängt von einer ganzen Anzahl von Variablen ab, die sich aufgrund von Änderungen in der Umwelt und in den Materialien selbst laufend verändern. Die Vielzahl von Prozessgestaltungen und Betriebsplanungen haben einen gravierenden Einfluss auf die Bedingungen und die Ergebnisse, ebenso wie die Produktionstechniken und Technologien, die Systemoptionen und die verschiedenen Möglichkeiten bei der Geräteauswahl und auch die Unterschiede bei den Förderanlagen und den transportierten Materialien. Diese Unterschiede könnten sogar täglich innerhalb eines einzelnen Betriebes beobachtet werden. Deshalb können die hier aufgezeigten Informationen nicht als unter allen Umständen absolut zutreffend und anwendbar betrachtet werden. Jedwede Anwendung dieser Informationen muss in Anbetracht der gegebenen Umstände sorgfältig erwogen werden, bevor irgendeine Auswahl getroffen wird und Investitionen getätigt werden. Der erste Schritt ist das Verstehen der Natur des Problems, noch vor der Abwägung der spezifischen Optionen für einen gegebenen Betrieb.

Die Definition von Staub

In den USA definiert die Mine Safety and Health Administration (MSHA) [US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau] Staub als „fein zerteilten Feststoff, der ausschließlich aufgrund der Zerkleinerung ohne jede chemische oder physikalische Veränderung in die Luft übertreten kann.“

Einfacher gesagt, ist Staub „Material, das in die Luft übertreten und dort verbleiben kann, wenn man die ursprüngliche Lage des Materials stört.“ Es wäre schön, wenn man sagen könnte, dass man alle Störungen beseitigen kann. Wenn man aber mit Schüttgütern zu tun hat, sind Störungen allgegenwärtig. Hierzu gehören z. B. feste Brocken, die durch Aufprallwucht zerkleinert werden, größere Partikel, die gebrochen, durch Abrasion abgetragen oder ganz zermahlen werden, Schüttgutanteile, die von einem Band, Schiff oder Behälter in oder auf ein anderes System weitergeleitet, oder vom Wind, von Arbeitern oder von Maschinen hoch gewirbelt werden.

Die Größe eines Staubteilchens wird in Mikrometer (μm) gemessen. „Micron“ ist eine Kurzform von Mikrometer - eine Maßeinheit, die dem millionsten Teil eines Meters entspricht. Zum Vergleich: der Durchmesser eines menschlichen Haares liegt normalerweise bei 80 bis 100 μm .

Einatembare Stäube sind jene Stäube, die klein genug sind, um in die Lungen eindringen zu können, wenn man sie einatmet. In ihrem Handbuch *Dust Control Handbook for Minerals Processing* [Handbuch der Staubkontrolle bei der Aufbereitung von Mineralstoffen] definiert die Occupational Safety & Health Administration (OSHA) [US-Arbeitssicherheitsbehörde] einatembare Stäube wie folgt:

Einatembare Stäube beziehen sich auf jene Staubpartikel, die klein genug sind, um in die Nase, in die oberen Atmungsorgane und tief in die Lungen eindringen zu können. Tief in die Atmungsorgane eindringende Partikel werden im Allgemeinen nicht von den natürlichen Abwehrmechanismen des Körpers wie den Flimmerhärchen und der Schleimhaut aufgehalten. Im Gegenteil, sie setzen sich eher dort fest.

Die meisten Überwachungsbehörden definieren die Größe von einatembaren Stäuben mit 10 μm oder kleiner. Nach der OSHA definiert die MSHA einatembare Stäube als den Anteil der Schwebestäube, der durch ein 10 μm feines Klassiergerät (Sieb) hindurch tritt (**Tabelle 17.1**).

DIE FOLGEN VON STAUB

Im Gegensatz zu Materialverlusten, die normalerweise in der Nähe der Stelle verbleiben, wo das Material freigesetzt wurde, beeinflussen Schwebestäube den ganzen Betrieb. Wenn Staub erst einmal in die Luft freigesetzt worden ist, setzt er sich dort ab, wo immer ihn die Luftströmungen hintragen. Staub ist die Ursache vieler Gefahren, Unkosten, Probleme und Belastungen.

Es liegt sowohl im rechtlichen wie auch im finanziellen Interesse eines Betriebes, wenn mit Stäuben richtig umgegangen wird.

Wenn ein Betrieb gegen eine Sicherheitsbestimmung verstößt, haben die dafür Verantwortlichen die Folgen zu tragen, einschließlich persönlicher Schuld und einer möglichen finanziellen Haftung für die leitenden Angestellten. Deshalb besteht ein direkter, persönlicher Anreiz, um die Staubproblematik optimal zu lösen.

Gesundheitsrisiken

Die größte von Stäuben ausgehende Gefahr ist die Belastung von Mitarbeitern und der Menschen in benachbarten Gebäuden und Geschäftsbetrieben. Ist das Material toxisch, karzinogen oder anderweitig gefährlich, kann der Umstand, dass es in der Luft schwebt, eine große Anzahl von Menschen gefährden. Zusätzlich zu den toxischen Gefahren von Materialien besteht bei den Schwebestäuben die Gefahr des Einatmens. Sind einatembare Stäube erst einmal in die Lungen aufgenommen worden, werden sie vielleicht nicht mehr ausgeschieden. Bei einer länger andauernden Belastung sammelt sich Material in den Lungen an. Die meisten Überwachungsbehörden definieren die Größe der einatembaren Stäube mit 10 μm . Werden in der Luft schwebende Partikel mit einer Größe von 10 μm oder kleiner eingeatmet, dann bleiben sie in den Lungen. Deshalb ist die zulässige Konzentration an Staubpartikeln mit einer Größe von 10 μm oder kleiner viel niedriger. Bei toxischen Materialien ist die zulässige Konzentration noch niedriger. In den Vereinigten Staaten sind die maximal zulässigen Konzentrationen bei Siliziumdioxid auf weniger als 2 mg/m^3 pro Achtstundentag festgelegt. Viele Regierungsbehörden und private Institutionen haben festgestellt, dass eine fortwährende Belastung bei höheren Konzentrationen zu einer Silikose führt.

Für die Vereinigten Staaten hat die OSHA zulässige Staubgrenzen festgelegt (**Tabelle 17.2**). Sie sind vergleichbar mit den in anderen Ländern geltenden Regelungen.

Explosionsrisiken

Eine weitere Gefahr bei Stäuben ist deren Neigung zu Explosionen. Materialien mit einem derartigen Potential sind z. B. Kohle und andere Brennstoffe. Sogar Materialien, die

Tabelle 17.1

Prozentsatz der Partikel, die je nach Größe ein 10 μm feines Sieb passieren					
Teilchengröße (μ)	10,0	5,0	3,5	2,5	2,0
% Siebdurchgang	0	25	50	75	90

nicht entzündlich sind, wenn sie als Masse vorliegen, können in Form feiner Schwebestäube verbrennen. Zum Beispiel ist Aluminiumstaub entzündlich.

Für das Auftreten einer Staubexplosion müssen fünf Faktoren gegeben sein. Die ersten drei bilden das für jede Verbrennung geltende „Verbrennungsdreieck“:

- A. Brennstoff (zündfähiger Staub)
- B. Zündquelle (Wärme oder elektrischer Funke)
- C. Oxidationsmittel (Sauerstoff in der Luft)

Das Vorhandensein der letzten beiden Faktoren führt zu einer Staubexplosion:

- D. Feine Verteilung des Staubes in der Luft (in ausreichender Menge und Konzentration)
- E. Eindämmung der Staubwolke

Fehlt einer dieser Faktoren, tritt keine Explosion ein.

Viele Firmen bieten Produkte und Lösungen zur Ausschaltung der Explosionsfaktoren an, aber die Kontrolle der zündfähigen Stäube wird sowohl das Risiko einer Explosion reduziert als auch die Wirksamkeit dieser Produkte erhöhen.

Es liegt im Verantwortungsbereich der Betriebsinhaber und der Betriebsleitung, über die explosiven Eigenschaften der Materialien in den verschiedenen Zuständen Bescheid zu wissen, um das Potential für Explosionen aktiv auszuschließen.

Sicherheitsrisiken

Die Kontrolle von Stäuben und anderen entweichenden Materialien ist bei der Vermeidung von Arbeitsunfällen von ausschlaggebender Bedeutung. In jedem Werk, wo die Sicht und Zugänglichkeit durch Staub vermindert ist, besteht ein erhöhtes Risiko beim Betrieb von schwerem Gerät oder wenn Personal unterwegs ist. Das Vorhandensein von Staub macht dessen Entfernung erforderlich, wodurch sich das Personal zwangsläufig in die Nähe von Förderanlagen und anderen Verfahrenseinrichtungen begeben muss, was zu einer höheren Verletzungsgefahr führt.

Schwebestäube sorgen generell für eine unangenehme Arbeitsumgebung. Die Mitarbeiter haben eine höhere Arbeitsmoral und eine höhere Produktivität, wenn die Umgebung, in der sie ihre Arbeitszeit verbringen, nicht als schmutzig, unangenehm und möglicherweise ungesund betrachtet wird.

In einigen Anlagen müssen die Mitarbeiter ein Atemgerät tragen, um in der Umgebung



Zulässige Belastungsgrenze für Staub bei einem 8-Stundentag in den USA (nach OSHA)		
Stoff	Typ	mg/m ³
Siliziumdioxid: kristallin <i>Cristobalit: Anzusetzen ist die Hälfte des nach der Auszählungs- oder Massenformel für Quarz berechneten Wertes.</i> <i>Tridymit: Anzusetzen ist die Hälfte des nach der Auszählungs- oder Massenformel für Quarz berechneten Wertes.</i>	Quarz (einatembar)	$\frac{10 \text{ mg/m}^3}{\% \text{SiO}_2 + 2}$
	Quarz (Gesamtstaub)	$\frac{30 \text{ mg/m}^3}{\% \text{SiO}_2 + 2}$
Amorph	Amorph, einschließlich natürlicher Diatomeenerde	$\frac{80 \text{ mg/m}^3}{\% \text{SiO}_2 + 2}$
Kohlenstaub	Einatembarer Anteil < 5% SiO ₂	2,4 mg/m ³
	Einatembarer Anteil > 5% SiO ₂	$\frac{10 \text{ mg/m}^3}{\% \text{SiO}_2 + 2}$
Inerter oder störender Staub	Einatembarer Anteil	5 mg/m ³
	Gesamtstaub	15 mg/m ³

Tabelle 17.2

der Systeme arbeiten zu können, wo Staub entsteht. Dadurch steigt das Sicherheitsrisiko durch die beeinträchtigten Sichtverhältnisse und die Arbeitsmoral leidet darunter. Und zusätzlich zu den Staubproblemen wird die Firma noch den Ruf bekommen, dass ihr die Gesundheit und das Wohlergehen der Mitarbeiter gleichgültig ist, da sie ja gezwungenermaßen in einer Umgebung arbeiten müssen, die möglicherweise gefährlich und ganz gewiss nicht bequem und angenehm ist.

„Nicht vor meiner Haustür!“ und nachbarschaftliche Beziehungen

In den „guten, alten Zeiten“ galten die sichtbaren Zeichen für die Gegenwart eines Werks, z. B. Staub und Gerüche, als anerkannte Entschuldigung dafür, dass das Werk „Geld verdiente“.

Dies gilt nun nicht mehr. Heutzutage dominiert das „Nicht vor meiner Haustür“-Syndrom. Umweltgruppen sind aktiver und stärker organisiert. Niemand will, dass der Wert seines Grundstückes durch die Emissionen eines Industriebetriebes beeinträchtigt wird. Aktionsgruppen aus der Bürgerschaft sind eher bereit, sich zu beschweren und Unterstützung bei den Aktionären, bei Umweltgruppen und den Aufsichtsbehörden zu suchen. Die Notwendigkeit einer Betriebserweiterung, wie z. B. der Aufbau eines Gesamtwerkes, führt dann meist zu langwierigen und oft strittigen Anhörungen im Rahmen der vorgeschriebenen Genehmigungsverfahren.

Ein Lösungsansatz für die zunehmend beschwerlichen Genehmigungsverfahren besteht darin, dass der Betrieb gute, aktive Beziehungen zu den Gemeinden unterhält. Spenden für Gemeindefürsorge, Aktionen wie Tag der offenen Tür und Werksbesichtigungen präsentieren den Betrieb in der Öffentlichkeit und belegen dessen Wert für die Gemeinde sowie demonstrieren die Bemühungen des Werkes, ein guter Nachbar zu sein.

Diese Bemühungen können jedoch ganz schnell einfach verpuffen, wenn der Betrieb immer wieder oder gar regelmäßig Staubwolken ausstößt.

Aufsichtsbehörden

Zusätzlich zur Gesundheits- und Explosionsgefahr von Stäuben muss einem Betrieb auch der visuelle, der für alle sichtbare Aspekt der Staubverschmutzung bewusst sein. Es wird zunehmend üblich, dass Staub produzierenden

Industriebetriebe wegen der „optischen Verschmutzung“ und den Belastungen für die umliegenden Häuser und Geschäfte kontrolliert und zu Geldstrafen verurteilt werden. Aus der Ferne kann eine Staubwolke viel leichter entdeckt werden als Materialverluste. Deshalb muss ein Schüttgut-Betrieb das umweltpolitische Klima in seinem Wirkungsbereich kennen.

Die Aufsichtsbehörden haben die Aufgabe, die Gesundheit der Mitarbeiter und anderer Personen zu schützen. Sie überwachen und überprüfen also dementsprechend die Staubkonzentrationen. Behörden handeln auch im Interesse von anderen Parteien, einschließlich der um den Schutz ihres Eigentums besorgten Nachbarn und im Interesse von Gruppen, die sich allgemein mit umweltrelevanten Fragen befassen. Außerdem reagieren sie empfindlich auf den Druck der Interessengemeinschaften und der Medien.

Deshalb handhaben viele Firmen und/oder Einzelbetriebe die Diskussion ihrer Grenzwerte und Prüfergebnisse auf einer sehr restriktiven Basis. Die Geschäftsleitung möchte aus vielen Gründen nicht, dass diese Informationen außerhalb des Werkes diskutiert werden: weil die Ergebnisse schlecht sind, weil die Daten durch Außenstehende falsch interpretiert werden könnten oder weil die Diskussion darauf hinauslaufen könnte, dass Staub in diesem Betrieb zu einem Problem deklariert wird.

Zu erwähnen sind hier noch andere Überwachungsbehörden, die, obwohl sie nicht formell für die Überwachung von Schwebestäuben verantwortlich sind, dennoch für andere Bereiche der staatlichen Überwachung von Industriebetrieben zuständig sind, wie z. B. für die Genehmigung der Grundstücksnutzung und für die Erstellung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen. Diese ausführenden Behörden unterliegen äußeren Einflüssen und reagieren empfindlich darauf, z. B. auf Anwohner aus der Nachbarschaft, auf Eigentümer benachbarter Grundstücke (und/oder potentielle Bauträger) und Umwelt-Interessengemeinschaften.

Verfahrenstechnische Probleme

Zusätzlich zu den vorhergehend diskutierten Umwelt-, Sicherheits- und Gesundheitsfragen gibt es noch eine ganze Anzahl von Gründen für die Kontrolle von entweichendem Staub zur internen Verbesserung der verfahrenstechnischen Gegebenheiten.

Staub beeinflusst die Qualität eines Industriebetriebes und dessen Produktion. Er

kontaminiert das Werk und möglicherweise sogar das Fertigerzeugnis. Staub setzt sich auf empfindliche Instrumente und Sensoren ab, er beeinträchtigt die Funktionsfähigkeit der Instrumente bei der Überwachung eines Verfahrens und verwirrt die an den Bediener übermittelten Daten. In einigen Industriebetrieben, wie z. B. bei Sinter- und Pelletierbetrieben für Eisenerz, ist der Materialstaub innerhalb des Verfahrens ein verunreinigender Stoff, der die Ergebnisse negativ beeinflusst.

Eine andere von Schwebestäuben ausgehende Gefahr fällt in die Kategorie Sachschaden. Wenn ein Material korrosiv ist, dann ist der Staub ebenso korrosiv. Da sich Schwebestäube auf jede Oberfläche innerhalb eines Betriebes absetzen, besteht die Gefahr massiver Korrosionsschäden im gesamten Betriebsgelände. Schwebestäube werden in die Luftzufuhr von Motoren und Pumpen eingesogen und führen zu vorzeitigem Ausfall dieser wichtigen und teuren Bauteile.

Staub stellt einen Verlust an wertvollem Material dar, einem Material, das bezahlt worden ist und das in vielen Fällen bereits ein gewisses Maß an Bearbeitung erfahren hat. Flüchtiger Staub stellt einen entgangenen Gewinn dar. In einigen Anlagen haben die Schwebestäube eine höhere Konzentration an gesuchtem Zielmineral als der Hauptkörper des Materials. Es ist festgestellt worden, dass der Staub bei großen Edelmetallminen mehr Gold und Kupfer enthielt als das Roherz, wobei die Konzentrationen von 25 auf fast 100 Prozent zunahm. Die Erfassung und Gewinnung dieses wertvollen Staubs bedeutet eine wesentliche Amortisation für die Investitionen in eine Entstaubungsanlage.

Staub erhöht auch den erforderlichen Wartungsbedarf. Dabei wird Arbeitszeit aufgewendet, wodurch Kosten entstehen und die Mitarbeiter und die Betriebsleitung werden von der Erledigung anderer Aufgaben abgehalten. Man muss den Aufwand der zusätzlichen Arbeitszeit mitberücksichtigen, die zur Reinigung jener Bereiche aufgewendet wird, in denen sich Staub angesammelt hat. Materialverluste fallen unter eine Förderanlage. Demgegenüber setzt sich der Staub überall im Werk ab, auch in höher gelegenen Bereichen, die weit oberhalb der Stelle liegen, an dem der Staub ausgetreten ist.

Entweichender Staub kann die Produktionskapazität einer Anlage beeinträchtigen, durch eine verminderte Verfügbarkeit der Förderanlagen und der Geräte aufgrund von Unfällen,

zusätzlich erforderlicher Wartung und Ausfallzeiten zur Durchführung von Reinigungsarbeiten.

DIE MESSUNG VON STAUB

Zur Feststellung der Einhaltung der einschlägigen Vorschriften und Bestimmungen und zur Überprüfung der Wirksamkeit der Entstaubungsmaßnahmen eines Betriebes ist sind korrekte Staubmessungen erforderlich. Die Methode der Beprobung bei Staubuntersuchungen hängt von der Region und von der Instanz ab, die die Untersuchung durchführt. Zu den gängigsten Messmöglichkeiten gehören personenbezogene Staubmessgeräte, standortspezifische Staubmessgeräte, Opazitätsmessungen im Bereich des sichtbaren Lichts und Handmessgeräte zur elektronischen Staubmessung. Diese Messmöglichkeiten werden nachfolgend besprochen.

Personenbezogene Staubmessung

Die Belastung eines Mitarbeiters durch eine Staubkonzentration kann am besten mit einem personenbezogenen Staubmessgerät gemessen werden (**Abbildung 17.2**). Hierbei handelt es sich um eine kleine Vakuumpumpe, von der aus ein Schlauch zum Halsbereich des Mitarbeiters führt und dort am Kragen befestigt wird. Der Mitarbeiter trägt das Messgerät im Verlauf seines gesamten Arbeitstages überall mit sich herum. Am Ende der Schicht wird die vom Messgerät eingefangene Staubmenge gewogen. Um die Staubkonzentration in der Luft zu

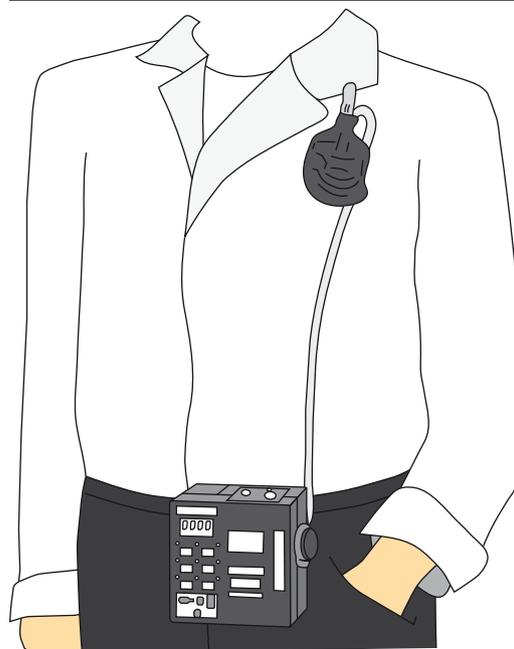


Abbildung 17.2

Die persönliche Belastung durch Schwebestäube wird mittels eines vom Mitarbeiter getragenen personenbezogenen Staubmessgeräts ermittelt.

bestimmen, wird dieses Gewicht durch den im Verlauf des Tages durch das Gerät hindurch gepumpten Gesamtluftstrom dividiert. Diese reproduzierbare Methode ist bei der Bestimmung der Staubmenge in der Luft nützlich, zur Bestimmung der Größe der Staubpartikel, wie auch zur Messung der Belastung einer Person im Hinblick auf eine Staubgefährdung. Es gibt auch Geräte zur Echtzeit-Überwachung von Schwebstoffpartikeln.

Die einfache standortspezifische Staubmessung

Bei der einfachen standortspezifischen Staubmessung werden üblicherweise mehrere

Pfannen oder Behälter in einem staubbelasteten Bereich aufgestellt und für eine bestimmte Zeitdauer dort belassen (**Abbildungen 17.3** und **17.4**). Die in den Behältern aufgefangene Staubmenge wird gewogen. Diese Messungen werden normalerweise vor und nach dem Einbau einer Entstaubungseinrichtung durchgeführt. Um die relative Wirksamkeit der Entstaubungseinrichtung zu beurteilen, werden diese beiden Werte verglichen. Da es sich hier um eine einfache und intuitive Methode zur Feststellung der Wirksamkeit eines Systems handelt, gewinnt man keinerlei Information über die Staubkonzentration in der Luft oder über die Größe der Staubpartikel. Hierbei ist zu beachten, dass bei diesem Messverfahren nicht der Staubgehalt der Luft gemessen wird, sondern die Staubmenge, die sich am Standort der Pfannen absetzt. Die Ergebnisse können durch Luftströmungen oberhalb der Pfannen beeinflusst werden.

Erweiterte standortspezifische Staubmessung

Bei der erweiterten standortspezifischen Staubmessung handelt es sich um eine Kombination des personenbezogenen Staubmessgerätes und des einfachen standortspezifischen Staubmessgerätes, wobei hier ein Vakuum für die Luftförderung verwendet wird (**Abbildung 17.5**). Das Messgerät wird für die Dauer eines festgelegten Zeitraumes an einem festen Standort aufgestellt. Die zur Analyse der Konzentrationen verwendete Methode ähnelt der bei der

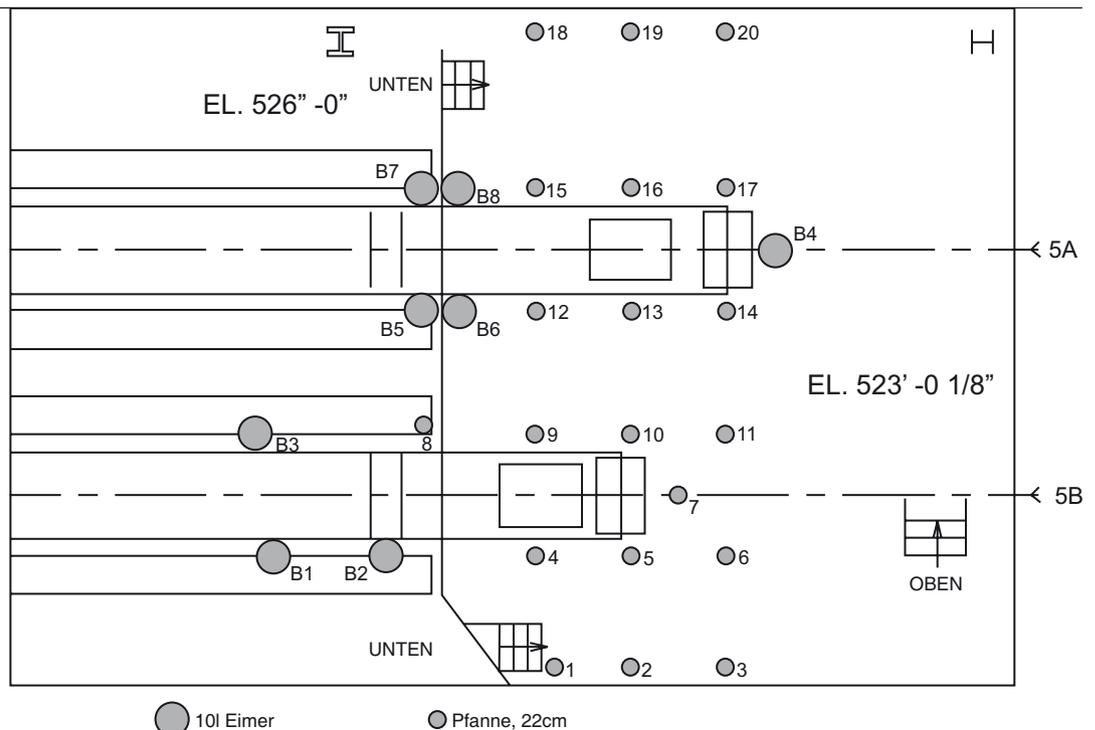
Abbildung 17.3

Die Pfannen, die im Bereich des hinteren Endes der Förderanlage auf dem Boden aufgestellt sind, sammeln Proben des an diesem Standort anfallenden Staubes.



Abbildung 17.4

Diese Zeichnung zeigt den Plan für das Sammeln des Staubs und der Materialverluste im Bereich der Kehrtrommeln von zwei Förderanlagen.



einfachen standortspezifischen Messung, aber diese Systeme sind viel präziser und spezifischer. Die Ergebnisse können an einen Computer oder an ein anderes Überwachungsgerät weitergeleitet werden, wodurch die laufenden Messungen ferngesteuert durchgeführt werden können.

Eine andere Version des standortspezifischen Staubmessgerätes ist das Mikrowellen-Opazitätsmessgerät. Dieses Gerät emittiert Licht oder Mikrowellen in einen Luftstrom. Das Licht oder die Strahlung wird vom Staub in der Luft abgelenkt oder absorbiert. Die Energie wird quer über den Luftstrom hinweg gemessen und die Staubmenge lässt sich dann anhand dieses Wertes durch Bestimmung der Intensitätsdifferenz zwischen dem ausgesandten Signal und dem empfangenen Signal berechnen (**Abbildung 17.6**). Zur Messung der Partikelgröße stehen aufwendigere Geräte zur Verfügung. Sie sind zwar sehr genau, aber auch teuer und nicht tragbar. Diese Art Sensor könnte in einem Betrieb zur Überwachung eines bestimmten Bauteils eingesetzt werden.

Visuelle Opazitätsbestimmungen

Die visuelle Opazitätsbestimmung wird von einem geschulten und zugelassenen Prüfer durchgeführt, der den Bereich für die Dauer eines festgelegten Zeitraumes beobachtet und die Menge an sichtbarem Staub in der Luft dokumentiert. Während man dieser Methode nachsagt, dass sie subjektiv sei, ist sie dennoch durchgehend standardisiert und wird allgemein von den Umweltschutzbehörden in den Vereinigten Staaten akzeptiert.

Handmessgeräte zur elektronischen Staubmessung

In der Technik gibt es immer Bestrebungen, die „höherwertige Technologie“ (die wissenschaftlichere) bei der Staubmessung in tragbarer Ausführung verfügbar zu machen. Handmessgeräte können die Konzentration, die Staubgröße und viele andere Eigenschaften des Staubes messen. Im Verlauf des technologischen Fortschritts werden diese Geräte preislich immer günstiger und sind dementsprechend immer häufiger in den Betrieben vor Ort anzutreffen (**Abbildung 17.7**).

Standard-Prüfmethoden

Trotz der von Region zu Region und von Anwendung zu Anwendung variierenden Methoden bei der Staubmessung liegt es im Interesse eines Betriebes, dass man weiß, wer

die Staubmessungen durchführen wird und welche Methode dabei zur Anwendung kommt. Eine Anzahl nationaler und internationaler Organisationen hat standardisierte Verfahren zur Staubmessung erarbeitet. Nachfolgend sind einige Beispiele aufgeführt:

A. ASTM International (ASTM)

ASTM D4532-97 (2003) *Standard Test Method for Respirable Dust in the Workplace Atmospheres* [Standard-Prüfverfahren für einatembare Stäube in der Atmosphäre am Arbeitsplatz]

ASTM D6552-06 *Standard Practice for Controlling and Characterizing Errors in Weighing Collected Aerosols* [Standardverfahren zur Kontrolle und Charakterisierung von Fehlern beim Wiegen eingesammelter Aerosole]



Abbildung 17.5

Bei diesem erweiterten standortspezifischen Staubmesssystem wird ein Vakuum für die Förderung der staubbefrachteten Luft verwendet.

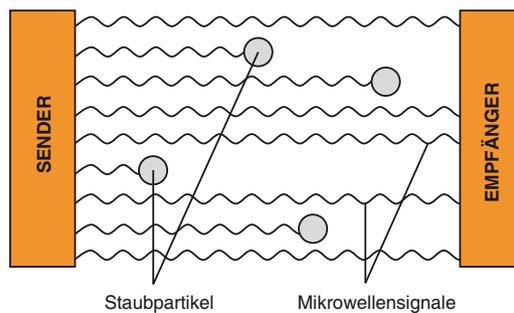


Abbildung 17.6

Beim Mikrowellen-Opazitätsmessgerät wird die Intensitätsdifferenz zwischen dem emittierten Signal und dem empfangenen Signal zur Bestimmung der Staubmenge in der Luft verwendet.



Abbildung 17.7

Handmessgeräte können mittlerweile die Konzentration und die Größe des Staubes messen.

- B. Deutsches Institut für Normung (DIN-Europäische Union)

DIN/EN 481 *Arbeitsplatzatmosphäre: Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel*

- C. International Organization for Standardization (ISO) [Internationale Organisation für Normung]

ISO 20988 *Air Quality - Guidelines for Estimating Measurement Uncertainty [Luftbeschaffenheit - Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit]*

ISO 7708 *Air Quality - Particle Size Fraction Definitions for Health-Related Sampling [Luftbeschaffenheit - Festlegung von Partikelgrößenverteilungen für die gesundheitsbezogene Schwebstaubprobenahme]*

ISO 12141 *Stationary Source Emissions - Determination of Mass Concentration of Particulate Matter (Dust) At Low Concentrations [Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Partikeln (Staub) bei geringen Konzentrationen]*

Zur Feststellung der gegenwärtig geltenden Bestimmungen und anerkannten Prüfverfahren wird die Beratung mit Normungsorganisationen wie der ISO, ASTM und den örtlichen Überwachungsämtern empfohlen.

METHODEN DER STAUBKONTROLLE

Die Minimierung der Staubeentwicklung

Schwebestäube entstehen jedes Mal wenn ein trockenes Material bewegt, manipuliert und Luftströmungen ausgesetzt wird, die stark genug sind, um die kleinen Partikel innerhalb des Materialkörpers anzuheben oder umzuleiten. Eine der häufigsten Gelegenheiten, bei denen dies auftritt, ist bei Übergabepunkten an der Förderanlage, wo das Be- und Entladen oder die Übergabe des Materials Luftströmungen verursacht, die den Staub vom System wegtragen können.

Die Staubemissionen beim Materialtransport können durch ein ingenieurmäßig konzipiertes Übergabesystem, ein wirksames Abdichtsystem, den Einbau eines Staubunterdrückungssystems und/oder die Verwendung eines effektiven Ent-

staubungssystems wesentlich reduziert werden.

Der erste Schritt bei der Entstaubung sollte stets die Minimierung der tatsächlich erzeugten Staubmenge sein. Während eine vollständige Beseitigung der Staubbildung unwahrscheinlich ist, sollte jedoch jede Änderung in der Konstruktion des Systems oder der Produktionstechnik in Erwägung gezogen werden, die zu einer Reduzierung der produzierten Staubmenge führt. Wenn zum Beispiel die vom herabfallenden Materialstrom im Aufprallbereich freigesetzte Energie vermindert werden kann, dann wird weniger Energie an das Material übertragen und es werden weniger Staubpartikel freigesetzt oder weggeweht. Folglich ist es am günstigsten, wenn man Fördersysteme mit geringstmöglichen Fallhöhen konzipiert.

Eine derartige technische Verbesserung kann als Nachrüstung übernommen werden oder sie kann bereits in der ursprünglichen Planungsphase der Anlage berücksichtigt werden. Zu den Methoden zur Staubmengenreduzierung durch eine verbesserte Technik gehören unter anderem:

- Die Verkürzung der Fallstrecken zwischen Förderanlagen
- Die Beladung des Materials in derselben Richtung, in die sich das aufnehmende Band bewegt
- Die Vermeidung drastischer Veränderungen in der Materialflughöhe
- Die Wahrung eines kohäsiven Materialstromes unter gleichzeitiger Kontrolle der Luftströme an den Übergabepunkten (hineinströmende und heraustretende Luftströme)

Diese Verbesserungen können durch Kombination der richtigen Auslegung der Förderanlage mit einer kreativen Gestaltung der Übergabepunkte erreicht werden. Zum Beispiel kann eine konstruierte Schurre mit eingebautem Haube-und-Trichter - System einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung dieser Zielsetzungen leisten. Es stehen auch andere technische Verbesserungen für eine wesentliche Reduzierung der erzeugten und freigesetzten Mengen an Schwebestäuben zur Verfügung. Die Wirksamkeit dieser Verbesserungen kann den Umfang und die Kosten für Entstaubungssysteme und für Staubunterdrückungssysteme wesentlich vermindern oder deren Notwendigkeit gar gänzlich eli-

Abbildung 17.8

Beziehung bei der Erzeugung von Schwebestäuben

$$\text{Staubaufkommen} \sim \frac{\text{Luftgeschwindigkeit}}{\text{Teilchengröße} \cdot \text{Kohäsivität}}$$

minieren. (Siehe Kapitel 7: „Luftkontrolle“ und Kapitel 22: „Ingenieurmäßig ausgelegte Übergabeschurren“.)

Drei Wege zur Staubbekämpfung

Wenn ein Betrieb den Übergang des Staubes in die Luft nicht unterbinden kann, müssen Wege zur Bekämpfung des Staubes gefunden werden. Eine Kontrolle kann durch Einfassung, Unterdrückung oder Sammeln der in der Luft schwebenden Partikel erreicht werden. Bevor man sich für ein Entstaubungssystem entscheidet, muss man die Faktoren verstehen, die zur Bildung von Schwebestäuben beitragen.

Die bestimmenden Faktoren für einen Übertritt von Feinanteilen in die Luft sind die Luftgeschwindigkeit, die Teilchengröße und die Kohäsion des Schüttguts. Diese Kenngrößen tragen zu dem durch die folgende intuitive Relativbeziehung hervorgerufenen Staubaufkommen bei: Die Menge des erzeugten Staubes ist proportional zur Luftgeschwindigkeit und umgekehrt proportional zur Teilchengröße und zur Materialkohäsion (**Abbildung 17.8**).

Diese Beziehung charakterisiert drei wichtige Prinzipien, die zur Staubbekämpfung genutzt werden können:

- A. Die Bildung von Staub kann durch eine Verminderung der Luftgeschwindigkeit in der Umgebung des Schüttgutes reduziert werden.
- B. Die Bildung von Staub kann durch eine Vergrößerung der Teilchengröße des Schüttgutes reduziert werden.
- C. Die Bildung von Staub kann durch eine Erhöhung der Kohäsionskraft des Schüttgutes reduziert werden.

Wo eine oder mehrere dieser Kenngrößen vorgegeben sind, ergibt sich die Möglichkeit zur Staubbekämpfung aus der Veränderung der verbleibenden Kenngrößen. Wenn zum Beispiel die Größe der transportierten Kohlepartikel nicht geändert werden kann, müssen die Staubemissionen durch eine Veränderung der Luftgeschwindigkeit oder der Kohäsionskraft reduziert werden. Bei vielen Entstaubungssystemen werden mehrere dieser Prinzipien kombiniert.

Minimierung der Luftgeschwindigkeit

Die einfachste und wirksamste Methode zur Staubbekämpfung ist die Reduzierung der Luftgeschwindigkeit. Staubpartikel sind schwerer als Luft. Sie setzen sich ab, wenn dazu die Möglichkeit und ein ausreichend bemessener Zeit-

raum gegeben sind. Durch die Verminderung der Luftgeschwindigkeit können die Partikel in den Materialstrom zurückfallen. Der Staub wird vom Luftstrom getragen und deshalb liegt der Gedanke nahe, dass man die Luftströme überwachen könnte, um den Staub dadurch ebenfalls kontrollieren zu können.

Vielleicht besteht die älteste (und am leichtesten durchzuführende) Maßnahme bei der Staubbekämpfung einfach in der Einhausung der Schwebestäube (oder der zur Staubbildung führenden Standorte/Vorgänge). Dadurch können sich die Staubpartikel absetzen, bevor sie aus dem Bereich herausgetragen werden. Bei dieser Methode wird die Luftgeschwindigkeit reduziert und damit die Aufnahme von Feinanteilen aus dem Materialkörper. Bei einer Vergrößerung des Gehäusevolumens nimmt die Geschwindigkeit ab, wodurch sich die in der Luft schwebenden Partikel absetzen können.

Bei einer effektiv gestalteten Übergabeschurre wird die Luftgeschwindigkeit dadurch reduziert, dass die in den Übergabepunkt eingesogene Luftmenge vermindert wird, dass die undichten Stellen, durch die staubbeladene Luft entweichen kann, abgedichtet werden und dass man dem Staub genug Zeit gibt, damit er sich absetzen kann. Die traditionelle Einhausung des Übergabepunktes ist die gängigste Methode bei der Staubbekämpfung. Die Vorteile der herkömmlichen Stahlschurre sind ihr starrer Aufbau, ihre Beständigkeit und der Umstand, dass sie den Übergabepunkt völlig umschließt. Dies macht sie zu einem idealen Kandidaten für die Nachrüstung eines Übergabepunktes. Selbst eine einfache Technik, wie z. B. der Einbau von Staubvorhängen am Austritt aus der Schurre, ist ein Weg zur Verlangsamung der Luftbewegung.

Eine wirksame Einhausung kann theoretisch an jedem Übergabepunkt angebracht werden. In einigen Betrieben sind jedoch starre, dauerhafte, völlig eingehauste Übergabepunkte nicht zu gebrauchen, weshalb die Anlage also nicht eingehaust werden kann. Bei vielen Sand- und Kiesgruben wird zum Beispiel die Mobilität der Maschinerie verlangt, so dass eine fest installierte Übergabeschurre unerwünscht ist. Bei anderen Betrieben muss ein Übergabepunkt eventuell visuell überwacht werden, so dass eine völlig eingehauste Schurre nicht geeignet wäre.

Vergrößerung der Teilchengröße

Wenn die Einhausung des Übergabepunktes nicht möglich ist, dann ist vielleicht die Vergrößerung der Staubteilchen die Lösung, da sie

dadurch schwerer werden und eher aus dem Luftstrom herausfallen. Ein schwereres Teilchen wird nicht so leicht von der Luftbewegung mitgerissen und es fällt eher aus dem Luftstrom heraus, wenn sich Luftgeschwindigkeit verlangsamt. Ein schwereres Teilchen hat auch mehr Bewegungsenergie, so dass es von Veränderungen in der Luftströmung nicht so leicht beeinflusst wird.

Staubunterdrückungssysteme basieren generell auf dem Prinzip der Vergrößerung des Gewichts der Staubpartikel. Dadurch wird die Entstaubungswirkung verbessert und die Partikel vereinigen sich wieder mit dem Hauptmaterialstrom. Diese Systeme vergrößern das Gewicht von in der Luft schwebenden Staubpartikeln dadurch, dass die Partikel mit Wassertropfen oder mit einer wässrigen Lösung eines chemischen Stoffes quasi miteinander verbunden werden. Die nasser und jetzt schwereren Staubpartikel fallen in den Materialstrom zurück, bevor sie in die Atmosphäre gelangen können.

Es ist relativ schwierig, Staubpartikel niederzuschlagen, wenn sie erst einmal in die Luft übergetreten sind. Nebel-Staubbindungssysteme sind speziell auf Stäube in diesem problematischen Zustand ausgerichtet. (Siehe Kapitel 19: „Staubunterdrückung“). Zur Bindung der in der Luft schwebenden Staubpartikel benötigt ein Nebelsystem Zeit und relativ ungestörte räumliche Verhältnisse. Dies setzt einen eingehausten Übergabepunkt und eine relativ langsame Luftbewegung voraus. Nebelsysteme sind erfolgversprechender, wenn die Staubpartikel und die Wassertröpfchen eine ähnliche Größe aufweisen. Um so kleine Wassertröpfchen zu erreichen, dass die der Partikelgröße der Schwebestäube entsprechen, muss das Wasser mit Hochdruck durch Zerstäubungsdüsen gepumpt oder mittels Luft zerstäubt werden. Beide Methoden zur Erzeugung kleinster Wassertröpfchen sind teuer und kompliziert.

Die Staubabsaugung wird ebenso zur Vergrößerung der Partikel eingesetzt. Bei dieser Methode werden die Luft und der von ihr getragene Staub mit einem Vakuum aus dem System abgesaugt. Der Staub ballt sich zusammen oder schlägt sich an der Oberfläche des Filtersystems nieder, von wo aus er an zentraler Stelle gesammelt oder über örtlich angebrachte Sammler wieder auf das Band aufgegeben wird. (Siehe Kapitel 20: „Staubabscheidung“.)

Die Staubabsaugung erfordert die Einhausung der Übergabepunkte und viel Platz über-

kopf. Solche Systeme tragen nichts zur Reduzierung der generellen Tendenz zur Staubbildung bei: Wenn das Material am nächsten Übergabepunkt wieder in Bewegung gerät, muss man sich abermals um den Staub kümmern.

Erhöhung der Kohäsionskraft des Materials

Die letzte der allgemein gebräuchlichen Methoden zur Minimierung der Staubbildung ist die Erhöhung der Kohäsionskraft des Materials, das heißt der Willigkeit oder der Fähigkeit der Materialteilchen, an sich selbst zu haften und zusammenzuhalten. Um die innere Haftung zu erhöhen, müssen die Eigenschaften des Materials verändert werden. Ein aus dem Leben gegriffenes Beispiel für eine verbesserte Kohäsion wäre der Vergleich von Strandsand mit Wüstensand. Beide Sandarten haben ungefähr dieselbe Partikelgröße. Wüstensand klebt nicht an sich selbst. Die Partikel können leicht zerteilt werden und als Staub in die Luft entweichen. Der höhere Feuchtigkeitsgehalt des Strandsands erhöht die Kohäsion. Die Partikel halten zusammen und gehen nicht in die Luft über, wenn das Material fallengelassen wird.

Eine einfache Methode zur Steigerung der Kohäsionskraft im Material ist der Zusatz von Wasser oder von einem anderen Bindemittel. Wird einem Schüttgut Feuchtigkeit zugeführt, muss man vorsichtig vorgehen. Wenn man dem aufgehäuften oder auf einem Förderband aufliegenden Material Wasser von oben her zuführt, wird nur die äußere Lage des Materials durchnässt. Wird die Lage dieses Materials gestört, z. B. dadurch, dass es von einer Halde entnommen wird oder dass es einen Übergabepunkt durchläuft, werden die Partikel neu geordnet und trockene Oberflächen der Luft ausgesetzt. Von diesen trocknen Oberflächen kann dann Staub freigesetzt werden. Der ideale Zugabeort für Feuchtigkeit ist deshalb dort, wo sich das Material in freiem Fall befindet. Dadurch kann das Wasser das Material durchdringen und einen größeren Anteil der Oberfläche benetzen.

Die Vorteile der Aufbringung von Wasser beinhalten auch die nachhaltige Wirkung der Staubunterdrückung. Ein nasses Material bewahrt seine erhöhte Kohäsivität und daher die Unfähigkeit zur Staubbildung, solange das Material nass bleibt.

Ein Nachteil der Wasserzugabe ist die große Wassermenge, die bei den meisten Materialien zur gründlichen Durchnässung erforderlich ist. Der eigentliche Nachteil besteht darin, dass

die Feuchtigkeit zu Problemen führen kann, weil nasses Material an sich selbst und an den Bauteilen des Systems anhaftet, wobei Sieb- gitter und Schurren verstopfen können und Rücklaufmaterial am Band anhaftet. Sogar der Wirkungsgrad eines Brechers wird bei nassem Material reduziert. Bei der Gestaltung eines Materialtransportsystems oder bei der Erwä- gung eines Staubunterdrückungssystems als Lösung für Staubprobleme muss die Wirkung hinzugefügter Feuchtigkeit berücksichtigt werden.

Ein anderer bei der Zugabe von Wasser zu berücksichtigender Faktor ist die Verlustleistung aus der Durchnässung eines Produktes, das anschließend erhitzt oder verbrannt werden soll. Jeder einzelne Betrieb muss für sich selbst entscheiden, ob die Kosten des austretenden Staubes größer sind als die thermische Verlust- leistung aus der Staubunterdrückung. Eine zu- sätzliche Problematik besteht darin, dass einige Materialien wie z. B. Zement nicht mit Wasser in Verbindung gebracht werden dürfen. Man muss deshalb das in einem Betrieb verarbeitete Material und die Verfahrensweisen gründlich verstehen, bevor zur Auswahl eines Staubunter- drückungssystems eine Entscheidung getroffen wird.

Eine Möglichkeit zur Reduzierung der für die Staubunterdrückung erforderlichen Wasser- menge besteht in der Verbesserung der Benet- zungsfähigkeit des Wassers durch die Zugabe eines Tensids. Diese wässrige Tensidlösung wird dann als Sprühnebel oder Schaum aufgebracht. Der Tensidzusatz vermindert die erforderliche Wassermenge, führt jedoch zu erhöhten Betriebskosten. (Siehe Kapitel 19: „Staubunterdrü- ckung“.)

DIE VERMINDERUNG DER BRAND- UND EXPLOSIONSGEFAHR

Gefährdung durch Feuer und Explosion

Wie durch Explosionen in Getreidesilos belegt, sind Staubexplosionen sehr kraftvoll und sie stellen ein sehr reales Risiko dar. Folglich muss diese Gefahr unter allen Umständen minimiert werden. Bei vielen Stäuben ist eine abgelagerte Schicht in der Stärke einer Büro- klammer – also nur 1 mm – ausreichend, um eine Explosionsgefährdung hervorzurufen. Eine 6 mm starke Schicht ist schon ein größeres Pro- blem – groß genug, um einen ganzen Betrieb zu zerstören.

Damit es zu einer Staubexplosion kommt, müssen folgende Faktoren vorhanden sein: ein umschlossener brennbarer Staub in der richti- gen Konzentration, ein Gas, das die Zündung fördert, und eine Zündquelle. Viele Feinstäube, einschließlich Chemikalien, Nahrungsmittel, Dünger, Kunststoffe, Materialien aus Kohlen- stoff und bestimmte Metalle sind extrem ent- zündlich und erfüllen damit die erste Vorausset- zung für eine Staubexplosion. Funktionsbedingt enthält jedes Entstaubungssystem ganze Wolken von in der Luft schwebenden Feinanteilen, wo- bei die Luft selbst ein Gas ist, das die Zündung fördert und somit die zweite Voraussetzung darstellt.

In jedem mechanischen System gibt es eine Anzahl von möglichen Zündquellen – die dritte Voraussetzung für eine Staubexplosion:

- A. Mechanische Ausfälle, die Funken zwischen Metallen reißen oder Reibung verursachen
- B. Ventilatorflügel, die Funken sprühen, wenn sie von Fremdobjekten getroffen werden
- C. Überhitzung von einem verschlissenen La- ger oder einem durchrutschenden Band
- D. Offene Flammen aus direkt befeuerten Heizungen, Verbrennungsöfen oder anderen Quellen
- E. Schweiß- oder Schneidarbeiten, die in einer leicht entzündlichen Atmosphäre eine Punktzündung an der Quelle oder durch heiße, abtropfende Partikel (eventuell über mehrere Stockwerke hinweg) verursachen
- F. Entladungen statischer Elektrizität
- G. Das Einsickern des leicht entzündlichen Staubs in den heißen Bereich eines Kom- pressors oder eines katalytischen Reaktors

Kategorisierung von Staubexplosionen

Brände im Zusammenhang mit Staub sind unterschiedlich zu betrachten:

A. Verpuffungen

Unter Verpuffung versteht man die plötz- liche Zündung von nicht eingegrenztem Staub. Eine Verpuffung ist normalerweise örtlich begrenzt und kann erhebliche Schäden oder Verletzungen verursachen. Eine Verpuffung kann die Voraussetzungen für eine sekundäre Explosion schaffen, die zu katastrophalen Schäden und tödlichen Verletzungen führen kann.

B. Explosion

Wenn Staub eingegrenzt und gezündet wird, führt dies zu einer Explosion. Diese rasch verlaufende Explosion von Gasen entwickelt erhebliche und zerstörerische Überdrücke, die sogar das Gebäude sprengen können und noch größere Schäden und Verletzungen verursachen.

C. Primär oder sekundär

Eine Initial- oder Primärexplosion kann sekundäre Explosionen dadurch auslösen, dass sie weiteren, in einiger Entfernung von der ersten Explosion abgelagerten Staub löst, ihn aufwirbelt und zündet. Sekundäre

Explosionen können noch zerstörerischer als die Primärexplosion sein und jede Explosion kann zu weiteren Sekundärexplosionen führen.

D. Größenordnung

Die Geschwindigkeit und Wucht einer Explosion sind direkt mit einer in den USA als „deflagration index“ [Verpuffungsindex] bezeichneten messbaren Kenngröße verbunden. Staubexplosionen können gefährlicher sein als die Explosionen, die von leicht entzündlichen Gasen verursachte werden.

Kontrollmechanismen

Wo die einzelnen Komponenten vorhanden sind – umschlossener, brennbarer Staub in



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Wie vorhergehend festgestellt, sind Schwebestäube für sich alleine betrachtet und als solche schon eine Sicherheitsgefahr. Aber ein Betrieb muss auch auf die sich aus den Entstaubungseinrichtungen ergebenden sicherheitsrelevanten Fragen eingehen. Zusätzlich zu dem üblichen, bei jeder industriellen Geräteeinheit auftretenden Risiko im Hinblick auf latente Energien, muss ein Schüttgutbetrieb auch über den potentiell explosiven Charakter seiner Entstaubungseinrichtungen Bescheid wissen.

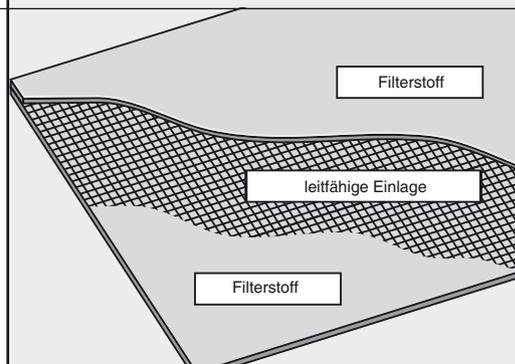
Führt ein Betrieb die Entstaubung zur Verhinderung von Explosionen durch, muss sichergestellt werden, dass die Entstaubungseinrichtungen die richtige Zulassung für die im Gefahrenbereich zu erwartenden Bedingungen haben. Jedes elektrische Gehäuse oder jeder elektrische Motor muss funkengeschützt gekapselt oder für Gefahrenbereiche zugelassen sein.

Wenn Luft durch ein Filtermedium hindurchströmt, entsteht im Medium eine elektrostatische Aufladung. Befindet sich das Medium in der unmittelbaren Umgebung eines geerdeten Bauteils, könnte sich die elektrostatische Aufladung als Funke entladen und möglicherweise in der Luft schwebenden brennbaren Staub entzünden. Die Hersteller von Filtermedien haben Materialien entwickelt, die eine elektrostatische Aufladung durch ins Filtermaterial eingebettetes rostfreies Maschengewebe oder durch ins Material eingewobene leitfähige Kohlenstoff-Fasern ableiten (**Abbildung 17.9**). Dadurch kann jede vom Luftstrom hervorgerufene Ladung in die Erde abgeleitet werden, bevor ein Funke entstehen kann. Wird ein Filter in einer explosiven Umgebung eingesetzt, ist darauf zu achten, dass antistatische Filtermedien verwendet werden.

Die bestehenden Sicherheitsvorschriften für den Zugang zu umschlossenen Räumen, einschließlich der Umschließungen von Übergabepunkten und Staubsammler, sind strikt einzuhalten. Vor der Durchführung der Arbeiten an Entstaubungsanlagen oder Staubunterdrückungssystemen sind ordnungsgemäße Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchzuführen. Die Versorgungseinrichtungen für Wasser, Chemikalien und elektrische Energie müssen stromlos geschaltet werden.

Abbildung 17.9

Staubfilter müssen mit leitfähigen, in das Filtergewebe eingewobenen Fäden versehen sein, um jede statische Aufladung sicher in die Erde ableiten zu können.



der richtigen Konzentration, ein die Zündung förderndes Gas und eine Zündquelle – müssen Vorsichtsmaßnahmen zur Reduzierung einer Explosion getroffen werden.

Diese Vorsichtsmaßnahmen beinhalten:

- A. Inertisierung
Die Zugabe eines inerten(trägen) Gases (normalerweise Stickstoff oder Kohlendioxid statt Luft) in den Sammler
- B. Unterdrückung
Die Zugabe eines Hemmstoffes beim Anstieg des Explosionsdruckes
- C. Druckentlastung
Der Einbau einer Explosionsdruckentlastung oder einer Berstscheibe, durch welche die Explosionsenergie aus der Umschließung freigegeben wird

Eine ordnungsgemäße Erdung des Entstaubungssystems hilft dadurch bei der Reduzierung

des Risikos, dass die Leitfähigkeit durch das gesamte System hinweg erhöht und die elektrostatischen Aufladungen in die Erde abgeleitet wird.

Zur Gestaltung von Entstaubungssystemen bei der Handhabung potentiell explosiver Stäube ist die Beratung mit Gerätelieferanten zu empfehlen.

Druckentlastung

Die Theorie der Explosionsdruckentlastung ist einfach. Sie besteht aus einer absichtlich geschwächten Wand, die frühzeitig während des durch die rasch steigende Temperatur hervorgerufenen Druckanstiegs aus dem Verband der Umschließung gelöst wird. Sobald dieser geschwächte Bereich offen ist, können die verbrannten und unverbrannten Staubanteile und die Flammen aus dem umschlossenen Bereich austreten, so dass die Umschließung selbst nicht dem vollen Druckanstieg ausgesetzt wird. Wird dieser Vorgang frühzeitig genug ausgelöst und ist die Öffnung ausreichend groß, bleibt der Druck in der Umschließung niedrig und es entstehen keine weiteren Schäden. Der Brand

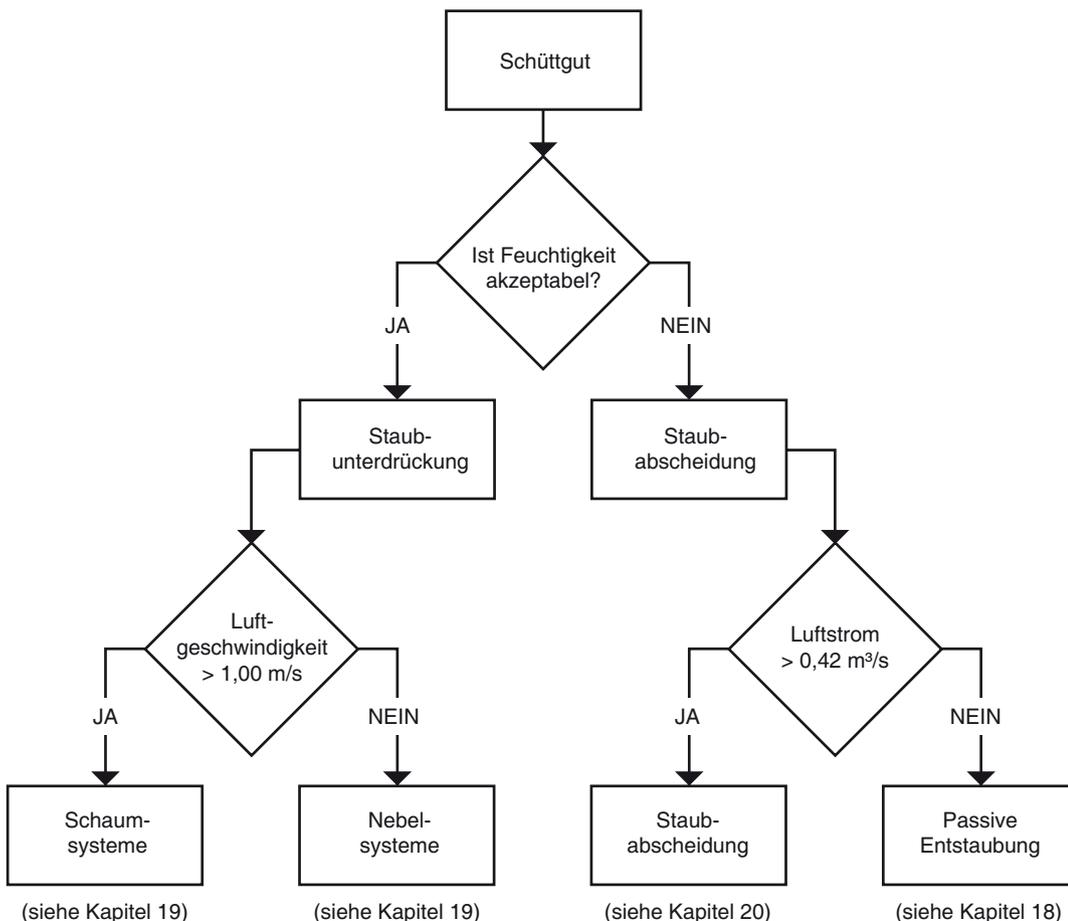


Abbildung 17.10
Flussdiagramm für die Auswahl von Staubkontrollsystemen



oder die Explosion kann sich jedoch außerhalb der Umschließung fortsetzen und falls Staub vorhanden ist, können andere Geräte und Vorrichtungen beschädigt werden. Deshalb ist eine Explosionsdruckentlastung kein Ersatz für eine wirksame Entstaubung und einen hohen Standard in Bezug auf Organisation und Ordnung.

Es gibt zwei Arten von Druckentlastungsvorrichtungen. Berstscheiben sind dünne Tafeln oder Platten, die schneller nachgeben als andere Bauelemente. Sie müssen so bemessen werden, dass sie normalen, betrieblich bedingten Unterdrücken standhalten - typischerweise 2 bis 3 kPa - aber bei einem positiven Explosivdruck bersten. Eine gebräuchlichere Lösung ist die federbelastete Tür. Diese Türen, entweder mit Scharnier oder ohne, öffnen sich (springen auf) bei einer Verpuffung.

DIE WARTUNG STAUBKONTROLLSYSTEME

Beim Einbau von Staubkontrollsystemen ist für ausreichend bemessenen Platz für den Zugang und die Wartung zu sorgen. Bei Vergleich der Staubkontrollsysteme vor dem Kauf ist die Wartungsfreundlichkeit zu berücksichtigen. Die eine Entstaubung mag weniger kosten als ein anderes Modell, aber möglicherweise ist bei der preisgünstigeren Ausführung für das Auswechseln einer Sicherung ein Hubsteiger und ein Wanddurchbruch erforderlich, während bei der teureren Einheit die Schmelzsicherungen in einem Sicherungskasten in Bodenhöhe untergebracht sind. Es liegt im eigenen Interesse eines Betriebes, dass ein wartungsfreundliches Staubkontrollsystem angeschafft wird. Wenn eine Komponente eine Abschaltung verursacht, wirkt sich jede für die Reparatur dieser Komponente zusätzlich erforderliche Minute auf die Rentabilität des Unternehmens aus.

Typische Staubbekämpfungssysteme bestehen aus mehreren Komponenten, die mehrfache Zuleitungen erfordern. Zum Betrieb eines Entstaubungssystems ist normalerweise Versorgung mit Elektrizität und Pressluft erforderlich. Für ein Schaum-Unterdrückungssystem braucht man möglicherweise Elektrizität, Pressluft, Wasser und Chemikalien. Bei diesen aufwendigen Systemen gibt es eine größere Anzahl von

Teilen, die verschleiben oder ausfallen können. Besondere Aufmerksamkeit sollte den Staubkontrollsystemen im Hinblick auf die planmäßigen Wartungszyklen des Betriebes gewidmet werden. Der Betrieb muss die erforderliche Wartung selbst übernehmen oder sie an ein Dienstleistungsunternehmen für Vertragswartung delegieren.

VERFAHRENSWEISEN BEI DER AUSWAHL DER SYSTEME ZUR STAUBKONTROLLE

Die Auswahl der besten Technologie für die Staubkontrolle zur Erfüllung der Anforderungen für einen gegebenen Betrieb beginnt mit einem Überblick über das Material und über die Dimensionen des Übergabepunktes der Förderanlage. Es gibt einen vereinfachten Ansatz zur Bestimmung der Systeme, die angemessen und geeignet wären (**Abbildung 17.10**).

ANWENDUNGSSPEZIFISCHE STAUBKONTROLLE

Und zum Abschluss...

In jedem Industriebereich gibt es bevorzugte Methoden zur Staubkontrolle, die durch die Anwendungsart und die für den Industriebereich geltenden Bestimmungen oder durch die geographische Lage bestimmt werden.

Zu den Staubbekämpfungssystemen gehören die Eindämmung, die Unterdrückung und die Entstaubung. Diese Systeme können individuell oder in Kombination eingesetzt werden. Für jede dieser Entstaubungsmethoden steht eine Vielzahl von Techniken und Technologien zur Verfügung.

Jeder Schüttgutbetrieb muss alle Aspekte seines Problems verstehen, um Stäube erfolgreich bekämpfen zu können. Zu diesen Aspekten gehören die Folgen, die Ursachen, die Messmethoden und die Methoden zur Kontrolle. Ein Betrieb muss die am meisten geeignete Lösung auf der Basis der Bedürfnisse des Betriebes und der Grenzen der Anwendung auswählen. Aber für welche Lösung man sich auch entscheiden mag, der Betrieb muss sich immer der Sicherheits- und Wartungsanforderungen bewusst sein, damit das Staubbekämpfungssystem ordnungsgemäß betrieben werden kann.

Vorausblick...

Dieses einleitende Kapitel des Abschnittes „Staubkontrolle“ bietet einen Überblick über das Thema und erläutert die Bedeutung der Staubkontrolle. In den folgenden drei Kapiteln wird die Diskussion über die Staubkontrolle fortgesetzt und die verschiedenen Aspekte werden eingehender betrachtet: Die Passive Entstaubung, die Staubunterdrückung und die Staubabscheidung. Wenn alle Teile des Staubkontrollsystems richtig harmonieren, wird der Betrieb sauberer, sicherer und produktiver werden.

REFERENZEN

- 17.1 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 17.2 Alle Hersteller und die meisten Vertreiber von Gurtmaterial bieten eine Vielfalt an Informationsmaterial an, sowohl in Bezug auf den Aufbau und die Verwendung ihrer eigenen Produkte als auch über Förderbänder im Allgemeinen.

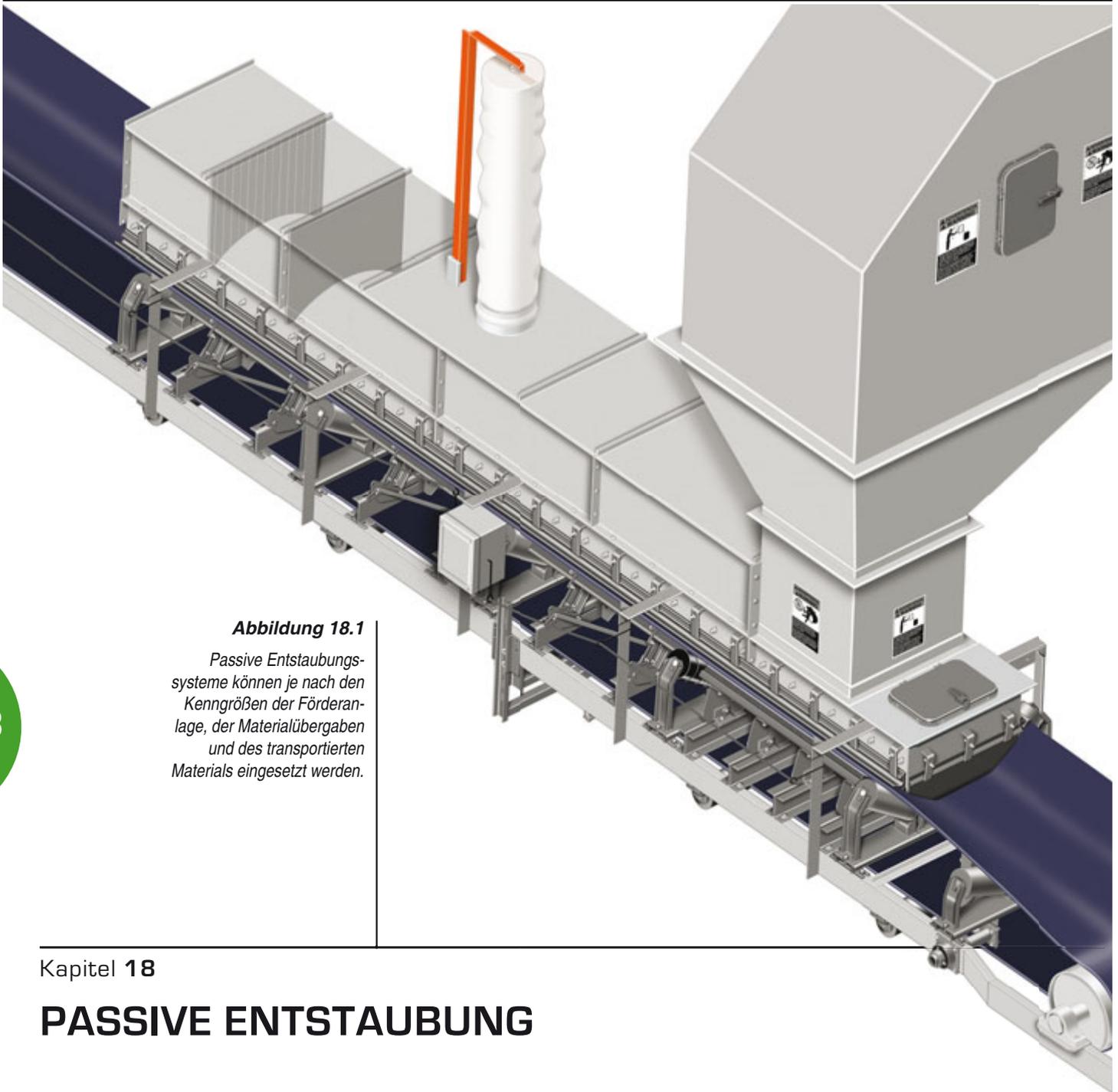


Abbildung 18.1

Passive Entstaubungssysteme können je nach den Kenngrößen der Förderanlage, der Materialübergaben und des transportierten Materials eingesetzt werden.

18

Kapitel 18

PASSIVE ENTSTAUBUNG

Minimierung des Staubes an Übergabepunkten.....	297
Schurren und Absetzbereiche	297
Steuerung der in die Übergabe eintretenden Luft	299
Staubvorhänge an Austrittsbereichen.....	300
Staubfangsäcke.....	300
Typische Spezifikationen.....	302
Sicherheitsrelevante Fragen.....	302
Weiterführende Themen.....	302
Wenn passive Kontrollen nicht ausreichen	303

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel stellen wir eine Vielzahl Methoden der passiven Entstaubung vor. Sie können bereits bei der Planung der Förderanlagen integriert werden oder, bei später festgestelltem Bedarf, nachträglich hinzugefügt werden. Gleichzeitig liefern wir Informationen über den Einbau und Verwendung dieser passiven Entstaubungsmethoden bei verschiedenen Anwendungen.

Ladezonen und Abwurfstellen von Förderanlagen sind wesentliche Quellen der Erzeugung und Freisetzung von Schwebestäuben. Es gibt eine Vielzahl von Systemen zur Kontrolle von Schwebestäuben, die an den Be- und Entladezonen von Förderanlagen installiert werden können. Die Auswahl des richtigen Systems hängt von einer Anzahl von Faktoren ab, z. B. von der Beschaffenheit des transportierten Materials, der Abwurfhöhe und von den Geschwindigkeiten sowie Winkeln des entladenden und des aufnehmenden Bandes.

Passive Entstaubungssysteme - Systeme, die keine externe Versorgung z. B. mit Elektrizität oder Wasser benötigen - können je nach den Kenngrößen der Förderanlage, des Beschickungsbereichs und des transportierten Materials eingesetzt werden (**Abbildung 18.1**).

MINIMIERUNG DES STAUBES AN ÜBERGABEPUNKTEN

Während eine vollständige Beseitigung der Staubbildung unwahrscheinlich ist, sollte der erste Schritt bei der Entstaubung stets die Minimierung der erzeugten Menge an Schwebestäuben sein. Deshalb sollte jede Änderung in der Konstruktion des Systems oder der Produktionstechnik in Erwägung gezogen werden, die zu einer Reduzierung der produzierten Staubmenge führt.

Die Minimierung der Fallhöhe vermindert zum Beispiel die an die Feinanteile übertragene Energiemenge und senkt die in die Luft freigesetzte Staubmenge. Folglich ist es am besten, wenn man Fördersysteme mit geringstmöglichen Fallhöhen konzipiert.

Da die Staubbildung generell nicht völlig verhindert werden kann, müssen andere Systeme zur Unterdrückung und Erfassung eingesetzt werden. In ihrer einfachsten Form erfordern diese Entstaubungssysteme während der Konstruktion des Übergabepunktes lediglich die Berücksichtigung einer reduzierten Luftströmung.

Die durch das System strömende Luftstrom kann durch Reduzieren der in den Übergabepunkt eintretenden Luftmenge kontrolliert werden, als auch durch ein groß genug bemessenes Volumen zur Verlangsamung oder Minimierung des Luftstromes und durch zusätzliche Maßnahmen zur Kontrolle und Verlangsamung der Luftbewegung. Wird die Luftgeschwindigkeit vermindert, werden die in der Luft schwebenden Partikel zu schwer, um von der reduzierten Luftgeschwindigkeit getragen werden zu können und sie fallen aus dem Luftstrom aus.

SCHURREN UND ABSETZBEREICHE

Die Vergrößerung des Absetzbereichs

Als Beispiel sei hier das Strömungsprinzip nach Bernoulli und Venturi angeführt, nach dem ein Luftstrom beim Passieren einer Verengung eine Beschleunigung erfährt. Dies wird durch den Druckanstieg der strömenden Luft auf der Seite vor der Verengung und den Druckabfall nach der Verengung verursacht. In Übereinstimmung mit diesem physikalischen Grundprinzip, sollte der eingehauste Bereich vergrößert werden, um eine Verlangsamung des den Übergabepunkt durchströmenden Luftstromes zu erreichen.

Bei den Übergabepunkten an Förderanlagen bezeichnet man diesen eingehausten Bereich als Absetzbereich (**Abbildung 18.2**). Der Absetzbereich ist der Bereich nach dem Aufprallbereich der Ladezone. Die Länge des Absetzbereichs dient der Verlangsamung des Luftstromes und ermöglicht dem in der Luft schwebenden Staub die Rückkehr zur Hauptmasse der Ladung. (Siehe Kapitel 11: „Fördergutführungsleisten“, besonders Gleichung 11.1.) Die Höhe des Absetzbereichs sollte so bemessen sein, dass der berechnete, den Übergabepunkt durchströmende

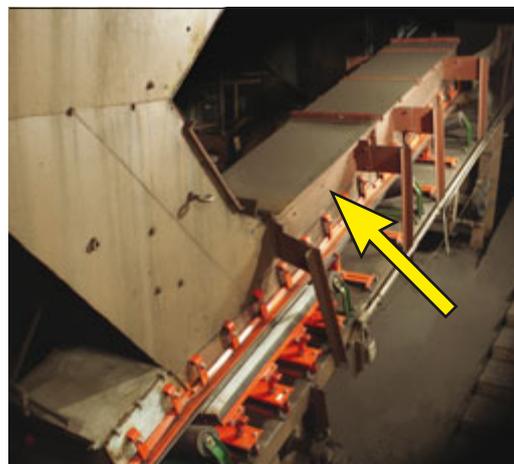


Abbildung 18.2

Der Absetzbereich ist der Bereich nach dem Aufprallbereich der Ladezone, wo der Luftstrom verlangsamt wird und wo der in der Luft schwebende Staub zur Hauptmasse der Ladung zurückkehren kann.

Luftstrom auf weniger als 1,0 m/s verlangsamt wird. (Siehe Kapitel 11: „Fördergutführungsleisten“, besonders Gleichung 11.2.)

Modulare Schurrenwandsysteme

Durch die Verwendung modularer Schurrenwandsysteme können Einfassungsbereiche so gebaut oder vergrößert werden, dass sie als wirksame Absetzbereiche wirken können (**Abbildung 18.3**). Bei diesen Systemen werden vorgefertigte Baufelder mittels eines Schraubsystems miteinander verbunden, mit den Vorteilen einer sparsamen Bauweise und einer leichten Montage vor Ort. Sie sind in genormten Größen verfügbar und können für die meisten Absetzbereiche passend kombiniert werden.

Mit Hilfe dieser modularen Schurrenwand- oder Einfassungssysteme können vorhandene

Absetzbereiche ganz einfach vergrößert werden (**Abbildung 18.4**). Unter Ausnutzung der Einfachheit und der Vorkonfektionierung kann dieses modulare System auch für die Gestaltung und den Bau der Absetzbereiche auf neuen Übergabepunkten eingesetzt werden. Modulare Systeme erleichtern die Anpassung von Systemen, wenn an den Übergabepunkten aufgrund veränderter Material- oder Förderbandverhältnisse Umbauten erforderlich werden.

Technisch ausgelegte Übergabeschurren

Ein fortschrittlicher Ansatz zur passiven Entstaubung ist die Verwendung von ingenieurmäßig konzipierten Durchflussschurren. Bei diesen Schurren lenkt und grenzt ein Haube- und-Trichter - System den Materialfluss ein (**Abbildung 18.5**).

Abbildung 18.3

Bei den modularen Schurrenwandsystemen werden vorgefertigte Baufelder mittels eines Schraubsystems miteinander verbunden, mit den Vorteilen einer sparsamen Bauweise und einer leichten Montage vor Ort.



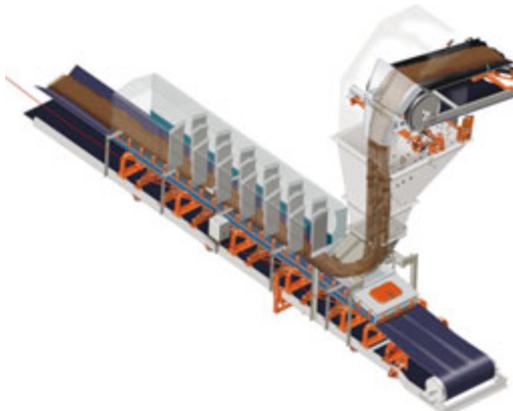
Abbildung 18.4

Dieses modulare System kann für die Gestaltung und den Bau von Absetzbereichen auf neuen Übergabepunkten oder zur Modifizierung bestehender Übergabepunkte verwendet werden.



Abbildung 18.5

Bei ingenieurmäßig konzipierten Durchflussschurren lenkt und grenzt ein Haube- und-Trichter - System den Materialfluss ein.



Die Abwurfleithaube reduziert die Ausbreitung des Materials und lenkt den Strom abwärts. Der Auffangtrichter bietet eine gekrümmte Beschickungsschurre mit einer gleichmäßigen Falllinie, so dass das Material zur Aufgabe hinabgleitet, wobei es sich hier um ein Behältnis oder um eine weitere Förderanlage handeln kann. Der Auffangtrichter gibt das Material gleichmäßig und fortlaufend auf und kontrolliert die Geschwindigkeit, die Richtung und die Aufprallwucht des Materials im Beschickungsbereich.

Grundsätzlich halten diese Haube- und-Trichter - Systeme den Materialstrom in einem engen Profil und reduzieren die Störung des natürlichen Materialflusses durch die Übergabe. Dadurch, dass das Material in einem kompakten Körper zusammengehalten wird, vermindert sich die in den Übergabepunkt eingeführte Luftmenge. Die Kontrolle der Richtung des Materialflusses reduziert die Aufprallwucht und damit die Staubbildung.

Zur Angleichung der Bandgeschwindigkeit und Richtung dämpft dieses System die Prallwirkung, die beim Auftreffen des Materials auf die aufnehmende Förderanlage auftritt, durch eine Reduzierung der Geschwindigkeit und der Wucht des Materials im Beschickungsbereich. Deshalb entweicht weniger Staub und Luft mit hoher Geschwindigkeit. Da das Material mehr oder weniger sanft auf das Band aufgebracht wird, erfährt das Material auf dem Band nur ein Minimum an Turbulenz. Es prallt nicht so heftig auf, was zu einer Verminderung der Schäden am Band führt, und es treten weniger seitlich wirkende Kräfte auf, die das Material zu den Bandseiten drängen.

Es wird manchmal entweder die Abwurfleithaube oder der Auffangtrichter eingesetzt, aber nicht beides. In manchen Fällen steht nicht genug Platz zur Verfügung, um beide Komponenten in die Konstruktion einzubeziehen. Bei stark anhaftenden Materialien kann die Abwurfleithaube eingesetzt werden, um den Materialstrom nach unten zu dirigieren und so eine mittige Beladung zu erreichen. Diese Variante sieht man oft auf Überlandförderanlagen, auf denen veränderliche Materialien transportiert werden, oder beim Transport von klebrigen Materialien, wie z. B. von Nickelkonzentraten oder Bauxit. Die Schwerkraft und der Materialfluss halten die Abwurfleithaube frei und verhindern so die Verstopfung der Schurre. Bei frei fließenden Materialien wird oft nur der Auffangtrichter verwendet, um die Richtung des Materialstroms zu ändern und damit Abrasion am Band und seitlichen Druck auf die Einfassung zu minimieren. Bei veränderlichen Kenngrößen der Schüttgüter sind Auffangtrichter anfällig für Rückstaubildung und für das Durchschießen des Materials. Zum Ausgleich für Schwankungen im Material kann im Auffangtrichter ein gewisser Spielraum konstruktiv berücksichtigt werden. Der Hauptnachteil des Haube-und-Trichter-Konzepts sind die Anschaffungskosten für diese speziell konstruierten Komponenten. Wo sie jedoch eingesetzt und betrieben werden können, bieten sie wesentliche Vorteile bei der Reduzierung von Staub, Materialverlusten und Bandverschleiß.

Dieses Haube-und-Trichter-System funktioniert am besten, wenn die Durchsatzgeschwindigkeit des Schüttgutes so gleichförmig wie möglich gehalten wird. In vielen Betrieben kann der erfolgreiche Einsatz dieses Systems durchaus den Einbau eines aktiven Entstaubungssystems überflüssig machen. (Siehe Kapitel 22: „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“.)

STEUERUNG DER IN DIE ÜBERGABE EINTRETENDEN LUFT

Beim Verlassen der Kopftrommel fächert das Material auf und hat dabei das Bestreben, mehr Luft mit sich zu reißen und aufzunehmen. Deshalb sollte der Eintrittsbereich der Schurre so weit wie möglich abgedichtet werden, damit keine weitere Luft in den sich bewegenden Materialstrom eingetragen wird.

Eine Technik, die zur Reduzierung des Lufteintrags eingesetzt wird, ist die Abdeckung des Eingangsteils der Förderanlage über eine gewisse Länge hinweg vor dem Übergang in die Kopf- (Entlade-)schurre. Bei dieser Einhausung werden zwischen der Tragseite und der Rück-

laufseite des Bandes Barrieren eingebaut. Das geschieht ebenso zwischen der Rücklaufseite des Bandes und der Schurre sowie zwischen der Schurre und der Oberseite der Ladung (**Abbildung 18.6**). Oft bestehen diese Barrieren aus Gummiplatten oder -vorhängen. Dabei ist der Grundgedanke, so viel offene Fläche wie möglich abzusperren, damit so wenig Luft wie möglich in den Materialstrom eingetragen wird, wenn das Material an der Kopftrommel abgeworfen wird und auffächert.

Luftunterstützte Fördersysteme sollten in Betracht gezogen werden, da sie den Vorteil einer eingehausten Tragseite haben, wodurch der Zutritt der Luft in der Abwurfschurre beschränkt ist. Die Verwendung von Barrieren zur Blockierung der in die Abwurfschurre eintretenden Luftströme vermindert die Möglichkeit des Lufteintrags in den Materialstrom beim Auffächern des Materials, d. h. von Luft, die dann wieder freigesetzt werden würde, wenn der Materialstrom auf einem anderen Band, in einem Silo oder auf Halde abgeworfen wird. Es ist gleichermaßen wichtig, dass alle anderen Öffnungen in der Schurre geschlossen werden, um die offenen Bereiche zu reduzieren, wo Luft in die Schurre hineingezogen werden kann oder wo Staub austritt. Zugangstüren und Öffnungen um Schächte und Sensoren herum müssen mit Dichtungen versehen werden.

Eine Methode zur Reduzierung des Lufteintrags am Eintritt des Bandes in eine Ladezone ist die Anbringung einer Barriere zwischen der Rücklaufseite und der Tragseite, die oft aus einem Staubvorhang, einem Stück gebrauchten Gurtmaterials oder einer Gummiplatte besteht. Von einer Seite der Kopfschurre bis zur anderen Seite reichend angebracht, begrenzt die Barriere teilweise den freien Raum um die Kopftrommel herum, isoliert sie und vermindert die Luftströmung. Alle Öffnungen in der Kopfschurre müssen abgedichtet werden, um Lufteintrag so weit wie möglich zu reduzieren. Hierzu gehören Wellendichtungen, Kontrolltüren, Öffnungen zur Bandreinigung und Ein- und Austrittsstellen des Bandes.

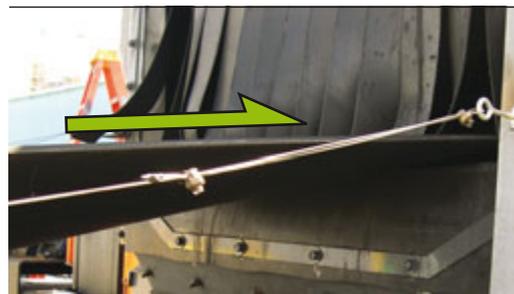


Abbildung 18.6

Beim Eintritt des Förderbandes in den Übergabepunkt werden Barrieren aus Gummivorhängen angebracht, um den Lufteintritt in diesem Bereich zu verhindern.

STAUBVORHÄNGE AN AUSTRITTSBEREICHEN

Eine andere Möglichkeit zur passiven Entstaubung ist der Einbau von Staubvorhängen nahe am Austritt des Absetzbereichs des Übergabepunktes (**Abbildung 18.7**). Hier, wo das Band den Übergabepunkt verlässt, wirken die Gummivorhänge als Barriere oder Dämpfungselement zur Beruhigung der Luftströmungen, damit Schwebestäube auf das Band zurückfallen können. Die Vorhänge bilden einen „Absetzbereich“, in dem der Luftstrom vermindert wird, damit sich der Staub legen kann.

Bei den meisten Förderanlagen wird der Einbau von mindestens zwei Vorhängen als vorteilhaft erachtet. In manchen Betrieben werden noch zusätzliche Vorhänge installiert, besonders wo Staubabscheidungen und/oder Staubunterdrückungssysteme isoliert sein müssen.

Diese Gummivorhänge können als einzelne Vorhänge in der Breite der Einfassung angefertigt werden. Man kann sie auch kürzer als die Einfassungsbreite anfertigen und abwechselnd oder gestaffelt einbauen, um den Luftstrom zu verlangsamen (**Abbildung 18.8**)

Diese Vorhänge sollten aus einem Elastomer mit einer Durometerhärte von 60 bis 70 bestehen und etwa 25 mm auf der Oberseite des auf dem Band transportierten Produktes aufliegen. Die Vorhänge werden von oben her abwärts in die Einhausung des Übergabepunk-

tes eingebaut und oft vor Ort passend zu den Muldungswinkeln und zum Profil der Ladung zurechtgeschnitten.

Statt die Vorhänge am Ende des abgedeckten Teils der Schurre einzubauen, ist es vorteilhafter, wenn man sie innerhalb der abgedeckten Einfassung in einem Abstand von 300 bis 600 mm vom Ende der Schurre einbaut. Je höher die Bandgeschwindigkeit ist, desto tiefer sollten sie in die Schurre hineingebaut werden. Wenn der Vorhang am Ende der stählernen Einhausung angebracht ist, können die vom Vorhang getroffenen Materialpartikel auf dem Band verschoben werden. Sind die Vorhänge jedoch so platziert, dass der letzte Vorhang sich noch innerhalb der Einhausung befindet, kann sich das vom Vorhang gestreifte Material noch innerhalb des von der Einhausung umschlossenen Bereiches in ein stabiles Profil absetzen. Die Vorhänge sollten in Abständen von 450 mm angebracht werden und so einen Bereich bilden, in dem sich der Staub legen kann, oder wo Staubabscheidungen oder Staubunterdrückungssysteme installiert werden können. Die Verwendung von dualen Staubvorhängen in Verbindung mit Staubunterdrückungssystemen ist ein patentiertes Verfahren von The Raring Corporation (Website: raringcorp.com). Werden Vorhänge zur Isolierung von Staubunterdrückungssystemen und/oder von Staubabscheidungen verwendet, ist es vorteilhafter, wenn sie in Abständen von 900 mm angebracht werden.

Wenn zwei oder mehr Vorhänge installiert werden, können die inneren Vorhänge aus ganzen (ungeschlitzten) Gummiplatten bestehen, um die Möglichkeit zur Luftsteuerung zu verbessern. Nur der letzte Vorhang am Bandaustritt muss geschlitzt sein, damit das Material nicht vom Band abgestreift wird.

Die Vorhänge sollten die Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten an der Schurre nicht beeinträchtigen und leicht entfernbar sein, damit man sie einfacher austauschen kann.

Abbildung 18.7

Eine andere Möglichkeit zur passiven Entstaubung ist der Einbau von Staubvorhängen nahe am Ende der Schurre, am Austritt des Absetzbereichs des Übergabepunktes.



Abbildung 18.8

Staubvorhänge kann man in Längen anfertigen, die kürzer als die Breite der Einfassung sind, und sie dann abwechselnd oder gestaffelt einbauen, um den Luftstrom zu verlangsamen.



STAUBFANGSÄCKE

Wichtig ist, dass der positive Luftdruck - die Kraftwirkung der sich durch die und weg von der Ladezone bewegende Luft - so kontrolliert wird, dass der nach außen gerichtete Druck gegen das Abdichtsystem minimiert und die Freisetzung von Staub vermindert wird.

Ein passiver Ansatz ist die Montage des mindestens einen Staubfiltersacks (**Abbildung 18.9**). Staubfangsäcke können vor der Witterung geschützt werden und bieten den-

noch die Möglichkeit zur Staubsammlung, ohne dafür ein zentrales Entstaubungssystem mit Filtersäcken zu benötigen. Sie werden oft eingesetzt, wenn ein vergrößerter Absetzbereich nicht möglich ist, oder wenn große Mengen an erzeugter Luft kontrolliert werden müssen. Diese Säcke filtern die abgehende Luft, um den Austritt von Staub in die Umgebung der Anlage zu minimieren. Diese Systeme bestehen aus einem offenen Anschlussstutzen in der Abdeckung des eingefassten Bereiches, über den ein Filtersack, ein Strumpf oder eine Stulpe gestülpt wird (**Abbildung 18.10**). Diese Säcke können mit einer einfachen Schlauchschelle am Rand des Anschlussstutzens befestigt werden. Der Überdruck entweicht durch den Staubfangsack und der Staub schlägt sich auf der Innenseite des Sackes nieder. Abhängig von der Größe und der Durchlässigkeit des Sackes und von den Luftströmen am Übergabepunkt, kann auch der Einbau mehrerer Staubfangsäcke erforderlich sein.

Am oberen Ende der Staubfangsäcke ist normalerweise eine Öse angebracht, an der der Sack hängend an einer Haltevorrichtung befestigt werden kann (**Abbildung 18.11**). Obwohl der Sack auch ohne Befestigung an der Haltevorrichtung eingesetzt werden kann, besteht dabei jedoch die Gefahr einer Beschädigung durch die Einwirkungen des Windes oder wenn sich der Sack auf die Seite legt. In Betrieben, wo diese Druckentlastungssäcke Umwelteinflüssen wie z. B. Schnee oder Regen ausgesetzt sind, sollten die Säcke mit einer Schutzabdeckung versehen werden.

Je nach Durchlässigkeit des Filtermaterials und der Oberfläche des Sackes verfügt jeder Sack über eine gewisse Kapazität in Bezug auf die Luftdurchströmung. Die erforderliche Größe und Anzahl von Säcken steht in einem direkten Verhältnis zu den Eigenschaften des Filtersackes. (Siehe weiterführende Themen: *Berechnung der Größe eines Staubfangsacks*.)

Normalerweise wird ein Staubfangsack nach dem Beschickungsbereich in einer Entfernung angebracht, die etwa einem Drittel der Länge der Übergabeschurre entspricht. Empfehlenswert ist der Einbau von Staubvorhängen im eingefassten Bereich auf jeder Seite des Sacks, weil dadurch der Luftstrom verlangsamt wird und mehr Luft durch den Staubfangsack austreten kann.

Es ist darauf zu achten, dass oberhalb der Schurre ein ausreichend bemessener Freiraum für den Einbau der Haltevorrichtung zur Verfügung steht und damit sich der Sack vollständig

entfalten kann. Der Staub kann mechanisch vom Filtersack gelöst werden, durch manuelles Schütteln oder selbst durch das Kollabieren des Sackes, wenn der Luftstrom bei Stillstand der Anlage unterbrochen wird.

Während des Einsatzes können Staubfangsäcke eine elektrostatische Aufladung hervorrufen. Diese Aufladung könnte einen Funken verursachen, der zu einer Explosion führen könnte, wenn die Voraussetzungen dazu gegeben sind. Um diese Erscheinung zu bekämpfen, weben die Hersteller der Filtersäcke ein rostfreies Maschengewebe in das Material ein, das zur Ableitung der Aufladung geerdet wird. Diese Ableitung kann auch durch das Einweben von leitfähigen Kohlenstoff-Fasern in das Gewebe erreicht werden. Wenn die Gefahr der Bildung explosiver Stäube gegeben ist, müssen antistatische Staubfangsäcke verwendet werden.



Abbildung 18.9

Staubfangsäcke können vor der Witterung geschützt werden und bieten dennoch die Möglichkeit zur Staubsammlung, ohne dafür ein zentrales Entstaubungssystem mit Filtersäcken zu benötigen.



Abbildung 18.10

Die Anordnung eines Staubfangsackes besteht aus einem offenen Anschlussstutzen im Dach des eingefassten Bereiches, über den ein Filtersack, ein Strumpf oder eine Stulpe gestülpt wird.



Abbildung 18.11

Am oberen Ende der Staubfangsäcke ist normalerweise eine Öse angebracht, an der der Sack hängend an einer Haltevorrichtung befestigt werden kann.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Staubfangsäcke

Die Abdeckung der Einfassung ist mit einem oder mehreren Staubfangsäcken zu versehen, um überschüssigen Luftdruck entweichen zu lassen und um Schwebestäube einfangen zu können. Jeder Sack ist so zu dimensionieren, dass je Sack $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ Luft am Übergabepunkt entweichen kann. Der Sack muss über einen Anschlussstutzen im Dach des eingefassten Bereiches passen und ist an einem an der Abdeckung angebrachten Haltearm hängend zu befestigen. Zur Reduzierung der Gefahr einer Staubexplosion ist der Sack antistatisch ausgerüstet. Das zur Herstellung des Sackes verwendete Gewebe ist für das transportierte Schüttgut geeignet.

B. Staubvorhänge

Der Absetzbereich der Schurre wird mit mindestens zwei Staubvorhängen ausgestattet, um Luftstöße zu vermindern und um die Weglänge des Luftstromes zu erhöhen. Die Vorhänge bestehen aus Elastomergummi und hängen von der Abdeckung der Einfassung herab. Die Unterkante der Vorhänge wird vor Ort passend zum Muldungswinkel der Förderanlage und zum Profil des Materials auf dem Band zurechtgeschnitten. Die Staubvorhänge sind in Abständen von 450 mm anzubringen und der letzte Vorhang

wird nicht näher als 300 bis 600 mm vom Austritt der Einfassung entfernt montiert.

C. Absetzbereich

Der Absetzbereich besteht aus Materialien, die für das transportierte Schüttgut geeignet sind. Die Länge und die Höhe des Absetzbereichs sind so zu berechnen, dass die Luftgeschwindigkeit am Übergabepunkt auf weniger als 1 m/s reduziert wird. (Siehe Kapitel 11: „Fördergutführungsleisten“, besonders Gleichungen 11.1 und 11.2.)

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Berechnung der Größe eines Staubfangsacks

Staubfangsäcke können pro Zeitintervall eine begrenzte Menge an Luft passieren lassen. Diese Luftdurchflussmenge steht zur Durchlässigkeit des Filtermaterials und der Oberfläche des Sackes in einem proportionalen Verhältnis.

Die Vorgehensweise bei der Größenbestimmung eines Staubfangsacks für eine bestimmte Anwendung lautet wie folgt:

- A. Luftstrom ermitteln. Dieser kann gemessen oder berechnet werden. (Siehe Kapitel 7: „Luftkontrolle“ für weitere Informationen über den

18



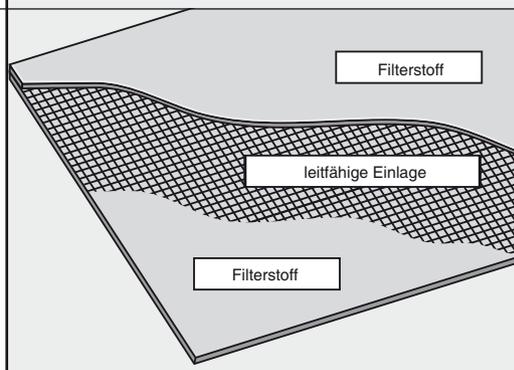
SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Um das Risiko von Explosionen zu reduzieren, kann das Gewebe des Staubfangsacks mit einem integrierten Erdungsdraht versehen sein (**Abbildung 18.12**). Diese Drähte leiten jede elektrostatische Aufladung in die Erde ab. Die Drähte haben

einen niedrigen elektrischen Widerstand, in Übereinstimmung mit der DIN-Norm 54345, Teile 1 und 3. Je nach Standort und Zugänglichkeit kann vor der Durchführung der Wartungsarbeiten an Staubfangsäcken die Durchführung ordnungsgemäßer Sicherungsmaßnahmen an der Förderanlage erforderlich sein, wie z. B. Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout). Falls der eingesammelte Staub ein Gesundheitsrisiko darstellt, muss entsprechende persönliche Schutzausrüstung verwendet werden und es sind die entsprechenden Entsorgungsvorschriften zu befolgen.

Abbildung 18.12

Um das Risiko von Explosionen zu reduzieren, kann das Gewebe des Staubfangsacks mit einem integrierten Erdungsdraht versehen sein.



Gesamtluftstrom und speziell Gleichung 7.1 - Berechnung des Gesamtluftstroms.)

- B. Ansetzen eines angemessenen Sicherheitsfaktors für den Luftstrom.
- C. Auswahl eines Filtermediums, das die Luft durchlässt, aber den bei einer Anwendung vorhanden Staub jedoch aufhält.
- D. Überprüfung der Notwendigkeit für antistatisches Gewebe.
- E. Bestimmung der Gewebeoberfläche durch Division des erforderlichen Luftstroms durch die Durchlässigkeit des Gewebes (**Gleichung 18.1**).
- F. Gestaltung des Sackes mit der erforderlichen Oberfläche und passend zu den geometrischen Gegebenheiten der Anwendung. Diese Oberfläche kann mit einem einzelnen Sack oder mit mehreren Säcken erreicht werden.

Förderanlage, des Beschickungsbereichs und des transportierten Materials abhängt.

Es gibt jedoch eine ganze Menge Anwendungsfälle, bei denen die Beschaffenheit des Materials und/oder die Gestaltung des Verarbeitungsprozesses den Einsatz zusätzlicher Entstaubungssysteme erforderlich machen. Diese Systeme erfordern eine aktive Staubkontrolle, einschließlich der Staubunterdrückung und/oder Staubabscheidung. Die Auswahl der Staubunterdrückung und/oder der Entstaubung wird von anderen Kriterien bestimmt, einschließlich des Materials, wie es bewegt wird und in Abhängigkeit vom nächsten Verfahrensschritt. (für weitere Informationen siehe Kapitel 19: „Staubunterdrückung“ und Kapitel 20: „Staubabscheidung“)

Vorausblick...

Dieses Kapitel, „Passive Entstaubung“, das zweite Kapitel im Abschnitt „Staubkontrolle“, beschreibt die Methoden zur Entstaubung, die keine externe Versorgung mit Elektrizität oder mit Wasser erfordern. Die folgenden zwei Kapitel setzen diesen Abschnitt fort und beschreiben Methoden zur aktiven Entstaubung: Staubunterdrückung und Staubabscheidung.

WENN PASSIVE KONTROLLEN NICHT AUSREICHEN

Und zum Abschluss...

Da die Staubbildung wirklich nicht völlig verhindert werden kann, können passive Methoden zur Staubkontrolle bei der Unterdrückung und Erfassung von Staub erfolgreich angewendet werden. Hier steht eine Vielzahl von Methoden zur Verfügung, wobei die Verwendung eines dieser Systeme von den Kenngrößen der



$$A = \frac{SF \cdot Q_{tot}}{P_f}$$

Gegeben: Ein Staubfangsack muss 0,25 m³/s (540 ft³/min) abführen. Die Durchlässigkeit des Materials beträgt 0,127 m/s (25 Fuß/min). Angenommen wird ein Sicherheitsfaktor von 1,25.
Gesucht: Die erforderliche Oberfläche des Filtermediums.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
A	Oberfläche des Filtersacks	Quadratmeter	Quadratfuß
SF	Sicherheitsfaktor	1,25	1,25
Q_{tot}	Gesamtluftstrom	0,25 m³/s	540 ft³/min
P_f	Durchlässigkeit	0,127 m/s	25 ft/min

Metrisch: $A = \frac{1,25 \cdot 0,25}{0,127} = 2,5$

Amerikanisch: $A = \frac{1,25 \cdot 540}{25} = 27$

A	Oberfläche des Filtersacks	2,5 m²	27 ft²
----------	----------------------------	--------	--------

Gleichung 18.1

Berechnung der Fläche eines Filtersacks

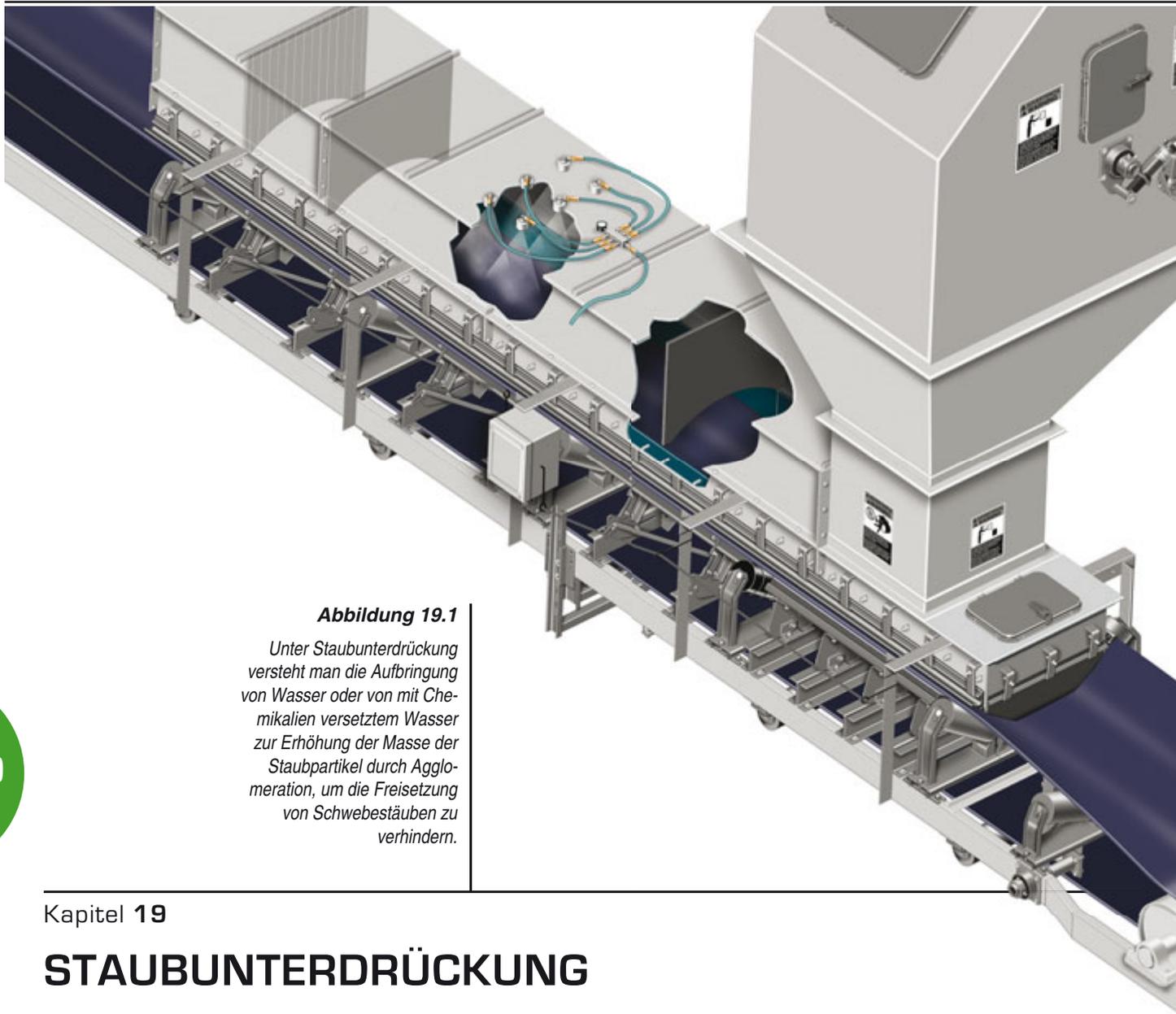


Abbildung 19.1

Unter Staubunterdrückung versteht man die Aufbringung von Wasser oder von mit Chemikalien versetztem Wasser zur Erhöhung der Masse der Staubpartikel durch Agglomeration, um die Freisetzung von Schwebestäuben zu verhindern.

Kapitel 19

STAUBUNTERDRÜCKUNG

Staubunterdrückung.....	305
Staubunterdrückung mittels Wasser.....	307
Staubunterdrückung mittels Nebel.....	309
Zusatz von Chemikalien.....	311
Staubunterdrückung mittels Schaum.....	313
Nachhaltig wirkende Chemikalien.....	314
Systeme und Platzierung.....	316
Sicherheitsrelevante Fragen.....	317
Systemwartung.....	317
Typische Spezifikationen.....	318
Typische Anwendungsbeispiele für die Staubunterdrückung.....	318
Weiterführende Themen.....	321
Staubunterdrückung: Ein Teil im Puzzle-Spiel.....	321

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel werden verschiedene Arten von Staubunterdrückungssystemen dargestellt, einschließlich Sprühsysteme, Schaumsysteme und Nebelsysteme, die Wasser mit und ohne Zusätze verwenden. Es werden die Vor- und Nachteile dieser Systeme angesprochen, zusammen mit allgemeinen Richtlinien für die Anwendung der verschiedenen Methoden, ohne eine bestimmte Vorgehensweise vorzuschlagen. Jede Umsetzung der hier enthaltenen Informationen sollte von Fachleuten begleitet werden, die über entsprechende Erfahrungen im spezifischen Anwendungsfall verfügen.

Unter Staubunterdrückung versteht man die Aufbringung von Wasser oder von mit Chemikalien versetztem Wasser zur Erhöhung der Masse der Staubpartikel durch Agglomeration, um die Freisetzung von Schwebestäuben zu verhindern. Das Wasser oder die Mischung aus Wasser und Chemikalien kann entweder auf Schüttgütern aufgebracht werden, um den Übertritt von feinen Partikeln in die Luft zu verhindern, oder in die Luft über Schüttgütern, um einen Vorhang oder eine Barriere zu schaffen, durch welche die benetzten Feinanteile in der Luft in das Schüttgut zurückgeführt werden.

Für diesen Zweck stehen eine ganze Reihe von Systemen zur Verfügung, angefangen vom „Gartenschlauch“-Sprühsystem, bis hin zu den hoch entwickelten, automatisierten Systemen, bei denen das Wasser – entweder mit Chemikalienzusatz oder ohne – als Sprühstrahl, Schaum oder Nebel aufgebracht wird (**Abbildung 19.1**).

Ein Vorteil von Staubunterdrückungssystemen ist, dass das behandelte Schüttgut für die Weiterverarbeitung nicht wieder „in die Hand“ genommen werden muss, wie dies bei einem Staubabscheidungssystem der Fall ist. Der niedergeschlagene Staub wird in den Schüttgutstrom zurückgeführt und durchläuft den Verfahrensablauf wie üblich, ohne dass zusätzliche Gerätschaften für die Materialerfassung erforderlich wären.

Ein Staubunterdrückungssystem kann in keinem Fall empfohlen werden, wenn das Schüttgut auf den Zusatz von Feuchtigkeit oder auf die Rückführung des Staubs in den Verfahrensablauf negativ reagieren würde.

STAUBUNTERDRÜCKUNG**Die Beurteilung der verschiedenen Möglichkeiten**

Die Auswahl der besten Lösung für eine Entstaubung bei einer gegebenen Anwendung hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Der Schlüssel dazu ist die Erfassung der grundlegenden Eigenschaften des Schüttgutes, der Anwendungsbedingungen und des geforderten Leistungsniveaus.

Es stehen auch einige allgemeine Richtlinien für die Anwendbarkeit der verschiedenen Staubunterdrückungsmethoden zur Verfügung (**Tabelle 19.1**).

Ebenso sollten die Montagekosten und die laufenden Betriebskosten für Energie, Chemikalien und Wartung überprüft werden. Ein anderer Aspekt bei der Auswahl des Systems ist die Verfügbarkeit von Ressourcen wie z. B. Wasser, Druckluft und Strom.

Eine einfache Entstaubung mittels Sprühwasser kann die niedrigsten Betriebskosten aufweisen, aber gleichzeitig kann es auch die am wenigsten wirksame Lösung sein.

Auf die Größe kommt es an

Das Grundprinzip bei den Staubunterdrückungssystemen besteht darin, dass die Staubpartikel (ob in der Luft schwebend oder in der Hauptmasse des transportierten Schüttgutes enthalten) am ehesten mit Wasserpartikeln von derselben relativen Größe interagieren.

Wenn sich die Wassertropfchen mit den Staubpartikeln vermischen und diese agglomerieren, fallen die dadurch entstehenden schwereren Partikel zurück in den Schüttgutstrom. Für eine optimale Wirksamkeit müssen die Wassertropfchen eines Staubunterdrückungssystems denselben Größenbereich aufweisen wie die Schwebestäube. Sind die Wassertropfchen zu groß, verdrängt die Luft um die Tropfchen herum die kleineren Staubpartikel und treibt sie im „Windschatten“ der Tropfchen weiter (**Abbildung 19.2**). Sind die Wassertropfchen jedoch richtig dimensioniert und in ausreichender Menge vorhanden, verbinden sie sich mit den Materialpartikeln und fallen aus der Luft aus.

Hierzu muss das Staubunterdrückungssystem in der Umgebung der Staubteilchen Tropfchen mit derselben Größe abgeben, damit die besten Voraussetzungen für eine optimale Interaktion zwischen den beiden Stoffen gegeben sind. Bei

Tabelle 19.1

Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Staubunterdrückungssystems							
Staubunterdrückungs-system	Anwendung mit:						
	Übergabe-punkten	Brechern & Mühlen	Halden	Waggon-entladung	Bandschleifen-wagen	Schiffs-beladung	Schiffs-entladung
Sprühwasser	X			X			
Wassernebel	X						
Wasser + Luftnebel	X			X		X	
Wasser + Tensid - Sprühnebel	X		X	X	X	X	X
Schaum	X	X	X		X	X	
Hybrides Staubunterdrückungssystem + passive Staubabscheidung	X	X					
Hybrides Staubunterdrückungssystem + aktive Staubabscheidung	X	X		X			X

Anmerkungen: Wasser + Tensid - Sprühnebel und Schaum eignen sich am besten, wenn eine nachhaltige Wirkung erforderlich ist, (mehrere Anwendungspunkte, Brecher, große Entfernungen zwischen Anwendungspunkten, Haldenförderer/Absetzer, usw.). Sprühwasser, Wassernebel und Wasser + Luftnebel eignen sich am besten, wenn eine nachhaltige Wirkung nicht erforderlich ist. Bei einigen Schüttgutarten und/oder Verfahren ist kein Chemikalienzusatz möglich.

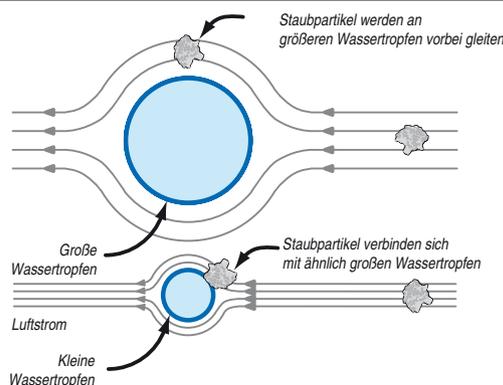
den einfachsten Sprühwassersystemen werden durch das Versprühen größerer Wassermengen zusätzliche kleine Wassertröpfchen quasi im Überschuss erzeugt. Je mehr Wasser versprüht wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass dabei richtig dimensionierte Wassertröpfchen entstehen. Ein Tensidzusatz verbessert bei den Sprühsystemen den Wirkungsgrad der Erfassung der Staubteilchen durch eine Verbesserung der Benetzungseigenschaften des Wassers. Diese oberflächenaktiven Stoffe machen das Wasser „nasser“, sie steigern den Wirkungsgrad bei der Staubbeneetzung und bieten damit die Möglichkeit zur Reduzierung der erforderlichen Wassermenge. Bei den Staubunterdrückungssystemen auf Nebel- oder Schaumbasis werden die für eine wirksame Niederschlagung des Staubes erforderlichen kleinen Tröpfchen jeweils mit anderen Methoden erzeugt, nämlich

durch Vernebelung/Zerstäubung bzw. durch Chemikalienzusatz.

Eine kritische Komponente bei der Auswahl eines Staubunterdrückungssystems ist das Wissen um die Kenngrößen des transportierten Schüttgutes. Einige Schüttgüter, wie z. B. Zement, vertragen kein Wasser. Deshalb sollte hier eine Staubunterdrückung vermieden werden. Bei einigen Schüttgütern werden die Staubpartikel sehr leicht von Wasser benetzt, während dies bei anderen Schüttgütern nicht der Fall ist. Der Zusatz einer oberflächenaktiven Chemikalie kann die Benetzungsfähigkeit des Wassers bei diesen normalerweise hydrophoben Schüttgütern verbessern. Zur Eruierung der Wirksamkeit einer gegebenen Chemikalie mit einem bestimmten Schüttgut sollten die Lieferanten für Staubunterdrückungschemikalien befragt werden. Vor dem Einsatz eines Staubunterdrückungssystems sind die Folgen eines Feuchtigkeitszusatzes zu einem Schüttgut und bei einem Prozess gründlich zu überprüfen.

Abbildung 19.2

Staubpartikel gleiten im „Windschatten“ um größere Wassertröpfchen herum, lagern sich aber leicht an Tröpfchen ähnlicher Größe an.



STAUBUNTERDRÜCKUNG MITTELS WASSER

Staubunterdrückung mit Wasser

Das Aufsprühen von Wasser auf Schüttgüter ist möglicherweise die älteste Methode zur Kontrolle entweichenden Staubes. Durch die Benetzung der in den Schüttgütern lagernden oder in

der Luft schwebenden feinen Partikel wird das Gewicht der einzelnen Partikel erhöht, wodurch die Wahrscheinlichkeit vermindert wird, dass die Partikel in die Luft übertreten bzw. dort in der Schwebelage bleiben. Die Feuchtigkeit erhöht die Kohäsionskraft zwischen den Staubpartikeln und lässt sie leichter agglomerieren, wodurch größere, schwerere Partikelgruppierungen entstehen und das Wegwehen von Feinanteilen durch die Luftbewegung erschweren. Dies wird am wirksamsten erreicht, wenn das Wasser aus einer Reihe von richtig dimensionierten Sprühdüsen an den Stellen aufgebracht wird, wo sich das Schüttgut ausdehnt und Luft aufnimmt, wie z. B. bei der Entladung von der Kopftrommel in einer Übergabeschurre.

Wasser kann auch zur Erzeugung eines Vorhangs um einen Übergabepunkt herum verwendet werden. Feine Staubanteile in der Luft kommen mit dieser Wasser-Barriere in Kontakt, ihre Masse nimmt dadurch zu und sie werden aus dem Luftstrom entfernt.

Die wirksamsten Sprühwassersysteme funktionieren bei niedrigen Geschwindigkeiten. Sprühstrahlen mit hoher Geschwindigkeit können die Luft und die Staubpartikel beschleunigen. Diese Energiezufuhr ist für die Zurückführung des Staubs in den Schüttgutstrom kontraproduktiv.

Die Vor- und Nachteile der Sprühwassersysteme

Die auf Wasser basierenden Staubunterdrückungssysteme werden technisch aufwendiger, je weiter sich die Technik im Bemühen um eine Verbesserung der Ergebnisse von der „Wasserschlauch“-Methode entfernt. Die Wirksamkeit von Sprühwassersystemen hängt von der Geschwindigkeit des aufgebrauchten Wassers ab, von der Tröpfchengröße, der Größe der Düsenöffnung, vom Standort und von der Anzahl der Sprühdüsen. Zu den Verbesserungsmöglichkeiten der Staubunterdrückung mittels Sprühwasser gehört die Reduzierung der Tröpfchengröße, die Erhöhung der Tröpfchenhäufigkeit oder auch eine Verminderung der Oberflächenspannung des Tröpfchens, wodurch die Vereinigung der Wassertröpfchen mit den Staubpartikeln erleichtert wird.

Sprühwassersysteme bieten einige Vorteile. Die Anwendungssysteme sind relativ einfach zu gestalten und zu betreiben. Wasser ist im Allgemeinen recht preiswert, ziemlich leicht verfügbar und generell sicher in Bezug auf die Umwelt sowie für die Mitarbeiter, die damit in Berührung kommen. Staubunterdrückungssys-

teme, bei denen Wasser zum Einsatz kommt, sind relativ einfache Systeme und erfordern keine kostspieligen, ausgeklügelten Einhausungen oder Abdeckungen. Änderungen können auch nach der Inbetriebnahme bei minimalen Kosten und Ausfallzeiten vorgenommen werden. Auf Wasserzusatz basierende Staubunterdrückungssysteme sind leicht zu installieren, wenig anfällig für Wind- oder Luftgeschwindigkeiten und sie benötigen normalerweise aufgrund der großen Öffnungen in den Sprühdüsen kein gefiltertes Wasser. Der Einbau der Systeme ist üblicherweise kostengünstiger als die „trockenen“ Staubabscheidungssysteme und sie verbrauchen wesentlich weniger Platz.

Leider hat die Nutzung des Wassers auch mehrere Nachteile. Beschränkungen des Frischwasserverbrauchs sind oft Bestandteil von Genehmigungen im Bergbau und kommen auch in vielen anderen Industriebetrieben vor. Bei den meisten Staubunterdrückungssystemen, bei denen Wasser eingesetzt wird, muss recyceltes Prozesswasser statt des teureren Trinkwassers verwendet werden. Dieses Prozesswasser kann verunreinigende Stoffe oder Chemikalien enthalten, die die Komponenten der Sprühanlage verstopfen oder zerfressen können. Die Verwendung von Wasser kann zu beschleunigter Korrosion an den Komponenten und Aufbauten der Förderanlage führen.

Ein weiterer Nachteil ist, dass Wasser nur eine minimale nachhaltige Wirkung hat – ist das Wasser einmal verdunstet, dann ist die Unterdrückungswirkung ebenfalls nicht mehr vorhanden. Außerdem lagern sich große Wassertröpfchen nicht so bereitwillig an kleine Staubpartikel an. Zur Verbesserung des Ergebnisses wird dann oft mehr Wasser verwendet, was zu Entsorgungs- und Reinigungsproblemen führen kann.

In typischen Staubunterdrückungssystemen werden verschiedene Feuchtigkeitsmengen zugesetzt (**Tabelle 19.2**).

Bei Wasser ist weniger mehr

Möglicherweise erscheint ein Sprühwassersystem als die preisgünstigste Form der Entstaubung, da Prozesswasser in vielen Betrieben fast umsonst verfügbar ist und das System kann durch eine einfache Technik betrieben werden. Diese Rechtfertigung aufgrund der Kostenbetrachtung kann jedoch auch eine falsche Annahme sein, da sich der Wasserzusatz bei der Schüttguthandhabung negativ auswirken kann. Viele Schüttgüter sind hydrophob, d. h. sie haben eine hohe Oberflächenspannung und

sie lassen sich nicht mit Wasser mischen. Im Bemühen, eine wirksame Unterdrückung zu erreichen, wird die Wassermenge erhöht. Weil sich das Schüttgut nicht gut mit Wasser mischt, bleiben einige Partikel trocken und andere werden sehr nass. Das trockene Material führt weiterhin zu Staubbildung, weshalb der Wasserzusatz möglicherweise noch weiter erhöht wird, was die Probleme noch verschlimmert. Das übermäßig befeuchtete Material verursacht Schwierigkeiten bei der Handhabung des Schüttgutes, einschließlich der Ablagerung auf Schurrenwänden, verstopften Siebgitter, einen verminderten Wirkungsgrad, einer verkürzten Standzeit von Brechern und führt zu Rücklaufmaterial auf Förderbändern. Überschüssiges Wasser kann zu einem Durchrutschen des Förderbandes und zu Förderbandschieflauf führen. Außerdem können sich nasse und daher klebrige Feinanteile innerhalb von Schurren und um die Übergabepunkte herum ansammeln. Wenn dem Schüttgut auf Fördersystemen Wasser zugesetzt wird, gilt immer der Grundsatz „weniger ist mehr“.

Ein anderes Problem, das bei Staubunterdrückungssystemen auftritt, die mit Prozesswasser arbeiten, ist die Möglichkeit einer übermäßigen Materialbefeuchtung. Dies kann bei Kraftwerken oder anderen thermischen Verarbeitungssystemen zu einem Leistungsverlust führen. Wird die zur Beheizung von Kesselanlagen eingesetzten Kohle bzw. dem Koks Wasser im Übermaß zugesetzt, führt dies zu einer thermi-

schen Verlustleistung, die für den Wirkungsgrad der Anlage einen abträglichen Effekt haben kann. Je mehr Wasser hinzugefügt wird, desto größer wird die Verlustleistung.

Die thermische Verlustleistung durch hinzugefügte Feuchtigkeit

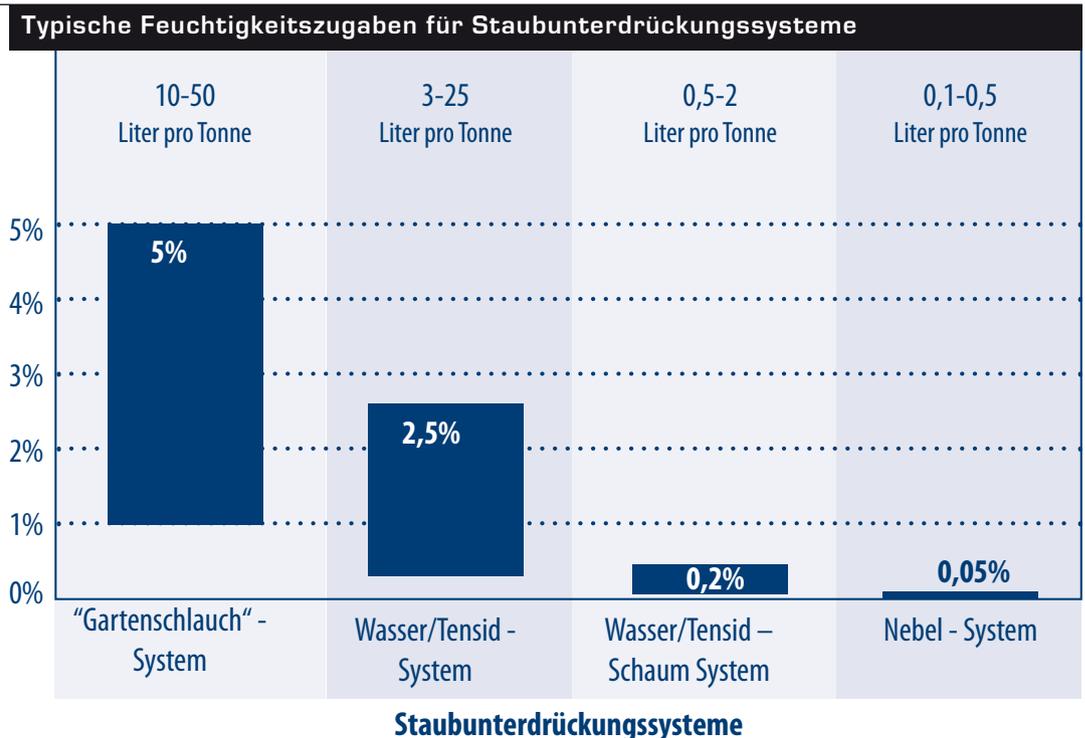
Die Verbrennung und andere thermische Verfahren erleiden einen erheblichen Leistungsverlust, wenn der Wassergehalt des Brennstoffes wesentlich erhöht wird. Bei Anwendungen wie z. B. kohlebefeuchteten Kraftwerken und Zementwerken muss das dem Schüttgut zugesetzte Wasser „abgebrannt“ werden. Dies kann zu einer dramatischen Reduzierung der Betriebsleistung und zu einer Zunahme der Brennstoffkosten führen.

Da manche Schüttgüter während der Lagerung oder des Transports der Witterung ausgesetzt sind, schwanken naturbedingt deren Feuchtigkeitsgehalte. Viele Schüttgüter sind hygroskopisch, wie z. B. Kohle, was bedeutet, dass sie Feuchtigkeit aus der Luft absorbieren können. Kohle kann freie Feuchtigkeit in Mengen zwischen 2 bis 45 Prozent ihres Gewichts aufnehmen. Diese Feuchtigkeitsaufnahme geschieht rasch, wobei sich eine 1,5 bis 5,5-prozentige Gewichtszunahme innerhalb der ersten 15 Minuten der Kontaktaufnahme einstellt. 3 bis 5 Tage nach der Kontaktaufnahme tritt ein stabiler Zustand ein. Oft sind diese natürlichen Veränderungen gravierender als die Wasser-



Tabelle 19.2

Typische Feuchtigkeitszugaben der unterschiedlichen Staubunterdrückungssysteme



menge, die durch ein wohl durchdachtes und gut gewartetes Entstaubungssystem zugesetzt wurde. Jeder Wasserzusatz kann für das System eine Kostensteigerung bedeuten und sich auf die Wärmeausbeute und den Wirkungsgrad der Anlage auswirken. Deshalb sollten die Möglichkeiten zur Minimierung des Feuchtigkeitszusatzes sorgfältig überprüft werden.

Da bei Kohle die Wärmeleistung zwischen 16300 kJ/kg für Braunkohle und bis zu 27900 kJ/kg für Fettkohle schwankt, verliert ein Kraftwerk etwa die Wärmemenge aus 1 bis 1,5 kg/t für jedes bei der Manipulation der Kohle zugesetzte Prozent an Feuchtigkeit. Der Betrieb muss als Ausgleich für die hinzugefügte Feuchtigkeit zusätzlichen Brennstoff kaufen, transportieren und verbrennen. *(Siehe weiterführende Themen: Thermische Verlustleistung in einem kohlebeheizten Kraftwerk.)*

Die Verbesserung der auf Wasser basierenden Staubunterdrückung

Da bei einem ausschließlich mit Wasser betriebenen Sprühsystem ein hohes Volumen an zugesetzter Feuchtigkeit für eine wirksame Staubunterdrückung erforderlich ist, führt diese Verfahrensweise zu einer hohen thermischen Verlustleistung. Bedeutende Wassermengen können auch zu Problemen beim Schüttguttransport führen.

Es sollten andere Methoden zur Verbesserung der auf Wasser basierenden Staubunterdrückung bei gleichzeitiger Begrenzung der zugesetzten Feuchtigkeitsmenge erwogen werden. Hierzu gehört z. B. die Erzeugung eines feinen Nebelschleiers oder Sprühnebels, oder die Verwendung chemischer Zusätze zur Modifizierung der Wassereigenschaften.

STAUBUNTERDRÜCKUNG MITTELS NEBEL

Staubunterdrückungssysteme auf Nebelbasis

Der Einsatz eines Wassernebels zur Staubunterdrückung ist eine Methode zur Optimierung der Verwendung von Wasser bei staubigen Schüttgütern. Bei diesen Systemen werden mit speziellen Düsen äußerst kleine Wassertröpfchen in einer Wolke oder einem Dunstschleier erzeugt (**Abbildung 19.3**). Diese Tröpfchen mischen sich mit Staubpartikeln ähnlicher Größe, agglomerieren also mit diesen und die daraus entstehenden schwereren Partikel fallen in den Schüttgutstrom zurück. Nebelsysteme

basieren auf der Erkenntnis, dass die Wassertröpfchen eines nassen Staubunterdrückungssystems innerhalb eines bestimmten Größenbereichs gehalten werden müssen, um den Staub wirksam kontrollieren zu können. Sind die Wassertröpfchen zu groß, verdrängt die Luft um die Tröpfchen herum die kleineren Staubpartikel und sie gleiten im „Windschatten“ der Tröpfchen weiter.

Nebelsysteme erzeugen ultrafeine Tröpfchen, bei denen das Bindungspotential des Wassers maximiert ist, während die dem Produkt hinzugefügte Wassermenge reduziert werden kann. Die Zerstäubung vermindert die Oberflächenspannung der Wassertröpfchen, während die Anzahl der Tröpfchen in einem gegebenen Bereich erhöht wird.

Nebelsysteme fügen dem Schüttgut im Allgemeinen geringe Feuchtigkeitsmengen zu, normalerweise im Bereich von 0,1 bis 0,05 Gewichtsprozent (1/10 bis 1/20 von 1 Prozent) bezogen auf das Material. Bei diesen Mengen, meistens weniger als 0,5 l/t, ist jede qualitative Verschlechterung des Materials auf ein Minimum reduziert.

Zur Erzeugung eines Wassernebels gibt es zwei Methoden:

A. Zerstäubung mit Zweistoffdüsen

Bei dieser Methode wird der Nebel dadurch erzeugt, dass Wasser und Druckluft gemeinsam durch eine Zweistoffdüse geführt werden. Hier dient die von außen zugeführte Luft als das Medium, durch welches das Wasser in den feinen Nebel zerstäubt wird. Dieser Nebel wird anschließend zur Niederschlagung des Staubes eingesetzt. Die Versorgung mit Druckluft stellt für die Installation und den Betrieb dieses Systems einen Mehraufwand dar. Auch die Kosten für die Bereitstellung der Druckluft müssen in der wirtschaftlichen Betrachtung des Systems berücksichtigt werden. Eine weitere



Abbildung 19.3

Bei den Nebel-Staubbindungssystemen werden spezielle Düsen zur Erzeugung von feinen Wassertropfen verwendet.

Frage ist die Folge der Einbringung zusätzlicher bewegter Luft in die Entstaubungsgleichung eines Übergabepunktes, wodurch eine weitere Bewegung des Staubes angeregt werden kann. Diese Methode erlaubt jedoch die Verwendung von Prozesswasser. Das Wasser wird einfach gefiltert, damit die Düsen nicht verstopfen.

B. Zerstäubung mit Einstoffdüsen

Bei der zweiten Methode wird ein ultrafeiner Wasserstrahl durch eine Einstoff-Zerstäubungsdüse gedrückt. Hierzu wird keine Druckluft oder eine andere zusätzliche Energieversorgung benötigt, außer der Elektrizität für den Betrieb der Pumpe. Man braucht aber sauberes Frischwasser oder das gefilterte und behandelte Prozesswasser, um Probleme durch verstopfte Düsen zu vermeiden. Bei den Einstoff-Zerstäubungsdüsen wird der Nebel durch hydraulische Zerstäubung erzeugt. Hierbei wird ein feiner Wasserstrahl unter Hochdruck – bis zu 140 bar, obwohl normalerweise 340 bis 690 bar eher üblich sind – durch eine kleine Öffnung gepresst, wodurch die Wassertröpfchen in mikroskopisch kleine Partikel zerrissen werden. Die von der Hochdruckpumpe gelieferte Energie dient der Zerstäubung der Wassertröpfchen, statt der Erhöhung der Geschwindigkeit des Wassers, wo-

durch die Luftverdrängung reduziert wird. Dadurch, dass keine Druckluft erforderlich ist, vereinfachen die Einstoff-Zerstäubungsdüsen die Installation und reduzieren die Betriebskosten. Um die kleinen Öffnungen durchgängig zu halten, müssen Schwebstoffe aus dem Wasser entfernt und der pH-Wert des Wassers kontrolliert werden. Aufgrund der geringen Wassermengen ist dies relativ leicht durch Filterung und Entionisierung zu erreichen.

Standort der Nebelsysteme

Der Einbau der Nebelsysteme ist etwas ungewöhnlich, da die Nebelsysteme zur Behandlung der das Schüttgut umgebenden Luft gedacht sind, statt auf das Schüttgut selbst einzuwirken. Deshalb liegt der Punkt für die Anwendung des Nebels im Allgemeinen im Endbereich des Übergabepunktes (**Abbildung 19.4**). Durch diese Platzierung kann sich das Feinmaterial absetzen und staubbeladene Luft über die Anschlüsse für die aktiven oder passiven Entstaubungssysteme austreten, ohne dass die Filtermedien durch die angefeuchteten Partikel verstopft oder verklebt werden.

Die Düsen zur Nebelerzeugung werden so installiert, dass sie die volle Breite des eingehausten Bereichs der Förderanlage abdecken (**Abbildung 19.5**). Für die Einhausung des Übergabepunktes wird eine Höhe von mindestens 600 mm empfohlen, damit der Sprühkegel eine optimale Abdeckung erreichen kann, so dass die Einhausung vollständig ausgefüllt wird. Das Sprühmuster der Düsen sollte so gestaltet werden, dass das in der Luft schwebende Material den Nebelvorhang passieren muss, ohne dass das Schüttgut direkt angesprüht wird. Der Sprühnebel ist auf den Bereich oberhalb des Schüttguts statt auf das Schüttgut gerichtet.

Das Sprühmuster der Nebeldüsen sollte nicht auf eine Oberfläche gerichtet werden und die Düsen müssen abgeschirmt werden, damit sie nicht vom Schüttgut getroffen werden können.

Vor- und Nachteile der Nebelsysteme

Nebelsysteme bieten eine wirksame Entstaubung bei kostengünstiger Installation und wirtschaftlichen Betriebskosten. Die Betriebskosten für das System sind niedrig im Vergleich mit konventionellen Staubabscheidungssystemen.

Ein gut konzipiertes Vernebelungssystem bietet eine wirksame Staubbekämpfung am Anwendungspunkt, ohne dass chemische Zusätze benötigt werden. Dies ist bei einigen Prozessen besonders wichtig, wie z. B. beim Transport von

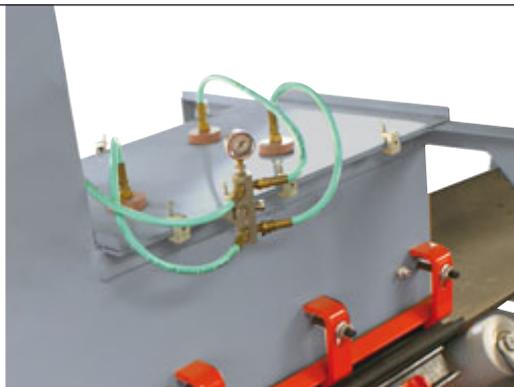
Abbildung 19.4

Nebelsysteme werden im Auslaufbereich der Einhausung des Übergabepunktes platziert.



Abbildung 19.5

Die Düsen zur Nebelerzeugung werden so installiert, dass sie die gesamte Breite des eingehausten Bereichs der Förderanlage abdecken.



Holzschnitzeln, die für die Papierherstellung bestimmt sind. Viele Papierfabriken haben im Hinblick auf den Zusatz von Chemikalien bedenken, da diese eine negative Wirkung auf den Holzschliff haben oder die Qualität des fertigen Papiers beeinträchtigen könnte. Da bei den Nebelsystemen Wasser ohne Zusätze verwendet wird, ist damit die Integrität des Verfahrens gewährleistet.

Bei den Nebelsystemen bewegt sich die Gesamtmenge der dem Schüttgut zugesetzten Feuchtigkeit in einem Bereich von 0,1 % bis 0,5 %. Dies macht Staubunterdrückungssysteme auf der Basis von Nebel besonders attraktiv für Industriebereiche, in denen übermäßige Feuchtigkeit nachteilig ist, z. B. bei der Produktion von Zement und Brennkalk.

Für Nebelsysteme wird wegen der kleinen Düsenöffnungen Trinkwasser benötigt. Normalerweise ist auch eine Filterung des Wassers zur Entfernung von Schwebstoffen notwendig. Wenn das Wasser kontaminiert ist oder wenn das Wasseraufbereitungssystem nicht in den vorgeschriebenen Intervallen gewartet wird, können die Düsen verstopfen. Werden Einrichtungen in kalten Umgebungen betrieben, sind Ablassvorrichtungen und beheizte Leitungen vorzusehen.

Ein weiterer, vor der Auswahl eines Vernebelungssystems zu berücksichtigender Faktor ist das Luftvolumen und die Luftgeschwindigkeit am offenen Bereich um den Übergabepunkt oder um die Schurre herum. Nebelsysteme mit Einstoff-Zerstäubungsdüsen, bei denen keine Druckluft benötigt wird, passen besser zu den technisch ausgereiften Systemen, bei denen die durchströmende Luft kontrolliert wird. Diese Systeme sollten nicht bei Anwendungen mit offenem Bereich verwendet werden. Für eine wirklich optimale Leistung benötigen Nebel-Staubbindungssysteme um den Übergabepunkt herum eine dicht geschlossene Einhausung zur Reduzierung der turbulenten Luftbewegungen im System. Da die Tröpfchen klein sind, könnte sowohl Nebel als auch Staub durch die bei hoher Geschwindigkeit aus der Schurre austretende Luft mitgerissen und aus dem Reaktionsbereich ausgetragen werden und sich auf umliegende Anlagenteile absetzen.

Ein anderer potentieller Nachteil bei der Vernebelung ist der Umstand, dass diese Form der Staubbehandlung spezifisch am Anwendungspunkt wirksam ist. Eine Entstaubung wird nur am Anwendungspunkt erreicht und es gibt nur eine geringe oder gar keine nachhaltige Wirkung. Obwohl ein einziges System oft meh-

rere Übergabepunkte bedienen kann, können bei komplexen Fördersystemen mit mehreren Übergabepunkten auch mehrere Vernebelungseinrichtungen erforderlich sein. Möglicherweise schließen die Investitionsausgaben den Einsatz der Vernebelung aus, wenn das Fördersystem zu komplex und umfangreich ist.

ZUSATZ VON CHEMIKALIEN

Zusatz von Chemikalien zum Wasser

Um das Leistungsvermögen des Wassers bei der Staubunterdrückung zu verbessern, werden dem Wasser oft Tenside – oberflächenaktive Stoffe – zugesetzt. Der Zusatz dieser Chemikalien verbessert die Benetzungseigenschaften des Wassers, vermindert den Gesamtwasserverbrauch und minimiert die mit einem übermäßigen Feuchtigkeitszusatz verbundenen Nachteile.

Fällt Petrolkoksstaub, Kohlenstaub oder ein ähnlicher Stoff auf eine Wasserpfütze, bleiben die Staubpartikel stundenlang auf der Wasseroberfläche liegen, wenn sie nicht gestört werden. Dieses Phänomen beruht auf der Tatsache, dass diese Stoffe hydrophob sind, d. h. sie lassen sich nicht gut mit Wasser mischen. Da die Änderung der Charakteristik der Staubpartikel hin zu einer größeren Affinität zu Wasser nicht praktikabel ist, werden deshalb dem Wasser Chemikalien hinzugefügt, damit die Wasserpartikel dahingehend verändert werden, dass sie die Staubpartikel eher anziehen oder sich zumindest bereitwilliger daran anlagern.

Durch den Tensidzusatz wird die Oberflächenspannung des Wassers herabgesetzt, wodurch eine Benetzung der Staubpartikel ermöglicht wird. Tenside verbessern die Bereitwilligkeit des Wassers zur Benetzung von Oberflächen und die Neigung zur Bildung feiner Tröpfchen. Sie setzen die Oberflächenspannung des Wassers herab und reduzieren die internen Anziehungskräfte zwischen den Wassermolekülen, was letztlich zu einer verbesserten Tröpfchenbildung führt.

Um den Begriff der Oberflächenspannung besser zu verstehen, stellen Sie sich einen Wassertropfen vor, der auf einer glatten, ebenen Oberfläche liegt. Normalerweise bildet dieser Tropfen eine Flüssigkeitsblase mit wohldefinierten Außenseiten. Es ist die Oberflächenspannung des Wassers, die ein Zusammenbrechen der Tröpfchenwände verhindert. Ein mit einem Tensid vermischter Wassertropfen – wie z. B. mit Geschirrspülmittel – bildet keine Flüssigkeitsblase, weil die Oberflächenspannung dras-

tisch reduziert worden ist. Die Außenwandung des Tröpfchens kann seinem Gewicht nicht standhalten, weil die Kräfte für den Zusammenhalt der Wandung verändert worden sind. Aus dem Grund wird die Tensidtechnik bei der Entstaubung eingesetzt. Wenn die Wassertropfen nicht mehr über eine Oberfläche verfügen, die eine Barriere für den Kontakt mit den Staubfeinanteilen darstellt, dann führen die zufälligen Zusammenstöße zwischen den Wassertropfen und dem Staub zur Benetzung des Staubes und zur Bildung von größeren Agglomeraten bis hin zu dem Punkt, wo diese zusammengeballten Feinanteile aus der Luft ausfallen.

Die Auswahl eines Tensids

Die Anzahl der gegenwärtig auf dem Markt verfügbaren Tenside und Tensidmischungen ist ziemlich groß. Einige Hersteller von Spezialchemikalien bieten Produkte an, die auf die Bedürfnisse der Staubbekämpfung zurechtgeschnitten sind. Für die Auswahl des richtigen Produktes und der richtigen Zusatzmenge für eine gegebene Anwendung sind Versuche erforderlich sowie ein Verständnis für das Verfahren und für die Art der Produktanwendung.

Die Kosten für den Kauf des chemischen Zusatzes gehören zu den Einwänden, die gegen ein Staubunterdrückungssystem sprechen, das durch Wasseranreicherung mit Chemikalien verbessert wurde. Die Kosten können sogar noch höher sein, besonders wenn man die Amortisation und Abschreibungen für die Geräte mit einbezieht. Außerdem erfordern diese Systeme eine regelmäßige Wartung, wodurch noch Personalkosten zu den Betriebskosten hinzukommen.

Da in einigen Industriebereichen die Kontaminierung der Schüttgüter oder des Verfahrens problematisch ist, muss die zugesetzte Chemikalie auch in dieser Hinsicht überprüft werden. Die chemischen Zusätze müssen mit dem Verfahren, mit den Schüttgütern und mit den Gerätschaften des Systems kompatibel sein,

einschließlich des Förderbandmaterials der Förderanlage. Obwohl der Einsatz eines Tensids eine Reduzierung der dem staubigen Schüttgut zugesetzten Wassermenge ermöglicht, wird immer noch mehr Wasser als akzeptabel hinzugefügt. Es ist gängige Praxis, dass ein Chemikalienlieferant dem Kunden Proben zur Prüfung der Wirkungen auf das Endprodukt zur Verfügung stellt.

Aufbringung als Sprühnebel oder Schaum

Wenn ein wirksames Benetzungsmittel ausgewählt worden ist, muss entschieden werden, ob das Mittel wie vorhergehend besprochen in Form eines wässrigen Sprühnebels oder als Schaum aufgebracht wird. Beide Systeme haben ihre Vorteile. Im Allgemeinen ist der Feuchtigkeitszusatz bei einem wässrigen Sprühnebel höher als bei einem Schaum-System. Obwohl das Verdünnungsverhältnis beim Schaum-System geringer ist, ermöglicht die Volumenzunahme des Schaums eine wirksame Unterdrückung, bei der dem Schüttgut weniger Feuchtigkeit zugesetzt wird (**Tabelle 19.3**). Neuere Entwicklungen in der Tensidtechnik haben zu einigen Produkten geführt, die als Sprühnebel mit den niedrigeren Feuchtigkeitsmengen eines Schaumsystems aufgebracht werden können und dabei eine gute Staubunterdrückung aufweisen. Dies bietet aufgrund der höheren Verdünnungsverhältnisse bei den durch Aufsprühen aufgetragenen Benetzungsmitteln den Vorteil eines verminderten Feuchtigkeitszusatzes bei minimalen Chemikalienkosten.

STAUBUNTERDRÜCKUNG MITTELS SCHAUM

Staubunterdrückung mittels Schaum

Die Verwendung von Tensiden in Kombination mit Wasser erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die Feinanteile sich mit den Tropfen verbinden, was zu einer Niederschlagung des

Tabelle 19.3

	Typische Feuchtigkeitszugaben (maximal)			
	Sprühwasser	Wasser mit Tensiden	Schaum	Nebel
Nominale Feuchtigkeitszugabe	5%	2,5%	0,20%	0,05%
Wasserzugabe	5455 l/h	2725 l/h	218 l/h	54,5 l/h
Mischverhältnis Chemikalie / Wasser	-	1:5000	1:100	-
Chemikalienverbrauch	-	0,44 l/h	2,2 l/h	-

Staubes führt. Das Ziel dabei ist, die Oberfläche der verfügbaren Wassertröpfchen zu maximieren, um dadurch die größtmögliche Kontaktfläche für die Staubanteile bieten zu können und somit die erforderliche Wassermenge zu reduzieren. Dazu bieten einige Lieferanten Staubunterdrückungssysteme an, bei denen Schaum erzeugt wird (**Abbildung 19.6**). Da die Feuchtigkeit in Form eines Schaums vorliegt, wird ihre Oberfläche wesentlich vergrößert und die Chance für den Kontakt zwischen Staub und Wasser verbessert. Einige Schaumblasen ziehen Staubpartikel an und halten sie durch Agglomeration zusammen. Andere Blasen platzen beim Kontakt mit den Staubpartikeln und setzen feine Tröpfchen frei, die sich an den kleineren, schwieriger zu erfassenden Staubpartikeln anlagern, die naturgemäß auch für die menschliche Gesundheit gefährlicher sind. Mit Feuchtigkeitszusätzen von 0,2 % bis 0,4 % werden bei Schaumsystemen nur 2 Liter pro Tonne Schüttgut hinzugefügt. Mit solchen Mengen wird bei den Staubunterdrückungssystemen auf Schaumbasis weniger als 10 % der Feuchtigkeit zugefügt, die bei Sprühsystemen mit reinem Wasser aufgebracht wird.

Folglich sind Schaumsysteme in jenen Fällen zu begrüßen, wo die zur Verfügung stehenden Wassermengen beschränkt sind, oder wo eine übermäßige Wasserzugabe das Leistungsverhalten des Schüttgutes vermindern kann, wie z. B. in kohlebefeuchten Kraftwerken. Außerdem bedeutet eine reduzierte Wasserzugabe auch weniger Probleme mit verstopften Siebgittern und Schüttgütern, die an mechanischen Komponenten und Einhausungen anhaften.

Der Schaum entsteht dadurch, dass der Tensid/Wassermischung Luft hinzugefügt wird und dieses Gemisch dann durch ein Mischgerät geleitet wird. Die Veränderung des Verhältnisses der Luft-/Wasser-/Tensidmengen und anderer kontrollierbarer Faktoren ermöglicht die Erzeugung eines Schaums, dessen Konsistenz von sehr nass bis hin zu fast trocken reichen kann, um den für die jeweilige Anwendung effizientesten Schaum zur Verfügung zu haben. Ein gut ausgebildeter Schaum kann die Oberfläche einer Wassermenge auf das 60- bis 80-fache erhöhen. Dies ermöglicht eine wirksame Entstaubung bei geringen Feuchtigkeitszusätzen.

Der erste Schritt beim Schaumsystem besteht in der Mischung von Wasser und Schaumbildner. Das Wasser und der Zusatz werden über eine Dosierpumpe in festem Verhältnis miteinander vermischt und die entstehende Mischung wird durch ein Volumenstromregler zur Speisung des Systems gefördert (**Abbil-**

dung 19.7). Ein zweiter Volumenstromregler regelt die Versorgung mit Druckluft. Die wässrige Tensidlösung und die Luft werden über separate Schläuche in einen Aufschäumbehälter geführt, wo sie sich vermischen und so der Schaum entsteht. Der Schaum wird dann durch Schläuche zu der Bedüsung geleitet, die in den Seitenwänden oder in der Abdeckung der Einhausung oder des Übergabepunktes installiert ist (**Abbildung 19.8**).

Die Grenzen der Staubunterdrückung mittels Schaum

Während viele Anwendungen von der Schaumtechnik profitieren, gibt es bei diesem Verfahren auch einige Nachteile. Die Tenside, die zu einer sehr guten Schaumbildung führen, sind nicht immer die besten Benetzungsmittel für die zu behandelnden Schüttgüter. Einige Lieferanten konzentrieren sich ausschließlich auf solche Chemikalien, die einen stabilen Schaum produzieren, ohne dabei zu berücksichtigen, ob der resultierende Schaum bei der Überwindung der hydrophoben Eigenschaften des Schüttgutes von irgendeinem Nutzen ist. Es muss sichergestellt sein, dass die Chemikalien das zu behandelnde Material wirksam benetzen, bevor man überhaupt an eine Schaumerzeugung denkt.



Abbildung 19.6

Bei der Staubbindung mittels Schaum wird ein fast trockener Schaum erzeugt, bei dem die Oberfläche des Wassers auf das 60- bis 80-fache vergrößert wird.



Abbildung 19.7

Im Dosiersystem werden Wasser und Tensid gemischt. Die entstehende Lösung und die Druckluft werden unabhängig voneinander in den Aufschäumbehälter eingebracht.

Zur Schaumerzeugung braucht man Druckluft. Wenn noch keine Druckluftversorgung vor Ort zur Verfügung steht, muss ein Kompressor installiert und auch gewartet werden.

Insgesamt betrachtet sind die Gerätschaften für die Schaumanwendung etwas teurer als die für eine konventionelle Wassersprühanlage und erfordern normalerweise zusätzliche Wartung.

Ferner ist die zur Schaumerzeugung erforderliche Tensidmenge ein wenig größer als die

bei wässrigen Sprühsystemen normalerweise zugesetzte Chemikalienmenge. Die Tensidmenge pro Wassermenge ist zwar größer, aber die Feuchtigkeitsmenge, die durch das Aufschäumen auf das Schüttgut aufgebracht wurde, geringer. Die zusätzlichen Kosten für diese höhere Konzentration an zugesetzter Chemikalie können bei Brennstoffen durch eine verminderte thermische Verlustleistung aufgrund einer wesentlichen Reduzierung der zugesetzten Feuchtigkeit ausgeglichen werden (**Tabelle 19.4**).

Abbildung 19.8

Die wässrige Tensidlösung und die Luft werden im Aufschäumbehälter vermischt und zu den Düsen weitergeleitet.



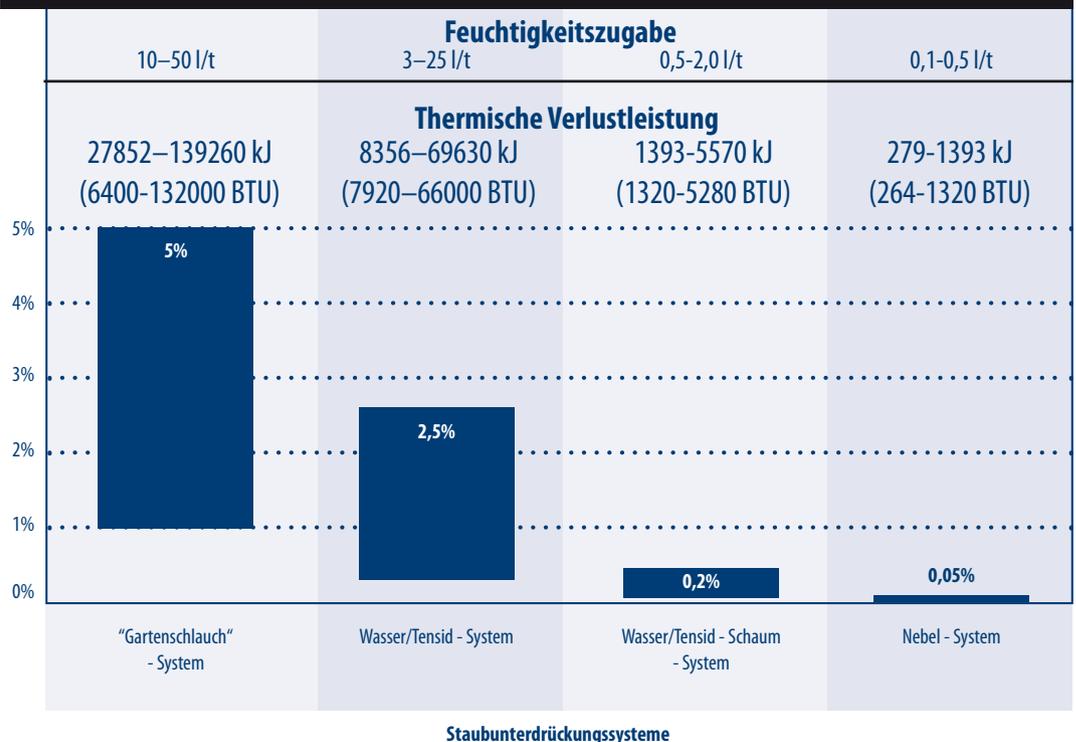
NACHHALTIG WIRKENDE CHEMIKALIEN

Nachhaltig wirkende chemische Unterdrückungsmittel

Tenside benetzen die feinen Staubanteile, wodurch sie agglomerieren und nicht in die Luft übertreten können. Sobald die Lösung verdunstet ist, ist die Unterdrückungswirkung des normalen Tensids weg. In vielen Fällen ist jedoch eine Staubunterdrückung nicht nur dann erforderlich, wenn das Schüttgut die Übergabepunkte durchläuft, sondern auch nachdem das Schüttgut die endgültige Lagerstelle, den Eisenbahnwaggon, den Kahn, oder die Halde erreicht hat. In diesen Fällen ist die

Tabelle 19.4

Thermische Verlustleistung durch Feuchtigkeitszugabe in einem kohlebeheizten Kraftwerk



Hinweis: Feuchtigkeitszugabe - Liter pro Tonne; Thermische Verlustleistung - Kilojoule (BTU)

Verwendung eines Wasser/Tensid - Sprühnebel- oder Schaumsystems angebracht, das eine nachhaltigere Wirkung aufweist. Eine nachhaltige Staubunterdrückung ist erforderlich bei:

- A. Großflächigen Bereichen mit mehreren Anwendungspunkten
- B. Großen Entfernungen zwischen den Anwendungspunkten
- C. Haldenförderern/Absetzern oder Bandschleifenwagen
- D. Brechern oder Mühlen
- E. Erhöht liegenden Übergabepunkten, wo eine Staubunterdrückung schwierig wäre

Mit einem gut gestalteten nachhaltigen Unterdrückungssystem kann man austretende Stäube über eine weite Fläche hinweg durch Aufbringung der Lösung an einigen strategischen Punkten kontrollieren. Im Gegensatz dazu sind bei wässrigen Systemen und/oder Nebelsystemen für große Bereiche mehrere Aufbringungspunkte mit mehreren Pumpstationen, längere Wasser-, Chemikalien- und Luftleitungen, Pumpen mit höheren Kapazitäten und mehr Aufbringungsdüsen erforderlich. Alle diese Faktoren können das System beträchtlich verteuern und dazu sind diese Systeme in einigen Fällen nicht so wirksam.

Die von Entladestellen auf offene Lagerhalden verbrachte Kohle verbleibt dort möglicherweise für längere Zeiträume. Das gelagerte Schüttgut ist klimatischen Schwankungen ausgesetzt, einschließlich Wind, Sonne und Niederschläge. Die in diesem Material enthaltene Feuchtigkeit kann durch die Einwirkung der Sonnenwärme verdunsten, wodurch es eher vom Wind verweht werden kann. Durch die Winderosion entstehen große Staubmengen, die sich auf nahe gelegenen Gebäuden und Grundstücken absetzen können. Wenn gelagerte Kohle wieder abgehaldet wird, kann sie trocken sein und zu größeren Staubproblemen führen als bei der Einlagerung. Bei staubigen Schüttgütern, wie z. B. kalziniertem Koks oder Eisenerzpellets, kann eine Entstaubung von der Produktion bis zur Endverwendung erforderlich sein. Diese beiden Stationen können zeitlich mehrere Wochen und örtlich mehrere tausend Kilometer auseinander liegen. In solchen Fällen ist die Aufbringung eines nachhaltig wirkenden Tensids/Bindemittels auf das Schüttgut wirtschaftlicher als die Aufbringung von Benetzungsmitteln und Wasser an mehreren Punkten im Verlauf des Schüttguttransports. Es steht eine Vielzahl von Bindemitteln mit nachhaltiger Wirkung zur Verfügung.

Langzeitwirkungen

Das Ziel eines Staubunterdrückungsmittels oder Bindemittels mit nachhaltiger Wirkung ist die Anlagerung der Feinanteile aneinander oder an größeren Partikeln und der nachfolgende Zusammenhalt dieser Ansammlungen, selbst nachdem die Feuchtigkeit verdunstet ist. In einigen Fällen wird ein hygroskopischer Stoff verwendet, z. B. Kalziumchlorid, der das Entweichen der Feuchtigkeit aus dem behandelten Schüttgut verzögert. Der Vorteil bei dieser Arbeitsweise sind die niedrigen Kosten. Zu den üblicheren Bindemitteln zählen Lignin, Tannin, Pech, Polymere und Harze. Werden diese Stoffe mit Benetzungsmitteln kombiniert, umhüllen diese Mischungen größere Partikel und wirken dann als Klebstoff zur Bindung feiner Staubanteile.

Die Anwendung nachhaltig wirkender Bindemittel ist teurer als die Aufbringung von Tensiden, weil sie in höheren Konzentrationen angewendet werden müssen. Obwohl Bindemittel pro Kilogramm weniger kosten, werden sie normalerweise in Verdünnungsverhältnissen von 50:1 bis 200:1 (2,0 % bis 0,5 %) angewendet.

Ein wichtiger Punkt, der hier zu erwähnen wäre, ist die Tatsache, dass die Anzahl der erforderlichen Aufbringungspunkte durch den Einsatz einer nachhaltig wirkenden Chemikalie reduziert werden kann, was wiederum zu einer Verminderung des erforderlichen Wartungsaufwandes führt.

Bei der Auswahl eines Bindemittels muss man auch beachten, welche Wirkung das Bindemittel auf die Übergabepunkte und Förderbänder hat. Haftet das Bindemittel gut am Schüttgut, kann es genauso gut an der Verladeeinrichtung anhaften. Die richtige Produkthanwendung wird zu einem Schlüsselfaktor, weil wenn zu viel Bindemittel auf die Konstruktionen oder auf das leere Förderband aufgebracht wird, kann dies zu erheblichen Produktions- und Wartungsproblemen führen. Ein wichtiger Aspekt bei der Auswahl eines Bindemittels ist die Wirkung der Chemikalie sowohl auf das behandelte Schüttgut als auch für die Umwelt. Wird das Bindemittel auf ein Schüttgut aufgebracht, das aufgehaldet wird, kann Regen bei wasserlöslichen Bindemitteln die chemischen Stoffe aus dem Schüttgut herauslösen. Diese Stoffe befinden sich damit auch im Sickerwasser und können zu einem Umweltproblem werden. Die meisten Chemikalienhersteller bieten nur umweltverträgliche Bindemittel an. Diese Frage sollte jedoch mit dem Chemikalienlieferanten eingehend besprochen werden.

SYSTEME UND PLATZIERUNG

Hybridsysteme: Die Kombination einer Staubunterdrückung mit einer Eindämmungs- oder Abscheidungseinrichtung

Die Auswahl eines Entstaubungssystems hängt vom Schüttgut ab, von den Ursachen für die Staubbildung und von den Einzelheiten in Bezug auf die Anwendungsorte. Eine vollständige Analyse der Staubbildung ist wichtig, nicht nur um die problematischsten Stellen der Staubbildung zu entdecken, sondern um die wahren Ursachen für die Staubbildung und -freisetzung festzustellen und Abhilfe schaffen zu können.

In manchen Fällen sollte ein kombiniertes, aus einem Staubunterdrückungssystem und einem anderen Staubkontrollsystem – passive oder aktive Staubabscheidung oder Eindämmung – bestehendes Hybridsystem in Erwägung gezogen werden. Ein solches System kann eventuell das bestmögliche Leistungsverhalten bei minimalen Montage-, Betriebs- und Wartungskosten aufweisen. Zur Entwicklung einer

Lösung für einen spezifischen Anwendungsfall sollte man möglichst den Rat eines Spezialisten für die Anwendung von Staubunterdrückungs- und Staubbekämpfungssystemen einholen.

Der Standort, der Standort und noch mal der Standort

Bei jedem Staubunterdrückungssystem ist die Auswahl des richtigen Aufbringungsstandortes außerordentlich wichtig, nicht nur um eine bessere Wirkung zu erzielen, sondern auch um die Kosten für die Installation, den Betrieb und die Wartung zu reduzieren. Die für die Platzierung der Düsen gewählten Standorte und das Sprühmuster der Aufbringung sind genauso wichtig, wenn nicht gar wichtiger, als die Auswahl der aufzubringenden Chemikalie (**Abbildung 19.9**). Selbst das am besten gestaltete Programm wird versagen, wenn die Unterdrückungschemikalie nicht am richtigen Standort aufgebracht wird, so dass sich das Unterdrückungsmittel und die feinen Staubanteile vermischen können.

Der Erfolg bei den Bemühungen zur Staubunterdrückung am Übergabepunkt hängt von der richtigen Vermischung des Schüttgutes mit dem Unterdrückungsmittel ab. Gleichgültig, ob es sich bei dem Unterdrückungsmittel lediglich um einfaches Wasser handelt oder um eine Tensid-/Wassermischung in Form eines Sprühnebels oder Schaums, ist es immer am besten, wenn das Unterdrückungssystem an der Stelle platziert wird, wo das Schüttgut die Kopftrammel verlässt. Dort fächert das Material auf und in den Schüttgutstrom wird Luft hineingezogen. Das Unterdrückungsmittel wird durch diese einströmende Luft mit in das Schüttgut hineingerissen. Wenn das transportierte Material zusammen mit dem Unterdrückungsmittel durch die Schurre fällt, setzt sich der Mischvorgang fort und führt zu einer wirkungsvollen Verteilung.

Die auf Schaum basierende Staubunterdrückung ist normalerweise am wirksamsten, wenn sie am Auslauf eines Brechers oder einer Förderanlage eingesetzt wird, wo das Schüttgut aufgewirbelt wird und sich ausdehnt (**Abbildung 19.10**). Beim Durchlaufen des Übergabepunktes wird das Unterdrückungsmittel durch die Materialbewegung in den Schüttgutstrom eingemischt. Durch die Aufbringung des Unterdrückungsmittels an dieser Stelle kann der Schaum in den Schüttgutstrom eindringen und einzelne Partikel einfangen, anstatt auf der äußeren Materialschicht liegen zu bleiben.

Abbildung 19.9

Der Erfolg jedes Staubunterdrückungssystems hängt vom Standort des Aufbringungspunktes ab.



Abbildung 19.10

Die auf Schaum basierende Staubunterdrückung ist am wirksamsten, wenn man sie dort einsetzt, wo das Schüttgut aufgewirbelt wird, z. B. am Auslauf eines Brechers oder einer Förderanlage.



Die Bedeutung der Wasserqualität

Bei der Wirksamkeit eines jeden Staubunterdrückungsprogramms spielt die Wasserqualität eine wichtige Rolle. Die Erzeugung eines akzeptablen Schaums hängt im Wesentlichen von der Qualität des verwendeten Wassers ab. Je nach eingesetztem Staubunterdrückungssystem muss das Wasser gefiltert werden, wodurch Schwebstoffe zwischen 5 und 40 µm entfernt werden. Der pH-Wert des Wassers soll so nahe wie möglich am Neutralpunkt liegen.

Wenn die Kenngrößen des im Betrieb verfügbaren Wassers bekannt sind, können die richtigen Systeme zur Wasserfiltration eingesetzt werden. Dieses Wissen hilft auch bei der Verhinderung möglicher Ausfälle, einschließlich der Verstopfung von Düsen und dem vorzeitigem Ausfall von Pumpen und bei der Wahrung der erforderlichen Durchflussmengen.

SYSTEMWARTUNG

Ohne Zweifel ist ein Mangel an vorbeugender Wartung eine der häufigsten Ursachen für das Versagen von Staubunterdrückungssystemen. Die Düsen müssen überprüft, die Filter gereinigt und die Pumpen geölt werden. Auch die Füllstände der Chemikalien und die Einstellungen für die Aufbringung sind zu kontrollieren. Die Durchflussmengen für Wasser und Luft müssen regelmäßig nachgestellt werden. Sonst ist selbst das beste System zum Versagen verurteilt. Bei den Systemkomponenten sind die Herstelleranweisungen bezüglich der richtigen Wartungsintervalle und Vorgehensweisen zu befolgen.

Einige Lieferanten von Staubunterdrückungsgeräten und Chemikalien bieten jetzt auch die routinemäßige Wartung als Teil ihres Systempakets an. Die Inanspruchnahme dieser Dienstleistung ist sehr zu empfehlen, da dadurch betriebsinternes Wartungs- und Betriebspersonal für andere Aufgaben freigesetzt wird, während gleichzeitig die Betriebsfähigkeit des Staubunterdrückungssystems gewährleistet ist.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Der zentrale Punkt bei jeder Betrachtung von Staubunterdrückungssystemen in puncto Sicherheit ist die sachgerechte Beachtung des Verhältnisses zwischen Wasser und der Stromversorgung für das Staubunterdrückungssystem und der gesamten Förderanlage. Die Systeme müssen richtig geerdet sein und es darf kein Wasser direkt darauf gespritzt werden.

Da bei vielen Staubunterdrückungssystemen Wasser oder Luft unter Druck gefördert wird, ist das Leitungssystem stets aufmerksam zu überwachen, unabhängig davon, ob es sich hierbei um eine feste Verrohrung, um ein Schlauchsystem, oder um eine Kombination aus Schläuchen und Rohren handelt. Bei den Pumpen und Leitungen sind die richtigen Druckstufen einzuhalten und es sind entsprechende Druckentlastungsmechanismen vorzusehen. Vor der Durchführung der Arbeiten an Rohrsystemen ist sicherzustellen, dass der Druck in den Leitungen restlos abgelassen worden ist und dass die Stromversorgung der Pumpe(n) ordnungsgemäß unterbrochen und gesperrt worden ist.

Bei Staubunterdrückungssystemen in kalten Umgebungen sind Vorkehrungen zu treffen, damit das System auch bei Frost funktioniert, oder dass das System nur bei Frostfreiheit in Betrieb genommen werden kann. Die Systeme sind so zu gestalten, dass durch sie keine Sicherheitsrisiken entstehen, wie z. B. Eisflächen auf Straßen, Gehwegen oder Treppen, oder angefrorene Materialrückstände in einem Behälter, deren Beseitigung den Einstig von Mitarbeitern in geschlossene Räume erforderlich machen würde.

Die Lieferanten von chemischen Zusätzen müssen alle anwendbaren Sicherheitsdatenblätter zur Verfügung stellen, in denen alle sicherheits- und umweltrelevanten Daten sowie alle Gesundheitsrisiken aufgeführt sind.

Bei der Installation und Wartung von Staubunterdrückungssystemen sind ordnungsgemäße Sicherungsmaßnahmen durchzuführen, wie Absperrung mit Schlössern, Anbringen von Warnanhängern, blockieren und/oder verriegeln von Steuereinheiten.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

Die folgenden typischen Spezifikationen betreffen nur Staubunterdrückungssysteme, die auf Schaum basieren.

A. Aufgeschäumte Mischung

Die Ladezone der Förderanlage ist mit einem Staubunterdrückungssystem zu versehen, das durch Aufbringung einer aufgeschäumten Mischung aus einem Unterdrückungsmittel und Wasser das Entweichen von Schwebestäuben minimiert.

B. Zusatzstoff

Die Funktion des Staubunterdrückungssystems beruht auf der Zugabe eines Staubunterdrückungszusatzes in eine Wassermenge, dann anschließender Aufschäumung dieser Mischung aus Wasser und Zusatzmittel und der Aufbringung dieser Mischung auf das Schüttgut. Sie fördert die Agglomeration von Feinanteilen und verhindert das Entweichen von Schwebstäuben.

C. Pumpenmodul

Das Staubunterdrückungssystem beinhaltet ein Pumpenmodul mit einer Dosierpumpe [0 bis 76 l/min] mit Einspeisung von 0,2 % bis 1,5 % Zusatzmittel, einen Regler [2 bis 5 bar], ein Absperrventil und einen Durchflussmesser [0 bis 76 l/min].

D. Aufschäumkammer

Die Luft und die Wasser/Additiv-Mischung werden in einer Aufschäumkammer vermischt. Die Anschlüsse für die Luft- und Wasser/Additiv-Leitungen sind mit Rückflusssperren zu versehen, um ein Zurückfließen des Mediums zu verhindern. Ein auf der Aufschäumkammer angebrachtes Manometer ermöglicht die Kontrolle des Luftdrucks, so dass ein vollständig entwickelter Schaum erzeugt werden kann.

E. Sprühdüsen

Der produzierte Schaum wird durch bis

zu acht „Entenschnabel“-Düsen auf das Schüttgut auf dem Förderband aufgebracht, die an gleich lange Schlauchverbindungen angeschlossen sind. Die Düsen werden so in der Schurrenwandung befestigt, dass eine einfache Entfernung zur Wartung möglich ist.

TYPISCHE ANWENDUNGSBEISPIELE FÜR DIE STAUBUNTERDRÜCKUNG

Anwendungsbeispiel 1 für die Staubunterdrückung

Auf einem Band wird Abraum transportiert. Dieses Band wird im Ladebereich richtig abgestützt und die Übergabeschurre ist wirksam abgedichtet. Eine Anemometerablesung am Austritt der Ladezone der Förderanlage zeigt, dass die Austrittsgeschwindigkeit der Luft 0,25 m/s beträgt.

Schüttgut	Abraum
Übergabepunkt	wirksam abgedichtet
Luftgeschwindigkeit	0,25 m/s
Unterdrückungsmethode	Nebel

Dies ist ein gutes Anwendungsbeispiel für ein Nebelsystem, weil das Schüttgut in Bezug auf Wasser nicht empfindlich ist, da die Eindämmung gut ist und Luftgeschwindigkeit unterhalb von 1,0 m/s liegt. (Siehe Kapitel 17: „Überblick Staubkontrolle“, Abbildung 17.10)

Die Düsen sollten auf der Abdeckung des Auslaufbereichs der Übergabeschurre angebracht werden. Zur Verlangsamung des Luftstroms sollten auf jeder Seite der Düsen Staubvorhänge angebracht werden, damit der Nebel den Staub aus der Luft entfernen kann (**Abbildung 19.11**).

Anwendungsbeispiel 2 für die Staubunterdrückung

In einem Werk zur Gewinnung von mineralischen Zuschlagstoffen wird auf einem Band Kalkstein transportiert. Der Übergabepunkt ist nicht eingehaust.

Schüttgut	gebrochener Kalkstein
Übergabepunkt	offen (keine Einhausung)
Luftgeschwindigkeit	unbekannt
Unterdrückungsmethode	Schaum

Dies ist ein gutes Anwendungsbeispiel für ein Schaumsystem, weil das Schüttgut nicht feuchtigkeitsempfindlich ist und über keine Schurre zur Kontrolle der Luftbewegung verfügt.

Abbildung 19.11

Die Düsen sollten auf der Abdeckung des Auslaufbereichs der Übergabeschurre angebracht werden. Zur Verlangsamung des Luftstroms sollten auf jeder Seite der Düsen Staubvorhänge montiert werden, damit der Nebel den Staub aus der Luft entfernen kann.



Der Schaum könnte beim Abwurf von der Kopffrommel auf den Kalkstein aufgebracht werden, während das Schüttgut aufgewirbelt wird. Dadurch kann die Feuchtigkeit die gesamte Oberfläche des Schüttgutes abdecken. Die Bedeckung der gesamten Oberfläche mit Feuchtigkeit verhindert die Staubbildung, wenn das Schüttgut auf das aufnehmende Förderband fällt (**Abbildung 19.12**).

Anwendungsbeispiel 3 für die Staubunterdrückung

Auf der Förderanlage wird Kohle transportiert. Die Übergabeschurre ist richtig abgedichtet und abgestützt. Eine Anemometerablesung am Ende des Auslaufbereichs zeigt, dass die Austrittsgeschwindigkeit des Luftstroms 1,5 m/s beträgt.

SchüttgutKohle
 Übergabepunkt abgedichtet und abgestützt
 Luftgeschwindigkeit 1,5 m/s
 Unterdrückungsmethode Schaum

Dies ist ein gutes Anwendungsbeispiel für ein Schaumsystem, das in Verbindung mit einem Umbau des Übergabepunktes der Förderanlage angewendet wird. Die hohe Luftgeschwindigkeit zeigt an, dass die Einhausung des Übergabepunktes nicht groß genug ist, um die Luft zu verlangsamen. Eine hohe Geschwindigkeit bedeutet normalerweise, dass große Staubmengen erzeugt werden. Der Übergabepunkt sollte verlängert und die Höhe der Einhausung vergrößert werden, damit die Luft verlangsamt wird und der Staub sich legen kann.

Das Schüttgut ist feuchtigkeitsempfindlich, weshalb die Wassermenge so gering wie möglich gehalten werden sollte. Der Schaum könnte auf das Schüttgut aufgebracht werden, während es aufgewirbelt wird. Dadurch kann die Feuchtigkeit die gesamte Oberfläche des Schüttgutes abdecken. Die Bedeckung der gesamten Oberfläche mit Feuchtigkeit verhindert die Staubbildung, wenn das Schüttgut auf das aufnehmende Band landet.

Die Feuchtigkeit hat auch eine nachhaltige Wirkung und kann die Kohle bis zur Deponieranlage feucht halten (**Abbildung 19.13**).

Anwendungsbeispiel 4 für die Staubunterdrückung

Ein Becherwerk entlädt Kohle von einem Kahn. Es gibt keine Übergabeschurre, so dass die Entladeeinrichtung somit Luftströmungen ausgesetzt ist.

SchüttgutKohle
 Übergabepunkt nicht vorhanden
 Luftgeschwindigkeit je nach Umgebung
 Unterdrückungsmethode Wasser mit Tensid

Dies ist ein gutes Anwendungsbeispiel für eine Wasser/Tensid - Unterdrückung, weil das Schüttgut nicht wasserempfindlich ist und weil eine Einhausung um das Schüttgut herum nicht vorhanden ist. Wasser mit einem Tensidzusatz ermöglicht die Bildung größerer Wassertropfen als dies bei Wasser allein der Fall wäre, die dann auch von Luftströmungen nicht so stark beeinflusst werden. Die Düsen sollten um den Aufnahmebagger herum positioniert werden, damit die Wasser/Tensid - Mischung während des Entladens auf den Kahn herunterregnen kann (**Abbildung 19.14**).



Abbildung 19.12

Wird der Schaum auf das aufgewirbelte Schüttgut aufgebracht, kann die Feuchtigkeit die gesamten Oberflächen des Schüttguts bedecken und so die Staubbildung verhindern.



Vorher

Abbildung 19.13

Die Feuchtigkeit hat eine nachhaltige Wirkung und kann die Kohle bis zur Aufhaldung feucht halten.



Nachher

Tabelle 19.5

Thermische Verlustleistung in einem kohlebefeueten Kraftwerk		
	Metrisch	Amerikanisch
Maßeinheit für Wärme/Energie	Kilojoule (kJ)	British Thermal Unit (BTU)
Spezifisches Gewicht des Wassers	1 kg/l	8,33 lb _m /gal
Energie zur Wasserverdampfung	2675 kJ zur Verdampfung von 1 kg Wasser (etwa 1,0 l) unter Normalbedingungen	1150 BTU zur Verdampfung von 1 lb _m Wasser (etwa 1 pt) unter Normalbedingungen
Kohle-Einheit	Tonne (1000 kg)	Short ton (2000 Pfund)
Die zur 1 %-igen Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes pro Kohle-Einheit erforderliche Wassermenge	10 kg (10 l)	20 lb _m (2,4 gal)
Die zur Verdampfung dieses 1% an zusätzlichem Wasser in der Kohle-Einheit (Tonne/st) erforderliche Wärme	26750 kJ (2675 kJ/kg x 10 kg)	23000 BTU (1150 BTU/lb _m x 20 lb _m)
Brennwert der Kohle	Fettkohle = 27900 kJ/kg Quelle: <i>Daten über die Kohle: Eine Information, die von der Informationsabteilung des US-Energieministeriums herausgegeben wurde. Metrische Umrechnung durch Martin Engineering.</i> Bituminöse Braunkohle = 20900 kJ/kg Braunkohle = 16300 kJ/kg	Fettkohle = 12000 BTU/lb _m Bituminöse Braunkohle = 9000 BTU/lb _m Braunkohle = 7000 BTU/lb _m
Kohlemenge zur Erzeugung der Wärmemenge zur Verdampfung von 1 % Wasser aus einer Tonne (1 st) Kohle	Erforderliche Wärmemenge (kJ) dividiert durch den Brennwert (kJ/kg) = kg	Erforderliche Wärmemenge (BTU) dividiert durch den Brennwert (BTU/lb _m) = lb _m
	26750 / kJ/kg = kg	23000 / BTU/lb _m = lb _m
	Fettkohle 0,96 kg	Fettkohle 1,9 lb _m
	Bituminöse Braunkohle 1,3 kg	Bituminöse Braunkohle 2,55 lb _m
	Braunkohle 1,6 kg	Braunkohle 3,3 lb _m
Zusammenfassung	Man benötigt ca. 0,96 kg bis 1,6 kg, um 1 % Wasser zu verdampfen, das einer Tonne Kohle zugesetzt wurde.	Man benötige ca. 1,9 lb _m bis 3,3 lb _m Kohle, um 1 % Wasser zu verdampfen, das einer St Kohle zugesetzt wurde.
In Prozent ausgedrückt	Dies entspricht einem Anteil von 0,0096 bis 0,016 der Kohle (1/10 bis 1/6 Prozent)	Dies entspricht einem Anteil von 0,0095 bis 0,0165 der Kohle (1/10 bis 1/6 Prozent)
Inhalt eines Eisenbahnwaggons	91 t (91000 kg)	100 st (200000 lb _m)
Verlust von jeder Waggonladung	~87 bis 146 kg	~190 bis 330 lb _m
Verlust von jedem Zug mit 120 Waggons	~10,5 bis 17,5- t/Zugladung, oder zwischen 1/10 und 1/5 einer Waggonladung/Zug	~22800 bis 39600 lb _m /Zugladung, oder zwischen 1/10 bis 1/5 einer Waggonladung/Zug
Wenn das betrachtete 270 MW - Kraftwerk 60 Einheitszüge pro Jahr angeliefert bekommt, beträgt der:		
Jährlicher Verlust	~625000 bis 1,1 Millionen kg oder ~625 bis 1100 t, oder 6 bis 12 Waggonladungen/Jahr	~1,35 bis 2,4 Millionen lb _m oder ~684 bis 1188 st, oder 6 bis 12 Waggonladungen/Jahr

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Thermische Verlustleistung in einem kohlebefeuelten Kraftwerk

Ein 270 MW - Kraftwerk könnte etwa 82 t/h verheizen, 24 Stunden pro Tag, sieben Tage pro Woche. Dies ergibt 13776 Tonnen pro Woche. Selbst wenn man einen zweiwöchigen Stillstand für Wartungsarbeiten mit einbezieht, beläuft sich der jährliche Kohleverbrauch dieser Anlage auf mehr als 688000 Tonnen pro Jahr (auf 50 Wochen gerechnet).

Das Kraftwerk erhält die Kohle in Zugeinheiten mit 120 Waggons, jeder mit einer Kapazität von 91 Tonnen. Mit einer Gesamtkapazität von 10920 Tonnen pro Zug, muss das Werk grob gerechnet 1,25 Züge pro Woche oder 5 Züge pro Monat geliefert bekommen. Das sind etwa 60 Züge pro Jahr. Diese Zahlen variieren je nach Art (Wärmeleistung) der verwendeten Kohle.

Die thermische Verlustleistung ist die Menge an Kohle, die verbrannt werden muss, nur um die der Kohle vom Staubunterdrückungssystem hinzugefügte Feuchtigkeit zu verdampfen. Diese Menge beträgt 1,0 bis 1,6 kg/t je Prozent Wasserzusatz zur Kohle.

Bei einem Prozentsatz von 0,1 bis 1 Prozent der Kohle zur Entfernung von diesem einen zusätzlichen Prozent Feuchtigkeit, verliert das Kraftwerk die Wärme von 10,5 bis 17,5 t Kohle pro Zugladung, oder grob 0,1 bis 0,2 Anteile einer Waggonladung. Dies ergibt 6 bis 12 Eisenbahnwaggons pro Jahr – vielleicht 1 Waggon pro Monat – die verbrannt werden, nur um die hinzugefügte Feuchtigkeit zu verdampfen (**Tabelle 19.5**).

STAUBUNTERDRÜCKUNG: EIN TEIL IM PUZZLE-SPIEL

Und zum Abschluss...

Die Staubunterdrückung ist für eingehauste Bereiche mit angemessener Größe bestens geeignet. Bei offenen Bereichen oder in großen Anlagen, wie z. B. bei Eisenbahnwaggons oder Abkipfstellen für Muldenkipper, ist die Anwendung und Steuerung der verschiedenen Formen der Staubunterdrückung schwierig. Um in diesen Anwendungen akzeptable Ergebnisse zu erzielen, kann möglicherweise eine Kombination aus Einhausung, Unterdrückung und Abscheidung erforderlich sein.



Abbildung 19.14

Ein offener Rücklade-förderer ist ein gutes Anwendungsbeispiel für ein Wasser/Tensid - Staubunterdrückungssystem.

Die Staubunterdrückung alleine kann nicht als die Komplettlösung zur Beherrschung der Schüttgutverluste betrachtet werden. Sorgfältig ausgewählt, konstruiert und gewartet, kann ein Staubunterdrückungssystem jedoch einen wesentlichen Beitrag zum Gesamtprogramm der Materialkontrolle leisten.

Vorausblick...

Nach den Kapiteln „Überblick Staubkontrolle“ und „Passive Entstaubung“, ist dieses Kapitel über Staubunterdrückung das dritte Kapitel im Abschnitt „Staubkontrolle“. Im folgenden, abschließenden Kapitel über Staubkontrolle wird das Thema der aktiven Entstaubung fortgesetzt mit einem Hauptaugenmerk auf die Staubabscheidung.

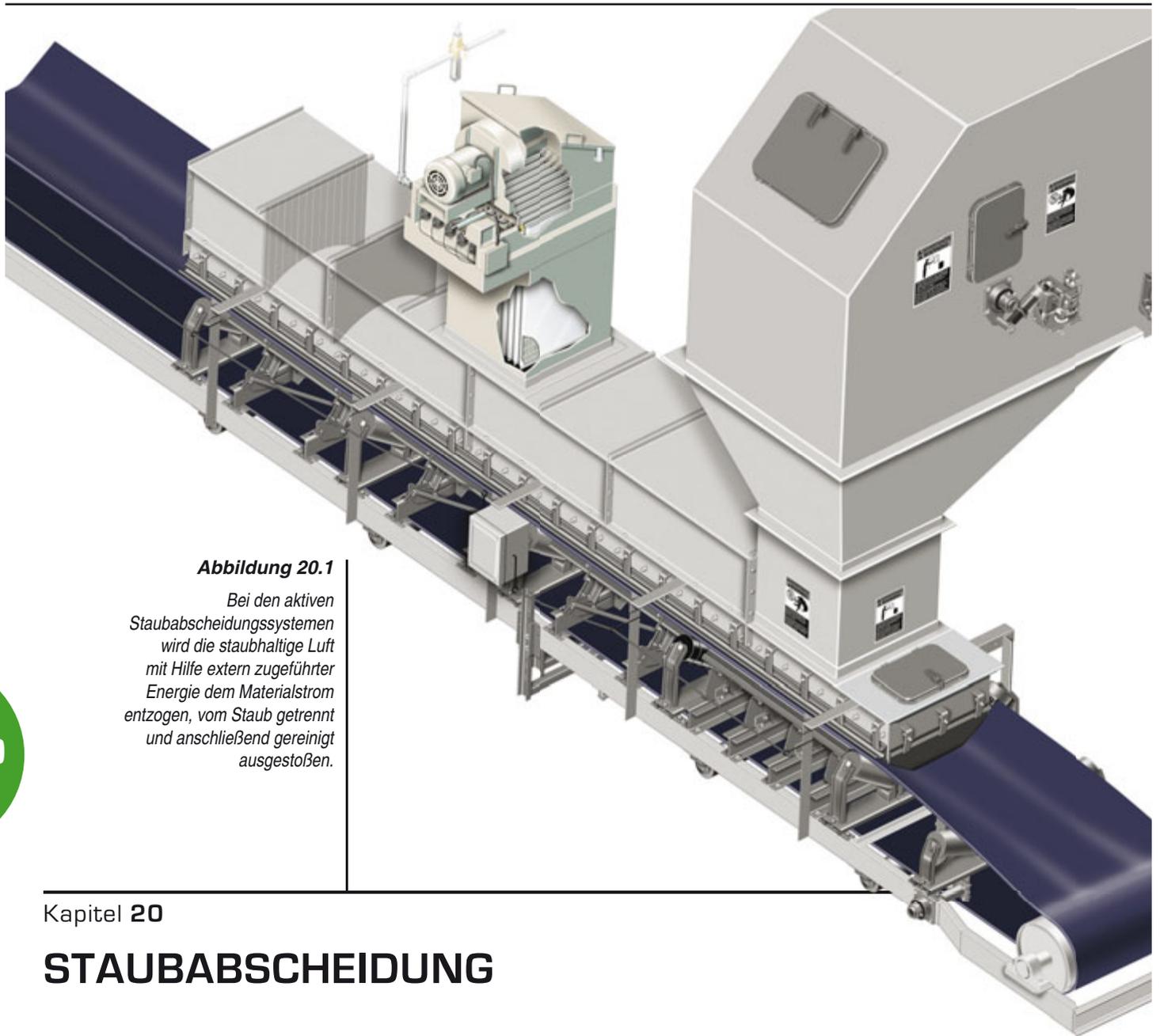


Abbildung 20.1

Bei den aktiven Staubabscheidungssystemen wird die staubhaltige Luft mit Hilfe extern zugeführter Energie dem Materialstrom entzogen, vom Staub getrennt und anschließend gereinigt und anschließend ausgestoßen.

20

Kapitel 20

STAUBABSCHEIDUNG

Staubabscheidung	323
Abscheidungstechniken	324
Zentrale Abscheidung, dezentrale Abscheidung und Aufbaufiltersysteme	328
Dimensionierung und Platzierung.....	331
Die Kehrseite der Medaille	332
Systemwartung	333
Typische Spezifikationen.....	333
Sicherheitsrelevante Fragen.....	333
Typische Anwendungen der Staubabscheidung.....	334
Weiterführende Themen.....	334
Staubabscheidung: Ein Teil im Puzzle-Spiel.....	335

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel besprechen wir die fünf Haupttypen der aktiven Staubabscheidungssysteme und deren Vor- und Nachteile. Wir vergleichen auch die zentrale und die dezentrale Abscheidung und die Aufbaufiltersysteme. Ebenfalls werden die Dimensionierung und die Positionierung der Staubabscheider abgehandelt sowie einige Nachteile der Staubabscheidungssysteme erörtert. Bei Weiterführenden Themen kommen wir zur Auswahl und Anwendung eines Aufbaufiltersystems und wir besprechen drei Arten von Luftgeschwindigkeit und deren Bedeutung für die Staubkontrolle.

Die Staubabscheidung – die Durchleitung staubhaltiger Luft durch ein Filtersystem oder ein Abscheidungssystem – stellen den letzten Baustein der Systeme zur Staubkontrolle dar.

Es gibt sowohl aktive als auch passive Staubabscheidungssysteme. Bei einem passiven System durchströmt die Luft lediglich das Filtersystem, während die aktiven Systeme wie ein Staubsauger funktionieren, bei denen die Luft zur Reinigung mit Hilfe extern zugeführter Energie durch einen Filter gedrückt oder gesaugt wird. (Siehe Kapitel 18: „Passive Entstauung“ für Informationen über passive Staubabscheidungsverfahren.) In diesem Kapitel werden die aktiven Staubabscheidungssysteme (**Abbildung 20.1**) erörtert, bei denen die staubbelastete Luft dem Materialstrom entnommen, vom Staub getrennt und anschließend gereinigt ausgestoßen wird.

STAUBABSCHIEDUNG

Staubabscheidungssysteme

Mit den mechanischen Staubabscheidungssystemen wird die staubhaltige Luft von einer Staubquelle abgesaugt, wie z. B. von der Ladezone einer Förderanlage. Der Staub und die Luft werden voneinander separiert und die gereinigte Luft ausgestoßen. Ein typisches Staubabscheidungssystem besteht aus vier Hauptbestandteilen (**Abbildung 20.2**):

- Absaughaube(n) zur Aufnahme der Schwebestäube an der Quelle
- Abluftrohrleitungen für den Transport der Luft/Staubmischung zu einem Abscheider
- Abscheider, Filter oder Abscheidungseinrichtung zur Entfernung des Staubes aus der Luft
- Ventilator mit Motor für die notwendige Saugleistung

Betrachtungen zu den Staubabscheidungssystemen

Staubabscheidungssysteme variieren stark im Hinblick auf die Ausführungsart, die Funktionsweise, die Wirksamkeit, den Raumbedarf, ihre Bedienung und in Bezug auf die Kosten für Betrieb und Wartung. Bei der Auswahl eines Systems sollten die folgenden Faktoren geprüft werden:

A. Die Staubkonzentration

Bei der Schüttguthandhabung treten typischerweise Staubkonzentrationen von 230 bis 23000 mg/m³ auf und die Teilchengrößen variieren zwischen 0,2 bis 100 Mikron (µm ist der millionste Teil eines Meters). Die Auswahl eines Abscheiders sollte sich nach der erforderlichen Sauberkeitsstufe bzw. dem Wirkungsgrad richten.

B. Die Kenngrößen des Luftstroms

Die Kenngrößen der verunreinigten oder schmutzigen Luft können bei der Auswahl des Abscheiders eine wesentliche Auswirkung haben. Hierzu gehören solche Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt und relative Luftfeuchtigkeit.

C. Die Kenngrößen des Staubs

Die Eigenschaften des Staubs selbst sind wichtig bei der Auswahl eines Staubabscheidungssystems. Mäßige bis hohe Konzentrationen von vielen Stäuben, wie z. B. von Quarzsand oder von Metallerzen, können abrasiv, hygroskopisch oder klebrig sein. Die Größe und die Form der Partikel sind entscheidend für Verwendbarkeit von Gewebe-Staubabscheidern. Die Brennbarkeit vieler feiner Materialien schließt die Verwendung von elektrostatischen Staubabscheidern aus.

D. Die Entsorgungsmethode

Die Methode zur Entsorgung des gesammelten Staubes hängt von der Art und der Menge des Materials ab, von der Betriebsweise der Anlage und von Art des verwendeten

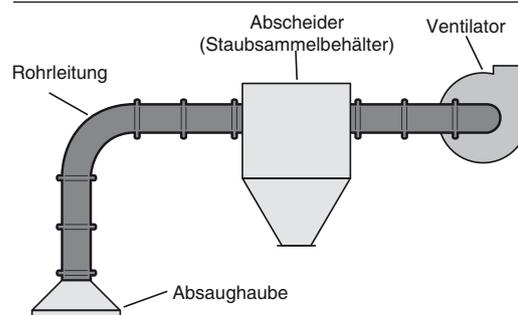


Abbildung 20.2

Zu den Hauptbestandteilen eines Staubabscheidungssystems gehören Absaughauben, Abluftrohrleitungen, die Filtervorrichtung und der Ventilator mit Motor.

Abscheiders. Abscheider können im Dauerbetrieb oder im Chargenbetrieb abgereinigt werden. Trockenes Material kann bei der Abreinigung und Entsorgung zu sekundären Staubproblemen führen. Bei Nassabscheidern kann die Entsorgung nasser Schlämme ein zusätzliches Problem darstellen. Werden Abwässer nicht richtig behandelt, kann dies zu Problemen bei der Abwasserentsorgung oder zur Wasserverschmutzung führen.

ABSCHIEDUNGSTECHNIKEN

Staubabtrennungstechniken

Um Staub von der Luft abzutrennen, gibt es von der Geräteseite her eine ganze Anzahl möglicher Ansätze, wobei jede ihre eigenen Vor- und Nachteile hat. Zu den fünf im Industriebereich eingesetzten Haupttypen aktiver Staubabscheidungssysteme gehören:

- A. Fliehkraftabscheider (auch als Zyklone bezeichnet)
- B. Nassreiniger
- C. Elektrostatische Staubabscheider
- D. Filterpatronenabscheider
- E. Gewebe-Staubabscheider (zentrales Entstaubungssystem mit Filtersäcken)

Fliehkraftabscheider

Fliehkraftabscheider trennen den Staub vom Luftstrom durch den kombinierten Einsatz von Zentrifugal-, Gravitations- und Fliehkraften. Diese Kräfte bewegen den Staub in einen Be-

reich, wo die vom Luftstrom ausgeübten Kräfte minimal sind.

Es gibt drei Hauptarten von Fliehkraftabscheidern:

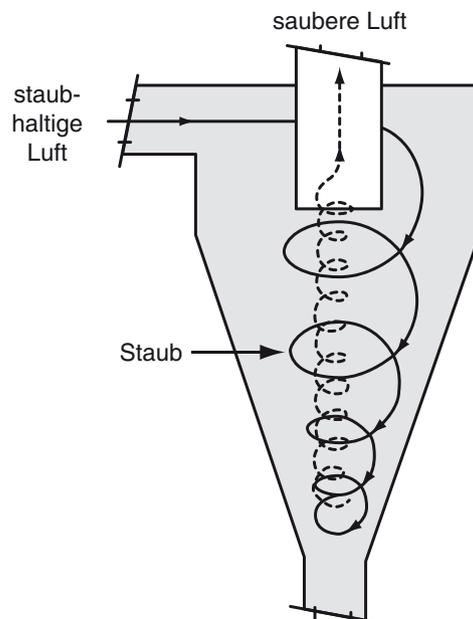
- A. Aktive Absetzkammern
- B. Umlenkkammern
- C. Zyklone oder Zentrifugalabscheider

Aktive Absetzkammern funktionieren aufgrund der Annahme, dass eine Eingrenzung des Luftstromes zur Verlangsamung desselben dazu führt, dass die in der Luft schwebenden Partikel aus der Luft herausfallen. Bei den Umlenkkammern, vom Funktionsprinzip her den aktiven Absetzkammern ähnlich, wird die Luft mittels Umlenk- und Drosselementen verlangsamt und umgeleitet, damit auch hier die in der Luft schwebenden Partikel aus der Luft herausfallen können. Aufgrund der erforderlichen Größen und der geringen Wirkungsgrade werden aktive Absetzkammern und Umlenkkammern nicht auf breiter Basis als einzige Abscheidungsmethode verwendet.

Von diesen Fliehkraftabscheidersystemen sind die Zyklone die am häufigsten eingesetzte Bauart. Sie erzeugen einen Wirbel – einen internen Tornado – der den Staub aus dem Luftstrom herausschleudert (**Abbildung 20.3**). Dieser wirbelnde Luftstrom erzeugt eine Zentrifugalkraft, durch welche die Staubpartikel nach außen in Richtung der Einheitwandung beschleunigt werden. Nach dem Auftreffen auf die Wandung agglomerieren die Partikel zu größeren Einheiten und fallen aus dem Luftstrom heraus in einen Abscheidungsbereich oder eine Auslassöffnung am unteren Ende der Einheit.

Abbildung 20.3

Bei den Zyklon-Staubabscheidungssystemen wird ein Wirbel – ein interner Tornado – erzeugt, der den Staub aus dem Luftstrom herausschleudert.



Es gibt Einzelzyklone, in denen zwei Wirbel in einer Einheit erzeugt werden. Der Hauptwirbel trägt den groben Staub abwärts und ein kleinerer, von unten nach oben aufsteigender Innenwirbel trägt den Feinstaub aufwärts zu einem Filter. Mehrfachzykloneinheiten bestehen aus einer Serie von kleineren Zyklonen mit geringeren Durchmessern, die mit einem gemeinsamen Einlass und Auslass parallel betrieben werden. In jeder dieser Einheiten werden die zwei vom Einzelzyklon bekannten Wirbel erzeugt. Diese Mehrfachzykloneinheiten sind effizienter, weil sie höher sind und weil damit die Luft länger im Inneren bleibt. Sie haben auch geringere Durchmesser, was zu einer größeren Zentrifugalkraft führt. Um die Trennwirkung zu gewährleisten, benötigen Zyklone einen hohen Luftdurchsatz.

Bei einigen Zyklonen wird der Wirkungsgrad dadurch verbessert, dass die Aufprallfläche mit Wasser benetzt wird, besonders wenn feine Partikel abzuscheiden sind.

Da die Fliehkraftabscheidersysteme keinen ausreichenden Wirkungsgrad bei der Abscheidung von feinen bzw. einatembaren Partikeln aufweisen, werden sie oft als Vorabscheider verwendet, um die Belastung von wirksameren Abscheidungssystemen zu reduzieren. Bei hoher Luftfeuchtigkeit verschlechtert sich die Leistung. Wenn Verstopfungen kein Problem sind, können diese Systeme bei niedrigen Wartungskosten betrieben werden, da sie keine beweglichen Teile enthalten.

Nassreiniger

Bei Nassreinigersystemen wird eine Flüssigkeit (meist Wasser) nach unten in den staubbeladenen Luftstrom hineingesprüht (**Abbildung 20.4**). Die Staubpartikel werden von den Wassertröpfchen gebunden und aus der Luft abgeschieden. Die Staub/Wassermischung wird als Schlämme aus dem Unterteil des Abscheiders abgelassen und läuft durch ein Absetz- oder Klärsystem, um das Material zu entfernen.

Ein Vorteil bei den Nassreinigern ist, dass sie bei Hochtemperaturanwendungen eingesetzt werden können. Der Staub kann kaum entkommen und wieder in die Luft übertreten. Bei den Nassreinigern gibt es nur minimale Brand- und Explosionsrisiken. Sie bieten zudem die Möglichkeit, sowohl Partikel (Staub) als auch Gase zu sammeln, so dass sie in einigen Betrieben einen zweifachen Nutzen haben.

Nassreiniger haben jedoch auch einige Nachteile. Ein Nachteil ist, dass diese Systeme hohe Betriebs- und Wartungskosten verursachen und dass sie bei kalter Witterung vor Frost geschützt werden müssen. Bei schwerer Staubbelastung benötigen diese Systeme oft eine Vorreinigungsstufe, z. B. einen Zyklon. Diese Systeme haben einen hohen Energiebedarf. Durch das Wasser und wegen der Schlämme können Korrosionsprobleme auftreten. Für das kontaminierte Wasser aus dem System ist normalerweise eine Wasseraufbereitung erforderlich. Die Wiedergewinnung des Materials aus der Nassreinigung gestaltet sich schwierig.

Elektrostatische Staubabscheider

Elektrostatische Staubabscheider werden oft zur Behandlung großer Volumina staubbeladener Luft innerhalb eines weiten Temperatur- und Druckbereiches eingesetzt. Bei diesen

Systemen werden die Partikel beim Eintritt in den Abscheidungsereich durch Aufbringung einer negativen elektrischen Ladung ionisiert (**Abbildung 20.5**). In der Abscheidungszone werden die geladenen Partikel von positiv geladenen Elektrodenplatten angezogen und setzen sich darauf ab. Der angesammelte Staub wird dann durch Abklopfen oder durch Vibration von diesen Elektroden gelöst und bewegt sich durch die Wirkung der Schwerkraft an den Platten entlang nach unten.

Die vier Hauptkomponenten aller elektrostatischen Staubabscheider sind:

- A. Eine Gleichstromquelle mit hoher Spannung
- B. Ein Bereich, in dem die Partikel im Luftstrom durch Aufbringung einer elektrischen Ladung ionisiert werden
- C. Eine Methode zur Entfernung der gesammelten Partikel
- D. Ein Gehäuse zur Unterbringung der Abscheidungszone

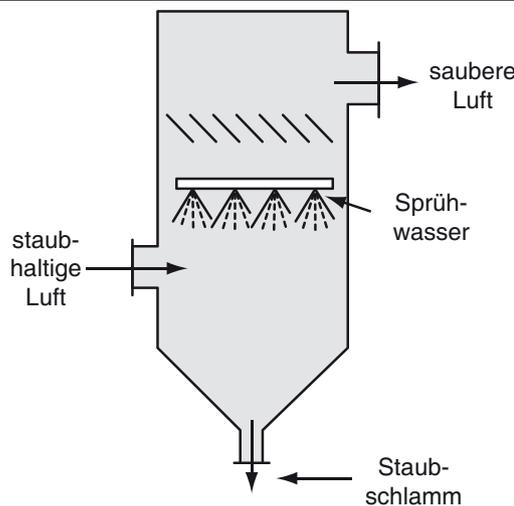


Abbildung 20.4

Bei Nassreinigersystemen wird eine Flüssigkeit (meist Wasser) nach unten in den staubbeladenen Luftstrom hineingesprüht. Die Staubpartikel werden von den Wassertröpfchen gebunden und aus der Luft abgeschieden.

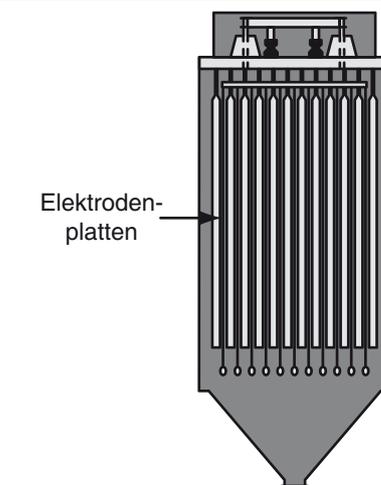


Abbildung 20.5

Bei den elektrostatischen Staubabscheidern werden die Partikel beim Eintritt in den Abscheidungsereich durch Aufbringung einer negativen elektrischen Ladung ionisiert. In der Abscheidungszone werden die geladenen Partikel von positiv geladenen Elektrodenplatten angezogen und setzen sich darauf ab.



Es gibt zwei Hauptarten von Abscheidern:

- A. Einstufig, bei hoher Spannung
Bei den einstufigen Abscheidern sind die Ionisierung und die Abscheidung in einem einzigen Verfahrensschritt vereinigt. Sie werden landläufig auch als Cottrell-Abscheider bezeichnet.
- B. Zweistufig, bei niedriger Spannung
Zweistufige Abscheider gleichen den einstufigen Abscheidern vom Prinzip her, jedoch sind hier die Bereiche für die Ionisation und die Abscheidung nacheinander angeordnet.

Bei Stäuben können elektrostatische Abscheider einen Wirkungsgrad von 99 % erreichen, auch bei Partikeln, die kleiner als ein Mikron sind. Aber sie wirken nicht gut bei Flugasche aus der Kohleverbrennung mit einem niedrigen Schwefelgehalt, da diese einen hohen elektrischen Widerstand aufweist. Bei anderen Materialien funktionieren sie mit minimalem Energieverbrauch, auch bei klebrigen und korrosiven Materialien, bei hohen Temperaturen oder bei hohen Luftströmungen. Diese Systeme erfordern einen hohen Investitionsaufwand. Es sind Sicherheitsmaßnahmen erforderlich, damit das Personal nicht durch die Hochspannung des Systems gefährdet wird. Bei den elektrostatischen Abscheidern besteht Explosionsgefahr, wenn sich brennbare Gase in der Umgebung der elektrischen Anlage ansammeln.

Filterpatronenabscheider

Bei den Filterpatronenabscheidern werden perforierte Metall- oder Plastikkassetten mit gefalteten Filtermedien aus Vliesstoffen in das Gehäuse der Staubabscheider eingesetzt. Die bei diesen Systemen verwendeten Filtermedien bieten eine große Filterfläche in einer kleine-

ren, kompakteren Einheit, als dies bei anderen Staubabscheidungssystemen der Fall ist. Dadurch kann die Größe des Gesamtsystems reduziert werden.

Diese Systeme gibt es für den Einmalgebrauch, bei dem der Filter in Betriebspausen ausgewechselt wird, und als Pulsstrahl-Reinigungssystem, das eine kontinuierliche Reinigung erlaubt.

Zu den Nachteilen dieser Systeme gehören die relativ hohen Beschaffungskosten für die Austauschketten. Ein hoher Feuchtigkeitsgehalt im abgeschiedenen Material kann zum Verstopfen der Filtermedien führen und das System selbst erfordert eine umfangreichere Wartung als andere Abscheidungsmethoden. Filterpatronen sind allgemein nicht für abrasive Materialien zu empfehlen, oder für Anwendungen, bei denen hohe Temperaturen auftreten können.

Gewebe-Staubabscheider

Die gängigste Technik bei der Staubseparation ist vielleicht die Verwendung von Gewebe-Staubabscheidern, die als Schlauchfilter-Batterie zentral in einem Filtersackgehäuse untergebracht sind (**Abbildung 20.6**). Bei den Gewebe-Staubabscheidern werden die Staubpartikel durch Filtration vom Luftstrom getrennt. Sie gehören zu den effizientesten und kostengünstigsten Staubabscheidern und können bei der Abscheidung von Feinstaub mit einer Größe von 1 µm oder kleiner einen Wirkungsgrad von über 99 Prozent erreichen.

Bei den Gewebe-Staubabscheidern wird der Staub selbst zur Filterung genutzt. Auf der Oberfläche der Filtersäcke bildet sich ein Kuchen aus abgeschiedenem Staub, in dem sich weitere Staubpartikel verfangen.

Die Säcke – aus Baumwoll-, Kunststoff- oder Glasfasergewebe oder -filz in Form eines Schlauches oder Kuverts/einer Filtertasche – müssen periodisch gereinigt werden, um die Menge an Staubkuchen zu reduzieren, damit Luft durch den Sack gesaugt werden kann, ohne dass der Ventilator dabei überlastet wird.

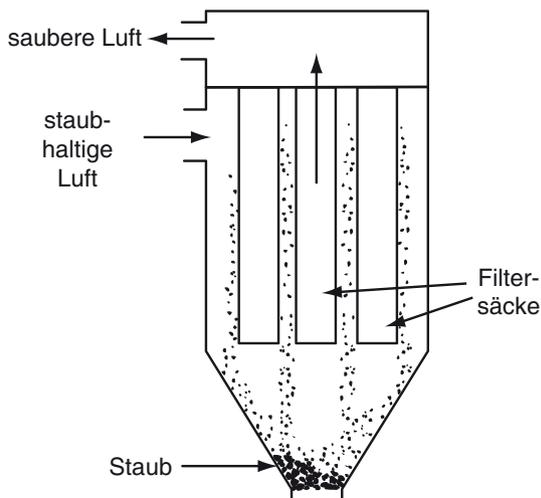
Grundprinzipien

Bei den Gewebe-Staubabscheidern oder Schlauchfilter-Batterien gibt es drei Grundprinzipien:

- A. Der Wirkungsgrad bei der Reinigung hängt vom Aufbau eines Staubkuchens auf der Filteroberfläche ab: Im Vergleich mit einem

Abbildung 20.6

Die gängigste Technik bei der Staubseparation ist die Verwendung von Gewebe-Staubabscheidern, die als Schlauchfilter-Batterie in einem Filtersackgehäuse untergebracht sind. Bei den Gewebe-Staubabscheidern werden die Staubpartikel durch Filtration vom Luftstrom getrennt.



neuen Filter ist die Leistung besser, wenn sich bereits ein gewisser Kuchen auf der Oberfläche des Filters aufgebaut hat.

- B. Die durchströmende Luftmenge hängt von der Durchlässigkeit des Filtermediums ab, von der Staubmenge im Luftstrom, von der Aufbaumenge vor der Filterreinigung und von der Leistungsfähigkeit des Gegenluftstoßes bei der Reinigung.
- C. Je durchlässiger das Filtergewebe ist, desto geringer ist die Abscheidungswirkung, ob mit oder ohne Staubkuchen.

Abscheider können für „aufsteigenden Betrieb“ ausgelegt sein, wobei die verschmutzte Luft von unten her durch den Abscheider strömt und die saubere Luft am oberen Ende des Abscheiders aus dem Filter austritt, oder für „absteigenden Betrieb“, bei dem verschmutzte Luft am oberen Ende eintritt und den Abscheider abwärts durchströmt und die saubere Luft am unteren Ende austritt. Der absteigende Betrieb ist für die Reinigung günstiger und im Allgemeinen effizienter.

Filterreinigung

Die Reinigung von Filtern in Schlauchfilter-Batterien kann je nach Bedarf durchgeführt werden, wenn der Filter bei Vorliegen einer festgelegten Druckdifferenz (innen : außen) vollständig beladen ist. Die automatisierte Reinigung kann bei Betriebspausen durchgeführt werden, wenn der Abscheider abgeschaltet ist, oder bei laufendem Betrieb, wodurch eine ununterbrochene Abscheidung ermöglicht wird.

Drei häufige Reinigungsmethoden sind:

A. Mechanisches Abschütteln

Bei dieser Methode strömt die Luft von innen nach außen durch den Sack und der Staub wird auf der Innenseite des Sacks abgeschieden. Die Säcke werden durch Schüttelbewegung der oberen Aufhängung des Sackes gereinigt. Dies wird bei Stillstand der Anlage durchgeführt: Das System muss für die Reinigung abgeschaltet werden.

B. Gegenluftstrom

Bei den Systemen mit Gegenluftstromreinigung sind die Säcke am unteren Ende befestigt. Die Luft strömt von innen aufwärts durch den Sack und das Material sammelt sich auf der Innenseite. Beim Reinigen der Säcke wird saubere Luft in Gegenrichtung in den Staubabscheider eingeblasen, so dass der Sack teilweise kollabiert und der Staubkuchen von der Wandung des Sackes

abbröckelt und unten in den Auffangbehälter fällt. Das System muss für die Reinigung abgeschaltet werden.

C. Gegenstrom-Luftstoß

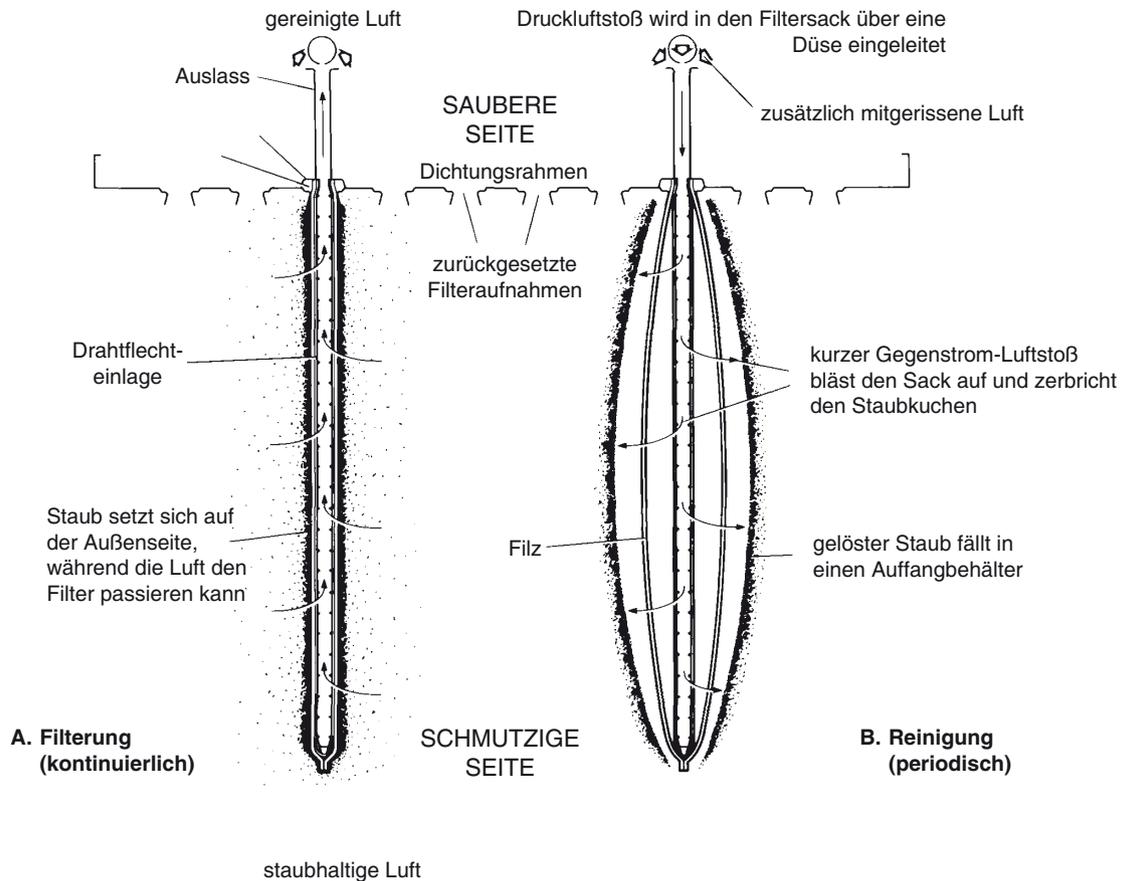
Reinigungssysteme mit Gegenstrom-Luftstoß ermöglichen die Reinigung bei laufendem Betrieb. Bei der Reinigung mit Gegenstrom-Luftstoß werden die Filtersäcke am oberen Ende im Filtersackgehäuse befestigt und von Metallkäfigen gestützt. Die verschmutzte Luft strömt von außen nach innen durch die Säcke und der Staub verbleibt auf der Außenseite des Sackes. Die gereinigte Luft strömt aufwärts durch den Sack und tritt am oberen Ende des Käfigs aus (**Abbildung 20.7**). Die Säcke werden durch Einblasen eines Stoßes komprimierter Luft am oberen Ende der Säcke gereinigt. Eine Venturidüse am oberen Ende des Sackes beschleunigt die Pressluft. Da der Luftstoß nur sehr kurz ist (normalerweise 0,1 Sekunde), wirkt er als eine sich rasch fortbewegende Blase, die die Wandung des Sackes aufbläht und den Staubkuchen zerbricht, wonach dieser in den Auffangbehälter fällt (**Abbildung 20.8**).

Reinigungssysteme mit Gegenstrom-Luftstoß bieten eine gründlichere Reinigung als die Systeme mit mechanischem Abschütteln oder mit Gegenluftstrom. Die Möglichkeit zur kontinuierlichen Reinigung ermöglicht deren Betrieb bei einer höheren Filterflächenbelastung, so dass der Wirkungsgrad bei der Reinigung höher und der Platzbedarf geringer ist als bei anderen Systemen.

Eine Schlauchfilter-Batterie mit Gewebefiltern kann bei der Entfernung einatembarer Staubemissionen einen Wirkungsgrad von bis zu 99 % aufweisen. Im Vergleich mit anderen Methoden sind die Filtersäcke relativ preisgünstig und die große Anzahl von Hersteller auf dem Markt gewährleistet eine konkurrenzfähige Preisgestaltung. Zu den Nachteilen dieser Systeme gehören Probleme bei Anwendungen über 260° C oder bei hoher Luftfeuchtigkeit. Bei manchen Systemen muss man in das Filtersackgehäuse einsteigen, um die Filtersäcke auszutauschen, wobei die Mitarbeiter den in umschlossenen Räumen vorherrschenden hohen Staubkonzentrationen ausgesetzt sind. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, dass ein Funke eine Explosion auslöst.

Abbildung 20.7

Bei der Reinigung mit Gegenstrom-Luftstoß werden die Filtersäcke am oberen Ende im Filtersackgehäuse befestigt und von Metallkäfigen gestützt. Die verschmutzte Luft strömt von außen nach innen durch die Säcke, der Staub verbleibt auf der Außenseite des Sackes. Die gereinigte Luft strömt aufwärts durch den Sack und tritt am oberen Ende des Käfigs aus.



A. Filterung (kontinuierlich)

SCHMUTZIGE SEITE

B. Reinigung (periodisch)

20

Ventilatoren und Motoren

Das Ventilator- und Motorsystem liefert die mechanische Energie, um kontaminierte Luft von einer Staubquelle weg und durch einen Staubabscheider hindurch zu bewegen. Zentrifugalgebläse und Querstromlüfter sind die beiden Haupttypen von Industrieventilatoren, die zur Luftförderung in Staubabscheidungssystemen eingesetzt werden.

Diese Ventilatoren werden von Elektromotoren angetrieben. Sowohl offene als auch völlig eingehauste Motoren sind in gegen Staubzün-

dung geschützten Versionen mit Zulassung für Gefahrenbereiche erhältlich, um den Feuergefahren in potentiell gefährlichen staubbelasteten Umgebungen begegnen zu können.

Die Lieferanten von Staubabscheidungssystemen können geeignete Typen und Größen sowohl für die Ventilatoren als auch für die Motoren empfehlen.

ZENTRALE ABSCHIEDUNG, DEZENTRALE ABSCHIEDUNG UND AUFBAUFILTERSYSTEME

Zentrale Systeme

Bei der zentralen Methode der Staubabscheidung von der gesamten Luft eines Fördersystems werden alle einzelnen Abscheidungs-punkte durch Abluftrohrleitungen mit einem einzigen Staubabscheider verbunden, der an einem abgelegenen Standort aufgestellt ist (**Abbildung 20.9**). Dieser Abscheider besteht aus Ventilatoren, Filter und einem Auffangbehälter. Das Filtersystem sammelt den ganzen abge-saugten Staub aus dem gesamten Fördersystem, von wo aus dieser der Entsorgung zugeführt oder an einer günstig gelegenen Stelle wieder auf das Förderband aufgegeben oder in den

Abbildung 20.8

Reinigungssysteme mit Gegenstrom-Luftstoß ermöglichen die Reinigung bei laufendem Betrieb. Dabei werden die Filter durch einen Druckluftstoß am oberen Ende der Säcke gereinigt. Die Sackwände blähen sich auf und zerbrechen den Staubkuchen, so dass dieser in den Auffangbehälter fällt.



Prozess zurückgeleitet wird.

Zentrale Systeme sind besonders geeignet, wenn im Verfahrensablauf alle stauberzeugenden Stellen auf einmal in Betrieb sind und/oder wenn es wünschenswert ist, dass der gesamte Staub an einer Stelle gesammelt und weiterbehandelt wird. Sie sind auch von Vorteil, wenn in der Umgebung der Förderanlagen wenig Platz für Staubabscheidungs- und Aufbereitungseinrichtungen zur Verfügung steht, oder wenn der Staubabscheider wegen des Explosionsrisikos in sicherer Entfernung platziert werden muss. Bei einigen Verfahren ist es besser, wenn feine Partikel vom Hauptmaterialstrom entfernt werden. Bei heißen Stäuben sind zentrale Staubabscheider zu bevorzugen, weil die Temperatur des Staubes auf dem Weg zum zentralen Abscheider abfällt, oder man kann Frischluft in den Fluss einspeisen.

Zu den Nachteilen des zentralen Staubabscheidungssystems gehören einerseits der höhere konstruktive Aufwand einer komplexeren Technik und andererseits die langen Abluftrohrleitungen. Da alle Staubsammelstellen (Absaughauben) gleichzeitig laufen müssen, kann die zentrale Methode höhere Betriebskosten verursachen. Bei Wartungsarbeiten an einer einzelnen Einheit muss das ganze System abgestellt werden. Bei einem weiteren Ausbau des Systems müsste der Motor für den Ventilator eines zentralen Abscheiders aufgrund des größeren statischen Druckes und der Verluste von den Abluftrohrleitungen viel größer ausgelegt werden. Der gesammelte Staub erfordert ein zusätzliches System für die Weiterbehandlung, welches wiederum eigene Staubprobleme hervorrufen kann, wenn es nicht richtig dimensioniert und betrieben wird.

Dezentrale Systeme

Dezentrale Systeme bestehen aus kleinen, in sich abgeschlossenen Staubabscheidern, die entweder an einzelnen oder an günstig zusammengefassten Staubquellen angebracht sind (**Abbildung 20.10**). Die Abscheidereinheiten befinden sich nahe bei den Maschinenkomponenten, für die sie gedacht sind, wodurch der Aufwand für lange Abluftrohrleitungen entfällt. Normalerweise werden bei diesen dezentralen Staubabscheidungssystemen Gewebefilter für feine Stäube und Zyklonabscheider für grobe Stäube eingesetzt.

Die dezentralen Systeme profitieren vom geringeren Aufwand für Abluftrohrleitungen und den sich daraus ergebenden geringeren Kosten für Konstruktion und Montage. Da manche Einheiten nur bei Bedarf laufen müssen, verursachen auch diese Systeme geringere Betriebskosten. Jede Einheit kann unabhängig von den anderen Einheiten gewartet werden, ohne dass dazu das gesamte Staubabscheidungssystem abgeschaltet werden muss.

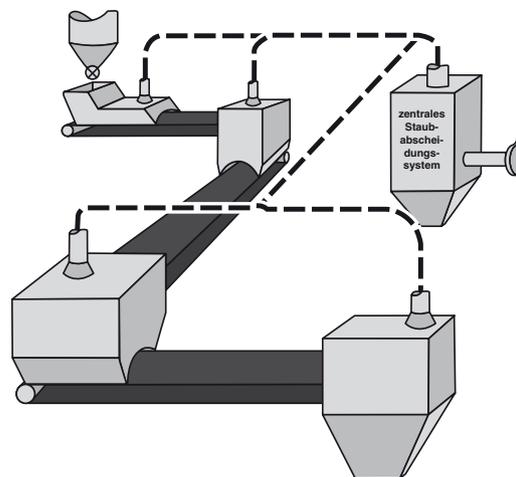


Abbildung 20.9

Bei einem zentralen Staubabscheidungssystem wird der Staub von mehreren Punkten oder Prozessen im Betrieb mittels eines einzigen Abscheidungssystems (Schlauchfilter-Batterie) entfernt.

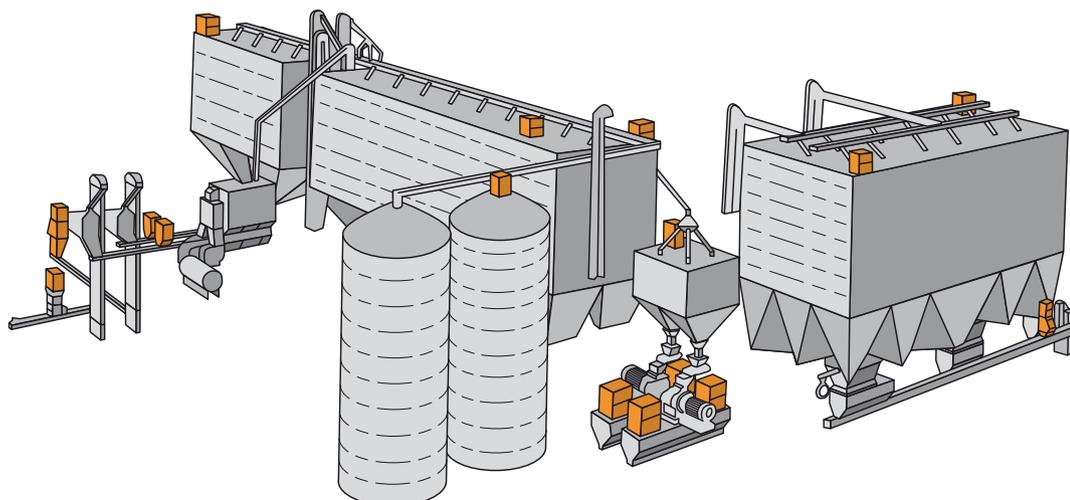


Abbildung 20.10

Bei den dezentralen Systemen werden kleinere Staubabscheider nahe bei den einzelnen oder bei eng gruppierten Staubquellen aufgestellt. (Hinweis: Staubabscheider sind orange farben gekennzeichnet.)

Für die dezentrale Methode braucht man Platz neben jeder Staubquelle. Für die Entfernung des Staubs von jedem dezentralen Abscheider sind zusätzliche Vorrichtungen und Maßnahmen erforderlich.

Zu den Vorteilen der dezentralen Abscheider gehört der geringe Platzbedarf, die Rückführung des gesammelten Staubs an den Hauptmaterialstrom und die niedrigen Anschaffungskosten. Diese geringe Größe geht jedoch zulasten des Staubfassungsvermögens der einzelnen Einheiten und der Wartungsmöglichkeiten und -intervalle.

Abbildung 20.11

Aufbaufiltersysteme werden direkt in der Einheit eingebaut, wo auch der Staub entsteht, z. B. in den Übergabepunkten einer Förderanlage.

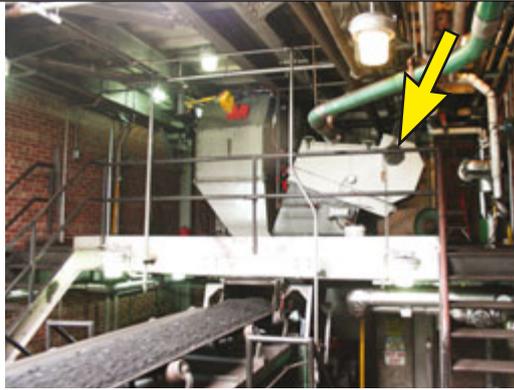


Abbildung 20.12

Bei den Aufbaufiltersystemen wird die Verschmutzung direkt an ihrer Quelle bekämpft. Oberhalb eines Übergabepunktes oder einer anderen Staubquelle installiert, sind diese Einheiten klein, in sich abgeschlossen und bestehen aus einem Ventilator und einem Staubfilter.

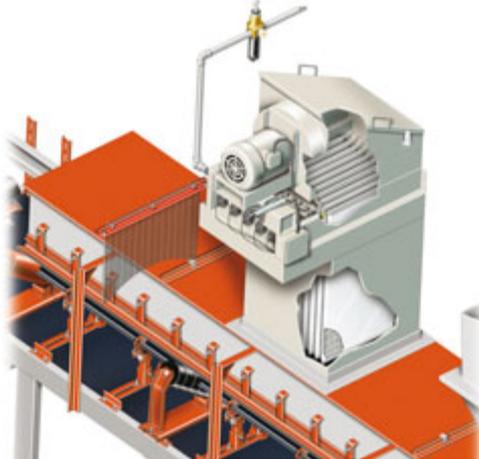


Abbildung 20.13

Aufbaufiltersysteme sind für einzelne, isolierte oder bewegliche Stellen oder Vorgänge geeignet, z. B. an Bunkern, Silos, Übergabepunkten oder für mobile Förderanlagen.



Aufbaufiltersysteme

Eine Erweiterung des dezentralen Konzeptes sind die Aufbaufiltersysteme, bei denen das Staubabscheidungssystem direkt in die Staubquelle selbst eingebaut ist (**Abbildung 20.11**). Der Filter ist in das Gehäuse eingebaut, das den Ort der Staubbildung umschließt, um dadurch den Staub direkt an der Quelle kontrollieren zu können. Der Staub wird nicht aus dem System herausgezogen, er wird gesammelt und von Zeit zu Zeit innerhalb der Einhausung in den Materialstrom zurückgeführt.

Bei den Aufbaufiltersystemen wird die Verschmutzung direkt an ihrer Quelle bekämpft. Oberhalb eines Übergabepunktes oder einer anderen Staubquelle installiert, sind diese Einheiten klein und in sich abgeschlossen. Sie bestehen aus einem Ventilator und einem Staubfilter (**Abbildung 20.12**). Bei diesen Abscheidern kann der Überdruck der Förderanlage genutzt werden, oder es werden Ventilatoren eingesetzt. Die Filtersäcke oder Kassetten können bei diesen Systemen senkrecht, horizontal oder in jedem beliebigen Winkel angebracht werden. Für die Aufbaufilter fallen die ganzen Abluftrohrleitungen weg, was zu einer Verringerung der Installationskosten und der Energiekosten während des Betriebes führt. Sie sind für einzelne, isolierte oder bewegliche Stellen oder Vorgänge geeignet, z. B. an Bunkern, Silos, Übergabepunkten oder für mobile Förderanlagen (**Abbildung 20.13**).

Ein Hauptvorteil dieses Systems ist, dass keine Abluftrohrleitungen benötigt werden. Das Aufbaufiltersystem ist oft sparsamer als zentrale oder dezentrale Systeme, außer es wären viele nahe beieinander liegende Punkte vorhanden, die eine Entstaubung erfordern. Der Ventilatormotor ist normalerweise kleiner als bei anderen Systemen, da der statische Druck viel geringer ist und weil es keine Druckverluste aufgrund der Abluftrohrleitungen gibt. Das Aufbaufiltersystem läuft nur bei Bedarf, wenn das Gerät läuft, in das es eingebaut ist, was zu einem geringeren Energiebedarf führt. Der Staub wird am Entstehungspunkt in das Verfahren zurückgeführt, so dass keine separate Einrichtung zur Entfernung des Staubes erforderlich ist.

Zu den Nachteilen der Aufbaufiltersysteme gehört die Verwendung von Pressluft zur Reinigung der Filter. Die Druckluftsysteme laufen in vielen Betrieben sowieso schon an der Kapazitätsgrenze, so dass der Einbau eines weiteren Reinigungssystems mit Gegenstrom-Luftstoß zu einer Überlastung der Druckluftversorgung führen kann. Außerdem kann die Verwendung

von Pressluft zur Rückführung des Staubes in den Hauptmaterialstrom dazu führen, dass ein Staubschwall aus den Ein- und Austrittsstellen des Systems austritt.

DIMENSIONIERUNG UND PLATZIERUNG

Filtermaterial und Größe

Nachdem man sich für eines der Staubabscheidungssysteme entschieden hat, ist der nächste Schritt die Auswahl des Materials für die Filtermedien. Die Auswahl eines Filtermediums aus dem richtigen Material und in der richtigen Größe ist eine äußerst wichtige Entscheidung. Der Fortschritt bei der Entwicklung und Gestaltung von Filtern ermöglicht die exakte Bestimmung der richtigen Bauart und des richtigen Materials für eine Anwendung auf der Grundlage der Spezifikationen des zu entfernenden Staubes. Wenn der abzuscheidende Staub zum Beispiel eine Temperatur aufweist, die an die Grenzen eines Standardfilters heranreicht, kann ein Medium für Hochtemperaturanwendungen gewählt werden. Bei brennbaren Materialien sollten antistatische Filtermedien verwendet werden.

Viele Filterhersteller stellen Listen der Filterflächenbelastungen für ihre verschiedenen Produkte zur Verfügung. Die Filterflächenbelastung wird als der Luftstrom in m^3/s dividiert durch die Fläche des Filtermediums in Quadratmeter (ft^2) definiert. Die richtige Filterflächenbelastung hängt vom Typ und der Konzentration des Staubs und von der Art des Filtermediums ab. Diese Listen dienen als Richtlinien, wobei noch Variablen wie z. B. die Partikelgröße des Staubes, die Verfahrenstemperatur und die Gegenwart von Feuchtigkeit zu berücksichtigen sind. Ein Vertreter eines Systemlieferanten kann sicherlich detaillierte Informationen zu den einzelnen Anwendungen liefern.

Um den gewünschten Wirkungsgrad bei der Abscheidung zu erreichen, benötigen die meisten Filtermedien die Ausbildung eines Staubkuchens auf ihrer Oberfläche. Bei vielen Menschen herrscht die Meinung vor, dass je sauberer die Säcke sind, desto geringer sind auch die Emissionen. Dies ist nicht wahr: Werden die Staubfangsäcke zu sauber gehalten, verliert man die Vorteile eines Staubkuchens am Filter und reduziert somit die Effizienz der Abscheidung.

Die Hersteller von Staubabscheidern bieten üblicherweise ein wertvolles Hilfsmittel, einen so genannten Delta P (ΔP) Controller. Dies ist

ein Gerät, das die Druckdifferenz am Schlauchfilter automatisch misst – den Druckunterschied zwischen der sauberen und der verschmutzten Seite des Filters – und die Reinigung einleitet, wenn die Druckdifferenz einen vorgegebenen Wert übersteigt.

Größe und Standort der Absaugungen

Es gibt eine alte Redensart, die lautet „Die drei wichtigsten Dinge für einen Einzelhandel sind der Standort, der Standort und nochmals der Standort“. Dasselbe gilt bei der Staubabscheidung: Das kritischste Element bei der Gestaltung des Staubabscheidungssystems ist der Standort der Absaugungen.

Es ist wichtig, dass sich die Feinanteile des Materials absetzen können, entweder von sich aus oder durch die Wirkung eines Staubunterdrückungssystems, bevor die einzelnen Abscheidungsstellen erreicht werden. Sonst wird Energie vergeudet und Staub entfernt, der sich auch schnell von alleine gelegt hätte und das Staubabscheidungssystem wird größer und teurer als erforderlich werden. Der Standort sollte so gewählt werden, dass nicht die groben Partikel erfasst werden, die sich sowieso schnell absetzen, sondern nur der Feinstaub.

Bei Übergabepunkten sind normalerweise mehrere Absaugstellen erforderlich (**Abbildung 20.14**). Um drei Viertel des Volumens der sich bewegenden Luft zu erfassen, wird die Hauptabsaugstelle nach der Beladestelle in einem Abstand angebracht, der etwa der doppelten Bandbreite entspricht. Oft befindet sich eine zweite Absaugstelle am Übergabepunkt im Eintrittsbereich des Bandes, beim Schurrenrückwandkasten und direkt vor der Ladezone. Diese Absaugstelle sollte etwa ein Viertel der gesamten berechneten Luftbewegung aufnehmen (**Abbildung 20.15**).

Die Größe eines Abscheidungssystems

Das Buch *Industrial Ventilation [Industrielle Belüftung]* der American Conference of Governmental Industrial Hygienists ist eine häufig genutzte Informationsquelle für Entstaubungssysteme. Ursprünglich im Jahr 1951 veröffentlicht, bietet dieses Buch Berechnungsbeispiele für viele Entstaubungsanwendungen, auch für Übergabepunkte von Förderanlagen. Während die in dieser Publikation angegebenen Spezifikationen unter gewissen Umständen nützlich sein können, sollte dieser Band jedoch nicht als Referenz für Fördersysteme betrachtet werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass ein Großteil der

darin enthaltenen Daten für Übergabepunkte nicht mehr zutreffen. Namhafte Lieferanten mit praktischer Erfahrung bei der Gestaltung, beim Einbau und bei der Wartung von Entstaubungssystemen für Gurtbandförderer haben neue und ausgereifte Methoden für die Größenbestimmung und Positionierung von Entstaubungssystemen entwickelt.

DIE KEHRSEITE DER MEDAILLE

Die Kehrseite der Medaille bei Staubabscheidungssystemen

Trockene Abscheidungssysteme zur Reinigung staubbefrachteter Luft funktionieren gut in warmen und auch in kalten Klimazonen. Gleichgültig ob es sich um ein zentrales oder ein dezentrales Abscheidungssystem handelt, oder um ein Aufbaufiltersystem, diese Entstaubungssysteme können alle einen großen Platzbedarf für Gerät und Abluftrohrleitungen haben, was deren Installation teuer macht. Bei zunehmender Größe des Systems vervielfachen sich die Betriebs- und Wartungskosten. Nach der Inbetriebnahme lassen sich erforderlich werdende Änderungen oder Umbauten ohne Modifizierung des Gesamtsystems nur schwer durchführen. Sogar der Austausch von Filtersäcken kann kostspielig und zeitraubend sein. Eine undichte Stelle in einem Filtersack kann den Wirkungsgrad des ganzen Abscheiders

beeinträchtigen. Die Identifizierung und der Austausch des undichten Filters können sich ebenso als schwierig erweisen. Wenn der abgeschiedene Staub in den Materialstrom zurückgeführt werden muss, ist darauf zu achten, dass der Staub nicht wieder in die Luft übertritt und an der nächsten Absaugstelle noch mal abgeschieden werden muss.

Das größte Problem bei der Dimensionierung eines Staubabscheiders sind vielleicht die Schwankungen bei den Eigenschaften und den Mengen der transportierten Schüttgüter. Das Staubabscheidungssystem muss für den Betrieb unter den schlechtesten Bedingungen ausgelegt sein, obwohl derartige Bedingungen nur selten zu erwarten sind.

Die Behandlung des abgeschiedenen Materials

Die letzte Notwendigkeit bei jedem Entstaubungssystem ist die Bereitstellung einer Möglichkeit zur Beseitigung des Staubes nach der Abscheidung. Die dabei zu beachtenden Schritte sind die Entfernung des Staubes aus dem Abscheider, der Staubtransport, die Staublagerung und die weitere Behandlung des Staubes für die Wiederverwendung oder für die Entsorgung.

Die Handhabung des abgeschiedenen Materials kann sich als problematisch erweisen, besonders wenn das Material in das Verfahren zurückgeführt werden soll. Es muss sichergestellt werden, dass das Verfahren nicht durch die punktuelle Einführung einer übergroßen Menge an Feinanteilen beeinträchtigt wird. Außerdem muss der abgeschiedene Staub so in den Hauptmaterialkörper zurückgeführt werden, dass ihm keinerlei Energie in jedweder Form zugeführt wird und er deshalb an der nächsten Absaugstelle wieder abgeschieden werden müsste. Weil die gesammelten Staubpartikel wirklich klein genug sind, dass sie wieder leicht in die Luft übertreten könnten, werden sie oft einem zusätzlichen Anlagerungsverfahren unterworfen. Vor der Rückführung in den allgemeinen Materialstrom kann der abgeschiedene Staub durch eine Mischmaschine, einen Trogmischer oder Granulierer durchgeleitet werden. In einigen Industriebereichen kann der abgeschiedene Staub nicht wieder in das Verfahren eingeleitet werden und wird deshalb in einer Deponie abgelagert oder als Abfallstoff anderweitig entsorgt.

Abbildung 20.14

Bei vielen Übergabepunkten sind mehrere Absaugstellen erforderlich, wobei die Hauptabsaugstelle nach der Beladestelle in einem Abstand angebracht ist, der etwa zwei Drittel der Bandbreite entspricht.

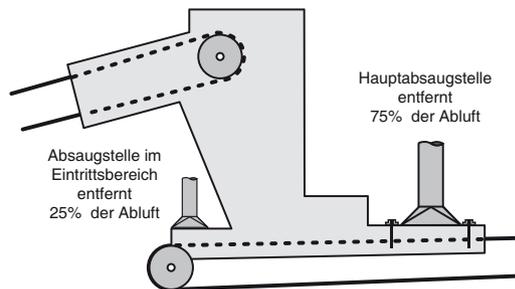
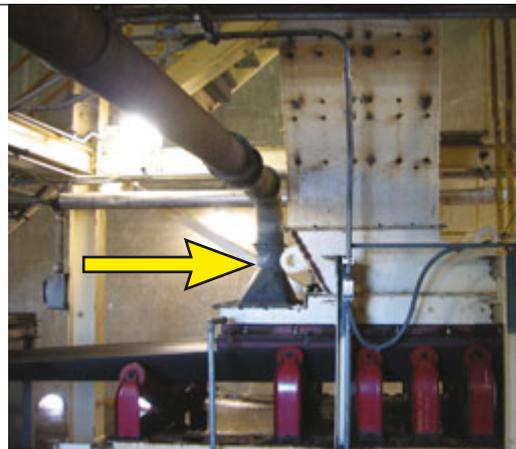


Abbildung 20.15

Eine zweite Absaugstelle befindet sich am Übergabepunkt im Eintrittsbereich des Bandes (beim Schurrenrückwandkasten und direkt vor der Ladezone).



SYSTEMWARTUNG

Zur Festlegung der richtigen Wartungsintervalle und Vorgehensweisen zur Sicherstellung eines effizienten Betriebes sollte man sich von den Lieferanten der Entstaubungssysteme beraten lassen.

Die Entstaubungssysteme müssen so gestaltet sein, dass die Einhausung leicht zugänglich ist und dass die Kontrolle und Wartung der Filtersäcke und anderer Komponenten auf einfache Art und Weise durchgeführt werden kann.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Staubabscheider

Zur Erfassung von Schwebestäuben und zu deren Rückführung in den Hauptmaterialstrom ohne die Verwendung zusätzlicher Staubbehandlungseinrichtungen ist der Übergabepunkt der Förderanlage mit einem Staubabscheidungssystem auszustatten.

B. Standort am Übergabepunkt

Dieser Staubabscheider wird im Gehäuse des Übergabepunktes installiert, so dass er ohne Abluftrohrleitungen und Hochleistungsventilatoren betrieben werden kann, die sonst für den Transport der staubbeladenen Luft zu einer zentralen Schlauchfilter-Batterie erforderlich wären.

C. Integrierter Ventilator

Der integrierte Ventilator des Staubabscheiders saugt staubbeladene Luft durch die Filterelemente im Inneren des Gehäuses.

D. Filtersäcke

Für eine optimale Luftdurchströmung und eine gründliche Reinigung ist das Staubabscheidungssystem mit einem Satz draht-

rahmengestützter, kuvert-/taschenförmiger Filtersäcke ausgestattet. Dieses Filtersystem erfasst 99 Prozent aller Partikel größer als ein Mikron. Die Filter der Abscheidereinheit sind von der Reinfluftseite aus zu warten.

E. Reinigung mit Gegenstrom-Luftstoß

Die periodische Reinigung der Filter erfolgt durch einen automatischen Pressluftstoß in die Filtersäcke in entgegengesetzter Richtung. Dadurch wird eine momentane Umkehrung der Luftströmung erreicht, wobei das Filterelement aufgebläht wird und der angesammelte Staub sich ablöst. Der abgeschiedene Filterkuchen wird in den Hauptmaterialstrom zurückgeleitet.

F. Zugangstüren

Eine entfernbar Zugangstür ermöglicht den Zugang zur Reinfluftkammer.

G. Sicherheitsmaßnahmen

Um das Brand- und Explosionsrisiko zu minimieren, ist bei jedem Staubabscheidungssystem ein funkenfreier Ventilator mit Motor mit einer für den jeweiligen Gefahrenbereich entsprechenden Zulassung zu verwenden, zusammen mit geerdeten Staubfiltern und einer Edelstahlauskleidung im Auffangbehälter für den Staub.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Wie auch anderweitig in diesem Buch besprochen, bestehen in umschlossenen Bereichen gravierende Brand- und Explosionsrisiken, wie z. B. im Inneren eines Staubabscheiders, wo sich Feinstaub in der Luft anreichern kann. (Siehe Kapitel 17: „Überblick Staubkontrolle“)

Es ist zu beachten, dass viele Staubab-

scheidungssysteme geschlossene Bereiche darstellen, bei denen für den Zugang eine Befahrerlaubnis für umschlossene Räume und entsprechende Vorkehrungen erforderlich sind. Bei der Beauftragung von Personal mit Kontroll- und Wartungsarbeiten an den Filtern oder sonstigen Komponenten sind die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen.

TYPISCHE ANWENDUNGEN DER STAUBABSCHEIDUNG

In einem Betonwerk tritt bei einem Band übermäßig viel Staub aus der Übergabeschurre aus. Die Übergabeschurre ist gut konstruiert, kann jedoch an keiner Stelle erweitert werden.

Material.....Zement
 ÜbergabepunktGut, aber nicht erweiterbar
 Luftstrom.....0,75 m³/s
 AbscheidungsmethodeAufbaufiltersystem

Dies ist ein gutes Anwendungsbeispiel für ein Aufbaufiltersystem. Es liegt ein Staubproblem vor. Der Übergabepunkt ist bereits vorhanden, kann aber nicht erweitert werden, um eine passive Entstaubung zu ermöglichen. Für die Verwendung eines passiven Filtersacks ist der Luftstrom zu groß.

Der Aufbaufilter führt den abgeschiedenen Staub in Form von größeren Festkörpern zurück auf die Förderanlage, weshalb kein Bedarf für eine sekundäre Behandlung des abgeschiedenen Staubes besteht. Ein Aufbaufilter hält auch die relativ wertvolle Fracht auf dem Förderband.

Der Aufbaufilter wird am Übergabepunkt der Förderanlage nahe dem Auslass der Übergabeschurre installiert. Er saugt die überschüssige Luft und den Staub durch einen Filtersatz. In regelmäßigen Abständen werden Luftstöße durch die Filter geleitet und die nunmehr agglomerierten Staubpartikel fallen auf die Förderanlage zurück.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Auswahl und Anwendung eines Aufbaufiltersystems zur Staubabscheidung

Ein Aufbaufilter ist eine in sich geschlossene Einheit für die Staubabscheidung. Um ihn richtig zu dimensionieren, müssen der Gesamtluftstrom, die Brennbarkeit des Materials und etwaige Einschränkungen im Hinblick auf den zur Verfügung stehenden Platz auf der Oberseite der Übergabeschurre bekannt sein. Der Konstrukteur muss auch die für das Material und für den vorgesehenen Abscheider empfohlene Filterflächenbelastung kennen. Dieser Wert kann beim Abscheiderhersteller erfragt werden und bezieht sich normalerweise auf das transportierte Material.

Nachfolgend sind zwei Beispiele angeführt, in denen die für die Auswahl eines Aufbaufilters erforderliche Vorgehensweise und die Auswirkung der Filterflächenbelastung auf diese Auswahl demonstriert werden:

A. Schurre für Anthrazitkohle

Gegeben: Eine Schurre für Anthrazitkohle generiert 50 m³ Luft pro Minute; für diese Kohle benötigt der Abscheider eine Filterflächenbelastung von 2,75 m²/min

Gesucht: Die Grundauslegung eines Aufbaufilters

Lösung: Um die Gesamtfläche des erforderlichen Filtermediums zu bestimmen, wird der Luftstrom durch die Filterflächenbelastung dividiert; zu berücksichtigen ist hier auch die Brennbarkeit des Materials

Wenn hier Kohle transportiert wird, braucht man für diese Anwendung einen Aufbaufilter mit einer für den entsprechenden Gefahrenbereich angemessenen Zulassung.

Ergebnis: Bei dieser Anwendung benötigt man einen Aufbaufilter mit einer Saugleistung von 50 m³/min, einer Filterfläche von 18 m² und einer für den entsprechenden Gefahrenbereich angemessenen Zulassung.

B. Schurre für bituminöse Braunkohle

Gegeben: Eine Schurre für bituminöse Braunkohle generiert 50 m³ Luft pro Minute; für diese Kohle benötigt der Abscheider eine Filterflächenbelastung von 2,1 m²/min

Gesucht: Die Grundauslegung eines Aufbaufilters

Lösung: Um die Gesamtfläche des erforderlichen Filtermediums zu bestimmen, wird der Luftstrom durch die Filterflächenbelastung dividiert; zu berücksichtigen ist hier auch die Brennbarkeit des Materials

Wenn hier Kohle transportiert wird, braucht man für diese Anwendung einen Aufbaufilter mit einer für den entsprechenden Gefahrenbereich angemessenen Zulassung.

Ergebnis: Bei dieser Anwendung benötigt man einen Aufbaufilter mit einer Saugleistung von 50 m³/min, einer Filterfläche von 24 m² und einer für den entsprechenden Gefahrenbereich angemessenen Zulassung.

Der Aufbaufilter mit 24 m² ist beträchtlich größer als der Abscheider im vorherigen Bei-

spiel, weshalb die räumlichen Gegebenheiten auf der Oberseite der Übergabeschurre zu überprüfen sind.

Luftgeschwindigkeit und Staubkontrolle

Das Verstehen und die Kontrolle der Luftgeschwindigkeit, d. h. der Ansauggeschwindigkeit, der Erfassungsgeschwindigkeit und der Transportgeschwindigkeit, hat einen großen Einfluss auf die Staubmenge, die in die Luft übertritt.

Ansauggeschwindigkeit

Die Ansauggeschwindigkeit eines Materials ist die Geschwindigkeit der Umgebungsluft, die erforderlich ist, um ein Staubpartikel aus der Ruhestellung heraus in den Luftstrom hochzuheben. Die Ansauggeschwindigkeit für ein Material hängt von der Größe und dem Feuchtigkeitsgehalt der Feinanteile ab. Sie bewegt sich für die meisten Materialien im Bereich zwischen 1 bis 1,25 m/s, wobei die kleineren, trockeneren Staubpartikel im unteren Bereich liegen und die größeren, feuchteren Staubpartikel im oberen Bereich.

Erfassungsgeschwindigkeit

Die Erfassungsgeschwindigkeit ist die Luftgeschwindigkeit, die notwendig ist, um das bereits in der Luft schwebende Staubpartikel in das Staubabscheidungssystem hineinzusaugen. Die Erfassungsgeschwindigkeit hängt davon ab, wie weit das Staubpartikel von der Erfassungseinheit (Absaughaube) entfernt ist und von der Größe und dem Feuchtigkeitsgehalt des Staubpartikels. Bei den meisten ordnungsgemäß gestalteten Absaughauben muss sich die Erfassungsgeschwindigkeit im Bereich zwischen 1 bis 3,5 m/s bewegen, wobei die höheren Erfassungsgeschwindigkeiten für schwerere, nasere Staubpartikel und niedrigere Erfassungsgeschwindigkeiten für leichtere Staubpartikel mit geringerer Feuchtigkeit erforderlich sind.

Zur Bestimmung der Erfassungsgeschwindigkeit von Staubpartikeln gibt es eine einfache Formel, die auf der Dichte und dem Durchmesser der Partikel beruht (**Gleichung 20.1**).

Man kann die Austrittsgeschwindigkeit der Luft aus einem gegebenen Übergabepunkt und dann rückwärts die Größe der Partikel berechnen, die aus dem Luftstrom herausfallen würden, bevor der Luftstrom den Übergabepunkt verlässt.

Transportgeschwindigkeit

Die Transportgeschwindigkeit ist die Luftgeschwindigkeit, die notwendig ist, um ein in der Luft schwebendes Staubpartikel in den Abluftrohrleitungen auf dem Weg zum Staubabscheider in der Schwebelage zu halten. Diese Transportgeschwindigkeiten hängen von der Größe des Staubpartikels ab (**Tabelle 20.1**).

STAUBABSCHIEDUNG: EIN TEIL IM PUZZLE-SPIEL

Und zum Abschluss...

Dieses Kapitel bietet nur einen Überblick über die Möglichkeiten und Betrachtungen in Bezug auf die Staubabscheidungs- und Entstaubungsgeräte. Für eine spezifische Empfehlung sollte der Rat eines auf derartige Geräte spezialisierten Lieferanten eingeholt werden.

Während sie wertvolle Ergänzungen zu den bei der Schüttguthandhabung eingesetzten Systemen darstellen, sind Staubabscheidungssysteme jedoch nur ein Element des gesamten Lösungsansatzes zur Staubkontrolle. Je geringer der Lufteintrag an einem Übergabepunkt ist und je besser die Aufbringung des Materials in der Laufrichtung und mit der Geschwindigkeit des aufnehmenden Bandes funktioniert, desto weniger Staub wird entstehen. Je besser eine Förderanlage oder ein Übergabepunkt eingehaust und abgedichtet ist, desto weniger Staub wird entweichen. Je besser ein Staubunterdrückungssystem funktioniert, desto weniger Staub wird in der Luft vorhanden sein, der dann abgeschieden werden muss. Die erfolgreiche Anwendung der Prinzipien der Einhausung und Staubunterdrückung ermöglicht die Minimierung der erforderlichen Größe des Staubabscheidungssystems und vermindert damit den Verschleiß und das Risiko einer Überlastung dieses Systems. Die kombinierte Wirkungsweise dieser drei Systeme – Einhausung, Staubunterdrückung und Staubabscheidung – ermöglicht einem Betrieb die erfolgreiche Kontrolle der in die Umwelt freigesetzten Staubmenge.

Bei vielen Entstaubungsprojekten blieben die Resultate hinter den Erwartungen zurück, wenn die Geräte nicht richtig eingesetzt oder bei der Dimensionierung der Systeme einfache Regeln angewendet wurden. Eine erfolgreiche Auswahl, Montage und Wartung von Entstaubungsprojekten

Gleichung 20.1

Erfassungsgeschwindigkeit von Staubpartikeln

$$v_t = k \cdot \rho_s \cdot D^2$$

Gegeben: Ein Partikel mit einem Durchmesser von 0,006 m (0,020 ft) und einer Partikeldichte von 800 kg/m³ (50 lb_m/ft³). **Gesucht:** Die Erfassungsgeschwindigkeit des Partikels.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
v_t	Erfassungsgeschwindigkeit eines fallenden Partikels bei ruhender Luft	m/s	Fuß pro Sekunde
k	Umrechnungsfaktor	$3,187 \cdot 10^3$	$15,6 \cdot 10^3$
ρ_s	Partikeldichte	800 kg/m ³	50 lb _m /ft ³
D	Durchmesser des Partikels	0,006 m	0,02 ft
Metrisch: $v_t = 3,187 \cdot 10^3 \cdot 800 \cdot 0,006^2 = 91,8$ Amerikanisch: $v_t = 15,6 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 0,02^2 = 312$			
v_t	Erfassungsgeschwindigkeit eines fallenden Partikels bei ruhender Luft	91,8 m/s	312 ft/s

Tabelle 20.1**Transportgeschwindigkeit von Staub ja nach Partikelgröße**

Material	Metrisch	Amerikanisch
Feine, leichte Stäube (Mehl, PRB, Kohle)	10 m/s	2,000 ft/min
Feine, trockene Stäube und Pulver (Gießereisand, Zement)	15 m/s	3,000 ft/min
Durchschnittlicher Industriestaub	18 m/s	3,500 ft/min
Grober Staub (Steinbruchstaub)	20 bis 23 m/s	4,000 bis 4,500 ft/min
Schwerer oder feuchter Staub (Untertagekohle)	23 m/s und mehr	4,500 ft/min und mehr

bungssystemen erfordert Fachwissen, das die Gerätelieferanten oder deren Vertretungen gerne zur Verfügung stellen.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über Staubabscheidung ist das vierte und letzte Kapitel im Abschnitt über Staubkontrolle. Das folgende Kapitel leitet den Abschnitt über führende Konzepte mit einer Diskussion über sauber, sicher und produktiv gestaltete Fördersysteme ein, gefolgt von ingenieurtechnisch ausgelegten Durchflussschurren in Kapitel 22 und luftunterstützten Förderanlagen in Kapitel 23. Die Kapitel 24 und 25 konzentrieren sich auf Gurtwaschsysteme und Materialkunde.

REFERENZEN

- 20.1 *Dustcollectorexports.com* bietet ein detailliertes und nützliches Lernprogramm über verschiedene Staubabscheidungssysteme. Auf dieser nichtkommerziellen Website sind Hintergrundinformationen und Links zu einer Reihe von Lieferanten für Staubabscheidungseinrichtungen zu finden.
- 20.2 Mody, Vinit and Jakhete, Raj. (1988). *Dust Control Handbook (Pollution Technology Review No. 161)* [Entstaubungshandbuch], ISBN-10: 0815511825/ ISBN-13: 978-0815511823. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation.



ABSCHNITT 5

FÜHRENDE KONZEPTE

• Kapitel 21	340
SAUBER, SICHER UND PRODUKTIV GESTALTETE FÖRDERSYSTEME	
• Kapitel 22	348
TECHNISCH AUSGELEGTE ÜBERGABESCHUREN	
• Kapitel 23	364
LUFTUNTERSTÜTZTE FÖRDERANLAGEN	
• Kapitel 24	376
GURTWASCHSYSTEME	
• Kapitel 25	398
MATERIALKUNDE	

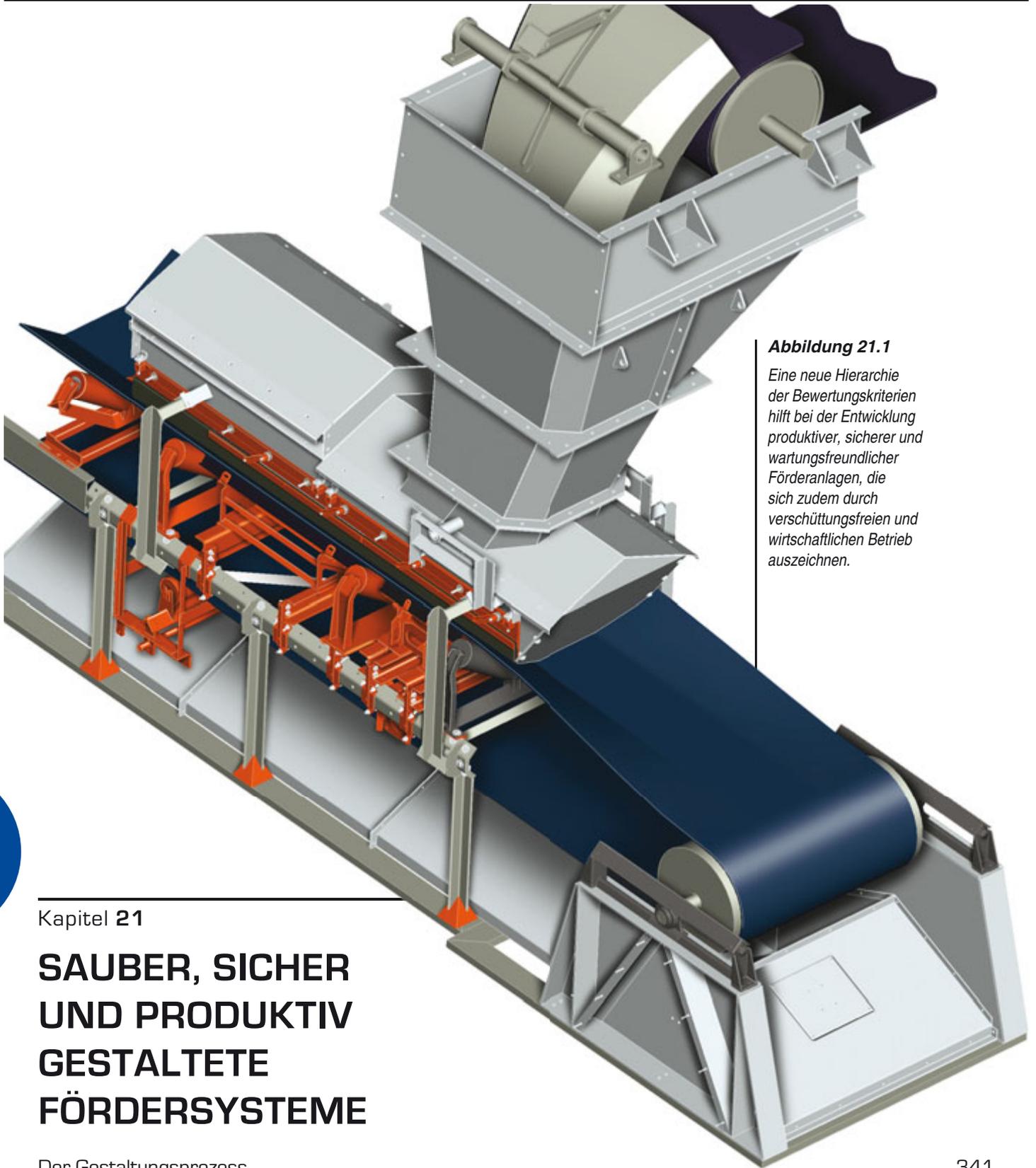


Abbildung 21.1
Eine neue Hierarchie der Bewertungskriterien hilft bei der Entwicklung produktiver, sicherer und wartungsfreundlicher Förderanlagen, die sich zudem durch verschüttungsfreien und wirtschaftlichen Betrieb auszeichnen.

21

Kapitel 21

**SAUBER, SICHER
UND PRODUKTIV
GESTALTETE
FÖRDERSYSTEME**

Der Gestaltungsprozess 341
Sichere Gestaltung 342
Saubere Gestaltung 343
Produktive Gestaltung 346
Eine neue Hierarchie 347

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel wird die traditionelle Reihenfolge der Bewertungs- und Entscheidungskriterien bei der Entwicklung von Förderanlagen in Frage gestellt: 1. Leistungskapazität, 2. Einhaltung der Bau- und Sicherheitsvorschriften und 3. niedrigster Preis. Es wird eine neue Kriterienhierarchie vorgeschlagen, wobei die Förderanlagen nicht nur die erforderliche Leistungskapazität aufweisen und die gesetzlichen Vorgaben erfüllen, sondern die darüber hinaus auch 1. sauber (keine Materialverluste), 2. sicher (wartungsfreundlich) und 3. produktiv (wirtschaftlich und ausbaufähig) sind (**Abbildung 21.1**).

Seit der Erfindung des Förderbandes hat es wesentliche Veränderungen im Hinblick auf die Sicherheitsvorschriften, Umweltschutzbestimmungen, Baunormen und Vorgaben bezüglich Förderleistungen dieser Systeme gegeben. Leider werden die einzelnen Bausteine bei der Konstruktion und beim Bau von Förderbändern immer noch auf Basis von „Faustregeln“ und nach dem Prinzip „So wurde es immer gemacht“ umgesetzt. Mit Ausnahme der Fortschritte in der Computertechnik zur Vorhersage des Leistungsverhaltens, dem Einsatz synthetischer Stoffe bei den Bandkarkassen und der verbesserten Steuerungstechnik, werden Fördersysteme weitgehend immer noch in derselben Art und Weise gebaut wie vor 50 Jahren.

Die meisten Konstruktions- und Bauaufträge werden nach dem Kriterium des niedrigsten Gebotes vergeben. Um in diesem Niedrigpreissektor konkurrenzfähig zu sein, geben die Lieferanten nach der gegenwärtig gängigen Praxis ihr Gebot auf der Grundlage des Preises pro Kilogramm verbauten Materials ab, bei geringstmöglicher Konstruktionszeit. Aufgrund dieses Wettbewerbsdrucks ist es üblich, dass Lieferanten zur Angebotserstellung Spezifikationen, Zeichnungen und Pläne zugrunde legen, die bereits in der Vergangenheit für ein ähnliches System gültig waren. Für die Eigentümer, Betreiber und die Mitarbeiter, die für die Instandhaltung der Förderanlagen zuständig sind, ist es bedauerlich, dass dabei oft eine 50 Jahre alte Konstruktion herauskommt, allerdings zu ganz modernen Preisen. Da ein solches System die neueren Entwicklungen nicht berücksichtigt, wird es wahrscheinlich den heutigen Erwartungen nicht entsprechen.

In diesem Kapitel wird demonstriert, wie eine sorgfältige und moderne Gestaltung von Einzelkomponenten und den wichtigen Baugruppen zu sauberen, sicheren und produktiven Transportsystemen für Schüttgüter führen kann.

DER GESTALTUNGSPROZESS

George E. Dieter hat es so ausgedrückt, „Konstruktion ist die Zusammenfügung von etwas Neuem, oder die Anordnung bereits vorhandener Dinge auf eine neue Art und Weise, so dass sie einen erkannten Bedarf der Gesellschaft erfüllen“ (*Referenz 21.1*). Die konstruktive Gestaltung ist eine Wissenschaft und ebenso eine Kunst. Der Gestaltungsprozess wird in jeder Firma anders aussehen, aber bei den meisten gehört dazu:

- A. Zielsetzung
- B. Informationsgewinnung
- C. Konzeptentwurf und -bewertung
- D. Modellierung und Simulationen
- E. Auswahl der Materialien
- F. Prüfungen im Hinblick auf Risiko, Zuverlässigkeit und Sicherheit
- G. Kostenbewertung
- H. Detaillierte Gestaltung
- I. Vorstellung der Konstruktion

Die Feinheiten dieses Prozesses sollen hier nicht im Detail erörtert werden, es ist jedoch festzuhalten, dass der Prozess mit der Identifizierung eines Bedarfs und der Definition des Ziels beginnt. Obwohl er eminent wichtig ist, wird dieser erste Schritt oft übersehen. Je nachdem wie die Zielsetzung definiert wird, kann das Endergebnis nachher sehr unterschiedlich ausfallen.

Der Zweck eines Förderbandsystems ist der Transport von einem oder von mehreren Schüttgütern vom einem Punkt zum anderen. Das gesamte Förderbandsystem kann man in mehrere Abschnitte oder Zonen unterteilen, wobei die Einzelheiten und die Gestaltung dieser Abschnitte von neuen und verschiedenen Blickwinkeln aus geprüft werden. Eine traditionelle Zielsetzung wäre der Transport eines Materials von einem bestimmten Typ, einer bestimmten Größe und in einer bestimmten Menge von Punkt A nach Punkt B. Wenn man die Anforderungen erweitert, so dass auch Aspekte der Sicherheit und die Minimierung des Materialverluste und der Ansammlung von entweichendem Material mit einbezogen werden, dann gewinnt das ganze Fördersystem eine andere Perspektive. Werden noch weitere Faktoren, wie z. B. einfache Installation, Wartung, Reinigung, die Vereinheitlichung der Bauteile und die Berücksichtigung der nachträglichen Aufrüstbarkeit in Betracht gezogen, dann wird ein Förderbandsystem nach diesen Kriterien ganz anders aussehen als ein typisches Fördersystem von heute.

Will man eine Änderung in Richtung neuer, modernerer Konstruktionen auf den Weg bringen, bei denen Sauberkeit, Sicherheit und Wartungsfreundlichkeit schon von Anfang an in die Überlegungen mit einbezogen worden sind, dann muss eine neue, umfassendere Sichtweise der Schüttguthandhabung erforscht werden.

SICHERE GESTALTUNG

In jedem Bergbau- oder Industriebetrieb sind die Mitarbeiter die wichtigste Ressource. Deshalb sollten Ingenieure und Konstrukteure Funktionen zur Verbesserung der Sicherheit in die Pläne integrieren. Während sich die Konstruktionen wenig verändert haben, hat sich die Umgebung der einzelnen Arbeitsbereiche gewaltig geändert. Es sind Einschränkungen für das Heben von Lasten eingeführt worden, Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schließern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout), Regelungen für das Befahren umschlossener Räume und eine Fülle anderer Sicherheitsmaßnahmen. Gleichzeitig steigt der Druck in Richtung einer kontinuierlichen und ständig wachsenden Produktion.

Zur Anwendung der Gestaltungsprinzipien für die Gewährleistung der Arbeitersicherheit gehören die Verwendung von Schutz Einrichtung und die Durchführung konstruktiver Veränderungen zur Erleichterung der Reinigung und des Austausches von Geräten. Es sollten auch Arbeiterschulungen für ein verbessertes Handlungsbewusstsein durchgeführt werden, bis hin zu beruflich qualifizierenden Ausbildungen.

Schutz einrichtungen

Um die Mitarbeiter besser vor der Berührung mit sich bewegenden Teilen der Förderanlage schützen zu können, werden heutzutage um die ganze Förderanlage herum Schutz einrichtungen installiert (auch als Gefahrenbereichssicherung bekannt) (**Abbildung 21.2**). Diese Schutz einrichtungen sollten um alle Quetschstellen

herum installiert werden und dort, wo die Mitarbeiter sonst noch mit sich bewegenden Teilen in Berührung kommen könnten. Sie sollten so gestaltet werden, dass sie leicht montiert und entfernt werden können, damit das dazu befugte Wartungspersonal erforderliche Tätigkeiten sicher und rationell durchführen kann. Damit soll auch sichergestellt sein, dass die Schutz einrichtungen wieder an Ort und Stelle angebracht werden, wenn die Arbeiten beendet sind. (Siehe Kapitel 2: „Sicherheit“.)

Wartung bei laufendem Betrieb

Da viele Förderanlagen rund um die Uhr laufen, sind planmäßige Stillstandszeiten selten. Bei der Schüttguthandhabung treten Probleme und Maschinenausfälle vorzeitig auf, was zu Produktivitätsausfällen, nicht geplanten Reinigungsarbeiten und Notreparaturen führt.

In vielen Sicherheitsvorschriften rund um die ganze Welt ist berücksichtigt worden, dass bestimmte Wartungsarbeiten ausgeführt werden müssen, während die Maschinerie in Betrieb ist. In diesen Vorschriften sind Ausnahmen von der Grundregel vorgesehen, dass Maschinen für die Durchführung von Arbeiten auszuschalten sind. Die Ausnahmen sind so abgefasst, dass nur befugte Mitarbeiter mit entsprechender Schulung über die potentiellen Gefahren an laufenden Maschinen Einstellungen vornehmen können. In der Tat verlagert sich der Schwerpunkt bei den Sicherheitsvorschriften (wie im Dokument ISO/EN 14121 der Internationalen Organisation für Normung angegeben) weg von aufgabenspezifischen Einschränkungen und hin zu nach Risiko eingestuften Einschränkungen auf der Grundlage einer formellen Risikobewertung. Wenn belegt werden kann, dass das Risiko eines Personenschadens bei der Wartung einer laufenden Maschine tatsächlich gleich oder geringer ist als das Risiko eines Personenschadens bei einer stillstehenden, abgesperrten und gekennzeichneten Maschine, erkennen die neueren Sicherheitsvorschriften die Arbeitsweise mit dem geringsten Risiko als die zu bevorzugende Vorgehensweise an.

Manche Förderbandkomponenten erfordern eine häufige Wartung, um optimal zu funktionieren (zum Beispiel Förderbandreiniger). Bei der Eindämmung der Materialverluste und für die Gewährleistung des Dauerbetriebes einer Förderanlage sind Förderbandreiniger wesentliche Bauteile. Aufgrund des Sicherheitsaspekts ist in den meisten Betrieben die Wartung von Förderbandreinigern bei laufender Förderanlage verboten. Wenn ein Förderbandreiniger nicht gewartet werden kann, führt dies möglicherweise zur Bildung von Rücklaufmaterial

Abbildung 21.2

Schutz einrichtungen (auch als Gefahrenbereichssicherung bekannt) werden angebracht, um das Wartungspersonal vor gefährlichem Kontakt mit den Maschinen zu bewahren.



und zu Verschüttungen, die ein Sicherheitsrisiko darstellen. Förderbandreiniger und andere Komponenten der Förderanlage können so konzipiert werden, dass man sie auch bei laufendem Band warten kann. Man kann spezielle Werkzeuge verwenden und die befugten Wartungsmannschaften in der Anwendung besonderer Wartungsmethoden schulen, damit sie oder ein Dienstleister für die Vertragswartung bestimmte Komponenten warten können, ohne dass der Betrieb angehalten werden muss (**Abbildung 21.3**).

SAUBERE GESTALTUNG

Eine Gestaltung mit Augenmerk auf Sauberkeit ist wesentlich für den Betrieb eines sicheren und produktiven Materialtransportsystems. Heutzutage kann in einem normalen Industrie- oder Bergbaubetrieb kein Fördersystem betrieben werden, bei dem zu 100 Prozent kein Material austritt (**Abbildung 21.4**). War die ursprüngliche Planung mangelhaft, wird die Wartung nicht ordnungsgemäß und pünktlich durchgeführt, schwanken die Eigenschaften der Schüttgüter, wird die Förderanlage überladen, tritt an den Systemkomponenten Dauerverschleiß auf, dann sind dies alles Faktoren, die in hohem Maße eine unerwartete Freisetzung von Material verursachen.

Viele konstruktive Details tragen dazu bei, dass bei einem Fördersystem so wenig Material entweicht wie möglich. Erörtert werden: die Verwendung von staubabweisenden Aufbauten, gut konstruierte Einhausungen, externe Verschleißauskleidungen, angemessen dimensionierte Trommeln und Spurführungsalternativen, die Gewährleistung eines sauberen Arbeitsplatzes, der frei von herumhängenden oder herumliegenden Versorgungseinrichtungen ist und auch die Möglichkeit für einen zukünftige Ausbau, um die Materialhandhabung zu verbessern. Zur Verbesserung der Materialkontrolle steht eine ganze Reihe von Spitzentechnologien zur Verfügung, die man in ein Fördersystem integrieren kann. Dazu gehören ingenieurmäßig konzipierte Durchflussschurren (siehe Kapitel 22: „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“), luftunterstützte Fördersysteme (siehe Kapitel 23: „Luftunterstützte Förderanlagen“) und Gurtwaschsysteme (siehe Kapitel 24: „Gurtwaschsysteme“).

Moderne 3D - Konstruktions- und Herstellungstechniken ermöglichen eine unkonventionelle Anordnung der Komponenten, ohne dass dabei die Kosten für diese Systeme wesentlich erhöht werden. Eine der einfachsten Kleinigkeiten ist z. B. die Anordnung der Bauteile in einer Art und Weise, dass so wenig waagerechte

Oberflächen wie möglich entstehen, auf denen sich ausgetretenes Material ansammeln kann (**Abbildung 21.5**).

Staubabweisende Aufbauten und Komponenten

In der Umgebung von Förderanlagen sind Reinigungsarbeiten eine Notwendigkeit. Man kann den Reinigungsaufwand dadurch reduzieren und vereinfachen, dass man die Stellen beseitigt, an denen sich Verschüttungen möglicherweise ansammeln können. Waagerechte tragende Elemente sollten, wann immer dies möglich ist, in einem Winkel von 45° geneigt angebracht werden, damit das Material abgleitet und die Reinigungsmannschaft das abgelagerte Material nicht mit Werkzeugen unter dem Band abreinigen muss.

Können tragende Elemente nicht so ausgerichtet werden, dass sich kein Staub darauf ablagert, sollten sie mit Staubplatten oder -kappen versehen werden, um den Materialaufbau an



Abbildung 21.3

Spezielle Werkzeuge und eine sichere Konstruktion erleichtern die Wartung von Bandreinigern.



Abbildung 21.4

Ausgetretenes Material sammelt sich auf flachliegenden Oberflächen an.

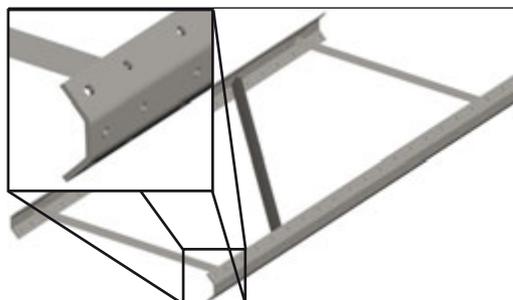


Abbildung 21.5

Die Minimierung waagerechter Oberflächen, auch an den Längs- und Querträgern des Bandträgersystems, kann die Materialansammlung reduzieren.

den schwer zu reinigenden Stellen zu vermindern (**Abbildung 21.6**).

Abdeckplatten und Tropfenfänger sollten so angebracht werden, dass das Material in Richtung Außenseite der Förderanlage abläuft, wo es leichter erfasst werden kann (**Abbildung 21.7**). Zur Unterstützung der Reduzierung von Staubablagerungen und zur Sicherstellung, dass ausgetretenes Material in Richtung Außenseite

der Förderanlage fließt, sollten diese Pfannen mit Vibratoren bestückt werden.

Höhe der Einfassung

Die Höhe der Schurrenwandung, wie in der sechsten Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]* der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) und in anderen Referenzen und Normen angegeben, basiert auf dem größten Brocken, der auf der Förderanlage ohne Schurrenabdeckungen befördert wird. Heutzutage sind viele Schurren abgedeckt, um Staub zurückzuhalten. Sie sollten so konstruiert sein, dass für die Luftströmung über dem Schüttgut ausreichend Platz zur Verfügung steht. (Siehe Kapitel 11: „Einhausungen“.) Deshalb muss die Schurre doppelt so hoch sein wie die von der CEMA für offene Schurren empfohlene Höhe. (Siehe Kapitel 11: „Einhausungen“ für weitere Informationen über die Berechnung der richtigen Höhe für abgedeckte Schurren.) Die Oberseiten der Schurren sollten mit einer ausreichenden Neigung versehen werden, um die Ansammlung von Material zu vermeiden.

Externe Verschleißauskleidung

Seit Jahren ist es gängige Praxis, dass die Verschleißauskleidung auf der Innenseite der vertikalen Schurren angebracht wird. Die Verschleißauskleidung ist damit zwischen dem Schüttgut und den Schurren positioniert (**Abbildung 21.8**). Die Schurre dient als tragendes Element, sowohl für die Verschleißauskleidung als auch für die Schurrenabdichtung. Wenn sie falsch montiert werden, schützen die Verschleißauskleidungen die Schurrenabdichtung nicht vor Verschleiß und manchmal kann sich zwischen der Verschleißauskleidung und dem Band Material verfangen, was zu Furchenbildung oder zu sonstigen Schäden am Band führt. Bei dieser traditionellen Einbauweise, mit den auf der Innenseite der Schurre montierten Verschleißauskleidungen, sind Kontrollen und Austauscharbeiten aufgrund der hinter der Schurre angeordneten Auskleidungen schwierig. Der Austausch der auf der Innenseite der Schurre montierten Verschleißauskleidungen ist eine komplizierte Aufgabe, bei der schwere Teile in beengter Umgebung von Hand bewegt werden müssen und wozu manchmal sogar eine Befahrerlaubnis für umschlossene Räume erforderlich ist.

Die Anbringung der Verschleißauskleidung auf der Außenseite der Schurre - wo sie leicht kontrolliert, genau installiert und leicht ausgetauscht werden kann - ist eine einfache Änderung, die möglicherweise Tausende von

Abbildung 21.6

Durch den Einbau von Staubkappen werden Materialansammlungen reduziert.



Abbildung 21.7

Geneigt angebrachte Abdeckplatten unter dem Beschickungsbereich der Förderanlage lenken ausgetretenes Material in Richtung Außenseite der Anlage.



Abbildung 21.8

Bei einer konventionell gestalteten Schurre liegt die Verschleißauskleidung auf der Innenseite der Schurre.



Wartungsstunden einsparen kann (**Abbildung 21.9**). Die Schurre dient als tragendes Element. Setzt man sie etwa höher als den normalen Strömungsverlauf des Schüttgutes und ändert auch die Klammern für die Schurrenabdichtung geringfügig ab, dann kann die Verschleißauskleidung auf der Außenseite der Schurre angebracht werden. Für eine genaue Montage kann die Verschleißauskleidung auch einstellbar gemacht werden.

Trommelgrößen

Seit Jahrzehnten werden die Größen der Kehrtrommeln, der Umlenktrommeln und der Abwurf trommeln den von den Gurtmaterialherstellern herausgegebenen Tabellen entnommen, wobei die Mindesttrommeldurchmesser auf die Minimierung der Kosten und für eine sichere Bandspannung ausgelegt sind. Bei der Bestimmung der richtigen Trommelgröße sollte die leichte Zugänglichkeit für die Durchführung von Wartungsarbeiten berücksichtigt werden. Bei einer Trommel mit größerem Durchmesser - mit einem Mindesttrommeldurchmesser von 600 mm - wäre zwischen dem Obertrum und dem Untertrum genügend Platz für den Einbau eines Pflugabstreifers für die Kehrtrommel, und falls notwendig, für einen Bandreiniger für den Rücklauf (**Abbildung 21.10**). Der zusätzliche Raum zwischen dem Obertrum und dem Untertrum ermöglicht eine leichtere Kontrolle der Abstreifer und es wäre genügend Platz vorhanden, damit die Abstreifer ausgetretenes Material auswerfen können. Die Verwendung einer größeren Kopftrommel am Abwurf bietet den erforderlichen Platz für den Einbau von Bandreinigern in der optimalen Arbeitsstellung. Die zusätzlichen Kosten für größere Trommeln werden von den Einsparungen aus einer effektiven Kontrolle der Verschüttungen, kürzeren Ausfallzeiten und geringerem Wartungsaufwand ausgeglichen.

Schaltbare Rollensätze

Bandschieflauf ist eine der Hauptursachen für Verschüttungen. Deshalb wird den Zentrier- vorrichtungen viel Aufmerksamkeit gewidmet, um das Band in der Mitte der Förderanlage zu halten. In dem Bestreben, Kosten bei Neuanlagen zu senken, werden oft Zentrierrollen statt Zentriervorrichtungen geliefert. Zentrierrollen werden letztendlich oft auf die eine oder die andere Seite abgebunden, entweder um eine die Möglichkeiten des Gerätes übersteigende Situation zu kompensieren, oder um das Gerät vor übermäßigem Verschleiß zu schützen, weil das Band andauernd auf eine Seite läuft. Förderbänder laufen oft auf die eine oder die andere Seite aufgrund der vorliegenden Umstände,

wie z. B. bei außermittiger Beladung, wegen Problemen bei der Aufbauausrichtung der Förderanlage, Problemen bei der Komponenten- ausrichtung der Förderanlage, wegen den Witterungsverhältnissen oder wegen einer Vielzahl anderer Faktoren. Lose Draht- oder Seilstücke, die zum Abbinden der Zentrierrollen verwendet wurden, sind in der Umgebung des laufenden Bandes ein Sicherheitsrisiko. Diese Situation kann noch dahingehend verschlimmert werden, dass ein schaltbarer Rollensatz aufgrund der wechselnden Bedingungen oder Vorlieben des Bedieners vormittags in der einen Richtung und nachmittags in der Gegenrichtung abgebunden wird, um das Band in der Spur zu halten.

Wenn der Aufbau der Förderanlage nicht korrekt ausgerichtet wird und die Komponenten, die zu Problemen bei der Bandausrichtung führen, nicht ausgetauscht oder positioniert werden, wenn nicht sichergestellt ist, dass die Ladung mittig aufgebracht wird, oder wenn nicht eine oder mehrere Zentriervorrichtungen eingebaut werden, um das Band einwandfrei auszurichten und in der Spur zu halten, können diese Zentrierrollen mit einem Mechanismus versehen werden, mit dem sie verstellt, geschaltet bzw. fixiert werden können, ohne auf unsichere Draht- oder Seilverzurrungen zurückgreifen zu müssen (**Abbildung 21.11**).

Leitungsführungen und Verrohrungen

Zur Verlegung von Leitungen für Versorgungseinrichtungen bieten sich bei Förderanlagen günstige Pfade. Jahrzehntlang wurden Versorgungsleitungen und elektrische Rohrlei-

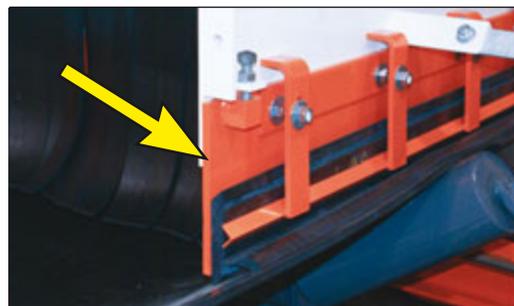


Abbildung 21.9

Die Anbringung der Verschleißauskleidung auf der Außenseite der Schurre ist eine einfache Änderung, die möglicherweise Tausende von Wartungsstunden einsparen kann.



Abbildung 21.10

Der Durchmesser der Kehrtrommel sollte so gewählt werden, dass für den Einbau und für die Wartung eines Pflugabstreifers genügend Platz zur Verfügung steht.

tungen entlang am Traggerüst der Förderanlage installiert, ohne dass dabei auf die Auswirkungen solcher Verlegung auf die Montage, die Instandhaltung und den Betrieb der Komponenten der Förderanlage Rücksicht genommen worden ist. Dieser Sachverhalt ist besonders deutlich im Abwurfbereich und in der Ladezone feststellbar. Zum Beispiel sieht man häufig Pflugabstreifer hinter einem Leitungsgewirr vergraben, das erst nach dem Pflugabstreifer installiert wurde (**Abbildung 21.12**).

Die Versorgungsleitungen sollten speziell im Abwurfbereich und im Beschickungsbereich in Trassen geführt werden, wo sie den Zugang zu den Komponenten nicht behindern, die für die Kontrolle der Verschüttungen wesentlich sind. Der Hauptleitungskanal könnte überkopf geführt werden, mit flexiblen Falleitungen zu jenen Stellen, wo eine Stromversorgung oder eine Kommunikationsanbindung zu den Komponenten erforderlich ist. Entlang der Tragsseite der Förderanlage kann das Traggerüst zur Befestigung der Leitungsführungen verwendet werden, vorausgesetzt, dass die Leitungsführung nicht den Zugang für die Wartung oder die Funktion der einzelnen Komponenten behindert.

PRODUKTIVE GESTALTUNG

Die Einhaltung der Prinzipien sauberer, wartungsfreundlicher und leicht zu reinigender För-

dersysteme führt zu besseren und produktiveren Betriebssystemen. Ein saubererer, sichererer Betrieb ist auf lange Sicht normalerweise auch ein produktiverer Betrieb. Sicherheitsprobleme beruhen meistens auf unsicheren Betriebsbedingungen, die sich auch für die Gerätschaften als nachteilig auswirken. Schwebestäube können in Lungen und Lager eindringen; Material kann sich unter und auf Laufstegen und Förderanlagen ansammeln, was zu Stolper-, Rutsch- und Sturzgefahren führt. Diese unsicheren Betriebsbedingungen gefährden nicht nur die Gesundheit, sondern auch den Zustand der Geräte der Förderanlage. Wenn Maschinen wegen unplanmäßiger Reparaturen still stehen, können sie nicht produktiv sein.

Kostengünstig

Bei Entscheidungen über Gestaltung und Kauf sollten die gesamten Betriebskosten einschließlich der Kosten pro Kilogramm für die Behandlung von entweichendem Material berücksichtigt werden. Leider hat die einleitend bereits angesprochene Tiefpreispolitik, bei der nur der Anschaffungspreis berücksichtigt wird, die Entwicklung sauberer, sicherer und produktiver Konstruktionen verlangsamt. Während der Anschaffungspreis für ein System ohne Anpassungsmöglichkeiten und ohne Berücksichtigung des zukünftig erforderlich werdenden Austausches von Verschleißteilen niedriger sein kann, übersteigen die höheren Kosten für die ordnungsgemäße Installation und Wartung der Komponenten, für die Stillstandszeiten und die Reinigungskosten für ausgetretenes Material bei weitem die Kosten eines Systems, bei dem diese Faktoren bereits in der ursprünglichen Planung berücksichtigt worden sind.

Wo dies möglich ist, ist der Einsatz vereinheitlichter Komponenten ökonomisch sinnvoll, weil dies wirtschaftliche Vorteile beim Einkauf bietet. Mit etwas Vorplanung und einigen leichten konstruktiven Veränderungen können Standardkomponenten (Traggerüst, Rollengestelle, Schurren, usw.) oft an diese neuen Gestaltungsprinzipien angepasst werden. Die Verwendung von Standardkomponenten kann aufgrund der Vereinheitlichung in der gesamten Anlage die Montage und den Austausch vereinfachen. Die Gestaltung des Systems mit Schwerpunkt auf eine vereinfachte Ausbaufähigkeit durch Schienenmontage der Komponenten (**Abbildung 21.13**) und auf Wartungsfreundlichkeit kann zu einer Reduzierung der Ausfallzeiten und zu einer verbesserten Kontrolle der Materialverluste führen.

Abbildung 21.11

Diese Zentrierrolle kann sicher eingestellt und arretiert werden, ohne dass sie mit Draht oder einem Seil abgebunden werden muss.



Abbildung 21.12

Leitungsführungen neben der Förderanlage machen den Zugang für Wartungsarbeiten unmöglich.



Ausbaufähigkeit

Konstrukteure überprüfen routinemäßig die Möglichkeit zur Kapazitätsverbesserung, aber sie berücksichtigen selten Optionen für den Ausbau bzw. Aufrüstung der Komponenten. Ein auf Schienen montiertes System bietet Flexibilität für den schnellen Einbau verschiedener Komponenten zur Behebung von Problemen. Die Verwendung einer konstruktiv vorgesehenen Anordnung von Befestigungslochern am Traggerüst der Förderanlage in der Umgebung des Übergabepunktes ermöglicht die schnelle und einfache Montage eines neuen oder eines verbesserten Systems (**Abbildung 21.14**). Ein Lochraster für die Montage von Zusatzgeräten fördert bei den Lieferanten von Komponenten die Bereitwilligkeit zur Entwicklung von modularen Systemen, die zur Nachrüstung einfach mit Schrauben oder Klammern befestigt werden können. Die Gestaltung in Form von konstruktiven Segmenten mit integrierten Montageschienen, unter Einsatz modularer Bauweisen und einer vereinfachten Nachrüstbarkeit, motiviert die Konstrukteure zur weiteren Modernisierung der Art, wie Schüttgüter heute und zukünftig gehandhabt und behandelt werden.



Abbildung 21.13

Auf dieser Universalschiene können die Komponenten aufgeschoben oder zwecks Wartung davon abgezogen werden.



Abbildung 21.14

Ein Schienensystem für Komponenten des Bandträgersystems wird einfach mit Spannklemmen montiert.

EINE NEUE HIERARCHIE

Und zum Abschluss...

Moderne Konstruktionstechniken - wie die 3D-Modellierung bei der Herstellung, die Finite-Elemente Analyse für die tragende Konstruktion und die Discrete Element Modeling - Methode (DEM) für die Gestaltung der Schurre - werden zur Verbesserung der Zuverlässigkeit, der Produktivität und der Sicherheit von Förderanlagen bei gleichzeitiger Optimierung der Gesamtbetriebskosten eingesetzt. Um eine saubere, sichere und produktive Konstruktion zu erreichen, sollten die Konstrukteure bei den konstruktiven Entscheidungen eine neue Rangordnung berücksichtigen:

- A. Leistungskapazität
- B. Einhaltung der Bau- und Sicherheitsvorschriften
- C. Kontrolle der Verschüttungen
- D. Wartungsfreundlichkeit
- E. Kosteneffizienz
- F. Ausbaufähigkeit

Entscheidungen im Zusammenhang mit der Gestaltung des Fördersystems oder mit der Auswahl von einzelnen Komponenten sollten einer Hierarchie folgend getroffen werden, damit die bestmögliche Konstruktion erzielt wird.

Zukünftig sollten alle Transportsysteme zur Schüttguthandhabung so ausgelegt werden, dass die erforderliche Materialmenge sicher vom einen Punkt zum anderen transportiert wird, in einer wartungsfreundlichen, kostengünstigen Art und Weise, bei der Staub und Verschüttungen zuverlässig kontrolliert werden können.

Vorausblick...

In diesem Kapitel, „Sauber, sicher und produktiv gestaltete Fördersysteme“, dem ersten Kapitel im Abschnitt über führende Konzepte, werden die Hintergründe für die Konstruktion von Systemen zur Schüttguthandhabung erörtert, die anfangs zwar mehr kosten, die aber auf lange Sicht gesehen Geld einsparen. Das nächste Kapitel, „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“, ist das erste von drei Kapiteln, in denen Konstruktionen für sauberere, sicherere und produktivere Fördersysteme vorgestellt werden.

REFERENZEN

- 21.1 Dieter, George E. (1999). *Engineering Design: [Entwicklung und Konstruktion] A Materials and Processing Approach [Ein Werkstoff- und Methodikansatz]*, dritte Auflage. McGraw-Hill.

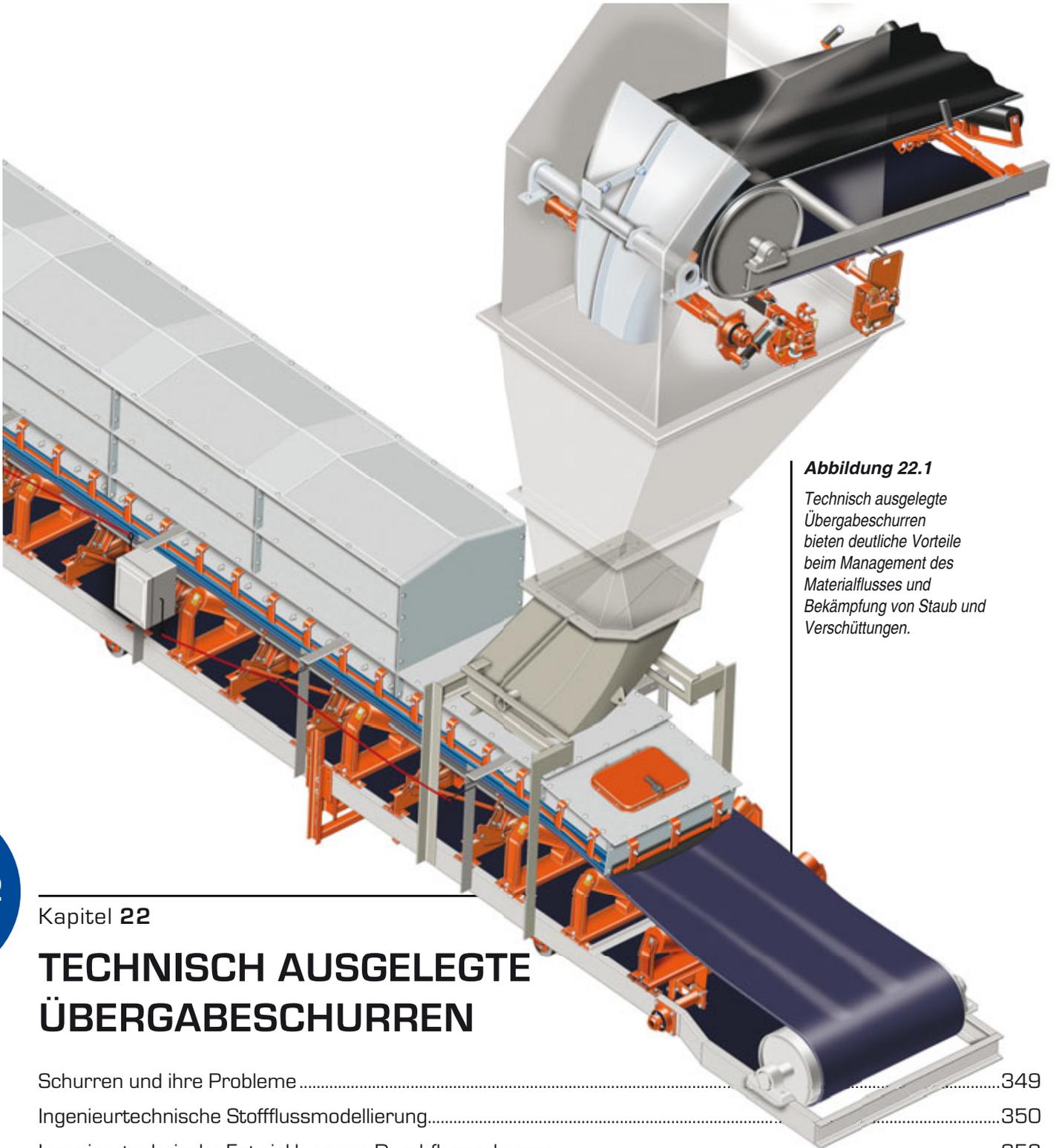


Abbildung 22.1
 Technisch ausgelegte Übergabeschurren bieten deutliche Vorteile beim Management des Materialflusses und Bekämpfung von Staub und Verschüttungen.

Kapitel 22

TECHNISCH AUSGELEGTE ÜBERGABESCHURREN

Schurren und ihre Probleme.....	349
Ingenieurtechnische Stoffflussmodellierung.....	350
Ingenieurtechnische Entwicklung von Durchflussschurren.....	353
Installation technisch ausgelegter Übergabeschurren.....	358
Systemwartung.....	359
Typische Spezifikationen.....	360
Sicherheitsrelevante Fragen.....	360
Weiterführende Themen.....	360
Amortisation technisch ausgelegter Schurren.....	361

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel erörtern wir die Vorteile technisch ausgelegter Schurren und wie sie zur Lösung der typischerweise bei Übergabeschurren auftretenden Probleme beitragen. Es werden auch die Hauptkomponenten dieser Schurren besprochen: die Abwurfleithaube, der Auffangtrichter und die Beruhigungszone. Ferner beschreiben wir den Gestaltungsvorgang einschließlich der dazu notwendigen Informationen.

Eine der wesentlichen Entwicklungen bei der Verbesserung des Transports von Schüttgütern sind Übergabeschurren, die mit ingenieurtechnischen Methoden ausgelegt werden (**Abbildung 22.1**). Als Verbindung zwischen zwei Förderanlagen oder zwischen einer Förderanlage und einem Behälter eingesetzt, bieten technisch ausgelegte Übergaben deutliche Vorteile bei der Gestaltung des Materialflusses und bei der Bekämpfung von Staub und Verschüttungen.

Für jede Anwendung individuell entwickelte Übergabeschurren kontrollieren den Materialstrom zwischen der abwerfenden und der aufnehmenden Förderanlage (Siehe Kapitel 8: „Konventionelle Übergabeschurren“). Eine gut gestaltete Durchflussschurre sorgt für ein kompaktes Materialprofil bei minimaler Staubbildung und geringem Verschleiß durch Erfüllung aller an eine Übergabeschurre gestellten Anforderungen:

- A. Beschickung der aufnehmenden Förderanlage in Transportrichtung
- B. Zentrierung der Materialladung
- C. Minimierung des Aufpralls auf dem aufnehmenden Band
- D. Zuführung des Materials mit der Geschwindigkeit der aufnehmenden Förderanlage
- E. Rückführung des vom Band abgereinigten Materials zum Materialstrom
- F. Minimierung der Erzeugung und Freisetzung von Staub

Obwohl die Anfangsinvestition einer maßgeschneiderten Übergabeschurre größer sein kann als die Kosten für eine Standardschurre, wird sie sich durch reduzierte Betriebs- und Instandhaltungskosten schnell amortisieren. Bei einem Materialstrom, der kontrolliert durch die Übergabeschurre geleitet wird, werden Probleme wie z. B. Bandschäden, vorzeitige Abnutzung der Bänder und Schurren, Staus in den Schurren, Verschüttungen, Staub, spontane Selbstent-

zündung und Qualitätsverschlechterung des Förderguts weitestgehend reduziert, wenn nicht gar gänzlich beseitigt.

SCHURREN UND IHRE PROBLEME

Die Konstruktion von Systemen zur Schüttguthandhabung basierte früher größtenteils auf Erfahrung, Faustregeln und Schätzungen. Moderne Rechner und technische Rechenprogramme bieten jetzt Gestaltungs- und Modellieretechniken, die ein besseres Verständnis und eine bessere Beherrschung des Materialflusses ermöglichen. Mit diesen rechnerunterstützten Methoden kann der Konstrukteur eine Reihe von Varianten analysieren, um festzustellen, wie sich ein System mit einem bestimmten Materialverhalten wird, ausgehend vom Idealfall bis hin zu den schlechtesten Bedingungen. Ein Rechner bietet die zur Entwicklung der Modelle und zur Variantenrechnung erforderliche Rechenkapazität, wobei kleine, stufenweise Anpassungen in der Konstruktion die vergleichende Betrachtung von verbesserten Alternativlösungen ermöglichen.

Traditionell wurden nur wenige Überlegungen über den Materialfluss durch die Schurre angestellt. Es sollte lediglich sichergestellt werden, dass die Schurre groß genug war, um den Materialstrom aufnehmen zu können und dass der Verschleiß möglichst gering blieb. Es war gängige Praxis, dass die Schurren großzügig bemessen waren, um Staus im Materialfluss zu reduzieren und den Staub aufzufangen, was allerdings lediglich aus Mangel an der Methodik und der Gestaltungsfähigkeit resultierte. Schurren wurden als einfache Kästen konzipiert, um die Kosten möglichst gering zu halten. Da die Steilheitswinkel dieser Schurren durch den Schüttwinkel festgelegt waren, waren sie für Materialaufbau und Staus anfällig. Durch die zwischen den Förderanlagen wechselnde Materialflussrichtung und durch die abwärts gerichtete Energie des Materialstroms waren die Metallwände der Schurren und die Oberflächen des aufnehmenden Bandes oder des Behälters einem starken Verschleiß ausgesetzt.

Bei den traditionell gestalteten Schurren wird der Staub dadurch gebildet, dass ein unkontrollierter Materialstrom vom Ende der Förderanlage abgeworfen wird und sich dann ausbreitet. Während sich der Materialstrom aufweitet, verursacht die Materialbewegung Luftverschleibungen. Die Luft tritt durch den Materialstrom hindurch, dispergiert die kleinen Staubteilchen und reißt sie mit. Bei der traditionellen Schurre kann im Grunde genommen durch die Aufnah-

me des Staubes in die verdrängte, sich bewegende Luft eine „Kaminwirkung“ auftreten.

Außerdem waren die aufnehmenden Bereiche üblicherweise klein, nicht abgestützt und konnten die Staubfreisetzung nicht verhindern. Wenn der Materialstrom auf der aufnehmenden Förderstrecke durch einen heftigen Aufprall abgeworfen wird, führt das zum Komprimieren des Förderguts, wobei die darin eingeschlossene Luft mit hoher Geschwindigkeit ausgetrieben wird. Diese Luft nimmt die kleineren Materialpartikel als Schwebestäube mit sich. Ein lose eingegrenzter Strom trägt große Mengen eingetragener Luft mit sich, so dass noch mehr Staub mitgerissen wird. Wenn das Fördergut in einem turbulenten Strom durch die Schurre getrieben wird, wobei die Brocken voneinander und von der Schurrenwand abprallen - zerschlagen diese Materialbrocken und bilden dabei noch mehr Staub, der aus der Einfassung herausgetragen wird.

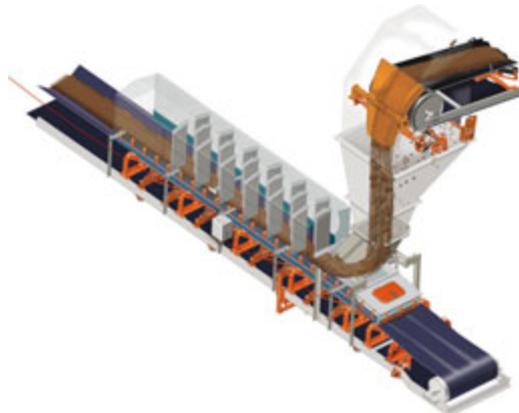
INGENIEURTECHNISCHE STOFFFLUSSMODELLIERUNG

Was ist ingenieurtechnisch modellierter Stofffluss?

Die Berechnung des Stoffflusses in einer Schurre beruht auf der Anwendung der Prinzipien der Strömungsmechanik und dem Verständnis der Kinematik der Partikel. Ein ingenieurtechnisch modellierter Materialfluss basiert auf der gezielten Gestaltung der Materialbewegung beim Austritt aus einem abwerfenden Förderband oder aus einem Silo, Bunker oder Vorratsbehälter. Die Richtung und die Geschwindigkeit des Materialflusses kann durch feine Änderungen gesteuert werden, die stattfinden, während das Material entlang der Oberflächen unter bekannten Reibungsverhältnissen gleitet. Die allmählichen Richtungsänderungen minimieren die Staubbildung und zentrieren

Abbildung 22.2

In einer technisch konzipierten Durchflussübergabe wird das Material als ein eng begrenzter, gleichmäßiger Strom geführt und dadurch die Menge an eingetragener Luft minimiert. Es wird weniger Luft freigesetzt und es entstehen geringere Mengen an Schwebestäuben.



das Fördergut auf dem Band. Damit ist die durch Reibung verloren gegangene Energie berechenbar und zuordenbar.

Was ist eine ingenieurtechnisch entwickelte Durchflussschurre?

Aus aufwendigen Materialprüfungen und Computer-Strömungssimulationen hervorgegangen, dienen berechnete Durchflussschurren der optimalen Erfüllung der betrieblichen Anforderungen, so dass das Material beim Durchlaufen der Übergabeschurre in ungehemmter Bewegung bleibt und dennoch in einem eng begrenzten Strom dahinfließt.

Dies minimiert Luftmenge, die in den Materialstrom gelangt und mit ihm weiter getragen wird. Daraus ergibt sich, dass weniger Luft freigesetzt und weniger Schwebestäube gebildet werden. (**Abbildung 22.2**) Außerdem wird der Strom gezielt geleitet, so dass das Material sanft auf das aufnehmende Band aufgebracht wird, mit minimalem Aufprall und schonend für das Band.

Das Material bewegt sich gleichförmig, so wie Wasser aus einem Hahn austritt. Es gleitet in einer fließenden Strömung, anstatt dass die Brocken turbulent voneinander abprallen.

Die Vorteile ingenieurtechnisch entwickelter Durchflussschurren

Aus dem Einbau einer berechneten Durchflussschurre ergibt sich eine ganze Reihe von Vorteilen. Dazu gehören:

- A. Passive Entstaubung
Sie reduziert die Freisetzung von Staub, während sie die Notwendigkeit einer aktiven Staubabscheidung minimiert bzw. eliminiert.
- B. Erhöhte Durchflussmenge
Dadurch scheidet die Schurre als Fertigungsengpass aus.
- C. Verminderte Materialansammlungen und Blockierungen
Sie reduzieren oder verhindern Staus im Materialfluss in der Schurre.
- D. Verminderte Aufprallwucht bei der Beladung
Sie verlängert die Standzeit des Bandes durch Verminderung der Schäden und Abrieb

E. Verminderte Verschlechterung des Materials
Sie minimiert die Staubbildung.

F. Kontrollierte Lastverteilung
Sie verhindert Gurtschieflauf, Verschüttungen und Schäden an der Kante des Fördergurts.

Es gilt jedoch zu beachten, dass technisch ausgelegte Übergabeschurren für einen engen Parameterbereich ausgelegt sind. Änderungen in der Leistung dieser Schurren und in der Standzeit der innenliegenden Auskleidungen treten auf, wenn die Bedingungen variieren:

- A. Ungleichmäßige Durchflussmengen
Abweichungen von mehr als 20% von der vorgegebenen Durchflussmenge, außer bei Start und Stopp der Anlage
- B. Schwankende Kenngrößen des Materials
Abweichungen von mehr als 20% von den vor der Gestaltung des Systems geprüften Materialproben bei einem Attribut
- C. Ungleichmäßige Umweltbedingungen
Schwankungen, die im Material Änderungen hervorrufen, wie z. B. Niederschlag, der zu einer Änderung des Feuchtigkeitsgehaltes um mehr als 10 % in Bezug auf die angegebenen Kenngrößen führt

Komponenten ingenieurtechnisch konzipierter Durchflussschurren

Eine berechnete Durchflussschurre beinhaltet eine geometrische Anordnung, die den Materialstrom auf dem Weg durch die Schurre lenkt und bündelt, was zu einem zweifachen Vorteil führt: Es wird die Menge der beigemischten Luft reduziert und die Ansammlung von Material in der Schurre verhindert. Die Verhinderung der Ansammlung von Material innerhalb einer Schurre ist besonders wichtig, wenn es sich um brennbare Materialien wie Kohle handelt.

Bei den technisch konzipierten Schurren wird normalerweise eine als „hood and spoon“-Übergabe bezeichnete Anordnung eingesetzt. Sie besteht aus einer als Abwurfleithaube bezeichneten Abwurfschurre am oberen Ende des Systems und einer als Auffanglöffel bezeichneten aufnehmenden Schurre, die das Material auf das zu beladende Band ablegt. Die Abwurfleithaube und der Auffanglöffel werden normalerweise paarweise installiert, obwohl unter besonderen Umständen auch nur die Eine oder die Andere der beiden Einheiten erforderlich

sein kann. Diese Komponenten werden gemäß den Charakteristiken des zu transportierenden Materials maßgeschneidert und gemäß den für den Bau der Schurre verwendeten Materialien angefertigt. Das Ziel der Abwurfleithaube und des Auffanglöffels ist die Einengung des sich bewegenden Materialstromes unter gleichzeitiger Reduzierung der mitgerissenen Luft und der Minimierung der auftretenden Stoßkräfte. Dabei wird das Material in der richtigen Richtung mit minimalem Aufprall - oder „Aufplatschen“ - auf dem aufnehmenden Band aufgebracht, um Verschüttung, Abrieb, Staub und Schäden zu reduzieren. Diese kontrollierte Beladung verhindert auch die einseitige Ladung des Materials, was zu Gurtschieflauf führt.

Außerdem ist bei vielen technisch konzipierten Durchflussschurren ein zusätzlicher Bereich zur Eingrenzung des Staubes integriert, den man Absetzbereich oder Beruhigungszone nennt. Hier wird die Luftströmung über dem Materialstrom verlangsamt, so dass sich der restliche Staub auf dem Material absetzen kann.

Abwurfleithaube

Am Abwurf installiert, erfasst eine Abwurfleithaube den sich bewegenden Materialstrom bei geringem Aufprallwinkel und grenzt ihn ein (**Abbildung 22.3**). Dies minimiert die Aufprallwucht, den Materialaufbau und den Verschleiß. Die Abwurfleithaube lenkt den Materialstrom senkrecht um, so dass er sich gleichmäßig in Richtung auf das darunter liegende Fördersystem hinbewegt (**Abbildung 22.4**). Wenn das Material senkrecht fließt, wird die Richtung des Materialstroms sanft verändert, um den Fluss auf die aufnehmende Förderanlage auszurichten.

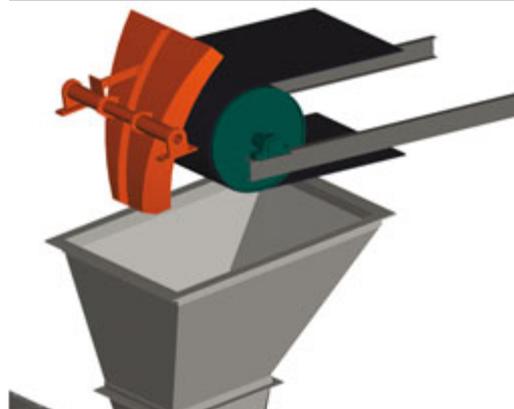


Abbildung 22.3

Am Abwurf installiert, erfasst eine Abwurfleithaube den sich bewegenden Materialstrom bei geringem Aufprallwinkel und grenzt ihn ein.

Abbildung 22.4

Die Abwurfleithaube lenkt den Materialstrom senkrecht um, so dass er sich gleichmäßig in Richtung auf das darunter liegende Fördersystem hinbewegt.

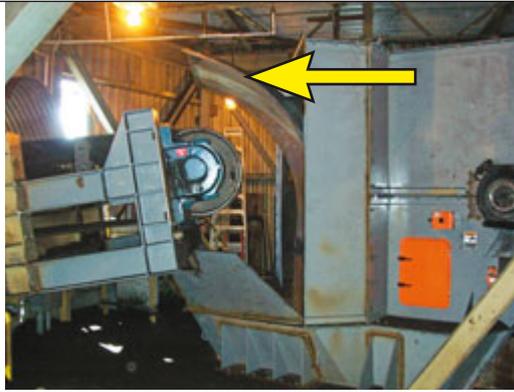


Abbildung 22.5

Ein am unteren Ende der Übergabeschurre installierter Auffanglöffel nimmt den Materialstrom auf und leitet ihn auf dem aufnehmenden Band.



Abbildung 22.6

Der eng begrenzte Materialstrom wird mit der günstigen Geschwindigkeit und Winkel auf die Mitte des aufnehmenden Bandes gelenkt. Der Auffanglöffel vermindert den Aufprall auf das Band, den Bandabrieb, die Neigung zur Staubbildung, eine außermittige Beladung, die Abnutzung der Verschleißauskleidungen und andere Probleme.



Abbildung 22.7

Die Beruhigungszone, normalerweise nach dem Auffanglöffel auf der aufnehmenden Förderanlage angeordnet, entspricht der konventionellen Einhausung der aufnehmenden Förderanlage.



Auffanglöffel

Ein am unteren Ende der Übergabeschurre installierter Auffanglöffel nimmt den Materialstrom auf und legt ihn auf dem aufnehmenden Band ab (**Abbildung 22.5**). Der Auffanglöffel hat die Aufgabe, das Material sanft auf die aufnehmende Förderanlage abzulegen, damit es in dieselbe Richtung und mit etwa derselben Geschwindigkeit wie das Band transportiert wird. Dadurch, dass der eng begrenzte Materialstrom mit der richtigen Geschwindigkeit und dem richtigen Winkel auf die Mitte des aufnehmenden Bandes gelenkt wird, reduziert der Auffanglöffel den Aufprall auf das Band, den Bandabrieb, die Neigung zur Staubbildung, eine außermittige Beladung, die Abnutzung der Verschleißauskleidungen und andere Probleme (**Abbildung 22.6**).

Ein weiterer Vorteil der Beladung über einen technisch konzipierten Auffanglöffel ist, dass das Band der Ladezone möglicherweise eine geringere Gurtabstützung benötigt. Durch die Aufbringung des Materials auf das Band mit einer ähnlichen Geschwindigkeit und in der Laufrichtung des Bandes, wird das Band einer geringeren Aufprallwucht ausgesetzt und folglich ist der Bedarf an Aufpralldämpfungstischen und Bandträgergestellen geringer.

Bei einigen komplexen Schurren oder Übergaben mit großen Fallhöhen könnten mehrere „hood and spoon“-Anordnungen zur Steuerung des Materialflusses erforderlich sein.

Absetzbereich

Der Absetzbereich, normalerweise nach dem Auffanglöffel auf der aufnehmenden Förderanlage angeordnet, entspricht dem konventionellen eingefassten und abgedeckten Teil der aufnehmenden Förderanlage (**Abbildung 22.7**). Dieser Bereich wird sorgfältig konstruiert und umschließt den Luftraum, so dass die Luftgeschwindigkeit reduziert wird, damit sich die staubbeladene Luft beruhigen und vorhandene Schwebestäube optimal absetzen können. Beim Absetzbereich wird normalerweise eine höhere, abgedeckte Einfassung verwendet, damit sich die Schwebestäube aus der Luft absetzen können, wobei ein Großteil des Staubes auf das Materialbett zurückgeführt wird, ohne nach außen freigesetzt zu werden (**Abbildung 22.8**). Durch das größere Volumen der Beruhigungszone und durch die Verwendung von Staubvorhängen innerhalb des Bereichs werden die Luftströmungen verlangsamt.

Manche Systemplaner lassen die Beruhigungszone bei ihrer Planung weg und verwenden lediglich konventionelle abgedeckte Einhausungen. Es ist jedoch fast unmöglich, eine Schurre zu gestalten, die mit jedem möglichen Materialzustand zurechtkommt. Deshalb ist es sicherer, wenn man einen Absetzbereich vorsieht, um unvorhergesehene Umstände oder zukünftige Änderungen in den Materialkenngrößen ausgleichen zu können.

INGENIEURTECHNISCHE ENTWICKLUNG VON DURCHFLUSSSCHURREN

Selbst wenn zwei Förderanlagen mit derselben Geschwindigkeit laufen, kann bei unkontrolliertem Materialfluss während der Übergabe von einer Förderanlage zur anderen zu einer Zunahme der Materialgeschwindigkeit kommen - Grund dafür ist die Wirkung der Schwerkraft. Sowohl die Abwurfleithaube als auch der Auffanglöffel müssen so gestaltet werden, dass sie die Flugbahn des Materials in einem niedrigen Einfallwinkel schneiden. Dadurch werden die natürlichen Kräfte der Materialbewegung genutzt, um den Fluss in den Auffanglöffel zu lenken und damit die richtige Platzierung auf dem aufnehmenden Band bei reduzierter Aufprallwucht und vermindertem Verschleiß zu gewährleisten. Da die Abwurfleithaube und der Auffanglöffel das Fließverhalten des Materialstroms für das gegebene Schüttgut optimieren, erreicht die Schurre den erforderlichen Durchfluss bei gleichzeitig reduziertem Risiko, dass der gesamte Betrieb durch Staus im Materialfluss zum Stillstand kommt.

Um bei technisch konzipierten Durchflussschurren die Geometrie der Schurre zu definieren, wird die Gestaltung der Abwurfleithaube, des Auffanglöffels und der Beruhigungszone mit Hilfe der dreidimensionalen (3D) computergestützten Gestaltung entworfen (**Abbildung 22.9**). Der Aufprallwinkel und die Aufprallkraft sollten möglichst klein gehalten werden, um Verlust kinetischer Energie zu minimieren. Idealerweise sollte der Aufprallwinkel nicht mehr als 15° bis 20° betragen. Dieser Gestaltung müssen rigorose Verfahrens- und Vorgehensweisen zugrunde liegen, um eine präzise, akkurate und umfassende Konstruktion zu erzielen. Die Maße können anhand einer Bestandsaufnahme vor Ort festgelegt werden, oder - besonders bei neuen Einrichtungen - mittels der Lagepläne und der Spezifikationen der Förderanlage.

Dem Konstrukteur einer technisch konzipierten Durchflussschurre müssen ausführliche Informationen über das durch die Schurre fließende Material zur Verfügung stehen und auch über die Parameter des Fördersystems selbst. Dazu gehören:

- A. Zufuhrsystem
 - a. Die Art des Zufuhrsystems (z. B. Brecher, Schwingförderer, Halde, Rückladung)
 - b. Anzahl der Zufuhrsysteme
 - c. Neigungswinkel (Steigung oder Gefälle) (**Abbildung 22.10**)
 - d. Bandgeschwindigkeit
 - e. Bandstärke
 - f. Bandbreite
 - g. Muldungswinkel
 - h. Übergabekapazität
 - i. Art der tragenden Konstruktion der Förderanlagen (Profile, Gittergerüste, Seile)
 - j. Art der Anlieferung des Materials zur Anlage (z. B. Schiff, Eisenbahnwagen, LKW)

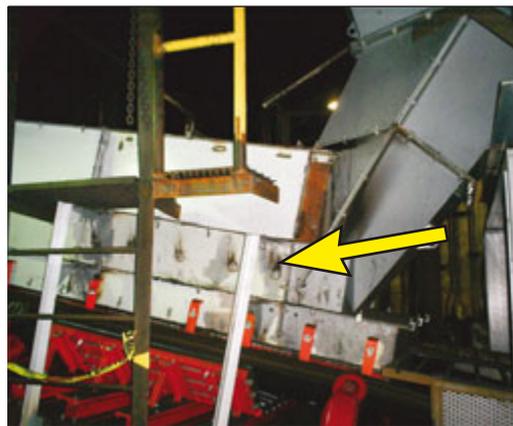


Abbildung 22.8

Der Beruhigungsbereich wird sorgfältig konstruiert und umschließt den Luftraum, so dass die Geschwindigkeit der Luft reduziert wird, damit sich die staubbeladene Luft beruhigen kann und vorhandene Schwebestäube optimal absetzen können.

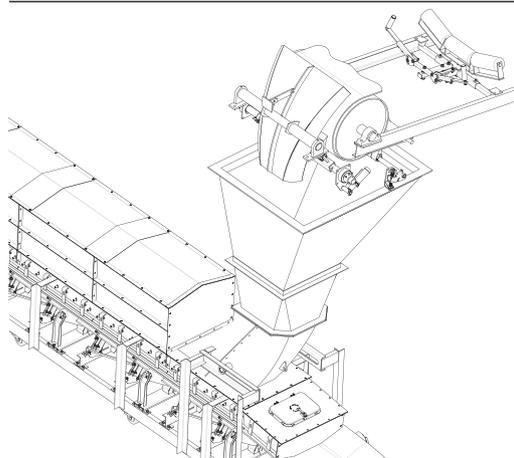


Abbildung 22.9

Um bei technisch konzipierten Durchflussschurren die Geometrie der Schurre zu definieren, wird die Gestaltung der Abwurfleithaube, des Auffanglöffels und des Beruhigungsbereichs mit Hilfe der dreidimensionalen (3D) computergestützten Gestaltung entworfen.

Abbildung 22.10

Dem Konstrukteur einer technisch konzipierten Durchflussschurre müssen ausführliche Informationen über das zu transportierende Material und über das Fördersystem selbst zur Verfügung stehen.

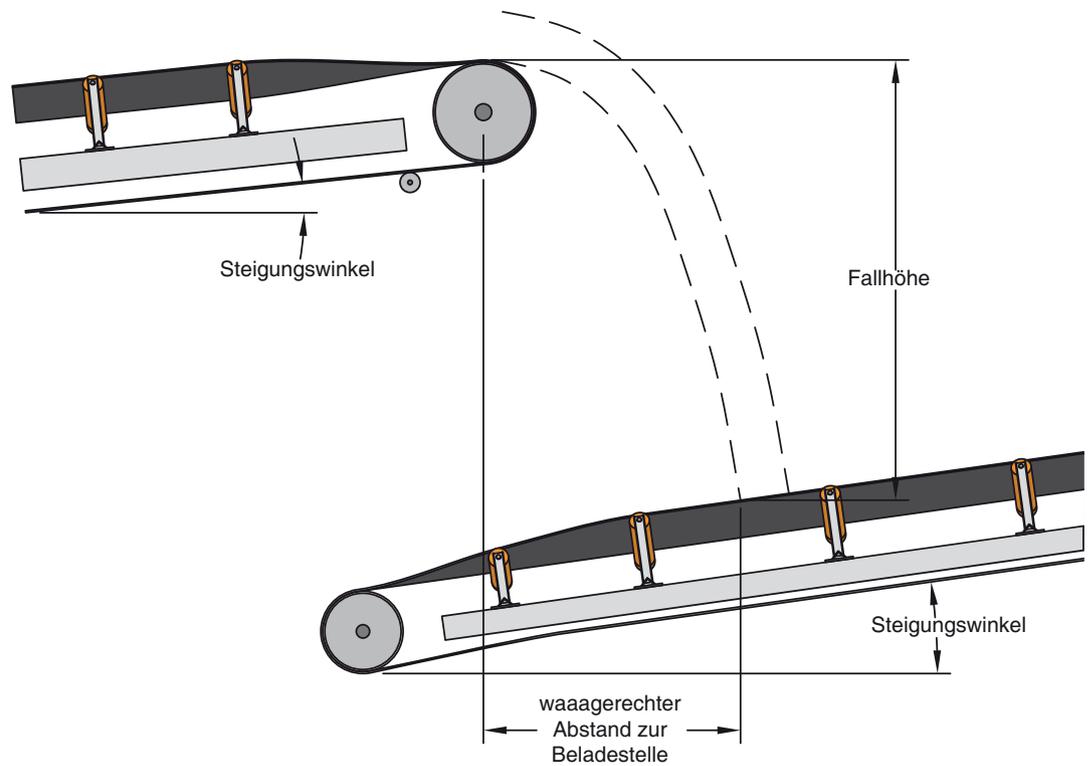
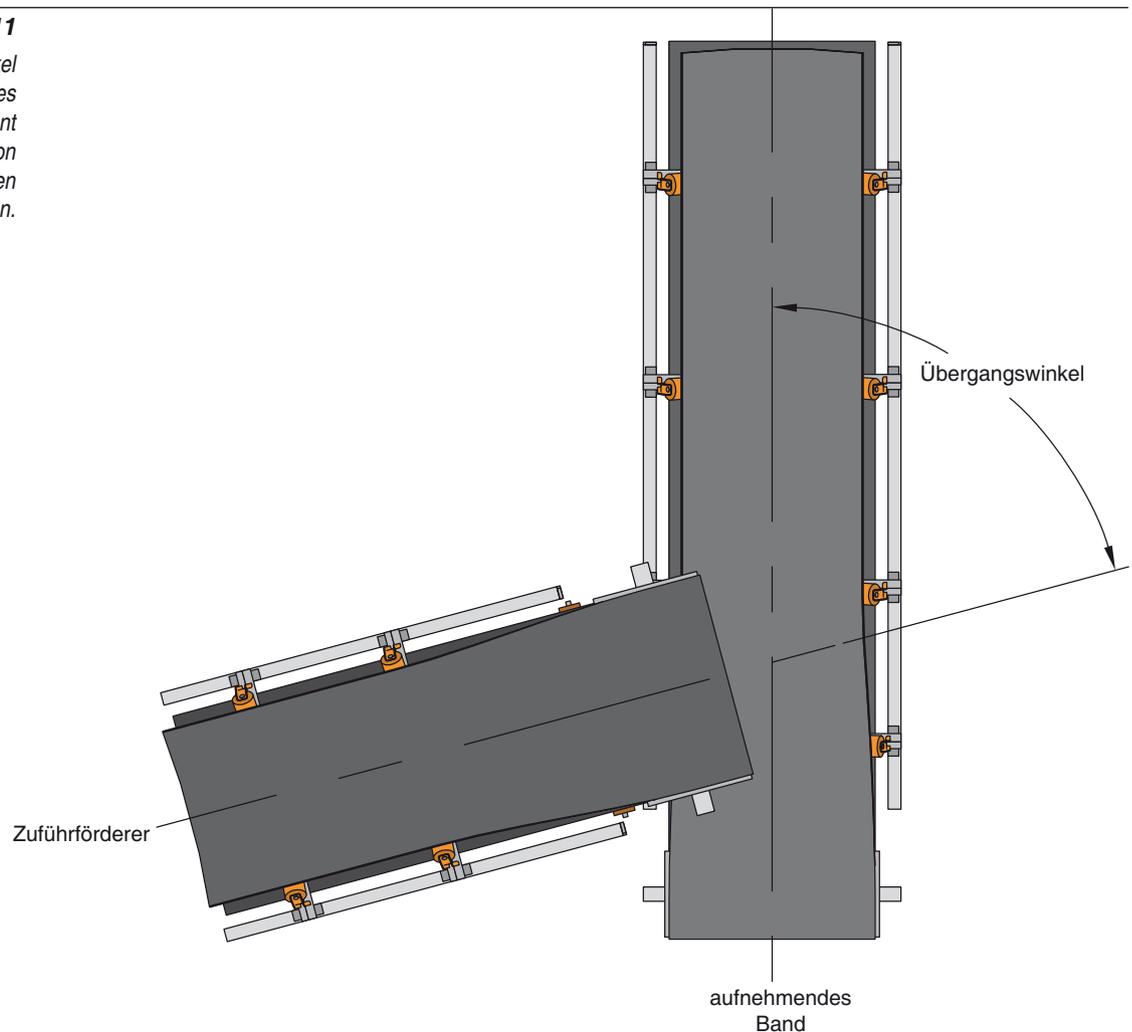


Abbildung 22.11

Der Übergangswinkel eines Übergabepunktes ist ein Schlüsselement bei der Gestaltung von technisch konzipierten Schurren.



- B. Übergabe
- Übergangswinkel (**Abbildung 22.11**)
 - Waagerechter Abstand zur Beladestelle (**Abbildung 22.10**)
 - Fallhöhe (**Abbildung 22.10**)
 - Übergabekapazität
 - Anzahl der Übergaben
 - Anzahl der Klappen und Zweck (z. B. zur Teilung oder zur Richtungsänderung des Materialflusses)
 - Störungen durch umliegende Aufbauten
- C. Aufnehmendes System
- Art des aufnehmenden Systems
 - Anzahl der Zufuhrsysteme
 - Bandgeschwindigkeit
 - Bandstärke
 - Steigungs-/Gefällewinkel der Förderanlage (**Abbildung 22.10**)
 - Bandbreite
 - Art der Tragkonstruktion (Profile, Gittergerüst, Seile)
 - Muldungswinkel
 - Übergabekapazität
 - Material-/Bandträgersystem
 - Abstand der Förderanlage zur Krümmung oder Interferenz für Absetzbe- reich
- D. Transportiertes Material
- Art des Materials
 - Temperaturbereiche (hoch und tief)
 - Feuchtigkeitsgehalt
 - Umweltbedingungen, die den Mate- rialzustand beeinflussen (einschließ- lich Entfernung von der Quelle/dem Lieferanten und dem Ort, wo Probe abgeholt/entnommen wurde)
 - Größe des Materials
 - Rohdichte des Materials
 - Übergangsreibung
 - Kohäsions-/Adhäsionseigenschaften
 - Teilchengröße und prozentuale Korngrößenverteilung
 - Durchschnittliche Brockengröße und maximale Brockengröße
 - Beaufschlagungswinkel
 - Schüttwinkel

- E. Konstruktionsmaterialien
- Materialien, die zum Bau der Schur- ren verwendet wurden
 - Materialien für die Schurrenausklei- dung
 - Bau- und Montagetoleranzen
 - Werte der Übergangsreibung der mit dem Schüttgut in Kontakt stehenden Baumaterialien

Gestaltung technisch konzipierter Durchflussübergaben

Berechnete Durchflussübergabeschurren werden in einem dreistufigen Konstruktionsver- fahren entwickelt. In der ersten Phase werden die Eigenschaften des transportierten Materials und die Übergangsreibungswerte in Bezug auf das Band und die Baumaterialien geprüft, um die Materialkenngrößen und das Verhalten des Materials in Fördersystemen zu bestim- men. Nachdem die verschiedenen Parameter der Förderanlage und des Materials definiert worden sind, kann die Abwurfllugbahn des Materials mit Hilfe konventioneller Methoden bestimmt werden, wie z. B. nach der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) - Methode.

Die zweite Phase des Verfahrens beinhaltet die Verifizierung der gegenwärtigen Dimensio- nierung und die Entwicklung einer vorläufigen Konstruktion. Ein Satz zwei-dimensionaler Entwurfszeichnungen und eine drei-dimensio- nale bildliche Darstellung des Schurrenaufbaus werden unter Verwendung einer 3D - Software angefertigt und die Fließeigenschaften mit Hilfe der Discrete Element Modeling - Methode (DEM) verifiziert.

Die dritte und letzte Phase besteht aus der Anfertigung des Feinentwurfs, gefolgt von der detaillierten Gestaltung mit nachfolgendem Bau und anschließender Montage des Systems.

Phase 1: Materialanalyse

Der erste Schritt bei der Gestaltung einer technisch konzipierten Schurre besteht in der Prüfung des tatsächlich zu transportierenden Materials, das die Schurre durchlaufen wird. Zu prüfen ist die Materialzusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften, der Feuchtigkeitsgehalt, der Größenbereich der Brocken und die Größe der Feinanteile. Eine Prüfung umfasst normalerweise eine Analyse der Festigkeit des Schüttgutes bei mehreren Feuchtigkeitsgehalten - im Bereich von „wie

ursprünglich erhalten“ bis zur „Sättigung“ - um wechselnde Materialzustände zu berücksichtigen. Bei jedem dieser Feuchtigkeitsgehalte sind üblicherweise mindestens drei verschiedene Arten von Prüfungen durchzuführen, wozu die direkte Scherung, die Übergangsscherung und die Rohdichte zu benennen sind. Direkte Linear- oder Rotationsscherprüfer werden oft zur Messung der Materialfließeigenschaften und der Grenzschichteigenschaften verwendet. Für die Prüfungen werden normalerweise die Feinanteile des Materials herangezogen, da sie das Fließverhalten unter ungünstigsten Bedingungen bestimmen.

Um diese wichtigen Daten zu erhalten, muss die Prüfung an Proben des tatsächlich zu transportierenden Materials in Bezug auf das tatsächlich verwendete Band und Baumaterial durchgeführt werden. (Siehe Kapitel 25: „Materialkunde“ für zusätzliche Informationen über Materialprüfungen und Analysen)

Die Materialprüfung schließt mit einer Empfehlung für die Steilheitswinkel der Schurre auf Basis jener Grenzreibung, die einem Kompromiss zwischen einem zuverlässigen Durchfluss durch eine Übergabeschurre und einem akzeptablen Verschleißniveau an der Schurre und am Band entspricht. Empfehlungen für die als Auskleidungen in der Schurre verwendeten Materialien können ebenfalls beigefügt werden.

Die verschiedenen Parameter der Förderanlage und des Materials sowie die Abwurfflugbahn des Materials dienen als Grundlage für die Entwicklung der Konstruktion der Übergabeschurre.

Phase 2: Discrete Element Modeling - Methode (DEM)

Die in Phase 1 gewonnenen Parameter werden zur Entwicklung eines am Computer erzeugten 3D-Modells des Schurrensystems eingesetzt (**Abbildung 22.12**).

DEM ist ein Werkzeug zur Verifizierung der Gestaltung. Die Grundgleichung dazu ist das

zweite Newton'sche Gesetz: Kraft = Masse mal Beschleunigung ($F = ma$), errechnet für jede Interaktion zwischen Partikel und Partikel, sowie Partikel und der Schurrenwandung, modifiziert nach den Eigenschaften der Partikel und der interagierenden Elemente. Die auf jedes Partikel wirkenden Kräfte werden aus den ursprünglichen Daten und den relevanten physikalischen Gesetzen berechnet. Zu den Effekten, die die Partikelbewegung beeinflussen, zählen:

- A. Reibung
Wenn zwei Partikel einander berühren oder sich entlang der Wandung bewegen
- B. Stoßwucht
Wenn zwei Partikel zusammenstoßen
- C. Reibungsdämpfung oder viskose Dämpfung
Wenn bei einem Zusammenstoß während der Kompression und des Rückfederns von Partikeln Energie verloren geht
- D. Kohäsion und/oder Adhäsion
Wenn zwei Partikel zusammenstoßen und aneinander haften
- E. Schwerkraft

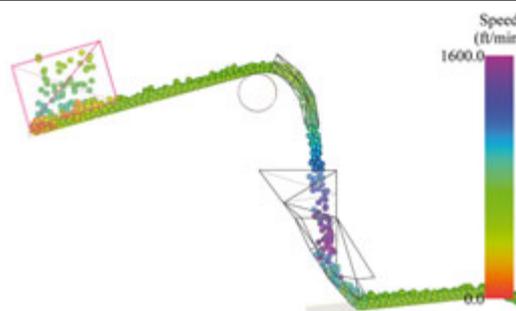
Auf einem DEM - Ansatz basierende Lösungen sind aufschlussreicher als jene, die auf Grundgleichungen der Konstruktion und auf Faustregeln basieren. Der Konstrukteur kann damit wichtige Aspekte, wie z.B. die mittige Beladung einer aufnehmenden Förderanlage, genauer beurteilen und auch die Lage der Bereiche mit niedriger Materialgeschwindigkeit in der Schurre vorhersagen, die für Stauung anfällig sind, sowie entsprechende Korrekturmaßnahmen vorsehen, um dies zu verhindern. In Verbindung mit den Grundgleichungen kann er mittels DEM die optimale Schurrengestaltung schnell durch eine Reihe von Iterationen bestimmen. Ein geringfügiger Nachteil von DEM ist, dass mit den verfügbaren Computern nur relativ wenige Partikel im Verhältnis zu ihrer Gesamtzahl im Materialstrom in einer vernünftigen Zeitdauer simuliert werden können, obwohl weitere Fortschritte in der Computertechnik dieses Problem rasch beseitigen könnten.

Ein weiterer Vorteil dieses rechnergestützten Systems ist, dass Änderungen zum Ausgleich von Veränderungen bei den Charakteristiken des Systems schnell entwickelt werden können.

Wenn aber die in die Software eingegebenen Daten nicht genau sind, dann wird die dabei herauskommende Konstruktion ebenfalls nicht

Abbildung 22.12

Die in Phase 1 gewonnenen Parameter werden zur Entwicklung eines am Computer erzeugten 3D-DEM-Modells des Schurrensystems eingesetzt.



genau sein. Deshalb ist es sehr wichtig, die tatsächlichen Eigenschaften des Förderguts in den verschiedenen Zuständen, einschließlich der kritischsten Fälle, genau zu kennen.

Phase 3: Feinentwurf

Die Verwendung von rechnergestützten Modellieretechniken ermöglicht die schnelle und effiziente Erledigung der Gestaltung einer Schurre, die die Anforderungen einer spezifischen Gurt-zu-Gurt Übergabe erfüllt. Das 3D - Modell ist die Grundlage für die Bau- und Montagezeichnungen.

Das komplett fertig konstruierte Schurrenprojekt umfasst die Abwurfleithaube(n), die Fallschurre, den/die Auffanglöffel, die Verschleißauskleidung, die Bandträgergestelle, die Systeme für die Spurführung des Bandes, die Gurtreinigungssysteme, die Abtropfschurre, Zugangstüren, die Einfassungsabdichtung, den Schurrenrückwandkasten und den Absetzbereich.

Sonstige Fragen

Zu den sonstigen Fragen, die bei der Gestaltung der Schurre zu berücksichtigen wären, gehört die Notwendigkeit von Heizungen, die Isolierung, der Zugang in das Schurreninnere, Beleuchtung, Bühnen, Abschaltung bei Materialstaus, Sicherheitseinrichtungen und ausreichender Raum für den Austausch von Fördergurtreinigern, Materialfluss-Hilfsmitteln oder anderer Komponenten.

Sonstige konstruktive Überlegungen

Eine Übergabeschurre sollte ausreichend steile und glatte Innenoberflächen mit gerundeten Ecken aufweisen, um Stoffflussprobleme wie Materialansammlungen und Staus zu vermeiden, selbst beim Transport von Material mit den schlechtesten möglichen Fließeigenschaften. Idealerweise wirkt sich bei einer derartigen Geometrie nur die Schwerkraft aus. Aber in Wirklichkeit sind beim geplanten Einbau von technisch konzipierten Durchflussübergaben eine ganze Reihe von anderen Überlegungen mit einzubeziehen und zu berücksichtigen. Zu diesen Faktoren gehören:

A. Die Flugbahn des Materials

Die Berechnung der Flugbahn des Materialstroms beim Verlassen der abwerfenden Förderanlage umfasst Betrachtungen über den Materialschwerpunkt, Geschwindigkeiten, den Punkt auf der Abwurftrammel, an welcher Flugbahn beginnt und über die

Form der Ladung. (Eine detaillierte Diskussion über die Abwurfflugbahn ist in Kapitel 12 der sechsten Auflage von BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter] der CEMA zu finden).

B. Verschleiß

Aufprallwucht, Korrosion und Abrieb tragen maßgeblich zum Schurrenverschleiß bei, der dort stattfindet, wo der Materialstrom auf die Oberfläche der Schurre aufschlägt. Durch das Gleiten des Materialstroms entlang der Oberfläche der Schurrenwandung kommt es zum Abrieb. Die Abriebstärke hängt vom Härteunterschied zwischen dem Materialstrom und der Verschleißauskleidung ab und von der Ladungsmenge, der Geschwindigkeit und der Kraftwirkung der Ladung auf die Oberfläche der Verschleißauskleidung. Weil die Gestaltung technisch konzipierter Durchflussschurren das Materialverhalten mit der Grenzfläche an der Schurrenwandung verknüpft, ist die Analyse der Aufprallwucht und der Gleitreibung für die Kontrolle der Form und der Geschwindigkeit des Materialstroms wichtig.

C. Toleranzen

Selbst kleine Unterschiede bei der Installation der Komponenten können den glatten Fluss von Material und Luft durch den Übergabepunkt beeinflussen. Die Herstellerempfehlungen für die Installation von Komponenten und Materialien müssen strikt befolgt werden.

D. Zweiphasen - Strömungsanalyse

Bei der Zweiphasen - Strömungsanalyse wird sowohl die Bewegung des Materialstroms durch eine Übergabeschurre betrachtet, als auch die eingetragene Luft, die mit dem Materialstrom in den Absetzbereich der aufnehmende Förderanlage transportiert wird. Bleibt der Materialstrom in Kontakt mit der Oberfläche der Schurre - statt von dort abzurallen - tritt in der Ladezone eine geringere Belüftung und eine reduzierte Stoßwirkung auf. Durch die Analyse der Bewegung der Materialpartikel und der Luft durch die Übergabeschurre kann der Konstrukteur während der Entwicklungsphase der Schurre den Lufteintrag minimieren, was wiederum zu einer Verminderung der Staubbildung führt. Zur Modellierung der Zweiphasenströmung steht eine Vielzahl von rechnergestützten Methoden zur Verfügung, z. B. DEM, Computational Fluid Dynamics (CFD) [Numerische Strömungsmechanik]

und die Finite-Elemente Analyse (FEA). Bei dieser Analyse sollten die verdrängte Luft, die eingetragene Luft und die erzeugten Luftströme berücksichtigt werden (Siehe Kapitel 7: „Luftkontrolle“).

Abhängig von dem berechneten Luftstrom und den Materialeigenschaften, einschließlich der Korngrößenverteilung und der Kohäsion, können verschiedene Systeme - von Gummivorhängen bis hin zur Staubunterdrückung und Filtersäcken - zur Minimierung der Auswirkungen von Luftströmungen in der Übergabeschurre eingesetzt werden.

E. Das Traggerüst

Bei der Gestaltung des Traggerüsts einer Übergabeschurre sind im Allgemeinen vier Faktoren zu analysieren:

- a. Belastung durch Eigengewicht
Eigengewicht der Schurre und der tragenden Konstruktion
- b. Nutzlast
Wind, Schnee- und Eisansammlungen und Verschüttungen, die sich auf den Oberflächen absetzen
- c. Dynamische Last
Die Kräfte, die von der Bewegung und dem Aufprall des Materials in der Schurre und von anderen Anlagenteilen herrühren
- d. Tragfähigkeit
Gewicht des Materials in der Schurre, berechnet mit dem höchsten Rohdichtewert des Materials und dem ungünstigsten Fall einer verstopften Schurre

Das Ziel dieser Analyse ist ein effizientes, sicheres und kostenoptimales Traggerüst der Übergabeschurre. Bei der Konstruktion eines Traggerüsts sind selbstverständlich die örtlichen Bauvorschriften einzuhalten.

INSTALLATION TECHNISCH AUSGELEGTER ÜBERGABESCHURREN

Schurren an Neuanlagen

Ingenieurtechnisch entwickelte Schurren können leicht in neue Fördersysteme integriert werden. Um Baukosten zu sparen, können sie zu handhabbaren Einheiten vormontiert und ausgerichtet werden, die vor Ort einfach angeschlagen, hochgehoben und an entsprechender Stelle festgeschraubt werden.

Technisch konzipierte Durchflussschurren können auch in eine vorhandene Anlage im Rahmen einer Nachrüstung eingebaut werden, um eine Verminderung der Staubbildung zur Verbesserung des Betriebsablaufes und zur Einhaltung der Staubgrenzwerte zu erreichen, was normalerweise ohne den Einbau einer teuren zentralen Entstaubungsanlage möglich ist. Gleichgültig, ob es sich um eine Neuanlage oder um eine Nachrüstung handelt, sollte die Gestaltung und die Montage von technisch konzipierten Schurren den Firmen überlassen werden, die mit der Technik vertraut sind und damit Erfahrung haben.

Schurren als Nachrüstung

Eine der frühesten Anwendungen von berechneten Durchflussschurren bestand in der Verbesserung der Übergaben bereits vorhandener Fördersysteme. Die Integration dieser Systeme in vorhandene Strukturen kann zu einigen Problemen führen.

Zur Sicherstellung einer exakten Konstruktion, damit das technisch konzipierte System an der Einbaustelle richtig passt, ohne dass weitere Änderungen erforderlich wären, wird eine Bestandsaufnahme vor Ort mit Hilfe von Laser-Messtechnik empfohlen (**Abbildung 22.13**). Bei dieser genauen Bestandsaufnahme werden die Zielbereiche mit einem Impuls laser abgetastet und die daraus gewonnenen Daten zu einer 3D - „Punktwolke“ aufbereitet, die wie eine detaillierte Abbildung einer Szene aussieht (**Abbildung 22.14**). Weil diese Punktwolke dreidimensional ist, kann sie aus jeder Perspektive betrachtet werden und jedem Punkt können genaue x-, y- und z-Achsenkoordinaten zugeordnet werden. Die Geometrie der Punkte

Abbildung 22.13

Zur Sicherstellung einer exakten Konstruktion, damit das technisch konzipierte System an der Einbaustelle richtig passt, ohne dass weitere Änderungen erforderlich wären, wird eine Bestandsaufnahme vor Ort mit Hilfe von Laser-Messtechnik empfohlen.



kann man dann als Ausgangspunkt für die Entwicklung der Schurrengeometrie in eine 3D-Modellierungssoftware exportieren. Dies gewährleistet die Konstruktion von Systemen, die in die vorhandenen Freiräume hineinpassen.

Bei einer Nachrüstung können Materialverluste vor und nach dem Einbau geprüft und analysiert werden, um so einen Leistungsvergleich zu ermöglichen und Verbesserungen festzustellen, die das Projekt rechtfertigen.

Materialfluss-Hilfsmittel und technisch konzipierte Schurren

Selbst bei einer gut durchkonstruierten Schurre sollten bereits in der ursprünglichen Konstruktion Montagekonsolen für den zukünftigen Einbau von Materialfluss-Hilfsmitteln vorgesehen werden. Änderungen im Fließverhalten des Materials oder nicht ganz optimale Gestaltungsgrenzen können in einer gegebenen Konstruktion den Einsatz von Geräten zur Verbesserung des Materialflusses erforderlich machen, wie z. B. von Vibratoren oder von Luftkanonen. Besonders bei Nachrüstungen kann man den Luxus einer optimal gestalteten Anlage nicht erwarten. Kompromisse sind oft unvermeidlich, weil die Standorte des Beschickungsförderers und der aufnehmenden Förderanlage bereits festgelegt sind und eine Versetzung wirtschaftlich nicht tragbar wäre. Potenzielle Strömungsprobleme, bedingt durch zukünftige Schwankungen in den Materialkenngrößen, können dann durch den Einbau von Vibratoren oder Luftkanonen ausgeglichen werden. Werden die Konsolen bereits während der ursprünglichen Montage der Schurre angebracht, spart man Geld und Zeit gegenüber einer späteren Nachrüstung (**Abbildung 22.15**).

Materialfluss-Hilfsmittel verbessern den Materialfluss in jenen Situationen, wo Kompromisse gegenüber einer optimalen Gestaltung eingegangen worden sind (Siehe Kapitel 9: „Materialfluss-Hilfsmittel“).

SYSTEMWARTUNG

In einem Betrieb sollten über die Gestaltung und die Positionierung der Schurre und der Auskleidung genaue Aufzeichnungen geführt werden, um die Herstellung und Montage von zukünftig erforderlich werdenden Ersatzauskleidungen zu erleichtern.

Um den Austausch von Auskleidungen zu vereinfachen, sollte die Schurre mit einem leicht zu öffnenden Flanschsystem ausgestattet

werden, damit eine Schurrenwand - in den meisten Fällen die Rückwand und die Wand, an der die Auskleidung befestigt ist - aus ihrer Position weggeschoben werden kann (**Abbildung 22.16**). Dies ermöglicht einen effizienteren Zugang für Kontrollarbeiten und den Austausch von Auskleidungen im Schurreninneren (**Abbildung 22.17**).

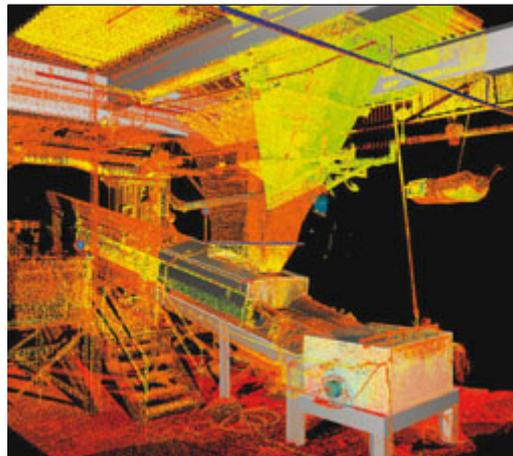


Abbildung 22.14

Die Zielbereiche werden mit einem Impuls-Laser abgetastet und die daraus gewonnenen Daten zu einer 3D-„Punktwolke“ aufbereitet, die wie eine detaillierte Abbildung einer Szene aussieht.

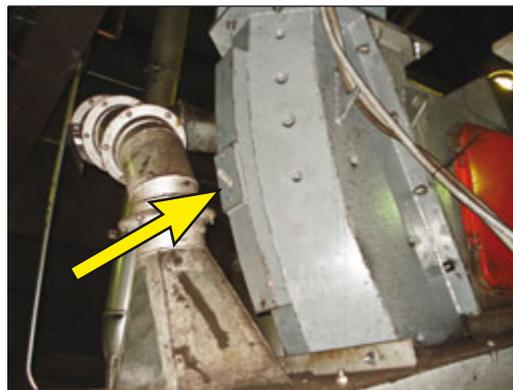


Abbildung 22.15

Werden die Konsolen für den Einbau von Materialfluss-Hilfsmitteln bereits während der ursprünglichen Montage der Schurre angebracht, spart man Geld und Zeit gegenüber einer späteren Nachrüstung.



Abbildung 22.16

Um den Austausch von Auskleidungen zu vereinfachen, sollte die Schurre mit einem leicht zu öffnenden Flanschsystem ausgestattet werden, so dass eine Wand der Schurre - in den meisten Fällen die Rückwand und die Wand, an der die Auskleidung befestigt ist - aus ihrer Position weggeschoben werden kann.

Abbildung 22.17

Die geflanschte Rückseite der Schurre ermöglicht einen effizienteren Zugang für Kontrollen und den Austausch von Auskleidungen im Inneren der Schurre.



TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Materialspezifikationen

Das Materialtransportsystem enthält Schurren für die Gurt-zu-Gurt Übergabe, maßgeschneidert für die Materialspezifikationen und die Durchflussanforderungen. Das Schurrensystem ist auf der Grundlage von Prüfungen der Materialeigenschaften so zu gestalten, dass die erforderlichen Durchflussmengen ohne Staubbildung erreicht werden, und dass keine zusätzliche Staubemission entsteht.

B. Haube und Löffel

Im Schurrensystem ist eine „Abwurfleithaube“ als Abwurfschurre und ein „Auffanglöffel“ als aufnehmende Schurre zu integrieren. Die „Abwurfleithaube“ übernimmt den Materialstrom vom abwerfenden Band, grenzt ihn ein, damit möglichst wenig Luft mitgerissen wird, und leitet ihn in einer gleichmäßigen Inertialströmung

durch seine Flugbahn auf den aufnehmenden „Auffanglöffel“. Der „Auffanglöffel“ als aufnehmende Schurre übernimmt den Materialstrom und setzt das Material mit der richtigen Richtung und Geschwindigkeit auf das aufnehmende Band ab, um Turbulenzen im Material, Aufprallwucht sowie Bandabrieb und -schieflauf zu minimieren.

C. Volumen

Zur Verminderung der Luftgeschwindigkeit und der Turbulenzen ist die volumetrische Auslegung der Kopfschurre und der Einhausung zu berechnen. Die Mengen an entweichenden und einatembaren Stäuben werden durch die beruhigenden Merkmale der Konstruktion wesentlich reduziert.

D. Zugang

Die Schurre ist mit einem leicht zu öffnenden Flansch-Verschlosssystem auszustatten, um eine einfache Kontrolle und den Austausch von Auskleidungen im Inneren der Schurre zu ermöglichen.

E. Absetzbereich

Der Bandaustritt der aufnehmenden Förderanlage ist mit einem verlängerten, abgedeckten Einfassungssystem auszustatten, dass die Beruhigungszone bildet. Der Absetzbereich ist mit mehreren Staubvorhängen zu versehen, die einen serpentinartig angelegten, umschlossenen Luftraum bilden, in dem die Luftgeschwindigkeit vermindert wird und in dem die in der Luft schwebenden Partikel Zeit haben, um sich durch Schwerkraftwirkung wieder auf dem Materialkörper abzusetzen.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Technisch konzipierte Schurren sollten an der strömungsfreien Seite der Einhausung mit einer Zugangsöffnung versehen sein. Zur Reduzierung der Gefahren durch herausfliegendes Material sollte man diese Türen mit Abschränkungen für beschränkte Zugänglichkeit ausstatten und Warnaufkleber anbringen.

Der Einstieg in oder das Befahren von Schurren ist durch entsprechende Genehmigungsverfahren zu regeln.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

**Konstruktive Berechnung:
Kontinuität**

Bei der Kontinuitätsberechnung wird der Querschnitt des Materialstroms innerhalb einer Übergabeschurre bestimmt, welcher für die Bestimmung der idealen Schurrengröße entscheidend ist (**Gleichung 22.1**). Damit werden die Kosten der Schurrenherstellung begrenzt. Nach den Erfahrungen der Branche und den Angaben der CEMA sollte die Schurre an jeder Stelle mindestens viermal so groß wie die Querschnittsfläche des Materialstroms sein.

Wichtiger als die Berechnung der Fläche ist die Beachtung der Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Querschnittsfläche. Der Konstrukteur muss diese Kontinuitätsbeziehung berücksichtigen, wenn die Materialgeschwindigkeit der Richtung und Geschwindigkeit des aufnehmenden Bandes entsprechen soll (**Gleichung 22.1**). Sie wird von vielen Parametern bestimmt, wie z. B. von der Fallhöhe, einer Änderung der Fließrichtung, der Oberflächenreibung, der inneren Reibung und der momentanen Dichte, um nur einige zu nennen. Diese Faktoren ändern die Strömungsgeschwindigkeit in vorhersehbarer Weise. Es ist zu beachten, dass diese Geschwindigkeitsänderung gleichzeitig auch die Querschnittsfläche des Stromes beeinflusst. Umgekehrt kann über

die Querschnittsänderung die Geschwindigkeit beeinflusst werden. Die Querschnittsfläche des Stroms ist äußerst wichtig bei der Modellierung des Stromflusses, um Stauprobleme an der Schurre zu vermeiden.

**AMORTISATION TECHNISCH
AUSGELEGTER SCHURREN**

Und zum Abschluss...

Eine technisch konzipierte Übergabeschurre kann in praktisch jeder Anwendung für Übergabeschurren angewandt werden, so dass die Betriebsleitung zur Bewertung der Amortisation für den Betrieb oft die Kosten zur Rechtfertigung der Investition heranzieht. Anwendungen mit erheblichen Fallhöhen zwischen der abwerfenden Förderanlage und der aufnehmenden Förderanlage rechtfertigen normalerweise die Investition. Betriebe, die sich um die Einhaltung der Vorschriften bemühen, oder um die Erfüllung von umwelt- und sicherheitsrelevanten Vorgaben, stellen oft fest, dass die Investition in eine technisch konzipierte Durchflussschurre eine kurzfristige Amortisation aufweist. Die damit verbundenen Mehrkosten gegenüber den Kosten für eine traditionelle Übergabeschurre machen sich durch die Zunahme der Produktivität, durch weniger Unfälle und durch die Einhaltung von Umweltschutzvorschriften schnell bezahlt, statt das Geld für die Beseitigung von

$A = \frac{Q \cdot k}{\gamma \cdot v}$			
Gegeben: Ein Förderband transportiert pro Stunde 1800 t Kohle (2000 st/h) mit einer Dichte von 800 kg/m ³ (50 lbm/ft ³) bei einer Geschwindigkeit von 4,0 m/s (800 ft/min). Gesucht: Die Querschnittsfläche des Kohlestroms.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
A	Querschnittsfläche	Quadratmeter	Quadratfuß
Q	Durchflussmenge	1800 t/h	2000 st/h
γ	Rohdichte des Materials	800 kg/m ³	50 lb _m /ft ³
v	Durchschnittliche Materialgeschwindigkeit am betreffenden Querschnitt	4,0 m/s	800 ft/min
k	Umrechnungsfaktor	0,278	33,3
Metrisch: $A = \frac{1800 \cdot 0,278}{800 \cdot 4,0} = 0,16$			
Amerikanisch: $A = \frac{2000 \cdot 33,3}{50 \cdot 800} = 1,67$			
A	Querschnittsfläche	0,16 m ²	1,67 ft ²

Gleichung 22.1

Kontinuitätsberechnung für eine Querschnittsfläche des Materialstromes



Hinweis: Die Querschnittsfläche des Materialstroms unterscheidet sich von der Querschnittsfläche des auf dem Band aufliegenden Materials aufgrund des Unterschiedes zwischen der Dichte im transportierten Zustand und der Schüttdichte. (Siehe Kapitel 25: "Materialkunde" für zusätzliche Information.)

verschüttetem Fördergut, für das Ausräumen verstopfter Schurren oder für das Einsparen falsch beladener Bänder auszugeben.

Vorausblick...

Dieses Kapitel, „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“, das zweite Kapitel im Abschnitt über führende Konzepte, enthält Informationen über eine weitere Methode zur Reduzierung von Materialverlusten. Die nächsten Kapitel über luftunterstützte Förderanlagen und Gurtwaschsysteme setzen diesen Abschnitt fort.

REFERENZEN

- 22.1 Stuart, Dick D. und Royal, T. A. (Sept. 1992). “Design Principles for Chutes to Handle Bulk Solids,” [Gestaltungsprinzipien für Schurren zur Handhabung von festen Schüttgütern] *Bulk Solids Handling*, Band 12, Nr. 3, Seiten 447–450. Als PDF verfügbar: www.jenike.com/pages/education/papers/design-principles-chutes.pdf
- 22.2 Roberts, A.W. und Scott, O.J. (1981). “Flow of bulk solids through transfer chutes of variable geometry and profile” [Der Materialfluss von Schüttgütern durch Übergabeschurren mit variabler Geometrie und variierendem Profil] *Bulk Solids Handling*, Band 1 Nr. 4, Seiten 715–727.
- 22.3 Roberts, A.W. (August 1999). “Design guide for chutes in bulk solids handling operations” [Gestaltungsrichtlinie für Schurren bei der Schüttguthandhabung] *Centre for Bulk Solids & Particulate Technologies*, Version 1, 2ter Entwurf.

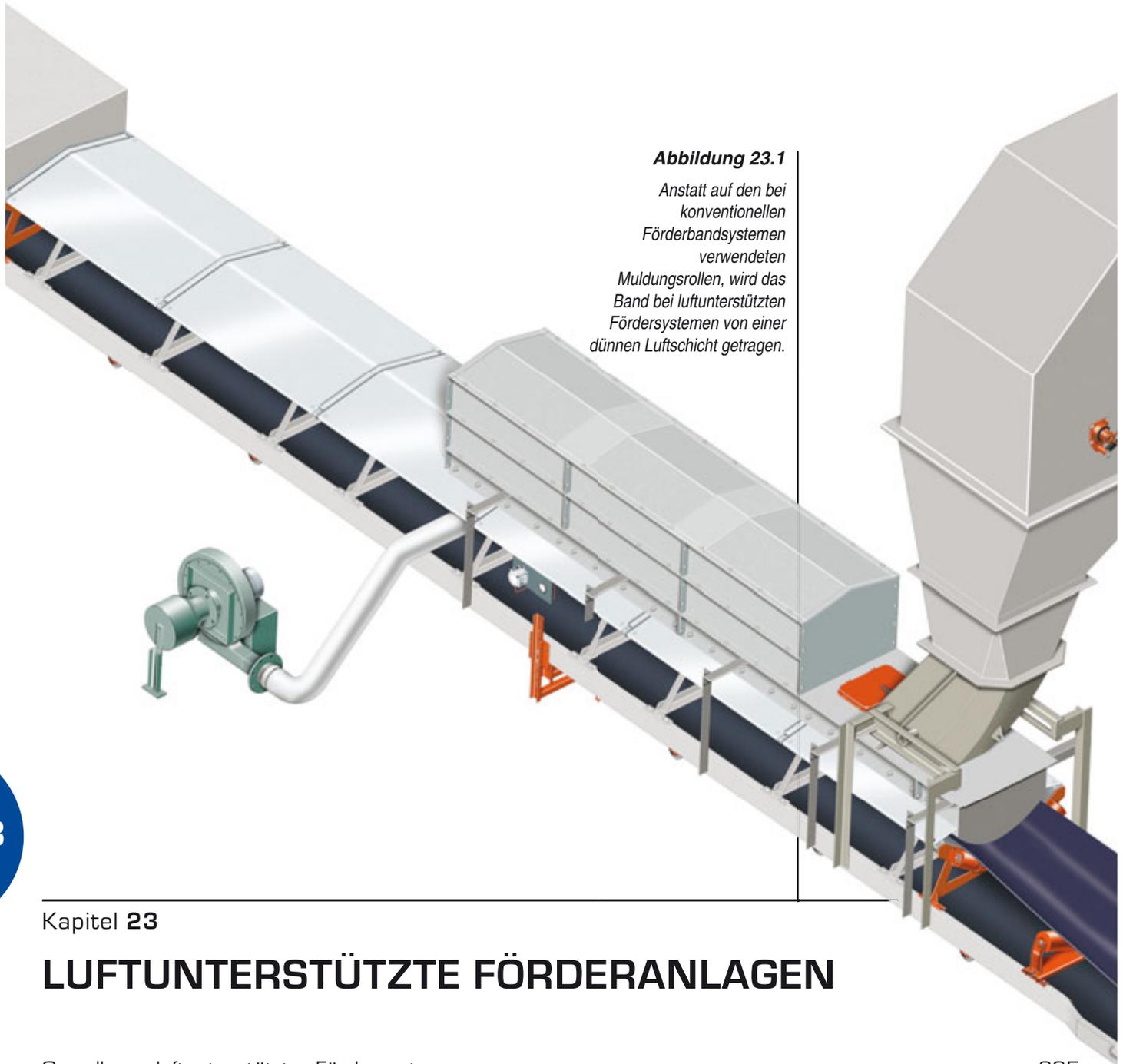


Abbildung 23.1
 Anstatt auf den bei konventionellen Förderbandsystemen verwendeten Muldungsrollen, wird das Band bei luftunterstützten Fördersystemen von einer dünnen Luftschicht getragen.

Kapitel 23

LUFTUNTERSTÜTZTE FÖRDERANLAGEN

Grundlagen luftunterstützter Fördersysteme	365
Systemkomponenten.....	366
Vorteile luftunterstützter Systeme.....	370
Anwendungen und Montage.....	372
Systemwartung	374
Sicherheitsrelevante Fragen.....	374
Typische Spezifikationen.....	374
Die richtige Förderanlage für die richtigen Aufgaben.....	375

In diesem Kapitel....

Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Grundprinzipien luftunterstützter Fördersysteme und auf Anwendungen, für die sie geeignet sind. Wir stellen die Vorteile und Nachteile ihrer Nutzung dar und bieten Informationen über die Größe des für verschiedene Förderanlagenlängen und -breiten erforderlichen Ventilators.

Die luftunterstützten Fördersysteme sind ein Beispiel für „führende“ Fördertechniken (**Abbildung 23.1**). Anstatt auf den bei konventionellen Förderbandsystemen verwendeten Muldungsrollen, wird das Band bei luftunterstützten Förderanlagen von einer dünnen Luftschicht getragen. Bei dieser Transportmethode für Schüttgüter entsteht weniger Reibung am Band, was zu einer deutlichen Reduzierung der Wartung und der Betriebskosten führt. Eine vollständig eingehauste, wetterfest ausgeführte luftunterstützte Förderanlage benötigt weniger tragende Elemente als eine konventionelle Förderanlage bei gleichzeitig minimierter Entmischung des Materials, minimiertem Materialverlust und Staubbildung (**Abbildung 23.2**). Während sie nicht für alle Anwendungen geeignet sind, bieten luftunterstützte Förderbänder eine ganze Reihe von Vorteilen, einschließlich eines ruhigen, gleichmäßigen Transports der Schüttgüter und die Reduktion von Staubentstehung. Luftunterstützte Fördersysteme müssen genauso wie konventionelle Förderanlagen von einem erfahrenen Konstrukteur konzipiert werden.

GRUNDLAGEN LUFTUNTERSTÜTZTER FÖRDERSYSTEME

Bei einer luftunterstützten Förderanlage wird Luft mit recht geringem Überdruck zur Anhebung und für den Transport des Bandes und dessen Beladung eingesetzt. Die Luft wird von einem Radialventilator geliefert und durch eine muldenförmige Blechwanne unterhalb des Förderbandes freigesetzt (**Abbildung 23.3**). Die vom Ventilator gelieferte Luft tritt aus einer Reihe von entlang der Förderanlage angeordneten Öffnungen in der Mitte der Blechwanne - zwischen der luftgefüllten Kammer (dem „Plenum“) und dem Band - aus, hebt das beladene Band an und trägt es (**Abbildung 23.4**). Die Kanten eines gemuldeten Bandes wirken als Druckregler und regulieren automatisch den zum Anheben der Last erforderlichen Druck. Durch den Luftfilm werden die meisten Tragrollenstationen auf der Tragseite der Förderanlage überflüssig; konventionelle Untergrurtrollen können jedoch für den Rücklauf des

Förderbandes verwendet werden. Werden keine Muldungsrollen benötigt, reduzieren sich auch die finanziellen Mittel, die für den Ersatz der rollenden Komponenten und den dazu erforderlichen Arbeitsaufwand erforderlich sind.

Das „Plenum“ befindet sich unterhalb des rund geformten Bleches, welches die Form für die Muldung des Bandes erzeugt. Die gängigsten und ökonomischsten Muldungswinkel sind 30° und 35° . Das „Plenum“ kann eine kasten- oder eine V-förmige Konstruktion sein, die auf den konventionellen Stahlträgern des Fördergerüsts aufsitzt (**Abbildung 23.5**). Diese „Plena“ können modular konzipiert sein, um die Montage zu vereinfachen (**Abbildung 23.6**).



Abbildung 23.2

Diese vollständig eingehauste, wetterfest konstruierte Förderanlage bietet die Minimierung der Materialentmischung, des Materialverlustes und der Staubbildung.



Abbildung 23.3

Bei einer luftunterstützten Förderanlage wird ein Luftstrom zum Anheben und als Abstützung des Bandes und des Förderguts verwendet.

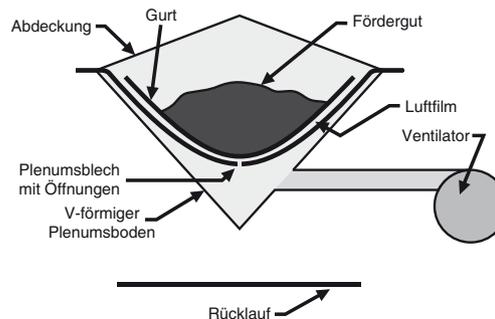


Abbildung 23.4

Die vom Ventilator gelieferte Luft tritt aus einer Reihe von entlang der Förderanlage angeordneten Bohrungen zwischen den Plenumsblechen und dem Band aus, hebt das beladene Band an und trägt es.

Abbildung 23.5

Das „Plenum“ kann eine kasten- oder eine V-förmige Konstruktion sein, die auf den konventionellen Stahlträgern des Förderers auf sitzt



Abbildung 23.6

Die „Plena“ einer luftunterstützten Förderanlage sollten modular konzipiert sein, um die Montage zu vereinfachen.



Abbildung 23.7

Bei den typischen luftunterstützten Förderanlagen von weniger als 180 m Länge reicht ein einzelner Radialventilator aus.



Abbildung 23.8

In einem Betrieb kann auch die Installation eines redundanten Ventilators vorgeschrieben sein, um die Betriebsfähigkeit bei Ausfall eines Ventilators sicherzustellen.



Der Luftverbrauch ist gering, weil bei einer luftunterstützten Förderanlage eine dünne Schicht Luft - etwa 1 bis 2 mm - zur Abstützung des Förderbandes verwendet wird. Der Verbrauch beträgt typischerweise 180 bis 270 l/min pro Meter Bandlänge. Der Film wird von einem Ventilator mit einem Luftdruck von 5 bis 7 kPa geliefert.

Die Geschwindigkeit und der Druck des Luftfilms ist ausreichend, dass sich zwischen dem Band und dem Plenumsblech kein Material ansammeln kann, aber auch gering genug, so dass kein zusätzlicher Staub aufgewirbelt wird.

SYSTEMKOMPONENTEN

„Plenum“

Das „Plenum“, durch das die Luft vom Ventilator strömt, kann aus Kunststoff, Aluminium, lackiertem, verzinktem oder rostfreiem Stahl bestehen, ist muldenförmig geformt und entsprechend dem bei der Anwendung verwendeten Förderband passend dimensioniert.

Das „Plenum“ muss glatt sein, ohne Unregelmäßigkeiten in Profil oder Oberfläche. Die Segmente der „Plena“ müssen bündig sein und an jeder Verbindungsstelle der modularen Einheiten abgedichtet werden. Der Aufbau muss verwindungssteif konzipiert werden, um auch bei variierenden Beladungszuständen und Klimabedingungen die Wirksamkeit der Abdichtung zwischen den Luftverteilerkästen zu gewährleisten.

Luftzufuhr

Die Luft für die Abstützung des Bandes wird von einem oder von mehreren Radialventilatoren geliefert (**Abbildung 23.7**). Bei Förderanlagen von weniger als 180 m Länge reicht ein einzelner Ventilator aus. Längere Förderstrecken benötigen dann weitere Ventilatoren. Die Ventilatoren können optional auch redundant ausgeführt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass die luftgestützte Förderanlage auch dann betrieben werden kann, wenn ein Ventilator ausfallen sollte (**Abbildung 23.8**).

Es ist wichtig, dass die Luftzufuhr für die Bandabstützung ausreichend bemessen ist, um den ganzen Bereich der Beladungsbedingungen für diese spezielle Förderanlage abdecken zu können. Die Anzahl der erforderlichen Ventilatoren hängt sowohl von der Länge der Förderanlage als auch von der Breite des Bandes ab. Bei langen Förderanlagen können auch mehre-

re Ventilatoren zur Aufrechterhaltung der benötigten Luftmenge und des statischen Drucks erforderlich sein. Das Luftvolumen ist minimal, da der zum Anheben des Bandes notwendige Luftfilm nur 1 bis 2 mm dick ist.

Die Größe des erforderlichen Radialventilators hängt von der Breite des Bandes und von der Länge der Förderanlage ab, wobei Größen von 2,5 bis 12 kW üblich sind (**Tabelle 23.1**). Direkt angetriebene Ventilatoren, wie angegeben, verbessern den Wirkungsgrad und reduzieren die Wartungsprobleme, die sich bei mechanischen Antriebskupplungen ergeben können. Bei Anwendungen in explosionsgefährdeten Bereichen, wie z. B. bei der Handhabung von Getreide oder Kohle, müssen Laufräder aus funkenfreiem Material und gekapselte Motoren vorgesehen werden.

Das Band wird durch die aus den entlang der Mitte des Plenumsbleches angeordneten Bohrungen ausströmende Luft angehoben (**Abbildung 23.9**). Die Größe und der Abstand der Bohrungen in dem Plenumsblech sind für die richtige Funktion entscheidend, weil sie den statischen Druck und den Volumenstrom an der Grenzfläche zwischen dem Band und dem „Plenum“ direkt beeinflussen.

Für beste Ergebnisse sollte die Luftquelle in der Mitte des Förderers angeordnet werden, mit gleichem Abstand zum Kopfende und dem hinteren Ende der Förderanlage. Bei zwei oder

mehreren Ventilatoren sollten sie in gleichen Abständen zueinander und zum Kopfende sowie zum hinteren Ende der Förderanlage installiert werden.

Der Ventilator wird von einem Druckschalter gesteuert, der normalerweise im Kopfbereich der Förderanlage nahe bei der Stromzuführung angebracht ist, um die Länge der Leitungen zu reduzieren und Installationskosten zu sparen. Der Ventilator ist mit der Förderanlage verriegelt, so dass er laufen muss, bevor der Antrieb anlaufen kann. Die Förderanlage wird so angefahren, dass der Ventilator zuerst startet und den benötigten Druck aufbauen kann, bevor der Antriebsmotor zugeschaltet wird. Wenn der Ventilator nicht anläuft oder wenn der Druck nicht aufgebaut wird, registriert der Druckschalter einen zu geringen Luftdruck und die Förderanlage läuft nicht an.

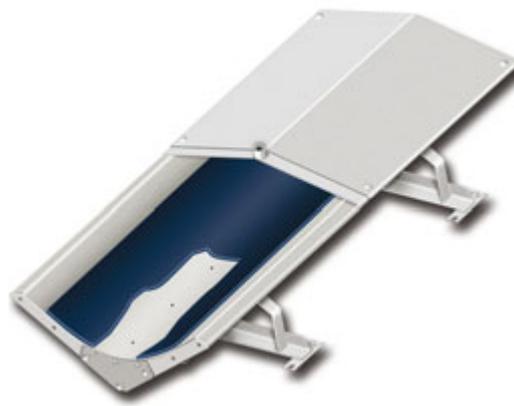


Abbildung 23.9

Das Band wird durch die aus den entlang der Mitte des „Plenums“ angeordneten Bohrungen ausströmende Luft angehoben. Die Größe und der Abstand der Bohrungen sind für die richtige Funktion entscheidend.

Typische Größen der bei luftunterstützten Förderanlagen verwendeten Ventilatoren				
Bandbreite	Länge der Förderanlage			
mm	Bis zu 45 m	45-90 m	90-140 m	140-185 m
500-650	Größe A	Größe B	Größe C	Größe D
650-800	Größe A	Größe B	Größe C	Größe D
800-1000	Größe A	Größe B	Größe C	Größe D
1000-1200	Größe A	Größe B	Größe C	Größe D
1200-1400	Größe A	Größe B	Größe C	Größe D
1400-1600	Größe A	Größe B	Größe C	Größe D
1600-1800	Größe B	Größe C	Größe D	Größe D
1800-2000	Größe B	Größe C	Größe D	Größe D
Ventilatorgröße	Ausgangsleistung	<i>Metrische Maße und Ventilatorgrößen sind Umrechnungen aus den amerikanischen Spezifikationen.</i>		
Größe A	2,5 kW	<i>Die Ventilatoren dienen nur zur Anhebung des Bandes und zur Reduzierung der Reibung. Die angegebene Leistung bezieht sich NICHT auf den Hauptantrieb der für die Bewegung des Bandes sorgt.</i>		
Größe B	6 kW			
Größe C	7,5 kW			
Größe D	12 kW			

Tabelle 23.1

Die vom Ventilator eingesaugte Luft sollte aus einer Frischluftquelle stammen und gefiltert werden, um Staubansammlungen im Ventilator und dem „Plenum“ zu vermindern. In einigen Fällen muss die Luft angeheizt werden, um Kondensation zu vermeiden, die ein Anhaften des Bandes an dem Plenumsblech verursachen, oder dazu führen kann, dass Feinanteile die Bohrungen im Plenumsblech verstopfen.

Konventioneller oder luftunterstützter Rücklauf

Der Untergurt einer luftunterstützten Förderanlage kann ebenfalls durch Luft abgestützt (**Abbildung 23.10**) oder sie kann mit konventionellen Tragrollen versehen werden (**Abbildung 23.11**).

Ohne Tragrollen im Untertrum einer luftunterstützten Förderanlage reduzieren sich wesentlich die Instandhaltungskosten. Bei diesem System können sogar die Laufstege entlang der Förderanlage wegfallen, da nur ein sehr geringer Wartungsaufwand erforderlich ist. Das gesamte System ist sauberer, weil eine luftunterstützte Rücklaufstrecke völlig eingeschlossen

und das Band nur am Kopfende sowie am hinteren Ende der Förderanlage ggf. offen ist.

Tragrollen gestützte Rücklaufstrecken sollten bei jenen Anwendungen bevorzugt werden, wo eine optimale Leistung der Gurtreiniger nicht gewährleistet ist, da sich lösendes Schüttgut die Funktion des luftunterstützten Rücklaufs beeinträchtigen kann. Tragrollen können an Konsolen unterhalb der Förderanlage abgehängt oder in der tragenden Konstruktion unter der luftunterstützten Ebene platziert werden. Bei einer typischen Rücklaufstrecke sind die Tragrollen in Abständen von max. 3 m montiert.

Die Einhausung der Rücklaufstrecke einer luftunterstützten Förderanlage wird nur empfohlen, wenn Verschmutzung ein wesentliches Problem darstellt. Eine eingehauste Rücklaufstrecke kann ebenso viel Energie verbrauchen wie die Tragseite. Die Kosten der Einhausung überwiegen oft jeden Nutzen. Außerdem tritt hier das Problem der Ansammlung von Staub und Feinanteilen innerhalb der eingehausten Rücklaufstrecke auf. Der Einbau und die Wartung eines guten Gurtreinigungssystems ist normalerweise die wirtschaftlichere Lösung. Wenn das Band nicht ausreichend biegesteif ist, neigt es bei einer luftunterstützten Rücklaufstrecke dazu, sich in der Mitte abzuheben wobei die Kanten das Blech berühren. Es ist manchmal schwierig, den für die Rücklaufstrecke und für den Obergurt erforderlichen Luftstrom und -druck mit nur einem Ventilator in geeigneter Form zu erzeugen und zu verteilen. Die Luftunterstützung des Untertrums führt auch zu höheren Herstellungskosten. Die Kosten eines wirksamen Gurtreinigungssystems und einer angemessenen Wartung sind normalerweise viel geringer als die zusätzlichen Kosten für eine Einhausung der Rücklaufstrecke.

Abbildung 23.10

Bei einem luftunterstützten Förderband kann auch der Untertrum mit Luftunterstützung ausgestattet werden.



Abbildung 23.11

Die Rücklaufstrecke einer luftunterstützten Förderanlage kann auch mit konventionellen Rücklaufrollen ausgestattet werden.



Der Aufbau luftunterstützter Fördersysteme

Verglichen mit konventionellen Förderanlagen in Stahlträger- oder Fachwerkausführung, können luftunterstützte Fördersysteme längere Abstände mit weniger Stützelementen überspannen, da die Blechkonstruktion der Plenumsbleche selbst eine gewisse bauliche Festigkeit aufweist (**Abbildung 23.12**). Dies bietet den Vorteil geringerer Investitionskosten für das Fördersystem.

Bei einer konventionellen Förderanlage braucht man zum Beispiel ungefähr alle 15 m eine Stütze. Wegen der Tragfestigkeit der Blechkonstruktion braucht man bei einer luftunterstützten Förderanlage weniger Stützen, was zu

einem geringeren Investitionsaufwand für Beton und Stahlbau führt. In einem Beispiel wurde ein luftunterstütztes Fördersystem in einem mit Holzabfällen beheizten Kraftwerk bei Emden an der deutschen Nordseeküste eingebaut. Mit einer Dreieck förmigen Fachwerkkonstruktion als Traggerüst überspannt diese luftunterstützte Förderanlage Abstände von etwa 50 m und überwindet die 167 m Gesamtlänge der Förderanlage mit lediglich zwei Zwischenstützen. Jede Anlage muss natürlich von Fachingenieuren geprüft werden, um die Anforderungen und Lasten für Fundamente und den Stahlbau zu bestimmen.

Konventionelle Komponenten

Bei den luftunterstützten Fördersystemen können normale Spannvorrichtungen, Antriebe, Beschickungs- und Abwurfschurren und Tragkonstruktionen verwendet werden. Dies ermöglicht den Umbau von vielen Standard-Förderanlagen oder deren Anschluss an luftunterstützte Systeme.

Obwohl bei einer luftunterstützten Förderanlage i.d.R. konventionelle Förderbänder verwendet werden, sollte das Band vulkanisiert, statt mit mechanischen Verbindungen zusammengefügt werden. Dies verhindert eine Beschädigung der Plenumsbleche und der Gurtverbindung durch Metall-auf-Metall Kontakt zwischen den Gurtverbindern und den Blechen. Mechanische Gurtverbinder können verwendet werden, solange die Verbindungen richtig eingelassen und mit Deckplatten des Gurtes überzogen worden ist.

Die Beladung einer luftunterstützten Förderanlage

Bei luftunterstützten Fördersystemen ist der durch die Einwirkung von äußeren Kräften hervorgerufene Gurtschieflauf besonders störend, z. B. durch außermittiger Beladung. Folglich ist richtige Platzierung der Ladung für den erfolgreichen Betrieb einer luftunterstützten Förderanlage entscheidend. Die Ladung muss richtig zentriert und mit so geringen Impulskräften wie möglich aufgegeben werden. Dafür ist möglicherweise ein „Spoon“ bei der Beladung erforderlich, um das Material mit der richtigen Geschwindigkeit und Richtung sanft auf das Band aufgeben zu können. Luftunterstützte Fördersysteme sind in vielerlei Hinsicht ideal für den Gebrauch mit individuell geplanten Schurren mit „Hoods-and-Spoons“ (**Abbildung 23.13**). (Siehe Kapitel 22: „Technisch ausgelegte Übergabeschurren“).

Um die Zufuhr des Materials zu einer luftunterstützten Förderanlage zu regulieren, werden in manchen Fällen Dosierbänder, Vibrationsförderer, Drosselklappen o.ä. mit einem zentrierenden „Spoon“ in der Aufgabeschurre verwendet. Diese Einrichtungen vergleichmäßigen die Materialmenge in die luftunterstützte Förderanlage und verhindern die einseitige Anhäufung von Material auf dem Band. Eine geregelte Materialzufuhr auf das Band verhindert die Über- oder Unterbelastung, die einen ordnungsgemäßen, störungsfreien Betriebsablauf erschweren würde.

Der Betrieb der luftunterstützten Förderanlage im unbeladenen Zustand sollte aus wirtschaftlichen Gründen soweit möglich vermieden werden. Wenn keine Ladung auf dem Band aufliegt, vergrößert sich der Luftspalt unter dem Band, wodurch mehr Luft verbraucht wird, der Druck fällt entsprechend ab. Der Ventilator verbraucht in diesem Betriebszustand mehr Energie als bei beladenem Förderer.

Luftunterstützte Fördersysteme sollten keinen größeren Aufprallenergien bei der Materialbeladung ausgesetzt werden als die von der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) in CEMA-Standard 575-2000 (*Bewertungssystem für Aufpralltische*) für leichte



Abbildung 23.12

Mit einer dreieckförmigen Fachwerkkonstruktion als Traggerüst, benötigt diese luftunterstützte Förderanlage lediglich zwei Zwischenstützen zur Überwindung der 167 m Gesamtlänge, also mit wesentlich weniger Zwischenstützen, als für eine konventionelle Förderanlage üblicherweise notwendig wären.



Abbildung 23.13

Die richtige Beladung ist für den erfolgreichen Betrieb einer luftunterstützten Förderanlage entscheidend. Deshalb sind individuell konzipierte Übergaben mit „Hood-and-Spoon“ für luftunterstützte Förderanlagen ideal.

(„light“) Anwendungsbelastungen angegebenen Impulskraft. Eine Lösung für hohe Impulskräfte bei der Beladung ist die Verwendung konventioneller Komponenten am Übergabepunkt (z. B. Aufpralldämpfungstische und Pufferrollen). Außerhalb der Ladezone verwendet man das luftunterstützte System für die restliche Länge der Förderanlage. Um die Verwendung von Zubehör, wie z. B. von Waagen zu ermöglichen, können in luftunterstützte Fördersysteme ganz einfach Abschnitte in konventioneller Bauart eingefügt werden. Bei diesen Hybridsystemen ist jedoch die richtige Zentrierung der Ladung im luftunterstützten Teil immer noch wichtig.

VORTEILE LUFTUNTERSTÜTZTER SYSTEME

Die Vorteile eines konstanten Transportverlaufs

Konventionelle Gurtunterstützungssysteme in Beschickungsbereichen bestehen aus normalen Tragrollen oder Pufferrollen, die so eng wie möglich nebeneinander angeordnet sind. Aber selbst bei den besten Anordnungen führen die Muldungenrollen zu keinem perfekten Verlauf der Förderstrecke. Band und Material folgen einem Verlauf ähnlich dem einer Achterbahn (**Abbildung 23.14**). Beim Lauf über die Rollen bewegt sich das Band auf und ab. Das bringt das Material in Bewegung, einige Partikel fliegen in die Luft, das Material entmischt sich nach Größe der Partikel oder ein Teil des Materials wird zur Bandaußenseite verschoben, wo es vom Band herabfallen kann.

Selbst wenn die Rollen nur beispielsweise 225 mm weit voneinander positioniert werden, kann das Band immer noch zwischen

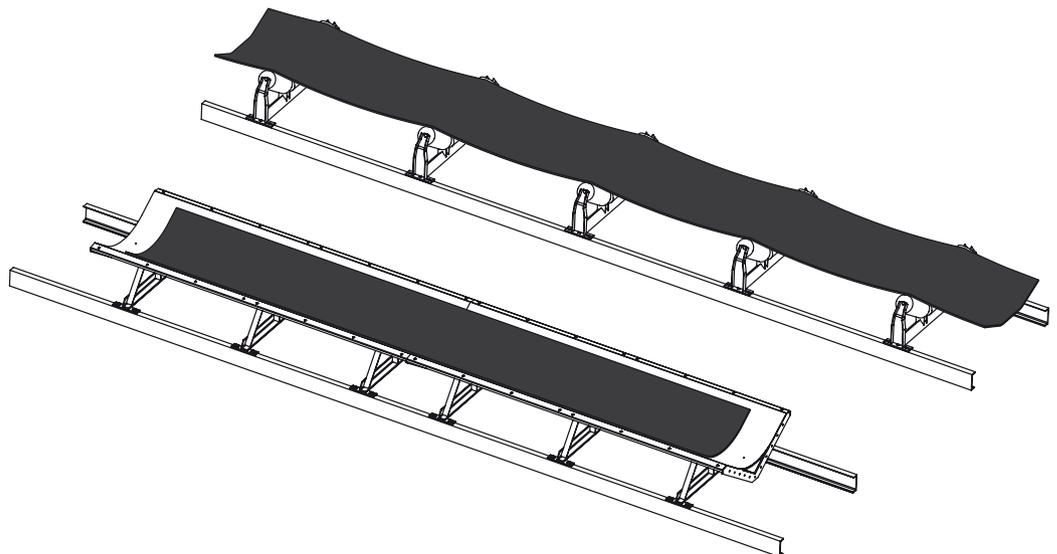
den Rollen durchhängen, wodurch Staub und Schüttgut vom Band entweichen können. Außerdem entstehen durch diesen Durchhang Einschlussstellen zwischen dem Band und den senkrechten Stahlteilen der Schurrenwände oder Verschleißauskleidungen. In diesen Quetschstellen kann sich Material verfangen, das dann die Bandoberfläche verschleißt. Oft wird das Abdichtsystem für den Gurtschaden verantwortlich gemacht, obwohl es sich tatsächlich um einen Materialeinschluss handelt, der diese Abrasion verursacht hat.

Da bei luftunterstützten Fördersystemen ein „Plenum“ anstatt Rollen zur Ausbildung des Förderstreckenverlaufs eingesetzt wird, bieten diese Systeme eine ebene, durchgehende Oberfläche und einen ebenen Verlauf der Förderstrecke, der in Kombination mit einer mittigen Beladung seitliche Schurrenwände und Abdichtsysteme möglicherweise überflüssig machen kann. Eine stabile Gurtabstützung und die Beseitigung von seitlichen Schurrenwänden verhindern Einschlussstellen, in denen sich Material verkeilen oder verklemmen kann.

Auf Förderanlagen mit einer steilen Steigung kann die Bandbewegung über die Rollen hinweg das Material so stören, dass Materialpartikel und -brocken auf der Förderanlage hinunterrollen, während das Band die Steigung hochläuft. Bei dem stabilen Verlauf einer luftunterstützten Förderanlage tritt eine derartige Störung der Ladung nicht so schnell auf. Durch diesen glatten und gleichmäßigen Verlauf können luftunterstützte Fördersysteme bei steileren Neigungswinkeln eingesetzt werden als dies bei konventionellen Gurtförderern möglich wäre. Dieser Vorteil ist für jene Betriebe interessant, die Schüttgüter transportieren, die zum Zurück-

Abbildung 23.14

Die Rollen einer konventionellen Förderanlage bieten keinen perfekten Verlauf der Förderstrecke, so dass das Material achterbahnartig transportiert wird. Bei einer luftunterstützten Förderanlage sorgt ein gemuldetes „Plenum“ für einen geradelinigen, stabilen Transportverlauf des Bandes und der Ladung.



rollen neigen. Typischerweise kann die Neigung um ca. drei Grad erhöht werden. Durch diese Zunahme des Neigungswinkels vermindert sich die Gesamtlänge der Förderanlage, wodurch im Vergleich mit einem konventionellen Gurtförderer die Kosten für die fertig installierte Anlage reduziert werden.

Keine Staubemission

Staub entsteht wenn eine Relativbewegung zwischen dem Materialstrom und der Luft entsteht. Diese kann aus der Fallgeschwindigkeit des Materials, von mechanischen Geräten oder von anderen äußeren Einflüssen erzeugt werden. Größere Relativgeschwindigkeiten können

Vor- und Nachteile von luftunterstützten Förderbändern

Vorteile	
<p>A. Effektive Entstaubung: Wird das luftunterstützte System vom Beladungsbereich bis hin zur Kopfschurre verwendet, kann eine vollständige Staubkapselung erreicht werden.</p> <p>B. Verbesserte Gurtführung: Luftunterstützte Fördersysteme haben eine selbstzentrierende Wirkung.</p> <p>C. Stabile Förderstrecke: Durch die entlang einer konventionellen Bandanlage eingebauten Muldungsrollen bilden sich im Verlauf der Förderstrecke Hügel und Täler, wo die Ladung in Bewegung gerät und sich entmischt; die Feianteile befinden sich letztlich unten und die größeren Stücke oben. Die luftunterstützte Förderanlage bietet einen konstanten Transportverlauf für die Ladung, mit weniger Materialverlusten, weniger Entmischungserscheinungen und einer geringeren qualitativen Verschlechterung des Materials.</p> <p>D. Niedrigere Betriebskosten: Bei waagerechter Anordnung können luftunterstützte Fördersysteme bis zu 30 Prozent weniger Energie verbrauchen; bei geneigten Förderanlagen beträgt die Energieeinsparung bis zu 5 Prozent.</p> <p>E. Reduzierte Wartungskosten: Auf der Tragseite gibt es keine Rollen, so dass kein Ersetzen und keine Schmierung der Rollen erforderlich ist.</p> <p>F. Ggf. keine Seitendichtungen: Im Beladungsbereich ist ggf. keine Seitendichtung erforderlich, da die Wandung der Schurre/die Verschleißauskleidung eine Barriere bildet, die das zu ladende Material eingrenzt.</p>	<p>G. Nachrüstbarkeit: Neue Konzeptionen ermöglichen den Einbau von luftunterstützten Fördersystemen auf die bestehenden Aufbau- und Trägersysteme konventioneller Förderanlagen. Luftunterstützte und konventionelle Rollensegmente können in einer einzelnen Förderanlage kombiniert werden, um die Nutzung von Ladezonen, Zentrierrollensätzen, Bandwaagen oder anderer Bauteile zu ermöglichen.</p> <p>H. Verbesserter Zustand des Produkts: Ein luftunterstütztes Band geht mit der Ladung sanft um. Es gibt keine holprige „Achterbahnfahrt“ über die Rollen hinweg, so dass auch keine Entmischung des Materials auftritt, keine Produktverschlechterung und keine Materialzerkleinerung. Es gibt auch keine Verschmutzung des transportierten Materials, weil die Förderanlage vollständig eingehaust ist.</p> <p>I. Größere Neigungen möglich: Da die Ladung bei luftunterstützten Fördersystemen in sich nicht bewegt wird, sind je nach den Eigenschaften des Schüttgutes steilere Neigungen möglich.</p> <p>J. Einsparungen bei den Laufstegen: Durch die Beseitigung von Muldungsrollen und der damit einhergehenden Notwendigkeit routinemäßiger Schmierung und Wartung, können bei luftunterstützten Fördersystemen die Laufstege ggf. weggelassen werden.</p> <p>K. Verbesserte Sicherheit: Bei dem System gibt es weniger bewegliche Teile, die für die Mitarbeiter ein Risiko darstellen.</p>
Nachteile	
<p>A. Hochwertige Gurtreinigungssysteme erforderlich: Luftunterstützte Fördersysteme brauchen effiziente Gurtreinigungssysteme zur sicheren Entfernung des anhaftenden Materials. Materialablagerungen können ggf. die Luftzufuhrbohrungen verstopfen.</p> <p>B. Beeinträchtigung der Bandzentrierung durch Materialanhäufung: Wenn sich entweichendes Material auf Systemkomponenten ansammelt, kann die Gurtführung beeinträchtigt werden.</p> <p>C. Zentrierte Beladung erforderlich: Die luftunterstützte Förderanlage muss mittig beladen werden, sonst tritt Gurtschieflauf auf. Innerhalb des luftunterstützten Systems können keine Gurtführungseinrichtungen installiert werden.</p> <p>D. Konstanter Materialfluss erforderlich: Schwallerscheinungen müssen vermieden werden, da das System völlig eingehaust ist und Stauungen und Systemabschaltungen generiert werden könnten.</p>	<p>E. Begrenzung der Aufprallenergie bei der Beladung: In der Ladezone muss die Aufprallenergie minimiert werden, da sonst Funktionsstörungen auftreten können.</p> <p>F. Höhere Anfangsinvestition: Die Anfangskosten sind höher als für ein konventionelles Fördersystem.</p> <p>G. Verminderte Zugangsmöglichkeiten für die Überwachung: Die Förderanlage ist völlig eingehaust, so dass Kontrollen der Ladung oder im Inneren des Systems problematisch sind.</p> <p>H. Ungeeignet für hohe Belastungen: Das System ist für hohe Belastungen möglicherweise nicht geeignet.</p> <p>I. Verminderter Spielraum für Fehler in der Gestaltung oder Montage: Ein erfolgreicher Betrieb hängt vom Verlauf der Förderstrecke und von der sorgfältigen Montage der Segmente ab.</p>

größere Staubmengen mit sich reißen. Eine gut gestaltete und richtig installierte luftunterstützte Förderanlage ist ein völlig eingehaustes Transportsystem, bei dem der entstehende Staub nicht in die Umgebung freigesetzt werden kann (**Abbildung 23.15**). Luftunterstützte Fördersysteme benötigen im Allgemeinen ein kleineres Staubabscheidungssystem, wie z. B. einen Aufbaufilter, als vergleichbare konventionelle Förderanlagen und Übergabepunkte (**Abbildung 23.16**).

Haubenartige Abdeckungen über der gemuldeten Seite von konventionellen Förderbändern verhindern zum einen nicht, dass der Wind Material vom Band herunterweht, zum anderen wird sich aber in vielen Fällen die

Windgeschwindigkeit an der Rücklaufseite der Förderanlage erhöhen. Ein richtig gestaltetes luftunterstütztes System ist auf seiner Tragseite völlig eingehaust. Folglich gibt es keine äußeren Einflüsse, die das Material aufwirbeln oder vom Band herunterwehen können.

Da die Länge des umschlossenen Bereiches bei luftunterstützten Fördersystemen verlängert ist, hat der in der Luft schwebende Staub mehr Zeit um sich abzusetzen und zu dem auf dem Band aufliegenden Materialbett zurückzukehren. Deshalb sind luftunterstützte Fördersysteme gut für den Transport von feuer- oder explosionsgefährlichen Materialien wie z. B. Kohlenstaub oder Getreide geeignet.

Zur optimalen Staubkontrolle sind die luftunterstützten Fördersysteme in manchen Betrieben vollständig eingehaust, sowohl auf dem Obertrum als auch auf dem Untertrum des Bandes und ebenso an der Spannstation (**Abbildung 23.17**). Die vollständige Einhausung der Tragseite der Förderanlage verbessert die Leistung von Staubabscheidungssystemen, weil dadurch die offenen Bereiche (ggf. an der Schurren-Unter-, bzw. Rückseite) auf ein Minimum reduziert werden und die Außenluft nicht direkt in den Filter eingesaugt wird.

Abbildung 23.15

Ein gut gestaltetes und richtig installiertes luftunterstütztes Förderband ist auf der Tragseite vollständig eingehaust, um Staubemissionen zu begrenzen.



Abbildung 23.16

Um ein Entweichen von Schwebestäuben zu verhindern, kann bei einer luftunterstützten Förderanlage ein Aufsatzfiltersystem verwendet werden.



Abbildung 23.17

Zur vollständigen Einhausung ist die Spannstation bei diesem luftunterstützten Förderband in einer Zementfabrik ebenfalls komplett eingehaust.



ANWENDUNGEN UND MONTAGE

Ideale Anwendungen für luftunterstützte Fördersysteme

Eine Anwendung, bei der sich ein luftunterstütztes Fördersystem am schnellsten bezahlt macht, ist der Transport von leichtem Material, das eben leicht durch die Luftströmung mitgerissen wird. Zu diesen Materialien gehören z. B. gemahlener Zement, Kohlenstaub, Holzschnitzel, Rinde für Heizzwecke und Getreide.

Das luftunterstützte System ist noch vorteilhafter, wenn der Kontakt zum Material selbst ein Sicherheits- oder Gesundheitsrisiko oder wo das Schüttgut oder der Staub eine Umweltgefahr darstellt. Luftunterstützte Fördersysteme sind wegen ihrer vollständig abgeschlossenen Bauart gut für den Transport von feuer- oder explosionsgefährlichen, staubigen Materialien wie z. B. Kohlenstaub oder Getreide geeignet.

Anwendungen, für die luftunterstützte Fördersysteme nicht geeignet sind

Ein einfacher Wechsel von einer Standardförderanlage zu einem luftunterstützten Fördersys-

tem wird bereits bestehende Probleme nicht beseitigen. Obwohl luftunterstützte Fördersysteme in einer großen Vielzahl von Industriebereichen erfolgreich eingebaut worden sind und genutzt werden, gibt es bestimmte Anwendungen, wo diese Konstruktionen nicht zu empfehlen sind:

- A. Bei hohen Aufprallenergie bei der Beladung
Verhältnisse, bei denen in der Ladezone hohe Aufprallenergien auftreten, sind für den luftunterstützten Transport nicht geeignet.
- B. Bei Verstopfungsanfälligkeit
Anwendungen, bei denen das Material oder die Gestaltung der Schurre zum Verstopfen neigt, sind für luftunterstützte Fördersysteme nicht geeignet.
- C. Bei bereits vorhandener Überlast
Wenn bei einem konventionellen System die Unterbrechung der Stromversorgung des Antriebes wegen Überlastung ausgelöst wurde, so wird dies wahrscheinlich bei einer Überlastung des luftunterstützten Systems genauso geschehen.
- D. Bei erheblichen Vertikalkräften durch das Schüttgut
Anwendungen, bei denen erhebliche Vertikalkräften durch das Schüttgut erzeugt wird, wie z. B. unter einem Aufgabebehälter oder einer vollständig beladenen Schurre („Abzugsbänder“), sind für den luftunterstützten Transport nicht geeignet.
- E. Bei hoher Belastung an der Beladestelle
Luftunterstützte Fördersysteme können üblicherweise bis zu 975 kg/m^2 anheben. Wenn die Bandbelastung an der Beladestelle diesen Wert übersteigt, ist eine konventionelle Förderanlage mit Rollen möglicherweise für die Anwendung geeigneter.
- F. Bei großen Brocken
Material, das gelegentlich Brocken größer als 125 mm enthält, sollte auch eine wesentliche Menge an Feinteilen enthalten, damit es mit Luftunterstützung transportiert werden kann.
- G. Bei mangelhafter Wartung oder klebrigen Materialien
Der Innenraum des „Plenums“ und die Bohrungen in dem Plenumsblech können bei luftunterstütztem Rücklauf verstopfen, wenn die Gurtreiniger und Ansaugfilter vor dem Ventilator nicht gewartet werden oder

wenn klebrige Materialien transportiert werden.

H. Bei engen Kurven

Anlagen mit engen horizontalen Kurven oder konvexen Vertikalkurven sind generell nicht für luftunterstützte Fördersysteme geeignet. Konvexe Kurven sind bei Verwendung von konventionellen Rollen in den gekrümmten Abschnitten möglich. Konkave Kurven hingegen können realisiert werden.

Montage einer luftunterstützten Förderanlage

Gleichgültig ob es sich bei der luftunterstützten Förderanlage um einen Neubau oder eine Nachrüstung handelt, ist für die Montage die Beachtung einiger Punkte und ein hohes Maß an handwerklichem Können erforderlich, um nachher einen effizienten Betrieb gewährleisten zu können. Möglicherweise sind für die Montage der Plenum-Segmente schwere Hebezeuge erforderlich, oder man benötigt Kräne, um die Abschnitte hochzuheben und in Position zu halten. Die Plenum-Segmente müssen sorgfältig zu einander ausgerichtet werden und die Luftdurchführung muss an den Flanschen gut abgedichtet werden, um den Austritt von Luft zu verhindern. Die Oberfläche der Plenumsbleche muss eine gerade Linie bilden, damit kein hochstehender Versatz entsteht und die Deckplatte des Förderbandes nicht beschädigen kann.

Nachrüstung gegen Neubau

Dank ihres modularen Aufbaus sind luftunterstützte Fördersysteme für Nachrüstungen geeignet. Da ihre Gestaltung den Profilvergaben der CEMA bzw. der International Organization for Standardization (ISO) [Internationale Organisation für Normung] entspricht, können die luftunterstützten Abschnitte leicht in vorhandene Förderanlagen integriert werden (**Abbildung 23.18**). Es ist möglich, die Blechkonstruktion der „Plena“ auf vorhandenen



Abbildung 23.18

Da ihre Gestaltung den Profilvergaben der CEMA bzw. der ISO entspricht, können die luftunterstützten Abschnitte leicht in vorhandene Förderanlagen integriert werden.

Trägersystemen zu installieren. Damit können die luftunterstützten Fördersysteme für die verbessernde Nachrüstung eines bestehenden Systems verwendet werden. Die Kompatibilität der luftunterstützten Fördersysteme gemäß den CEMA- oder ISO-Normen ermöglicht die abschnittsweise Aufrüstung bestehender Fördersysteme. Durch einen abschnittweisen Einbau kann man eine vorhandene Förderanlage in ein luftunterstütztes System umrüsten, ohne die ganze Förderanlage abstellen zu müssen. Der Ventilator ist für die gesamte, fertig installierte Anlage dimensioniert und der Luftstrom wird entsprechend der Anzahl der bereits installierten Abschnitte mit einer Drosselklappe eingestellt.

Bei Neubauprojekten können die Plenum-Segmente in die Tragkonstruktion der Förderanlage integriert werden.

SYSTEMWARTUNG

Durch die vollständige (oder fast vollständige) Beseitigung der Rollen bei einer luftunterstützten Förderanlage werden sowohl die Kosten für Ersatzrollen als auch die Kosten für den Arbeitsaufwand zur Wartung des Systems wesentlich vermindert.

Eine eventuell weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Ausgaben für Wartung und Ersatzteile ist die Beseitigung der Seitenabdichtung. Mit ihrer stabil verlaufenden Förderstrecke ermöglichen luftunterstützte Fördersysteme die

Platzierung von Verschleißauskleidungen ganz nahe am Band. Dadurch kann die Notwendigkeit von Seitendichtungen wegfallen oder zumindest die Länge des erforderlichen Systems kann reduziert werden.

Um Verschmutzungen durch Material zu vermeiden, dass sich vom Untergurt löst, muss das Gurtreinigungssystem optimal funktionieren. Noch wichtiger ist eine effektive Bandreinigung bei einem System mit luftunterstütztem Untergurt, damit sich auf den Blechen keine Materialreste aufbauen können oder die Luftbohrungen verstopft werden.

Sind die Luftbohrungen verstopft, können sie durch Ausblasen mit Pressluft gereinigt werden oder schlimmstenfalls auch durch Nachbohren. Während der Gurt aufliegt können in Extremfällen in die Plenumsbleche neue Löcher gebohrt werden, indem man durch das Band in das „Plenum“ hineinbohrt und anschließend die Bohrungen im Band mit Elastomerstreifen verschleißt.

Für die Sicherstellung der einwandfreien Leistung des Ventilators ist eine regelmäßige Wartung des Ansaugfilters erforderlich.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Gestaltung

Das System zur Handhabung der Schüttgüter enthält ein luftunterstütztes Fördersystem. Dieses luftunterstützte Förderband ist von einem erfahrenen Planer zu gestalten



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Da nicht nur die Wartung bei jeder Tragrolle eines konventionellen Fördersystems von Bedeutung ist, sondern auch ein Sicherheitsrisiko darstellt, sind luftunterstützte Fördersysteme von Haus aus sicherer, da sie weniger bewegliche Teile enthalten. Die eingehauste Förderanlage stellt auch für die Mitarbeiter ein geringeres Risiko dar, weil es weniger Möglichkeiten gibt, von dem laufenden Band erfasst zu werden oder sich an den rollenden Komponenten zu verfangen.

Es gibt jedoch immer noch Quetschstellen, die abgesichert werden müssen. Bei luftunterstützten Fördersystemen sind ordnungsgemäße Sicherungsmaßnahmen wie Abspernung

mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchzuführen.

Luftunterstützte Fördersysteme sind weniger geräuschvoll als konventionelle Förderanlagen, weil sie über weniger rollende Komponenten (Rollen und Lager) verfügen, die Lärm erzeugen, wenn das Band über sie hinwegläuft. Mit 75 bis 85 Dezibel ist der Ventilator der lauteste Teil des Systems; die luftunterstützte Förderanlage arbeitet bei sehr ruhigen 60 Dezibel.

und gemäß den CEMA- oder ISO-Normen zu bauen.

B. Luftunterstützung

Zur Abstützung des Bandes und dessen Beladung wird bei dieser Förderanlage ein Luftfilm oder Luftstrom eingesetzt, der aus einem unterhalb des Förderbandes positionierten muldenförmigen „Plenum“ austritt, ohne dass auf der Tragseite Rollen erforderlich wären. Die Luft wird von einem Radialventilator geliefert.

C. Gurtrollen

An den Übergängen und am Rücklauf des Bandes werden konventionelle Rollen eingesetzt.

D. „Plena“

Bei der luftunterstützten Förderanlage wird für die Luftversorgung entlang der Förderanlage ein „V“-förmiges „Plenum“ verwendet. Die Plenumsbleche mulden das Band in einem Winkel von 30° oder 35°, ohne den Verlauf der Förderstrecke zu verändern.

E. Umrüstungen

Die bauliche Integrität der „Plena“ ermöglicht die Umrüstung vorhandener Förderer, meistens ohne dass dazu eine Änderung/Umkonstruktion/Verstärkung des vorhandenen Förderers erforderlich wird.

F. Eingehauste Tragseite

Aus verzinktem unlegiertem Stahl oder Edelstahl gebaut, ist diese luftunterstützte Baugruppe auf der Tragseite des Bandes vollständig eingehaust, um die Freisetzung von entweichendem Material zu verhindern. Für eine vereinfachte Montage ist die Anordnung modular zu gestalten.

G. Ladezone

Um das Material mit minimaler Aufprallenergie mittig auf die Förderanlage aufzubringen, ist die Ladezone des luftunterstützten Förderbandes mit einem individuell geplanten Schurrensystem zu versehen. Die richtige Beladung des Materials ermöglicht die Beladung, ggf. ohne dass eine Seitendichtung erforderlich wird.

H. Bandreinigung

Die luftunterstützte Förderanlage ist mit einem geeigneten, aus mehreren Elementen bestehenden Gurtreinigungssystem zu verse-

hen. Dieses System besteht mindestens aus einem an der Kopftrommel unterhalb der Abwurfparabel des Materials installierten Primärabstreifer in Urethanausführung und aus einem oder mehreren Sekundärabstreifern mit Reinigungselementen aus Wolframkarbid. Das Reinigungssystem beinhaltet auch einen V-förmigen Pflugabstreifer mit Gummi-Lippe zum Schutz der Kehrtrommel. Soweit aufgrund der Materialkenngrößen und nach den Einsatzbedingungen erforderlich, sind zusätzliche und/oder Spezialabstreifer einzubauen, um eine wirksame Reinigung zu gewährleisten.

I. Herstellung/Montage

Um eine gleichförmigen Abstützung des Bandes zu gewährleisten, sind die Blechkonstruktionen der „Plena“ der luftunterstützten Förderanlage unter Einhaltung enger Toleranzen zu fertigen und die Abschnitte sind bei der Montage sorgfältig auszurichten.

DIE RICHTIGE FÖRDERANLAGE FÜR DIE RICHTIGEN AUFGABEN

Und zum Abschluss...

Während sie nicht für alle Verhältnisse geeignet sind, bieten luftunterstützte Förderbänder gegenüber konventionellen Förderanlagen wesentliche Vorteile, einschließlich einer besseren Kontrolle von Staub und Materialverlusten. Der Schlüssel für den erfolgreichen Betrieb eines luftunterstützten Fördersystems ist die geeignete Gestaltung der Materialbeladung und richtige Gestaltung des Luftsystems. Durch die Beseitigung von Problemen wie z. B. hoher Aufprallenergien oder außermittiger Beladungen mittels Einbau von zentrierenden „Spoons“, kann sich ein Betrieb der Vorteile eines sauberen, effizienten luftunterstützten Transports bei geringem Wartungsaufwand erfreuen. Luftunterstützte Förderbänder sind besonders effektiv, wenn sie in Verbindung mit individuell geplanten Beschickungsschurren kombiniert werden.

Vorausblick...

In diesem Kapitel über luftunterstützte Fördersysteme, dem dritten Kapitel im Abschnitt über führende Konzepte, wird erläutert, wie diese zu einer verbesserten Kontrolle von Staub und Materialverlusten beitragen können. Mit dem folgenden Kapitel über Gurtwaschsysteme wird dieser Abschnitt fortgesetzt.

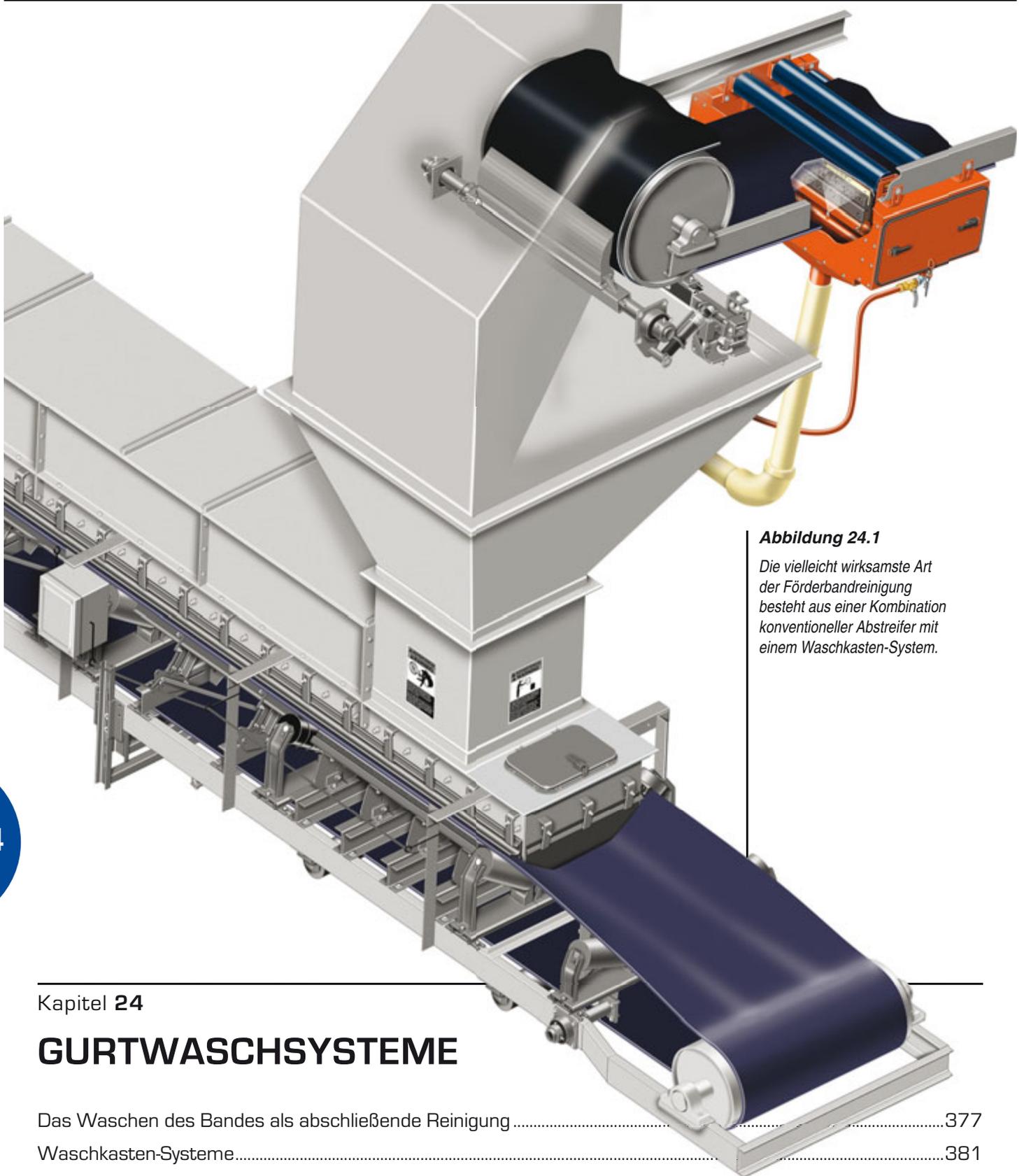


Abbildung 24.1

Die vielleicht wirksamste Art der Förderbandreinigung besteht aus einer Kombination konventioneller Abstreifer mit einem Waschkasten-System.

Kapitel 24

GURTWASCHSYSTEME

Das Waschen des Bandes als abschließende Reinigung	377
Waschkasten-Systeme.....	381
Typische Spezifikationen.....	390
Weiterführende Themen.....	391
Über die Gestaltung von Gurtwaschsystemen.....	394
Sicherheitsrelevante Fragen.....	395

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel besprechen wir die Prinzipien von Waschkasten-Systemen, diskutieren die Spezifikation und Gestaltung verschiedener Waschsysteme und betrachten die Möglichkeiten der Wasseraufbereitung, Gurtrocknung und des Recyclings von Wasser und Feststoffen.

Die vielleicht wirksamste Art zur Reinigung eines Förderbandes ist eine Kombination konventioneller Abstreifer mit einem Waschkasten-System (**Abbildung 24.1**).

Gurtwaschsysteme sind eine bewährte Methode zur Entfernung von Rückständen an Förderbändern in Anwendungen, wo Umweltfragen, Vorschriften oder andere Sachverhalte einen hohen Wirkungsgrad bei der Reinigung erfordern. Das typische Gurtwaschsystem (oder Waschkasten) enthält eine Reihe Sprühlanzen oder -Düsen, die sich über die Transportbreite des Bandes erstrecken, gefolgt von Bandreinigungsgeräten in Form von Schabern oder rotierenden Bürsten. Daran kann ein Bandtrocknersystem angeschlossen werden, das als Anpressrollen, Abstreifblätter oder Druckluftdüsen realisiert werden kann. Außerdem muss das System mit der Möglichkeit zur Abwasserbehandlung versehen sein. Aus diesem Abwasser müssen das Wasser und die abgereinigten Feststoffe getrennt und separat aufbereitet und/oder entsorgt werden. Zu dem System gehört ebenso ein Gehäuse, Dichtungen gegen übermäßiges Austreten des Wassers, Regelungseinrichtungen und Zugangsmöglichkeiten für Kontrollen und Wartung (**Abbildung 24.2**).

DAS WASCHEN DES BANDES ALS ABSCHLIESSENDE REINIGUNG

Wasser im Bandreinigungsprozess

Im Bandreinigungsprozess ist Wasser auf vielfache Art hilfreich. (Siehe Kapitel 14: „Bandreinigung“). Der Zusatz von Wasser im Bandreinigungsprozess hat zwar auch Nachteile, die jedoch mit guten Gurtwaschsystemen neutralisiert werden können. Bei sachgemäßer Gestaltung kann ein Gurtwaschsystem die durch das Fördersystem zurücktransportierte Materialanhaftungen sehr wirksam reduzieren.

Die Hauptproblematik besteht in der Verwendung von Wasser, das in Industriebetrieben häufig nur begrenzt verfügbar ist. In vielen Anlagen gibt es strenge Grenzen für den Wasser-

verbrauch oder für die Wassermenge, die dem Material hinzugefügt werden darf.

Bei anderen Betrieben bestehen zwingende Vorschriften über die Weiterbehandlung und den Verbleib des ablaufenden Abflusswassers (Feststoff/Wasser - Mischung). In diesen Fällen ist die Wiederverwertung des Wassers ein gangbarer Weg. In manchen Betrieben gibt es Klärteiche oder Absetzbecken, in denen sich die Feianteile im Wasser absetzen können, damit man das Wasser wieder verwenden kann. Andere sammeln das Wasser/Feststoff - Gemisch für die Entsorgung. Das Abflusswasser durchläuft dann ein Wasser-Recyclingsystem (oder einen Feststoffseparator) zur Entfernung der Feststoffe und zur Rückführung des Wassers in das System zur Weiterverwendung. Die Feststoffe können dann in den Schüttgutstrom zurückgeführt werden.

Ein zweiter Nachteil des Wasserzusatzes beim Reinigungsprozess besteht darin, dass das Wasser selbst an nachgelagerten Stellen auf der Förderanlage zu Problemen führen kann. Wasser lässt die Lager, Rollen und anderes, für den Betrieb der Förderanlage wichtiges Gerät vorzeitig altern. Sogar kleine Restwassermengen auf dem Band können Probleme verursachen. Zur Verringerung dieser Probleme sind Methoden zur Bandtrocknung entwickelt worden, die das Wasser örtlich im Bereich des Waschsystems eingrenzen und ihm den Weg zurück in das Fördersystem oder in die Anlage verwehren.

In vielen Anlagen oder Betrieben ist man sehr zögerlich, an irgendeiner Stelle des Materialtransportsystems Wasser zuzusetzen, hauptsächlich auf Grund eines etwas begrenzten

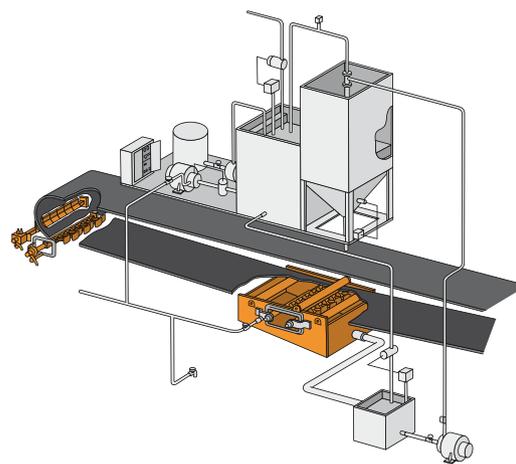


Abbildung 24.2

Das typische Gurtwaschsystem besteht aus Sprühwasser-Lanzen oder -Düsen, Bandreinigungsgeräten und eventuell einem Bandtrocknersystem. Es beinhaltet auch Vorrichtungen für die Behandlung des ablaufenden Abflusswassers und für die Trennung, die Aufbereitung und/oder Entsorgung des Wassers und des entfernten Materials, zusammen mit einem Gehäuse, einer Abdichtung, Regelungseinrichtungen und Zugangsmöglichkeiten.

Verständnisses des Einflusses von Wasser auf den Materialfluss bei Schüttgütern. Während es sicherlich zutrifft, dass eine Zunahme des Feuchtigkeitsgehalts, die für andere Prozesse und Transporteinrichtungen abträglich ist, bei Schüttgut eine dramatische Wirkung auf das Verhalten des Materials haben kann, so ist die dem System zur Entfernung von Rücklaufmaterial hinzugefügte Wassermenge jedoch sehr klein in Verhältnis zur insgesamt transportierten Materialmenge. Das Rücklaufmaterial verursacht viel mehr Probleme als der Zusatz dieser kleinen Wassermengen.

Bei den meisten Fällen, in denen Förderbänder mittels irgendeiner Version der in diesem Kapitel erörterten Technik gewaschen werden, handelt es sich um Anwendungen, bei denen ein hohes Maß an Reinigungsleistung gefordert wird. Hierzu gehören Be- und Entladesysteme für Schiffe, bei denen der Austritt von Rücklaufmaterial die Umgebung verunreinigen und zu Prüfungen bzw. Beschwerden von Überwachungsämtern, Nachbarn und Umweltaktivisten führen könnte. Eine andere Anwendung, bei der dieselben Bedenken zur Verwendung von Gurtwaschsystemen führen, sind Überlandförderanlagen, wo die Querfeldein-Anordnung des Verlaufs der Förderanlage dazu führen könnte, dass Material in die Umgebung entweicht. Gurtwaschsysteme findet man auch bei Förderanlagen, auf denen mehrere verschiedene Materialien transportiert werden; das Band wird zur Vermeidung von Querkontaminationen gewaschen.

Die Prinzipien bei der Bandwäsche

Das Prinzip der Gurtwaschsysteme ist dem der Gurtreinigungssysteme sehr ähnlich. Waschsysteme sind jedoch technisch weiter entwickelt und viel wirksamer als die traditionellen mechanischen Methoden zur Bandreinigung. Wasser verbessert die Wirksamkeit eines Reinigungssystems auf vielerlei Art:

- Wasser weicht das Schüttgut auf, so dass man es leichter entfernen kann.
- Der Wasserzusatz verhindert den Materialaufbau auf den Gurtabstreifblättern und maximiert deren Reinigungswirkung.
- Wasser reduziert die Reibung zwischen dem Band und den Abstreifblättern und vermindert die Kräfte, die den Verschleiß der Abstreifblätter und des Bandes verursachen, was wiederum zu einer Erhöhung der Standzeit der Abstreifblätter und so zu einer Verlängerung der Wartungsintervalle führt.

Aufweichen des Schüttguts

Während des Transports auf dem Band bewirkt die Bandbewegung über die Rollen hinweg, dass sich die Feinanteile und die vorhandene Feuchtigkeit innerhalb des Materials nach unten bewegen und auf der Oberfläche des Bandes verdichten. Das Wasser im Gurtwaschsystem hat nun die Aufgabe, das Schüttgut aufzuweichen und den internen Zusammenhalt (Kohäsion) und die Anhaftung am Band (Adhäsion) zu vermindern. Dadurch können die Reinigungselemente das Material leichter vom Band entfernen.

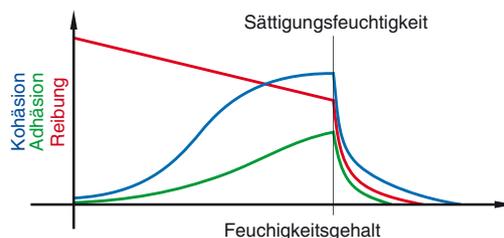
Typischerweise erhöht der Zusatz von Wasser die Kohäsion und die Adhäsion eines Schüttguts bis zu einem Maximum, ab welchem diese Eigenschaften wieder dramatisch abnehmen (**Abbildung 24.3**). Dieser kritische Punkt bezeichnet die Sättigungsfeuchtigkeit des Schüttgutes. Die tendenzielle Neigung zum Aufbau des Schüttguts hängt von dessen Kohäsions- und Adhäsionseigenschaften ab. Folglich nimmt die Festigkeit eines Schüttguts jenseits des Sättigungspunktes dramatisch ab. An diesem Punkt gleicht das Material eher einem Schlamm. Wenn das Material genug befeuchtet werden kann, wird es sich wahrscheinlich viel weniger an Oberflächen, einschließlich am Band und an den Gurtabstreifblättern, aufbauen oder daran festkleben. Die Befeuchtung des Materials macht die Bandreinigung viel effizienter, als dies alleine durch mechanisches Abschaben möglich wäre.

Kein Materialaufbau an den Abstreifblättern

Ein zweiter Vorteil der Verwendung von Wasser bei der Bandreinigung besteht darin, dass sich an der Vorderkante der Abstreifblätter kein Material aufbaut (**Abbildung 24.4**). Bei konventionellen (trockenen) Gurtreinigungssystemen

Abbildung 24.3

Der Wasserzusatz erhöht die Kohäsion und die Adhäsion eines Schüttguts bis zu einem Maximum, ab welchem diese Eigenschaften wieder dramatisch abnehmen.



montagen bildet sich in dieser Region stagnierenden Materials häufig ein Materialaufbau an der Blattspitze (**Abbildung 24.5**). Wird dieses Material nicht abgereinigt, läuft es unter den Abstreifblättern durch und wird in das Fördersystem zurückgetragen oder es wächst weiterhin an, vergrößert die mit dem Band in Kontakt stehende Oberfläche und vermindert den Anpressdruck des Abstreifers, so dass mehr Rücklaufmaterial in das System zurücktransportiert wird. Damit sich diese aufstauenden Schichten nicht an der Oberfläche des Abstreifblattes festsetzen können, wird Wasser aufgesprüht (**Abbildung 24.6**).

Reduzierung der Reibung zwischen dem Abstreifblatt und dem Band

Wasser verbessert auch die Leistung eines Gurtreinigungssystems oder eines Gurtwaschsystems dadurch, dass es zwischen der Blattspitze und der Oberfläche des Bandes als Schmiermittel wirkt (**Abbildung 24.7**). Dies bietet eine Reihe von Vorteilen. Die Gegenwart des Wassers reduziert den Schleppwiderstand oder die auf die Abstreifblätter und auf das Band selbst wirkenden Reibungskräfte. Die Verminderung dieser Kräfte erhöht die Nutzungsdauer der Abstreifblätter: Weniger Reibung bedeutet weniger Blattverschleiß.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Reduzierung dieser Reibungskräfte zu einem geringeren Wärmestau an der Spitze der Abstreifblätter und somit zu weniger thermischen Ausfällen an den Abstreifblättern und folglich zu einer längeren Lebensdauer führt.

Die Gegenwart des Wassers minimiert auch zusätzlich zur verlängerten Nutzungsdauer der Abstreifblätter den Verschleiß am Förderband.

Praxisversuche haben gezeigt, dass der Einsatz einer einzigen Sprühhvorrichtung mit geringem Verbrauchsvolumen auf dem Vorabstreifer eines dualen Abstreifsystems zu einer Verbesserung der Reinigungsleistung um sieben bis zehn Prozentpunkten und zu einer Verdoppelung des Zeitintervalls zwischen den erforderlichen Wartungsarbeiten führt. In einer 1990 bei der International Coal Engineering Conference [Internationalen Konferenz für Kohletechnik] in Australien vorgestellten Arbeit berichtet J.H. Planer, dass ein Sprühwasserzusatz bei verschiedenen konventionellen Reinigungssystemen den Wirkungsgrad der Reinigung vom 85%-Bereich in den 95%-Bereich angehoben hat (Referenz 24.1).

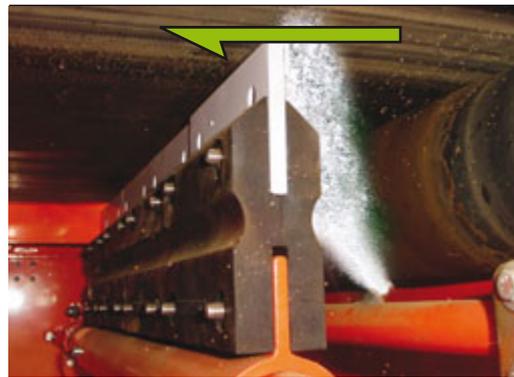


Abbildung 24.4

Ein Vorteil der Wasserverwendung in Bandreinigung ist, dass die Vorderkante der Abstreifblätter von Materialaufbau freigehalten wird.

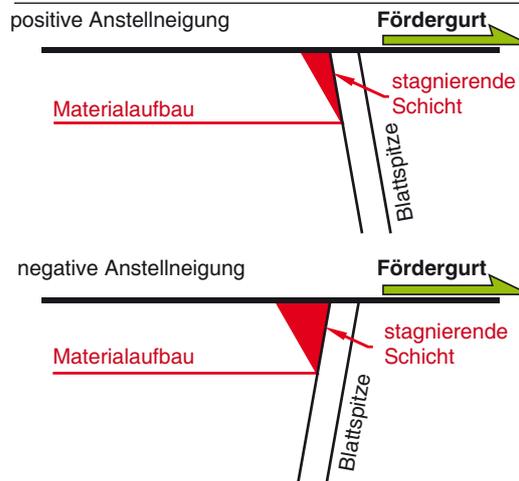


Abbildung 24.5

Bei konventionellen (trockenen) Gurtreinigungsmontagen bildet sich in dieser Region des stagnierenden Materials ein Materialaufbau an der Blattspitze.



Abbildung 24.6

Damit sich diese stagnierenden Schichten nicht an der Oberfläche des Abstreifblattes festsetzen können, wird Wasser aufgesprüht. Links: Funktionierende Wasseraufsprüfung. Rechts: Nicht funktionierende Wasseraufsprüfung.

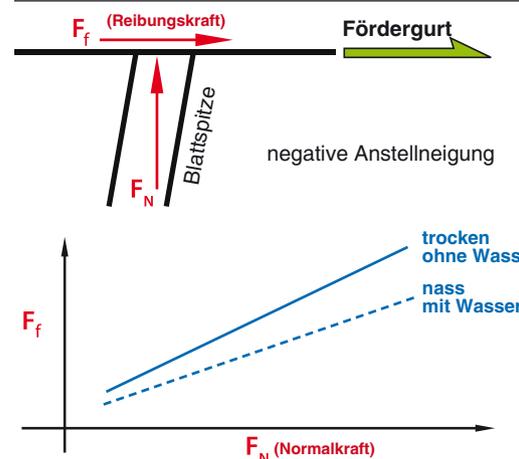


Abbildung 24.7

Wasser verbessert auch die Leistung eines Gurtreinigungssystems oder eines Gurtwaschsystems dadurch, dass es zwischen der Blattspitze und der Bandoberfläche als Schmiermittel wirkt.

Gurtwaschmethoden

Zum Waschen von Förderbändern werden heute schon mehrere Techniken verwendet. Wie 1987 in der Arbeit von Dick Stahura *“Conveyor belt washing: Is this the ultimate solution?”* [Das Waschen von Förderbändern: Ist dies die ultimative Lösung?] beschrieben, unterscheidet man diese Techniken in Flutungsmethode, Badmethode und Waschkastenmethode (Referenz 24.2).

Flutungsmethode

Bei der Flutungsmethode werden Wasserstrahlen eingesetzt, die die Partikel buchstäblich vom Band absprengen (Abbildung 24.8). Dies geschieht bei Drücken von 400 bis 700 kPa. Zusätzlich kann noch Pressluft zur Steigerung der Wirkung zugeführt werden. Der Einsatz eines Hochdrucksprühstrahls bei einem Gurtwaschsystem kann sich als schwierig erweisen, weil hierzu Spezialdüsen und sauberes Wasser erforderlich sind. Hinter dem Wasserstrahl wird das Wasser durch ein Abstreifblatt entfernt.

Abbildung 24.8

Bei der Flutungsmethode werden Wasserstrahlen eingesetzt, die die Partikel buchstäblich vom Band absprengen.

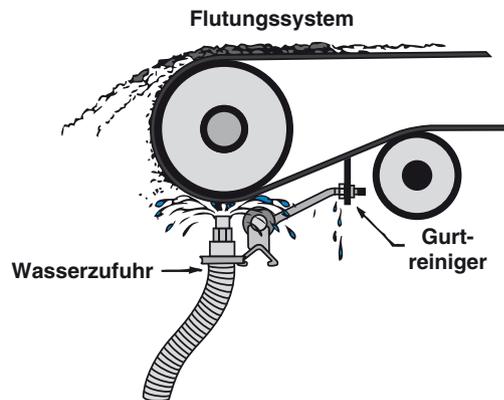


Abbildung 24.9

Bei der Badmethode wird das Band durch einen mit Wasser gefüllten Behälter gezogen.

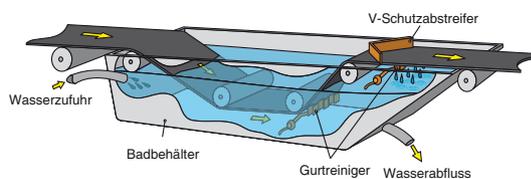


Abbildung 24.10

Bei der Waschkastenmethode wird eine Sprühstrahlmethode mit einem oder mit mehreren konventionellen Fördergurtreinigern in einem Gehäuse kombiniert und als tertiäres Gurtreinigungssystem eingebaut.



Die Bandgeschwindigkeit, d. h. die Zeit, die das Band dem Sprühstrahl ausgesetzt ist, und die Haftfähigkeit des Rücklaufmaterials sind Faktoren, die die Anwendung dieser Methode auf Förderanlagen mit einer Bandgeschwindigkeit von weniger als 5 m/s beschränkt (Referenz 24.3). Der Wasserverbrauch kann bei dieser Methode ziemlich hoch sein.

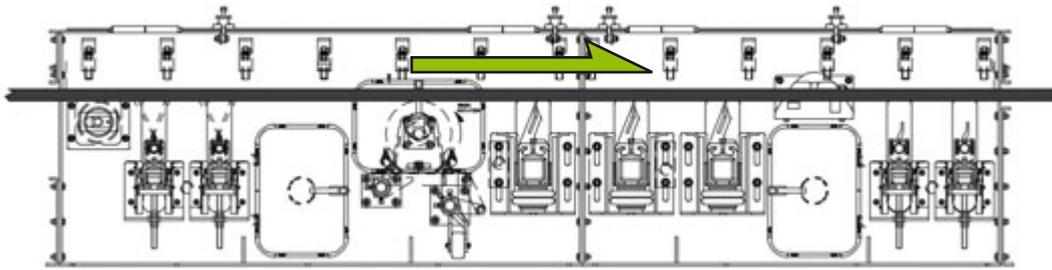
Badmethode

Bei der Badmethode wird das Band durch einen mit Wasser gefüllten Behälter gezogen (Abbildung 24.9). Dieser Behälter könnte am Rücklauf des Bandes oder gar an der Schwerkraft-Spannvorrichtung angeordnet werden, wo das Gewicht des voll mit Wasser aufgefüllten Behälters als Teil des Gegengewichts für das Spannsystem der Förderanlage fungieren kann. Hier gibt es weder einen Sprühstrahl noch Düsen, nur eine Einrichtung zur Wahrung des Wasserstandes. Das Wasser wird nach Bedarf ausgetauscht, so dass sich im Bad kein Bodensatz aufbaut. Um eine ausreichende Verweildauer des Bandes im Wasser und damit eine entsprechende Reinigungswirkung zu erzielen, muss der Behälter eine gewisse Länge aufweisen.

Dieses System ist mit einigen Schwierigkeiten behaftet, einschließlich Karkassenschäden, Problemen bei der Wartung und bei der Trocknung des Bandes beim Verlassen des Bades.

Waschkastenmethode

Der neueste Stand der Technik bei den Gurtwaschsystemen ist die Waschkastenmethode. Bei diesem System wird eine Sprühstrahlmethode mit einem oder mit mehreren konventionellen Fördergurtreinigern in einem Gehäuse kombiniert und als tertiäres Gurtreinigungssystem eingebaut (Abbildung 24.10). Die Gestaltung und Spezifikationen eines Waschkasten-Systems hängen von folgenden Anwendungsdetails ab: von der Bandgeschwindigkeit, dem transportierten Material, Gurtbreite und Zusammensetzung/Aufbau des Bandes, der gewünschten Reinigungsstufe und dem Trocknungsgrad sowie vom Vorliegen von standortspezifischen Beschränkungen (Beschränkungen in Bezug auf die Verwendung von Wasser oder Pressluft und/oder aus Gründen des Umweltschutzes) (Abbildung 24.11).

**Abbildung 24.11**

Die Gestaltung eines Waschkasten-Systems hängt von den Anwendungsdetails, von der gewünschten Reinigungsstufe und vom Vorliegen von standortspezifischen Beschränkungen ab.

WASCHKASTEN-SYSTEME

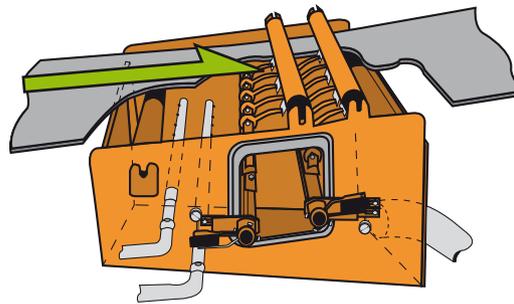
Die typische Waschkasten-Konfiguration besteht aus einer oder zwei Sprühlanzen zur Aufbringung des Wassers, gefolgt von zwei oder drei sekundären Fördergurtreinigern in einer mehr-oder-weniger konventionellen Gestaltung (**Abbildung 24.12**). Das Waschkasten-System ist so ausgelegt, dass die Anpassung des Angriffswinkels und Anpressdrucks des Abstreifers von außerhalb des Gehäuses durchgeführt werden kann, während der Mitarbeiter durch eine Zugangstür hineinsieht (**Abbildung 24.13**).

Diese Reinigungselemente können aus konventionellen sekundären Fördergurtreinigern oder Bürstenreinigern bestehen. Möglicherweise sind Bürstenreiniger in jenen Fällen effektiver, wo das Band deutliche Rillen aufweist oder beschädigt ist, und die Reinigung durch Abstreifblätter mit flacher Kante schwierig oder sogar unmöglich ist (**Abbildung 24.14**). Je nach Anwendung kann bei der Verwendung von Bürstenreinigern auch eine erhebliche Wassermenge benötigt werden, um die Bürste sauber und frei von Materialansammlungen zu halten, die sie sonst nutzlos machen würden.

Historisch betrachtet wurde die überwiegende Mehrzahl der Anwendungen mit Waschkastenreinigung aus der Notwendigkeit heraus maßgeschneidert aufgrund der jeweils einzigartigen Kombination der Spezifikationen der Förderanlagen, der Materialkenngrößen und der räumlichen Verhältnisse. Eine neuere Entwicklung ist das Konzept eines modularen Waschkasten-Systems. Im Gegensatz zu den herkömmlichen Waschkästen, die direkt auf spezifische Anwendung zugeschnitten sind, wird bei den modularen Waschkästen eine Reihe von Standard-Komponenten und konfigurierbaren Modulen eingesetzt, um die erhöhte Flexibilität und Benutzerfreundlichkeit mit ökonomischen Gesichtspunkten bei der Technik und im Bau zu verbinden. Das Konzept beinhaltet die Grundelemente eines Waschkastensystems,

zusammengefasst in einer modularen Einheit (**Abbildung 24.15**). Diese modularen Einheiten können dann zu aufwendigeren Systemen und maßgeschneiderten Lösungen zusammengefügt werden.

Der modulare Ansatz ermöglicht die Integration einer Reihe von Bestandteilen bei mini-

**Abbildung 24.12**

Die typische „Waschkasten“-Konfiguration besteht aus einer oder zwei Sprühlanzen zur Aufbringung des Wassers, gefolgt von zwei oder drei sekundären Fördergurtreinigern konventioneller Bauart.

**Abbildung 24.13**

Das Waschkasten-System ist so ausgelegt, dass die Anpassung des Angriffswinkels und Anpressdrucks des Abstreifers von außerhalb des Gehäuses durchgeführt werden kann, während der Mitarbeiter durch eine Zugangstür hineinsieht.

**Abbildung 24.14**

Möglicherweise sind Bürstenreiniger in einem Waschkasten in jenen Fällen effektiver, wo das Band deutliche Rillen aufweist oder beschädigt ist.

Abbildung 24.15

Bei den modularen Waschkästen wird eine Reihe von Standard-Komponenten und konfigurierbaren Modulen eingesetzt, um die erhöhte Flexibilität mit ökonomischen Gesichtspunkten bei der Technik und im Bau zu verbinden.

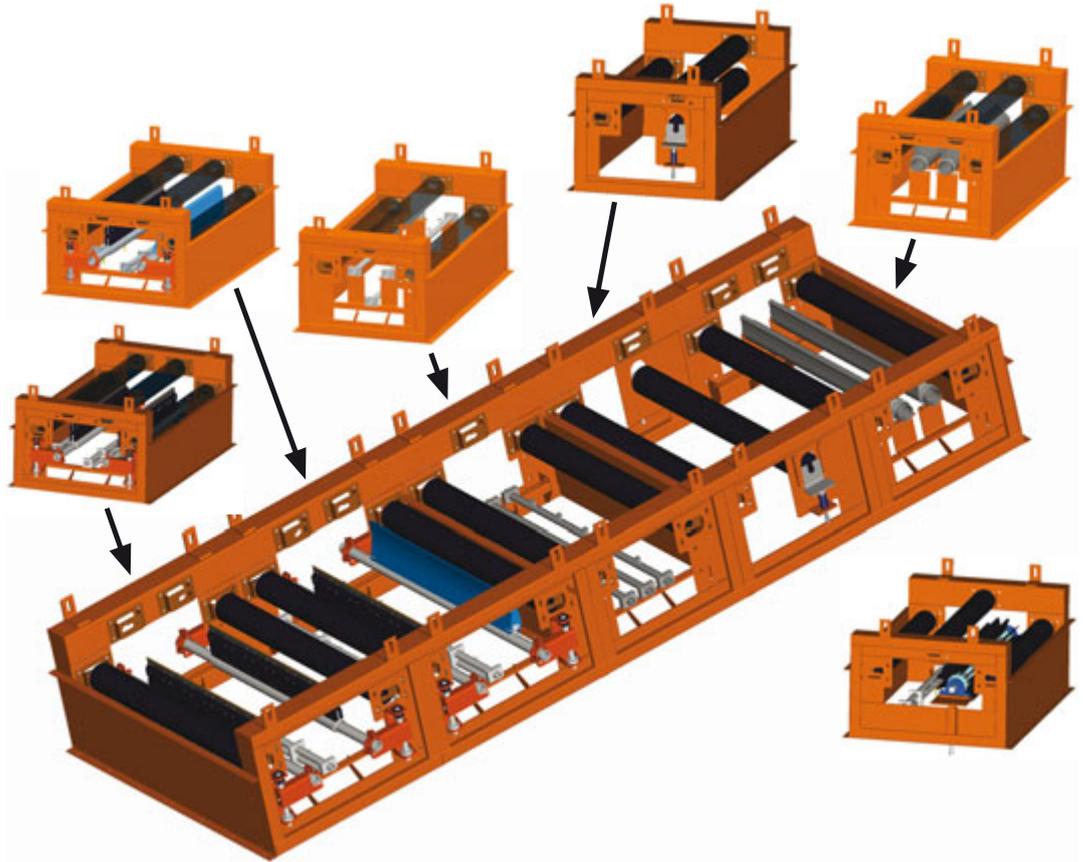


Abbildung 24.16

Der modulare Ansatz erlaubt die Trennung der Komponenten, um einen größeren Abstand zwischen ihnen zu erreichen, oder um die Montage um tragende Elemente der Förderanlage und um andere Hindernisse herum zu ermöglichen.



Abbildung 24.17

Für die Montage des Waschkasten-Systems ist eine Strecke von mehr als 2 m Bandlänge und mindestens 0,6 m lichte Höhe an einer Stelle erforderlich, wo das Band die Kopftrommel und die Umlenktrommel bereits verlassen hat.



maler Erhöhung der Kosten für das System. Er beinhaltet Möglichkeiten für eine verbesserte Zugänglichkeit, eine vereinfachte Montage, leichtere Wartung und die Option für den Austausch der Komponenten, wenn sich die Anforderungen der Anwendung mit der Zeit ändern. In der Tat erlaubt der modulare Ansatz die Trennung der Komponenten. Die Trocknung wird z. B. in einem anderen Gehäuse untergebracht, getrennt von den schabenden Elementen, um einen größeren Abstand zwischen den Komponenten zu erreichen oder um die Montage um tragende Elemente der Förderanlage und um andere Hindernisse herum zu ermöglichen (**Abbildung 24.16**). Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der modulare Ansatz bei den Waschkästen die Erweiterung des Systems mit verschiedenen oder weiteren nachträglich hinzugefügten Modulen ermöglicht, je nach veränderten Materialkenngrößen, Reinigungsanforderungen oder finanziellen Beschränkungen.

Zu den Nachteilen der Waschkasten-Systeme gehört, dass für die Montage des Gurtwaschsystems eine Strecke von mehr als 2 m Bandlänge

und mindestens 0,6 m lichte Höhe an einer Stelle erforderlich ist, wo das Band die Kopftrommel und die Einschnürtrommel bereits verlassen hat (**Abbildung 24.17**). Damit er sich nicht mit Feststoffen zusetzt, muss der Ablauf für das Abflusswasser so senkrecht und mit so wenigen Ecken und Kanten wie möglich geführt werden (**Abbildung 24.18**).

Das Waschen des Bandes als abschließende Reinigung

Die Gurtreinigungssysteme, die so eingebaut sind, dass das Band sie durchläuft, bevor es das Gurtwaschsystem erreicht, haben eine Auswirkung auf die Menge und den Druck des erforderlichen Wassers und auf die Wirksamkeit des Waschkastens. Wenn der Einbau einer Waschstation auf einer Förderanlage in Betracht gezogen wird, dann ist die Verwendung von mindestens einem Primärabstreifer und von einem oder von zwei Hauptabstreifern nachdrücklich zu empfehlen. Diese Abstreifer, die vor dem Waschkasten vorgelagert und näher am Materialabwurf angebracht sind, reduzieren wesentlich die Menge an Rücklaufmaterial, die von der Waschstation zu entfernen ist, was zu einer Verringerung des Wasserverbrauchs und der Betriebskosten führt (**Abbildung 24.19**). Ohne diese Abstreifer gäbe es mehr Material, das in der Bandwaschanlage vom Band entfernt werden muss und mehr Feststoffe im Abflusswasser. Gurtwaschstationen dienen der abschließenden Reinigung des Bandes; sie sind nur für die abschließende Entfernung jener Restmengen an Material ausgelegt, welche durch die vorgelagerten Reinigungseinheiten hindurchgeschlüpft sind.

Die Aufbringung des Wassers

Die größte Herausforderung bei jeder Gurtwaschstation ist, das Wasser auf eine wirksame und effiziente Art an die richtigen Stellen im Reinigungssystem zu bringen. Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, um das Wasser auf das Band und auf das Material aufzubringen. Das fängt mit dem einfachen, auf das Band gerichteten Wasserschlauch oder dem mit Bohrlöchern versehenen Rohr (**Abbildung 24.20**) an und reicht bis hin zu den aufwendigeren Systemen mit Düsen und Sprühlanzen. Mit ingenieurtechnisch konzipierten Düsen erreicht man die Aufbringung des Wassers auf eine viel wirksamere Art als mit einem Schlauch oder einem perforierten Rohr. Während die Letzteren für das Heranschaffen des Wassers geeignet

sind, ist der Wasserverbrauch eines Schlauchs oder Rohrs viel höher als bei einem System mit ingenieurtechnisch ausgelegten Düsen. Somit stellt sich die Frage nach einer Lösung, die die Anforderungen an den Wasserdruck, Sprühmuster, Kontaktwinkel und die übrigen Parameter am besten erfüllt.

Die wirksamste und effizienteste Art, das Reinigungswasser in diese Systeme einzusprühen, besteht aus einer Reihe von ingenieurmäßig konstruierten Düsen, die an einem Rohr ent-

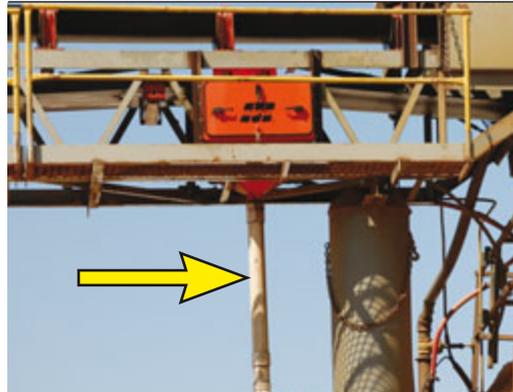


Abbildung 24.18

Damit er sich nicht mit Feststoffen zusetzt, muss der Ablauf für das Abflusswasser so senkrecht und mit so wenigen Biegungen wie möglich geführt werden.

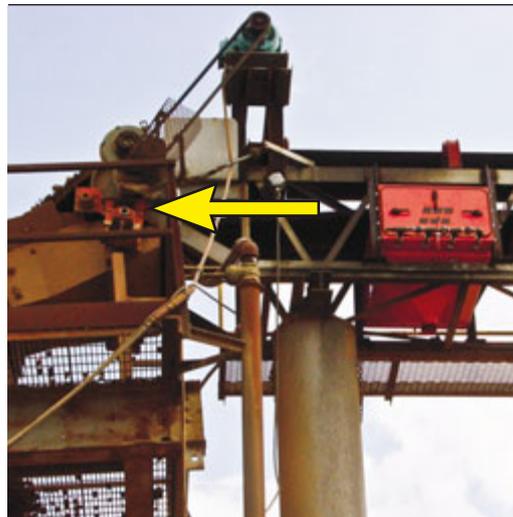


Abbildung 24.19

Vor dem Waschkasten installierte konventionelle Fördergurtreiniger führen zu einer wesentlichen Verminderung der Menge an Rücklaufmaterial, die die Waschstation erreicht.



Abbildung 24.20

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, um das Wasser auf das Band und auf das Material aufzubringen: z. B. mit einem einfachen, auf das Band gerichteten Wasserschlauch oder einem mit Bohrlöchern versehenen Wasserrohr.

lang angeordnet sind (**Abbildung 24.21**). Die Auswahl einer bestimmten Düse hängt normalerweise von mehreren Faktoren ab, einschließlich der Art und Menge an Rücklaufmaterial, von der Geschwindigkeit des Bandes, von der Sauberkeit des Wassers, von dem zur Erzielung eines gleichförmigen Sprühnebels über die Bandbreite hinweg erforderlichen Sprühmuster, dem zur Materialsättigung erforderlichen Aufpralldruck des Wassers und des für die Reinhaltung der Abstreifblätter erforderlichen Wasserdrucks und der Wassermenge. Wie bei vielen anderen Aspekten der Konstruktion von Fördersystemen, muss auch das Waschsystem so konstruiert werden, dass es mit dem Rücklaufmaterial zurechtkommt, selbst wenn dieses in seinem schlimmsten Zustand vorliegt.

Die zwei kritischsten Faktoren bei der Auswahl von Sprühdüsen sind die Menge an Rücklaufmaterial und die Geschwindigkeit des Bandes. Die Bänder mit höheren Geschwindigkeiten erfordern mehr Wasser zur gründlichen Benetzung des Bandes und zur Erweichung des Rücklaufmaterials während der kürzeren Zeit, in der das Band dem Sprühnebel ausgesetzt ist. Große Mengen an Rücklaufmaterial, die eine dickere Schicht bilden, erfordern auch mehr Wasser, um das ganze Material aufzuweichen. Das Wasser muss dann auch einen höheren Druck haben, damit es die gesamte Material-

masse durchdringen und die Oberfläche des Bandes erreichen kann. Der Druck darf nicht so hoch sein, dass das Material entfernt wird, aber ausreichend, damit das Wasser die Oberfläche des Bandes erreicht.

Es gibt Düsen mit verschiedenen Sprühmustern und für verschiedene Durchflussmengen und Drücke. Bei der Festlegung der Konfiguration der Sprühlanzen sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen, wie z. B. der Abstand zwischen dem Band und der Sprühlanze, das Sprühmuster, die Durchflussmenge und der Druck. Normalerweise werden breite Sprühwinkel verwendet, um den Abdeckungsbereich zu maximieren, während dabei der Wasserverbrauch minimiert wird (**Abbildung 24.22**). Der Abstand der Düsen zueinander und der Montageabstand der im Waschsystem verwendeten Sprühlanzen werden durch das Sprühmuster und den Sprühwinkel der gewählten Düse bestimmt. In manchen Fällen sind Spezialdüsen erforderlich. Es können Düsen spezifiziert werden, die gegen Korrosion, Abrieb oder gegen die im Verfahrensverlauf verwendeten Chemikalien resistent sind.

Ein typischer, mit Sprühnebeln bei mittlerem Druck -138 kPa - betriebener Waschkasten verbraucht etwa 63 l/m Bandbreite pro Minute (**Tabelle 24.1**). Wie bereits gesagt, sollte der entsprechende Wasserdruck und das Volumen nach Bewertung sowohl der Bandgeschwindigkeit als auch der Menge an Rücklaufmaterial (Materialadhäsion) gewählt werden.

Der Bedarf an und die Verwendung von zusätzlichen Sprühwasserdüsen, um das Material dadurch in Bewegung zu halten, dass man den Waschkasten und das Auslaufsystem durchspült, verdoppelt normalerweise das erforderliche Wasservolumen.

Die Konstruktion eines Gurtwaschsystems kann ein komplizierter Prozess sein, in dem eine Reihe von Optionen über vielfältige Variablen in Bezug auf die Förderanlagen und Materialien miteinander verbunden werden. Deshalb ist dafür ein umfassendes Verständnis des Systems, der Materialien und der Verfahrensanforderungen erforderlich. Hier ist geübtes und erfahrenes Fachpersonal gefragt, um zu sichern, dass das System den Kundenerwartungen gerecht wird und die Anforderungen der Anwendung erfüllt.

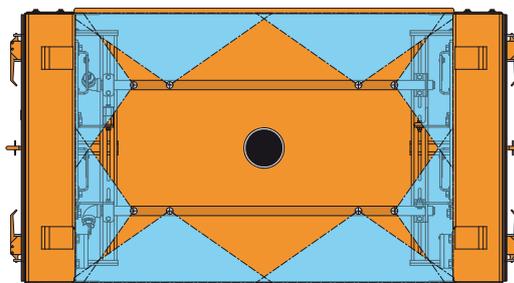
Abbildung 24.21

Die wirksamste und effizienteste Art, das Reinigungswasser in diese Systeme einzusprühen, besteht aus einer Reihe von ingenieurtechnisch ausgelegten Düsen, die an einem Rohr entlang angeordnet sind.



Abbildung 24.22

Normalerweise werden breite Sprühwinkel verwendet, um den Abdeckungsbereich zu maximieren, während dabei der Wasserverbrauch minimiert wird.



Wasserqualität

Die Qualität des Wassers ist vielleicht die kritischste Frage bei der Konstruktion eines Hochleistungssystems. Wenn sie vernachlässigt wird, kann das System vielleicht gar nicht funktionieren, oder die Häufigkeit der Wartungs- und Reinigungsarbeiten nimmt derart zu, dass dieser Zustand nicht mehr akzeptabel ist.

Gurtwaschsysteme funktionieren am besten, wenn sie für den durch Materialprüfungen und die Anwendungsdetails ermittelten Wasserdurchfluss und erforderlichen Druck ausgelegt worden sind. In einigen Betrieben bestehen strenge Beschränkungen im Hinblick auf den Wasserverbrauch, verfügbare Durchflussmenge und den Druck. Diese Beschränkungen können die Wirksamkeit des Washkastens weit unter die konstruktive und vorgegebene Zielsetzung herabsetzen.

Da ingenieurmäßig konzipierte Düsen normalerweise dahingehend optimiert werden, dass sie einen breiten Sprühbereich abdecken, minimierte Durchflussmengen und optimale Drücke für eine gegebene Anwendung aufweisen, ist die Düsenöffnung üblicherweise klein und anwendungsspezifisch geformt. Wenn das in einem Waschsystem zu verwendende Wasser nicht sauber genug ist, muss die Wasserqualität bestimmt werden, damit sichergestellt ist, dass keine Schwebstoffpartikel vorhanden sind, die groß genug wären, die Sprühdüsen zu verstopfen. Dies ist oft viel leichter gesagt als getan, weil sich die Qualität von Betriebswässern innerhalb von Minuten drastisch verändern kann. Deshalb ist ein Filtersystem zur Wasserreinigung eine wertvolle Ergänzung des Gurtwaschsystems.

Das Trocknen des Bandes

Nachdem im Reinigungsverfahren Wasser zugesetzt worden ist, muss das Band bei vielen Anwendungen getrocknet werden, bevor es das Waschsystem verlässt. Manchmal ist dies einfach erforderlich, damit das im Wasser auf dem Band suspendierte Rücklaufmaterial nicht von den Rücklaufrollen abgeschleudert werden kann. In anderen Fällen ist ein trockenes Band aus verfahrenstechnischen Gründen erforderlich. Wenn das Band für den Transport mehrerer Schüttgüter verwendet wird und eine Kreuz-Kontamination nicht auftreten darf, muss das Band sauber und trocken sein, ehe es auf ein anderes Material umgestellt wird.

Es gibt drei grundsätzliche Methoden zur Trocknung eines laufenden Förderbandes, die beim Austritt aus der Washstation an der Förderanlage angewendet werden können: Verdunstung, mechanische Wasserentfernung und die Zwangs-Lufttrocknung.

Verdunstung

Verdunstung ist ein natürlicher Vorgang, der auch zur Trocknung des Bandes herangezogen werden kann (**Abbildung 24.23**). Die Verdunstung kann dadurch beschleunigt werden, dass man erhitzte Luft über das laufende Band leitet. Die Verdunstung des Wasserfilms durch Druckluft ist jedoch alleine kein gangbarer Weg zur vollständigen Entfernung des Wassers für typische Förderanlagen zur Schüttguthandhabung, weil es eine Grenze dafür gibt, wie schnell das Wasser verdunsten kann.

Wasserverbrauch für typische Gurtwaschsysteme								
Bandbreite mm	Anzahl Düsen	Ungefähre Menge, Liter pro Minute						
		34 kPa	69 kPa	103 kPa	138 kPa	207 kPa	276 kPa	414 kPa
400-500	6	16	23	27	32	39	45	57
500-650	8	22	30	36	42	51	61	76
650-800	9	24	34	41	48	58	68	85
800-1000	11	30	42	50	58	71	83	104
1000-1200	13	35	49	59	69	84	98	123
1200-1400	15	40	57	68	79	97	114	142
1400-1600	16	43	61	73	85	103	121	151
1600-1800	18	48	68	82	95	116	136	170
1800-2000	22	59	83	100	117	142	166	208
2000-2200	26	70	98	118	138	167	197	246

Tabelle 24.1

Mechanische Trocknung

Es gibt eine Reihe von mechanischen Methoden, um das Wasser vom Band zu entfernen. Bei der ersten Methode wird das Band mit einem „Wasserabstreifer“ mechanisch abgewischt. Dieser ähnelt dem Scheibenwischer eines Autos.

Ein als letztes Reinigungsgerät im Waschkasten-System montierter Wasserabstreifer entfernt eine wesentliche Menge an überschüssigem Wasser. Das Ergebnis variiert je nach Art, Material und Standort des verwendeten Wasserabstreifers und je nach den Anwendungsdetails, wie z. B. der Bandgeschwindigkeit und der auf dem Band vorhandenen Wassermenge. Im Allgemeinen ist der Wasserabstreifer ein wirksames und wirtschaftliches Mittel zur Wasserentfernung (**Abbildung 24.24**).

Abbildung 24.23

Der natürliche Vorgang der Verdunstung kann dadurch beschleunigt werden, dass man erhitzte Luft über das laufende Band leitet.

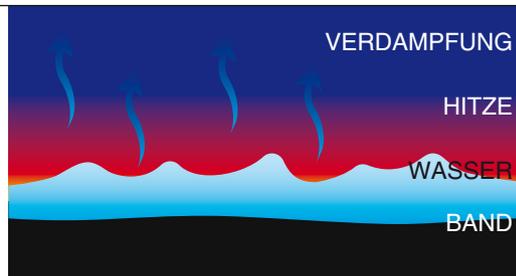


Abbildung 24.24

Ein Wasserabstreifer ist ein wirksames und wirtschaftliches Mittel, um Wasser von einem Förderband zu entfernen.



Die Verwendung von Abstreiferrollen, als Einzel- oder Doppelrolle, ist auch eine wirksame Möglichkeit zur Entfernung von überschüssigem Wasser vom laufenden Förderband (**Abbildung 24.25**). In einer Studie der University of Newcastle Research Associates (TUNRA) wurde die Wirksamkeit eines Systems mit einer Einzelabstreiferrolle untersucht und die Wirkung von Rollen mit verschiedenen Durchmessern bei verschiedenen Bandgeschwindigkeiten geprüft (*Referenz 24.4*). Die Ergebnisse dieser Studie zeigten eindeutig, dass je kleiner die Rollen sind, desto besser ist die Wischwirkung, gleichgültig bei welcher Bandgeschwindigkeit (**Abbildung 24.26**). Im Allgemeinen bewirken Abstreiferrollen eine Dickenreduzierung des Wasserfilms auf dem Band auf etwa 50 Mikrometer, bis zu einer effektiven Untergrenze von 20 Mikrometer (**Abbildung 24.27**).

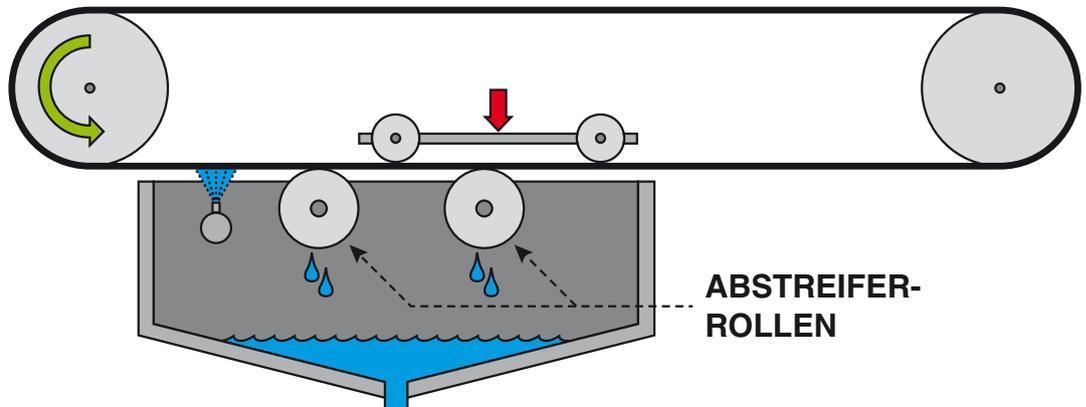
Zwangs-Lufttrocknung

Bei der dritten Methode zur Trocknung des Bandes wird Luft bei hoher Geschwindigkeit eingesetzt, um den Wasserfilm vom Band zu trennen. Hier dominieren zwei Mechanismen: hydrodynamische Instabilität und Trennung. Hydrodynamische Instabilität tritt auf, wenn der Wasserfilm einem Luftstrom ausgesetzt wird. Der Film bildet eine rasch anwachsende Welle, aus der Tröpfchen herausgerissen werden, die dann die Oberfläche verlassen. Trennung tritt auf, wenn der Wasserfilm einer Luftströmung mit hoher Geschwindigkeit ausgesetzt wird und das Wasser von der Bandoberfläche „abgeschält“ wird (**Abbildung 24.28**).

Luftströmungen mit hoher Geschwindigkeit sind äußerst wirksam bei der Entfernung von dickeren Wasserfilmen. Im Handel ist eine ganze Reihe von Systemen erhältlich, einschließlich Luft- „Messer“, bei denen Gebläse zur Erzeugung der erforderlichen Luftgeschwindigkeiten

Abbildung 24.25

Die Verwendung von Abstreiferrollen, als Einzel- oder Doppelrolle, ist eine wirksame Möglichkeit zur Entfernung von überschüssigem Wasser vom laufenden Förderband.



und Drücke verwendet werden; andere Systeme werden mit Pressluft betrieben (**Abbildung 24.29**).

Die Geschwindigkeit der Luft muss maximiert werden, um die größtmögliche Menge des Wassers zu entfernen. Jedoch wird die erzielbare Luftgeschwindigkeit von mehreren Faktoren begrenzt, z. B. durch den Energieverbrauch zur Erzeugung der hohen Geschwindigkeiten mit Hilfe eines Gebläses oder mittels Pressluft, als auch durch die mit den äußerst hohen Luftgeschwindigkeiten verbundene Lärmbelastigung.

Forschungen haben gezeigt, dass der dominierende Faktor bei der Wasserentfernung die

relative Luftgeschwindigkeit ist; der Kontaktwinkel ist in Bezug auf die Wasserentfernung nicht kritisch. Ein brauchbarer Geschwindigkeitsbereich für die Luft am Band reicht von 80 bis 100 m/s. Experimentelle Ergebnisse innerhalb dieses Luftgeschwindigkeitsbereichs zeigen, dass das Wasser von einem laufenden Band bis zu einer Restfilmdicke von 7 bis 11 Mikrometer entfernt werden kann (*Referenz 24.5*). Diese Geschwindigkeiten können mit speziell gestalteten Düsen und regenerativen Gebläsen mit einem Aufwand von etwa 7,5 kW/m getrockneter Bandbreite erreicht werden. Unter Verwendung anderer Luftdüsen kann auch Pressluft mit einem ähnlichen Leistungsbedarf eingesetzt

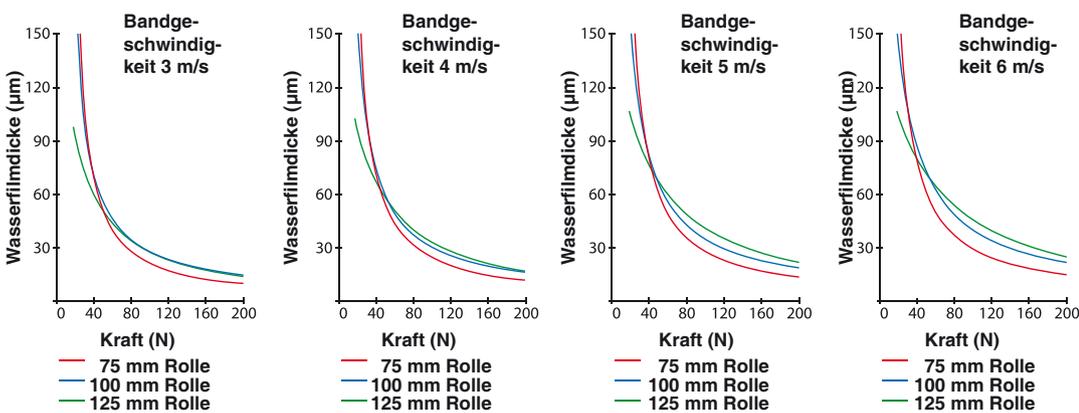


Abbildung 24.26

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten eindeutig, dass je kleiner die Rollen sind, desto besser ist die Wischwirkung, gleichgültig bei welcher Bandgeschwindigkeit.

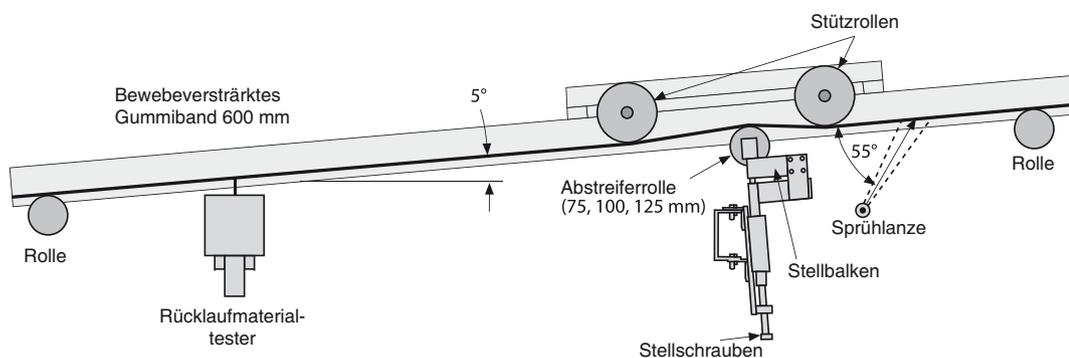


Abbildung 24.27

Im Allgemeinen bewirken Abstreiferrollen eine Verminderung der Dicke des Wasserfilms auf dem Band auf etwa 50 Mikrometer, mit einer effektiven unteren Grenze von 20 Mikrometer.

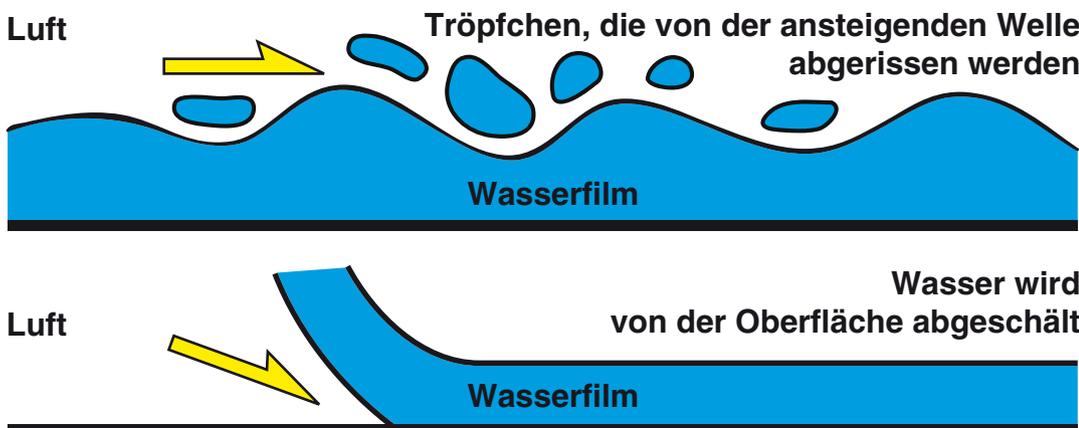


Abbildung 24.28

Hydrodynamische Instabilität tritt auf, wenn ein Luftstrom den Wasserfilm zu einer Welle formt, von der dann Tröpfchen abgerissen werden. Trennung tritt auf, wenn der Wasserfilm einer Luftströmung mit hoher Geschwindigkeit ausgesetzt wird und das Wasser von der Bandoberfläche „abgeschält“ wird.



werden. Da die Bänder typischerweise mit Geschwindigkeiten von 1 bis 5 m/s laufen, ist die Bandgeschwindigkeit kein wesentlicher Parameter im Vergleich mit der Luftgeschwindigkeit.

Leistungsverhalten der Systeme zur Trocknung des Bandes

Das relative Leistungsverhalten der verschiedenen Systeme zur Trocknung des Bandes kann bestimmt und verglichen werden (**Tabelle 24.2**). Diese drei Methoden zur Trocknung des Bandes können individuell eingesetzt werden, möglicherweise besteht aber die beste Lösung aus einer Kombination der verschiedenen Möglichkeiten.

Die Wiedergewinnung des Wassers

Sobald die Grundkomponenten eines Gurtwuschsystems festgelegt worden sind, kann man sich die Systeme für die Handhabung des vom Band entfernten Abflusswassers - des Schmutzwassers - genauer betrachten. In vielen Industriebereichen sind die verwendete Wassermenge

und die Qualität des abgegebenen Wassers streng reglementiert. In anderen Fällen hat das Material einen hohen Wert und deshalb ist die Wiedergewinnung der Feststoffe kostengünstig. In beiden Fällen ist oft ein System zur Abtrennung der Feststoffe vom Wasser erforderlich.

Bei der Auswahl eines mechanischen Trennungssystems müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden. Schwerpunkt muss hier auf der Wassermenge, auf dem Feststoffgehalt und ebenso auf dem Standort für den Aufbau des Wasserrückgewinnungssystems liegen. Je nach der Behandlungsmethode, kann die Absetzgeschwindigkeit des Feststoffs im Wasser das Hauptkriterium sein, aber aufgrund der Größe der Geräte wäre es oft unpraktisch, wenn man sich einzig und allein darauf stützen würde.

Im einfachsten Wasserbehandlungssystem wird das Abflusswasser in einen Klärteich geleitet, wo das Wasser durch Sedimentation geklärt wird und nach Filtration wieder als Betriebswasser verwendet werden kann (**Abbildung 24.30**). Dabei gibt es mehrere potentielle Probleme, z. B. muss verhindert werden, dass das Entwässerungssystem durch Feststoffe verstopft wird. Die Feststoffe, die sich im Klärteich abgesetzt haben, müssen von Zeit zu Zeit ausgebaggert werden und dieses Material muss anschließend wieder entsorgt werden.

Manchmal werden Absetzbecken aus Beton in der Nähe des Entstehungsortes des Abflusswassers verwendet. Diese kann man so gestalten, dass ein Frontlader in das Becken hineinfahren und die abgesetzten Feststoffe entfernen kann. In einem etwas kleineren Maßstab kann man Abfallcontainer als Klärbecken verwenden, mit dem Vorteil, dass man die Feststoffe durch das einfache Entleeren des Containers an das Materialtransportsystems zurückführen kann (**Abbildung 24.31**).

Ingenieurtechnisch konzipierte Wasserabscheidungs- und -rückgewinnungssysteme sind

Abbildung 24.29

Im Handel ist eine ganze Reihe von Systemen erhältlich, einschließlich Luft- „Messer“, bei denen Gebläse zur Erzeugung der für die Bandtrocknung erforderlichen Luftgeschwindigkeiten verwendet werden.

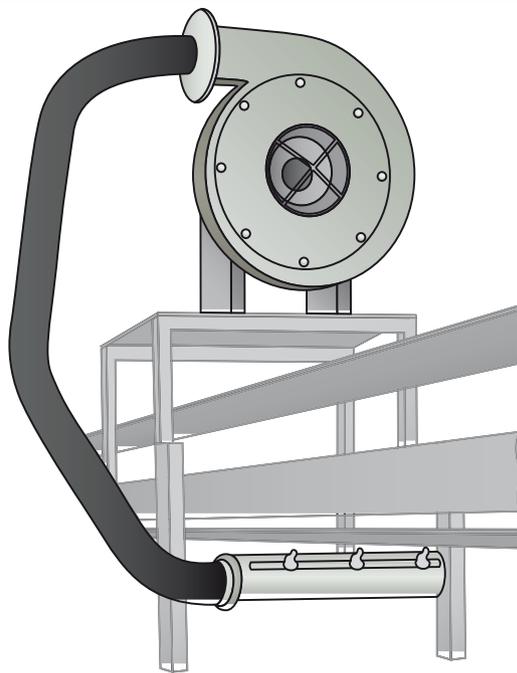


Tabelle 24.2

Vergleich verschiedener Methoden zur Trocknung des Bandes

Methode	Wirkungsgrad der Trocknung	Energieverbrauch	Anschaffungskosten	Betriebskosten
Wasserabstreifer	1	2	1	1
Abstreiferrolle	2	1	3	2
Pressluftmesser	3	3	2	3
Hochdruckgebläse	4	4	4	4

1 = niedrigster Wert, 4 = höchster Wert

im Handel verfügbar (**Abbildung 24.32**). Modulare Wasser-Recyclingsysteme können kontinuierlich bis zu 1250 l/min umsetzen; für größere Mengen sauberen Wassers können die Module kombiniert werden.

In einigen Fällen kann ein chemischer Zusatz verwendet werden, um die Sedimentation der Feststoffe zu beschleunigen. Dazu müssen jedoch die Geräte laufend überwacht und gewartet werden, damit sichergestellt werden kann, dass die Chemikalie jederzeit für das System verfügbar ist.

Für Schüttgüter, die sich nicht so leicht benetzen lassen und die eine ähnliche oder geringere Dichte als Wasser aufweisen, sind Systeme zur mechanischen Filterung oder für Chemikaliensätze erforderlich. Es steht eine Vielfalt an mechanischen Mitteln zur Verfügung, z. B. Filterpressen, Entwässerungssiebe, Hydrozyklone und Klärbehälter. Jedoch sind die meisten Schüttgüter, die in großen Mengen transportiert werden, schwerer als Wasser und können daher mit Hilfe eines einfachen und wirksamen geneigten Schrauben-/Schneckenförderers getrennt werden.

Bei der Gestaltung eines kompletten Waschkasten-Systems muss der Abschnitt mit der Waschwirkung zuerst konstruiert werden, um danach die Betriebsparameter des Systems festlegen zu können. Anschließend kann das Recyclingsystem für das Wasser entwickelt werden, damit die für die Waschleistung erforderliche Wasserkapazität zur Verfügung gestellt werden kann. Oft wird übersehen, dass der Ablauf eines Waschkastens für Verstopfungen anfällig ist. Deshalb sollte er entweder aus einem offenen Kanal oder aus einem Rohr mit großem Durchmesser und nach Möglichkeit wenigen Biegungen bestehen. Ferner sollte er auch mit vielen Reinigungsöffnungen oder Spülanschlüssen versehen werden, damit man das Rohr ausräumen und mit viel Wasser durchspülen kann (**Abbildung 24.33**).

Die Rückgewinnung der Feststoffe

Die im Abflusswasser des Waschkastens enthaltenen Materialien kann man zurückgewinnen. Dies ist in jenen Betrieben wichtig, in denen das Material besonders wertvoll ist und/oder wenn das Material bereits irgendeiner Verarbeitung oder Behandlung unterworfen worden ist.



Abbildung 24.30

Im einfachsten Wasserbehandlungssystem wird das Abflusswasser in einen Klärteich geleitet, wo das Wasser durch Sedimentation geklärt wird und nach Filtration wieder als Betriebswasser verwendet werden kann.



Abbildung 24.31

Abfallcontainer können als Klärbecken verwendet werden, mit dem Vorteil, dass man die Feststoffe durch das einfache Entleeren des Containers an das Materialtransportsystem zurückführen kann.



Abbildung 24.32

Ingenieurtechnisch konzipierte Wasserabscheidungs- und -rückgewinnungssysteme können kontinuierlich bis zu 1250 l/min umsetzen.

Wenn das Zusetzen des Wassers dem Verfahren kein Problem darstellt, können Schlämme direkt aus dem Waschkasten mittels einer Pumpe an die Ladung auf der Förderanlage oder in das Verfahren zurückgeführt werden. Muss das hinzugefügte Wasser aus verfahrenstechnischen Gründen wieder entfernt werden, kann das Wasser abgetrennt und die zurückgewonnenen Feststoffe können z. B. durch einen Schneckenförderer wieder auf das Band aufgebracht oder in das Verfahren zurückgeführt werden. Ein einfacher Sedimentationstest, in welchem man das Material in ein Gefäß mit Wasser eingibt und die Zeit bestimmt, die das Material benötigt, bis es sich auf dem Boden abgesetzt hat, gibt einen guten Anhaltspunkt für die zur Sedimentation erforderliche Verweildauer und ob ein Chemikalienzusatz zur Verbesserung der Sedimentation erforderlich ist.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Sprüh-Waschsystem

Das Fördersystem ist mit einem Sprüh-Gurtwaschsystem zu versehen, das unmittelbar hinter der Kopfschurre eingebaut ist und der abschließenden Entfernung von auf dem Band verbliebenen Materialrückständen dient. Dieses Sprüh-Waschsystem befindet sich in einem wasserdichten Metallgehäuse, ausgestattet mit einer Wasserversorgung und einem überdimensionierten Abfluss.

B. Größe

Das Gurtwaschsystem wird auf der Grundlage der Menge und den Eigenschaften des pro Quadratmeter Bandfläche zu erwartenden Rücklaufmaterials dimensioniert.

C. Wassersprühbalken

Das Gehäuse ist mit mindestens einem Wassersprühbalken mit ingenieurtechnisch ausgelegten Düsen auszustatten, wobei die Düsen so zu platzieren sind, dass der gesamte für den Transport der Ladung genutzte Teil des Bandes benetzt und dass das zu entfernende Material durch den Abfluss aus dem Kasten herausgespült wird.

D. Sekundärabstreifer

Der Waschkasten ist mit mindestens zwei Sekundärabstreifern auszustatten, um Feianteile und Wasser von der für den Transport der Ladung genutzten Oberfläche des Bandes zu entfernen.

E. Zugang

Der Waschkasten ist mit wasserdichten Zugangstüren auszustatten, um die Kontroll- und Wartungsarbeiten zu erleichtern.

F. Andruck-Rollen

Das Sprüh-Waschsystem ist mit mindestens drei Andruck-Rollen über dem Band auszustatten, die das Band gegen das aufgesprühte Wasser und gegen die Reinigungskanten in Position halten.

G. Abflusssystem

Das Volumen und die Durchflussmenge des Spülwassers sowie die Gestaltung des Abflusssystemes müssen ausreichend bemessen sein, um ein Absetzen der festen Schüttgüter zu verhindern.

Abbildung 24.33

Der Ablauf eines Waschkastens sollte entweder aus einem offenen Kanal oder aus einem Rohr mit großem Durchmesser mit so wenig Biegungen wie möglich bestehen und mit einigen Reinigungsöffnungen versehen werden, damit man das Rohr ausräumen und mit viel Wasser durchspülen kann.



WEITERFÜHRENDE THEMEN

Die Vorgehensweise bei der Entwicklung eines Waschkasten-Systems

Bei der Entwicklung einer Gurtwaschstation ist es von Vorteil, wenn eine komplette Systemanalyse vorliegt, in der eine ganze Reihe von Faktoren berücksichtigt worden sind, unter anderem die gesamte bauliche Aufstellung der Förderanlage und des Wasser-Recyclingsystems, der für die Trocknung und für die Wasserbehandlung erforderliche Energiebedarf und die Abscheidungsfähigkeit der Feststoffe bei der Abtrennung vom Wasser.

Wird der Einbau eines Waschkastens in Erwägung gezogen, gibt es eine Reihe von Fragen, die zu berücksichtigen sind. Dazu gehören:

- Wie viel Wasser wird für den Waschkasten verwendet?
- Wie sauber wird das Band beim Eintritt in den Waschkasten sein?
- Wie sauber muss das Band sein, wenn es den Waschkasten verlässt?
- Wie trocken wird das Band sein?
- Was geschieht mit dem Abflusswasser (der Mischung aus Feststoffen und Wasser)?

Diesen Fragen kann mit angemessener Genauigkeit beantwortet werden, wenn detaillierte Informationen über die Eigenschaften des Schüttguts, über die Bedingungen an der Grenzfläche zwischen dem Band und dem Schüttgut, über die Menge an vorhandenem Rücklaufmaterial und über die allgemeine Auswahl der Geräte im Waschkasten vorliegen.

Musterbeispiel

Der Ansatz bei der Entwicklung eines groben Entwurfs für ein Waschkasten-System lautet:

- Bestimmen Sie die Menge des Rücklaufmaterials, das pro Tag in den Waschkasten eingetragen wird ($Cb_{\text{day-in}}$).
- Bestimmen Sie die Soll-Menge an Rücklaufmaterial, die pro Tag aus dem Waschkasten ausgetragen wird ($Cb_{\text{day-out}}$).
- Bestimmen Sie die Menge an Abflusswasser, die pro Minute umzusetzen ist.
- Berücksichtigen Sie Optionen und sonstige Fragen.

Diese vier Punkte können durch Befolgung der nachfolgenden vier Schritte beantwortet werden.

Schritt 1: Berechnen Sie das Rücklaufmaterial auf dem Band, das pro Tag in den

$Cb_{\text{day-in}} = BW \cdot CW \cdot S \cdot T \cdot Cb_{\text{in}} \cdot k$			
Gegeben: Ein 1,2 m (48 Zoll) breites Band mit einer gereinigten Breite von 67 Prozent, das mit einer Geschwindigkeit von 3,5 m/s (700 ft/min) läuft, weist eine gemessene Menge an Rücklaufmaterial von 100 g/m ² (0,33 oz/ft ²) bei 24-stündigem Betrieb auf.			
Gesucht: Die in den Waschkasten eingetragene Rücklaufmaterialmenge pro Tag.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
$Cb_{\text{day-in}}$	Pro Tag in den Waschkasten eingetragene Menge an Rücklaufmaterial	Tonnen	short tons
BW	Bandbreite	1,2 m	4 ft
CW	Gereinigte Breite des Bandes	0,67 (67%)	0,67 (67%)
S	Bandgeschwindigkeit	3,5 m/s	700 ft/min
T	Zeit pro Tag	86400 s	1440 min
Cb_{in}	Menge an Rücklaufmaterial, die den Waschkasten erreicht	100 g/m ²	0,33 oz/m ²
k	Umrechnungsfaktor	1×10^{-6}	$3,12 \times 10^{-5}$
Metrisch: $Cb_{\text{day-in}} = 1,2 \cdot 0,67 \cdot 3,5 \cdot 86400 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 24,3$			
Amerikanisch: $Cb_{\text{day-in}} = 4 \cdot 0,67 \cdot 700 \cdot 1440 \cdot 0,33 \cdot 3,12 \cdot 10^{-5} = 27,8$			
$Cb_{\text{day-in}}$	Pro Tag in den Waschkasten eingetragene Menge an Rücklaufmaterial	24,3 t	(27,8 st)

Ergebnis Schritt 1: Pro Tag werden 24,3 t (27,8 st) Rücklaufmaterial in den Waschkasten eingetragen.

Gleichung 24.1

Berechnung der täglich in den Waschkasten eingetragenen Rücklaufmaterialmenge

Waschkasten eingetragen wird (Cb_{day-in})
(**Gleichung 24.1**)

Schritt 2: Berechnen Sie die Soll-Menge an Rücklaufmaterial, die pro Tag beim Austritt des Bandes aus dem Waschkasten ausgetragen wird ($Cb_{day-out}$) (**Gleichung 24.2**)

Schritt 3: Bestimmen Sie die Menge an Abflusswasser, die pro Minute umzusetzen ist (**Gleichung 24.3**)

Schritt 4: Berücksichtigen Sie Optionen und zusätzliche Fragen

Eine detailliertere Studie und eine theoretische Analyse, in Kombination mit tatsächlich vor Ort durchgeführten Prüfungen, würden zusätzliche Faktoren und Variablen liefern, die bei der Untersuchung weiterer Optionen verwendet werden könnten. Zu den zusätzlichen Fragen, die jetzt berücksichtigt werden können, gehören:

- A. Ist eine Menge von 10 g/m² zu viel Rücklaufmaterialmaterial auf dem Band, wenn es den Waschkasten verlässt? (Rücklaufmaterial wird als Trockengewicht des Materials gemessen.)
- B. Wie nass ist das Band, wenn es den Waschkasten verlässt?

C. Wie kann der Gesamtwasserverbrauch reduziert werden?

Um dieses Beispiel nicht in die Länge zu ziehen, müssen bezüglich des Feuchtigkeitsgehalts des Rücklaufmaterials (50 %) und des Abflusswassers (15 %) diese Werte einfach angenommen werden, um diese Fragen zu beantworten. Diese Annahmen beruhen auf Erfahrungen bei der Gestaltung von Waschkästen.

Ist eine Menge von 10 g/m² zu viel Rücklaufmaterialmaterial, das auf dem Band verbleibt, wenn es den Waschkasten verlässt?

Wie bereits in der Diskussion über Rücklaufmaterialmengen festgestellt, werden 10 g/m² als ein sauberes Band betrachtet (Siehe Kapitel 31: „Leistungsmessungen“). Prüfungen haben gezeigt, dass bei dieser Sauberkeitsstufe durchschnittlich nur etwa 50 Prozent des auf dem Band verbleibenden Rücklaufmaterials auf der Rücklaufstrecke vom Band fällt.

Die Bandreinigung ist eine Verfahrensweise, deren Ergebnisse sich in einer glockenförmigen Kurve darstellen lassen. Eine Rücklaufmaterialmenge von 10 g/m² ergibt sich aus Messwerten im Bereich von 20 g/m² bis zu manchmal 0 g/m². Um ein sauberes Band zu erreichen mit weniger als 10 g/m² an Rücklaufmaterial, muss-

Gleichung 24.2

Berechnung der täglichen Soll-Rücklaufmaterialmenge aus dem Waschkasten.

$$Cb_{day-out} = BW \cdot CW \cdot S \cdot T \cdot Cb_{out} \cdot k$$

Gegeben: Ein 1,2 m (48 Zoll) breites Band mit einer gereinigten Breite von 67 Prozent, das mit einer Geschwindigkeit von 3,5 m/s (700 ft/min) läuft, weist eine Soll-Menge an Rücklaufmaterial von 10 g/m² (0,033 oz/ft²) bei 24-stündigem Betrieb auf.

Gesucht: Die aus dem Waschkasten ausgetragene Rücklaufmaterialmenge pro Tag.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
$Cb_{day-out}$	Soll-Menge an Rücklaufmaterial, die pro Tag aus dem Waschkasten ausgetragen wird	Tonnen	short tons
BW	Bandbreite	1,2 m	4 ft
CW	Gereinigte Breite des Bandes	0,67 (67%)	0,67 (67%)
S	Bandgeschwindigkeit	3,5 m/s	700 ft/min
T	Zeit pro Tag	86400 s	1440 min
Cb_{out}	Soll-Menge an Rücklaufmaterial, die aus dem Waschkasten ausgetragen wird	10 g/m ²	0,033 oz/m ²
k	Umrechnungsfaktor	1 x 10 ⁻⁶	3,12 x 10 ⁻⁵
Metrisch: $Cb_{day-out} = 1,2 \cdot 0,67 \cdot 3,5 \cdot 86400 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 2,4$			
Amerikanisch: $Cb_{day-out} = 4 \cdot 0,67 \cdot 700 \cdot 1440 \cdot 0,033 \cdot 3,12 \cdot 10^{-5} = 2,8$			
$Cb_{day-out}$	Soll-Menge an Rücklaufmaterial, die pro Tag aus dem Waschkasten ausgetragen wird	2,4 t	(2,8 st)

Ergebnis Schritt 2: Pro Tag werden 2,4 t (2,8 st) Soll-Rücklaufmaterial aus dem Waschkasten ausgetragen.

te ein so hoher Anpressdruck aufgebracht werden, dass dadurch die Gurtoberfläche gefährdet wäre. Deshalb sind 10 g/m^2 eine akzeptable und praktische untere Grenze für das auf dem Band verbleibende Rücklaufmaterialmaterial.

Wie nass ist das Band, wenn es den Waschkasten verlässt?

Die auf dem Band verbleibende Wassermenge kann auf der Grundlage der Art des zur Wasserentfernung verwendeten Systems geschätzt werden. Die wirksamste Methode ist ein Hochgeschwindigkeits-Luftmesser.

Versuche haben bestätigt, dass der theoretische Wert von $6,0 \text{ g/m}^2$ auf dem Band verbleibendem Wasser bei laufenden Förderbändern bereits den untersten Wert darstellt, den man in der Praxis erreichen kann.

In unserem Beispiel, unter der Annahme dass 10 g/m^2 (Trockengewicht) Rücklaufmaterial mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 50 Prozent auf dem Band verbleiben, bedeutet dies, dass die gleiche Menge, nämlich 10 g/m^2 an Wasser auf dem Band verbleibt. (Hinweis: Ein $1,0 \mu\text{m}$ dicker

Film aus Rücklaufmaterial oder Wasser mit einer Dichte von $1,0$ entspricht $1,0 \text{ g/m}^2$.)

Wie kann der Gesamtwasserverbrauch reduziert werden?

Der Gesamtwasserverbrauch kann dadurch reduziert werden, dass das gesamte Wasser aus dem Abflusswasser wiedergewonnen und nur das erforderliche Ersatzwasser dem Waschkasten-System zugefügt wird. Theoretisch entspricht die erforderliche Menge an Ersatzwasser der Wassermenge, die auf dem Band verbleibt wenn es den Waschkasten verlässt, plus der im abgeschiedenen Feststoff verbliebenen Wassermenge. Es gibt jedoch noch andere systemtechnische Verluste in einem Waschkasten, wie z. B. undichte Stellen, Spritzverluste und Verluste durch Verdunstung. Die aus dem Waschkasten ausgetragene Wassermenge, die im Rücklaufmaterial und in den recycelten Feststoffen enthalten ist, entspricht normalerweise mindestens der Hälfte des erforderlichen Ersatzwassers. Da die Zuführung des Ersatzwassers normalerweise von einem Niveau-/Füllstandsanzeiger im Absetzbehälter gesteuert wird, ist der Bedarf nicht konstant. Deshalb sollte das Ersatzwas-

Gleichung 24.3

Berechnung der pro Minute umgesetzten Menge an Abflusswasser

$$E_m = \frac{(Cb_{\text{day-in}} - Cb_{\text{day-out}}) \cdot k}{\rho \cdot T} + (W_{SB} + W_F)$$

Gegeben: Ein Waschkasten, in den $24,3 \text{ t}$ ($27,8 \text{ st}$) Rücklaufmaterial eingetragen und $2,4 \text{ t}$ ($2,8 \text{ st}$) Rücklaufmaterial ausgetragen werden. Die Dichte des Materials beträgt 1 kg/l ($62 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$). Die Spritzlanzen und das Spülsystem im Waschkasten verbrauchen jeweils 100 l/min (25 Gal./min) in 24-stündigem Betrieb.

Gesucht: Die Abflusswassermenge pro Minute Betrieb.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
E_m	Pro Minute umgesetztes Abflusswasser	Liter pro Minute	Gallonen pro Minute
$Cb_{\text{day-in}}$	Pro Tag in den Waschkasten eingetragene Menge an Rücklaufmaterial	$24,3 \text{ t}$	$(27,8 \text{ st})$
$Cb_{\text{day-out}}$	Soll-Menge an Rücklaufmaterial, die pro Tag aus dem Waschkasten ausgetragen wird	$2,4 \text{ t}$	$(2,8 \text{ st})$
k	Umrechnungsfaktor	1000	14960
ρ	Dichte des Schüttgutes	1 kg/l	$62 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$
T	Zeit pro Tag	1440 min	1440 min
W_{SB}	Wasserverbrauch für Spritzlanzen	100 l/min	25 Gal./min
W_F	Wasserverbrauch zum Spülen des Waschkastens	100 l/min	25 Gal./min
Metrisch: $E_m = \frac{(24,3 - 2,4) \cdot 1000}{1 \cdot 1440} + (100 + 100) = 215$			
Amerikanisch: $E_m = \frac{(27,8 - 2,8) \cdot 14960}{62 \cdot 1440} + (25 + 25) = 54$			
E_m	Pro Minute umgesetztes Abflusswasser	215 l/min	54 Gal./min

Ergebnis Schritt 3: In dem System werden 215 l Abflusswasser pro min (54 Gal./min) umgesetzt.

tersystem übergroß dimensioniert sein, damit der Behälter immer auf dem richtigen Niveau gehalten wird, ohne dass man dies andauernd prüfen muss.

Die erforderliche Menge an Ersatzwasser kann man berechnen (**Gleichung 24.4**).

Der Waschkasten benötigt 200 l Wasser pro Minute. Dadurch, dass man nur die erforderliche Menge an Ersatzwasser zusetzt und das Abflusswasser recycelt, verbraucht der Betrieb nur 8,6 l/min. Man spart also 191,4 l Wasser pro Minute. Das recycelte Wasser kann zum spülen des Waschkastens verwendet werden und/oder in Sprühdüsen mit großen Öffnungen. Der größte Teil des Ersatzwassers kann durch Aufsprühen von geringen Mengen an sauberem Wasser auf den letzten Fördergurtreiniger oder Wasserabstreifer im Waschkasten angebracht werden. Dieses Beispiel, obwohl vereinfacht, ist typisch für ein Förderband - Gurtwaschsystem mit dieser Bandbreite und -geschwindigkeit

unter Einsatz einer mechanischen Methode zur Wiedergewinnung des Wassers und der Feststoffe.

ÜBER DIE GESTALTUNG VON GURTWASCHSYSTEMEN

Und zum Abschluss...

Durch die Kombination wirksamer Fördergurtreiniger mit einer Sprüh-Waschtechnik, der Nachbehandlung des Abflusswassers und einem Bandtrocknersystem erhält man ein Gurtwaschsystem nach dem neuesten Stand der Technik. Durch solch ein System kann das Band ordentlich sauber und trocken gehalten werden, die Feststoffe können zu vernünftigen Kosten wiedergewonnen und verwertet werden und es wird nur eine minimale Menge an sauberem Wasser verbraucht. Wo die räumlichen Gegebenheiten beschränkt sind, können die Elemente so konstruiert werden, dass sie in umschlossene Räume hineinpassen, aber mit dem

Gleichung 24.4

Berechnung der pro Minute erforderlichen Ersatzwassermenge

$$M_w = \left[\left(\frac{Cb_{day-out}}{1 - M_{Cb}} \right) + \left(\frac{Cb_{day-in} - Cb_{day-out}}{M_E} \right) \right] \cdot SF \cdot k$$

Gegeben: Ein Waschkasten, in den 24,3 t (27,8 st) Rücklaufmaterial eingetragen werden und 2,4 t (2,8 st) Rücklaufmaterial ausgetragen werden, wobei das Rücklaufmaterial einen Feuchtigkeitsgehalt von 50 Prozent aufweist und das Abflusswasser einen Feuchtigkeitsgehalt von 15 Prozent.

Gesucht: Die pro Minute erforderliche Menge an Ersatzwasser.

Variablen		Metrisch	Amerikanisch
M_w	Ersatzwasser pro Minute	Liter pro Minute	Gallonen pro Minute
Cb_{day-in}	Pro Tag in den Waschkasten eingetragene Menge an Rücklaufmaterial	24,3 t	(27,8 st)
$Cb_{day-out}$	Pro Tag aus dem Waschkasten ausgegangene Menge an Soll-Rücklaufmaterial	2,4 t	(2,8 st)
k	Umrechnungsfaktor	0,69	0,17
M_{CB}	Feuchtigkeitsgehalt des Rücklaufmaterials	0,5 (50%)	0,5 (50%)
M_E	Feuchtigkeitsgehalt des Abflusswassers	0,15 (15%)	0,15 (15%)
SF	Sicherheitsfaktor, um andere Verluste auszugleichen	2	2
Metrisch: $M_w = \left[\left(\frac{2,4}{\left(\frac{1 - 0,5}{0,5} \right)} \right) + \left(\frac{24,3 - 2,4}{\left(\frac{1 - 0,15}{0,15} \right)} \right) \right] \cdot 2 \cdot 0,69 = 8,6$			
Amerikanisch: $M_w = \left[\left(\frac{2,8}{\left(\frac{1 - 0,5}{0,5} \right)} \right) + \left(\frac{27,8 - 2,8}{\left(\frac{1 - 0,15}{0,15} \right)} \right) \right] \cdot 2 \cdot 0,17 = 2,5$			
M_w	Ersatzwasser pro Minute	8,6 l/min	2,5 Gal./min



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Allgemein gesagt, gelten für ein Gurtwaschsystem im Wesentlichen dieselben sicherheitsrelevanten Fragen wie für andere Gurtreinigungssysteme, mit der Ausnahme, dass hier normalerweise unter Druck stehende Flüssigkeiten hinzugefügt werden und dass Hilfsgeräte wie z. B. Pumpen oder Schneckenförderer vorhanden sein können, die möglicherweise automatisch anlaufen. (Siehe Kapitel 14: „Bandreinigung“ für eine Übersicht über die sicherheitsrelevanten Fragen in Bezug auf Gurtreinigungssysteme.)

Es müssen ordnungsgemäße Sicherheitsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden. Vor der Durchführung von Wartungsarbeiten sind Hilfsgeräte, wie z. B. Pumpen und

Schneckenförderer von der Stromversorgung zu trennen und alle mit Druck beaufschlagten Systeme, wie z. B. Pressluft und Wasser, müssen ausgeschaltet und drucklos gemacht werden.

Die Durchführung von Kontroll- und Wartungsarbeiten an Waschkästen erfordert Zugangsmöglichkeiten von beiden Seiten der Förderanlage. Es ist für einen ausreichend bemessenen Arbeits- und Bewegungsraum zu sorgen. Bei Gegenwart von Wasser können Decks, Böden und Treppenaufgänge rutschig sein, deshalb ist bei Annäherung an oder bei Arbeiten in der Umgebung dieser Systeme immer Vorsicht geboten. Bei der Durchführung von Kontrollen an Gurtwaschsystemen sollte mit der entsprechenden Vorsicht vorgegangen werden, damit man sich nicht dem Sprühnebel und den eventuell darin enthaltenen Materialpartikel aussetzt.

Nachteil, dass dies zu einer entsprechenden Verminderung der Wirksamkeit der Reinigung führt und dass der Betrieb und die Wartung darunter zu leiden haben.

Gurtwaschsysteme vereinigen in sich alle wünschenswerten Eigenschaften eines kompletten Gurtreinigungssystems. Durch die Auswahl des für die Anwendung geeigneten Geräts können die Kosten reduziert werden und auf der Grundlage erfüllter Umweltschutzvorschriften, der Wiedergewinnung des Rücklaufmaterials, verminderter Reinigungskosten und einer verlängerten Standzeit der Komponenten lässt sich eine überzeugende Kapitalrendite berechnen.

Vorausblick...

In diesem Kapitel über Gurtwaschsysteme, dem vierten Kapitel im Abschnitt über führende Konzepte, wird die Verwendung von Wasser in Verbindung mit Gurtreinigungssystemen erörtert, mit der Zielsetzung der Verminderung des Rücklaufmaterials und ebenso der Reduzierung der dadurch an Förderanlagen verursachten Schäden. Das folgende Kapitel über Materialkunde ist das abschließende Kapitel in diesem Abschnitt.

REFERENZEN

- 24.1 Planner, J.H. (1990). "Water as a means of spillage control in coal handling facilities." [Wasser als Mittel zur Vermeidung von Materialverlusten in kohleverarbeitenden Einrichtungen] In *Proceedings of the Coal Handling and Utilization Conference: Sydney, Australien*, Seiten 264–270. Barton, Australian Capital Territory, Australien: The Institution of Engineers, Australien.
- 24.2 Stahura, Richard. P., Martin Engineering. (1987). Conveyor belt washing: Is this the ultimate solution? [Das Waschen von Förderbändern: Ist dies die ultimative Lösung?] *TIZ-Fachberichte*, Band 111, Nr. 11, Seiten 768–771. ISSN 0170-0146.
- 24.3 University of Illinois. (1997). *High Pressure Conveyor Belt Cleaning System* [Hochdruckreinigungssystem für Förderbänder]. Unveröffentlichte Studie für Martin Engineering.

- 24.4 University of Newcastle Research Associates (TUNRA). Unbetitelt, unveröffentlichte Studie im Auftrag von Engineering Services and Supplies P/L (ESS).
- 24.5 University of Illinois. (2005). *Design of Conveyor Belt Drying Station [Gestaltung einer Trockenstation für Förderbänder]*. Unveröffentlichte Studie für Martin Engineering.
- 24.6 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (2004). *Standard for the Specification of Belt Cleaning Systems Based on Performance. [Standard für die Spezifikation von Bandreinigungssystemen, basierend auf dem Leistungsverhalten]*. *Bulk Material Handling by Conveyor Belt 5*, Seiten 3–8. Bearbeitet von Reicks, A. und Myers, M., Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- 24.7 Roberts, A.W.; Ooms, M.; und Bennett, D. *Conveyor Belt Cleaning – A Bulk Solid/Belt Surface Interaction Problem [Förderbandreinigung - ein Interaktionsproblem zwischen Schüttgut und Bandoberfläche]*. University of Newcastle, Australien: Department of Mechanical Engineering.
- 24.8 Spraying Systems Company (<http://www.spray.com>) enthält eine Vielfalt nützlichen Materials über die Grundlagen und die zur Verfügung stehenden Optionen in Bezug auf Sprühdüsen.

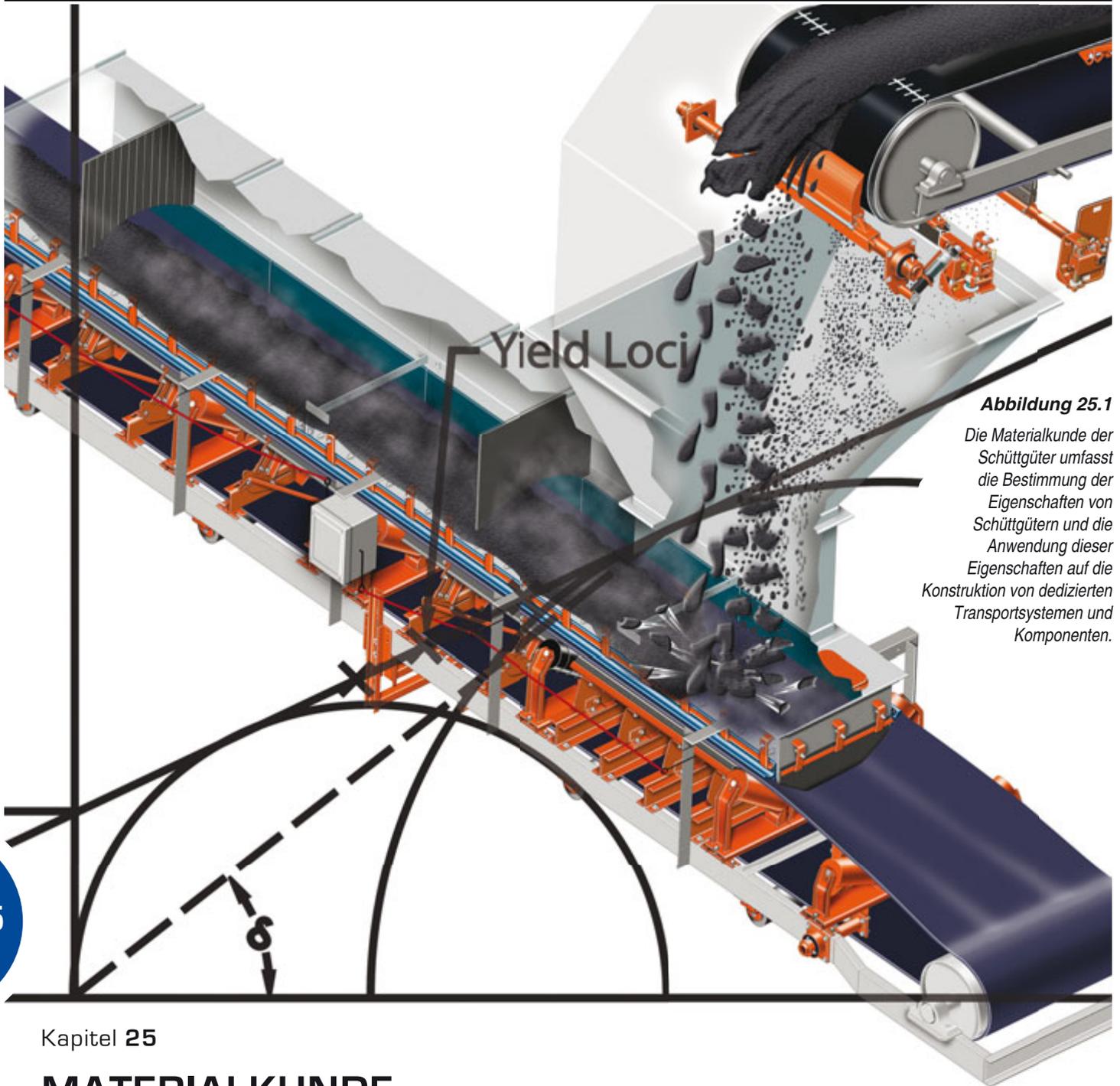


Abbildung 25.1

Die Materialkunde der Schüttgüter umfasst die Bestimmung der Eigenschaften von Schüttgütern und die Anwendung dieser Eigenschaften auf die Konstruktion von dedizierten Transportsystemen und Komponenten.

25

Kapitel 25

MATERIALKUNDE

Grundlegende Eigenschaften von Schüttgütern	399
Weitere Eigenschaften von Schüttgütern	402
Typische Anwendungen der Eigenschaften von Schüttgütern	406
Typische Spezifikationen.....	407
Sicherheitsrelevante Fragen.....	408
Weiterführende Themen	409
Materialkunde für bessere Fördersysteme nutzen	410

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel erörtern wir die Bedeutung der Prüfung der tatsächlich zu transportierenden Schüttgüter für die sachgerechte Gestaltung von Förderanlagen. Hier werden die sowohl grundlegenden als auch die weiterführenden Eigenschaften von Schüttgütern beschrieben und die zur Messung dieser Eigenschaften verwendeten Prüfverfahren zusammen mit typischen Anwendungen dargestellt.

Die Materialkunde der Schüttgüter ist eine bereichsübergreifende Disziplin und umfasst die Bestimmung der Eigenschaften von Schüttgütern sowie den Einfluss dieser Eigenschaften auf die Konstruktion von Transportsystemen und Komponenten für die Schüttguthandhabung. In dieser wissenschaftlichen Betrachtung werden die Interaktionen zwischen den Schüttgütern - sowohl als Körper und als einzelne Partikel - und den Oberflächen untersucht, welche mit dem Schüttgut in Berührung kommen. Seit der Konstruktion der ersten Förderanlagen werden die grundlegenden Eigenschaften von Schüttgütern, wie z. B. die Rohdichte und der Schüttwinkel, bei der Dimensionierung der Geräte und bei der Ermittlung des Leistungsbedarfs der Maschinen für die Schüttguthandhabung eingesetzt. Die moderne Materialkunde der Schüttgüter hat ihre Wurzeln in den Arbeiten von Andrew W. Jenike an der Universität von Utah. Dort wurden - auf der Grundlage der Festigkeitseigenschaften des Schüttguts bei verschiedenen Bedingungen - die für einen störungsfreien Stofffluss erforderliche Dimensionierung der Bunker bestimmt. Die von Jenike entwickelten Methoden werden zur Bestimmung des internen Zusammenhalts von Schüttgütern und der Reibung zwischen dem Schüttgut und den Oberflächen, mit denen es in Kontakt steht (z. B. mit dem Förderband oder der Übergabeschurre), verwendet. Diese Eigenschaften werden mit wachsendem Erfolg zur Vorhersage des Verhaltens und des Materialflusses von Schüttgütern beim Transport auf Gurtförderanlagen und beim Durchlaufen von Schurren verwendet, wodurch die Konstruktion sauberer, sicherer und produktiverer Systeme ermöglicht wird.

Aufgeführt ist auch eine Reihe von Referenzen mit typischen Eigenschaften vieler Schüttgüter (*Referenz 25.1*). Diese Referenzdaten sind normalerweise als allgemeine Beschreibung zu verstehen und obwohl sie für eine vorläufige Gerätekonstruktion nützlich sind, stellen sie kein bestimmtes Schüttgut unter den tatsächlichen Einsatzbedingungen dar. Werden die entsprechenden grundlegenden und weiteren

Eigenschaften des fraglichen Schüttguts nicht bestimmt, können bei der Konzeption der Schüttgutförderung ernste Fehler auftreten.

Für die Materialkunde der Schüttgüter gibt es viele Anwendungen, wie z. B. die Gestaltung von Bunkern, Schneckenförderern und Halden. In diesem Kapitel wird die eminente Bedeutung der Anwendung der Eigenschaften von Schüttgütern auf die Konstruktion von Gurtförderanlagen und von Komponenten zur Schüttguthandhabung erörtert (**Abbildung 25.1**).

GRUNDLEGENDE EIGENSCHAFTEN VON SCHÜTTGÜTERN

Viele der Grundeigenschaften und der Prüfungen für Schüttgüter sind in der Veröffentlichung CEMA STANDARD 550-2003 der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) beschrieben. Die am häufigsten bei der Gestaltung von Fördersystemen gebrauchten (oder missbrauchten) Eigenschaften werden nachfolgend vorgestellt.

Rohdichte

Die Rohdichte (ρ) eines Schüttgutes ist das Gewicht pro Volumeneinheit - kg/m^3 . Differenzen in der Rohdichte treten bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalten und im Transportverlauf des Schüttgutes auf dem Förderband durch Verdichtung und Entmischung aufgrund von Vibrationen auf.

Schüttdichte

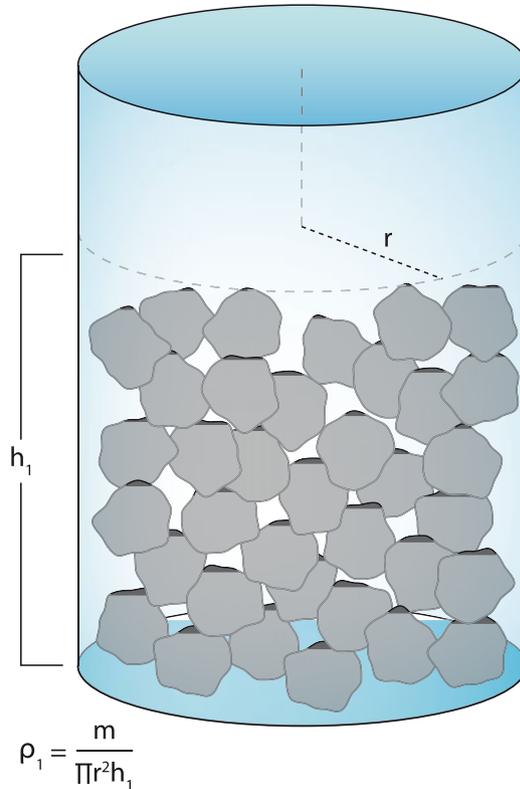
Die Schüttdichte (ρ_s) eines Schüttgutes ist das Gewicht pro Volumeneinheit, das an der Probe in einem losen oder unverdichteten Zustand gemessen worden ist (**Abbildung 25.2**). Die Schüttdichte ist immer bei der Konstruktion der Schurren im Beschickungsbereich und bei der Bestimmung der Einfassungshöhe und -breite anzuwenden, da sonst die konstruktiv vorgesehene Kapazität/Stoffmenge aufgrund des größeren Volumens im aufgelockerten Zustand nicht durch den Übergabepunkt hindurchfließt.

Rütteldichte

Die Rütteldichte (ρ_r) - manchmal als Rüttelschüttdichte bezeichnet - ist normalerweise die höchste Dichte, die beim Transport von Schüttgütern vorkommt (**Abbildung 25.3**). Dies wird durch das Einwirken einer Kompressionskraft (F) oder von Vibrationsenergie auf den Materialkörper erreicht. Die Rütteldichte wird für die Gewichtbestimmung des auf dem

Abbildung 25.2

Die Schüttdichte (ρ_1) eines Schüttgutes ist das Gewicht pro Volumeneinheit, das an der Probe in einem losen oder unverdichteten Zustand gemessen worden ist.



Band transportierten Materials auf Grundlage des Beaufschlagungswinkels verwendet. Ein Prozentsatz für die Kompressibilität lässt sich aus der Rüttelschüttdichte minus der Schüttdichte dividiert durch Rüttelschüttdichte mal 100 errechnen. Das oben genannte Verhältnis liegt selten oberhalb von 40 % und kann auch einen Tiefstwert von 3 % aufweisen, wodurch belegt ist, dass bei Berechnungen in Bezug auf die Dichte Vorsicht geboten ist.

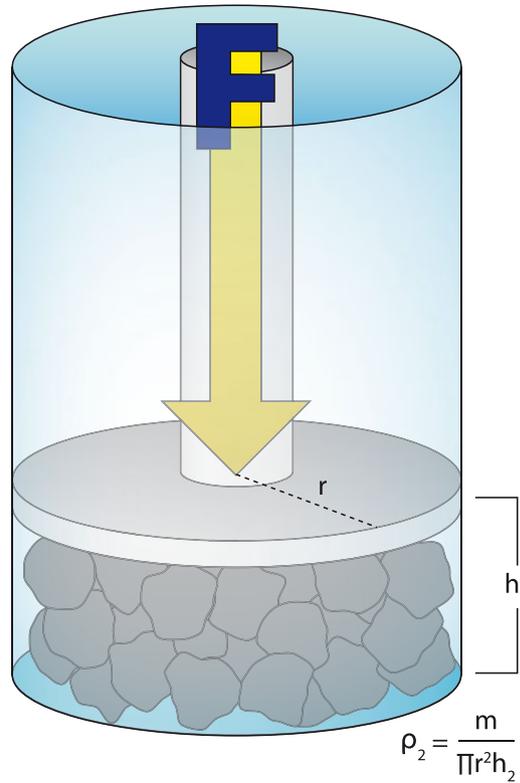
Zur Bestimmung der Rohdichte wurde eine ganze Reihe von Normen veröffentlicht, z. B. ASTM D6683-01 der American Society for Testing and Materials International (ASTM) (Referenz 25.2). Wenn es aber beim Transport von Schüttgütern um die Dichte geht, wird jedoch die Verwendung der in CEMA STANDARD 550-2003 beschriebenen Prüfmethode empfohlen.

Schüttwinkel

Der lose Schüttwinkel für Schüttgüter ist der Winkel zwischen einer waagerechten Linie und der geneigten, von der Spitze eines durch freien Fall gebildeten Haufwerks des Schüttguts bis zur Basis des Haufwerks reichenden Linie (**Abbildung 25.4**). Der Schüttwinkel für ein gegebenes Material kann jedoch in Abhängigkeit von der Art der Haufwerksbildung, der Dichte, der Partikelform, dem Feuchtigkeitsgehalt und der Gleichförmigkeit der Größe des Materials variieren. Weil der Schüttwinkel relativ leicht zu messen ist, wird er oft als ein einfach zu bestimmender Konstruktionsparameter verwendet. Dies kann jedoch aufgrund großer Schwankungen der Winkel einer gegebenen Schüttgutkategorie zu ernststen Fehlern führen. Zum Beispiel reicht der Schüttwinkelbereich für verschiedene Kohlearten nach der Auflistung in CEMA-Standard 550-2003 von 27 bis 45 Grad. Die Anwendung des Schüttwinkels sollte auf die Form der durch freien Fall gebildeten Haufwerke beschränkt werden.

Abbildung 25.3

Die Rütteldichte (ρ_2) - manchmal als Rüttelschüttdichte bezeichnet - ist normalerweise die höchste Dichte, die beim Transport von Schüttgütern vorkommt, und wird durch die Aufbringung einer Kompressionskraft (F) oder von Vibrationsenergie auf den Materialkörper erreicht.

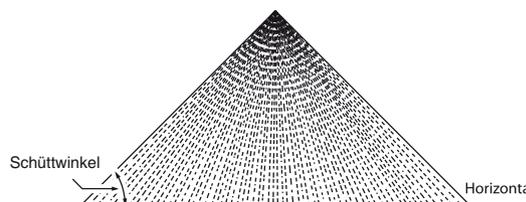


Beaufschlagungswinkel

Der Beaufschlagungswinkel ist der Winkel des Beladungsquerschnitts, gemessen als Neigung in Grad gegen die Horizontale (**Abbildung 25.5**). Das Symbol Θ_s wird häufig zur Darstellung des Beaufschlagungswinkels verwendet. Der Beaufschlagungswinkel eines Schüttgutes auf einem laufenden Band hängt von der Art der verwendeten Förderanlage ab. Bei einer Förderanlage mit gemuldetem Band wird die Oberseite des Beladungsquerschnitts des Schüttguts als Teil eines Kreisbogens betrachtet, dessen Enden an der freien Kantenbreite

Abbildung 25.4

Schüttwinkel



des Bandes auf die geneigten Bandseiten stoßen. (Siehe Kapitel 11: „Einhausungen“ für eine Diskussion über Kantenabstand.) Auf Förderanlagen mit senkrechten, pfannenartigen Seiten, wird die Oberseite des Beladungsquerschnitts als Teil eines Kreisbogens betrachtet, dessen Enden auf die senkrechten Seiten stoßen (**Abbildung 25.6**). Der Beaufschlagungswinkel wird durch die Neigung der Tangente zum Kreisbogen am Schnittpunkt bestimmt. Auf einem flachen Band oder Gliedergurtförderer hat die Schüttgutoberseite einen dreieckigen Querschnitt (**Abbildung 25.7**).

Bei der Gestaltung von Förderanlagen ist der Beaufschlagungswinkel nützlich bei der Bestimmung des Profils der auf dem Band aufliegenden Ladung bei verschiedenen Bandbreiten und Muldungswinkeln, wodurch die theoretische Bandtragfähigkeit bestimmt werden kann. In CEMA-Standard 550-2003 werden Standardprüfverfahren zur Bestimmung von Beaufschlagungswinkeln an Schüttgütern beschrieben.

Partikelgröße

Die Schüttgutgröße wird oft entweder über die maximale Partikelgröße des Materials oder in Form von Prozentanteilen des Materialdurchgangs durch eine Reihe von definierten Sieben beschrieben, was gemeinhin auch als Siebanalyse bezeichnet wird. Beide Messungen sind bei der Gestaltung von Förderanlagen wichtig.

Die Materialgröße wird oft als die Breite und Höhe des größten Partikels beschrieben. Zum Beispiel wird ein Material mit einer maximalen Partikelbreite und -höhe von 50 mm x 50 mm als 50 mm und kleiner bezeichnet. In der Praxis ist es jedoch so, dass die Länge des Partikels bis zu dreimal größer sein kann als die Breite oder die Höhe. Bei dem genannten Beispiel ergibt dies eine Länge von bis zu 150 mm. Diese Information ist bei der Größenbestimmung verschiedener Komponenten nützlich, z. B. in der Bestimmung der Breite von Schurren und Einhausungen. Eine allgemein angewendete Regel besagt, dass die Schurren- oder Einfassungsbreite mindestens zweimal so groß wie das größte Maß am Partikel sein sollte, um Staus im Materialfluss zu verhindern.

Eine Siebanalyse bietet die umfassendste Darstellung der Teilchengröße bei einem Schüttgut (**Abbildung 25.8**). In ASTM D 6393-99(2006) (Referenz 25.3) ist ein Prüfverfahren für die Siebanalyse festgelegt. Die Korngrößenverteilung ist eine tabellarische Darstellung der Prozentanteile des in jedem Korngrößen-

bereich vorhandenen Anteils der Materialgesamtprobe, wobei diese Anteile durch ein Sieb mit gegebener Maschenweite hindurchtreten und vom nächstkleineren Sieb zurückgehalten werden. Eine Korngrößenverteilungskurve ist normalerweise eine halblogarithmische Darstellung, bei der die Teilchengröße auf einer

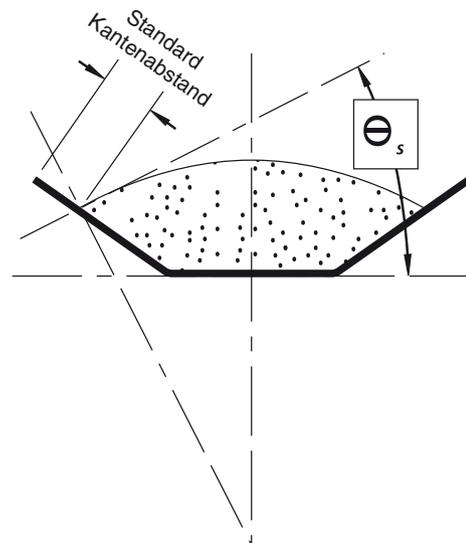


Abbildung 25.5

Beaufschlagungswinkel (Θ_s) für ein gemuldetes Band

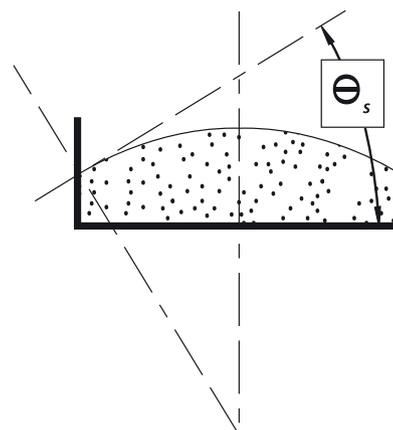


Abbildung 25.6

Beaufschlagungswinkel (Θ_s) für eine Schaufel-Aufgabevorrichtung oder ein Plattenband

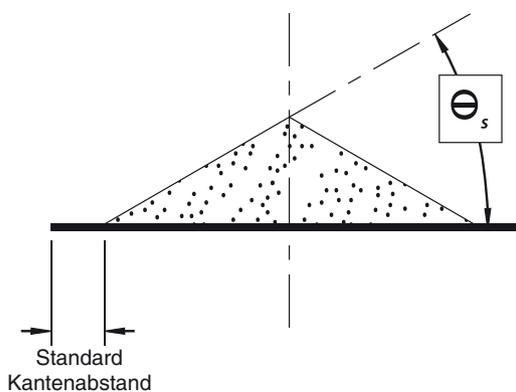


Abbildung 25.7

Beaufschlagungswinkel (Θ_s) für ein flachliegendes Band

logarithmischen Skala als Abszisse und der kumulative Prozentsatz des durch ein Sieb mit gegebener Maschenweite hindurchtretenden Materialgewichts als Ordinate aufgetragen wird (**Abbildung 25.9**). Die Kurvenform und die jeweilige Neigung eines geraden Teils zeigen die relative Einheitlichkeit der Größenverteilung der Probe an. Diese Information ist bei der Bestimmung der für die Berechnung der Luftströmungen erforderlichen Teilchengröße nützlich (siehe Kapitel 7: „Luftkontrolle“ für die Berechnung des Lufterintrags, bei der der Partikeldurchmesser (D) im Nenner in die Berechnung einfließt). Die Menge der eingetragenen Luft ist zum Partikeldurchmesser reziprok proportional; je kleiner der Durchmesser, desto mehr Luft wird eingetragen. Die Kenntnis des durchschnittlichen Partikeldurchmessers bietet eine vereinfachte Möglichkeit zur Berechnung des Lufterintrags auf der Grundlage des Prozentanteils der Partikel auf jeder Siebgröße.

WEITERE EIGENSCHAFTEN VON SCHÜTTGÜTERN

Feuchtigkeitsgehalt

Der Feuchtigkeitsgehalt ist die Gesamtmenge des in einem Schüttgut vorhandenen Wassers. Bei Schüttgütern gliedert sich diese Feuchtigkeit in die Oberflächenfeuchtigkeit (oder freie Feuchtigkeit) und die Kernfeuchte. Die Oberflächenfeuchtigkeit ist die Masse des zwischen den Partikeln, an der Oberfläche und in offenen Poren vorhandenen Wassers. Die Oberflächenfeuchtigkeit kann auf die Adhäsion, Kohäsion und den Wandreibungswinkel des Materials eine größere Wirkung haben. Die Kernfeuchte ist die Masse des innerhalb geschlossener Poren enthaltenen Wassers, aber ohne die in den Partikeln chemisch gebundene Feuchtigkeit. In der Schüttgutindustrie wird der Feuchtigkeitsgehalt auf das feuchte Material bezogen, d. h. er wird als Prozentsatz bezogen auf das feuchte Gesamtgewicht angegeben. Die üblichste Methode zur Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit

Abbildung 25.8

Die Siebanalyse bietet die umfassendste Darstellung der Teilchengröße bei einem Schüttgut.

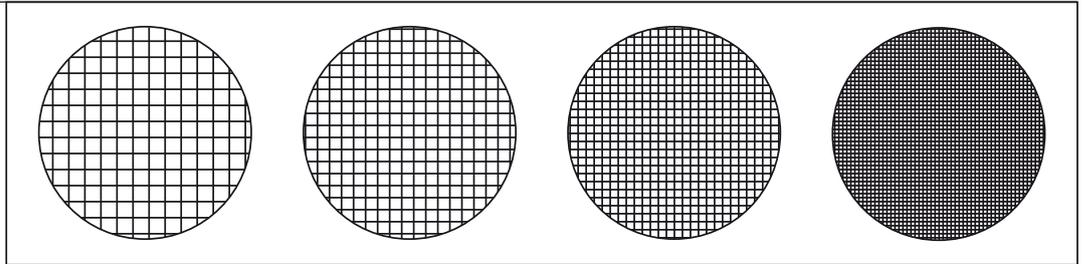
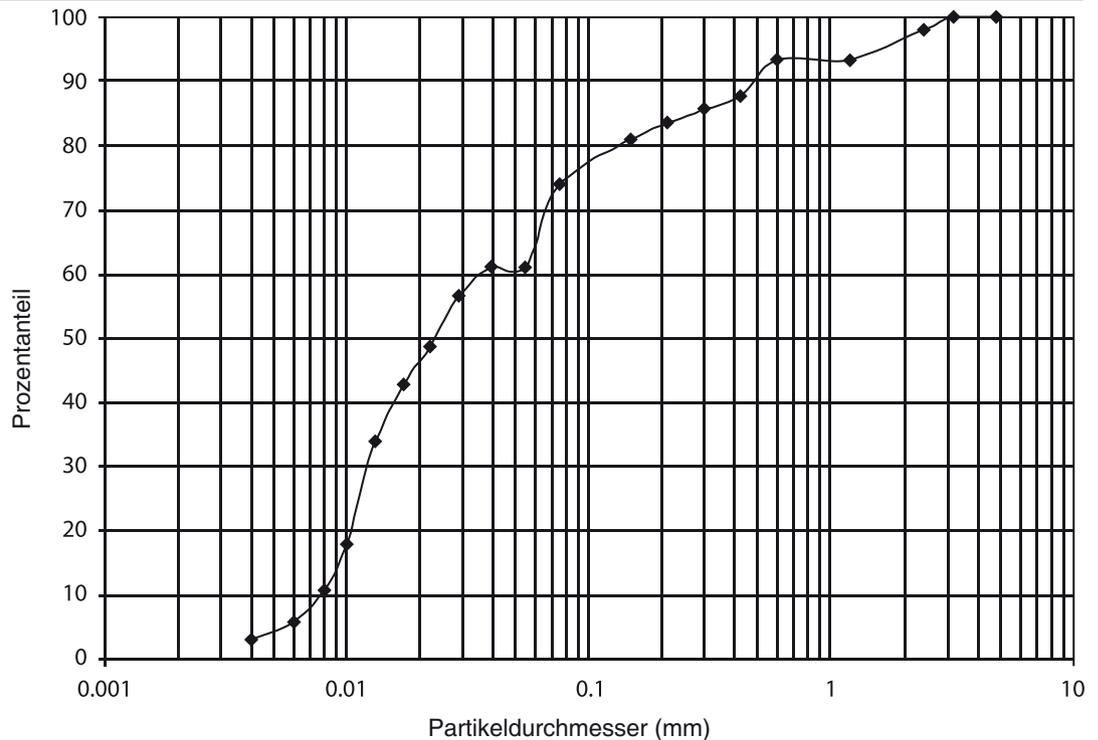


Abbildung 25.9

Eine Korngrößenverteilungskurve ist normalerweise eine halblogarithmische Darstellung.



ist die Trocknung der Probe in einem Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz mit anschließender Bestimmung des Gewichtsverlustes.

Benetzung und Sedimentation

Die Netzfähigkeit einer Lösung ist ein Maß für deren Fähigkeit, sich auf einem Schüttgut auszubreiten, es zu durchnässen und in das Schüttgut einzudringen. Dies ist wichtig, weil es das Leistungsverhalten von Staubunterdrückungssystemen und von Chemikalien mit dem speziellen Material beeinflusst und reflektiert.

Die Methoden zur Messung der Sedimentation beruhen auf der Anwendung des Gesetzes von Stokes, nach dem sich die Endgeschwindigkeit eines unter dem Einfluss eines Gravitationsfeldes (d. h. im freien Fall) in einem viskosen Fluid absetzenden isolierten sphärischen Körpers berechnen lässt. Für Materialien mit niedrigen Reynoldszahlen (d. h. unter laminaren Strömungsbedingungen) hängt die Endgeschwindigkeit vom Dichteunterschied zwischen dem Partikel und dem Medium und von der Viskosität sowie der Teilchengröße ab.

Die Sedimentation oder Absetzgeschwindigkeit ist ebenso wichtig für die Beurteilung des Leistungsverhaltens von Gurtwaschsystemen und von Staubunterdrückungssystemen bei bestimmten Materialien. Eine einfache und häufig verwendete Prüfung zur Bestimmung der Absetzgeschwindigkeit bei Schüttgütern in Wasser ist der so genannte „Jar Test“. In einfachster Form wird hier eine Probe des Schüttguts in einen Becher mit Wasser eingebracht und die Zeit bestimmt, die das Material benötigt, bis es sich auf dem Boden abgesetzt hat. Die Durchführung der Prüfung ist in ASTM D 2035-08 detailliert beschrieben (Referenz 25.4).

Innere Spannung

Die innere Spannung in einem Material kann nicht direkt gemessen werden. Sie lässt sich aus den Kräften ableiten, die pro Flächeneinheit des Schüttguts bei der durch externe Kräfte herbeigeführten Trennungs-, Verdichtungs- oder Gleitwirkung auftreten. Die Normalspannung bezieht sich auf die Spannung, die durch senkrecht zur Querschnittsfläche des Materials wirkende Kräfte hervorgerufen wird. Die Scherspannung resultiert aus den parallel zur Ebene der Querschnittsfläche wirkenden Kräften (Abbildung 25.10). Die Spannung wird als Kraft pro Flächeneinheit angegeben.

Die Arbeit von Jenike konzentrierte sich auf die aus der Scherfestigkeit des Materials

hergeleiteten Eigenschaften von Schüttgütern. Ihr Schwerpunkt bildete die Bestimmung der Dimensionen des Auslasses eines Lagerbunkers bei Wahrung zuverlässigen Masseflusses unter Schwerkrafteinwirkung und der auf die Wandungen von Vorratsbehältern wirkenden Kräfte, um eine sichere Gestaltung von Bunkern zu ermöglichen. Viele der Methoden aus seiner Arbeit werden erfolgreich auf den Transport von Schüttgütern mittels Förderanlagen angewandt.

Die Fließeigenschaften eines Schüttguts können aus der Messung der zur Scherung des Schüttgutes in einer Scherzelle erforderlichen Kraft abgeleitet werden (Abbildung 25.11). Es gibt mehrere Hersteller von Scherzellen und Prüfverfahren zur Bestimmung der Eigenschaften von Schüttgütern, wie z. B. ASTM D 6128-06 (Referenz 25.5) oder ASTM D 6773-02 (Referenz 25.6). Normalerweise werden die Prüfungen nur an den Feinteilen des Schüttgutes durchgeführt, weil sie typischerweise die größten Adhäsions- und Kohäsionswerte aufweisen. Scherzellenprüfungen sind aufgrund der großen Anzahl der zur Bestimmung der Eigenschaften bei verschiedenen Feuchtigkeitsgehalten und Verdichtungsstufen erforderlichen Prüfungen zeitaufwendig. Die Wiederholbarkeit der Prüfergebnisse erfordert eine sorgfältige Probenaufbereitung und Durchführung der Prüfung durch qualifiziertes Personal.

Bei der Durchführung dieser Prüfungen sind als Größen die Haupt- oder Verdichtungskraft (V) und die Probefläche bekannt. Gemessen wird die zur Abscherung des Schüttgutes erforderliche Scherkraft (S). Die Scherkraft und die Scherfläche dienen zur Bestimmung der Scherspannung und der Normalspannung bei verschiedenen Verdichtungsdrücken und Feuchtigkeitsgehalten unter Verwendung des Mohr'schen Spannungskreises. Der Mohr'sche Spannungskreis stellt die Spannungen in Schnittebenen bei Neigung in allen möglichen Winkeln dar. Die Lage des Mohr'schen Span-

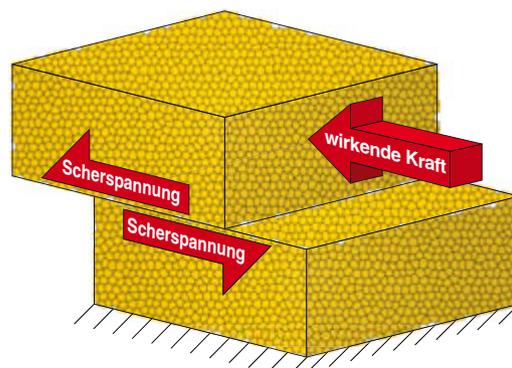


Abbildung 25.10

Die Scherspannung resultiert aus den parallel zur Ebene der Querschnittsfläche wirkenden Kräften.

Abbildung 25.11

Unter Verwendung einer Scherzelle können die Fließeigenschaften eines Schüttgutes aus der zur Scherung des Schüttgutes erforderlichen Kraft abgeleitet werden.

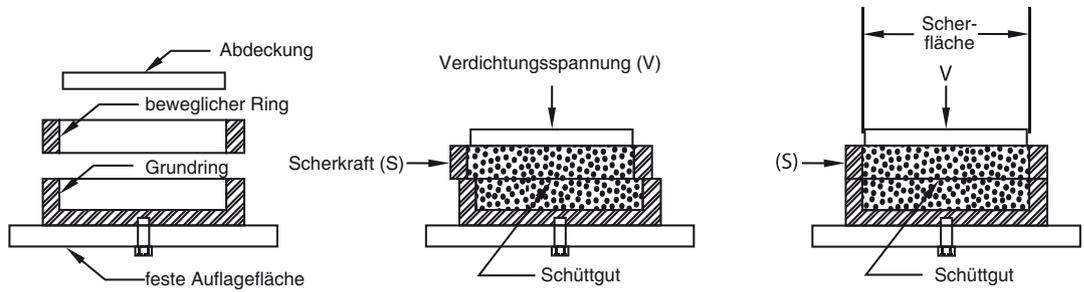
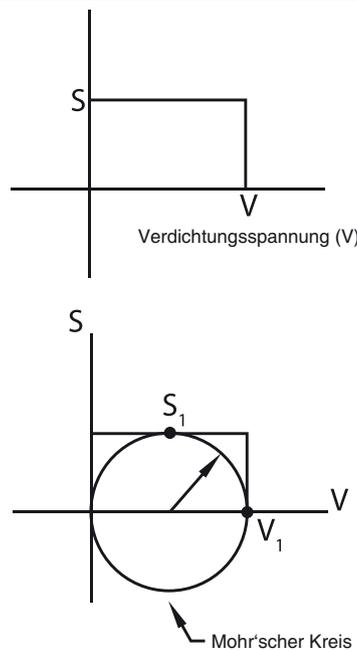


Abbildung 25.12

Das Konzept des Mohr'schen Kreises



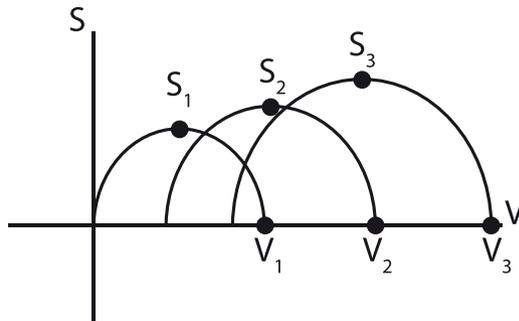
nungskreis ist durch die zwei Hauptspannungen definiert (**Abbildung 25.12**). Anzumerken ist noch, dass ein Schüttgut Scherspannungen übertragen kann, selbst wenn es sich in Ruhe befindet. Auch Verdichtungsspannungen sind bei Schüttgütern als positive Spannungen definiert.

Innerer Reibungswinkel

Werte für die innere Reibung können durch eine Serie von Scherprüfungen bei verschiedenen Verdichtungsdrücken bestimmt werden. Der innere Reibungswinkel ist der Winkel, an dem die Partikel in einem Schüttgut innerhalb eines Haufwerks übereinander hinweggleiten oder, mit anderen Worten, in Folge wirkender Scherkräfte versagen. Dieser Winkel liegt zwischen der Horizontalen und der Tangente der Geraden, die die Änderung in der Scherspannung bei zunehmender Verdichtungsspannung definiert (**Abbildung 25.13** und **Abbildung 25.14**).

Abbildung 25.13

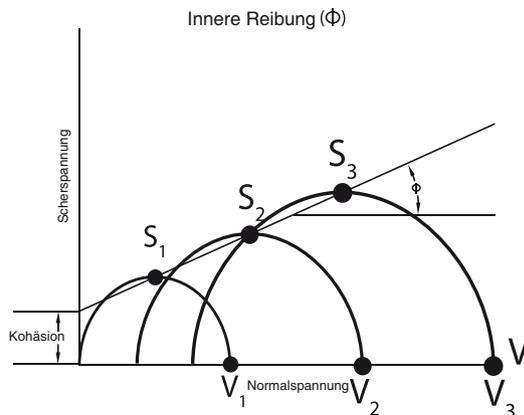
Eine Serie von Scherprüfungen bei verschiedenen Verdichtungsdrücken



Die Jenike Methode verwendet ausschließlich einen Effektivwinkel der inneren Reibung, den Winkel zwischen der Horizontalen und einer Ursprungsgeraden, die als Tangente zum Mohr'schen Kreis den Verdichtungsdruck darstellt (**Abbildung 25.15**).

Abbildung 25.14

Innere Reibung (Φ)



Schüttgüter entsprechen nicht den gleichen Spannung-Verformungs-Beziehungen, denen Metalle, Glas und starre Kunststoffe unterliegen. Schüttgüter haben keine definierte Fließspannung wie Stahl oder andere Materialien, sondern eine Fließfläche. Sie besteht aus Fließpunkten oder Fließborten. Bei gegebener Teilchengröße und dem Feuchtigkeitsgehalt nimmt dieser Fließort bei zunehmender Verdichtungsspannung der Länge nach zu. Die Zunahme der Verdichtungsspannung führt zu einer Zunahme der Rohdichte, wobei im Graph die Versagensgrenze durch eine dreidimensionale Fläche repräsentiert wird.

25

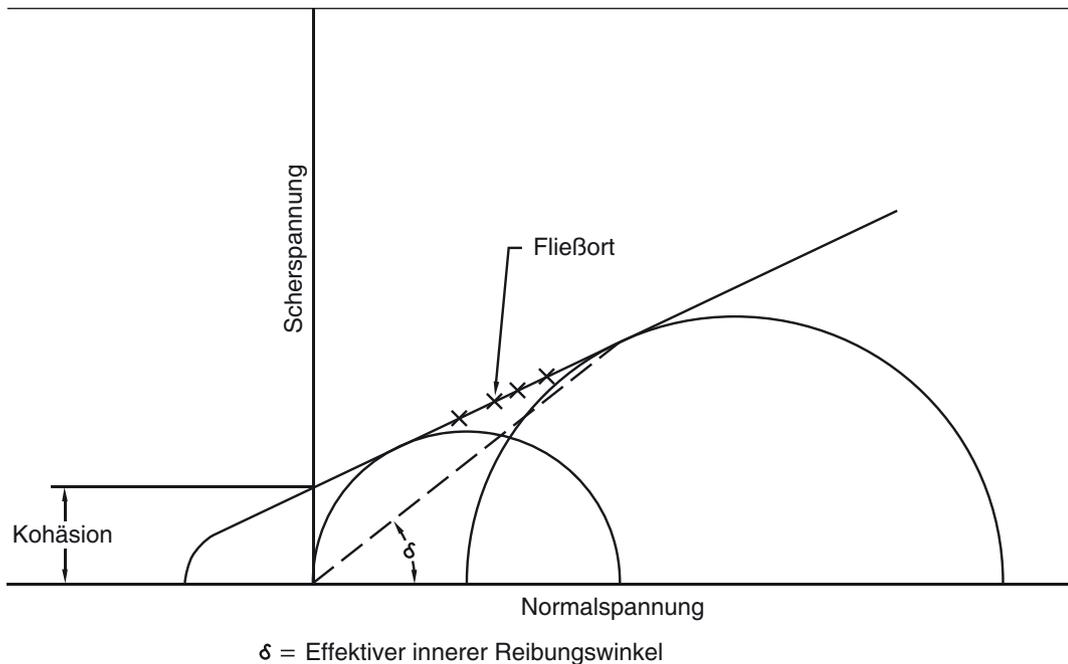


Abbildung 25.15

Effektiver innerer Reibungswinkel

Übergangsreibung

Die Übergangsreibung (Θ) bei Schurren für Schüttgüter kann mit Hilfe einer Scherzelle und einer Probe des tatsächlich am Übergang vorliegenden Materials bestimmt werden - das heißt des Materials, das mit dem Schüttgut in Berührung kommt (**Abbildung 25.16**).

Die Übergangsreibung (manchmal als Wandungsreibung bezeichnet) ist bei geringem Verdichtungsdruck normalerweise hoch und fällt bei zunehmendem Druck rasch ab (**Abbildung 25.17**). Die Bedeutung dieser Erscheinung für die Gestaltung von Schurren bezieht sich auf die Tiefe des durch die Schurre fließenden Materialbettes. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig bei der Bestimmung der Neigung einer Schurre, damit sie von selbst leer läuft, wenn der Materialfluss aufhört und die Tiefe des Materialbettes gegen Null strebt. In dieser Situation ist der Widerstand zum Abfluss des Materials aus der Schurre am größten.

Bei der Gestaltung von Schurren sind zwei Reibungswerte (μ) wichtig: der Reibungskoeffizient zwischen dem Schüttgut und der Schurrenwandung und der Reibungskoeffizient zwischen dem Schüttgut und dem Band. Der Reibungskoeffizient entspricht dem Tangens des Übergangsreibungswinkels, der in gleicher Weise bestimmt wird, wie der Effektivwinkel der inneren Reibung (**Abbildung 25.18**). Schüttgüter, besonders die Feianteile, können an oben liegenden, waagerechten Oberflächen anhaften und damit eine Kraftwirkung zeigen, selbst bei negativen Verdichtungskräften, die

größer als die Schwerkraft sind. Die Scherkraft bei negativen Verdichtungskräften ist bei der Gestaltung von Schurren von besonderem Interesse in der Bestimmung von Adhäsions- und Kohäsionswerten. Man kann eine zur Aufbringung von negativen Verdichtungskräften modifizierte Scherzelle verwenden oder der Fließort der Wandung kann zur Abschätzung dieser Werte extrapoliert werden (**Gleichung 25.1**).

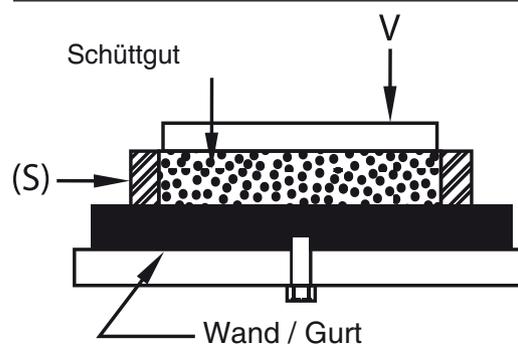


Abbildung 25.16

Scherzellenprüfung der Übergangsreibung (Θ) an Schüttgütern

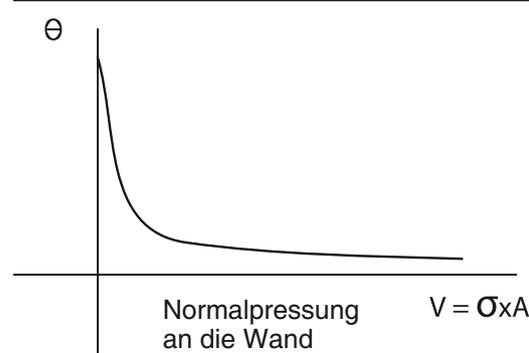


Abbildung 25.17

Wirkung des Verdichtungsdrucks auf die Wandungsreibung

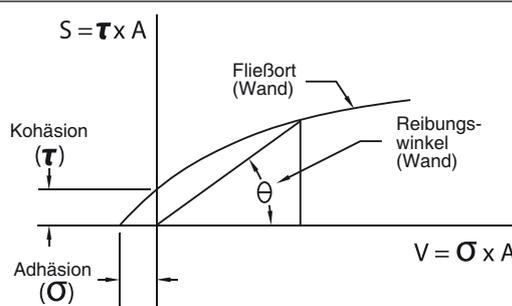


Kohäsion

Die Kohäsion (τ) ist der Widerstand des Schüttgutes gegen Scherung bei Null Normalverdichtungsspannung. Die Kohäsion kann als die Haftfähigkeit der Partikel untereinander betrachtet werden. Der Feuchtigkeitsgehalt (Oberflächenspannung), die elektrostatische Anziehung und die Agglomeration sind die drei Hauptfaktoren, die auf die kohäsive Spannung in einem Schüttgut einen Einfluss haben. Wird dem Schüttgut Feuchtigkeit zugesetzt, nimmt die kohäsive Spannung zu, bis ein Höchstwert erreicht ist (**Abbildung 25.19**). Wird noch mehr Feuchtigkeit zugesetzt, beginnt der Scherwiderstand des Schüttguts - die Kohäsion - abzunehmen. Die kohäsive Spannung kann mittels Scherzellenprüfungen bestimmt werden. Durch die Beziehung ist gegeben, dass die kohäsive Spannung gleich der Verdichtungsspannung mal der Tangente des inneren Reibungswinkels plus Konstante ist $[\tau = \sigma_c \tan \Phi + k]$.

Abbildung 25.18

Der Reibungskoeffizient ist die Neigung oder Tangente des Wandreibungswinkels.



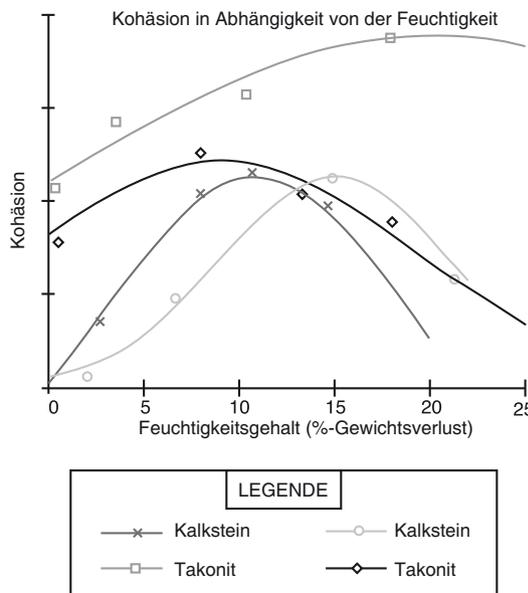
Gleichung 25.1

Beziehung der Übergangreibung

$$\tan \Theta = \frac{S}{V} = \frac{\tau}{\sigma} = \mu$$

Abbildung 25.19

Prüfungen haben gezeigt, dass die Kohäsion und die Adhäsion bei zunehmender Feuchtigkeit steigen, bis genug Feuchtigkeit zugesetzt worden ist, dass das Material sich zu verflüssigen beginnt und die Kohäsion vermindert wird. Die genauen Schwankungen in der Adhäsion und der Kohäsion bedingt durch den Feuchtigkeitsgehalt hängen von Material und von Standort ab. Hinweis: Der Feuchtigkeitsgehalt ist der prozentuale Gewichtsverlust zwischen dem nassen Material und dem Material nach der Trocknung.



Adhäsion

Die Adhäsion (σ) ist der Widerstand des Schüttguts gegen Bewegung bei Null Scherspannung. Sie kann als die Klebrigkeit des Materials gegenüber Oberflächen wie Schurren und Bänder betrachtet werden. Die Oberflächenbeschaffenheit, die Feuchtigkeit und Verunreinigungen, wie z. B. Lehm, sind die drei Hauptfaktoren, die auf die Adhäsionsspannung in einem Schüttgut einen Einfluss haben. Die Adhäsionsspannung kann aus Scherzellenprüfungen bestimmt werden und ist sehr nützlich bei der Bestimmung der Wahrscheinlichkeit, ob ein Material an Oberflächen kleben bleiben oder anhaften wird.

TYPISCHE ANWENDUNGEN DER EIGENSCHAFTEN VON SCHÜTTGÜTERN

Förderleistung

Die Förderleistung, normalerweise als Tonnen pro Stunde ausgedrückt, ist ein grundsätzlicher Gestaltungsparameter, der direkt aus der Dichte des Schüttgutes (kg/m^3) berechnet wird.

Bei Materialien wie Stahl oder Beton ist die Dichte ein vertrauter Ausdruck; hier wird sie als Partikeldichte bezeichnet. Bei der Gestaltung von Förderanlagen muss sowohl die Schüttdichte als auch die Rütteldichte berücksichtigt werden. Die Rohdichte eines Materials unterscheidet sich von ihrem Lagerungszustand, sowohl durch Passieren der Übergabepunkte als auch durch Verdichtungsvorgänge während des Transports. Wird ein Übergabepunkt mit Hilfe der Rütteldichte konzipiert, wird die Schurre wahrscheinlich schon bei Auslastung verstopfen, die unter der Nennkapazität liegen. Beim Fallen des Schüttgutes wird Luft eingetragen und dadurch das Materialvolumen erhöht. Es ist einfach zu wenig Platz vorhanden, damit sich das lose Material im ungestörten Stofffluss bewegen kann. Die Schüttdichte kann halb so groß wie die Rütteldichte sein.

Schlägt der Konstrukteur die Dichte eines Materials in einem allgemeinen Handbuch für Ingenieure nach, wird der dort aufgelistete Wert wahrscheinlich die Partikeldichte sein, die mit der Rütteldichte verglichen werden kann. Wird dieser Wert herangezogen, führt dies zu einer um den Faktor 2- bis 4-mal zu kleinen Konstruktion. Der Konstrukteur muss sich über die unterschiedlichen Dichten im Klaren sein und seine Konstruktion dementsprechend auslegen.

Die Gestaltung von Schurren

Zur Gestaltung von Schurren gehört mehr als die Ermittlung der richtigen Querschnittsfläche auf der Grundlage der Schüttdichte. Der zuverlässige Durchfluss von Schüttgütern durch eine Schurre hängt, abgesehen von anderen Faktoren, von der Reibung zwischen dem Schüttgut und der Schurrenwandung und den Verschleißauskleidungen ab. Die Gestaltung gekrümmter Schurren, um einen zuverlässigen Fluss zu erreichen, hängt von der Kenntnis der Schüttguteigenschaften in Bezug auf die mit dem Schüttgut in Berührung kommenden Oberflächen ab. Wird bei den Steilheitswinkeln der Schurre ein typischer Wert eingesetzt, führt dies oft zu Materialablagerungen und zu Staus in der Schurre. Zum Beispiel hat Braunkohle gegenüber Edelstahl einen wesentlich höheren Reibungskoeffizienten als Steinkohle, die Reibungskoeffizienten sind jedoch ähnlich, wenn die Auskleidung aus ultrahochmolekularem (UHMW) Polyethylen besteht. Wird das tatsächliche Schüttgut nicht zusammen mit den für die Konstruktion vorgesehenen Auskleidungen geprüft, kann dies zu ernststen Problemen beim Durchfluss führen.

Eine wesentliche Eigenschaft von Schüttgütern, die normalerweise bei der Gestaltung von Schurren nicht berücksichtigt wird, ist die Wirkung der Zeit und des Verdichtungsdruckes auf die Festigkeit des Materials. Schüttgüter verfestigen sich im Allgemeinen bei der Lagerung. Bei Schurren ist der Verdichtungsdruck jedoch normalerweise gering und die Verweildauer in der Schurre ist minimal. Wesentlich ist jedoch die Wirkung des veränderlichen Feuchtigkeitsgehalts, besonders in Bezug auf die Bildung von Ablagerungen. Ein Ergebnis dieses Phänomens ist, dass Rücklaufmaterial normalerweise beim Trocknen auf Bändern oder Abtropfschurren an Festigkeit gewinnt.

Bandreinigung

Die Adhäsion und die Kohäsion sind wichtige Eigenschaften bei der Vorhersage der Art der bei der Bandreinigung zu erwartenden Herausforderungen. Das Wissen um den Einfluss veränderlicher Feuchtigkeitsgehalte auf die Festigkeit des Materials ist richtungweisend für die Verwendung von Wasser zur Schüttgutaufweichung, damit das Rücklaufmaterial gut vom Band entfernt werden kann. Die Kenntnis des kritischen Feuchtigkeitsgehaltes ermöglicht dem Konstrukteur die Berechnung der erforderlichen Wassermenge. Fehlt dieses Wissen, dann bleibt der Standpunkt „jeder Wasserzusatz ist von Übel“ weiterhin bestehen, obwohl die

Verwendung eines Wasserzusatzes wesentliche Vorteile bieten mag.

Die Gestaltung eines funktionellen Gurtwaschsystems erfordert Kenntnis über das Verhalten des Schüttgutes in Wasser. Der Transport und die Behandlung des Waschwassers sowie die Größe des Absetztanks oder Klärteichs stehen in direkter Beziehung zur Absetzgeschwindigkeit des Materials in Wasser. Schwere Materialien wie Eisenerz brauchen viel fließendes Wasser, um ein Verstopfen der Waschkästen und Leitungen zu verhindern. Möglicherweise sind andere Materialien wie z. B. einige Kohlesorten, die sich nicht absetzen, nicht für den Einsatz eines Gurtwaschsystems geeignet.

Staubunterdrückung

Die Auswahl einer Staubunterdrückungsmethode erfordert die Kenntnis über das Verhalten des Materials zusammen mit Wasser und mit den verschiedenen, zur Verbesserung der Benetzung und der Agglomeration der Partikel eingesetzten Chemikalien. Einige Schüttgüter reagieren nicht oder zu langsam, als dass Wasser alleine als Unterdrückungsmittel eingesetzt werden könnte. Es ist zu prüfen, ob zur Erzielung einer wirksamen Staubunterdrückung chemische Zusätze verwendet werden müssen.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

Wenn Schüttgüter für die Gestaltung von Transportsystemen geprüft werden, dann ist das Schüttgut für den gesamten Bereich der im Verlauf normaler und extremer Betriebsbedingungen zu erwartenden Zustände und für alle möglicherweise auftretenden Schwankungen in Bezug auf die Materialquelle, auf die Qualität und die Eigenschaften zu prüfen. Zu diesen Prüfungen gehören:

A. Teilchengröße

Für alle zu erwartenden Qualitäten und Schwankungen des Schüttguts ist eine Siebanalyse gemäß den in ASTM D 6393-99(2006) (*Referenz 25.3*) oder CEMA-Standard 550-2003 beschriebenen Prüfverfahren durchzuführen.

B. Dichte

Um die Schüttdichte, die durchschnittliche und die maximal zu erwartende Dichte im verdichteten Zustand, zu erfassen, ist die Rohdichte des Materials bei drei verschiedenen Verdichtungsdrücken gemäß den in ASTM D 6393-99(2006) (*Referenz 25.3*)

oder CEMA-Standard 550-2003 beschriebenen Prüfverfahren durchzuführen.

C. Schüttwinkel und Beaufschlagungswinkel

Der Schüttwinkel und der Beaufschlagungswinkel ist für das Schüttgut gemäß den in ASTM D 6393-99(2006) (Referenz 25.3) oder CEMA-Standard 550- 2003 beschriebenen Prüfverfahren zu bestimmen.

D. Festigkeit des Materials

Die Adhäsions- und Kohäsionswerte sind bei mindestens drei verschiedenen Feuchtigkeitsgehalten - Minimum, Durchschnitt und bei Sättigung - jeweils bei drei verschiedene Verdichtungsdrücken - Null, Durchschnitt und Maximum - gemäß den Prüfmetho- den ASTM D 6128-06 (Referenz 25.5) oder ASTM D 6773-02 (Referenz 25.6) zu bestimm- en.

E. Übergangsreibung

Die Übergangsreibungswerte für das Schüttgut und die Materialien der Schur- renwandung und der Verschleißauskleidung sind bei mindestens drei verschiedenen Feuchtigkeitsstufen und bei drei verschie- denen Verdichtungsdrücken gemäß den Prüfmetho- den ASTM D 6128-06 (Referenz 25.5) oder ASTM D 6773-02 (Referenz 25.6) zu bestimmen.

Die Übergangsreibungswerte für das Schütt-

gut und das Band sind bei mindestens drei verschiedenen Feuchtigkeitsstufen und bei drei verschiedenen Verdichtungsdrücken gemäß der Prüfmethode ASTM D 6128-06 (Referenz 25.5) zu bestimmen.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Beispiel der Bandkapazität mit verschiedenen Kohleeigenschaften

Die sechste Auflage von *BELT CONVEY- ORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]* der CEMA enthält detaillierte Gleichungen für die Berechnung der Kapazität einer Förderanlage basierend auf dem Mul- dungswinkel und dem Beaufschlagungswinkel. Dieselben Formeln können mit dem Schütt- winkel verwendet werden, um die Kapazität des Schüttguts in losem Zustand zu bestimmen, z. B. wenn das Material von einem Förderband auf ein anderes Förderband geleitet wird.

In CEMA-Standard 550-2003 sind neun verschiedene Klassifizierungen für Koh- le aufgeführt. Die für diese verschiedenen Klassifizierungen aufgelisteten Schüttdichten bewegen sich zwischen 720 bis 960 kg/m³; die Schüttwinkel variieren von 27 bis 40 Grad. Die Beaufschlagungswinkel betragen normalerweise 10 bis 15 Grad weniger als die Schüttwinkel. (Hinweis: Die CEMA verwendet nur angloamerika-



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Die Prüfung der Eigenschaf- ten eines Schüttguts ermöglicht dem Konstrukteur die sichere Gestaltung von Lagerungs- und Förderein- richtungen. Es ist zum Beispiel bekannt, dass fließende Schüttgüter einen ungleichen Wan- dungsdruck bei Silos hervorrufen können. Ohne die Prüfung der spezifischen Materi- alien unter den zu erwartenden Bedingungen bei der Lagerung, kann der Konstrukteur die involvierten Kräfte nur erraten. Viele Beispiele für Ausfälle bei Lagerbehältern beweisen den Nutzen der Materialprüfung und der ausschließlichen Verwendung des Bauwerks für das angegebene Material. Weniger katastrophal aber ebenso schädlich für die Produktivität sind Systeme, die die

konstruktiv vorgesehene Kapazität aufgrund der Verwendung von typischen "Handbuch- werten" bei der Rohdichte eines Materials nicht erfüllen.

Die meisten Schüttgüter sind reaktions- träge. Im Allgemeinen ist die Prüfung der Eigenschaften von Schüttgütern ein relativ sicherer Vorgang, wenn die Durchführungsvor- schriften in den Prüfnormen befolgt werden. Manche Materialien sind mit einem chemi- schen Risiko, einem Explosionsrisiko oder mit Gesundheitsgefahren behaftet. Sicherheitsda- tenblätter sind eine gute Informationsquelle für die sichere Handhabung eines bestimmten Materials.

nische Maßeinheiten; bei den metrischen Maßeinheiten handelt es sich um Umrechnungen durch Martin Engineering.)

In diesem Beispiel werden die konstruktiv vorgesehenen Kapazitäten über den Bereich der Eigenschaften von neun verschiedenen Kohlesorten hinweg verglichen (**Gleichung 25.2**). Dies demonstriert, wie empfindlich die Konstruktion einer Förderanlage oder eines Übergabepunktes auf die Eigenschaften des Schüttgutes reagiert. Im Beispiel 1 wurde die Kohle mit der größten Dichte untersucht; im Beispiel 2 wurde die Kohle mit der geringsten Dichte untersucht.

In diesen Beispielen demonstriert ein Vergleich der ermittelten Querschnittsflächen bei Einsatz der Werte nahe den Extremen von neun verschiedenen Kohlesorten, wie empfindlich eine Konstruktion auf die Eigenschaften des Schüttgutes reagiert.

In unseren Beispielen sei angenommen:

- Schüttdichte: 720 bis 960 kg/m³
- Schüttwinkel: 27° bis 45°
- Beaufschlagungswinkel: 20° bis 30°
- Bandbreite: 1200 mm
- Muldungswinkel 35°
- Kantenabstand: Normaler CEMA - Kantenabstand
- Bandgeschwindigkeit: 2,5 m/s

Analyse

Wenn eine Förderanlage unter Verwendung der für Kohle in einem Buch veröffentlichten Werte konstruiert worden wäre, dann könnte die konstruktiv vorgesehene Kapazität um mehr als 600 t/h danebenliegen. Diese Diskrepanz hätte eine immense Auswirkung auf den Rest des Verfahrens und auf den Soll-Ausstoß. Dieses Beispiel zeigt, dass die tatsächlichen Materialeigenschaften gemessen werden müssen.

$Q = A \cdot \rho_{lb} \cdot S \cdot k$			
Gegeben #1: Ein Förderband, das Kohle mit einer Dichte von 960 kg/m ³ (60 lbm /ft ³) transportiert, läuft mit einer Geschwindigkeit von 2,5 m/s (500 Fuß/min). Die Kohle hat einen Beaufschlagungswinkel von 30°.			
Gesucht: Die Kapazität des Förderbandes.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q	Bandkapazität	Tonnen pro Stunde	short tons pro Stunde
A	Querschnittsfläche der Ladung (nach CEMA)	0,195 m ²	2,1 ft ²
ρ_{lb}	Schüttdichte	960 kg/m ³	60 lb _m /ft ³
S	Fördergeschwindigkeit	2,5 m/s	500 ft/min
k	Umrechnungsfaktor	3,6	0,03
Metrisch: $Q = 0,195 \cdot 960 \cdot 2,5 \cdot 3,6 = 1685$			
Amerikanisch: $Q = 2,1 \cdot 60 \cdot 500 \cdot 0,03 = 1890$			
Q	Bandkapazität	1685 t/h	1890 st/h
Gegeben #2: Ein Förderband, das Kohle mit einer Dichte von 720 kg/m ³ (60 lbm /ft ³) transportiert, läuft mit einer Geschwindigkeit von 2,5 m/s (500 Fuß/min). Die Kohle hat einen Beaufschlagungswinkel von 20°.			
Gesucht: Die Kapazität des Förderbandes.			
Variablen		Metrisch	Amerikanisch
Q	Bandkapazität	Tonnen pro Stunde	short tons pro Stunde
A	Querschnittsfläche der Ladung (nach CEMA)	0,168 m ²	1,804 ft ²
ρ_{lb}	Schüttdichte	720 kg/m ³	45 lb _m /ft ³
S	Fördergeschwindigkeit	2,5 m/s	500 ft/min
k	Umrechnungsfaktor	3,6	0,03
Metrisch: $Q = 0,168 \cdot 720 \cdot 2,5 \cdot 3,6 = 1089$			
Amerikanisch: $Q = 1,804 \cdot 45 \cdot 500 \cdot 0,03 = 1218$			
Q	Bandkapazität	1089 t/h	1218 st/h

Gleichung 25.2

Berechnung der Bandkapazität bei Kohlesorten mit verschiedenen Eigenschaften



MATERIALKUNDE FÜR BESSERE FÖRDERSYSTEME NUTZEN

Und zum Abschluss...

Keine zwei Schüttgüter sind identisch, ganz gleich nach welchen generischen Kriterien sie klassifiziert werden. Deshalb ist die Durchführung der Prüfungen an den tatsächlichen Materialien von entscheidender Bedeutung für die richtige Gestaltung der Systeme, die für die Schüttguthandhabung vorgesehen sind. Die typischen Kosten für die Bestimmung der für die ordnungsgemäße Gestaltung einer Schurre erforderlichen Fließeigenschaften betragen zwischen € 1.300 und € 3.900 pro Probe und pro Feuchtigkeitsstufe. Die Kosten dieser Prüfungen sind nur ein geringer Teil der Gesamtkosten für die Konstruktion und den Bau eines Fördersystems. Die Verfügbarkeit dieser Eckdaten ist ein wichtiges Werkzeug für die Suche und Behebung künftiger Fehlern an der Förderanlage, z. B. wenn sich das Verfahren oder Rohstoffe ändern.

Vorausblick...

In diesem Kapitel über Materialkunde, dem fünften und abschließenden Kapitel in diesem Abschnitt über führende Konzepte, wurden die Eigenschaften von Schüttgütern dargestellt, die als ein wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung von Fördersystemen für die volle Materialkontrolle zu berücksichtigen sind. Das folgende Kapitel, „Zugänglichkeit von Förderanlagen“, leitet den neuen Abschnitt über die Instandhaltung von Förderanlagen ein.

REFERENZEN

- 25.1 Dichtestandards: Mineralische Zuschlagstoffe – ASTM C29 / C29M-07, Gebrochene Fettkohle – ASTM D29-07, und Getreide–U.S. Landwirtschaftsministerium Rundschreiben Nr. 921.
- 25.2 ASTM International. (2001). *Standard Test Method for Measuring Bulk Density Values of Powders and Other Bulk Solids [Standardprüfverfahren zur Messung der Rohdichte von Pulvern und anderen festen Schüttgütern]*, ASTM D6683-01; Arbeitspunkt: ASTM WK14951 – Revision von D6683-01 Standardprüfverfahren zur Messung der Rohdichte von Pulvern und anderen festen Schüttgütern. Westconshohocken, Pennsylvania. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- 25.3 ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices [Standardprüfverfahren zur Charakterisierung von festen Schüttgütern mittels Carr-Indizes]*, ASTM D6393-99(2006). Westconshohocken, Pennsylvania. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- 25.4 ASTM International. (2001). *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water [Standardverfahren zur Koagulations- Flockungsprüfung mittels Jar-Test]*, ASTM D2035-08. Westconshohocken, Pennsylvania. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- 25.5 ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Shear Testing of Bulk Solids Using The Jenike Shear Cell [Standardprüfverfahren für die Scherprüfung an Schüttgütern unter Verwendung der Jenike Scherzelle]*, ASTM D6128-06. Westconshohocken, Pennsylvania. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- 25.6 ASTM International. (2002). *Standard Shear Test Method for Bulk Solids Using Schulze Ring Shear Tester [Standardprüfverfahren für feste Schüttgüter unter Verwendung des Schulze-Ring Scherprüfers]*. ASTM D6773-02; Arbeitspunkt: ASTM WK19871 – Revision von D6773-02 Standard Scherprüfverfahren für feste Schüttgüter unter Verwendung des Schulze-Ring Scherprüfers. Westconshohocken, Pennsylvania. Online verfügbar: <http://www.astm.org>

ABSCHNITT 6

INSTANDHALTUNG VON FÖRDERANLAGEN

- Kapitel 26414
ZUGÄNGLICHKEIT VON FÖRDERANLAGEN
- Kapitel 27424
BESTANDSAUFNAHME BEI FÖRDERSYSTEMEN
- Kapitel 28434
INSTANDHALTUNG
- Kapitel 29444
DER FAKTOR MENSCH

Abbildung 26.1

Bei einem Schüttgutförder-
system sind mit
Zugangseinrichtungen
die Inspektionsstellen,
Zugangstüren sowie Arbeits-
und Bewegungsräume für
Reparaturen, Wartung und
Reinigung gemeint



Kapitel 26

ZUGÄNGLICHKEIT VON FÖRDERANLAGEN

26

Zugang: Machen Sie sich's leicht	415
Platzverhältnisse in der Umgebung der Förderanlagen	416
Schutzvorrichtungen.....	418
Inspektions- und Zugangstüren	419
Abgesperrter Bereich.....	420
Sicherheitsrelevante Fragen.....	421
Typische Spezifikationen.....	422
Die Vorteile leichter Zugänglichkeit	422

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel besprechen wir die Bedeutung der leichten Zugänglichkeit zum Fördersystem - zur Verbesserung der Sicherheit, zur Erleichterung der Wartung und letztlich auch, um Gesamtkosten zu senken. Wir konzentrieren uns dabei auf die Bereiche der Förderanlagen, wo genügend Platz zur Durchführung verschiedener erforderlicher Arbeiten verfügbar sein muss. Wir betrachten auch die Notwendigkeit und die verschiedenen Arten von Schutzvorrichtungen und Inspektionstüren. Ebenfalls werden die Sachverhalte und sicherheitsrelevante Fragen besprochen, die abgesperrte Bereiche betreffen.

Zugang kann als Recht definiert werden, einen Bereich zu betreten und/oder ihn zu nutzen. Bei einem Schüttgutfördersystem sind mit Zugangseinrichtungen die Inspektionsstellen, Zugangstüren sowie Arbeits- und Bewegungsräume für Reparaturen, Wartung und Reinigung gemeint (**Abbildung 26.1**).

Für das Wartungs- und Bedienungspersonal ist gute Zugänglichkeit ein entscheidender Faktor für die Produktivität. Das bedeutet, dass ein sicherer, schneller und einfacher Zugang wichtiger ist als andere Gesichtspunkte, wie z. B. die Kosten. Schätzungen haben ergeben, dass das Vorsehen guter Zugangsmöglichkeiten bei der Gestaltung eines Schüttguthandhabungssystems bis zu 15% des erforderlichen Kapitalaufwandes für ein Projekt bestimmen kann.

Bei der Konzeption eines Fördersystems jedoch werden selten mehr finanzielle Mittel für diesen Zweck vorgesehen, als für die Erfüllung der durch Vorschriften vorgegebenen Mindestanforderungen in Bezug auf Zugänglichkeit notwendig sind. Diese Praxis führt nicht nur zu mehr Stillstand und zu einem zeitlichen Mehraufwand für die Durchführung der Wartungsarbeiten, sondern auch zur Erhöhung der Aufwendungen für Sicherheit und Gesundheit. Aus der Perspektive des Betreibers tragen schlechte Zugangsmöglichkeiten zu fortbestehenden Problemen mit Verschlechterung der Produktivität und Erhöhung der Instandhaltungskosten bei. Erschwelter Zugang führt zu einer schlechten Wartungspraxis, diese folglich zu häufigeren Notabschaltungen, wodurch insgesamt die Produktivität und die Rentabilität des Betriebes herabgesenkt werden.

Natürlich kostet eine nachträgliche Nachrüstung mit guten Zugangsmöglichkeiten - nachdem die Förderanlage fertig erstellt worden ist und die Zugangsmechanismen sich dann in der

Praxis als ergänzungsbedürftig erwiesen haben - beträchtlich mehr.

Eine unzureichende Zugänglichkeit zu Anlagenteilen führt wegen der erschwerten Reinigungs-, Wartungs- und Reparaturbedingungen zu Produktivitätsverlusten und zu schmutzigen Systemen. Schätzungen haben ergeben, dass mangelhafte Zugangsmöglichkeiten, über die gesamte Lebensdauer eines Schüttguttransportsystems bis zu 65% Mehrkosten bei der Instandhaltung und Reinigung verursachen können.

ZUGANG: MACHEN SIE SICH'S LEICHT

Für das Wartungspersonal ist es frustrierend, wenn die Leute nicht an Geräten arbeiten können - deren Reparatur nur einen minimalen Zeitaufwand erfordern würde - weil sie nicht richtig rankommen, ohne sich selbst oder Andere einer Gefahr auszusetzen. Verzögerungen beim Zugang können sich aufgrund der Beschaffung der erforderlichen Befahrerlaubnis ergeben, wegen der vorher durchzuführenden Atemluftprüfungen, wegen der Anbringung von notwendigen Gerüsten oder der Verwendung von Hubsteigern, Kränen oder Hebezeug, oder weil man sich die für die Öffnung von Zugangstüren erforderlichen Spezialwerkzeuge erst besorgen muss. Manchmal muss man ganze Teilsysteme entfernen, um die Reparaturstelle erreichen zu können. Diese Verzögerungen können durch die rechtzeitige Planung guter Zugangsmöglichkeiten reduziert werden und dadurch, dass benötigte Werkzeuge und Ersatzteile an den Stellen deponiert werden, wo sie gebraucht werden.

Bei der Gestaltung ordnungsgemäßer Zugangsmöglichkeiten für Materialtransportanlagen sollten drei „Leichtigkeiten“ berücksichtigt werden:

A. Leicht zu sehen

Wenn an einem Gerät, das sich nicht im Sichtbereich des für die Anlage zuständigen Personals befindet, Probleme auftreten, dann werden sich die Probleme unbemerkt zu einer katastrophalen Situation entwickeln.

B. Leicht zu erreichen

Wenn an einer für das Wartungspersonal schwierig zu erreichenden Geräteeinheit Probleme auftreten, wird die Reparatur möglicherweise verschoben und wieder wird damit eine katastrophale Situation riskiert.

C. Leicht zu ersetzen

Wenn ein Geräteproblem bekannt ist, aber eine sonst unnötige Abschaltung zur Behebung erforderlich ist, wird das defekte Gerät wahrscheinlich für einen längeren Zeitraum auch außer Betrieb bleiben.

Wenn Systeme schwierig zu sehen, zu erreichen und zu ersetzen sind, wird das Betriebs- oder Wartungspersonal sich bei den Arbeiten auf die Anwendung von „Schnellreparaturen“ verlegen. Solche Schnellreparaturen führen oft zu einem erhöhten Risiko in Bezug auf die Sicherheit und können zu einer weiteren Beschädigung der Geräte führen. Diese Vorgehensweise - ob bewusst entschieden oder wegen schlechter Zugangsmöglichkeiten und der darin begründeten Unmöglichkeit der ordnungsgemäßen Befolgung der Wartungsvorschriften erzwungen - kann leicht zu Beeinträchtigung der Sicherheit, zu kürzeren Standzeiten der Geräte, zu Verschlechterung der Anlagenproduktivität und zu vermehrten Materialverlusten führen.

PLATZVERHÄLTNISSE IN DER UMGEBUNG DER FÖRDERANLAGEN

Geräte von Förderanlagen werden oft in kleinen Gängen oder Gehäusen untergebracht (**Abbildung 26.2**). Typischerweise stößt eine Seite der Förderanlage gegen eine Wand, eine benachbarte Förderanlage oder ein anderes Gerät an. Bei einer derartigen Anordnung ist die Wartung äußerst schwierig. Wenn die Förderanlage bündig gegen eine Wand, einen Behälter oder eine andere Baugruppe anstößt, werden selbst die grundlegendsten Wartungsarbeiten wie die Schmierung von Lagern oder der Austausch von Rollen zu einer größeren Aktion, die längere Produktionsausfälle nach sich ziehen kann.

Es muss generell ausreichend bemessener Platz zur Verfügung stehen, so dass der Zugang zu allen Abschnitten des Fördersystems möglich ist und zwar auf beiden Seiten der Förderanlage. Das Fehlen der Zugangsmöglichkeiten auf beiden Seiten der Förderanlage ist ein häufig anzutreffender Mangel in Bezug auf die Wartungsfreundlichkeit der Förderanlage.

Der Freiraum entlang der kritischeren Seite einer Förderanlage (der Arbeitsseite, dort wo größere Maßnahmen durchzuführen sind oder von wo aus Hebezeug oder andere Betriebsmittel erreichbar sind) sollte zumindest der Bandbreite (BB) plus 300 mm entsprechen, bei einem Minimum von 1000 mm. Die Seite der Förderanlage mit dem Laufsteg sollte einen Freiraum von mindestens der Hälfte der Bandbreite (BB/2) aufweisen, mit einer Mindestbreite von 750 mm über die gesamte Länge. Dieser zweifache Zugang erleichtert den Austausch von Teilen wie z. B. von Rollen, der von einem Mitarbeiter allein nicht so ohne weiteres bewältigt werden kann. Ist eine Trommel oder ein anderes großes Bauteil zu ersetzen, sollte der Freiraum auf mindestens die Bandbreite (BB) plus 300 mm erweitert werden.

In der sechsten Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* [Gurtbandförderer für Schüttgüter] der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) sind im Kapitel 2 „Design Considerations [Überlegungen zur Gestaltung]“ detaillierte Empfehlungen für Mindestfreiräume enthalten.

Laufstege und Arbeitsbühnen

Schaffen guter Zugangsmöglichkeiten erfordert Anbringung von Laufstegen und Arbeitsbühnen entlang der Förderanlagen. Diese sollten einen festen, direkt an die Förderanlage

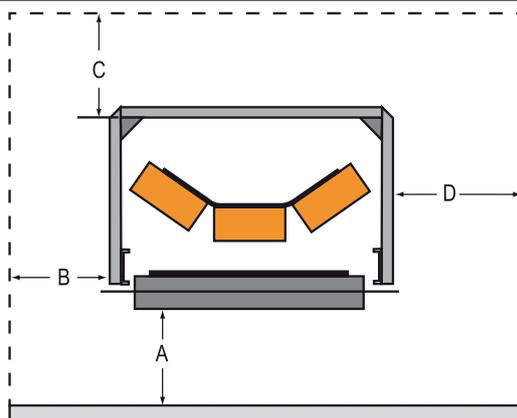
Abbildung 26.2

Förderanlagen werden oft in kleinen Gängen oder Gehäusen untergebracht, wo sie gegen eine Wand, eine benachbarte Förderanlage oder an ein anderes Gerät anstoßen.



Abbildung 26.3

Der Zugangsraum sollte als Laufsteg mindestens 750 mm breit sein (B) und 1000 mm breit in Bereichen, wo Wartungsarbeiten durchzuführen sind (D).



- A. für Reinigungsarbeiten 600 mm
- B. Laufsteg 750 mm
- C. Kopffreiheit 1200 mm
- D. für Wartungsarbeiten 1000 mm

angrenzenden und um Kopf- und Kehrtrömmeln herumführenden Laufsteg bieten, mit leichtem Zugang zu allen Punkten, an denen Überwachungs-, Schmierungs-, Reinigungs- oder sonstige Wartungsarbeiten routinemäßig durchzuführen sind.

Wie vorstehend bereits festgestellt, sollten Laufstege als Gehwege eine Mindestbreite von 750 mm aufweisen und Mindestbreite von 1000 mm in den Bereichen, wo umfangreichere Wartungsarbeiten durchzuführen sind (**Abbildung 26.3**). Beide Bereiche sollten eine ausreichend bemessene lichte Höhe haben. An allen Stellen, wo eine Person stehend oder kniend Wartungs- oder Kontrollarbeiten durchzuführen hat, sollte die Höhe mindestens 1200 mm betragen (**Abbildung 26.4**). Die Bereiche, in denen häufig Wartungs- oder Reinigungsarbeiten erforderlich sind, sollten mit einem festen Fußboden anstatt mit Gitterrosten ausgestattet sein.

Wenn Förderanlagen parallel zueinander verlaufen, sollte der Abstand zwischen ihnen mindestens 750 mm breit sein oder der Bandbreite entsprechen, um Gurtreparaturen und die Entfernung von Rollen zu ermöglichen.

Ein anderer, bei der Gestaltung von Förderanlagen häufig anzutreffender Mangel ist, dass für Reinigungsarbeiten nicht genügend Platz vorgesehen ist. Eine Studie über Unfälle an Förderanlagen im Bergbau hat gezeigt, dass ein Drittel aller Unfälle bei Reinigungsarbeiten unter dem Obertrum oder in seiner Umgebung aufgetreten ist. In den Bereichen, in denen Reinigungsarbeiten häufig durchzuführen sind, sollte die Möglichkeit zur mechanischen Reinigung gegeben sein, z. B. die Verwendung eines Kompaktladers oder eines Saugwagens unter der Förderanlage. Ist dies nicht praktikabel, sollte zwischen der Unterseite der Rücklaufrollen und dem Boden ein Mindestabstand von 600 mm gegeben sein.

Zugang zu Arbeitsgeräten

Die Mindestgröße des Zugangs resultiert aus den Dimensionen des größten Geräteteils unter Zugabe eines Zuschlags von 450 bis 600 mm. Auf beiden Seiten der tragenden Konstruktion sollte auch Zugangsmöglichkeit mit freiem Weg zu einem Hubbereich oder einem Deckenkranssystem zur Abnahme von Maschinenteilen gegeben sein, mit einer Mindestbreite von 1000 mm auf der (nicht-kritischen) zweiten Seite der Förderanlage. Ein günstig gelegener Ablagebereich für große Ersatzteile sollte ebenfalls vorgesehen werden.

Zugang für Gurtreparatur und -austausch

Der Zugang für die Instandhaltung des Bandes erfordert einen Bereich, der für das Anheben oder Absenken der Vulkanisiergeräte und zum Zurechtlegen des Förderbandes geeignet ist. Die Entfernung der Abdeckungen der Förderanlage oder der Einhausungen im Beschickungsbereich und der Schurrenwandung erhöht wesentlich den Zeitaufwand für die Prozedur. Auf jeder Seite der Förderanlage sind mindestens 1000 mm plus die Bandbreite erforderlich. Zur Erleichterung der Reparatur wird außerdem ein 3 m langer, freier (d. h. nicht abgedeckter) Bereich am Band benötigt.

Zugang an der Spanntrommel

Die Wartung und Reparatur einer Schwerkraft-Spannvorrichtung kann gefährlich und zeitraubend sein. Es sind zwei Kettenzüge mit ausreichender Hubkraft zum Anheben und Absenken des Gegengewichts erforderlich. Weil viele dieser Spannvorrichtungen nahe bei der Kopftrömmel liegen, kann der Wartungszugang bei geneigten Förderanlagen erhöht liegen. Wichtig sind auch Zugangsbühnen mit ausreichendem Platz für die Wartung von Lagern oder Trommeln und für das Anschlagen von Kettenzügen. Ein Hubmechanismus zur Entlastung des Bandes vom Druck des Gegengewichts der Schwerkraft-Spannvorrichtung kann bei der Reparatur der Förderanlage viele Arbeitsstunden einsparen.

Übergänge

Eine überraschende Anzahl von Unfällen passiert, wenn Mitarbeiter die Förderanlage über- oder unterqueren. Zur Beseitigung dieses Missstandes sollten Zugangsbühnen, Leitern, Übergänge und andere notwendigen Vorrichtungen in das Pflichtenheft des Systems einbezogen werden. Obwohl sie für Stückgutförderanlagen abgefasst wurde, bietet die CEMA Richtlinie SPB-001 (2004) *Safety Best Practices*

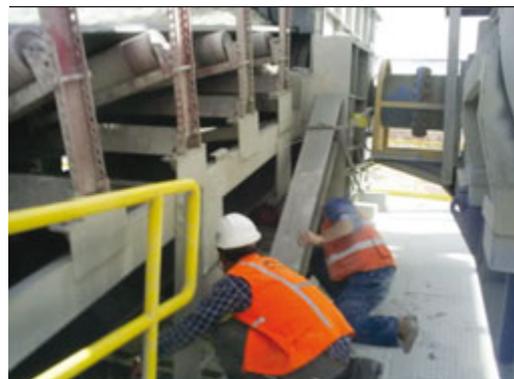


Abbildung 26.4

An allen Stellen, an denen eine Person stehend oder kniend Wartungs- oder Kontrollarbeiten durchzuführen hat, sollte die Höhe mindestens 1200 mm betragen.

Recommendation (Referenz 26.3) nützliche Hinweise für die Gestaltung von Übergängen für Schüttgutförderanlagen. Wie immer haben die örtlich geltenden Bestimmungen den Vorrang.

Beeinträchtigungen durch andere Systeme

Es ist nicht ungewöhnlich, dass eine Förderanlage oder ein Übergabepunkt von einem Netzwerk aus elektrischen Leitungen, Rohren aus der Staubunterdrückung, Schalttafeln oder Berieselungsanlagen umgeben ist (**Abbildung 26.5**). Bei jedem Versuch, die Komponenten des Übergabepunktes zu erreichen, muss man erst diese Hindernisse überwinden und sehr darauf achten, sie nicht zu unterbrechen, was dann zu vielen Komplikationen führen würde.

Um diese Konflikte zu vermeiden, sollten bereits in der Planungsphase die Bereiche festgelegt werden, die dauerhaft zugänglich bleiben müssen. Gleichzeitig sollten in den Plänen der Förderanlage Bereiche reserviert werden, die für die Installation von Schalttafeln, Klappenantrieben und anderen Geräten vorgesehen sind.

SCHUTZVORRICHTUNGEN

Schutzabsperungen

Einfach den Laufsteg entlang zu spazieren, beinhaltet Risiken, die einem zum Verhängnis werden können: Entlang der Laufstege nahe bei

der Förderanlage gibt es Bereiche, wo Mitarbeiter von der Förderanlage erfasst werden können. Es hat schon Fälle gegeben, bei denen Mitarbeiter auf dem Laufsteg ausgerutscht sind und beim Versuch sich abzustützen oder das Gleichgewicht wieder zu erlangen von der Förderanlage erfasst wurden.

Es ist zwar keine behördlich geregelte Vorschrift, aber die Bänder sollten entlang der Laufstege abgesperrt werden, damit kein unachtsamer Mitarbeiter von der laufenden Förderanlage erfasst werden kann.

Eine Schutzabsperung ist ein Gitter oder ein anderes Hindernis, um Personal von einer Förderanlage und den dazugehörigen Bestandteilen fern zu halten (**Abbildung 26.6**). Die verbreitet in Australien und Europa verwendeten Schutzgittern sind zur Vermeidung von Verletzungen so gestaltet, dass es physisch unmöglich ist, eine potentiell gefährliche Komponente zu erreichen - wie z. B. die Quetschstellen von Trommeln, Rollen, Zahntrommeln, Ketten oder Bändern - oder die schwebende Last des Gegengewichts einer Spanntrommel.

Es ist wichtig, dass Schutzabsperungen an jedem gefährlichen Abschnitt einer Förderanlage angebracht sind, wo das Personal normalerweise Zugang hat. Gefahrenstellen, die hoch genug über dem Boden oder dem Laufsteg liegen, so dass kein Kontakt dazu möglich ist, werden als „Lagegeschützt“ betrachtet.

Die Aufgabe bei der Gestaltung und dem Einbau wirksamer Schutzabsperungen besteht darin, dass das Betriebs- und Wartungspersonal geschützt wird, ohne den Betriebsablauf der Anlage zu beeinträchtigen. Eine wirkungsvoll konstruierte Schutzabsperung hindert das Personal daran, laufende Maschinenteile zu erreichen, jedoch ermöglicht ihre Größe und Form die sichere Handhabung der Teile während des Ausbaus oder des Austauschs (wenn die Schutzabsperungen entfernt oder unwirksam gemacht worden sind und die Förderanlage ordnungsgemäß abgesperrt / gekennzeichnet / blockiert / auf Funktionsunfähigkeit geprüft worden ist).

Normalerweise ist für die Entfernung von Schutzabsperungen Werkzeug erforderlich und möglicherweise ist ein Hinweis angebracht, welche Geräte stromlos geschaltet und gesichert werden müssen (d. h. ordnungsgemäß abgesperrt / gekennzeichnet / blockiert / auf Funktionsunfähigkeit geprüft), bevor die Schutzabsperungen entfernt werden können. Die Sichtprüfung der Komponenten der Förder-

Abbildung 26.5

Es ist nicht ungewöhnlich, dass eine Förderanlage oder ein Übergabepunkt von einem Netzwerk aus elektrischen Leitungen, Rohren aus der Staubunterdrückung, Schalttafeln oder Berieselungsanlagen umgeben ist.



Abbildung 26.6

Eine Schutzvorrichtung ist ein Zaun oder ein anderes Hindernis, um Personal von einer Förderanlage und den dazugehörigen Bestandteilen fern zu halten.



anlage und der Zugang zu den Schmierstellen sollte ohne Entfernung der Schutzabsperrungen möglich sein (**Abbildung 26.7**).

Schutzabsperrungen können mit Scharnieren versehen angebracht werden, so dass man sie wegschwenken kann, oder sie sind fest am Ort verschraubt (**Abbildung 26.8**). Sie sollten aus verschleißfestem, korrosionsbeständigem Material bestehen und den beim Betrieb des Systems entstehenden Vibrationen standhalten können.

Neue Technologie bei den Schutzabsperrungen

In vielen Betrieben werden die konventionellen physischen Barrieren durch neuere Techniken ersetzt, die die Umgrenzung des Bereichs überwachen und den Zugang zu gefährlichen Bereichen erkennen.

Jedoch sind diese neueren Techniken, wie z. B. Laserstrahlen und Infrarot-Lichtvorhänge nur wirksam, wenn Strom da ist und sie können von jemandem umgangen werden, der sich unbedingt Zugang zu einem gesicherten Bereich verschaffen will. Diese Systeme erfordern Pflege und gute Wartung, damit sie zuverlässig funktionieren. Sie können zum Beispiel nicht richtig funktionieren, wenn sich Schwebestäube auf die Photozellenempfänger legen. Deshalb sollte man mechanische Zugangskontrollsysteme als Ersatz- oder Reservesysteme vorsehen, da ein Ausfall der High-Tech-Geräte eventuell nicht sofort erkannt wird.

INSPEKTIONS- UND ZUGANGSTÜREN

Überwachungsnotwendigkeit

Zugangssysteme, einschließlich Türen und Arbeitsbühnen, sollten so installiert werden, dass die Gerätschaften einfach zu erreichen und zu beobachten sind. Durchflussprobleme in Schurren können leichter beseitigt werden, wenn der Materialverlauf beobachtet werden kann. Der tatsächliche Materialverlauf in einer Schurre kann nicht immer vorhergesagt werden, so dass die Beobachtung notwendig ist, um Umlenkeinrichtungen, Klappen und Siebroste nachregulieren zu können (**Abbildung 26.9**). Viele Übergabeschurren sind lediglich mit nur einer einzigen Kontrolltür ausgestattet. Diese befindet sich normalerweise in der Nähe der Kopffrommel, von wo aus man keine Einsicht in den tatsächlichen Materialverlauf im unteren Teil der Schurre und im Einfassungsbereich hat, nämlich genau dort, wo oft Probleme auftreten (**Abbildung 26.10**).



Abbildung 26.7

Die Sichtprüfung der Komponenten der Förderanlage und der Zugang zu den Schmierstellen sollten ohne Entfernung der Schutzgitter möglich sein.



Abbildung 26.8

Schutzgitter sind fest vor Ort verschraubt oder sie können mit Scharnieren versehen werden, so dass man sie wegschwenken kann.



Abbildung 26.9

Durchflussprobleme in Schurren können leichter beseitigt werden, wenn der Materialverlauf durch eine Kontrolltür beobachtet werden kann.

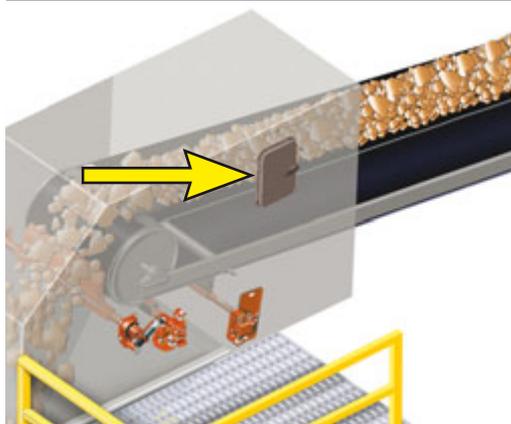


Abbildung 26.10

Durch eine schlecht positionierte Tür kann man den Verlauf des Materialflusses nicht beobachten.

Die Schurre sollte mit Beobachtungseröffnungen mit leicht zu bedienenden Verschlüssen versehen sein, die in einem gewissen Abstand zum Materiallauf angebracht sind. Diese Öffnungen sollten die sichere Beobachtung sowohl des Materialflusses als auch des Verschleißes der Komponenten an den kritischen Stellen ermöglichen. Sie sollten von der Größe her begrenzt sein und/oder mit feststehenden Stäben oder Gittern geschützt werden, damit niemand hineingreifen oder Material herausfliegen kann.

Die Zugangsstellen müssen auch mit einer ausreichend bemessenen Beleuchtung versehen sein. Manchmal ist eine überkopf angebrachte Beleuchtung ausreichend, aber bei anderen Anwendungen kann auch der Einbau von Hochleistungsscheinwerfern oder einer stroboskopischen Beleuchtung notwendig sein, die dann auf die Schurre gerichtet werden können, um die Materialbewegung zu beobachten. Für allgemeine Wartungsarbeiten und Maschinenreparaturen wird eine Beleuchtung mit 540 bis 1080 Lux empfohlen. Da viele Schüttgüter Licht absorbieren und wegen des Abstandes zum beobachteten Problem, ist oftmals eine Beleuchtung mit 10 Millionen Lux erforderlich, um diesen Helligkeitsgrad zu erreichen.

Türen

Kontrolltüren sollten seitlich angeschlagen und so dimensioniert werden, dass das Personal die innenliegenden Komponenten einfach und sicher beobachten kann. Die Türen müssen an der nicht-verschleißenden Seite der Schurre angebracht werden (das heißt auf der vom Materialfluss abgewandten Seite).

Die Türen sollten auch unter beengten Verhältnissen leicht bedienbar sein, wenig Spiel aufweisen und sie sollten mit korrosionsbeständigen Scharnieren und Verriegelungssystemen versehen sein. Es ist wichtig, dass alle Luken durch eine sicher abdichtende Tür staubdicht

verschlossen sind. Neuerdings sind schwenkbare Zugangstüren aus Metall mit leicht bedienbaren Verriegelungen erhältlich (**Abbildung 26.11**). Flexible, überstülpbare Gummitüren bieten einen staubdichten Verschluss, während sie einfach und ohne Werkzeug selbst an Standorten mit beschränkten Freiräumen zu öffnen und zu verschließen sind.

Türen sollten leicht und sicher zu schließen sein, wenn die Wartungsarbeiten beendet sind.

Die Größe der Türen soll ausreichend bemessen sein, um den erforderlichen Zugang zu gewährleisten. Wenn die Beobachtung und die Wartungsarbeiten auf Systeme wie Fördergurtreiniger beschränkt sind, dann genügt normalerweise eine Tür mit 225 x 300 mm oder 300 x 350 mm. Sind Wartungsarbeiten an Hauptkomponenten wie z. B. an Schurren auskleidungen erforderlich, oder wenn das Personal die Tür als Zugang zum Traggerüst verwenden muss, dann braucht man Türgrößen von 450 x 600 mm, 600 x 600 mm oder noch größere Einheiten.

Schlecht konstruierte Türen haben möglicherweise Scharniere und Verriegelungen, die schwierig zu bedienen sind und daher den Zugang behindern. Außerdem werden Türdichtungen zu Staubquellen, wenn sie durch Abrieb, extreme Belastung durch das Material oder durch die eingeführten Arbeitsgeräte beschädigt werden. Manche Zugangstüren haben auch kleine Simse oder flache Umrandungen, auf denen sich brennbare Stoffe wie z. B. Kohle ansammeln und so ein Brand- und Explosionsrisiko darstellen können.

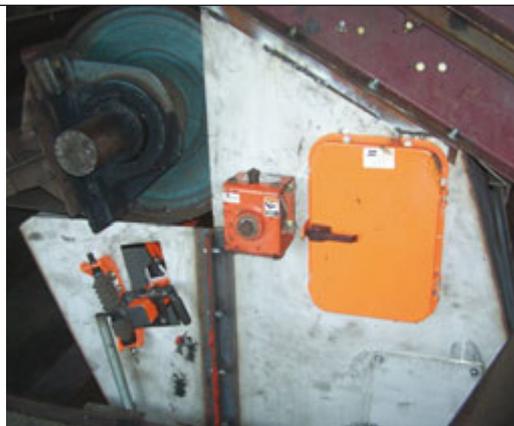
ABGESPERRTER BEREICH

Bei jeder Diskussion über Zugangsmöglichkeiten zu Anlagenteilen, ob für regelmäßige Wartungsarbeiten oder für Notreparaturen, sollte das Thema „Abgesperrter Bereich“ besprochen werden. Die Occupational Safety & Health Administration (OSHA) [US-Arbeits-sicherheitsbehörde] des US-Arbeitsministeriums definiert den abgesperrten Bereich als einen Bereich, der:

- A. Groß genug und so ausgelegt ist, dass ein Mitarbeiter ihn betreten und zugewiesene Arbeiten durchführen kann
- B. Über begrenzte oder beschränkte Zugangs- oder Ausgangsmöglichkeiten verfügt
- C. Nicht für den dauernden Aufenthalt von Mitarbeitern ausgelegt ist

Abbildung 26.11

Es gibt am Markt schwenkbare Zugangstüren aus Metall mit leicht bedienbaren Verriegelungen.



„Befahrerlaubnispflichtiger abgesperrter Bereich“ ist ein umschlossener Bereich, der eine oder mehrere der folgenden Kriterien erfüllt:

- A. Kann eine gefährliche Atmosphäre enthalten
- B. Enthält ein Material, durch das eine sich darin aufhaltende Person möglicherweise verschüttet werden kann
- C. Verfügt über eine interne Konfiguration, durch die eine darin befindliche Person gefangen oder erstickt werden könnte, mit nach innen gerichteten Wänden oder einem nach unten geneigten Boden, der sich zu einem engeren Querschnitt verjüngt
- D. Enthält eine sonstige anerkannte ernste Sicherheits- oder Gesundheitsgefahr

„Befahrerlaubnisfreier abgesperrter Bereich“ ist ein umschlossener Bereich, der keine Gefahr beinhaltet - oder in Bezug auf atmosphärische Gefahren, kein Potential für das Vorliegen einer Gefahr beinhaltet, die zum Tod oder zu einem ersten physischen Schaden führen könnte.

„Befahrerlaubnispflichtige abgesperrte Bereiche“ erfordern lästige und kostspielige Sicherheitsmaßnahmen, einschließlich Personalschulung, der Verwendung von Sicherheitsgeschirr und Sicherungsleinen und zusätzliches Personal zur Absicherung. Folglich bietet die Gestaltung von Systemen mit Minimierung der befahrerbefähigten, abgesperrten Bereichen einen wesentlichen Investitionsvorteil: Wenn Wartungs- und Reparaturarbeiten durchgeführt werden können, ohne dass dazu Genehmigungen oder speziell geschultes Personal erforderlich sind, dann minimieren sich auch die mit solchen Aufgaben verbundenen Arbeitskosten.

Konzeptionen mit den folgenden Leistungsmerkmalen des befahrerbefähigten abgesperrten Bereiches machen sich im Lauf der Zeit bezahlt:

- A. Leichte und ausreichend bemessene Zugänglichkeit für den Ein- und Ausstieg aus dem umgrenzten Bereich
- B. Natürliche Belüftung der darin befindlichen Arbeitsbereiche



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Der offensichtliche Vorteil sowohl von Zugangstüren als auch von Schutzvorrichtungen liegt in der Verhinderung des Zugangs zu sich bewegenden Teilen, gleichgültig ob die Einheit mit Energie versorgt wird oder ob die Kontrollorgane richtig funktionieren oder nicht. Diese Schutzvorrichtungen müssen leicht erkennbar sein und man soll deren Umgehung ohne den Einsatz geeigneter Werkzeuge unmöglich machen.

Es ist wichtig, dass das Betriebspersonal alle entsprechenden Vorgehensweisen zur Stilllegung und Absperrung einhält, wenn Zugangstüren zu Beobachtungs- oder Befahrzwecken geöffnet werden. Es ist ebenso wichtig, dass Zugangstüren und Abdeckungen nach beendeter Tätigkeit geschlossen werden, um den Austritt von Material zu verhindern und um die Verletzung nichts ahnender Personen auszuschließen.

In der sechsten Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [GURTBANDFÖRDERER FÜR SCHÜTTGÜTER]* empfiehlt die CEMA, „An einem unübersehbaren Punkt nahe bei oder auf der Zugangstür sind Warnaufkleber anzubringen, die vor

den bei offen stehender Tür möglicherweise auftretenden potentiellen Gefahren warnen“ (**Abbildung 26.12**).

Es ist sinnvoll, wenn die Anlagepunkte für Sicherheitsgeschirre bei den Zugangstüren angebracht sind.

Geschlossene Bereiche, die Materialfluss-Hilfsmittel wie z. B. Luftkanonen enthalten, müssen - mit korrekter Beschilderung versehen - abgeschlossen werden, damit die Mitarbeiter, die diese Tür zu Kontrollzwecken öffnen wollten, vor Verletzung geschützt sind.



Abbildung 26.12

Die CEMA empfiehlt, „An einem unübersehbaren Punkt nahe bei oder auf der Zugangstür sind Warnaufkleber anzubringen, die vor den bei offen stehender Tür möglicherweise auftretenden potentiellen Gefahren warnen“.

Abbildung 26.13

Eine andere Möglichkeit ist die Gestaltung des Zugangs zu Schurren in der Weise, dass für sie die Regelung für „befahrerlaubnisfreie abgesperrte Bereiche“ gilt, so dass ganze Abschnitte der Schurren leicht geöffnet werden können.



C. Materialien, die nicht zur Entstehung einer gefährlichen Atmosphäre führen

Eine andere Möglichkeit ist die Gestaltung des Zugangs zu Schurren in der Weise, dass für sie die Regelung für befahrerlaubnisfreie abgesperrte Bereiche gilt, so dass ganze Abschnitte der Schurren - besonders die Teile, die fortlaufendem Verschleiß unterworfen sind - leicht geöffnet werden können (**Abbildung 26.13**). Diese Konstruktionsart ermöglicht die Durchführung von Reparaturen, ohne dass Mitarbeiter dazu in die Schurre einsteigen müssen. Dieselbe Zugangsart kann auch bei Aufgabeneinrichtungen, Klappen, Silos oder Bunkern verwendet werden.

TYPISCHE SPEZIFIKATIONEN

A. Laufstege

Um Kontroll- und Wartungsarbeiten zu erleichtern, ist die Förderanlage auf beiden Seiten mit Laufstegen auszustatten. Diese Laufstege bieten ausreichenden Raum für die erforderlichen Wartungstätigkeiten an jenen Stellen, an denen die Wartungsarbeiten durchgeführt werden müssen.

B. Schutzvorrichtungen

Rollende Komponenten und Quetschstellen sind mit wirksamen Schutzvorrichtungen zu versehen, um den Eingriff von Personal bei laufender Förderanlage zu verhindern. Schutzvorrichtungen sollten sicher befestigt sein, sie sollten jedoch zur Durchführung von Wartungstätigkeiten entfernt werden können.

C. Zugang

Die Förderanlage, der Übergabepunkt oder andere damit in Zusammenhang stehende Systeme sind mit geeigneten Zugangsmöglichkeiten für die Beobachtung und für die Durchführung von Wartungsarbeiten zu versehen. Zur Kontrolle aller inneren Bereiche ist eine ausreichende Anzahl von Öffnungen vorzusehen.

D. Inspektionstüren

Die Türen sind an Stellen außerhalb des Materialflusses zu positionieren. Diese Beobachtungsluken sind mit staubdichten Türen auszustatten. Die Öffnungen sind mit Gittern zu versehen, damit kein Material aus der Öffnung herausfliegen kann, wenn die Beobachtung bei laufender Förderanlage durchgeführt wird.

DIE VORTEILE DER ZUGÄNGLICHKEIT

Und zum Abschluss...

Gute Zugangsmöglichkeiten zu der Förderanlage müssen kein Kompromiss zwischen Sicherheit, Zugänglichkeit und Kosten sein. Die Zugänglichkeit zu Anlagenteilen für Wartungs- und Reparaturarbeiten ist für ein sauberes, sicheres und produktives System unabdingbar. Eine sorgfältig platzierte und ausreichend dimensionierte, sichere Zugangsmöglichkeit erhöht die Zuverlässigkeit, vermindert die für die Instandhaltung erforderlichen Stillstandszeiten und Arbeitsaufwand und reduziert die z. B. aus Staubbildung und dem Befahren abgesperrter Bereiche resultierenden Gefahren. Auf lange Sicht gesehen, verbessert ein gut gestalteter Zugang die Sicherheit und spart Geld.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über die Zugänglichkeit von Förderanlagen ist das erste Kapitel im Abschnitt „Instandhaltung von Förderanlagen“. Mit dem folgenden Kapitel, „Bestandsaufnahme bei Fördersystemen“, wird die Diskussion über die zur Verlängerung der Lebensdauer des Fördersystems und zur Verminderung der Staubbildung bzw. der Verschüttung erforderlichen Art der Instandhaltung fortgesetzt.

REFERENZEN

- 26.1 Mine Safety and Health Administration (MSHA) [US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau]. (2004). *MSHA's Guide to Equipment Guarding [Der MSHA - Leitfaden für Sicherheitseinrichtungen an Geräten]*. Other Training Material [Sonstiges Schulungsmaterial] OT 3, 40 Seiten. US-Arbeitsministerium. Als Gratis-Download verfügbar: <http://www.msha.gov/s&hinfo/equipguarding2004.pdf>
- 26.2 Giraud, Laurent; Schreiber, Luc; Massé, Serge; Turcot, André; and Dubé, Julie. (2007). *A User's Guide to Conveyor Belt Safety [Ein Benutzerhandbuch für die Förderbandsicherheit]: Protection from Danger Zones [Schutz vor Gefahrenzonen]*. Guide RG-490, 75 Seiten. Montréal, Quebec, Kanada: IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail), CSST. In englischer und französisch Sprache als Gratis-Download (PDF) verfügbar: <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/RG-490.pdf> oder als html: http://www.irsst.qc.ca/en/_publication/irsst_100257.html
- 26.3 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2004). CEMA SPB-001 (2004) *Safety Best Practices Recommendation: Design and Safe Application of Conveyor Crossovers for Unit Handling Conveyors [Gestaltung und sichere Anwendung von Übergängen bei Stückgutförderanlagen]*. Naples, Florida.
- 26.4 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, *sechste Auflage*. Naples, Florida.

Abbildung 27.1

Die Bandbegehung dient der Beurteilung des Zustandes der Ausrüstung und sie bietet die Möglichkeit zur regelmäßigen Wartung, Einstellung und Reinigung der verschiedenen Komponenten der Förderanlage.



Kapitel 27

BESTANDSAUFNAHME BEI FÖRDERSYSTEMEN

Gründe für die Begehung des Förderbandes.....	425
Erfassung des Fördersystems.....	425
Wartungskontrolle.....	428
Bestandsaufnahme vor Ort.....	428
Förderanlage AN oder Förderanlage AUS.....	429
Einsatz externer Dienstleister.....	430
Sicherheitsrelevante Fragen.....	430
Was ist bei einem externen Dienstleister zu beachten.....	431
Was ist nach der Begehung zu tun?.....	431
Eine Bandbegehung hält die Förderanlage fit.....	431

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel besprechen wir die Bedeutung routinemäßig durchgeführter Begehungskontrollen der Förderanlagen eines Betriebes. Es werden auch die drei verschiedenen Arten von Förderanlagenbegehungen und ihre Zielsetzungen dargestellt: die Erfassung des Fördersystems, die Wartungskontrolle und die Bestandsaufnahme vor Ort. Außerdem gehen wir auf die Sicherheitsaspekte ein und diskutieren Vorteile der Beauftragung externer Dienstleister mit den Förderanlagenkontrollen.

Die Bandbegehung ist ein in der Industrie verwendeter Begriff, der die eingehende Begutachtung des Fördersystems bezeichnet. Ihr Zweck ist die Zustandskontrolle und Durchführung erforderlicher Wartungsarbeiten. Die Begehung, die an einem Ende beginnt und entlang der gesamten einzelnen Förderanlage oder einer Kette von Förderanlagen fortgesetzt wird, dient der Beurteilung des Zustandes der Ausrüstung und bietet die Möglichkeiten zur regelmäßigen Wartung, Einstellung und Reinigung der verschiedenen Komponenten der Förderanlage (**Abbildung 27.1**).

Martin Engineering Company verwendet den Ausdruck **BANDBEGEHUNG** zur Beschreibung der Inspektion des Zustands eines Förderbandsystems und dessen Komponenten.

GRÜNDE FÜR DIE BEGEHUNG DES FÖRDERBANDES

In diesem Kapitel besprechen wir drei unterschiedliche Arten von Förderanlagenbegehungen. Diese verschiedenen Arten können kombiniert werden, aber der Zweck, die Häufigkeit und die zur Durchführung jeder Begehungsart erforderliche Ausstattung sind jeweils verschieden. Die drei Typen sind:

A. Erfassung des Fördersystems

Die Erfassung des Fördersystems ist meist die erste Begutachtung mit der vorrangigen Aufgabe der Bestandsaufnahme zur Feststellung der grundlegenden Spezifikationen des Systems und der Informationen laut Typenschild. Daraus ergibt sich ein Inventar der Geräte und Komponenten des Fördersystems.

B. Periodische Wartungskontrolle

Bei der periodischen Wartungskontrolle wird die Funktion der Förderanlage im

täglichen Betrieb überprüft und es werden routinemäßige oder einfache Wartungs-, Einstellungs- und Reinigungsarbeiten durchgeführt.

C. Bestandsaufnahme vor Ort

Bei der Bestandsaufnahme vor Ort handelt es sich um eine detaillierte Kontrolle und Leistungsüberprüfung eines Teils oder des gesamten Materialtransportsystems, oft als vorbereitende Maßnahme für ein Projekt zur Verbesserung des Systems.

ERFASSUNG DES FÖRDERSYSTEMS

Erste Schritte: Bestandsaufnahme

Zu oft geraten die Details eines Fördersystems - die Spezifikationen der Komponenten, selbst die grundlegenden Information über Fabrikat und Modell - im Laufe der Zeit in Vergessenheit. Es gibt einen neuen Eigentümer, in der Geschäftsleitung haben sich Änderungen ergeben, die Aufgabenbereiche der Ingenieure, des Bedienungs- und Wartungspersonals sind verändert worden oder diese Leute sind nicht mehr bei der Firma beschäftigt. Auch die Komponenten eines Fördersystems ändern sich im Laufe der Zeit: ob durch Ersatz, Austausch oder im Zuge durchgeführter Verbesserungen im System. Eventuell sind die Typenschildinformationen der verschiedenen Komponenten in der Wartungsabteilung, im Ingenieurbüro oder in der Einkaufsabteilung nicht auf dem aktuellen Stand gehalten worden. Die Daten sind veraltet, oder noch schlimmer, die Information ist nur noch in den Köpfen einzelner Personen vorhanden.

Deshalb sollte die Erfassung der aktuellen Informationen in einer konsistenten Form eines der Hauptziele der ersten Bandbegehung oder Bestandsaufnahme in einem Betrieb sein. Somit wird die erste Bandbegehung primär zu einer Bestandsaufnahme und erst in zweiter Linie zu einer Wartungskontrolle. Durch die Notwendigkeit alle relevanten Informationen zusammenzutragen, kann diese Begehung sehr lange dauern, was oft dazu führt, dass sie letztendlich von einem Lieferanten, einem Dienstleister oder einem Berater zu Ende gebracht wird. Dieser „Streckengänger“ erarbeitet auf diese Weise eine Bestandserfassung über die Anlage.

Möglicherweise ist für die ordnungsgemäße Durchführung der Bestandsaufnahme vor

Tabelle 27.1

Ausrüstung für die Bestandsaufnahme vor Ort	
Werkzeug	Funktion
Persönliche Schutzausrüstung	Bietet persönlichen Schutz während der Begehung. MUSS IMMER VERWENDET WERDEN.
Anemometer	Zur Messung der Luftgeschwindigkeiten; wichtig für die Staubunterdrückung
Winkelmesser	Zur Messung der Neigungen der Traggerüste
Schalldruckpegelmesser	Zur Messung von Geräuschpegeln
Härtemessgerät	Zur Bestimmung der Oberflächenhärte der Bänder und Abdichtungen
Infrarot - Thermometer	Zur Messung der Temperatur von Komponenten
Wasserwaage	Zur Prüfung der Ebenheit der eingebauten Komponenten
Speckstein	Zur vorübergehenden Markierung von Stahlbauteilen
Tachometer	Zur Messung der Bandgeschwindigkeit
Maßband	Zur Messung von Abständen
Taschenlampe	Zur Durchführung von Kontrollen in dunklen Bereichen oder Behältern
Kamera	Zur Erfassung der Zustände als Einzelbild und/oder als Videoaufnahme
Papier und Bleistift	Zur schriftlichen Erfassung von Daten
Werkzeuggürtel/Geschirr	Für den sicheren Transport der Werkzeuge

Tabelle 27.2

Erfassung des Fördersystems		
Durchgeführt von:		Datum:
Grunddaten	Förderanlagenkennung [Bezeichnung oder Nummer]	
	Standort	
	Länge - Mitte Trommel [m]	
	Förderleistung [Tonnen/h]	
	Gesamthubhöhe (Höhenunterschied) [+/-m]	
	Laufleistung der Förderanlage / Tag [Stunden]	
	Laufleistung der Förderanlage / Woche [Tage]	
	Bandbreite [mm]	
	Bandgeschwindigkeit [m/s]	
Gurtmaterial	Muldungswinkel [Grad]	
	Gurthersteller und Typ	
	Reißfestigkeit bezogen auf Bandbreite [kN/mm]	
	Einbaudatum des Bandes [Datum]	
	Bandstärke [mm]	
	Art der Gurtverbindung [mechanisch oder vulkanisiert]	
Ladung	Anzahl der Verbindungen (Verbindungsstellen) im Band	
	Transportiertes Material	
	Materialgröße (größter Brocken) [mm]	
	Materialtemperatur [°C]	
	Fallhöhe des Materials [m]	
	Feuchtigkeitsgehalt (maximal) [%]	
Antrieb der Förderanlage	Feuchtigkeitsgehalt (normal) [%]	
	Hersteller und Modell	
	Ausgangsleistung [kW]	

Ort eine besondere Ausstattung erforderlich (**Tabelle 27.1**). Hat man alle für die Erfassung der Schlüsseldaten erforderlichen Werkzeuge zur Hand, kann die Bestandsaufnahme durchgeführt werden, ohne dass man wegen einer einzigen Seriennummer oder einem einzigen Maß noch mal extra gehen muss.

Dokumentation der Information

Bei der Erfassung des Fördersystems wird eine Vielzahl von Daten über Hersteller, Modelle und Systemspezifikationen gesammelt und festgehalten (**Tabelle 27.2**). Wenn diese Informationen vorliegen, sollten sie an einem einzigen, zentralen Standort des Betriebes archiviert werden.

Es ist sinnvoll, diese Informationen zusammen mit den verschiedenen Belegdokumenten in einer Zentralbibliothek der Unterlagen über das Fördersystem unterzubringen. Dazu ge-

hören Wartungshandbücher, Instandsetzungsvorschriften, Teilelisten, Betriebsvorschriften, Lieferanteninformation und Zeichnungen. Die erfassten Informationen können in das Computerunterstützte Instandhaltungs-Management-System (CMMS) eines Werks eingepflegt werden.

Manche spezialisierte EDV-Systeme ermöglichen die Integration umfassender Unterlagen wie technische Zeichnungen, schematische Darstellungen, Teilelisten, Betriebshandbücher und andere Dokumente in eine digitale Bestandsbibliothek. Dieses System stellt eine zentrale Bibliothek dar, sowohl für die Mitarbeiter als auch für externe Dienstleister, um schnell auf Informationen zugreifen zu können und um den für die Durchführung von Wartungsarbeiten erforderlichen Zeitaufwand zu verkürzen.

Erfassung des Fördersystems (Fortsetzung)		
Rollen	Fabrikat, Modell und ggf. CEMA - Klasse	
	Tragrollen	
	Aufpralldämpfungsrollen	
	Aufpralldämpfungstische	
	Bandträgergestelle	
	Rücklaufrollen	
Luftströme	Ladezone, Austrittsquerschnitt [m^2]	
	Maximale Luftgeschwindigkeit am Austritt der Ladezone [m/s]	
Komponenten	Fabrikat und Modell	
	Probenehmer	
	Bandwaage	
	Magnet	
	Bandschlitzerfassung - System	
	Reißleinen-Sicherheitsschalter	
	Versatzabschaltungen	
	Gurtlenkstation, Tragseite	
	Gurtlenkstation, Rücklaufseite	
	Primäre Gurtreinigungssysteme	
	Sekundäre Gurtreinigungssysteme	
	Schutzabstreifer am Umlaufende	
	Staubabscheider	
	Staubunterdrückungssysteme	
	Materialfluss-Hilfsmittel, Schurre	
Zugangstüren		

Tabelle 27.2
Fortsetzung

Manche Wartungsdienstleister und Lieferanten bieten die Datenerfassung als eine spezielle Dienstleistung an. Diese Dienstleistung kann als Teil einer regelmäßigen Beurteilung des Materialtransportsystems eines Betriebes in Anspruch genommen werden, als Teil einer Vertragswartung, als eine eigenständige Dienstleistung oder als Teil eines Auswahl- und Implementierungsprozesses für ein CMMS-System.

Es ist wichtig, dass die Datensätze laufend aktualisiert werden; es ist auch gut, wenn die originalen Konstruktionsinformationen und Änderungsprotokolle aufbewahrt werden. Optimal ist die regelmäßige Aktualisierung der Daten als Teil eines regelmäßigen Überprüfungszyklus.

WARTUNGSKONTROLLE

Die Bandbegehung für routinemäßige Kontrollen

In der typischsten Anwendung ist die Bandbegehung eine routinemäßige Gelegenheit zur Durchführung von Kontroll- und Wartungsarbeiten an den Förderanlagen in einem Betrieb. Der Bandinspektor - die für das Gurtmaterial zuständige Person des Betriebes, der „Bandmeister“ - geht das System ab: kontrolliert die Funktion, führt kleinere Einstellungen oder Reinigungsarbeiten aus und notiert gravierendere Mängel oder Probleme für die spätere Beseitigung.

Der Streckengänger sollte sich zu den von ihm beobachteten Problemen Notizen machen: z. B. „Die Mittelrolle auf Rollensatz Nummer 127 auf Förderanlage B dreht sich nicht,“ oder „An der Kehrtrommel von Förderanlage 3 tritt viel Materialverlust aus“. Es ist besser, wenn man sich die Notizen gleich macht, wenn man das Problem sieht, anstatt zu warten, bis die Inspektion einer Förderanlage abgeschlossen ist, oder sich gar alles erst im Aufenthaltsraum der Wartungsstation aufschreibt.

Die Information kann man auf einem Block Papier festhalten, oder auf einem persönlichen digitalen Assistenten (PDA), Diktiergerät oder einem Smartphone. Über ein konventionelles Mobiltelefon kann der Kontrolleur der Förderanlage seine eigene Voice-Mailbox anrufen, um die von ihm bei der Begehung festgestellten Beobachtungen aufzuzeichnen, die er vergessen haben könnte, bis er ins Büro zurückkehrt und sich mit tausend anderen alltäglichen Dingen

befassen muss. Der Bandinspektor kann mit einer Digitalkamera oder mit einem Handy von den Problemen Bilder machen, die man dann später an andere Personen zur Auswertung senden kann.

Stehenbleiben

Während der Bandbegehung stillzustehen ist kein Widerspruch, auch wenn es im ersten Moment einer zu sein scheint. Der Kontrolleur der Förderanlage muss mindestens einen Umlauf des Bandes beobachten, um das Laufverhalten des Bandes beurteilen zu können. Auf diese Weise kann er den Zustand des Bandes studieren - die Kanten, die Verbindungen, die Deckplatte der Gurtoberseite, wenn sie unter der Einhausung durchläuft, die Spurführung - und alle beobachteten Probleme festhalten. Der Bandinspektor kann auch überprüfen, ob das Band mittig läuft - sowohl im beladenen als auch im unbeladenen Zustand.

Wann muss man die Förderanlage anhalten? - JETZT!

Es mag vorkommen, dass der Kontrolleur etwas entdeckt, das für das Band, für die Förderanlage oder für das Betriebspersonal ein derart großes Risiko darstellt, dass das Band sofort angehalten werden muss. Das Problem könnte z. B. ein Stück Fremdeisen sein, oder ein scharfer Materialbrocken, der sich im Traggerüst verfangen hat und das Band aufschlitzen könnte. Oder es könnte eine heißlaufende Rolle sein, die angesammeltes Material zum Glimmen oder Schwelen bringt, oder eine andere Situation, die zu einem Brand führen könnte. Der Streckengänger und das übrige Bedienungs- und Wartungspersonal - und die Führungsebene des Betriebes - müssen verstehen, dass der wesentliche Auftrag darin besteht, die Sicherheit zu gewährleisten und die Förderanlage zu erhalten, sogar auf Kosten einer unplanmäßigen Produktionsunterbrechung.

Worauf zu achten ist

Der Person, die die Bestandsaufnahme durchführt, muss eine Liste zur Verfügung stehen, auf der alle allgemeinen Komponenten aufgeführt sind, die während jeder Bandbegehung der Förderanlage zu überprüfen sind. Diese Leitlinie kann vom Mitarbeiter als Checkliste bei der Durchführung der Kontrolle benutzt werden. (Siehe Kapitel 28: „Instandhaltung“ für eine Liste der zu beachtenden und zu beurteilenden Punkte)

Die Instandhaltungsempfehlungen des Herstellers für verschiedene Komponenten und Untersysteme (wie Probenehmer, Waagen, Metallsuchgeräte und Magnete) sollten der speziellen Checkliste für einen Betrieb hinzugefügt werden.

BESTANDSAUFNAHME VOR ORT

Die Bestandsaufnahme vor Ort ist eine dritte Bandbegehungsart (oder ein Grund für eine Begehung). Die Ziele dieser Kontrolle sind: Feststellung der Sachverhalte, die einen sicheren und effizienten Betrieb der Förderanlage beeinträchtigen, Verifizierung der Bestandsdaten der Förderanlage und Vorbereitung von Projekten zur Leistungsverbesserung. Die Durchführung dieser erweiterten Systemanalyse kann sich störend oder verzögernd auf die Datengewinnung und die Durchführung von Wartungsarbeiten im Rahmen routinemäßiger Vorgänge auswirken, so dass eine Kombination dieser Bestandsaufnahme mit einer Erfassung des Fördersystems oder einer Wartungskontrolle von der zur Verfügung stehenden Zeit abhängt und deshalb normalerweise nicht empfohlen wird.

Zusätzlich zu einer Beurteilung des Allgemeinzustandes eines bestehenden Systems und der Machbarkeit vorgeschlagener Verbesserungen, sollten bei einer Bestandsaufnahme vor Ort eine Anzahl anderer, projektbezogener Überlegungen mit einfließen (**Tabelle 27.3**). Bei der Durchführung einer Bestandsaufnahme vor Ort ist das Gesamtsystem zu betrachten, der Aufbau des Systems und alle dazugehörigen Geräte, die sich bei der Durchführung eines geplanten Projektes als störend erweisen oder die von Änderungen im Fördersystem betroffen sein könnten.

Zur ordnungsgemäßen Durchführung einer Bestandsaufnahme vor Ort werden dieselben Hilfsmittel und Werkzeuge verwendet, wie bei der Erfassung des Fördersystems (**Tabelle 27.1**).

FÖRDERANLAGE AN ODER FÖRDERANLAGE AUS

Die Frage der Bandbegehung bei laufender oder bei stillstehender Förderanlage ist schon eine Überlegung wert. Durch die Begehung des

Checkliste zur Bestandsaufnahme vor Ort	
Problem	Welches Problem soll gelöst werden? Welche Erwartungen bestehen, die als ein Erfolg zu betrachten wären?
Zuständigkeit	Wer ist für sich überschneidende Bereiche zuständig, wie z. B. Kontrolle/Steuerung, Energieversorgung oder die separate Versorgung wesentlicher Komponenten?
Unerwartete Ergebnisse	Welche Auswirkungen hat die vorgeschlagene Lösung auf andere Verfahren?
Schulung	Welche allgemeine oder standortspezifische Schulung und Dokumentation wird für die Mitarbeiter benötigt?
Vorschriften	Müssen Systeme nachgerüstet werden, um den gegenwärtig geltenden Vorschriften oder Unternehmensgrundsätzen zu entsprechen?
Zugang	Wie werden neue Geräte zur Montagestelle gebracht?
Versorgungseinrichtungen	Sind Versorgungseinrichtungen für Abbruch- und Bauarbeiten verfügbar?
Gefahren	Gibt es Gefahrstoffe oder gefährliche Umstände, die besondere Aufmerksamkeit erfordern?
Arbeiten in erhöhten Lagen	Sind spezielle Verfahren oder Sicherheitsmaßnahmen für Arbeiten in größeren Höhen erforderlich?
Enge und geschlossene Räume	Erfordert die Arbeit in engen und geschlossenen Räumen speziell ausgebildete Mitarbeiter und Genehmigungen?
Abfallbeseitigung	Wer ist für die Abfallbeseitigung verantwortlich?
Einrichtungen	Gibt es Einrichtungen (z. B. Pausenraum, Toiletten, Duscheinrichtungen) für Projektarbeiter?
Wetter	Haben das Wetter und die Tageszeit einen Einfluss auf die Durchführung des Projekts (z. B. ist das System nur während der zweiten Schicht verfügbar)?
Unterlagen und durchzuführende Arbeiten	Welche Unterlagen und durchzuführenden Arbeiten (Resultate) werden von der Bestandsaufnahme erwartet?

Tabelle 27.3

Systems bei laufendem Band sehen und erkennen die Mitarbeiter einen größeren Anteil der wirklichen Probleme, die sich auf die Leistung der Förderanlagen und auf den zu erwartenden Ausfall der Komponenten auswirken. Offensichtlicher und einfacher zu erkennen sind Probleme wie Materialverluste und der Einfluss der Beladung auf die Gurtführung. Läuft die Förderanlage nicht, bleiben viele Schlüsselindikatoren versteckt, wie z. B. Vibrationen im Traggerüst und der Verlauf des Bandes in Verbindung mit den Geräuschen, die an einer Gurtverbindungen beim Passieren einer Rolle wahrnehmbar sind.

Es ist unbestritten, dass die Förderanlagen weniger gefährlich sind, wenn sie nicht laufen. Deswegen versucht man aus Sicherheitsgründen die erforderlichen Arbeiten an stillstehenden Förderanlagen durchzuführen. Manche Kontrollen können überhaupt nicht sicher aus-

geführt werden, während das Band läuft, wie z. B. die Kontrolle der Verschleißbauskleidung in der Einhausung. Andererseits können andere Kontrollen und Einstellungen ausschließlich bei laufendem Band erfolgen. Die mit der Begehung des Förderbandes beauftragte Person muss sich über die Gefahren im Klaren sein, sie muss mit den Fördersystemen vertraut, für die Durchführung der Korrekturen an laufenden Förderanlagen geschult und dazu in beschränktem Umfang befugt sein.

Die Entscheidung der Frage, ob die Bandbegehung bei laufender oder bei stillstehender Förderanlage durchgeführt wird, hängt somit von externen Faktoren ab, einschließlich der Verfügbarkeit entsprechender Arbeitskräfte und der Komplexität der zu erwartenden oder erforderlichen Wartungsarbeiten. In jedem Fall ist es dabei ein sehr hohes Maß an Vorsicht geboten.



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Bei Bestandsaufnahmen an Förderanlagen haben die Mitarbeiter das Schüttguttransportsystem gründlich zu kontrollieren. Dies ist zwar gut für das Gerät, setzt aber die Mitarbeiter während des Kontrollablaufs potentiell gefährlichen Situationen aus. Die mit einer Bandbegehung beauftragten Mitarbeiter müssen im Hinblick auf die richtigen Vorgehens- und Verfahrensweisen bei Arbeiten auf den Förderanlagen und in ihrer Umgebung ausreichend gründlich geschult sein. Ihnen soll auch bewusst sein, dass Unachtsamkeit schwere Verletzungen und Tod zur Folge haben kann.

Die Beachtung der Arbeitssicherheitsvorschriften ist ein Teil der Routine bei jeder Bandbegehung. Das Personal, das die Bestandsaufnahme vor Ort durchführt, muss die entsprechende persönliche Schutzausrüstung bei sich haben und es benutzen. Dazu gehören z. B. Schutzhelm, Schutzbrille, Ohrenstöpsel und Atemgerät. Ein Kommunikationsmittel - wie z. B. ein Funkgerät oder Mobiltelefon - gehört ebenso dazu. Natürlich müssen auch ordnungsgemäße Sicherheitsmaßnahmen wie Absperrung mit Schließern (lockout), Anbringen von Verriegelungshängern (tagout), blockieren und verkeilen

(blockout) sowie Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden.

Sehr zu empfehlen ist der Einsatz eines Zwei-Mann-Teams bei der Bandbegehung. Dadurch kann auf jeder Seite der Förderanlage ein Mitarbeiter entlanggehen (unter der Annahme, dass zwei Laufstege vorhanden sind) und die Kontrolle durchführen. Dadurch wird die Bandbegehung sicherer, da sie sich helfen können und im Notfall kann mindestens einer entsprechend reagieren. Wenn die Kontrolle von einem Mitarbeiter alleine durchgeführt werden muss - was in der heutigen Zeit der allseits üblichen Personaleinsparung häufig vorkommt - dann sollte der Mitarbeiter in ständigem Funkkontakt mit der Steuerwarte, der Wartungszentrale oder sonstigen Operationsbasis stehen. Ein Sicherheitssystem, in der Art wie es auch Nachtwächter nutzen, bei dem sich der Streckengänger an festgelegten Kontrollpunkten entlang der Strecke melden muss, z. B. am Kopfende jeder Förderanlage, sollte in Erwägung gezogen werden. Dadurch ist der Mitarbeiter besser gesichert und es besteht auch die Gelegenheit zur Meldung ungewöhnlicher Vorkommnisse, die eine Stilllegung des Systems erfordern würde.

EINSATZ EXTERNER DIENSTLEISTER

Mit anderen Augen betrachtet: Der Einsatz externer Dienstleister zur Behebung des Förderbandes

Es wird für normale Betriebsangehörige - ob Produktionspersonal oder Wartungsmannschaften - zunehmend schwieriger, die Zeit für regelmäßige Serviceaufgaben wie Förderanlagenkontrollen und routinemäßige Einstellarbeiten zu finden.

Es kann jedoch auch noch andere Probleme mit der Bandbehebung durch betriebseigenes Personal geben. Eine mit den Betriebsabläufen vertraute Person kann unter Umständen so konditioniert sein, dass sie nur das sieht, was sie zu sehen erwartet, anstatt das wahrzunehmen, wonach sie eigentlich Ausschau halten sollte. Ein im Betrieb oder als Wartungskraft beschäftigter Mitarbeiter, der bereits über einen längeren Zeitraum mit einem Problem gelebt hat, mag tatsächlich glauben, dass dies der normale Betriebszustand oder eine akzeptable Situation sei. Es besteht auch die Gefahr, dass ein Problem in der Bestandsaufnahme „aus Versehen übersehen“ werden kann, weil die mit der Bestandsaufnahme beauftragte Person weiß, dass er oder sie anschließend mit der Behebung des Problems betraut wird: Es kommt also noch eine weitere unangenehme Arbeit auf die Aufgabenliste des Mitarbeiters.

Eine Lösung ist der Einsatz von Vertragspersonals für die regelmäßige Wartung: Datenerfassung, Bestandsaufnahme vor Ort und regelmäßige Wartungsaufgaben. Outsourcing hat mehrere Vorteile. Der erste Vorteil besteht darin, dass eine Förderanlage ohne Beteiligung des Betriebspersonals inspiziert werden kann: Sie sind von dieser Aufgabe freigestellt und können ihren üblichen Pflichten nachgehen. Ein zweiter Vorteil ist, dass der externe Inspektor möglicherweise ein Experte in Bezug auf Förderanlagen und ebenso in Bezug auf die aktuellsten Vorschriften und Bestimmungen ist. Eine solche Person kann durch ihre objektive Sichtweise dem Betriebspersonal Problemlösungen aufzeigen, während die „Standardverfahren“ im Betrieb nicht die beste Vorgehensweise sind.

Obwohl die Bandbehebungen für das Wartungspersonal eines Betriebes nützlich sind, können sie noch nützlicher sein, wenn ein externer Wartungsdienst die Aufgabe übernimmt.

Die Ergebnisse aus der Bestandsaufnahme könnte man an einen Vertragswartungsdienst in Form einer „Zu Erledigen“-Liste weiterreichen. Damit erhält der Vertragswartungsdienst eine richtungweisende Zielsetzung zusammen mit umfassenden Informationen für die Beseitigung der Probleme.

Sicherheit für externes Personal

Vertragspersonal muss in Sachen Sicherheit genauso geschult werden wie die regulären Mitarbeiter. Tatsächlich ist deren Schulung sogar noch wichtiger, da sie anfangs die konkrete Anlage erst kennen lernen müssen und nicht über die Erfahrung über ihre Leistungsfähigkeit und Grenzen verfügen, die im täglichen Umgang mit genau dieser Anlage erworben wird. Es ist deshalb zwingend erforderlich, dass das externe Personal umfassende Informationen über alle relevanten Sachverhalte erhält.

WAS IST BEI EINEM EXTERNEN DIENSTLEISTER ZU BEACHTEN

Es ist wichtig, dass externe Dienstleister mit der Art der fraglichen Systeme vertraut sind, mit denen sie sich zu beschäftigen haben: Man sollte nicht einen Installateur darum bitten, die elektrische Anlage in Ordnung zu bringen. Ungelernte oder unerfahrene Vertragsarbeiter sind hier nicht zu gebrauchen; sie könnten nicht wissen, wonach sie suchen sollen oder was sie gerade vor sich haben. Mehr Erfahrung kostet mehr, aber dafür erhält man einen wirklichen Nutzen für sein Geld. Grundlegendes Wissen über Förderanlagen in ähnlichen Industriebereichen ist hilfreich. Es ist dabei wichtig, dass jene Person(en), die über Sachkenntnis verfügen, auch tatsächlich die Arbeit durchführen. Das Personal sollte bereits bei Auftragsabruf über die zur Durchführung der erforderlichen Dienstleistung benötigte Fertigkeit und Werkzeuge verfügen, anstatt zuerst eine Genehmigung einholen und danach noch mal kommen zu müssen, um den Auftrag auszuführen.

Diese externen Dienstleister sind per Definition keine Mitarbeiter des Betriebes. Aber sie müssen im Rahmen ihrer Tätigkeit die Verantwortung für das Fördersystem übernehmen sowie ein Engagement für den Betrieb und die Erfüllung ihrer Verantwortlichkeiten und Pflichten demonstrieren. Weise gewählt und wirksam genutzt, führt der Einsatz dieses externen Personals zu einer Verbesserung der Förderanlagen und zu einer Wertsteigerung des Betriebes.

Abbildung 27.2

Eine regelmäßige Begehung der Förderanlage ermöglicht eine effektive Beurteilung des Systems, Katalogisierung der Komponenten und Identifizierung der Bereiche, wo Wartungsarbeiten erforderlich oder Verbesserungspotential gegeben sind.



WAS IST NACH DER BEGEGUNG ZU TUN?

Wichtiger als die Begehung selbst ist, dass man mit der bei der Besichtigung gewonnenen Information auch etwas anfängt. Grund für die Besichtigung ist die Aufzeichnung der Beobachtungen mit anschließender Weiterleitung an das Management.

Wenn die ganzen Daten einer Bandbegehung zusammengetragen worden sind, sollten sie gespeichert und bearbeiten werden; dann ist es wichtig, danach zu handeln. Jedes festgestellte Problem kann durch betriebseigenes Personal oder durch externe Berater beurteilt und die Grundursache dafür ermittelt werden. Wenn die Ursachen für ein Problem identifiziert worden sind, können Lösungen dafür erarbeitet werden. Dinge, die in Ordnung gebracht werden können, sollten sofort in Ordnung gebracht werden. Die übrigen Probleme sind zu dokumentieren, damit man die richtigen Ressourcen darauf ansetzen kann, um die erforderlichen Lösungen zu erhalten. Eine Begehung des Förderbandes zeigt nicht, wie Probleme zu lösen sind, aber sie ist notwendig, um die Probleme zu identifizieren.

Mit gut geführten Aufzeichnungen über die bei einer Begehung gemachten Feststellungen- oder noch besser, aus einer regelmäßigen Serie von Begehungen - verfügt der Betrieb über eine Möglichkeit zur Verhinderung von Problemen, zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und zur Verbesserung der Rentabilität der Anlage. Und das sind die eigentlichen Gründe für jede Begehung des Fördersystems.

EINE BANDBEGEGUNG HÄLT DIE FÖRDERANLAGE FIT

Und zum Abschluss...

Ein Betrieb, der sich mit der Handhabung von Schüttgütern befasst, besteht aus einem System von miteinander vernetzten Komponenten. Wenn eine Komponente oder ein Untersystem nicht mehr funktioniert, werden sowohl vor- als auch nachgelagerte Vorgänge dadurch beeinflusst. Mit einem Wort, ein einzelnes stillstehendes Band kann einen ganzen Betrieb lahm legen. Und deswegen ist eine Förderanlage die entscheidende Einrichtung im Betrieb (**Abbildung 27.2**). Eine regelmäßige Begehung der Bänder der Förderanlage ermöglicht eine effektive Beurteilung des Systems, die Katalogisierung der Komponenten und die Identifizierung der Bereiche, wo Wartungsarbeiten erforderlich oder Möglichkeiten zur Verbesserung des Wirkungsgrades gegeben sind.

Vorausblick...

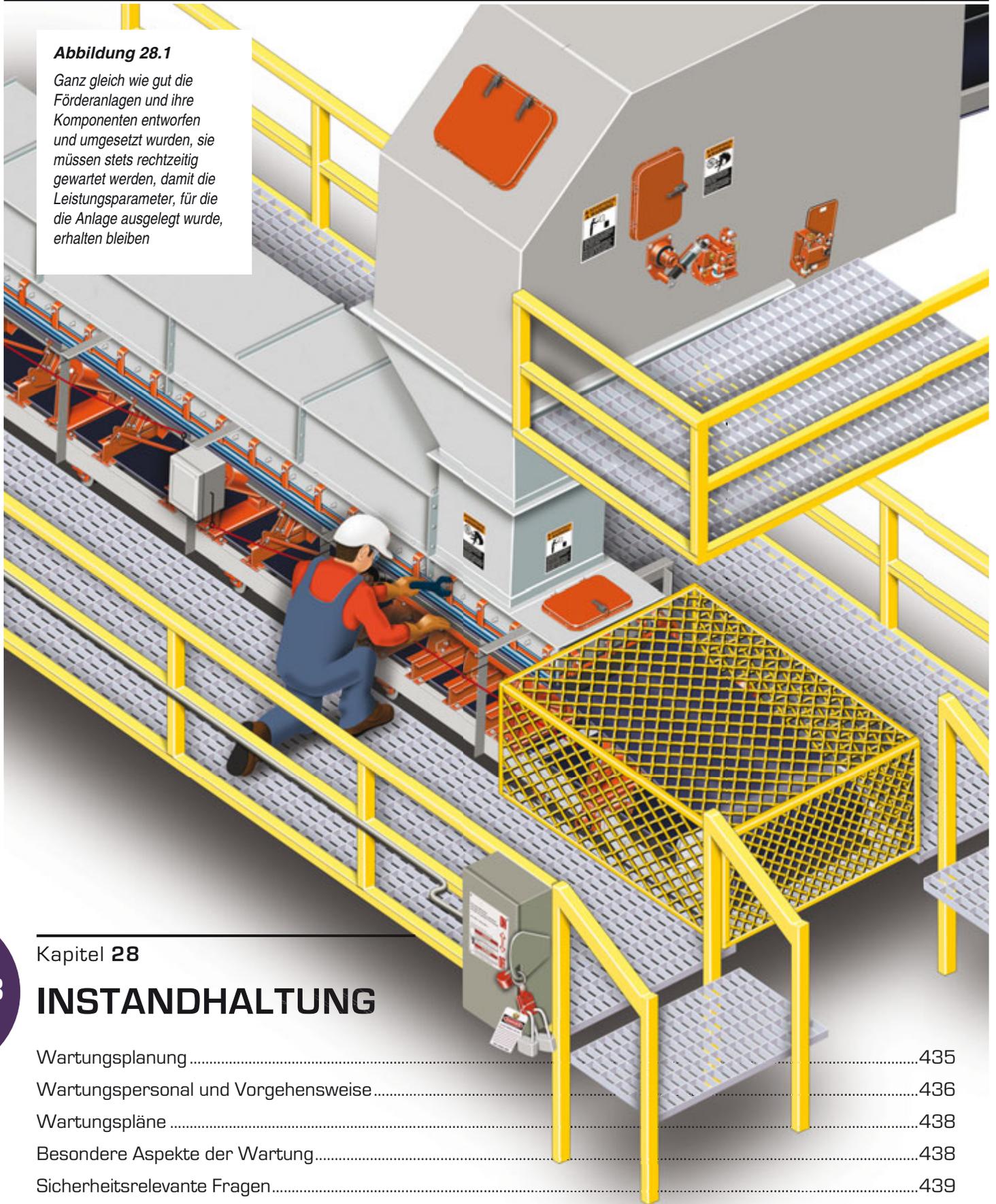
Dieses Kapitel über die Bestandsaufnahme bei Fördersystemen folgt auf das Kapitel über die Zugänglichkeit von Förderanlagen im Abschnitt „Instandhaltung von Förderanlagen“. Die nächsten beiden Kapitel setzen diesen Abschnitt fort und konzentrieren sich detailliert auf die Instandhaltung und den Faktor Menschen.

REFERENZEN

- 27.1 Martin Engineering Website:
<http://www.martin-eng.com>
- 27.2 CEMA - Verband der Förderanlagenhersteller (Conveyor Equipment Manufacturers Association). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, Florida.
- 27.3 Die Website
<http://www.conveyorbelguide.com>
ist eine wertvolle, nichtkommerzielle Informationsquelle über Fördergurte.

Abbildung 28.1

Ganz gleich wie gut die Förderanlagen und ihre Komponenten entworfen und umgesetzt wurden, sie müssen stets rechtzeitig gewartet werden, damit die Leistungsparameter, für die die Anlage ausgelegt wurde, erhalten bleiben



Kapitel 28

28

INSTANDHALTUNG

Wartungsplanung	435
Wartungspersonal und Vorgehensweise	436
Wartungspläne	438
Besondere Aspekte der Wartung	438
Sicherheitsrelevante Fragen	439
Weiterführende Themen	442
Die Kosten und der Sinn der Wartung	442

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel behandeln wir die empfohlenen Wartungspraktiken, die folgende Ziele verfolgen: Kontrolle der Materialverluste, Verbesserung der Sicherheit und Verminderung unplanmäßiger Produktionsunterbrechungen. Ebenfalls wird hier eine Methode zur Kalkulation der Kosten der Stillstandszeiten bei Förderanlagen vorgeschlagen.

Ganz gleich wie gut die Förderanlagen und ihre Komponenten entworfen und umgesetzt wurden, sie müssen stets rechtzeitig gewartet werden, damit die Leistungsparameter, für die die Anlage ausgelegt wurde, dauerhaft erreicht werden (**Abbildung 28.1**). Es ist unerlässlich, dass das Wartungspersonal richtig geschult und ausgerüstet ist, um sowohl die routinemäßigen Wartungs- und Reparaturarbeiten durchführen als auch die potentiellen Probleme entdecken zu können.

WARTUNGSPLANUNG

Die Vorausplanung der Wartung

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Produktivitätsanforderungen eines Betriebes im Laufe der Zeit steigen. Oft sind die Vergütungen oder Boni der Geschäftsleitung und der Mitarbeiter an das Erreichen der Produktionsziele gekoppelt. Deshalb nehmen die für Wartung vorgesehenen Stillstandszeiten unweigerlich ab. In der Konsequenz bleibt die Förderanlage oft ungenügend gewartet, und in dem Bestreben, die Produktionsziele zu erreichen, werden die erforderlichen Reparaturen nicht ausgeführt.

Dies führt dazu, dass das Transportsystem vernachlässigt und abgewirtschaftet wird. Es wird so lange weiter betrieben, bis der Totalausfall eintritt. Deshalb müssen im Produktionsplan der Förderanlage ausreichend bemessene Zeiten zur Durchführung der notwendigen Wartungsarbeiten vorgesehen werden. Falls dafür die Förderanlage außer Betrieb genommen werden muss, dann sind die entsprechenden Sicherungsmaßnahmen vorzunehmen, wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout) und Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout). Notwendig ist die Einplanung der Wartungstermine in den Produktionsplan. Sollte die Anlage ohne Unterbrechungen mit voller Leistung laufen, ist es ziemlich sicher, dass früher oder später irgendein Teil versagen wird. Ein solcher Ausfall kann sehr schnell zu einem sehr ernstem Unfall, großem wirtschaftlichen Schaden und einer schweren Krisensituation im Betrieb führen.

Der Grundsatz „ein Mangel an Planung führt zu planmäßigem Scheitern“ trifft besonders für Förderanlagen zu. Ein Fördersystem, für das kein Wartungsplan eingehalten wird, wird ziemlich sicher ausfallen.

Für die Wartung konzipiert

Das Wartungsmanagement ist eine Anforderung, die bereits in der Planungsphase des Fördersystems berücksichtigt werden muss. Oft werden die Bedürfnisse der Wartungsabteilung nicht in der Entwicklungsphase bedacht; in diesen Fällen wird das neue System nicht in einer Weise konstruiert, die eine leichte Zugänglichkeit und eine einfache Wartung ermöglicht. Angesichts der harten Bedingungen täglicher Arbeit in der Industrie und der Beanspruchung der Systeme durch die veränderlichen Materialzustände bis an die Leistungsgrenzen wird die Wartung der Systeme zu einer unerlässlichen Notwendigkeit. Der Wartungsaufwand steigt über das notwendige Maß, wenn im Fördersystem nicht von Anbeginn angemessene Möglichkeiten zur Durchführung von Wartungsarbeiten vorgesehen wurden. Man läuft Gefahr, dass sich folgende Weisheit bewahrheitet: „Wenn etwas schwierig, zeitraubend oder potentiell gefährlich ist, dann versucht man, es zu meiden“. Bei Wartungsaufgaben bedeutet es, dass diese Arbeiten möglicherweise gar nicht ausgeführt werden. Oder, dass sie nur oberflächlich, nach dem Prinzip des geringsten Widerstandes umgesetzt werden. Auf jeden Fall steigt das Risiko des Ausfalls und potentieller Produktivitätsverluste.

Viele Wartungsprobleme entstehen durch einen nicht durchdachten Entwicklungsprozess. Beispiele dazu sind unzureichend bemessene Abstände, unzugängliche Komponenten, starre, unlösbare Verbindungen oder andere nicht-korrigierbare Systeme. Konstrukteure denken im Allgemeinen an große Wartungs- und Überholungsarbeiten und schaffen auch die entsprechenden Voraussetzungen dazu, jedoch oft vernachlässigen sie die scheinbar einfachen, regelmäßigen Tätigkeiten. Beispielsweise ist bei vielen Förderanlagen für das Anheben und den Austausch der Kopffrommel ein spezieller Rahmen vorhanden. Dabei wird die Kopffrommel vielleicht alle fünf Jahre ausgetauscht. Gleichzeitig aber werden keine Vorkehrungen für die regelmäßigen Wartungsarbeiten vorgesehen, wie z. B. für die Rollenschmierung oder die Wartung von Gurtreinigern.

Diese Probleme sind leicht lösbar, wenn sie bei der Gestaltung des Systems berücksichtigt werden. Dazu gehört die Integra-

tion ausreichend bemessener Laufstege und Arbeitsbühnen, Zugangsmöglichkeiten zu den Arbeitsplätzen und Verfügbarkeit von Versorgungsanschlüssen wie Wasser, Elektrizität und Druckluft, die oft für effizientes Arbeiten notwendig sind. Weiteres Beispiel sind Komponenten, die nicht mit einem Hammer „justiert“ werden müssen, sondern auf Schienen montiert sind und für die Wartung herausgezogen und wieder hineingeschoben werden können. Wenn diese Lösungsprinzipien im Konstruktionsprozess beherzigt werden, dann ist nicht nur der Wartungsaufwand geringer, sondern es steigt auch erheblich die Wahrscheinlichkeit einer zuverlässigen Ausführung.

Für die Konstruktion einer guten Förderanlage ist es deshalb notwendig, die Anforderungen für die Wartung frühzeitig in der Entwurfsphase des Projektes zu berücksichtigen. Hilfreich dabei sind die Richtlinien für die Zugänglichkeit zu Förderanlagen zur Durchführung von Wartungsarbeiten, die Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) in der sechsten Auflage ihrer Schrift BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter] veröffentlicht hat.

Ergonomie und Wartung

Wann immer Menschen an einem System beteiligt sind - ob als Konstrukteur, Bediener, Wartungsfachmann oder Manager - hat die menschliche Leistungsfähigkeit einen großen Einfluss auf die Gesamteffizienz dieses Systems. Die Ergonomie, im englischen Sprachgebrauch auch als Human Factor Engineering bezeichnet, ist eine angewandte Wissenschaft, die sich mit der Gestaltung und der Anordnung der von Menschen verwendeten Komponenten befasst, so dass das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine so effizient und sicher wie möglich abläuft. Damit ein technisches System seine volle Produktivität erreicht, müssen die ergonomischen Gesichtspunkte ausgeschöpft werden, damit die Menschen in einem solchen

System ihre optimale Leistungsfähigkeit entfalten können.

Die Maschinen müssen so gestaltet sein, dass zuverlässige und beherrschte Verfahrensweisen bei der Durchführung regelmäßiger Wartungsarbeiten erreicht und verbessert werden.

WARTUNGSPERSONAL UND VORGEHENSWEISE

Die Wartungsabteilung

Entscheidend ist, dass nur kompetentes und gut geschultes Personal - ausgestattet mit den richtigen Prüfmitteln und Werkzeugen - die Wartung an den Förderanlagen durchführt. Aus Gründen der Sicherheit und der Effizienz sollte das Wartungspersonal aus erfahrenen Facharbeitern bestehen, mit der Befugnis zur Abschaltung einer Förderanlage, um geringfügige Reparaturen auszuführen und damit einen schwerwiegenden Ausfall oder größere Kosten zu verhindern.

Angeichts der schrumpfenden Wartungsmannschaften und steigenden Anforderungen an die Fördersysteme, gewinnt die Effizienzmaximierung des noch verfügbaren Personals an Bedeutung. Ein Weg, um dieses Ziel zu erreichen, ist die Dokumentation der Vorgehensweisen bei den erfolgreich und sicher durchgeführten Arbeiten. Diese Dokumentation dient der Weiterqualifizierung der Mitarbeiter und soll allen zuständigen Mitarbeitern zugänglich sein. Auf diese Weise können Prozeduren festgelegt werden, wie man die Aufgaben am sichersten und effizientesten durchführt und welche Werkzeuge und Geräte dazu erforderlich sind. Damit ist ein Betrieb auch in der Lage, neue Mitarbeiter besser schulen zu können, was wichtig ist, wenn das erfahrene Personal in den Ruhestand geht oder die Arbeitsstelle wechselt.

Ein computerunterstütztes Instandhaltungs-Management-System (CMMS) bietet eine gute Möglichkeit, um die Dokumentation der Wartungs-/Reparaturverfahren zu verwalten. Diese Systeme ordnen die Arbeitsaufträge und machen Informationen zugänglich, so dass das Wartungspersonal die Routinearbeiten nach ihrer jeweiligen Priorität durchführen kann. Die meisten Systeme verfolgen gleichzeitig die Wartungsausgaben für die erfassten Geräte, was hilfreich ist, um den Bedarf auf Anschaffungen und Nachrüstungen zu begründen.

Eine Wartungsstrategie, die diese Prinzipien umsetzt, erweist sich auf lange Sicht als effizient und zuverlässig.

Abbildung 28.2

Durch den Einsatz externer Dienstleister für Wartungsaufgaben kann das Personal für die betriebsspezifischen Kernaufgaben eingesetzt werden.



Wartung durch Dienstleister

Da die Anzahl der Mitarbeiter in vielen Betrieben ständig abnimmt, übertragen viele Unternehmen ihre Förderanlagen und deren Wartung teilweise oder insgesamt an externe Dienstleister. Durch den Einsatz externer Dienstleister kann das Personal für die betriebs-spezifischen Kernaufgaben eingesetzt werden (**Abbildung 28.2**).

In der Schüttgutindustrie können Dienstleister entweder als breit angelegte Generalunternehmen oder als spezialisierte Experten auftreten. Beide haben ihre Daseinsberechtigung und bringen für die Betriebe einen Wertzuwachs, wenn sie richtig eingesetzt werden und wenn man die Leistungsgrenzen der jeweiligen Kategorie berücksichtigt.

Ein Generalanbieter ist bereit fast jede Aufgabe zu übernehmen und hat ein allgemeines breites Verständnis der Förderanlagentechnik; er ist jedoch nicht in allen Aspekten oder Teilen des Transportsystems versiert.

Die spezialisierten Dienstleister sind Experten in bestimmten Bereichen oder Teilbereichen; oft sind es direkt Mitarbeiter eines Herstellers oder sie wurden vom Hersteller ausgebildet und zertifiziert. Durch diese Ausbildung haben sie sich Fertigkeiten und Kenntnisse angeeignet, die für die optimale Installation von Geräten oder für deren Wartung notwendig sind und die sie besser beherrschen als ein Generalanbieter. Die spezialisierten Dienstleister sollten Leistungs-garantien anbieten können, sowohl in Bezug auf die durchgeführten Arbeiten, als auch auf die von ihnen angebotenen Produkte und Komponenten.

Die Vermeidung von Materialverlusten ist ein weiterer Bereich, in dem ein externer Dienstleister das Betriebspersonal entlasten kann. Die Vergabe eines entsprechenden Auftrages in einem Betrieb kann zur Identifizierung der Grundursache für die Materialverluste und in Folge zu einer Änderung der Betriebsabläufe oder zu einer Investition führen, die das Problem beheben kann.

Kontrollen

Regelmäßige Wartungskontrollen können zur Verlängerung der Standzeit des Bandes und der Komponenten sowie zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit beitragen, in dem sie verhindern, dass geringfügige, leicht zu korrigierende Ursachen sich in große und kostspielige Probleme verwandeln.

In einigen gut organisierten Betrieben werden durch die Wartungskräfte routinemäßig Begutachtungen durchgeführt, die nach Anzeichen für potentielle Störungen suchen (**Abbildung 28.3**). (Siehe Kapitel 27: „Bestandsaufnahme bei Fördersystemen“). Wichtig ist, dass der Begutachter ungehindert seine Kontrolltour sicher und effizient abhalten kann.

Zu der dazu notwendigen Grundausstattung gehört:

A. Taschenlampe

Wenn der Kontrolleur der Förderanlage geschlossene Schurren oder unterirdische Bereiche wie Schurren und Rückföhrtunnel inspizieren muss

B. Möglichkeit zur Dokumentation der Informationen

Reicht von einem Notizblock auf einem Klemmbrett bis hin zu einem tragbaren Rechner

C. Persönliche Schutzausrüstung

Schutzhelm, Schutzbrille, Gehörschutz und Atemgerät, je nach vorliegenden Bedingungen

D. Funkgerät oder Mobiltelefon

Für die Kommunikation mit der Steuerwarte oder der Wartungszentrale

Die Meinung einer externen Person hilft oft, die Aufmerksamkeit auf Bereiche zu lenken, die das betriebseigene Personal als normal betrachtet. Manche Anbieter führen auch Begutachtungen des Systems mit anschließender Berichterstattung über den Zustand des Systems durch.

Die effektivste Methode zur Entdeckung von Problemen und zur Fehlerdiagnose in einem



Abbildung 28.3

In einigen gut organisierten Betrieben werden durch die Wartungskräfte routinemäßig Begutachtungen durchgeführt, die nach Anzeichen für potentielle Störungen suchen.

Fördersystem ist die Begutachtung des Systems im laufenden Betrieb. Obwohl Wartungsarbeiten oder Reparaturen nicht durchgeführt werden sollten während das System läuft, bietet die Beobachtung der Funktion des Systems und das Abhören der Geräusche wertvolle Hinweise bei der Identifizierung der zu reparierenden oder zu ersetzenden Komponenten.

Es ist schwierig, eine aussagekräftige Bandkontrolle durchzuführen, wenn das Band mit Geschwindigkeiten von mehr als 1,0 m/s läuft. Größere Schäden können bei dieser Geschwindigkeit möglicherweise festgestellt werden, aber kleinere Fehler werden sich der Entdeckung entziehen. Eine Lösung für dieses Problem ist die Begehung des stillstehenden Bandes in voller Länge mit Überprüfung jedes einzelnen Abschnittes. Eine Alternative dazu wäre die Verwendung einer langsameren Antriebsstufe für die Kontrolle. Manche Förderanlagen haben eine zusätzliche Geschwindigkeitsstufe, den so genannten „Kriechgang“ mit einer Geschwindigkeit von 0,1 bis 0,25 m/s, um die Systemüberprüfung zu ermöglichen.

WARTUNGSPÄNE

Die Wartungsintervalle und die einzelnen durchzuführenden Wartungsarbeiten hängen von der Bauart der Förderanlage und ihrer Komponenten sowie von der Art des Materials und dem Materialdurchsatz ab. Die Inspektions-, Wartungs- und Reparaturrichtlinien der Hersteller sind zu befolgen. Für den Fall, dass keine Richtlinien zur Verfügung stehen, geben wir hier einige Grundregeln als Leitfaden oder als Grundlage zur Erstellung eines Wartungsplans an (**Tabelle 28.1**). Viele Komponenten von Förderanlagen können und müssen kontrolliert werden, während das Band läuft. Es ist jedoch strengstens darauf zu achten, dass, während das Band in Betrieb ist, ausschließlich die Komponenten der Förderanlage kontrolliert werden. Jeder Versuch, dabei die Wartungsarbeiten durchzuführen, ist untersagt. Werden Sachverhalte entdeckt, die gewartet werden müssen, dann sind diese entsprechend zu dokumentieren. Viele Wartungsaufgaben können nur durchgeführt werden, wenn die Förderanlage nicht in Betrieb ist. (*Weitere Wartungsinformationen sind der Website von Martin Engineering zu entnehmen [Referenz 28.1].*)

BESONDERE ASPEKTE DER WARTUNG

Handbücher

Es ist wichtig, die Betriebshandbücher, die vom Lieferanten der Ausrüstung mitgeliefert wurden, nach spezifischen Anweisungen im Hinblick auf Wartungsvorschriften, Vorgehensweisen oder Zeitpläne durchzusehen. Diese Betriebshandbücher sollten an einer Stelle aufbewahrt und für alle Mitarbeiter zugänglich sein.

Außerdem sollte das Wartungspersonal über durchgeführte Kontrollen und Wartungsarbeiten sorgfältige Aufzeichnungen führen. Dadurch wird eine ordnungsgemäße Wartung der Geräte sichergestellt.

Informationsdatenbank

Es sollte eine Datei oder Datenbank der verschiedenen auf Förderanlagen installierten Komponenten und Baugruppen erstellt werden. Diese Datei sollte die verschiedenen Handbücher, Teilelisten und sonstigen Dokumente über die betriebsweit eingebauten Komponenten beinhalten. Angaben wie die Teilenummern der Hersteller und Montagedatum sind wichtig bei der Festlegung, wann eine Wartung erforderlich ist und welche Vorgehensweisen dabei zu befolgen sind.

Diese Informationen sollten an zentraler Stelle aufbewahrt werden. Dies kann ein Aktenschrank sein oder auch eine elektronische Datenbank in irgendeiner Form, worin alle verschiedenen Dokumente, Spezifikationen und Links zu den Webseiten der Lieferanten enthalten sind. Die Informationen sollten aus einer einzigen Quelle abrufbar sein, d. h. es sollten keine separaten und potentiell widersprüchlichen Dateien geführt werden. Die Entscheidung, im welchen Bereich des Unternehmens diese Daten untergebracht werden, ist eine innerbetriebliche Entscheidung, aber bei heutiger Verfügbarkeit elektronischer Netzwerke können und sollen diese Information betriebsweit genutzt werden. Damit wären sie nicht nur anderen Abteilungen, aber auch ausgelagerten Arbeitsgruppen zugänglich.

Es gibt Lieferanten, die diese Sammlung und Zusammenstellung von Informationen für einen Betrieb durchführen können, möglicherweise im Rahmen ihres Wartungsangebots oder als separate Dienstleistung. Sie stellen diese Referenzen zusammen und pflegen sie in eine Datenbank ein. Diese Dienstleistung ist besonders nützlich, wenn die Aufzeichnungen über das vorhandene Fördersystem veraltet sind. Mit

einer breiteren Basis an Erfahrung im Hinblick auf Geräte und Informationsquellen, sollten diese Dienstleister in der Lage sein, Lieferanteninformationen zurückverfolgen zu können, die anderweitig nicht mehr verfügbar wären.

Ersatzteile

Bestimmte Ersatzteile sollten auf Lager verfügbar sein. Dadurch ist sowohl der routinemäßige Ersatz von verschlissenen Teilen, als auch die rasche Durchführung unerwarteter Reparaturen möglich, um den Betrieb so schnell wie möglich wieder aufnehmen zu können. Dieser Lagerbestand sollte solche Teile enthalten, die mit großer Wahrscheinlichkeit beschädigt werden oder die als Verschleißteile gelten, wie z. B. Gurtabstreifblätter, Aufprallbalken und Rollen. Im Instandhaltungslager sollten auch Gurtverbinder für die Rissreparatur bei Notfallreparaturen vorhanden sein.

Durch Vereinheitlichung der verschiedenen Komponenten im gesamten Betrieb kann der Umfang der bevorrateten Ersatzteile und damit auch der Kostenaufwand für diese unproduktiven Teile minimiert werden.

Die Aufbewahrung alter Komponenten und Bauteile, die nicht mehr im Einsatz sind, ist ebenfalls zu empfehlen, denn oft können daraus noch Ersatzteile gewonnen werden. Natürlich müssen die so entnommenen Ersatzteile vor der Wiederverwendung gründlich gereinigt und überprüft werden.

Schmierung

Aufgrund der großen Zahl von Lagern in Fördersystemen und ihrem Einfluss auf die Gurtspannung und den Leistungsbedarf ist die Schmierung sehr wichtig. Die Befolgung der Empfehlungen des Herstellers bezüglich der Art, der Menge und der Häufigkeit der Schmierung verbessert direkt die Standzeiten dieser Komponenten.

Es ist darauf zu achten, dass die Teile nicht zu viel geschmiert (überschmiert) werden. Übertriebene Schmierung kann zu einer Beschädigung der Lagerabdichtungen führen, wodurch verschüttetes Material in das Lager eindringen kann, was dann zu einer Erhöhung der Reibung und einer verminderten Standzeit führt. Überschüssiges Öl oder Fett kann auf das Band gelangen und die Deckplatte angreifen



SICHERHEITSRELEVANTE FRAGEN

Die Kontrolle und Wartung von Förderanlagen kann für die Mitarbeiter eine ziemlich riskante Aufgabe sein, denn dabei kommen sie unter potentiell gefährlichen Bedingungen in unmittelbare Nähe zum Fördersystem (**Abbildung 28.4**). Es gibt viele Systeme, die bereits aufgrund ihrer Konstruktion sowohl für das Personal als auch für die Geräte selbst sichere Bedingungen gewährleisten. Der beste Ansatz zur Gewährleistung dieser Sicherheit ist ein Sicherheitsprogramm, das bei den Ingenieuren, dem Bedienungspersonal und bei den Wartungsmannschaften ein gesundes Maß an Bewusstsein für die Gefahren einer Förderanlage weckt und wach hält, die aus den dort wirkenden Kräften resultiert.

Manche Einstellungen können nur bei laufendem Band durchgeführt werden und bei einigen routinemäßigen Wartungsarbeiten ist es auch vorteilhaft, dass sie bei laufendem Band erfolgen. In den meisten Sicherheitsbestimmungen wurde diese Notwendigkeit dadurch berücksichtigt, dass nur geschultes Personal, dem diese Gefahren bewusst sind, diese Routinearbeiten durchführen darf. Es gibt Systeme, die aufgrund ihrer Konstruk-

tion sowohl für das Personal als auch für die Geräte selbst sichere Bedingungen gewährleisten, wenn die Kontroll- und Wartungsarbeiten nach den geltenden Regeln und Verfahren durchgeführt werden. Die Schulung in diesen Verfahren wird normalerweise von den Lieferanten der Systeme durchgeführt. Entscheidend ist, dass nur kompetentes, gut geschultes Personal - ausgestattet mit den richtigen Prüfmitteln und Werkzeugen - die Wartung an den Förderanlagen durchführt. (Hierzu ist ein gründliches Studium des Kapitels 2: „Sicherheit“ und Kapitels 28: „Bestandsaufnahme bei Fördersystemen“ unerlässlich.)



Abbildung 28.4

Die Kontrolle und Wartung von Förderanlagen kann für die Mitarbeiter eine ziemlich riskante Aufgabe sein, denn dabei kommen sie unter potentiell gefährlichen Bedingungen in unmittelbare Nähe zum Fördersystem.

Vorbeugende Wartung an Gurtbandförderern | Tabelle 28.1



SICHERHEITSRELEVANTER HINWEIS

Vor der Durchführung von Kontrollen oder anderen Arbeiten ist der Arbeitsbereich immer auf Gefahren zu überprüfen.



POSITION	DURCHZUFÜHREN: Wöchentlich:	POSITION	DURCHZUFÜHREN: Wöchentlich:
Umlenktrummel	Mittige Ausrichtung des Bandes auf der Trummel sicherstellen	Kopftrommel	Gurtreiniger auf verschlissene oder fehlende Abstreifblätter überprüfen
Tragrollen	Sicherstellen, dass sich alle Rollen drehen*	Kopftrommel	Rahmen und Abstreifblätter der Gurtreiniger auf Sauberkeit überprüfen
	Sicherstellen, dass alle Rollen der Rollensätze von Materialablagerungen frei sind*		Spannung der Gurtreiniger gemäß Empfehlung der Hersteller überprüfen
	Sicherstellen, dass das gemuldete Band alle drei Rollen berührt, sowohl im beladenen als auch im unbeladenen Zustand*		Mittige Ausrichtung des Bandes auf der Trummel sicherstellen
	Staubunterdrückungsdüsen auf Verstopfung überprüfen		
Gurt	Auf Schäden und Verschleiß überprüfen	Ladezone	Aufpralldämpfungsrollen auf Verschleiß untersuchen
	Gurt auf Napfbildung überprüfen		Aufprallbalken auf Verschleiß an der Deckplatte untersuchen
	Gurt auf Ausbuchtung überprüfen		Stützgestelle für die Abdichtung auf Verschleiß untersuchen
	Gurt auf Schäden durch Stoßwirkung überprüfen		Überprüfung und Einstellung der Staubabdichtungen
	Gurt auf Schäden durch Schleifwirkung überprüfen		Überprüfung der Staubunterdrückungsdüsen*
	Auf Schäden durch chemische Einwirkung überprüfen		Rücklaufrollen
	Gurt auf Schlitze und Risse überprüfen	Rollen auf Materialablagerungen überprüfen	
	Auf Schäden durch den Rollenübergangstoß überprüfen	Rücklaufrollen	Montagekonsolen auf Verschleiß durch Gurtführungsprobleme überprüfen
Gurt auf Rissbildung in der Deckplatte der Gurtoberseite überprüfen	Sicherheits-schalter		Seile auf richtige Spannung überprüfen
Antrieb der Förderanlage	Ölstand des Getriebes überprüfen	Sicherheits-schalter	Sicherstellen, dass die Schalter von Materialablagerungen frei sind
	Getriebe auf Ölleckagen überprüfen		Einschnür-trommel
	Antriebskupplung überprüfen	Einschnür-trommel	
	Ölstand in Sperrvorrichtung überprüfen und auf undichte Stellen untersuchen		Gurt-verbindingen
Sicherstellen, dass alle Sicherheitseinrichtungen am Antrieb vorhanden und in gutem Zustand sind	Gurt-verbindingen	Vulkanisiert: Verbindung auf Ablösung überprüfen	
Tragende Konstruktion der Förderanlage		Nach verrosteten, verbogenen, zerbrochenen oder fehlenden Bauteilen suchen	Kehrtrommel
	Überprüfung der Handläufe und Fußleisten zur Sicherstellung des guten Zustandes	Abstreifblatt des V-Pflugabstreifers auf Verschleiß überprüfen	
	Überprüfung der Laufstege auf Materialverluste und -ansammlungen	Befestigung des V-Pflugabstreifers überprüfen	
	Funktion der Sicherheitstüren überprüfen	Spannung des V-Pflugabstreifers überprüfen	
Schwer-kraft-Spann-vorrichtung	Überprüfung des Gestells der Spannvorrichtung auf ungehinderte Funktion und gerade Ausrichtung*	Führungsrollen	Überprüfung der freien Schwenkbarkeit des Rahmens*
	Mittige Bandausrichtung auf der Trommel sicherstellen*		Sicherstellen, dass sich alle Rollen drehen*
	Sicherstellen, dass alle Sicherheitseinrichtungen vorhanden und in gutem Zustand sind		Rollen auf Materialablagerungen überprüfen*
Anfahrerschutz	Nach Schäden suchen und korrekte Montage überprüfen.		

***HINWEIS: Bei den mit Sternchen bezeichneten Überprüfungen muss das Band möglicherweise laufen.**

Vor der Durchführung von Kontrollen oder von Arbeiten ist der Arbeitsbereich immer auf Gefahren zu überprüfen. Vor der Durchführung der Wartungsarbeiten sind die örtlich geltenden und firmeninternen Sicherheitsvorschriften durchzulesen. In manchen Betrieben ist die Durchführung von bestimmten spezifizierten Kontroll- und/oder Wartungsarbeiten durch entsprechend zertifizierte und ausgebildete Techniker an laufenden Förderanlagen zulässig. Bei den Vorgängen, die nicht sicher durchgeführt werden können, wenn das Band läuft und/oder in den Betrieben, wo die Durchführung der Wartungsarbeiten bei laufendem Band nicht zulässig ist, müssen vor der Durchführung aller Arbeiten ordnungsgemäße Sicherungsmaßnahmen wie Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout) und Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) durchgeführt werden.

Vorbeugende Wartung an Gurtbandförderern | Tabelle 28.1

SICHERHEITSRELEVANTER HINWEIS

Vor der Durchführung von Kontrollen oder anderen Arbeiten ist der Arbeitsbereich immer auf Gefahren zu überprüfen.

POSITION	DURCHZUFÜHREN: Monatlich:	POSITION	DURCHZUFÜHREN: Monatlich:
Umlenktrummel	Überprüfung der Buchsen/Hülsen auf Spuren von Bewegungen auf der Achse	Tragrollen	Überprüfung der Schmierung der Lager in Rollen
	Lagerzustand und Spannringe auf festen Sitz überprüfen	Antrieb der Förderanlage	Überprüfung der Schmierung der Rücklaufsperrlager
	Arbeitsoberfläche und Nabenenden auf Risse und Verschleiß überprüfen		Überprüfung der Schmierung auf der Achse
	Überprüfung der Schmierung auf der Achse		Überprüfung der Antriebsriemen auf Verschleiß und korrekte Spannung
Schwerkraft-Spannvorrichtung	Überprüfung der Buchsen/Hülsen auf Spuren von Bewegungen auf der Achse	Ladezone	Überprüfung der Schurren und Schurrenwandung auf undichte Stellen*
	Lagerzustand und Spannringe auf festen Sitz überprüfen		Kontrollieren der Eintrittsdichtungen
	Arbeitsoberfläche und Nabenenden auf Risse und Verschleiß überprüfen		Kontrollieren der Austrittsdichtungen
	Überprüfung der Schmierung auf der Achse	Kontrollieren der Absaugstellen auf Undichtigkeiten*	
Kopftrommel	Überprüfung der Buchsen/Hülsen auf Spuren von Bewegungen auf der Achse	Rücklaufrollen	Überprüfung der Schmierung der Lager in Rollen
	Lagerzustand und Spannringe auf festen Sitz überprüfen	Sicherheitssignale	Vor dem Start der Förderanlage prüfen, zur Bestätigung der korrekten Funktion
	Trommelummantelung auf Verschleiß und auf festen Sitz an der Kopftrommel überprüfen	Sicherheitsschalter	Notausschalter sind in Absprache mit der Betriebsleitung zu prüfen
	Arbeitsoberfläche und Nabenenden auf Risse und Verschleiß überprüfen	Führungsrollen	Überprüfung der Schmierung in Rollen und Drehpunkten
	Überprüfung der Schmierung auf der Achse	POSITIONEN DURCHZUFÜHREN: Alle 6 Monate	
Einschnürtrommel	Überprüfung der Buchsen/Hülsen auf Spuren von Bewegungen auf der Achse	Bremsen/Sperrvorrichtungen	Überprüfung der ordnungsgemäßen Funktion unter Volllast*
	Lagerzustand und Spannringe auf festen Sitz überprüfen	Tragende Konstruktion der Förderanlage	Überprüfung der Fundamente auf Setzungserscheinungen
	Arbeitsoberfläche und Nabenenden auf Risse und Verschleiß überprüfen	Ladezone	Verschleißauskleidungen auf Abnutzung überprüfen
	Überprüfung die Lagerschmierung	Sicherheitsschalter	Funktion durch Abschaltung der Förderanlage überprüfen*
Kehrtrommel	Überprüfung der Buchsen/Hülsen auf Spuren von Bewegungen auf der Achse	Warnvorrichtungen / Warnsignale	Funktion und akustisch/visuelles oder ablesbares Signal überprüfen*
	Mechanische Spannvorrichtung auf richtige Gurtspannung einstellen	POSITION DURCHZUFÜHREN: Jährlich	
	Arbeitsoberfläche und Nabenenden auf Risse und Verschleiß überprüfen	Elektrische Anlage	Nach offenen elektrischen Verbindungen, beschädigten Leitungen suchen, Überlastschutz und Erdung des Systems überprüfen
	Überprüfung die Lagerschmierung	Verriegelungen	Überprüfung der richtigen Verriegelungen der Förderanlagen*
	Überprüfung der Schmierung in den Einstellvorrichtungen der mechanischen Spannvorrichtung	Sicherheitsschalter	Versuchsweise Aktivierung des Anfahrstromkreises bei gezogenen Schaltern
	Lagerzustand und Spannringe auf festen Sitz überprüfen	POSITION DURCHZUFÜHREN: Unter speziellen Umständen	
	Gurtverbindungen	Nach neuer Verbindung: Auf schiefe / krumme Verbindung überprüfen*	

***HINWEIS: Bei den mit Sternchen bezeichneten Überprüfungen muss das Band möglicherweise laufen.**

Hinweis: Bezüglich der Kontrolle und Wartung sind die Empfehlungen der Hersteller stets zu befolgen, einschließlich der Empfehlungen für die Schmierung. Die vorstehende Liste deckt die meisten der häufig auf Förderanlagen anzutreffenden Komponenten und Systeme ab. Spezielle oder spezifisch auf der zu kontrollierenden Förderanlage vorkommende Komponenten und Systeme sollten zu gegebener Zeit hinzugefügt werden. Beispiele dazu wären: Waage, Kontrolltüren, Rissmelder, Gurtreiniger, Pflugabstreifer, Materialfluss-Hilfsmittel, Probenehmer, Füllstandsmessgeräte, Beleuchtung, Brandschutzsystem, Entstaubungskomponenten und -systeme, Blitzschutz, allgemeine Organisation und Ordnung, verbotene Elemente, usw.

und sie beschädigen. Überschüssiges Fett kann auch auf Handläufe, Laufstege oder den Boden abtropfen und so eine Rutschgefahr darstellen.

Gegenwärtig werden in einigen Betrieben Rollen und andere rollende Komponenten mit gekapselten Lagern verwendet. Gekapselte Lager brauchen keine Schmierung und reduzieren deshalb den Wartungsaufwand.

Anfahren der Förderanlage

Ein Gurt ist wie ein neues Paar Schuhe: Er muss sich erst ganz allmählich und vorsichtig einlaufen, um schmerzhafte Erfahrungen zu vermeiden. Unzureichende Aufmerksamkeit beim Anfahren der Förderanlage - ob bei der Inbetriebnahme eines neuen Systems oder nach dem Stillstand wegen Wartungsarbeiten - kann zu erheblichen und kostspieligen Schäden führen.

Normalerweise erfordert der Betrieb einer Förderanlage nicht viel Personal. Dies ist eines der Verkaufsargumente bei der Entscheidung für oder gegen ein Förderband gegenüber anderen Transportformen. Es wäre jedoch ein Fehler, das Band anzufahren, besonders auf einer neuen Förderanlage oder auf einer Strecke, auf der weitreichende Umbauten vorgenommen worden sind, ohne das notwendige Aufsichtspersonal entlang der Förderstrecke aufzustellen. An den Stellen, wo eventuell Schwierigkeiten auftreten könnten oder wo Probleme besonders kostspielig wären, sollten Wachposten aufgestellt werden. Diese Beobachter sind mit Walkie-Talkies oder mit Mobiltelefonen auszurüsten und in der Nähe von Notausschaltern zu postieren. Eine sorgfältige Kontrolle vor der Inbetriebnahme sollte sicherstellen, dass keine Baumaterialien, Werkzeuge oder Bauteile liegen geblieben sind, die sich beim Anfahren in das Band hineinbohren oder es anschneiden können.

Das leere Band sollte zuerst langsam angefahren und dann schrittweise auf normale Arbeitsgeschwindigkeit beschleunigt werden. Erst dann sollte es nach und nach bis zu voller Kapazität beladen werden, während gleichzeitig nach möglichen Problemen Ausschau gehalten wird.

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Kosten unplanmäßiger Abschaltungen

Oft sind Förderanlagen die Lebensader eines Betriebes und die Verfügbarkeit (oder Nutzbarkeit) dieser Systeme hat dabei eine direkte Wirkung auf die Rentabilität des Unternehmens. In vielen Betrieben führen Produktionsverluste, die auf Ausfallzeiten der Förderanlage zurückzuführen sind, zu entgangenen Geschäftsgelegenheiten, die nicht wieder gut zu machen sind.

Während die Beziehung zwischen der Verfügbarkeit der Förderanlage und den Erträgen offensichtlich ist, sind die Beziehungen zwischen einer effektiven Wartung, der Qualität der Komponenten und der grundsätzlichen Konstruktionsmerkmale der Förderanlage nicht so offensichtlich. Weil die Auswirkungen dieser Faktoren schwer zu identifizieren sind, werden die eigentlichen Grundursachen für die Ausfallzeiten der Förderanlage oft nicht erkannt und konsequent gelöst, was zu Förderanlagen mit chronischen Problemen führt. Vom australischen Kohleverband veröffentlichte Forschungsergebnisse zeigen, dass wenn die Grundursache für den Ausfall der Förderanlage in der Qualität der Komponenten zu suchen ist, die Kosten für die Ausfallzeit größenordnungsmäßig fünf mal so hoch sind wie die Kosten für den Ersatz der Komponente. Wenn sich die Grundursache für den Ausfall auf die grundlegende Konstruktion der Förderanlage zurückführen lässt, sind die Kosten für die Ausfallzeit etwa doppelt so hoch wie die Kosten für die Umkonstruktion der Anlage (*Referenz 28.2*).

Jede Situation ist anders, aber es ist klar, dass die Behandlung des Symptoms statt der Grundursache zu wiederholten Kosten für Ausfallzeiten führt. Liegen die Kosten der Ausfallzeiten zwei bis fünfmal so hoch wie die Kosten der Korrekturmaßnahme, dann ist klar, dass die Führung genauer Aufzeichnungen und eine gründliche Analyse des Problems fast jede erforderliche Korrekturmaßnahme rechtfertigen kann.

Bei der Berechnung der Kosten für Ausfallzeiten werden die folgenden Ausgaben häufig miteinbezogen:

- A. Kosten durch entgangenen Gewinn (Opportunitätskosten)
- B. Anschaffungskosten für Ersatzkomponenten
- C. Arbeitskosten für die Instandsetzung
- D. Kosten für Dienstleister

- E. Honorare externer Beratungs- und Ingenieurbüros
- F. Prüf- und Analysekosten

Die Opportunitätskosten lassen sich durch Multiplikation der Produktionsmenge pro Stunde mit der Stundenzahl der Ausfallzeit und dem Verkaufspreis des Produktes berechnen. Da Förderanlagen pro Stunde große Mengen transportieren können, summieren sich diese Kosten schnell. Zum Beispiel entgeht einem Kohlebergwerk, das pro Stunde 4000 t produziert und diese Kohle zu € 50 pro Tonne verkauft, in jeder Stunde einer unplanmäßiger Ausfallzeit die Gelegenheit zum Verkauf von Kohle im Wert von € 200.000. Dazu sind noch die Ausgaben für Fremdleistungen, Ersatzkomponenten und die Gesamtkosten für die Ausfallzeit hinzuzurechnen, um letztlich die Gesamtkosten für diesen Vorfall zu erhalten.

Mit diesen Opportunitätskosten lassen sich die direkten und die indirekten Kosten eines Betriebes gut erfassen, da alle Produktionskosten, Verwaltungskosten und Gewinne im Verkaufspreis enthalten sind. Während man argumentieren könnte, dass die Kohle, die nicht abgebaut wurde, zu einem späteren Zeitpunkt verkauft werden kann, so kann dies je nach Marktlage und dem Vertrag der Zeche mit einem Kunden zutreffen, oder eben auch nicht. In jedem Fall ist der Cashflow für diese Ausfallzeit verloren.

DIE KOSTEN UND DER SINN DER WARTUNG

Und zum Abschluss...

Eine effiziente und effektive Wartung senkt die Kosten nicht nur für die Wartungsabteilung sondern für den gesamten Betrieb. Das Ziel ist die Erbringung einer qualitativ hochwertigen Arbeitsleistung bei minimaler Unterbrechung der Produktion. Dadurch erreicht man eine positive Bilanz der Systemverfügbarkeit und letztlich der Betriebsleistung.

Ironischerweise zahlen knausernde Betriebe, die bei der Wartung und bei der Reinigung „sparen“ wollen, oft letztendlich mehr an direkten Barausgaben zur Bewältigung von Problemen durch Materialverluste und deren Folgen, durch Produktionsunterbrechungen und mehr an umweltrelevanten Kosten an ihrer Anlage. Der Schlüssel zur Minimierung dieser Probleme ist eine effiziente Wartung.

Unplanmäßige Abschaltungen sind sehr teuer. Ein Autor bewertete die Wartungskosten

während einer Notabschaltung auf das drei- bis siebenfache der Wartungskosten während einer planmäßigen Abschaltung. Im Jahr 2002 berechnet eine andere Quelle die Kosten für Ausfallzeiten in Kohlebergwerken mit Strebbaubetrieb zu umgerechnet € 22.000 pro Stunde. Je nach Größe der Anlage kann eine einprozentige Differenz in der Verfügbarkeit des Systems in einem kohlebefeueren Kraftwerk einem Wert von bis zu 1.500.000 Euro an Jahreseinnahmen entsprechen. Ein unplanmäßiger Förderanlagenausfall oder -stillstand, der die Verfügbarkeit selbst um den zehnten Teil eines Prozentes vermindert, ist ein eminenter Kostenfaktor. Selbst die Kosten des allerkleinsten unplanmäßigen Ausfalls sind inakzeptabel. Offensichtlich ist die Wartung zur Vermeidung unplanmäßiger Ausfallzeiten ein entscheidender Faktor für die Gesamtrentabilität des Betriebes.

Vorausblick...

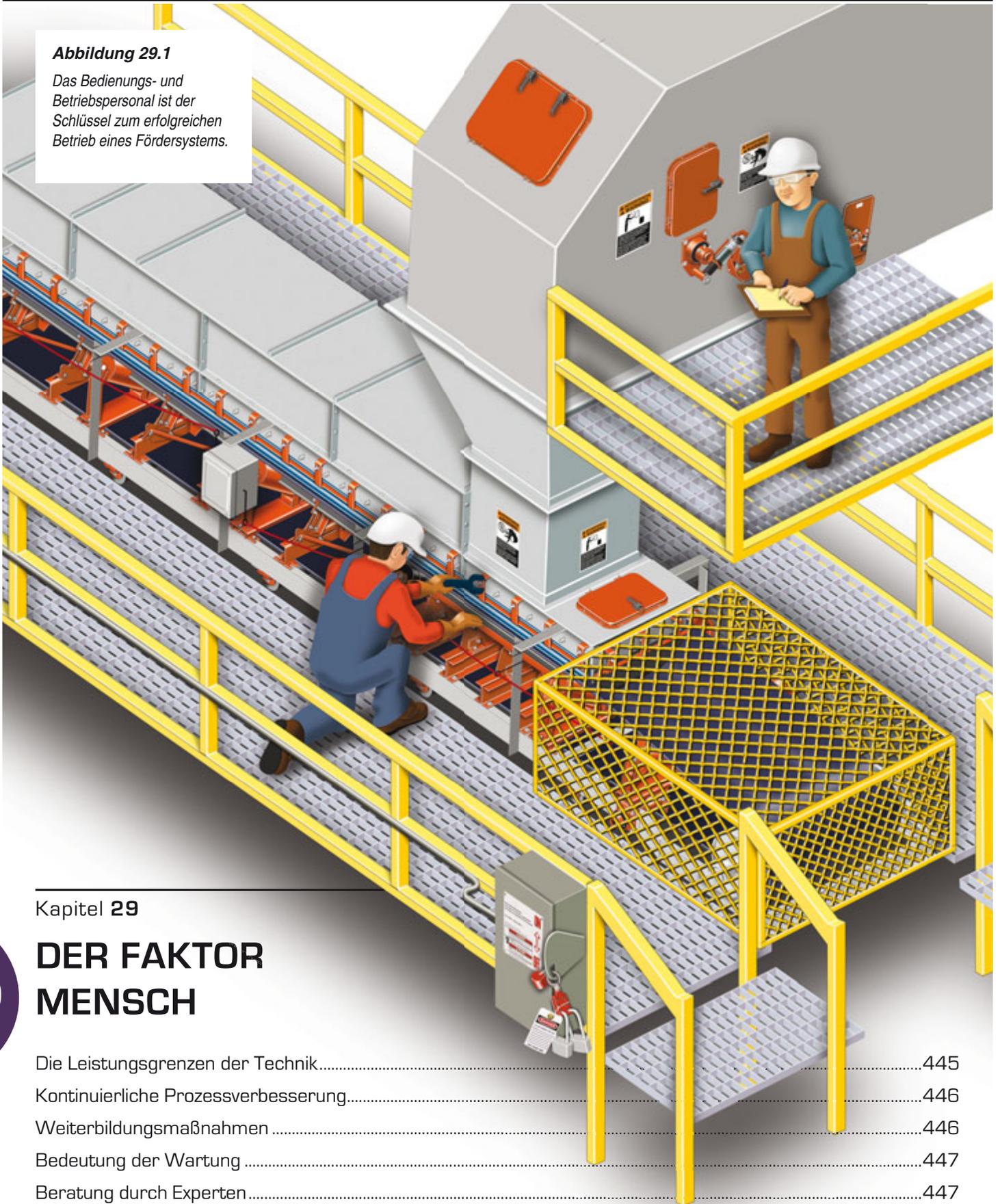
Mit diesem Kapitel über Instandhaltung wird der Abschnitt über die Instandhaltung von Förderanlagen fortgesetzt. Das folgende Kapitel, „Der Faktor Mensch“, schließt diesen Abschnitt über die Beziehung zwischen rechtzeitiger, regelmäßiger Wartung und der Reduktion der Materialverluste und der entweichenden Stäube ab.

REFERENZEN

- 28.1 Martin Engineering Website:
<http://www.martin-eng.com>
- 28.2 Roberts, A.W. (November 1996). *Conveyor System Maintenance & Reliability [Wartung & Zuverlässigkeit von Förderanlagen]*, ACARP Projekt C3018. Der Autor stammt vom Centre for Bulk Solids and Particulates, University of Newcastle, Australien. Herausgegeben vom Australian Coal Association Research Program; kann bei <http://www.acarp.com.au/abstracts.aspx?repId=C3018> erworben werden

Abbildung 29.1

Das Bedienungs- und Betriebspersonal ist der Schlüssel zum erfolgreichen Betrieb eines Fördersystems.



Kapitel 29

DER FAKTOR MENSCH

29

Die Leistungsgrenzen der Technik.....	445
Kontinuierliche Prozessverbesserung.....	446
Weiterbildungsmaßnahmen	446
Bedeutung der Wartung	447
Beratung durch Experten.....	447
Entwicklung partnerschaftlicher Beziehungen zu den Lieferanten.....	448
Ziel: volle Materialkontrolle	450

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel sprechen wir weder über die Technik noch über die technische Ausstattung oder die Verfahren. Stattdessen konzentrieren wir uns auf die Menschen: auf die Personen, die über den Erfolg oder das Scheitern eines Projektes entscheiden. Dieses Kapitel befasst sich mit der Notwendigkeit eines verpflichtenden Engagements in Verbindung mit der Entwicklung einer Verfahrensweise zur kontinuierlichen Verbesserung der betrieblichen Förderprozesse und dem dazu notwendigen Weiterbildungsprogramm. Außerdem betrachten wir die Bedeutung und die Vorteile der Beratung durch Experten und die Entwicklung partnerschaftlicher Beziehungen zu Lieferanten.

Viele Industriebereiche entwickelter Wirtschaftssysteme leiden unter der Alterung der Stammbesellschaften. Damit geht einher, dass deren persönliches Wissen und Erfahrung nach und nach verloren gehen.

In vielen Fällen wird dieses Wissen durch moderne Techniken in Form fortschrittlicherer Überwachungs- und Steuerungssysteme ersetzt. Das schrumpfende Personal muss gleichzeitig seine Leistungsfähigkeiten stetig steigern, um die fehlenden Personalkapazitäten zu kompensieren.

Ein Großteil dieses Buches befasst sich mit dem Ziel, in der Schüttgutindustrie volle Materialkontrolle zu erreichen, wobei im Vordergrund die technischen Geräte und -verfahren stehen. Die volle Materialkontrolle schließt nach unserem Verständnis insbesondere Beherrschung der Materialverluste und der Staubentwicklung ein. Neue Technologien und verbesserte Komponenten für vorhandene Systeme können entscheidend dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen. Aber ein echter und anhaltender Fortschritt erfordert Menschen, die sich mit diesem Ziel identifizieren und es leben; sie sind für die Gesamtleistung eines Betriebes verantwortlich. Für einen störungsfreien, produktiven Betrieb eines Materialtransportsystems kann der Faktor Mensch nicht ignoriert werden.

Eine Anlage reflektiert die Einstellung des dort arbeitenden Personals und das gilt gleichermaßen für die obere Managementebene, für das Betriebspersonals und für die Wartungsmannschaften (**Abbildung 29.1**). Wenn diese

Menschen ihren Betrieb als schmutzig, ineffizient, unangenehm sowie unsicher wahrnehmen und diesen Zustand weitgehend akzeptieren, dann wird dieser Betrieb niemals besser. Lässt man zu, dass sich Staub und verschüttetes Material im Arbeitsumfeld ansammeln, dann achtet das Personal nicht auf die fortwährenden Materialverluste. Im Laufe der Zeit akzeptieren die dort täglich arbeitenden Menschen diese Zustände und sie betrachten sie einfach nicht mehr als ein Problem. Selbst wenn einige punktuelle Korrekturen durchgeführt werden, dann werden sie keine weiterführenden Verbesserungen initiieren. Ohne ein Programm zur kontinuierlichen Verbesserung fehlt eine zukunftsweisende Richtschnur und der jeweilige Zustand wird als das maximal erreichbare Niveau akzeptiert.

Um wirklich nutzbringende und anhaltende Leistungsverbesserungen der Materialtransportsysteme zu erreichen, muss man die Einstellung und das Verhalten des Personals auf allen Ebenen verändern, so dass sich ein Verlangen nach stetiger Verbesserung entwickelt. Erwartet das Personal höhere Standards, dann werden auch die dazu erforderlichen Maßnahmen ergriffen. Das in voller Überzeugung verinnerlichte Ziel führt dann zur Verbesserung der Effizienz, der Arbeitsbedingungen und der Sicherheit.

Die in diesem Buch beschriebenen technischen Lösungen für die Kontrolle der Materialflüsse und der Staubemissionen sind wichtige Schritte für eine bessere Beherrschung der Förderprozesse. Es ist jedoch der Faktor Mensch, der den letztlich entscheidenden Schlüssel zum Erfolg darstellt.

DIE LEISTUNGSGRENZEN DER TECHNIK

Um volle Materialkontrolle zu erreichen, erfordert es mehr als nur neue Technologien und Geräte.

Oft werden bei der Nachrüstung eines Fördersystems neue Komponenten eingebaut, um die Materialkontrolle zu verbessern und die Effizienz einer Anlage zu steigern. Meist erbringen diese Systeme die von ihnen erwartete Leistung und auch feststellbare Vorteile, zumindest solange die Systeme noch neu sind. Die Maßnahmen zur Beherrschung der Materialverluste enden jedoch nicht mit dem Einbau neuer Geräte,

egal wie gut sie konstruiert oder wie teuer sie sind. Neue Geräte sind nur der erste Schritt auf dem Weg zur Prozessverbesserung.

KONTINUIERLICHE PROZESSVERBESSERUNG

Die Entwicklung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses

Die Verbesserung der Leistung einer Förderanlage durch Reduzierung der Materialverluste und durch die Kontrolle von Staubentwicklung ist nicht nur eine Frage der Anschaffung neuester Technologie oder der modernsten Maschinenkomponente, gekauft vom nächsten Verkäufer, der zur Tür hereinkommt. Die Lösung liegt eher in der Entwicklung einer Verfahrensweise, in der alle Elemente der betrieblichen Prozesse: die technische Ausrüstung, die Werkstoffe, das Angebot der Lieferanten und das menschliche Potential eigener Mannschaften optimal aufeinander abgestimmt und stetig verbessert werden und so zu einer maximalen Leistung führen. Der Verbesserungsprozess beginnt mit dem werksweiten verpflichtenden Beschluss zur Verbesserung der Materialkontrolle. Dazu gehört auch die Weiterqualifizierung und Schulung auf allen Ebenen, einschließlich der Geschäftsleitung, um die Möglichkeiten und den Wert einer vollen Materialkontrolle zu verstehen und zu erkennen. Ein weiteres Element ist die Optimierung und die Erweiterung der Entscheidungskompetenz des Kundendienstes zur Wahrung des Leistungsverhaltens der Anlagenkomponenten und zur Verbesserung der Effizienz des gesamten Betriebes. Ebenso gehören der Aufbau und die Entwicklung guter Beziehungen zu externen Beratern und Lieferanten dazu. Sie können den Betrieb effizient unterstützen und für die Herausforderungen der Förderprozesse die besten Lösungen finden. Diese Maßnahmen helfen bei der Entwicklung eines Prozesses, der in dem Bestreben nach voller Materialkontrolle kontinuierlich verbessert wird.

Dieser Prozess der kontinuierlichen Verbesserung wird weder über Nacht entwickelt noch kann es per Anordnung der Geschäftsleitung erreicht werden. Obschon es die Billigung der „oberen Etage“ erfordert, kann es ohne das Engagement und die Entscheidungskompetenz des Betriebs- und des Wartungspersonals nicht erreicht werden. Dieser Prozess muss durch

Weiterbildungsmaßnahmen und Qualifizierung durch praktische Erfahrung unterstützt werden.

Es gibt viele bekannte Qualitätsmanagementsysteme. Möglicherweise sind uns die Namen vertraut: Lean Manufacturing, Toyota Production System, Business Process Management, Lean Production, Six Sigma und andere. Gleichgültig welches System ausgewählt worden ist, so ist für den Erfolg immer das Engagement und die Entschlossenheit der Geschäftsleitung entscheidend.

Die Verpflichtung zur Verbesserung

Eine wirksame Materialkontrolle erfordert einen Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung beim Materialtransport. Die Ergebnisse werden durch Schwankungen bei den Zuständen des Materials, durch unsachgemäßen Betrieb der Anlage und durch minimale bzw. nicht vorhandene Wartung beeinflusst.

Unternehmerische Notwendigkeiten zwingen den Betrieb zur stetigen Suche nach Möglichkeiten zur Reduzierung der Kosten und zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit unter Beibehaltung eines sicheren, effizienten Betriebes. Zwingt man einen Lieferanten zu Preiszuständnissen, dann sucht er sich vielleicht andere Wege zur Deckung seiner Kosten und zur Einhaltung seiner vorgegebenen Margen. Das kann den Betrieb langfristig mehr kosten.

Um eine Verbesserung zu erzielen, braucht man das Engagement aller beteiligten Personen, beginnend mit der Ebene der Führungskräfte sowie den Mitarbeitern im operativen Betrieb und im Instandhaltungsmanagement, bis hin zum Bedienungspersonal, den Wartungsmannschaften und jeder sonstigen Person in der Organisation.

Das Management muss seine Bereitschaft zur Lösung von Problemen bekunden und demonstrieren, während den Mitarbeitern die Ressourcen, die Zeit, die Werkzeuge und Geräte zur Verfügung stehen müssen, um die Lösungen entwickeln und umsetzen zu können. Es ist von äußerster Wichtigkeit, dass der Betrieb sein Geld weise investiert, durch die Auswahl von Systemen zur Verminderung des Wartungsaufwandes, von wartungsfreundlichen Systemen und von Systemen, die zu einer Steigerung der Zuverlässigkeit, der Leistungsfähigkeit und der Sicherheit der Maschinen führen.

WEITERBILDUNGSMASSNAHMEN

Ein grundsätzlicher Aspekt des Prozesses zur kontinuierlichen Verbesserung ist die Schulung des Personals. Die Mitarbeiter müssen möglichst gut den Zweck und die Möglichkeiten der Maschinen verstehen, die sie bedienen sollen. Sie entwickeln neben der Fertigkeit, mit den Maschinen umzugehen, auch das Vertrauen in ihre eigenen Fähigkeiten. Die Weiterbildungsmaßnahmen sollen die Mitarbeiter in die Lage versetzen, die Herausforderungen der Anlage zu identifizieren, die Fehlfunktionen zu erkennen und zu beheben sowie die Einstellungen vorzunehmen, um vorliegende Probleme zu korrigieren und einen optimalen Arbeitsablauf zu erreichen.

Das Weiterbildungsprogramm muss die Mitarbeiter genauso auf die Risiken sensibilisieren, die vor der Anlage ausgehen wie auch Methoden einer sicheren Arbeitsweise aufzeigen, damit weder Menschen noch Geräte gefährdet werden.

Die Weiterbildungsmaßnahmen können von Beratern durchgeführt werden, die grundlegendes Wissen über die Schüttgutförderung und die Förderanlagen vermitteln. Qualifizierte Lieferanten sollten Schulungen über die Montage, die Instandhaltung und die Fehlerbehebung bei ihren Systemen anbieten.

DIE BEDEUTUNG DER WARTUNG

Die Devise „Zahlen Sie jetzt, oder zahlen Sie später (mehr)“ trifft vor allem bei der Wartung von Förderanlagen zu. Sie meint insbesondere, dass Komponenten, bei denen die regelmäßige Wartung vernachlässigt wird, mit Sicherheit einen vorzeitigen Ausfall erleiden werden.

Die Instandsetzungsabteilung ist von den Sparmaßnahmen der Unternehmen in Verbindung mit dem Ausscheiden erfahrener Mitarbeiter in den Ruhestand am schwersten betroffen. „Sparmaßnahmen“ durch den Stellenabbau haben weitreichende versteckte Kosten zur Folge. Verlust an Erfahrungswissen führt dazu, dass notwendige vorbeugende Wartung nicht durchgeführt wird und dadurch die Ausfallwahrscheinlichkeit erheblich steigt, die Reparaturen werden aus Mangel an Ressourcen verzögert ausgeführt und die Wartungsarbeiten dauern länger, weil sich die neuen Mitarbei-

tern erst mit den Anlagen und den geltenden Verfahren vertraut machen müssen.

Daraus erwächst die Tendenz zur Vergabe der Wartungsarbeiten an externe Dienstleister, die auch routinemäßigen Wartungsaufgaben umfassen kann. Das Outsourcing spezieller Wartungsaufgaben ist ein gangbarer Weg zur Sicherung der regelmäßigen Wartung und zur Stabilisierung der Kosten. Normalerweise sind diese Wartungsspezialisten Fachleute für ein besonderes System oder eine spezielle Geräteinheit: Sie bieten eine qualitativ bessere, effizientere und schnellere Wartung. Diese Fachleute können auch in spezialisierte Schulungen eingebunden werden, in denen sie dem betriebseigenen Wartungspersonal spezifische Fertigkeiten und Kenntnisse vermitteln, die komplizierte Sachverhalte erklären und neue Technologien nahe bringen.

Ein guter Vergleich für die bestehende Situation wäre der Kopierer im Büro. Wenn ein Kopierer ausfällt, fällt die erforderliche Reparatur normalerweise nicht in den Zuständigkeitsbereich des Hausmeisters. Vernünftigerweise wird mit der Reparatur spezialisiertes Serviceunternehmen beauftragt. Das betriebseigene Personal, das für die allgemeine Instandhaltung der Büros zuständig ist, verfügt nicht über die notwendige Kenntnis der Geräte; ebenso wenig hat es die erforderlichen Werkzeuge und Ersatzteile. Ein Kopierer ist eine komplexe Maschine, die auch ihren Wert hat. Es ist verständlich, dass die Benutzer des Kopiergeräts mit der eigenmächtigen Behebung der Schwierigkeiten sehr zurückhaltend sind, zumal oft dadurch die Probleme nur verschärft werden.

Schüttguttransportsysteme bestehen üblicherweise aus einer Vielzahl komplexer Maschinen und Geräte, die einen beträchtlichen Kapitalwert darstellen. Das Betriebs- und Wartungspersonal ist eventuell nicht mit allen Details der einzelnen Komponenten vertraut und muss vielleicht noch Lehrgeld zahlen, während der Lieferant von Spezialgeräten mit Sicherheit am besten die Einzelheiten eigener Produkte kennt. Er hat auch die Möglichkeit, eine vollständige Geräteakte zu führen, die als Basis für die Festlegung der Wartungsintervalle und -methoden dienen kann. Wenn die Komponenten der Materialtransportsysteme gewartet oder repariert werden müssen, sollten Fachkräfte hinzugezogen werden, die dazu die erforderliche Erfahrung besitzen.

Leider ist das in den meisten Betrieben nicht die übliche Vorgehensweise. Meist wird das Gerät provisorisch geflickt, so dass der Betrieb bis zum nächsten Wartungszyklus damit „zurechtkommt“. Wenn der nächste Zyklus dann ansteht, ist die Flickwerkreparatur bereits vergessen und man befasst sich mit anderen, dringlicheren Problemen.

Weitsichtige Unternehmen entscheiden anders: wenn die Gerätelieferanten Wartungsverträge anbieten, dann wird diese Möglichkeit in vollem Umfang wahrgenommen.

BERATUNG DURCH EXPERTEN

Oft sind die Menschen so mit den täglichen Problemchen und Problemen beschäftigt, dass sie manchmal außerstande sind, die in greif-

barer Nähe liegenden Möglichkeiten wahrzunehmen. Der tägliche Betrieb und die routinemäßigen Wartungsaufgaben verschlingen ihre Zeit und Energie, so dass ihnen das bestehende Potential nicht bewusst wird und sie die Vorteile möglicher Verbesserungen nicht erkennen.

Selbstzufriedenheit, oder die „So haben wir es doch schon immer gemacht“ - Einstellung kann sich unter denjenigen Mitarbeitern ausbreiten, die sich an einen gewissen Zustand, an eine bestimmte Vorgehensweise, einen bestimmten Stil oder ein bestimmtes Leistungsniveau gewöhnt haben.

Umfragen haben ergeben, dass die Mitarbeiter nur etwa ein Drittel ihrer Zeit mit den Aufgaben verbringen, die sie am besten beherrschen (*Referenz 29.1*). Wird die Personalführung so gestaltet, dass die Mitarbeiter den größten Teil ihrer Zeit mit den Aufgaben beschäftigt sind, die sie am besten beherrschen, kann ihre Motivation und Produktivität erheblich gesteigert werden.

Externe Arbeitsleistung kann für den Betrieb einen wesentlichen Beitrag leisten, um diese Potentiale freizusetzen (**Abbildung 29.2**). Diese externe Arbeitsleistung kann vor allem Spezialisten einschließen, die über ein Expertenwissen in einem bestimmten Industriebereich, einer Verfahrensweise oder für ein besonderes technisches Produkt verfügen. Diese Fachleute können die gesamten Anlagen oder deren Teile analysieren und gleichermaßen die Probleme als auch die Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen. Durch ihre breit angelegte, betriebsübergreifende Betrachtungsweise können sie wertvolle Lösungsansätze für Probleme liefern, die in den Betrieben der Schüttgutindustrie noch verbreitet bestehen. Dieses mehrfach erprobte Wissen kann einen Weg zu einem saubereren, sichereren und produktiveren Betrieb weisen.

Eine häufig anzutreffende Ausrede ist, dass die Leute Verbesserungen fürchten, weil dies ihren Arbeitsplatz gefährdet oder weil die Geschäftsleitung dann einen Grund hat, einen Teil der Arbeitsleistung auszulagern. In Wirklichkeit ist genau das Gegenteil der Fall. Unternehmen haben immer mehr Projekte als Ressourcen. Wenn bestimmte Mitarbeiter für Veränderungen zugänglich sind und sich auf das konzentrieren, was sie am besten können, dann sind sie diejenigen, denen das Unternehmen wahrscheinlich ein neues Aufgabengebiet oder das nächste Projekt anvertrauen wird. Dies

Abbildung 29.2

Berater können das Betriebspersonal bei der Erkennung der Stärken und Schwächen der Fördersysteme unterstützen.



Abbildung 29.3

Leisten Lieferanten einen wichtigen Beitrag zum Erfolg eines Betriebes, dann rücken sie aus der Stellung eines Verkäufers in die Position eines Partners auf.



erhöht ihre persönliche Arbeitsplatzsicherheit. Und wenn durch den Erfolg eines Verbesserungsprojektes das Unternehmen profitabler wird, erhöht das die Arbeitsplatzsicherheit aller Beschäftigten.

Das vorliegende Buch erörtert Grundsätze und Techniken, die zur Verbesserung der Betriebsabläufe und zu mehr Effizienz bei der Schüttguthandhabung beitragen können. Dabei ist es oft nicht notwendig, in ein vollkommen neues Materialtransportsystem zu investieren; durch gezielte Maßnahmen können die Leistungskapazität gesteigert und gleichzeitig die Sauberkeit und Sicherheit der Anlage entscheidend verbessert werden.

ENTWICKLUNG PARTNERSCHAFTLICHER BEZIEHUNGEN ZU DEN LIEFERANTEN

Die Prozesse der Schüttgutindustrie sind vielschichtig und komplex. Ein Betrieb, der die selbstgesteckten Ziele bei den Prozessverbesserungen erreichen will, muss sich das Spezialwissen und die Erfahrung der qualifizierten Lieferanten zu Nutze machen (**Abbildung 29.3**).

In einem sich stetig wandelnden Geschäftsumfeld kann eine gute Beziehung zu den Hauptlieferanten einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil darstellen. Allzu oft werden Projekte an nicht spezialisierte Montage- und Wartungsfirmen vergeben, was zu Kostenüberschreitungen und zum Einbau von Geräten führt, die nicht den Erwartungen entsprechen. Wenn Lieferanten ihre Produkte und Dienstleistungen über mehrere Zwischenhändler vertreiben müssen, um letztendlich den Anwender zu erreichen, dann ist das Betriebspersonal von einer wesentlichen Ressource für Problemlösungen isoliert - von den Herstellern und ihrer Sachkenntnis.

Die Mitarbeiter haben oft Angst, dass Outsourcing die Sicherheit des Arbeitsplatzes gefährdet. Dabei hat die Wartung der Anlagen, bei der die Verbesserung der Materialkontrolle das primäre Ziel ist, oft die niedrigste Priorität im täglichen Wartungsplan und wird bei Abschaltungen fast nie als eine vorrangig durchzuführende Aufgabe betrachtet. Obwohl die Geschäftsleitung erklärt, dass der Betrieb über eigenes Personal mit genügend Zeit zur Durchführung aller Arbeiten verfügt, ist die

Realität doch so, dass die Mitarbeiter normalerweise weder speziell ausgebildet noch motiviert sind, die Maßnahmen zu ergreifen, die für die Verbesserung der Materialkontrolle notwendig sind. Meist beschäftigt man sich damit nur dann, wenn die jeweilige Krisensituation die Mannschaften dazu zwingt. Dabei werden meist die direkten Probleme und Symptome behoben. Die Grundursache bleibt ungelöst und die Verbesserungspotentiale ungenutzt.

Die Folge dieser Haltung ist, dass die strategischen Maßnahmen zur Verbesserung der Materialkontrolle einfach gar nicht umgesetzt werden. Man müsste erkennen, dass das Fachwartungspersonal sich auf das konzentrieren sollte, was es am besten kann: es herrscht nie ein Mangel an grundlegenden Wartungsarbeiten, für die Fachkenntnisse der Betriebsabläufe und der festgelegten Wartungsverfahren erforderlich sind. Auf der anderen Seite verfügt eine qualifizierte Lieferantenfirma über erfahrenes und sachkundiges Personal - Anwendungstechniker, Produktingenieure, Projektmanager, Montagefachleute - und über erforderliche Ressourcen, die wesentlich zur Reduzierung von Materialverlusten und Staubentwicklung in einer Anlage beitragen können. Der Schlüssel dazu ist, die möglichen Synergieeffekte durch eine Partnerschaft zu nutzen.

Dieses Partnerschaftskonzept ist oft fehlgeschlagen, weil die Sachkenntnis des Lieferanten nicht erkannt und die Bedeutung seines Wissens und seiner Erfahrung vom Betriebspersonal auch nicht verstanden worden ist.

Solche Beziehungen sind erfolgreich, wenn es gelingt, die Widerstände gegenüber Änderungen in einem Betrieb zu überwinden. Ein häufiges, aber oft nicht erkanntes Problem, ist das so genannte „Nicht hier erfunden“ - Syndrom. Diese Haltung bezieht sich auf die Unfähigkeit einer Person oder einer Organisation, Lösungen zu akzeptieren, ob Geräte oder Ideen, die nicht intern entwickelt worden sind. Ein erfahrener Lieferant kann Wege finden, diese Widerstände aufzulösen und die gewünschten Änderungen in den eingefahrenen Betriebsverfahren zu ermöglichen.

Lieferanten, die bestrebt sind, ein Teil des Teams zu werden und sich an die spezifischen Gegebenheiten eines Betriebes anpassen können, werden wahrscheinlich beim Aufbau einer langfristigen, für beide Seiten nützlichen Beziehung erfolgreich sein. Gleichzeitig müssen

Lieferanten und ihre Vertreter für alle Entwicklungen im Betrieb empfänglich sein und beim ersten Anzeichen von Unmut angemessen reagieren.

Eine volle Materialkontrolle erfordert ein hohes Maß an Spezialisierung und starke Beachtung des Details. Bei der Auswahl eines Beraters oder eines Dienstleisters, der bei dem langfristigen Ziel voller Materialkontrolle mitwirken soll, muss die Kernkompetenz des Lieferanten und seine Fähigkeit zur Erfüllung der gemachten Zusagen sorgfältig ermittelt werden. Kann der Lieferant situationsspezifische Lösungen konstruieren, sie bauen, installieren und nach einem einheitlichen Leistungsstandard warten, dann stellt sich die gewünschte Situation ein, von der beide Partner profitieren.

Ein Partner ist am Risiko und am Ertrag der gemeinsamen Projekte beteiligt. Er erwirbt sich diesen Status durch seinen Einsatz und die daraus folgenden Ergebnisse. Der Schlüssel zum Erfolg bei dieser Partnerschaft ist, dass beide, sowohl der Betrieb als auch der Lieferant, eine langfristige Beziehung mit dem Ziel der Verbesserung der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit anstreben. Die Grundlage dafür bildet ein offener und aufrichtiger Dialog, der zu gegenseitigem Vertrauen führt.

ZIEL: VOLLE MATERIALKONTROLLE

Und zum Abschluss...

In dieser Auflage unseres Fachbuchs werden viele bewährte und neue oder verbesserte technische Lösungen erörtert. Diese erstrecken sich von Übergabeschurren, die mit rechnerischen Methoden und Simulationsverfahren ingenieurtechnisch ausgelegt werden, bis hin zu verbesserten Gurtreinigungssystemen, und sie alle verfolgen ein Ziel: die volle Materialkontrolle bei Förderung von Schüttgütern. Maßgeblich bei der Beherrschung der Materialverluste und der Staubbildung sind jedoch die Menschen - alle die Mitarbeiter, die direkt oder indirekt die Förderanlagen bedienen und warten. Es ist und wird immer der Faktor Mensch sein, der über den Erfolg entscheidet.

Vorausblick...

Dieses Kapitel, „Der Faktor Mensch“, schließt den Abschnitt über die Instandhaltung von Förderanlagen, in welchem wir verschiedene Aspekte der Instandhaltung zur Reduzierung der Materialverluste und zur Verlängerung der Lebensdauer der Fördersysteme erörtert haben. Das folgende Kapitel über Gesamtprojektmanagement leitet den nächsten Abschnitt „Das Gesamtbild der Schüttguthandhabung“ ein.

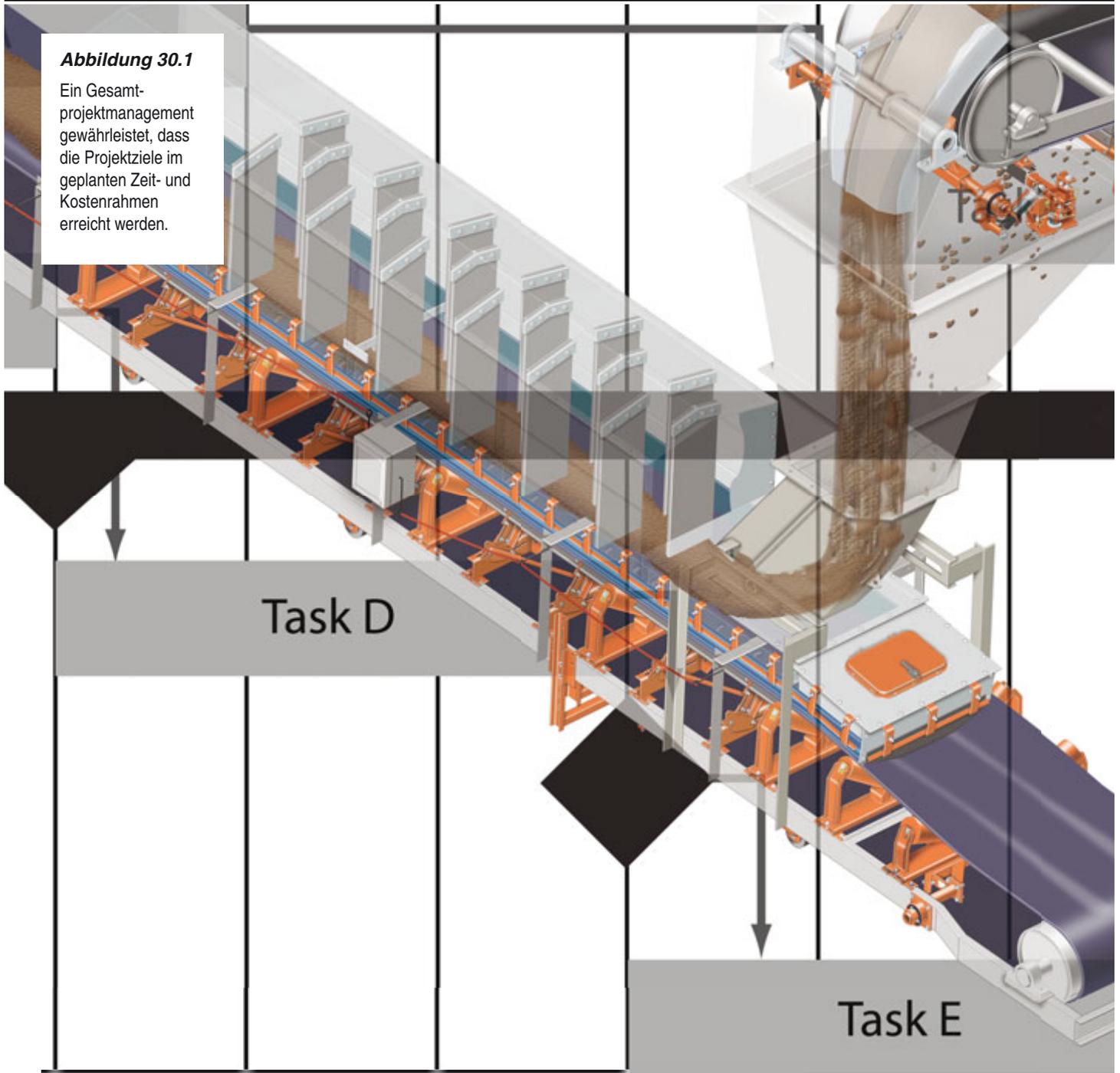
REFERENZEN

- 29.1 Sullivan, Dr. John. *Increasing retention and productivity: let employees do what they do best!* [Stärkere Mitarbeiterbindung und höhere Produktivität: lassen Sie die Mitarbeiter das tun, was sie am besten können!] Artikel #163. Online verfügbar: <http://ourworld.compuserve.com/homepages/GATELY/pp15s163.htm>

ABSCHNITT 7

DAS GESAMTBILD DER SCHÜTTGUTHANDHABUNG

- Kapitel 30454
GESAMTPROJEKTMANAGEMENT
- Kapitel 31464
LEISTUNGSMESSUNGEN
- Kapitel 32484
BETRACHTUNG AUSGEWÄHLTER INDUSTRIEBEREICHE
- Kapitel 33504
SONDERFÖRDERANLAGEN



Kapitel 30

GESAMTPROJEKTMANAGEMENT

Was vom Projektmanagement zu erwarten ist	455
Projektmanager	455
Projektverfolgung	456
Projektablauf.....	456
Wie wird Erfolg beurteilt.....	462

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel befassen wir uns mit dem Projektmanagement, mit der Bedeutung eines erfahrenen Projektmanagers und mit seinen Aufgaben während der Projektbetreuung bis zu der erfolgreichen Fertigstellung. Es wird der allgemeine Projektablauf dargestellt und die wichtigsten Projektaufgaben genauer besprochen.

Der Projektmanagement-Ansatz erfüllt unter anderem Voraussetzungen dafür, dass die angestrebte technische Lösung unter bestmöglichem Kapitaleinsatz sicher erreicht wird. Die Projektmanagement-Methoden helfen ein optimales Ergebnis sowohl für den Kunden als auch für die beteiligten Lieferanten zu erreichen (**Abbildung 30.1**). Dieses Kapitel enthält eine kurze Zusammenfassung zu allen Bereichen des Projektmanagements. Zu diesem Thema gibt es umfassende Literatur und ein vertiefendes Studium ist sehr empfehlenswert.

WAS VOM PROJEKTMANAGEMENT ZU ERWARTEN IST

Firmen, die Dienstleistungen im Bereich des Gesamtprojektmanagements anbieten, fungieren als Generalunternehmen, so dass der Kunde nur einen Ansprechpartner in allen Fragen hat; diese Firmen sind auch mit der Betreuung des Projektes vom Beginn bis zur Übergabe betraut. Dadurch, dass die Verantwortung klar in einer Hand liegt, kann der Projektmanager die Recherche, die Konzeption, die Angebotsphase, die Konstruktion, die Beschaffung und die Ausführung so bündeln, dass die Projektrisiken effektiv beherrschbar sind und dass die Lieferung rational abgewickelt werden kann. Weil man es nur mit einem einzigen Vertragspartner zu tun hat, profitiert der Auftraggeber von den kurzen und eindeutigen Kommunikationswegen. Die Integration der technischen Entwicklung, der Beschaffung und der Realisierung ermöglicht die Projektdauer radikal zu verkürzen.

Projektmanagement funktioniert reibungslos, wenn die Zuständigkeit, die Verantwortung und die Autorität ungeteilt bei einem Projektmanager liegen. In Situationen, wo dies nicht möglich ist, müssen die Rollen und die Verantwortlichkeiten am Anfang des Projekts definiert werden. Allen Beteiligten muss bekannt sein, wer im Einzelnen die Verantwortung trägt und welche Vorgehensweise gelten sollen.

Die Zertifizierung nach den Vorgaben der International Organization for Standardization (ISO) [Internationale Organisation für Normung] sorgt für strenge Qualitätskontrollen von Anfang bis zum Ende eines Projekts; es ist empfehlenswert, dass die Projektmanagementunternehmen diese Zertifizierung besitzen. Die Zertifizierung nach ISO 9001 gewährleistet, dass sowohl während der Konstruktion als auch im Herstellungsprozess konsistente Geschäftsabläufe angewandt werden. Zusätzliche Sachkenntnis und Fachkompetenz kann erwartet werden, wenn ein Projektmanager vom Project Management Institute (PMI), dem weltweit führenden gemeinnützigen Berufsverband für das Projektmanagement, zertifiziert ist.

Unternehmen, die Gesamtmanagementleistungen anbieten, setzen normalerweise proaktive Qualitätsmanagementsysteme ein, die in allen Projektphasen, vom Entwurf bis zur Montage, Anleitung und Unterstützung bieten. Auch wenn diese Funktionen sehr hilfreich sind, ersetzen sie jedoch weder die klassischen Management- und Kontrollprozeduren noch den Informationsaustausch zwischen den Beteiligten, wie beispielsweise die Projektbesprechungen.

PROJEKTMANAGER

Der Projektmanager ist die Person, die für den Gesamterfolg eines Projekts verantwortlich ist. Durch die Festlegung angemessener und klarer Ziele für die Mitarbeiter, Lieferanten und Unterauftragnehmer kontrolliert der Projektmanager den Gesamtprojektplan und das Budget. Er stellt sicher, dass die Aufgaben so zugeteilt werden, dass sie zu einem qualitativ hochwertigen Ergebnis führen. Damit werden auch die Projektziele, unter Einhaltung des Zeitplans und des Budgets, erreicht.

Der Projektmanager ist normalerweise verantwortlich für:

- A. Definition der Projektziele
- B. Gliederung der Ziele in einzelne Aufgaben
- C. Spezifizierung erforderlicher Ressourcen
- D. Aufteilung des Budgets an die einzelnen Projektziele
- E. Entwicklung des Projektplans
- F. Implementierung des Projektplans
- G. Überwachung und Kontrolle der Arbeiten
- H. Konfliktlösung
- I. Kontakt zum Auftraggeber

Der Erfolg oder Misserfolg eines Projektes hängt meist davon ab, ob ein qualifizierter und erfahrener Projektmanager zur Verfügung steht. Gleichgültig, ob es sich bei einem Auftrag um eine Nachrüstung oder eine neue Anlage handelt, ist ein Projektmanager mit Erfahrung und Sachkenntnis im Schüttgutbereich in der Lage, ein Projekt von der Problemanalyse bis zur Inbetriebnahme erfolgreich durchzuführen. Ein qualifizierter Projektmanager hat mit Sicherheit gute Kenntnisse zum Stand der Technik, wie z. B. über die modernsten Komponenten für Förderanlagen, Möglichkeiten der ingenieurtechnisch ausgelegten Schurren und über die Methoden zur Minimierung der Staubbildung.

Zusätzlich zu fachlichen Kenntnissen verfügt ein versierter Projektmanager über gute organisatorische Fähigkeiten sowie Führungsqualitäten und ist in der Lage, die Kommunikation mit der Geschäftsleitung des Auftraggebers, mit den Lieferanten und den ausführenden Firmen zu koordinieren. Er hält den Kontakt mit der Geschäftsleitung und bespricht die täglich auftretenden Fragen sowie überwacht den Fortschritt des Projekts, die Erfüllung der Erwartungen des Auftraggebers, die planmäßigen Stillstandszeiten und sonstigen Termine. Zu den wesentlichen Fertigkeiten eines Projektmanagers gehören die Zeitplanung, das Qualitätsmanagement, die Einteilung der Arbeitsressourcen und das Risikomanagement. Das effektive Management eines Projekts erfordert eine analytisch denkende Person mit einer gut strukturierten Vorgehensweise, die den Ablauf des Projektes zeitnah verfolgt und überwacht, zu Multitasking fähig ist, die Gesamtsituation gut einschätzen kann und darüber hinaus die Einhaltung des Budgets überwacht sowie über sehr gute kommunikative Fähigkeiten verfügt.

PROJEKTVERFOLGUNG

Im gesamten Verlauf des Projekts sind alle einzelnen Schritte zu dokumentieren. Alle bekannten und geschätzten Zeiten und Kosten müssen in der Projektverfolgung erfasst werden. Sie können farblich hervorgehoben werden, damit sie überprüft und bestätigt oder unter Berücksichtigung neuerer Erkenntnisse angepasst werden können. Geschätzte Zeiten können sowohl Lieferzeiten (z. B.: „Die Lieferung des Stahls dauert zwei Wochen ab der Bestellung“) als auch die Ausführungsdauer der Arbeiten (z. B.: „Mit zwei Leuten benötigen wir 40 Stunden für die Montage des Rahmens“) betreffen. Der zeitliche Projektablauf kann als Zeitplan oder Gantt-Diagramm dargestellt wer-

den, wobei die Abhängigkeiten zwischen den Projektaufgaben identifiziert und visualisiert werden können.

Ein Gantt-Diagramm ist eine oft anzutreffende Form eines Balkendiagramms zur erläuternden Darstellung des Projektstandes. Es werden die Anfangs- und Abschlusstermine der Einzel- und Sammelvorgänge sowie die verschiedenen Unteraufgaben und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten dargestellt. In Balkenplänen kann der jeweils aktuelle Ist-Stand durch Schattierung und/oder durch prozentuale Angabe und die „Heute“-Linie angezeigt werden. Die Gantt-Diagramme sind heutzutage in vielen Anwendungsprogrammen für die Computer verfügbar.

Der Projektfortschritt - nicht nur direkt an der Anlage, sondern im gesamten betroffenen Umfeld - ist auf dem Projektplan und/oder in einem täglichen Protokoll über die Projektaktivitäten zu erfassen und stets aktuell zu halten. Lieferscheine und Abrechnungen für die Arbeitsstunden, Zertifikate und Inspektionsprotokolle müssen für Kontrollzwecke geordnet und abgelegt werden. Vielerorts ist die Führung von Tagesprotokollen über diese Tätigkeiten gesetzlich vorgeschrieben.

PROJEKTABLAUF

Die Problemstellung

Um Projektziele definieren zu können, muss zuerst die Problemstellung definiert werden. Dabei sollte die anstehende Aufgabe als Fragestellung formuliert werden, die noch keine konkrete Lösung vorschlägt. Es ist nicht günstig, wenn am Anfang des Projektes beispielsweise die Aussage „Wir brauchen ein Förderband“ steht. Damit wird schon teilweise die mögliche Lösung in den Raum gestellt. Eine bessere Definition dieser Problemstellung könnte lauten, „Wir müssen unser Material von Punkt A zum Punkt B bewegen. Wie können wir dies bewerkstelligen?“ Mit dieser Beschreibung wird keine Erwartungshaltung bezüglich der Lösung signalisiert. Damit wird es möglich sein, aus allen Optionen die beste Möglichkeit zu wählen. Die Aufgabestellung muss einvernehmlich zwischen dem Kunden und dem Projektmanager definiert und vereinbart werden. Dadurch wird der Weg für die Sammlung von Ideen für verschiedene Lösungsmöglichkeiten frei. Wenn man sich von vorn herein auf eine Option festlegt, verspielt man vielleicht die Möglichkeit, die optimale Lösung zu finden.

Der erste Projektplan

Es ist erforderlich, einen ersten Entwurf des Projektplans zu erstellen, auch wenn nicht alle Fakten und Einzelheiten bekannt oder verstanden worden sind. Dies kann auf dem Papier erfolgen; es gibt aber auch eine große Anzahl von Software-Paketen für das Projektmanagement, die nicht nur bei der Entwicklung des Plans helfen, sondern auch ermöglichen, diesen Entwurf nach und nach zu ergänzen, zu verfeinern und zu aktualisieren.

Die meisten dieser Softwarelösungen ermöglichen die Planung und Verfolgung der vier Hauptaspekte des Projekts:

- A. Zeitlicher Ablauf
- B. Arbeitsaufwand
- C. Kosten
- D. Materialien

Hauptaufgaben

Um mit dem Projektplan beginnen zu können, müssen die Hauptaufgaben aufgelistet werden. Dies kann mit einer Software oder konventionell erfolgen. Im zweiten Fall ist für jede Aufgabe ein separates Dokument oder (je nach Gesamtumfang des Projekts) ein Aktenordner anzulegen. Zu den Hauptaufgaben gehören:

1. Definition des Projektumfangs und der Projektspezifikationen
2. Konzeptioneller Entwurf
3. Vorläufiger Grobentwurf
4. Kostenschätzung für die Budgetplanung
5. Abschließende Festlegung der Spezifikationen und der finale Entwurf
6. Einholung der Angebote
7. Prüfung und Freigabe durch den Auftraggeber
8. Bestellung
9. Detail- oder Ausführungsplanung
10. Fertigung
11. Montage
12. Inbetriebnahme
13. Verifizierung der Systemleistung
14. Wartung

Der Projektplan ist ein lebendiges Dokument, das stetig aktualisiert werden muss. Jede der Hauptaufgaben soll bei Fortentwicklung des Projektes mit Detailinformationen gefüllt werden und man kann sie bei Bedarf durch Abgrenzung der Unteraufgaben strukturieren.

Die Definition der Hauptaufgaben gibt allen Projektbeteiligten einen Überblick über den geschätzten Arbeits- und Zeitaufwand. Damit wird die Planungsgenauigkeit erhöht und die Qualität der Kommunikation zwischen dem Auftraggeber, dem Projektmanager und den verschiedenen Lieferanten und Ausführenden verbessert.

Aufgabe 1: Definition des Projektumfangs und der Projektspezifikationen

Der nächste Schritt ist die Definition des zu lösenden Problems und die Aufstellung der Systemanforderungen in Form eines Rahmenpflichtenhefts (Materialmengen und Materialart, Zeitanforderungen, Entfernungen, bestehende Einschränkungen). Grundlage dafür bilden die Kundenvorgaben und die bereits bekannten Randbedingungen und Gegebenheiten. Ein Beispiel könnte lauten:

Wir müssen trockenen Sand (weniger als 2% Feuchtigkeit) 1,2 km weit bei einer konstanten Neigung von 5% bewegen. Die Fahrwege haben keinen guten Belag. Der Transportweg überquert einen 1,8 m hohen Zaun und ändert die Richtung um 45°.

In dieser Phase soll auch eine Unterscheidung zwischen den „harten“ und den „weichen“ Kriterien gemacht werden. Harte Kriterien sind die „Muss“-Anforderungen, die auf jeden Fall zu erfüllen sind. Sie betreffen typischerweise solche Fragen wie die Mengen, die Zeit oder die Entfernungen. Weiche Kriterien sind optionale Eigenschaften oder die so genannten „Wunsch“-Anforderungen. Dies könnten z. B. variable Geschwindigkeiten, einstellbare Abwurfhöhen oder die Auswahl einer bestimmten Art von Gurtreiniger sein.

Aufgabe 2: Konzeptioneller Entwurf

Der erste Schritt bei jedem konzeptionellen Entwurf ist Brainstorming: das Sammeln von spontanen Ideen für eine Lösung. Bei Brainstorming sollen alle prinzipiellen Lösungsansätze zulässig sein, ob sinnvoll oder nicht. Diese Vorgehensweise ermöglicht, dass sehr verschiedene Optionen in Betracht gezogen werden, auch wenn sie zunächst sehr ungewöhnlich oder abwegig erscheinen mögen. Diese Ideen sollen ohne Einwendungen akzeptiert und festgehalten werden. Erst im nächsten Schritt werden sie einer Analyse unterzogen. Durch die Miteinbeziehung des Auftraggebers in die Brainstorminggruppe kann eine hohe Identifizierung der Entscheider mit dem Projekt, besseres

Verständnis für die zu lösenden Probleme und eine positive Einstellung zum Vorhaben erreicht werden.

Zum konzeptionellen Entwurf gehört auch die Definition der Entwurfsparameter. Um dabei Fragestellungen zu der Schüttguthandhabung zu bewerten, können Laboruntersuchungen hilfreich sein. Ein anderer wichtiger Aspekt ist die Erfassung der örtlichen Gegebenheiten, mit Überprüfung der betreffenden Anlagekomponenten direkt am Standort, mit Erfassung der Höhen, der Höhenunterschiede und der Steigungen, als auch der zu berücksichtigenden Hindernisse. Sollten die tatsächlichen Bedingungen vor Ort die vorher definierten Entwurfsparameter einschränken, so müssen Maßnahmen zur Kompensation dieser Einschränkungen festgelegt werden. Diese Maßnahmen können sowohl auf die Milderung der Wirkung dieser einschränkenden Einflüsse abzielen als auch Sicherheitsvorrichtungen einschließen, die im Störfall eine vereinfachte Wartung ermöglichen.

Im nächsten Schritt wird jede vorgeschlagene Idee kritischer Analyse unterzogen und es werden die Vor- und Nachteile aufgelistet. Möglicherweise bietet die Kombination mehrerer Lösungsansätze das beste Resultat: Die als unzureichend bewerteten Aspekte der einen Idee könnten durch die Einbeziehung einer zweiten Idee beseitigt werden.

Nach der Analyse der vorgeschlagenen Lösungsansätze werden der Projektumfang und die Projektspezifikationen in einem festgelegten Format aufgestellt. Der Projektumfang legt den Geltungsbereich des Projektes fest; die Spezifikationen beinhalten die konkreten technischen Parameter. Der Projektumfang listet Komponenten und Aufgabenbereiche auf, die durch das Projekt abgedeckt sind. Es können auch Elemente aufgeführt werden, die explizit nicht zum Projekt gehören. Optionen zum Projekt können separat aufgeführt werden. Die Anwendung eines vordefinierten Formats, wie im nachfolgenden Beispiel, hilft ungenaue Formulierungen zu vermeiden:

Förderanlage einschließlich

- A. Tragende Konstruktion
- B. Übergabepunkte
- C. Fördergurt
- D. Fördergurtreiniger
- E. Montage
- F. Inbetriebnahme des Systems

- G. Leistungsmessung
 - H. Besprechung der Wartung mit Vertretern des Auftraggebers
 - I. Systemübergabe
 - J. Baustelleneinrichtung ist NICHT inbegriffen
 - K. Elektrische Leistungen bis zur Baustelle sind NICHT inbegriffen
- Spezifikationen
- A. Gurtförderer, Gurtbreite 1800 mm
 - B. 81 m Achsabstand
 - C. Ein (1) Übergabepunkt (Beladung)
 - D. Einstellbarer Auffangtrichter zur mittigen Beladung
 - E. Antriebsmotor
 - a. 480 Volt
 - b. 50 Hz
 - c. 25 kW
 - F. Wartungsgarantie
 - G. 2400 Stunden bis zum ersten Hauptwartungsintervall
 - H. 90 % Verfügbarkeit für das erste Jahr (mit Servicevertrag)

Aufgabe 3: Vorläufiger Grobentwurf

Wurden Umfang und Spezifikationen festgelegt, können mit einem vorläufigen Entwurf die ersten Schätzungen für die Kosten und Zeitplanung aufgestellt werden.

Das in der Konzeptstufe identifizierte System wird in Zusammenarbeit mit einem Konstrukteur oder Entwicklungsingenieur skizziert. Bei Industrieanlagen geschieht dies häufig mit Hilfe von Prozessfließbildern (**Abbildung 30.2**). Ein Prozessfließbild zeigt die Schlüsseldaten und die allgemeine Anordnung der Anlagenkomponenten. Unter Verwendung des Prozessfließbildes und der anderen Projektdokumente werden die einzelnen Bauteile oder Bauteilgruppen nach den Kategorien „Eigenherstellung“ oder „Zukauf“ gekennzeichnet. Diese Zuordnung muss besonders sorgfältig durchgeführt werden. Übersehen einzelner Posten führt meist zu Verzögerungen aufgrund der nicht eingeplanten Lieferzeiten und zu erhöhten Kosten, wenn der Bedarf erst während der Montage oder der Inbetriebnahme entdeckt wird.

Aufgabe und anschließender Zusammenfassung zu einer Gesamtsumme.

Zur Absicherung, dass die Kostenrechnung angemessen ist und dass kein offensichtlicher Posten vergessen worden ist, können die Preisangebote und die geschätzten Aufwendungen mit den Werten eines bereits abgewickelten ähnlichen Vorgangs verglichen werden.

Vor der abschließenden Vorlage des Preisangebots bei Kunden muss der Projektplan und der Zeitplan (Gantt-Diagramm) unter Einbeziehung aller Elemente betreffend Arbeitsleistungen, Zeiten, Kosten und Finanzfluss aktualisiert werden.

Im Preisangebot ist zumindest aufzuführen:

- A. Lieferumfang
- B. Spezifikationen
- C. Wesentliche Projektstufen und „Projektmeilensteine“
- D. Kosten
- E. Zahlungsplan

Werden zusätzliche Information in das Preisangebot mit einbezogen, müssen Vertraulichkeitserklärungen verfügbar sein. Werden Skizzen oder Zeichnungen beigelegt, müssen sie im zutreffenden Umfang als „vorläufig“ gekennzeichnet werden.

Der Zahlungsplan im Preisangebot muss an die Fertigstellung von bestimmten Projektstufen oder Meilensteinen gebunden sein.

Aufgabe 7: Prüfung und Freigabe durch den Auftraggeber

Das Preisangebot sollte vom Projektmanager zusammen mit den Kunden eingehend geprüft werden. Diese Aufgabe sollte wenn möglich nicht per E-Mail, Fax oder Telefon erledigt werden, sondern eher persönlich. Ein genaues Verständnis der Erwartungen zu diesem Zeitpunkt kann signifikant dazu beitragen, dass im späteren Verlauf des Projektes Missverständnisse vermieden werden.

Eventuell vom Kunden zu erbringende Vorleistungen müssen ebenfalls geprüft und die Übergabebedingungen festgelegt werden. Der Projektmanager muss sich vergewissern, dass der Kunde alle Bedingungen verstanden hat und dass das Werk nach der Erteilung der Bestellung an die zugesagten Leistungen und den Zeitplan gebunden sein wird.

Aufgabe 8: Bestellung

Sobald der Projektmanager die Bestellung empfangen und zusammen mit dem Angebot in der Projektakte dokumentiert hat, können bindende Zusagen für die Beschaffung von Ausrüstung und Arbeitsleistungen gemacht werden. Bindende Zusagen können nicht auf eine mündliche Genehmigung des Projekts hin gegeben werden. Bis die Bestellung eingeht, sollten sowohl der zeitliche Ablauf als auch die Verpflichtungen im Hinblick auf Umfang und Kosten änderbar verbleiben. Wenn die Bestellung ohne erneute Überprüfung oder Änderungen pünktlich zugestellt wird, sollten keine Überprüfungen des Zeitplanes oder der Kosten notwendig sein.

Wenn die Bestellung vorzeitig eingeht, können bestimmte Punkte zeitlich vorgezogen werden: z. B. es können Materialbestellungen aufgegeben oder Subunternehmer zur Freihaltung von Zeitfenstern in den Arbeitsplänen angewiesen werden. Die vorgezogene Fertigstellung des Projekts hängt aber von einer sorgfältigen Überprüfung der ganzen Lieferkette ab, einschließlich der vergebenen Arbeitsleistungen und dem Zustand der Baustelle.

Geht die Bestellung nach dem auf der Preisanfrage angegebenen Datum ein, muss der gesamte Zeitplan - einschließlich der Leistungen der Zulieferer, Konstrukteure und Subunternehmen - vom Projektmanager nochmals verifiziert werden.

Aufgabe 9: Detail- oder Ausführungsplanung

Wenn ein Projekt an das Konstruktionsteam übergeben wird, sollte der Projektmanager sicherstellen, dass der Projektumfang und die Spezifikationen im Detail mit dem Konstruktionsteam durchgegangen werden. Diese beiden Dokumente haben ihre eigene Bedeutung. Durch den vollständig definierten Projektumfang wird sichergestellt, dass alle relevanten Bereiche in der Planung berücksichtigt wurden. Die Spezifikationen garantieren, dass die durch das Projekt angestrebte und vertraglich festgelegte Leistung erbracht wird.

Die Verifizierung des Zeitplans ist genauso wichtig, wie die Überprüfung des Projektumfangs und der Spezifikationen. In der Angebotssphase hat der Projektmanager vom Konstruktionsteam einen geschätzten Zeitplan erhalten. Jetzt überprüft er diese Angabe und holt eine neue Terminzusage vom Leiter des Konstruktionsteams ein. Solches Verifizierungsverfahren

ist bei jedem Schritt des Projekts erforderlich, um die pünktliche Fertigstellung des gesamten Projekts zu gewährleisten.

In dieser Projektphase soll die Konstruktion im Detail geprüft und sichergestellt werden, dass die vier Hauptvorgaben erreicht werden: Leistung und Funktionsumfang, Kosten, Termine, und technische Machbarkeit. Die Erfüllung jedes dieser Ziele sollte im gesamten Verlauf des Gestaltungsprozesses verfolgt werden. An diesen Arbeiten sollte auch ein Vertreter aus der Fertigung teilnehmen.

Aufgabe 10: Fertigung

Nach Abschluss der Konstruktionsphase erfolgt die Übergabe an die Fertigung. So wie beim Konstruktionsteam, sollte der Projektmanager die Zeitplanung, den Projektumfang und die Spezifikationen zusammen mit allen an der Fertigung teilnehmenden Gruppen überprüfen.

Nachdem ein Projekt bereits in der Realisierung ist, sollte nicht mehr mit neuen Anbietern für die Fertigung experimentiert werden. Der Projektmanager sollte auf Hersteller zurückgreifen, die nachweislich Qualitätserzeugnisse pünktlich liefern, und Anbieter ohne einen solchen Nachweis oder mit finanziell fragwürdigem Hintergrund möglichst meiden. Wo das nicht möglich ist, ist eine Unternehmensbewertung erforderlich. Referenzen sollten genauestens überprüft und es sollte eine statistische Aufstellung im Hinblick auf Qualität und Liefertreue verlangt werden, die zusammen mit anderen Unterlagen, z. B. der ISO-Zertifizierung, zu prüfen sind.

Die angelieferten Materialien, Komponenten und Bauteilgruppen müssen inventarisiert und kontrolliert werden. Um Projektverzögerungen zu vermeiden, müssen die Lieferanten sofort über Minderlieferungen oder fehlerhafte Posten und über die zur Lösung des Problems vorgesehenen Maßnahmen informiert werden.

Aufgabe 11: Montage

Die zwei wichtigsten Elemente der Kontrolle während der Montage sind der Zahlungsfluss und die Terminüberwachung. Das Hauptmittel des Projektmanagers im Umgang mit Lieferanten und Subunternehmern auf der Baustelle, um qualitativ hochwertige und pünktliche Ausführung der Lieferungen und Arbeiten sicherzustellen, ist Kontrolle des Zahlungsflusses. So wie der Projektmanager gegenüber dem Kunden eine Verpflichtung zur Lieferung hat, so hat auch der Lieferant oder Subunternehmer

eine Verpflichtung gegenüber dem Projektmanager. Bei der Aufstellung des Zahlungsplans, der einen Teil des Projektplans darstellt, sollte ein wesentlicher Prozentsatz der gesamten Zahlungen an die Lieferanten an die erfolgreiche Ausführung der vertraglich vereinbarten Lieferungen bzw. der zu leistenden Arbeiten gebunden sein und mit einem Vorbehalt versehen werden. Es ist gleichzeitig zu beachten, dass sich verspätete oder unberechtigt verweigerte Zahlungen hinsichtlich der Qualität und der Termintreue negativ auf die künftige Lieferfähigkeit auswirken können.

Sobald Materialien und Komponenten auf der Baustelle angeliefert und abgenommen sind, sollten sie in der Reihenfolge ihrer Verwendung gemäß dem Montageplan in einem getrennt gelegenen, geschützten und kontrollierten Bereich gelagert werden. Materialverluste - durch Vandalismus oder Diebstahl - sind ein Problem in vielen Unternehmen in der ganzen Welt und können sich wegen der notwendigen Ersatzbeschaffung sowohl auf die Projektkosten als auch auf den Zeitplan auswirken.

Der Projektmanager ist für die Kontrolle aller bei der Montage gemäß dem Projektumfang (Leistungsumfang) geleisteten Arbeiten verantwortlich. Der Manager muss auf schleichend auftretende Änderungen beim Projektumfang achten und darauf reagieren. Eine Änderung des ursprünglichen Projektumfangs, gleichgültig aus welchem Grund, muss dokumentiert werden (Auftragsänderung) und erfordert normalerweise eine Vertragsrevision oder einen Nachtrag, damit diese Änderung die Gültigkeit erlangt. Derartige Änderungen führen schnell dazu, dass das Projektbudget und der Zeitplan überschritten werden und sind eine der Hauptursachen für Fehlschläge bei der Projektdurchführung.

Aufgabe 12: Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme der einzelnen Geräte erfolgt durch den Projektmanager nach gründlicher Inspektion und Einstellung aller Komponenten und elektrischen Systeme. Sofern vorhanden, ist auch die Checkliste für die Inbetriebnahme auszufüllen.

Zur Sicherstellung, dass alle Komponenten sich im erwartungsgemäßen Zustand befinden, sollten die beweglichen Komponenten vor der Inbetriebnahme visuell überprüft werden; wenn erforderlich, werden dabei vom Projektmanager Korrekturmaßnahmen festgelegt und deren Ausführung veranlasst. Nach der Inbetriebnahme und erstem Probelauf sollten die Geräte

zur Leistungsüberprüfung unter Last betrieben werden, wobei wieder die notwendigen Einstellungen und Anpassungen vorzunehmen sind.

Die Funktionsfähigkeit der Geräte sollte den Vertretern des Kunden vorgeführt werden, mit einer Begehung der wichtigen Hauptkomponenten und Erläuterung der Funktion und des Wartungsbedarfs. Sowohl für die Inbetriebnahme, als auch für die Durchführung der Einstellarbeiten sind detaillierte Schritt-für-Schritt Anweisungen bereitzustellen.

Aufgabe 13: Verifizierung der Systemleistung

Zum Projektabschluss muss festgestellt werden, ob die Projektziele, die anfangs im Projektumfang und in den Spezifikationen festgelegt wurden, erreicht oder vielleicht sogar überschritten wurden. Dazu werden die Funktionsfähigkeit und die Systemleistung ermittelt; diese Ermittlung erfolgt bereits bei der Inbetriebnahme, aber vor allem während eines Probelaufs, dessen Dauer und Bedingungen im Projektumfang definiert worden sind. Als Beurteilungsmaßstäbe (Key Performance Indicators KPI) dienen Kriterien und Erwartungen, die ebenfalls während der Definition des Projektumfangs festgelegt wurden.

Aufgabe 14: Wartung

Zum Abschluss des Projektes muss ein detaillierter Leitfaden über die Wartungsanforderungen des Systems vorgelegt werden. Die Wartungsanforderungen sollen auch in einer Schulung erläutert werden, an der mindestens zwei Vertreter des Kunden teilnehmen sollen. Damit wird auch erreicht, dass nach der Systemübergabe dem Betriebspersonal das erforderliche Verständnis für die Notwendigkeit der Wartungsarbeiten und auch die Bereitschaft zu deren Ausführung vermittelt werden, um im Endeffekt die Anlage dauerhaft mit höchster Effektivität betreiben zu können.

Eine verbesserte Wartung - und damit eine verbesserte Leistung - kann dadurch erreicht werden, dass der Lösungsanbieter auch die Wartung der Anlage im Rahmen eines Wartungsvertrags übernimmt. Durch dieses Konzept stehen die Wartungskosten für den Benutzer fest, die planmäßige Wartung wird mit der erforderlichen Priorität durchgeführt und die Stillstandszeiten der Geräte werden minimiert, was zu einer Maximierung der Produktivität führt.

WIE WIRD ERFOLG BEURTEILT

Und zum Abschluss...

Abschließend wäre noch darauf hinzuweisen, dass man sich bei der Auswahl eines Partners, dem man das Gesamtprojektmanagement übertragen will, für einen Anbieter entscheidet, der seine Leistungen - und damit die Leistung des angebotenen und installierten Schüttgut-handhabungssystems - durch eine Leistungsgarantie unterstützt. Die besten Garantien sind die Garantien von nachweislich erfolgreichen Firmen. Von Firmen, die nicht nur das volle Leistungsspektrum anbieten: Ingenieurleistungen, Beschaffung, Montage, Inbetriebnahme und Folgeleistungen, die aber auch über die erforderliche Finanzkraft zur Erfüllung eventueller Garantie- und Gewährleistungsansprüche verfügen.

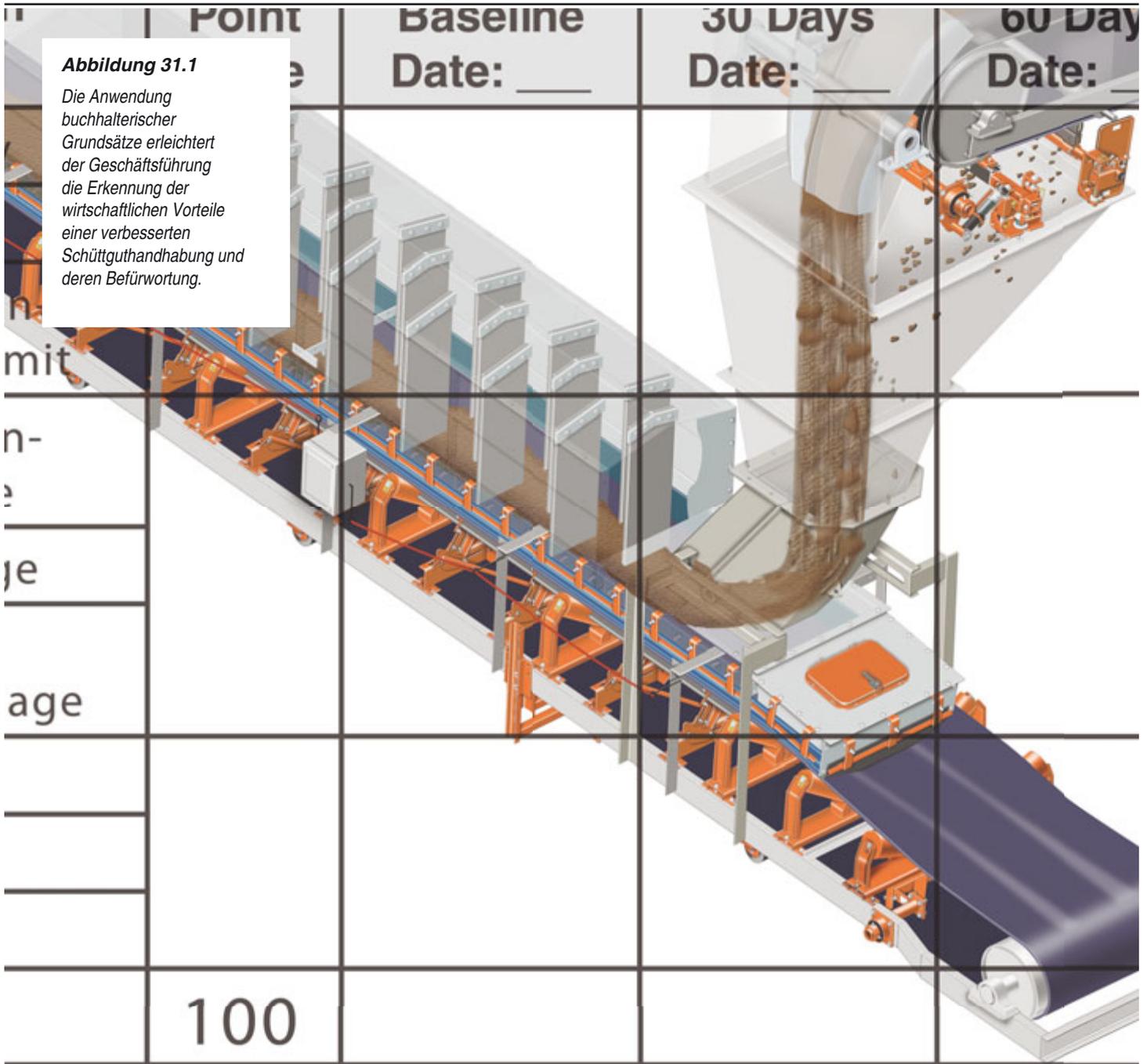
Bei einem Projekt ohne einen Projektmanager oder mit einem ineffizienten Manager ist die Gefahr größer, dass überhöhte Kosten und Geräteausfälle auftreten und dass Termine nicht eingehalten werden. Diese Projekte leiden auch wahrscheinlicher unter Qualitätsmängeln aufgrund der Tatsache, dass kein fachlich qualifizierter und erfahrener Projektmanager zuständig und verantwortlich ist. Ein effektives Management führt zu besseren Projekten und besseren Ergebnissen.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über Gesamtprojektmanagement ist das erste Kapitel im Abschnitt „Das Gesamtbild der Schüttguthandhabung“. Die nächsten drei Kapitel setzen diesen Abschnitt fort, beginnend mit „Leistungsmessungen“ in Kapitel 31, gefolgt von „Betrachtung ausgewählter Industriebereiche“ in Kapitel 32 und „Betrachtungen im Hinblick auf Sonderförderanlagen“ in Kapitel 33.

REFERENZEN

- 30.1 Project Management Institute (PMI). Zusätzliche Informationen über Projektmanagement und das Akkreditierungsprogramm für Projektmanager ist von PMI auf der Website der Organisation verfügbar:
<http://www.pmi.org>



Kapitel 31

LEISTUNGSMESSUNGEN

Leistungsmessung.....	465
Berechnung der Kapitalrendite	468
Bestimmung der Materialverluste.....	471
Effizienzbestimmung	480
Weiterführende Themen	481
Der Nutzen von Kapitalrenditeberechnungen	483

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel werden die Möglichkeiten zur Bewertung der Verbesserungen in den Bereichen Sicherheit, Sauberkeit und Produktivität bei der industriellen Schüttgut-handhabung besprochen und entsprechende Methoden für die qualitative und quantitative Bewertung vorgeschlagen. Beabsichtigt ist die Unterstützung von Ingenieuren und Managern bei der Nutzen-Kosten-Analyse von Systemen zur Materialkontrolle. Damit soll den Entscheidungsträgern eine Möglichkeit zum Erkennen der wirtschaftlichen Vorteile dieser Systeme gegeben werden (**Abbildung 31.1**).

LEISTUNGSMESSUNG

Die Bedeutung der Leistungsmessung

Ein Schlüsselindikator, der Aufschluss über den Stellenwert der Wirtschaftlichkeitsbe-trachtung in Entscheidungsprozessen eines Unternehmens gibt, ist die Ermittlung der Kapitalrendite der Investitionen (ROI = Return On Investment). Nach einem Bericht der Aberdeen Group aus dem Jahre 2007 (siehe *The Manufacturer*, Ausgabe Februar, 2007) ermitteln weniger als 25% der Unternehmen vor der Durchführung eines Projekts konse-quent dessen Kapitalrendite und nur 20% der Unternehmen führen eine Nachkalkulation durch. Bei den führenden Unternehmen liegen diese Zahlen deutlich höher: im Vorfeld eines Projektes berechnen 88% mehr Unternehmen die Kapitalrendite; bei der Nachkalkulation zur Bewertung der erreichten Wirtschaftlichkeit liegt dieser Wert sogar um 130% höher als bei den Wettbewerbern.

Auffällig ist, dass die besten Unternehmen, die aktiv die Kapitalrendite ermitteln, auch 93% mehr Verbesserungsmaßnahmen in verschiedenen Bereichen einführen, als der Durchschnitt (*Referenz 31.1*).

Die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen zur Beurteilung des Fortschritts oder Erfüllungsgra-des hinsichtlich wichtiger Ziele sind unter dem Begriff Leistungskennzahlen (Key Performance Indicators KPI) bekannt. Die Leistungskenn- zahlen der Schüttgutindustrie umfassen sowohl quantitative (Werte, die objektiv messbar oder berechenbar und zahlenmäßig darstellbar sind) als auch qualitative Merkmale (Werte, die nicht berechenbar sind und oft auf subjektiver Beurteilung basieren). Diese Kennzahlen bilden Grundlage der Entscheidungsprozesse,

der Rechenschaftsberichte und der Bewertung der erreichten Verbesserungen. Sie sollten Teil eines methodischen Verfahrens zur Ermittlung der Zielerfüllung sein und können auf einzelne Personen, Teams oder ganze Unternehmen angewandt werden. Die Leistungskennzahlen werden oft grafisch oder tabellarisch dargestellt, damit Tendenzen in Bezug auf die Zielerfüllung einfacher erkannt werden können.

Der technische Zustand und die Art, wie die Fördersysteme betrieben werden, haben eine direkte Wirkung auf die Leistungskennzahlen des betreffenden Unternehmens. Die Leistungs- kennzahlen im Bezug auf die Gesundheit und Sicherheit orientieren sich in der Regel am Erfüllungsgrad der geltenden Vorschriften und Normen. Im Bereich der Wirtschaftlichkeit sind es Kennzahlen, welche die finanzielle Leistungs- fähigkeit des Unternehmens beziffern. Sie können der Gewinn- und Verlustrechnung oder der Bilanz entnommen werden.

Finanzielle Bewertung

Ein Unternehmen muss einen Ertrag erwirtschaften, um damit den laufenden Betrieb finanzieren zu können, Mitarbeiter zu bezahlen, Dividenden auszuzahlen und Investitionen tätigen zu können. Verkaufserlöse (auch Umsatz oder Einnahmen) werden oft mit Gewinn ver- wechselt, was zu falschen Vorstellungen darüber führt, wie viel eine Firma verdient hat und was sie mit diesem Geld macht. Unternehmen der Schüttgutindustrie erwirtschaften normaler- weise einen Gewinn von weniger als fünf Prozent nach Steuern. Das bedeutet beispiels- weise, dass Anleger, die ihr Kapital einbringen, am Ende des Jahres aus den investierten 100 € weniger als 5 € verdient haben. Wenn die Firma keinen Gewinn macht, verlieren die Anleger ihr Geld. Ein Grund für die Bereitschaft in einen Schüttgutbetrieb zu investieren, anstatt das Geld auf die Bank zu bringen und Zinsen zu erhalten, ist die Möglichkeit, höhere Gewinne zu erwirtschaften, wenn das Unternehmen und deren Fördersysteme optimal arbeiten.

Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Unternehmens dienen die Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) und die Bilanz. Die Gewinn- und Verlustrechnung ist eine Gegen- überstellung der Einnahmen (aus Verkäufen, Mieten, Lizenzgebühren) und der Ausgaben innerhalb einer Periode (i.d.R. Monat, Quartal oder Wirtschaftsjahr). Die Bilanz ist eine Auf- stellung der Vermögenswerte und Forderungen (was dem Unternehmen gehört oder ihm ge- schuldet wird), der Verbindlichkeiten (Darlehen und die vom Unternehmen an Lieferanten zu

zahlenden Rechnungen) und des Eigenkapitals zu einem bestimmten Zeitpunkt (i.d.R. zum Abschluss eines Monats, Quartals oder Jahres).

Üblicherweise werden die Jahresabschlüsse der vorhergehenden Jahre mit dem laufenden Jahr verglichen, um den Fortschritt des Unternehmens bei der Erreichung seiner finanziellen Ziele beurteilen zu können. Diese Ziele werden normalerweise vom Vorstand oder von den Gesellschaftern festgesetzt. Zur Finanzierung von Investitionen, die nicht aus bereits erwirtschafteten Gewinnen finanziert werden können, aber ein Wachstum des Unternehmens ermöglichen können, gibt es mehrere Möglichkeiten. Kapitalgesellschaften können zur Geldbeschaffung Anteile am eigenen Unternehmen veräußern, Privatunternehmen können neue Mittel von den Eigentümern beziehen, oder das Unternehmen entschließt sich zur Finanzierung über Kredite.

Die zum Betrieb eines Unternehmens nötigen Finanzmittel können grob in zwei Kategorien eingeteilt werden: in das betriebsnotwendige Kapital und in Kapital für Investitionstätigkeit. Betriebsnotwendiges Kapital stammt üblicherweise aus der laufenden Geschäftstätigkeit. Um die Fortführung eines Betriebes gewährleisten zu können, müssen die Produkte teurer verkauft werden als sie in der Herstellung kosten, ansonsten wird das Unternehmen bald in finanzielle Schwierigkeiten geraten. Zur Bereitstellung des betriebsnotwendigen Kapitals ist es wichtig, die Erlöse aus den Verkäufen möglichst schnell zu vereinnahmen. Gibt es keine Gewinne, muss sich das Unternehmen Geld leihen oder die Gesellschafter müssen ihre Einlagen erhöhen.

Das Kapital für Investitionstätigkeit wird für die Finanzierung langlebiger Güter verwendet, wie z. B. für den Erwerb von Grundstücken, Immobilien und Maschinen. Das Kapital für Investitionstätigkeit stammt aus den Nettogewinnen nach Steuern, dem Verkauf von Anteilen oder aus Kreditaufnahmen. Um diese, meist hohe Finanzmittel zur Verfügung zu haben, müssen solche Investitionsausgaben entsprechend langfristig geplant werden, damit die erforderlichen Rücklagen gebildet werden. Alternativ können Kredite aufgenommen werden, womit die längeren Vorlaufzeiten entfallen. Eine Voraussetzung zur Aufnahme von Krediten zu den marktüblichen Konditionen ist allerdings eine solide Gewinnsituation des Unternehmens über mehrere Jahre, anderenfalls werden die Banken zur Abdeckung des erhöhten Risikos höhere Zinssätze verlangen. Bei kreditfinanzierten Investitionen geht

man außerdem Risiken ein, die zum Tragen kommen, wenn sich die Investition nicht wie erwartet kostensenkend und/oder produktivitätserhöhend auswirkt.

Die gesamten Kapitalkosten umfassen den Betrag der nach Abzug von Kosten und Steuern im Unternehmen verbleibenden Geldmittel (Eigenkapital), den Wert bestehender Darlehen (Fremdkapital), den Betrag, den die Gesellschafter auf ihre Einlagen erwarten (Eigenkapitalkosten) und den Betrag, der für die Bedienung der Investitionskredite gezahlt werden muss (Fremdkapitalkosten). Sehr oft werden diese Kapitalkosten als Mindestverzinsung für ein Projekt angesetzt. Diese Zahlen variieren stark, je nachdem wie eine Firma finanziert wird. Aber die Kapitalkosten sind im Allgemeinen fünf bis zehn Prozentpunkte höher als der Zinssatz, den eine Bank berechnen würde.

Die Kapitalkosten für Investition in neue Anlagen oder in Nachrüstungen beschränken sich also nicht nur auf die Kosten für die Kreditaufnahme bei einer Bank (**Gleichung 31.1**). Je riskanter die Investition ist, desto höher muss auch der Ertrag sein, der zum Risikoausgleich erwirtschaftet werden muss.

Die Kapitalkosten sind normalerweise ein von der Finanzabteilung ermittelter durchschnittlicher Betrag für das ganze Unternehmen. Er sollte nicht mit dem Niveau verwechselt werden, das das Unternehmen für die einzelnen Projekte ansetzt; dieser Betrag wird als Kapitalrendite (auch Kapitalverzinsung oder Amortisation) bezeichnet. Die erforderliche Kapitalrendite bewegt sich normalerweise in einem Bereich zwischen 10 und 33%. Die Kapitalrendite für eine größere, langfristige Investition, z. B. für ein komplett neues Fördersystem, bewegt sich normalerweise am unteren Ende dieses Bereichs. Verbesserungen an Förderanlagen zur Vermeidung von Staubemissionen und Materialverlusten erfordern oft sehr hohe Kapitalrenditen, manchmal von mehr als 100% (**Gleichungen 31.2-4**). Mit anderen Worten, man erwartet von diesen Investitionen, dass sie sich in weniger als einem Jahr bezahlt machen (**Tabelle 31.1**).

$$CC = \left(\frac{TE}{TE + TD} \cdot CE \right) + \left(\frac{TD}{TE + TD} \cdot CD \cdot (1 - T) \right)$$

Gleichung 31.1

Berechnung der Kapitalkosten

Gegeben: Eine Firma ist € 2.000.000 wert und hat Darlehen von € 500.000 zu 8%; die von den Gesellschaftern erwartete Rendite beträgt 15% und die Körperschaftssteuer beträgt 35%. **Gesucht:** Die gesamten Kapitalkosten.

CC	Kapitalkosten	Prozent
TE	Eigenkapital	2.000.000
TD	Fremdkapital	500.000
CE	Eigenkapitalkosten	0,15 (15%)
CD	Fremdkapitalkosten	0,08 (8%)
T	Körperschaftssteuer	0,35 (35%)
$CC = \left(\frac{2 \text{ Mio}}{2 \text{ Mio} + 0,5 \text{ Mio}} \cdot 0,15 \right) + \left(\frac{0,5 \text{ Mio}}{2 \text{ Mio} + 0,5 \text{ Mio}} \cdot 0,08 \cdot (1 - 0,35) \right) = 0,13$		
CC	Kapitalkosten	0,13 (13%)

$$ROI = \frac{TPS}{TPC}$$

Gleichung 31.2

Berechnung der Kapitalrendite

Gegeben: Ein Projekt spart € 10.000 und kostet € 25.000. **Gesucht:** Die Kapitalverzinsung.

ROI	Kapitalverzinsung	Prozent
TPS	Gesamteinsparungen durch das Projekt	10000
TPC	Gesamtkosten für das Projekt	25000
$ROI = \frac{10000}{25000} = 0,4$		
ROI	Kapitalrendite	0,4 (40%)

$$ROI(\text{Jahre}) = \frac{1}{ROI}$$

Gleichung 31.3

Berechnung der Kapitalrendite auf Jahre bezogen (Amortisation)

Gegeben: Ein Projekt hat eine Kapitalrendite von 40% (0,4).

Gesucht: Die zur Rückzahlung der Investition erforderlichen Jahre.

ROI(Jahre)	Kapitalrendite in Jahren	Jahre
ROI	Kapitalrendite in % (als Dezimalwert)	0,4
$ROI(\text{Jahre}) = \frac{1}{0,4} = 2,5$		
ROI(Jahre)	Kapitalrendite in Jahren	2,5 Jahre

$$ROI(\text{Monate}) = \frac{12}{ROI}$$

Gleichung 31.4

Berechnung der Kapitalrendite auf Monate bezogen (Amortisation)

Gegeben: Ein Projekt hat eine Kapitalrendite von 40% (0,4).

Gesucht: Die zur Rückzahlung der Investition erforderlichen Monate.

ROI(Monate)	Kapitalrendite in Monaten	Monate
ROI	Kapitalrendite in % (als Dezimalwert)	0,4
$ROI(\text{Monate}) = \frac{12}{0,4} = 30$		
ROI(Monate)	Kapitalrendite in Monaten	30 Monate

Tabelle 31.1

Umrechnungstabelle für die Kapitalrendite		
ROI	Jahre	Monate
10%	10,0	120,0
20%	5,0	60,0
30%	3,3	40,0
40%	2,5	30,0
50%	2,0	24,0
60%	1,7	20,0
70%	1,4	17,1
80%	1,3	15,0
90%	1,1	13,3
100%	1,0	12,0

BERECHNUNG DER KAPITALRENDITE

Welche Daten sind für die Berechnung der Kapitalrendite eines Projektes erforderlich?

Es ist schwierig, ein Projekt zu rechtfertigen oder zu beweisen, dass es eine akzeptable Kapitalrendite aufweisen wird, wenn keine Angaben zu den Betriebskosten vorliegen. Andererseits gibt es Dutzende Parameter, die zur Rechtfertigung eines Projektes geeignet sind. Es müssen auch nicht alle Einzelkosten und Produktionszahlen erfasst werden; schon die am häufigsten aufgezeichneten Daten können zur Begründung von Projekten zur Kontrolle von Staub und Reduktion von Materialverlusten bei Förderanlagen herangezogen werden (**Tabelle 31.2**).

Hat man die Zahlen - die tatsächlichen Kosten und Verluste durch entgangene Geschäfte - dann hat man auch meist genügend Argumente für die Projekte zur Verbesserung

Tabelle 31.2

Bei der Berechnung der Kapitalrendite verwendete Daten	
Daten	Einheiten
Administrativ/betrieblich	
Einhaltung von Rechtsvorschriften: Buchhaltung und Meldungen	Währung
Erhöhung der Gesundheits- und Haftpflichtversicherungsprämien	Währung
Verminderung der Lebensdauer von Geräten	Währung
Sicherheits-/Umweltbußgelder	Währung
Rechtskosten	Währung
Energiekosten	Währung
Kosten für die Abfallbeseitigung	Währung
Produktion	
Durchsatz: pro Stunde, Tag, Woche oder Monat	Tonnen
Produktionszeit	Stunden
Kosten pro Tonne Schüttgut	Währung/Tonne
Kosten für Ausfallzeiten	Währung/Stunde
Reinigung, manuell (1 Tonne pro Stunde ist durchschnittlich)	Arbeitskosten/Stunde
Reinigung, maschinell (5 Tonnen pro Stunde sind durchschnittlich)	Arbeits- & Maschinenkosten/Stunde
Produktverluste durch Staubemissionen und Materialverschüttungen	üblich: 0,5%-3% der Produktion
Sicherheit (Referenz 31.2)	
Kosten erfassbarer Vorfälle	Währung
Kosten der Vorfälle mit Arbeitsausfall	Währung
Wartung	
Neue Installation: <i>Arbeitsaufwand und Materialien (Schätzung)</i>	Währung
Einstellungsarbeiten: <i>Geschätzte Arbeitskosten pro Vorgang</i>	Währung
Ersatzteile: <i>Kosten für Teile und Arbeitsaufwand</i>	Währung
Geräteverschleiß: <i>Band und verschleißbeständige Materialien</i>	Währung

der Anlage. Zur Leistungsüberprüfung und zur Rechtfertigung der Ausgaben sind genaue und zeitgerechte Aufzeichnungen unerlässlich. Ohne Protokollierung bleiben nur allgemeine Argumente ohne faktischen Inhalt, die in der Regel nicht überzeugen können.

Der Einsatz der Kapitalrendite für die Begründung von Investitionen

Bei Betrieb der Schüttguttransportsysteme hat jeder Betrieb andere Prioritäten und Anforderungen. Während sich ein Betrieb mit trockenen, frei fließenden Stoffen befasst, geht man in einem anderen Betrieb mit nassem und klebrigem Material um. In einem dritten Betrieb sind es vielleicht Gefahrstoffe, durch die die Mitarbeiter möglicherweise Gesundheitsrisiken ausgesetzt sein könnten. Das Unternehmen muss auf Umweltschutzbestimmungen achten, mit Geldbußen rechnen oder Entschädigungen zahlen. Es hat unter Umständen auch erhebliche medizinische Kosten zu tragen. So wie in den einzelnen Betrieben die unterschiedlichsten Schüttgutarten verarbeitet werden, so gibt es dort auch die verschiedensten Buchführungspraktiken, Führungsstile und Wartungsstrategien. Das gilt auch für Investitionen in Förderanlagen, die von Unternehmen zu Unternehmen erheblich variieren.

Ungeachtet dieser Vielfalt gibt es Möglichkeiten rationale Ansätze aufzustellen, um die Wirtschaftlichkeit der Rationalisierungsprojekte bewerten zu können, sofern ausreichende Daten vorliegen. Nachfolgend zeigen wir ein Beispiel zur Bestimmung des wirtschaftlich vernünftigen Investitionsvolumens bei Gurtreinigungssystemen.

Eine Musterberechnung: Die Ermittlung der Kapitalrendite für Fördergurtreiniger

Der Erfolg eines Betriebes bei der Beseitigung von Rücklaufmaterial kann in beliebige Stufen kategorisiert werden. Das Erreichen dieser Stufen wird durch Messung der auf einer definierten Fläche verbleibenden Menge an Rücklaufmaterial (normalerweise auf einem Quadratmeter) festgestellt. In unserem Beispiel soll das Ausgangsniveau für das auf dem Band verbleibende Rücklaufmaterial (oder „Stufe 0“ Reinigung) bei mehr als 250 g/m^2 liegen.

Bei Reinigungsstufe I dürfen zwischen 101 und 250 g/m^2 Rücklaufmaterial auf dem Band verbleiben. Ein typisches Gurtreinigungssystem, das die Reinigungsstufe I erreichen kann, wäre

ein einzelner Primärabstreifer oder ein Sekundärabstreifer nach Plattenbauart.

Reinigungsstufe II ist durch ein verbleibendes Rücklaufmaterial von bis zu 100 g/m^2 definiert. Ein typisches Reinigungssystem zur Erreichung dieser Rücklaufmaterialmenge ist ein doppeltes oder dreifaches ingenieurtechnisch konstruiertes Reinigungssystem, bestehend aus einem Vorabstreifer und einem Sekundärabstreifer, manchmal sogar in Kombination mit einem Tertiärabstreifer.

Bei Reinigungsstufe III dürfen auf dem Band nur maximal 10 g/m^2 Rücklaufmaterial verbleiben. Ein Reinigungssystem, das dieses Leistungsniveau unter arttypischen Umständen erreichen könnte, wäre ein Gurtwaschsystem mit einer oder mehreren Wassersprühlanzen, mit Mehrfach-Abstreifersystemen und einer Möglichkeit zur Entfernung von überschüssigem Wasser vom Förderband. Diese komplizierteren oder aufwendigeren Systeme erreichen die beste Reinigungsleistung; sie kosten aber auch mehr in der Anschaffung und im Unterhalt.

In dem Maß in dem ein Unternehmen seine Ausgaben für Fördergurtreiniger erhöht, vermindern sich die Kosten für die Beseitigung von entweichendem Material (das vom Band stammende Rücklaufmaterial). Die Beziehung zwischen den Anschaffungs- und Wartungskosten der Reinigungssysteme und den Kosten für die erforderlichen Reinigungsarbeiten kann grafisch dargestellt werden (**Abbildung 31.2**). An einem gewissen Punkt überschreiten die Kosten der zusätzlichen Abstreifer die bei den Reinigungskosten erzielbaren Einsparungen. Die Rentabilitätsgrenze ist an dem Punkt erreicht, an dem sich die beiden Kurven schneiden.

Der Punkt des wirtschaftlich optimalen Nutzens in unserem Beispiel liegt bei der Reinigungsstufe II. Bei jeder Maßnahme, die die Wirksamkeit der Reinigung erhöht, werden zwei miteinander in Beziehung stehende Kosten beeinflusst: Die Investitionskosten nehmen zu, während die Verluste durch die Verschüttungen und Kosten der Beseitigung von Rücklaufmaterial abnehmen. Theoretisch könnte das Rücklaufmaterial fast auf Null herabgesenkt werden, doch ab einem gewissen Punkt überschreiten die Kosten zusätzlicher Abstreifer die erzielbaren Einsparungen. Dieser Punkt sollte nicht überschritten werden, wenn die Kapitalrendite entscheidet ist.

Für die Wartungs- und Einstellarbeiten an Gurtreinigungssystemen kann man eine ähnli-

che Nutzen-Kosten-Analyse durchführen. Jedes Mal wenn die Abstreifblätter gereinigt und neu gegen das Band gespannt werden, wird sich die Reinigungsleistung verbessern; an irgendeinem Punkt im Verlauf dieser Vorgehensweise werden jedoch die Arbeitskosten größer sein als der Wert der Leistungssteigerung. Beispielsweise kann sich der Nutzen von wöchentlichen Kontrollen und Einstellungen der Reinigungssysteme bezahlt machen, während dies bei den Arbeitskosten für Einstellungen in einem täglichen Rhythmus oder am Anfang jeder Schicht nicht mehr der Fall ist.

Natürlich ist dies eine rein wirtschaftliche Betrachtung. Anforderungen in Bezug auf Gesundheit, Sicherheit oder die Umwelt sind hierbei nicht berücksichtigt. Zur Erfüllung dieser Anforderungen gibt es keine allgemeingültige Lösung: Das Gleichgewicht zwischen Gesundheit und Sicherheit, Wartungskosten und Kapitalrendite muss für jede Anlage einzeln beurteilt und optimiert werden.

Die Kapitalrendite bei sicherheitsrelevanten Verbesserungsinvestitionen

Unfälle stellt man sich oft als Blutergüsse, Schnittwunden und Knochenbrüche vor, aber die gesundheitlichen Auswirkungen einer langfristigen Belastung durch Staub und Materialverluste können wesentlich gravierender sein. Bei einer weltweiten Belegschaft von 2,8 Milliarden Mitarbeitern gibt es pro Jahr schätzungsweise 270 Millionen Unfälle mit Arbeitsausfall und 2,2 Millionen tödliche Arbeitsunfälle. Bedingt durch Berufskrankheiten kommen hier noch 160 Millionen langfristige Invaliditätsfälle hinzu. Es gibt Schätzungen, wonach 95% dieser Unfälle und Krankheiten in Schwellenländern auftreten (Referenz 31.3).

Ohne Sachschäden, belaufen sich die durchschnittlichen Kosten aller arbeitsbedingten Unfälle mit Arbeitsausfall und Berufskrankheiten

in den industrialisierten Ländern auf ungefähr € 27.300 pro Vorfall. In den Schwellenländern liegen die durchschnittlichen Kosten pro Unfall mit Arbeitsausfall bei ungefähr € 3.600. Die Kosten für einen tödlichen Unfall in den industrialisierten Ländern sind dokumentarisch gut belegt und liegen bei ungefähr € 770.000. In den Schwellenländern gibt es keine zuverlässigen Angaben zu den Kosten eines tödlichen Arbeitsunfalls, aber wenn man gleiches Verhältnis, wie bei den oben genannten Unfällen beibehält, dann könnte ein tödlicher Unfall in einem Schwellenland € 102.000 kosten.

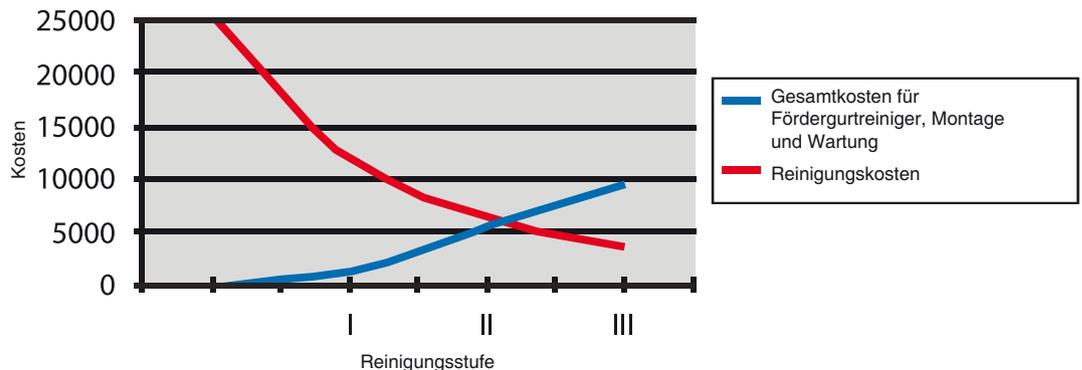
Diese geschätzten Werte stellen die gesamten direkten und indirekten Kosten dar, die einem Unternehmen bei Unfällen entstehen. Sie können, zusammen mit den Kosten für Sach- und Umweltschäden, der Berechnung der Kapitalrendite bei sicherheitssteigernden Investitionen zugrunde gelegt werden.

Aber damit sind noch nicht die Folgekosten und Belastungen für die Mitarbeiter und ihre Familie berücksichtigt, die indirekt aus Lohnausfall, Zusatzkosten und Arbeitsunfähigkeit resultieren und die oft zwei- bis dreimal höher sind. Der Ausgleich der Kosten eines Unfalls in einem Schwellenland ist für ein Unternehmen einfach im Vergleich zu den Kosten in entwickelten Ländern. Dabei wird jedoch das menschliche Leid und die Tatsache ignoriert, dass jede Firma davon profitiert, wenn sie produktiver ist als ihre örtlichen Konkurrenten.

Manchmal wird behauptet, dass sich Entwicklungsländer die Einstellung „Gesundheit und Sicherheit an 1. Stelle“ nicht leisten könnten, weil sie alles tun müssten, um irgendwie Erträge zu generieren, damit sie wirtschaftlich lebensfähig und/oder konkurrenzfähig werden. Damit wird die Wichtigkeit der Sicherheit an die letzte Stelle gestellt und erst wieder berücksichtigt, wenn das Entwicklungsniveau des Landes gestiegen ist.

Abbildung 31.2

Typische Kosten und Produktionsparameter mit Bezug auf Projekte zur Verbesserung der Materialkontrolle im Vergleich mit den Kosten für Reinigungsarbeiten.



Die Daten zeigen jedoch ein anderes Bild: Im Jahr 2003 berichtete die Internationale Arbeitsorganisation (ILO) in Genf über Forschungsergebnisse, nach denen die Länder mit der am weitesten entwickelten Arbeitssicherheit auch die besten Einstufungen im Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit aufweisen. Mit der Feststellung, dass die wettbewerbsfähigsten Länder auch die sichersten sind, kommt man in einem Bericht (*Decent Work - Safe Work*) des World Congress on Safety and Health at Work aus dem Jahre 2005 zu dem Schluss: „Es gibt keine Beweise dafür, dass irgendein Land von niedrigen Standards in Puncto Sicherheit und Gesundheit profitiert hätte.“ Der Bericht fährt fort: „Die Entscheidung für eine Strategie mit niedrigeren Sicherheitsnormen führt nicht zu hoher Wettbewerbsfähigkeit oder Nachhaltigkeit“ (Referenz 31.3).

Im ILO-Bericht *Safety in Numbers: Pointers for a Global Safety Culture [Sicherheit in Zahlen: Hinweise für eine globale Sicherheitskultur]* ist eine Reihe der Auswirkungen mangelhafter Sicherheits- und Gesundheitsnormen aufgeführt, die auf das Nettoeinkommen eines betreffenden Unternehmens Einfluss haben (Referenz 31.2). Dazu gehören:

- A. Höhere Fehl- und Ausfallzeiten, die zu Produktivitätsverlusten führen
- B. Unzureichende Auslastung der teuren Produktionsanlagen und möglicherweise eine spürbare Verringerung der Wirtschaftlichkeit
- C. Niedrige Arbeitsmoral mit negativen Folgen für die Produktivität
- D. Abwanderung der Fachleute mit Erfahrung und somit auch der Verlust der Investition in deren Ausbildung
- E. Schwierigkeiten bei der Anwerbung hochqualifizierter Mitarbeiter
- F. Entschädigungs- und/oder Ausgleichszahlungen an verletzte oder kranke Mitarbeiter oder an die Familienangehörigen von tödlich verletzten Mitarbeitern

Weitere finanzielle Belastungen sind:

- A. Relevante Rechtskosten
- B. Zahlung von Gefahrenzulagen
- C. Höheren Versicherungsprämien
- D. Sachschäden an der Ausrüstung durch Störungen und Unfälle
- E. Geldbußen
- F. Auseinandersetzungen mit Gewerkschaften, Behörden und/oder Anwohnern

G. Imageverlust

H. Umsatzeinbußen

In schwerwiegenden Fällen kann einem solchen Unternehmen durch Entzug der Betriebsgenehmigung auch seine Geschäftsgrundlage entzogen werden.

Aus der Betrachtung dieser Argumente resultiert die Erkenntnis, dass mehr Sicherheit eine wesentliche Voraussetzung für höhere Produktivität und damit bessere Konkurrenzfähigkeit ist.

BESTIMMUNG DER MATERIALVERLUSTE

Quantitative und qualitative Bewertungskriterien

Ohne fundierte quantitative und qualitative Informationen wird eine Diskussion über die Effektivität der Maßnahmen zur Materialkontrolle zu einer fruchtlosen Debatte, die sich auf Meinungen statt auf Tatsachen gründet. Die quantitative Bestimmung der Materialverluste liefert einen aussagekräftigen Beweis für das spezifische Problem eines Betriebes.

Durch entsprechende Messverfahren kann der tatsächliche Materialverlust bestimmt werden; der Vergleich der Ergebnisse vor und nach der Verbesserung kann dann eine klare Aussage über ihren Wirkungsgrad liefern.

Die Art des entweichenden Schüttguts kann oft anhand der Größe der Partikel und der Form, wie sich die Ablagerung bildet, bestimmt werden. Staub besteht aus sehr kleinen Partikeln, die leicht von den umgebenden Luftströmen mitgerissen werden, um sich später auf den benachbarten Oberflächen abzusetzen. Materialverschüttungen sind im Allgemeinen körniger Natur und entsprechen der durchschnittlichen Teilchengröße des transportierten Schüttgutes. Diese sammeln sich in kegelförmigen Haufen an, dessen Neigungswinkel dem Schüttwinkel des Förderguts entsprechenden. Manchmal wirkt das Loch, durch das das Fördergut austritt, wie ein Sieb und der entstehende Haufen weist deshalb eine einheitliche Materialgröße auf. In anderen Fällen werden im Laufe der Zeit die Teilchen durch Luftströmungen oder Zerfall des Materials nach ihrer Größe aufgetrennt.

Während die Messung der Verlustmengen relativ einfach erfolgen kann, ist zur Feststellung der Materialquelle oft ein wenig Detektivarbeit nötig. Zunächst muss der Bereich oberhalb der

Materialansammlung untersucht werden. Ist keine offensichtliche Quelle feststellbar, dann kann es sich um eine Störung des Förderprozesses handeln, z. B. durch eine verstopfte Schurre, ein schief laufendes oder überladenes Band, oder um ein Wartungsproblem, z. B. durch ein fehlerhaftes Sensor.

In manchen Fällen können die quantitativen Informationen allein nicht zur Aufdeckung der Problemursache führen bzw. nicht ausreichend sein, um das gesuchte Optimierungspotential aufzudecken. In diesen Fällen können qualitative Bewertungskriterien Abhilfe schaffen. Um jedoch effektiv und aussagekräftig zu sein, sollten diese Kriterien im Voraus und anhand eines umfassenden und möglichst objektiven Punktesystems festgelegt werden.

Bewertungsskala: Maßstab zur Bewertung der Materialverluste

Es liegt in der menschlichen Natur, dass man die vorhergehenden Zustände vergisst und unbewusst die aktuellen als akzeptabel wahrnimmt. Für eine objektive Beurteilung ist deswegen eine Bewertungsskala auf der Grundlage eines vorher festgelegten Punktesystems und anhand von Vergleichsfotos, die einen Soll-Zustand darstellen, notwendig. Die Bewertungsskala liefert einen Index, der den Erfüllungsgrad des Systems in Bezug auf die Materialkontrolle ausdrückt. Im Einzelnen werden solche Aspekte, wie Staubemissionen, Materialverschüttungen und Rücklaufmaterial nach einem betriebsspezifisch geltenden Punktesystem bewertet. Damit kann ein Betrieb die Leistungsfähigkeit seiner Ausrüstung und seiner Lieferanten zuverlässig ermitteln.

Ein solches Bewertungssystem kann in Kombination mit den quantitativen Daten über Produktionsmengen, Wartungskosten und Arbeitersicherheit von der Geschäftsführung zur umfassenden Beurteilung des erreichten Niveaus in Prozess der stetigen Verbesserung verwendet werden.

Punktesystem

Das Punktesystem gliedert sich in Kriterien, die in zusammenhängende Kategorien zusammengefasst sind, und beruht auf einer vergleichenden Sichtprüfung der fraglichen Bereiche anhand von Referenzfotos. Dabei wird jeder Kategorie eine gewichtete Punktezahl zugewiesen. Die Geschäftsführung legt die Gewichtung fest, um auf bestimmte Probleme Schwerpunkte zu legen. Die Summe aller Punktezahlen ergibt eine Gesamtwertung. Eine Gliederung der Punkte nach Kategorien ermöglicht die

Gesamtproblematik in überschaubare Bereiche aufzuteilen, die gezielt aufgegriffen werden können.

Jeder Schüttgutbetrieb sollte sein eigenes Punktesystem festlegen, dem der gewünschte Zustand zugrunde liegt, und fotografisch den Referenzzustand festhalten.

Die Swinderman-Bewertungsskala

Die nachfolgend ausführlich dargestellte Swinderman-Bewertungsskala für entweichendes Material ist ein Versuch zur Entwicklung eines solchen Punktesystems.

Die aufgezeigten Beispiele dienen zur Demonstration dieser Bewertungsskala. Angepasst an seine spezifischen Bedürfnisse, kann und soll jeder Betrieb seine eigene Punkteskala entwickeln und zur langfristigen Messung der erreichten Leistungsverbesserung verwenden.

Die Skala kann in bestimmten Zeitabständen, z.B. jährlich, überprüft und zur Gewährleistung einer fortlaufenden Verbesserung in dem Maße, in dem die Sauberkeit des Betriebes zunimmt, durch Verschärfung der Anforderungen angepasst werden. Das Punktesystem und die Zielvorgaben sollten nicht allzu oft verändert werden, sonst geht der Fortschrittsaspekt verloren.

Die folgende Darstellung ist eine Definition dieses Systems.

Staub

Definition: Partikel des entweichenden Materials, die klein genug sind, um von der Luft mitgerissen zu werden, normalerweise kleiner als 10 µm im Durchmesser. Staub verteilt sich im Allgemeinen gleichmäßig über den umliegenden Bereich. Er kann seine Quelle an jeder Station entlang des Förderprozesses haben.

Stufe D1: Extrem staubig _____ Punkte
(Abbildung 31.3)

- Mehr als 10 mg Staub pro Kubikmeter
- Lichtundurchlässigkeit größer als 30%
- Sichtweite durch den Staub weniger als 15 m
- Atmen ohne Atemgerät ist nicht möglich
- Augenreizung mit konstantem Tränenfluss

Stufe D2: Staubig _____ Punkte
(Abbildung 31.4)

- 1,2 bis 10 mg Staub pro Kubikmeter
- Lichtundurchlässigkeit von 11 bis 30%

- Sichtweite durch den Staub weniger als 50 m
- Mögliche Reizung der Mund- und Nasenschleimhäute mit geringfügigen Atemproblemen

Stufe D3: Staubfrei _____ Punkte
(Abbildung 31.5)

- Weniger als 1,2 mg Staub pro Kubikmeter
- Lichtundurchlässigkeit 0 bis 10%
- Sichtweite durch den Staub mehr als 100 m

Materialverschüttungen

Definition: Material, das an unerwünschten Stellen aus den geschlossenen Komponenten der Förderanlage austritt oder direkt vom Förderband herunterfällt. Materialverschüttungen sind normalerweise körnig und entsprechen der Korngrößenverteilung des Schüttgutes. Sie sammeln sich meistens nahe bei und/oder unterhalb der Quelle der Leckage an.

Stufe S1: Extreme Materialverschüttungen _____ Punkte
(Abbildung 31.6)

- Dauerrieseln von Material aus undichten Stellen in Schurren und anderen Stellen der Förderanlage, was zu verschütteten Laufstegen und Geräten führt
- Ansammlungen von mehr als 2 t Material pro Woche
- Die Begehung entlang von Geräten oder der Laufstege der Förderanlage ist behindert
- Partikel setzen sich in Augen, Ohren und Nase fest
- Andauernde manuelle Reinigung zur Aufrechterhaltung der Produktion erforderlich

Stufe S2: Häufige Materialverschüttungen _____ Punkte
(Abbildung 31.7)

- In Schichten aufliegende Lagen von Schüttgut, ohne direkt ersichtliche Quelle oder wiederholte Funktionsfehler
- Ansammlungen von bis zu 2 t pro Woche
- Begehung von Laufstegen durch Materialansammlungen erschwert
- Manuelle Reinigung alle 1 bis 2 Wochen erforderlich

Stufe S3: Frei von Materialverschüttungen _____ Punkte
(Abbildung 31.8)

- Materialverschüttungen aufgrund von gele-



Abbildung 31.3

Mit D1 bewertet - extrem staubig



Abbildung 31.4

Mit D2 bewertet - staubig



Abbildung 31.5

Mit D3 bewertet - staubfrei

Abbildung 31.6

Mit S1 bewertet
- extreme
Materialverschüttungen



Abbildung 31.7

Mit S2 bewertet
- häufige
Materialverschüttungen

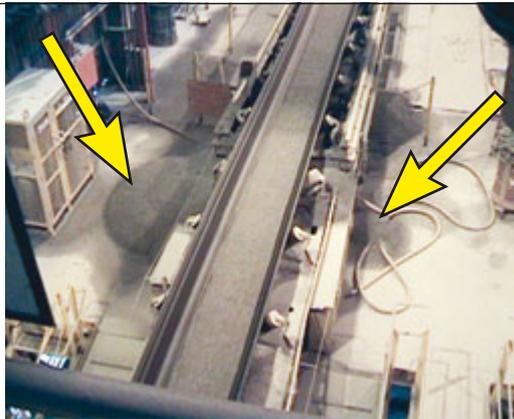


Abbildung 31.8

Mit S3 bewertet
- frei von
Materialverschüttungen



gentlichen Prozessstörungen oder bewusst verschobener Wartung

- Charakterisiert durch das Fehlen von Brocken oder granulierten Partikeln
- Gelegentliche manuelle Reinigung erforderlich

Rücklaufmaterial

Definition: Material, das nach Abwurf der Ladung am Band weiterhin als Anhaftung verbleibt. Charakterisiert durch Anhäufungen von feinem, nassem Material oder von getrockneten Flocken unter den Rücklaufrollen und der Schwerkraft-Spannvorrichtung; Materialansammlung auf Umlenkrollen und anderen Komponenten. Rücklaufmaterial ist eine mögliche Quelle für Staub.

Stufe C1: Schmutzig _____ Punkte
(Abbildung 31.9)

- 101 bis 250 g/m² Rücklaufmaterial auf der Gurtoberfläche (Reinigungsstufe I)
- Charakterisiert durch eine 0,5 bis 1 mm starke Materialschicht auf dem Band
- Material sammelt sich unter den Rollen an
- Reinigung mindestens einmal pro Woche erforderlich
- Zulässig in Tagebaubetrieben, wo mechanische Reinigung zum Einsatz kommt
- Kann mit einem einfachen oder einem dualen Gurtreinigungssystem erreicht werden

Stufe C2: Sauber _____ Punkte
(Abbildung 31.10)

- 11 bis 100 g/m² Rücklaufmaterial auf der Gurtoberfläche (Reinigungsstufe II)
- Als Rücklaufmaterialfilm oder -streifen auf dem Band sichtbar, mit leichter Verfärbung der Oberfläche
- Geringe Materialansammlungen unter den Rücklaufrollen - etwa in der Form von Flocken
- Manuelle Reinigung 2- bis 4-mal pro Monat erforderlich
- Zulässig für die meisten Anwendungen beim Transport von Schüttgütern
- Kann mit einem dualen oder einem dreifachen Gurtreinigungssystem erreicht werden

Stufe C3: Sehr sauber _____ Punkte
(Abbildung 31.11)

- 0 bis 10 g/m² Rücklaufmaterial auf der Gurtoberfläche (Reinigungsstufe III)

- Charakterisiert durch ein überwiegend leicht feuchtes Band mit wenigen oder keinen Rücklaufmaterialstreifen
- Manuelle Reinigung weniger als einmal pro Monat erforderlich
- Normalerweise ist für die dauerhafte Erreichung dieser Reinigungsstufe die Verwendung von Sprühwassersystemen und einer Bandwaschanlage erforderlich

Vor dem Hintergrund der betrieblichen Ziele in Bezug auf die Materialkontrolle sollten für jede Kategorie die maximal erreichbare Punktezahl festgelegt werden. Die Anwendung der Bewertungsskala erfolgt durch die Eintragung der jeweils zutreffenden Punktezahl in das Formular (**Tabelle 31.3**).

Musterbeispiel für die Anwendung der Swinderman-Bewertungsskala: Die Firma Fröhlich

Vorgehensweise

Das Ziel ist die Reduktion des Reinigungsaufwandes und die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte für Staubemissionen. Die Geschäftsführung legt einen Bereich zur Durchführung der Leistungskontrolle fest und zusammen mit einem Dienstleister vereinbaren sie die Gewichtung der drei Elemente Staub, Materialverschüttungen und Rücklaufmaterial (**Tabelle 31.4**).

Ausgehend von vorliegenden Problemen und angestrebten Ergebnissen vereinbaren in diesem Beispiel die Leiter der Bereiche Produktion und Wartung gemeinsam die Definitionen der betrieblichen Leistungsstufen. Einmal im Monat begehen sie zusammen die Anlage, klassifizieren die umweltrelevanten Verhältnisse und vergeben Punkte entsprechend dem festgestellten Zustand. Bei diesem Musterbeispiel wurde mehr Gewicht auf das Rücklaufmaterial gelegt, mit maximal 60 Punkten für das beste Ergebnis in diesem Bereich. Durch diese hohe Gewichtung wirkt sich jede Reduktion der Rücklaufmaterialmenge am stärksten auf die Gesamtbewertung aus.

Ausgangszustandbewertung

Die Geschäftsführung und ein Dienstleister inspizieren den Bereich und machen repräsentative Fotos, die als visuelle Vergleichsgrundlage für die Abgrenzung zwischen „akzeptabel“ bis „nicht akzeptabel“ dienen. Dieser Ausgangszustand wird entsprechend dem Punktesystem bewertet und es wird ein Plan für Verbesserungen erarbeitet. In der Ausgangszustandbewertung



Abbildung 31.9

Mit C1 bewertet -
schmutzig



Abbildung 31.10

Mit C2 bewertet - sauber



Abbildung 31.11

Mit C3 bewertet -
sehr sauber

erzielte Firma Fröhlich 15 Punkte (**Tabelle 31.5**). Diese Punktezahle entspricht einem staubigen Betrieb mit erheblichen Problemen in Bezug auf Materialverschüttungen und Rücklaufmaterial.

Bewertung nach 30 Tagen

Nach 30 Tagen hat die Firma Fröhlich eine Leistungssteigerung erreicht und eine Punktezahle von 45 (**Tabelle 31.6**). Die Installation von Gurtreinigungssystemen hat die Reinigungsleistung verbessert und damit die Bewertung für Rücklaufmaterial von „Schmutzig“ auf „Sauber“ verschoben. Die Anlage wird aber immer noch als staubig und mit extremen Materialverschüttungen behaftet beurteilt.

Bewertung nach 60 Tagen

Nach 60 Tagen hat die Firma Fröhlich eine weitere Leistungssteigerung und eine Punktezahle von 60 erreicht (**Tabelle 31.7**). Verbesserungen im Bereich der Materialtransportsysteme haben das Niveau der Materialverschüttungen von „Extreme Materialverschüttungen“ auf „Häufige Materialverschüttungen“ verschoben. Die Werte für Staub und Rücklaufmaterial bleiben unverändert.

Bewertung nach 90 Tagen

Nach 90 Tagen hat die Firma Fröhlich wieder eine Leistungssteigerung und eine Punktezahle von 70 erreicht (**Tabelle 31.8**). Staub und Materialverschüttungen sind praktisch eliminiert worden und die Rücklaufmaterialmenge ist durch den Einbau von Mehrfach-Abstreifern auf ein akzeptables Niveau reduziert worden.

Ergebnisse der Firma Fröhlich

Anhand der sich verbessernden Bewertungszahlen zu den jeweiligen Bewertungszeitpunkten lässt sich erkennen, dass zuerst das Problem des Rücklaufmaterials angegangen worden ist und danach wurden die Materialverschüttungen reduziert. Zum Schluss wurde die Kontrolle der Materialverschüttungen noch weiter verbessert und es wurden zusätzlich Maßnahmen gegen den Staub ergriffen. Das ursprüngliche Ziel scheint erreicht worden zu sein, wobei weitere Verbesserungen möglich sind. Das erreichte Leistungsniveau wird durch Fotos dokumentiert, die durch Vergleich mit den ursprünglichen Zustandsnachweisen die Leistungsverbesserung belegen.

EFFIZIENZBESTIMMUNG

Bei der Schüttguthandhabung handelt es sich um dynamische Prozesse. Deswegen sind die ermittelten Kenngrößen zur Leistungsmessung keine absoluten Werte, sondern vielmehr Datenpunkte, die statistisch zu betrachten sind. Die meisten Kenngrößen, die Prozesse der Staubabscheidung oder der Bandreinigung beschreiben, folgen der klassischen Normalverteilungskurve. Das heißt, dass die einzelnen Messwerte manchmal besser, manchmal aber auch schlechter als der Durchschnittswert sind. Die Förderprozesse sind diversen Einflüssen unterworfen und die Bewertung der Maßnahmen für die Materialkontrolle wird umso repräsentativer und genauer, je mehr Ergebnisse bei unterschiedlichen Bedingungen erfasst werden. Dementsprechend sollte die Wirksamkeit dieser Maßnahmen an verschiedenen Förderanlagen eines Betriebes bewertet werden.

Bei allen Bemühungen darf nicht vergessen werden, dass es praktisch unmöglich ist, den Staub oder Rücklaufmaterial zu 100% zu entfernen, ohne dass dabei extreme Kosten oder unerwünschte Folgen entstehen würden, wie z. B. Beschädigung der Banddeckplatte durch sehr aggressive Bandreinigung.

Es ist auch die relative Natur des Wirkungsgrades zu beachten. Es wäre unrichtig, wenn man den Wirkungsgrad als einen Wert betrachtet, dessen praktische Bedeutung immer gleich ist, unabhängig davon, in welchem Zustand sich die Förderanlage befindet oder welche Eigenschaften das Schüttgut hat. Es ist vielmehr so, dass alles mit dem jeweiligen Schüttgut und dem Zustand der Gerätschaften in Zusammenhang steht und nicht nur von der Funktion der Konstruktion des Fördergurtreinigers abhängig ist. Wenn ein Fördergurtreiniger bei der Entfernung einer Schicht des Rücklaufmaterials mit einem Wirkungsgrad von 90% bewertet wird, ist die verbleibende Schicht dann 100 mm oder 1 mm dick? Beide Ergebnisse könnten einem 90% Wirkungsgrad entsprechen, aber die daraus resultierenden Reinigungskosten und die Betriebsprobleme werden stark voneinander abweichen. Es wäre eindeutiger, wenn man einen Abstreifer hätte, der das Rücklaufmaterial bis auf eine Reststärke von 0,1 mm entfernen würde, statt auf den abstrakten Wert eines 90% Wirkungsgrades.

Wegen der großen Anzahl von Variablen beim Umgang mit Schüttgütern - sowohl in Bezug auf das Produkt selbst als auch auf den Zustand der Förderanlagen - ist es physikalisch

Bewertungsformular für Swinderman-Bewertung						
Gewichtungssystem für Bewertungsbereich _____ bezüglich der Materialverluste						
Stufe	Beschreibung	Bewertung				
		Punkte- skala	Ausgangs- bewertung: Datum: ____	nach 30 Tagen Datum: ____	nach 60 Tagen Datum: ____	nach 90 Tagen Datum: ____
D1	Extrem staubig					
D2	Staubig					
D3	Staubfrei/unter den gesetzlichen Grenzwerten					
S1	Extreme, andauernde Materialverschüttungen					
S2	Häufige Materialverschüttungen					
S3	Frei oder meist frei von Materialverschüttungen					
C1	Schmutzig					
C2	Sauber					
C3	Sehr sauber					
	GESAMTPUNKTEZAHL	100				

Tabelle 31.3

Je höher die Punktezahl, desto besser die Leistung. Maximal mögliche Punktezahl = 100; mindeste Punktezahl = 0

Bewertungsformular für Swinderman-Bewertung (mit Gewichtung der Geschäftsführung)						
Gewichtungssystem für Bewertungsbereich <u>Bandschleifenwagen 1</u> bezüglich der Materialverluste						
Stufe	Beschreibung	Bewertung				
		Punkte- skala	Ausgangs- bewertung Datum: <u>23.05</u>	nach 30 Tagen Datum: <u>23.06</u>	nach 60 Tagen Datum: <u>23.07</u>	nach 90 Tagen Datum: <u>23.08</u>
D1	Extrem staubig	20				
D2	Staubig					
D3	Staubfrei/unter den gesetzlichen Grenzwerten					
S1	Extreme, andauernde Materialverschüttungen	20				
S2	Häufige Materialverschüttungen					
S3	Frei oder meist frei von Materialverschüttungen					
C1	Schmutzig	60				
C2	Sauber					
C3	Sehr sauber					
	GESAMTPUNKTEZAHL	100				

Tabelle 31.4

Je höher die Punktezahl, desto besser die Leistung. Maximal mögliche Punktezahl = 100; mindeste Punktezahl = 0

Tabelle 31.5

Ausgangsbewertung						
Gewichtungssystem für Bewertungsbereich <u>Bandschleifenwagen 1</u>						
Stufe	Beschreibung	Bewertung				
		Punkte- skala	Ausgangs- bewertung Datum: <u>23.05</u>	nach 30 Tagen Datum: <u>23.06</u>	nach 60 Tagen Datum: <u>23.07</u>	nach 90 Tagen Datum: <u>23.08</u>
D1	Extrem staubig	20	15			
D2	Staubig					
D3	Staubfrei/unter den gesetzlichen Grenzwerten					
S1	Extreme, andauernde Materialverschüttungen	20	0			
S2	Häufige Materialverschüttungen					
S3	Frei oder meist frei von Materialverschüttungen					
C1	Schmutzig	60	0			
C2	Sauber					
C3	Sehr sauber					
	GESAMTPUNKTEZAHL	100	15			
Ergebnisse der Ausgangsbewertung						
Bereich	Bandschleifenwagen 1		Bewertungen:	D2, S1, C1		
Datum	23.05.		Punktezahl	15		

Tabelle 31.6

Bewertung nach 30 Tagen						
Gewichtungssystem für Bewertungsbereich <u>Bandschleifenwagen 1</u>						
Stufe	Beschreibung	Bewertung				
		Punkte- skala	Ausgangs- bewertung Datum: <u>23.05</u>	nach 30 Tagen Datum: <u>23.06</u>	nach 60 Tagen Datum: <u>23.07</u>	nach 90 Tagen Datum: <u>23.08</u>
D1	Extrem staubig	20	15	15		
D2	Staubig					
D3	Staubfrei/unter den gesetzlichen Grenzwerten					
S1	Extreme, andauernde Materialverschüttungen	20	0	0		
S2	Häufige Materialverschüttungen					
S3	Frei oder meist frei von Materialverschüttungen					
C1	Schmutzig	60	0	30		
C2	Sauber					
C3	Sehr sauber					
	GESAMTPUNKTEZAHL	100	15	45		
Ergebnisse der Bewertung nach 30 Tagen						
Bereich	Bandschleifenwagen 1		Bewertungen:	D2, S1 C2		
Datum	23.06.		Punktezahl	45		

Bewertung nach 60 Tagen						
Gewichtungssystem für Bewertungsbereich <u>Bandschleifenwagen 1</u>						
Stufe	Beschreibung	Bewertung				
		Punkte- skala	Ausgangs- bewertung Datum: <u>23.05</u>	nach 30 Tagen Datum: <u>23.06</u>	nach 60 Tagen Datum: <u>23.07</u>	nach 90 Tagen Datum: <u>23.08</u>
D1	Extrem staubig	20	15	15	15	
D2	Staubig					
D3	Staubfrei/unter den gesetzlichen Grenzwerten					
S1	Extreme, andauernde Materialverschüttungen	20	0	0	15	
S2	Häufige Materialverschüttungen					
S3	Frei oder meist frei von Materialverschüttungen					
C1	Schmutzig	60	0	30	30	
C2	Sauber					
C3	Sehr sauber					
	GESAMTPUNKTEZAHL	100	15	45	60	
Ergebnisse der Bewertung nach 60 Tagen						
Bereich	Bandschleifenwagen 1		Bewertungen: D2, S2, C2			
Datum	23.07.		Punktezahl 60			

Tabelle 31.7

Bewertung nach 90 Tagen						
Gewichtungssystem für Bewertungsbereich <u>Bandschleifenwagen 1</u>						
Stufe	Beschreibung	Bewertung				
		Punkte- skala	Ausgangs- bewertung Datum: <u>23.05</u>	nach 30 Tagen Datum: <u>23.06</u>	nach 60 Tagen Datum: <u>23.07</u>	nach 90 Tagen Datum: <u>23.08</u>
D1	Extrem staubig	20	15	15	15	20
D2	Staubig					
D3	Staubfrei/unter den gesetzlichen Grenzwerten					
S1	Extreme, andauernde Materialverschüttungen	20	0	0	15	20
S2	Häufige Materialverschüttungen					
S3	Frei oder meist frei von Materialverschüttungen					
C1	Schmutzig	60	0	30	30	30
C2	Sauber					
C3	Sehr sauber					
	GESAMTPUNKTEZAHL	100	15	45	60	70
Ergebnisse der Bewertung nach 90 Tagen						
Bereich	Bandschleifenwagen 1		Bewertungen: D3, S3 C2			
Datum	23.08.		Punktezahl 70			

Tabelle 31.8

und wirtschaftlich unmöglich, die Materialverluste dauerhaft auf Null zu reduzieren. In vielen Betrieben versteht man eine akzeptable Leistung bei der Gurtreinigung als ein Niveau, bei dem das austretende Material einmal in der Woche beseitigt werden muss, ohne dass dabei Sicherheitsprobleme oder Produktionsausfälle auftreten.

Die Kosten für die Reinigungsarbeiten und die Kosten eines Bandreinigungssystems schneiden sich zwischen Reinigungsstufe II und Reinigungsstufe III. Die Firma Fröhlich beschließt den Kauf von Geräten, welche die Reinigungsstufe II erreichen können (11 bis 100 g/m² Rücklaufmaterial auf dem Band nach der Bandreinigung). Diese Reinigungsgeräte bringen eine gute Kapitalverzinsung: 336% mit Amortisation in 3,6 Monaten (**Gleichung 31.5**).

WEITERFÜHRENDE THEMEN

Musterbeispiel: Kapitalrendite eines Bandreinigungssystems und seine Auswirkungen auf die Gewinn- und Verlustrechnung

Um die Auswirkungen verschiedener Investitionen auf Jahresabschlüsse zu erläutern, greifen wir auf eine Gewinn- und Verlustrechnung der fiktiven Firma Fröhlich zurück (**Tabelle 31.9**).

Firma Fröhlich: Kapitalrendite eines Bandreinigungssystems

Die Firma Fröhlich möchte die Reinigungskosten reduzieren und zieht deshalb den Kauf von Fördergurtreinigern in Betracht. Sie erstellt eine Kostenschätzung für Geräte und für die Reinigungsarbeiten (**Tabelle 31.10**). Angenommen wird eine dreijährige Lebensdauer für die Gurtreinigungsgeräte.

Obwohl die Amortisation ausgezeichnet ist, könnte die Firma Fröhlich jetzt Betrachtungen über weitere Einsparungen anstellen, die sich aus dem Einbau und Betrieb der Fördergurtreiniger ergeben, wenn detaillierte Aufzeichnungen geführt worden wären. Zum Beispiel könnten sich zusätzliche Einsparungen aus der verlängerten Lebensdauer des Bandes oder der Rollen ergeben, oder aus der Reduzierung von Unfällen mit Arbeitsausfall beim Reinigungspersonal. Diese Reduktion der Betriebskosten führt zu Ersparnissen von € 27.000 (**Tabelle 31.11**).

Diese zusätzlichen Informationen ändern das finanzielle Bild und die Grafik zeigt jetzt, dass es sich lohnen würde, das Rücklaufmaterial durch die Installation eines hochwertigen Gurtreinigungssystems auf Reinigungsstufe III (0 - 10 g/m²) zu reduzieren (**Abbildung 31.12** und **Gleichung 31.6**).

Tabelle 31.9

Gewinn- und Verlustrechnung (bei Reinigungsstufe II)			
Gewinn- und Verlustrechnung der Firma Fröhlich Für den Zeitraum vom 1. Januar zum 31. Dezember		Währung Euro	% vom Umsatz
Einnahmen	Umsatz	€1.000.000	100%
	Gesamteinnahmen	€1.000.000	100%
Kosten der verkauften Waren	Arbeitskosten Produktion	€250.000	25%
	Fertigungsmaterialien	€150.000	15%
	Gesamtkosten der verkauften Waren	€400.000	40%
Aufwendungen	Verwaltungskosten	€100.000	10%
	Wartungskosten	€250.000	25%
	Wasser, Gas & Elektrizität	€100.000	10%
	Zinsen, Genehmigungen & Geldbußen	€50.000	5%
	Gesamtaufwendungen vor Steuern	€500.000	50%
Gewinn	Einnahmen minus Aufwendungen	€100.000	10%
	Steuern (Steuersatz 50%)	€50.000	5%
	Nettogewinn nach Steuern	€50.000	5%

Gewinn - und Verlustrechnung der Firma Fröhlich

Nimmt man die Einsparungen aus dem Beispiel, bei dem die Firma Fröhlich Gurtreinigungsgeräte zur Erreichung der Reinigungsstufe III installiert und setzt man sie in den vorherigen Jahresabschluss auf der Zeile „Wartungskosten“ ein, ändert sich das finanzielle Ergebnis der Firma Fröhlich, wie dies in der geänderten Gewinn- und Verlustrechnung ersichtlich ist (**Tabelle 31.12**).

Durch den Einbau und den Betrieb eines hochwertigen Gurtreinigungssystems und der damit verbundenen Reduzierung der Gesamtbetriebskosten hat sich der Nettogewinn der Firma Fröhlich nach Steuern um etwa 30% von 5% auf 6,5% erhöht.

DER NUTZEN VON KAPITALRENDITEBERECHNUNGEN

Und zum Abschluss...

Der wahre Nutzen der Diskussionen und Gleichungen in diesem Kapitel wird ersichtlich, wenn sie zur Ermittlung der Auswirkung geplanter Investitionen eingesetzt werden. Durch die Anwendung dieser betriebswirtschaftlichen Überlegungen kann man insbesondere den finanziellen Wert der Maßnahmen zur Verbesserung der Materialkontrolle bestimmen. Auf der Grundlage entsprechender Betriebsdaten und Leistungsanalysen werden die Auswirkungen der vorgeschlagenen Maßnahmen verständlich.

Das Ziel ist, die Geschäftsführung bei den Entscheidungsprozessen zu Verbesserungsprojekten zu unterstützen, indem ihr bewertbarer Nutzen deutlicher dargestellt wird. Das Eintreten der zu erwartenden wirtschaftlichen Vorteile nach der Fertigstellung wird die Beteiligten in ihren Entscheidungen bestätigen und es in der Zukunft leichter machen, für weitere Projekte die Zustimmung der Geschäftsführung zu erhalten.

Geschätzte Kosten zur Erreichung gegebener Reinigungsstufen						
Akzeptables Rücklaufmaterial		Fördergurtreiniger: Kauf und Montage Euro	Fördergurtreiniger: Abschreibung (auf 3 Jahre) Euro pro Jahr	Fördergurtreiniger: Wartung Euro pro Jahr	Jährliche Gesamtkosten für Fördergurtreiniger: Euro pro Jahr	Geschätzte Kosten der Reinigungsarbeit Euro pro Jahr
Stufe	g/m ²					
0	>250	-	-	-	-	€ 25.000
I	101-250	€1.500	€500	€1.000	€1.500	€12.000
II	11-100	€6.000	€2.000	€3.500	€5.000	€6.500
III	0-10	€15.000	€5.000	€4.500	€9.500	€3.500

Tabelle 31.10

$ROI = \frac{SCU}{ACBC}$	
Gegeben: Ein Fördergurtreiniger spart € 18.500 jährlich bei der Reinigung. Die Kosten dieses Fördergurtreinigers belaufen sich auf € 5.500 pro Jahr. Gesucht: Die Rendite.	
ROI	Kapitalrendite in % (als Dezimalwert)
SCU	Jährliche Einsparungen bei der Reinigung
ACBC	Jährliche Kosten der Bandreinigung
$ROI = \frac{18500}{5500} = 3,36$	
ROI	Kapitalrendite in % (als Dezimalwert)
ROI = 3,36 (336%) (12/3,36 = 3,57 oder 3,6 Monate Amortisation)	

Gleichung 31.5

Berechnung der Kapitalrendite der Firma Fröhlich mit Reinigungsstufe II

Vorausblick...

Dieses Kapitel gibt Ihnen Mittel an die Hand, um sowohl den vorhandenen Verbesserungsbedarf bei der Materialkontrolle als auch den zu erwartenden wirtschaftlichen Nutzen zu ermitteln. Es folgen die letzten beiden Kapitel, die sich mit Förderanlagen für spezielle Anwendungen befassen.

REFERENZEN

31.1 “Measuring ROI pushes it higher, say Harte Hanks Aberdeen of Enterprise Solutions.” [Die Messung der Kapitalrendite erzeugt erhöhten Druck, sagt Harte Hanks Aberdeen von Enterprise Solutions.] (Februar 2007). *The Manufacturer* (US-Ausgabe).

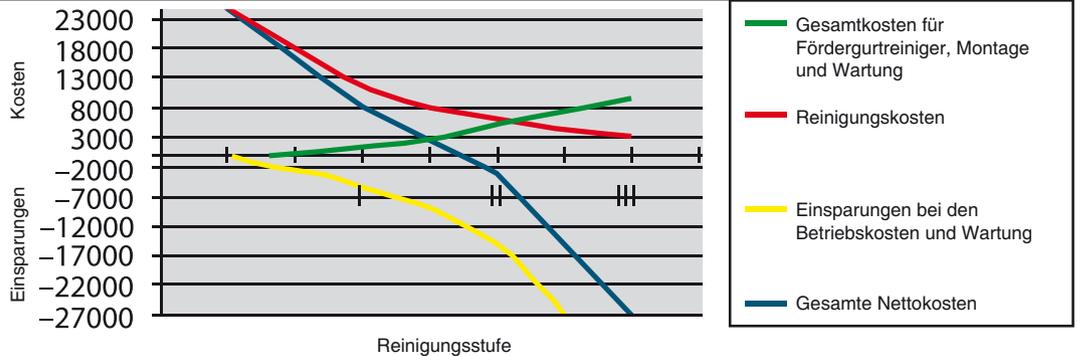
Tabelle 31.11

Geschätzte Kosten/Einsparungen zur Erreichung gegebener Reinigungsstufen					
Akzeptables Rücklaufmaterial		Gesamtkosten für Fördergurtreiner, Montage und Wartung	Geschätzte Reinigungskosten	Zusätzliche Einsparungen bei den Betriebskosten	Gesamte Nettokosten
Stufe	g/m ²				
0	>250	-	€25.000	0	€25.000
I	101-250	€1.500	€12.000	(€5.000)	€8.500
II	11-100	€5.500	€6.500	(€15.000)	(€3.000)
III	0-10	€9.500	€3.500	(€40.000)	(€27.000)

Werte in () stellen negative Kosten, d.h. Einsparungen, dar.

Abbildung 31.12

Die aktualisierte Grafik zeigt, dass es sich bei den gesamten Nettokosten für die Reinigungsstufe III tatsächlich um eine jährliche Einsparung von € 27.000 handelt.



Gleichung 31.6

Berechnung der Kapitalrendite der Firma Fröhlich mit Reinigungsstufe III

$ROI = \frac{SCU + ROC}{ACBC}$		
Gegeben: Ein Fördergurtreiner spart € 21.500 an Reinigungskosten und reduziert die Betriebskosten um € 40.000. Die Kosten für diesen Fördergurtreiner belaufen sich auf € 9.500 pro Jahr. Gesucht: Die Kapitalrendite.		
ROI	Kapitalrendite in % (als Dezimalwert)	ROI
SCU	Jährliche Einsparungen bei der Reinigung	21500
ROC	Reduzierte Betriebskosten	40000
ACBC	Jährliche Kosten der Bandreinigung	9500
$ROI = \frac{21500 + 40000}{9500} = 6,47$		
ROI	Kapitalrendite in % (als Dezimalwert)	ROI = 6,47 (647%) (12/6,47 = 1,85 Monate Amortisation)

Geänderte Gewinn- und Verlustrechnung (bei Reinigungsstufe III)			
Geänderte Gewinn- und Verlustrechnung der Firma Fröhlich		Währung Euro	% vom Umsatz
Zeitraum vom 1. Januar bis zum 31. Dezember			
Einnahmen	Umsatz	€1.000.000	100%
	Gesamteinnahmen	€1.000.000	100%
Kosten der verkauften Waren	Arbeitskosten Produktion	€250.000	25%
	Fertigungsmaterialien	€150.000	15%
	Gesamtkosten der verkauften Waren	€400.000	40%
Aufwendungen	Verwaltungskosten	€100.000	10%
	Wartungskosten	€223.000	22%
	Wasser, Gas & Elektrizität	€100.000	10%
	Zinsen, Genehmigungen & Geldbußen	€50.000	5%
	Gesamtaufwendungen vor Steuern	€473.000	47%
Gewinn	Einnahmen minus Aufwendungen	€127.000	13%
	Steuern (Steuersatz 50%)	€63.500	6,5%
	Nettogewinn nach Steuern	€63.500	6,5%

Tabelle 31.12

- 31.2 International Labour Organization. (2003). *Safety in Numbers, Pointers for a Global Safety Culture at Work [Sicherheit in Zahlen, Hinweise für eine globale Sicherheitskultur bei der Arbeit]*. Genf, Schweiz.
- 31.3 Takala, J. (18.–22. September 2005). *Einführungsbericht: Decent Work – Safe Work [Anständige Arbeit – Sichere Arbeit]*. XVIIth World Congress on Safety and Health at Work [XVII Weltkongress für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit] Orlando, Florida. Online verfügbar: <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/wdcongrs17/intrep.pdf>
- 31.4 Dorman, Peter. (April 2000). *The Cost of Accidents and Diseases [Die Kosten von Unfällen und Krankheiten]*. Genf, Schweiz. Online verfügbar: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/papers/eoanal/wr_chp1.htm
- 31.5 Occupational Safety & Health Administration, U.S. Department of Labor [US-Arbeitssicherheitsbehörde], Mineral Processing Dust Control [Entstaubung bei der Aufbereitung von Mineralstoffen] Website: <http://www.osha.gov/SLTC/silicacrystalline/dust/>

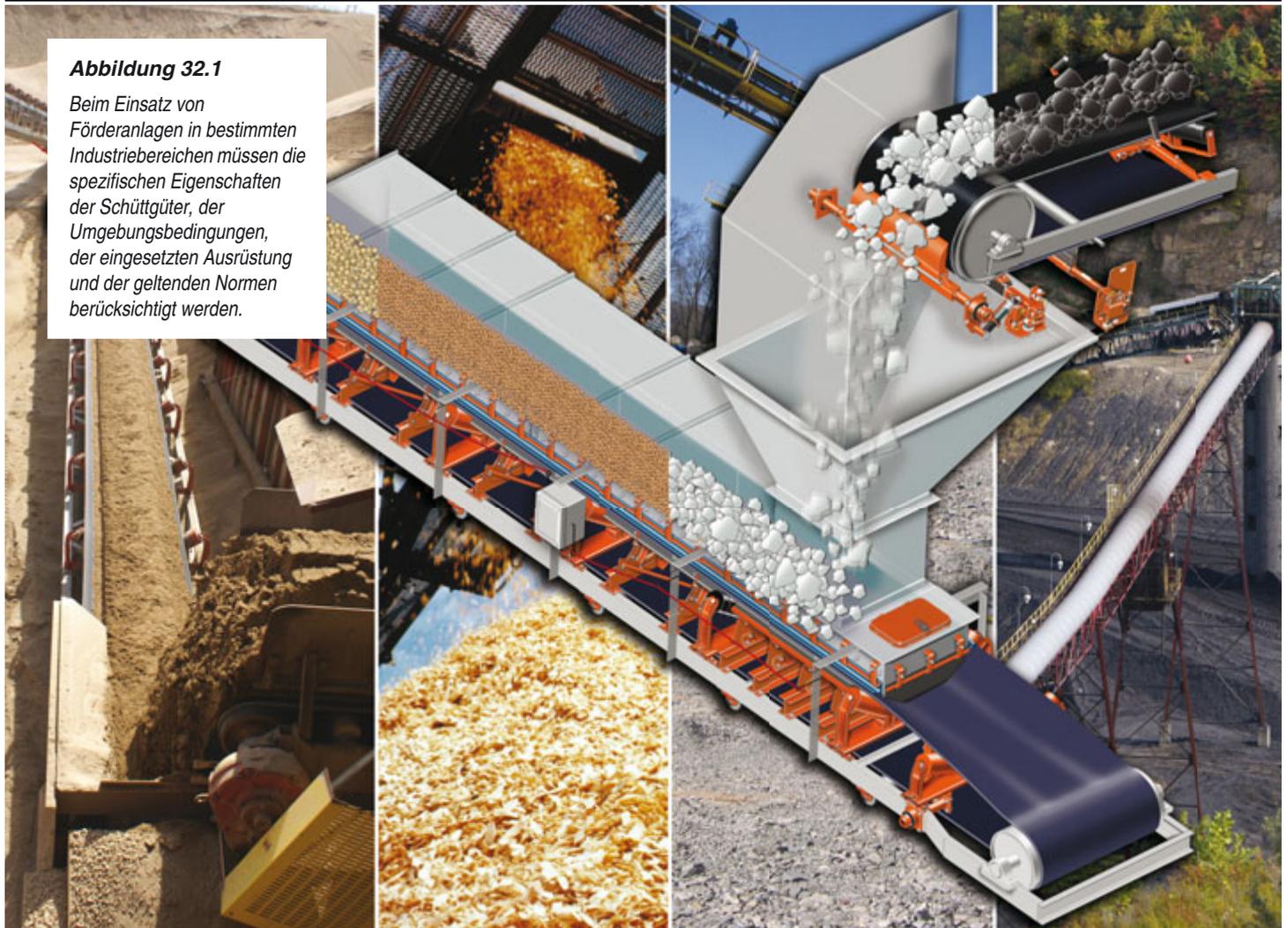


Abbildung 32.1
 Beim Einsatz von Förderanlagen in bestimmten Industriebereichen müssen die spezifischen Eigenschaften der Schüttgüter, der Umgebungsbedingungen, der eingesetzten Ausrüstung und der geltenden Normen berücksichtigt werden.

Kapitel 32

BETRACHTUNG AUSGEWÄHLTER INDUSTRIEBEREICHE

Mineralische Zuschlagstoffe, gebrochenes Gestein, Sand und Kies	486
Verladung von Massengütern	488
Zement	490
Kohlebefeuerte Energiegewinnung	492
Kohlebergbau (Untertage)	494
Festgesteinsbergbau (Metalle und nicht als Brennstoff verwendete Mineralien)	496
Metallguss	498
Verarbeitende Industrie	499
Zellstoff und Papier/Forstprodukte	500
Tagebau (Kohle oder andere Rohstoffe)	502
Lernen Sie Ihren "Gegner" kennen	503

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel bieten wir einen Überblick über einige der spezifischen Bedingungen, die mit großer Wahrscheinlichkeit einen Einfluss auf die Materialverluste und Staubemissionen in vielen Bereichen der Schüttgutindustrie haben und die bei der Bestrebung nach voller Materialkontrolle berücksichtigt werden müssen. Anschließend werden zehn ausgewählte Industriebereiche dargestellt. Dabei werden neben allgemeinen Feststellungen auch genauere Informationen über Förderanlagen, Übergaben und Systeme zur Bandreinigung und zur Staubkontrolle aufgeführt.

Während es viele Eigenschaften gibt, die für alle Förderanlagen und Schüttgüter gelten, gleichgültig um welchen Industriebereich es sich handelt, so gibt es zahlreiche Faktoren, die für die einzelnen Industriebereiche spezifisch sind und dort individuell behandelt werden müssen. Diese spezifischen Unterschiede resultieren aus den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Schüttgüter, aus den Umgebungsbedingungen am jeweiligen Standort, aus der eingesetzten maschinellen Ausrüstung und aus den lokal geltenden gesetzlichen Regelungen und Normen (**Abbildung 32.1**).

Die allgemeine Entwicklungstendenz bei den Transportsystemen für Schüttgüter geht in Richtung von Förderanlagen mit kontinuierlich höheren Leistungskapazitäten, kürzeren Stillstandszeiten, Minimierung der Abschaltungen für Wartungsarbeiten und mit Reduzierung der Belegschaft. Aufgrund der hohen Kapitalbindung geht man keine vermeidbaren Risiken ein. Aus gleichem Grund sind die Betreiber sehr zurückhaltend gegenüber neuen Techniken, die sich noch nicht bewährt haben. Eine große Bedeutung haben stets die Sicherheit und die Einhaltung der geltenden Regelungen, Vorschriften und Normen. In Punkto Wirtschaftlichkeit in der Schüttgutindustrie ist die Förderleistung entscheidend. Hier kann die Rentabilität durch eine Verbesserung der Effizienz wesentlich gesteigert werden.

Nachfolgend werden ausgewählte Aspekte im Einzelnen betrachtet. Während die aufgeführten Feststellungen in den meisten Unternehmen Gültigkeit haben, können sie in den einzelnen Betrieben unterschiedlich ausgeprägt sein.

MINERALISCHE ZUSCHLAGSTOFFE, GEBROCHENES GESTEIN, SAND, KIES

(Siehe auch Zement und Tagebau)

Allgemeine Charakteristik

- In vielen Regionen der Welt ist es schwierig, Betriebsgenehmigungen für neue Werke zu erhalten. Dies bedeutet, dass existierende Betriebe maximal ausgelastet werden müssen, während in ihrer Umgebung die Bebauungsdichte gewerblicher Bauten und Wohnsiedlungen steigt. Um Probleme mit der Nachbarschaft zu vermeiden, müssen diese Betriebe auf Emissionen wie z. B. Staub, Verschüttungen und Lärm achten.
- Global betrachtet, befindet sich diese Industrie überall auf der Welt in einem Konsolidierungsprozess. Größere, multinationale Firmen kaufen Betriebe auf, um ihre geographischen Gebiete auszudehnen. Es gibt auch vertikale Integrationsbestrebungen - z. B. die Hinzufügung von Fertigbetonanlagen und von Kiesbetrieben zur Zementproduktion.
- Dieser Industriebereich ist weitgehend von der Bauindustrie und von staatlichen Bauvorhaben (Straßenbauarbeiten) abhängig.
- In vielen kleineren Betrieben werden mobile Anlagen eingesetzt, was Transportkosten spart (gut für Industriebereiche, in denen der Wirkungsgrad den Kosten pro Tonne Material entspricht) und die Nutzung von kleineren Lagerstätten ermöglicht.
- Kleine Betriebe beschäftigen nur wenige Personen, z. B. drei oder vier Mitarbeiter.
- Ein Vorteil in diesem Industriebereich ist, dass das Schüttgut aufgrund der sehr geringen Verarbeitungstiefe bis zum Endprodukt sehr gleichmäßig ist. Dies ermöglicht eine weitergehende und deutlich stärkere Normierung des Zubehörs im gesamten Betrieb, als dies in anderen Industriebereichen möglich ist.
- Die Wiederverwertung von Materialien - beispielsweise von Beton- und Asphaltbelä-



gen - stellt für Materialtransporteinrichtungen eine neue Herausforderung dar.

- In diesem Industriebereich ist die Kostenkontrolle ein häufiges Thema. Verbesserungen an Förderanlagen müssen eine offensichtliche Kostenwirksamkeit und eine schnelle Amortisation aufweisen.
- Die Wartung wird besonders bei den kleineren Anlagen erst dann ausgeführt, wenn es zu Betriebsstörungen kommt; die Geräte, die nicht "lebenswichtig" sind, werden oft vernachlässigt, was die Materialkontrolle wesentlich erschweren kann.

Förderanlagen und Übergaben

- Die Anlagen variieren sehr stark in Bezug auf ihre Größe und ihren Entwicklungsstand. Die Bänder sind meist in einem schlechteren Zustand als in den meisten Industriebereichen und auf den Förderanlagen wird oft gebrauchtes Gurtmaterial und Gurtmaterial mit zahlreichen mechanischen Verbindungen verwendet.
- Unter Abkippstellen und Brechern kann die Aufprallwucht immens sein; die bei der Beladung auftretenden Kräfte sind bei den für Fertigprodukte eingesetzten Bändern geringer. Die Verwendung von Aufpralldämpfungstischen ist weit verbreitet, aber man muss sorgfältig auf die Anwendungsbelastungen der Gestelle achten.
- Die Schurrenverstopfung ist ein häufiges Problem in den Absiebbereichen der Anlage. Luftkanonen oder Vibratoren sind wirksame Mittel zur Verminderung dieser Blockierungen.
- Herabstürzende große Steine stellen für Trommeln eine Gefahr dar, deswegen werden häufig Flügeltrommeln als Kehrtrommeln, als Einschnürtrommeln und manchmal auch als Kopftrommeln eingesetzt. Die Flügeltrommeln führen aber zu Bandflattern, was die Reinigung und die Abdichtung erschwert. Der Einbau von Pflugabstreifern am Untertrum und die Spiralwicklung an den Flügeltrommeln können diese Probleme beseitigen.
- Schwerkraft-Spannvorrichtungen sind oft von verschüttetem Material bedeckt. Das verursacht eine übermäßige oder ungleiche Spannung und Gurtschieflauf. Die Rahmen der Spannvorrichtungen sind oft nicht gespannt. Das verhindert zwar das Festsitzen, führt aber zu Gurtschieflauf. Die Rahmen können durch Neumontage festgezogen werden und das Anbringen der Schutzabdeckungen über den Spanntrommeln verhindert, dass ablaufendes Material die Funktion der Spannvorrichtung beeinträchtigt.

- Die Einhausungsabdichtungen sind oft rudimentär; die Verwendung von gebrauchtem Gurtmaterial als Abdichtstreifen ist eine bedauerliche, aber dennoch häufige Erscheinung in der Praxis. Der Schurrenaufbau ist oft verschlissen, verrostet oder zu dünn und schwach. Die Verschleißauskleidungen liegen zu hoch, zu weit vom Band entfernt und erschweren dadurch den Einbau wirksamer, ingenieurtechnisch konzipierter Einhausungsabdichtungen. Wegen der generell offenen Bauart dieser Förderanlagen ist jedoch die Neuordnung der Auskleidungen allgemein leicht zu bewerkstelligen. Die meisten Abdichtungsprobleme lassen sich durch eine Verbesserung des Abdichtsystems beheben - in diesem Buch werden die entsprechenden Systeme erörtert. Selbstregulierende Abdichtungen funktionieren gut.
- Die Bänder laufen aufgrund einer mangelhaften Beladung häufig schief. Durch die Montage von Einspurvorrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten vor der Kehrtrommel und nach der Ladezone kann man die meisten Probleme in den Griff bekommen.

Bandreinigung

- Die Anforderungen an die Reinigung der Bänder sind oft gering und es werden immer wieder selbst gebaute Fördergurtreiner verwendet. Wenn ingenieurtechnisch konzipierte Abstreifer verwendet werden, dann meistens nur auf problematischen Bändern; und selbst dann sind sie normalerweise noch unterdimensioniert und nicht gut gewartet. Ein typisches Gurtreinigungssystem besteht aus einem einzelnen Primärabstreifer. Rücklaufmaterial ist eine der Hauptquellen für Schwebestäube und deshalb wird der Bandreinigung in diesem Industriebereich eine erhöhte Aufmerksamkeit zuteil. Um die durchgehende Einhaltung von Bestimmungen und Vorschriften zu gewährleisten, greift man immer häufiger auf ingenieurtechnisch konzipierte, von Dienstleistungsunternehmen gewartete Systeme zurück.
- Die Abreinigung von gebrochenem Material kann bei nassen Bändern sehr schwierig sein, weil das Material am Band anhaftet. Oft sind die Partikel hart oder scharfkantig, was zu raschem Blattverschleiß führt.
- Bei der Entfernung von Material kann der Verschleiß an den Vorabstreifern durch den Einsatz von weicheren Urethanen als Abstreifblätter, in Kombination mit Sprühwassersystemen, vermindert werden.
- In manchen Fällen nutzen sich die Sekundärabstreifer aus Hartmetall in einem ungleichmäßigen, "burgkroneartigen" Muster ab. Dies wird von kleinen Partikeln

verursacht, die sich zwischen dem Band und dem Abstreifblatt verkeilen und den Durchtritt von weiteren Partikeln am Abstreifblatt vorbei ermöglichen. Manchmal wird die Abnutzung durch leicht saures Wasser beschleunigt. Dieser Verschleiß kann durch die Verwendung von Wolframkarbid-Abstreifblättern und durch Aufsprühen von Wasser auf das Band reduziert werden. Das Abspritzen des Abstreifers mit einem Wasserschlauch ist auch vorteilhaft.

Staubkontrolle

- Die typische Staubunterdrückungsmethode ist das Aufsprühen von Wasser. Die größere Zusatzmenge bei unbehandeltem Wasser (keine Tenside) erhöht die Probleme bei der Handhabung des Materials, wie z. B. durch Materialaufbau auf Siebrosten oder durch eine größere Menge an Rücklaufmaterial. Außerdem bestehen in einigen Ländern und Gemeinden Beschränkungen bezüglich der Verwendung und Entsorgung von Wasser. Deshalb nutzen manche Betriebe für mineralische Zuschlagstoffe neuerdings die Tensid- oder Schaumunterdrückung als Alternative.
- Die Abkipfstelle für LKW ist eine der Stellen im Betrieb, wo eine wirksame Entstaubung erforderlich ist. Um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erzielen, kann hier die Verwendung einer Kombination aus mehreren Staubbekämpfungsmethoden erforderlich sein.



VERLADUNG VON MASSENGÜTERN

(Siehe auch *Transport von spezifischen Materialien*, z. B. für *Zement, mineralische Zuschlagstoffe, Kohle, Forstprodukte*.)

Hier behandeln wir die Be- und Entladung von Transportsystemen für Massengüter - einschließlich Schiffe, Lastwagen und Schienenfahrzeuge - und die Handhabung von Schüttgütern auf den Umschlagplätzen.

Allgemeine Charakteristik

- Eine große Zahl verschiedener Materialien kann lose als Massengüter transportiert werden - beispielsweise Kohle, Chemikalien, Kalkstein, rohe und aufbereitete Erze, Getreide oder Zement. Die hier eingesetzten Transportsysteme müssen flexibel ausgelegt sein, um mit einer Vielzahl verschiedener Materialien zurechtzukommen. In vielen Fällen werden verschiedene Materialien auf dieselbe Förderanlage geladen und/oder das Untertrum des Bandes wird für Transportzwecke verwendet, so dass Kontamination des Förderguts ein Problem darstellt.
- Für den Langstreckentransport von Massengütern werden verschiedene Transportsysteme eingesetzt; das Gleiche gilt auch für die Be- und Entladung dieser Güter. Die Waren können über lange Strecken per Schiff, Kahn, Zug oder Lastwagen transportiert werden; die Be- und Entladung kann mittels Förderbänder, Schneckenförderer, pneumatischer Förderer oder Greifer erfolgen. Um Liegegebühren zu sparen, gibt es in diesem Industriebereich einen Trend in Richtung immer höherer Tonnenleistung pro Stunde.
- Es gibt wenig Spielraum für Stillstandszeiten, weil unerwartete Ausfälle zu Verschiebungen bei der planmäßigen Abfahrt und damit zu erhöhten Liegegebühren führen.



- Häufig sind die Bänder in diesen Betrieben sehr groß und sie werden mit hohen Geschwindigkeiten betrieben.
- Die Entladung von Schiffen ist hierbei eine besondere Herausforderung. Bei selbstentladenden Schiffen werden oft Steilförderanlagen verwendet, bei denen das Material zwischen zwei aufeinander liegenden Bändern transportiert wird. Diese laufen normalerweise mit Geschwindigkeiten von mehr als 4,5 m/s. Das in den Systemen zur Entladung von Schiffen verwendete Gerät muss rauen Bedingungen standhalten können, einschließlich extremer Temperaturen und der Belastung durch Salzwasser.
- Wasserstraßen und Häfen werden oft gleichermaßen für industrielle Zwecke und für die Freizeitaktivitäten genutzt. Staub und Materialverschüttungen in diesen Bereichen ziehen schnell Beschwerden nichtkommerzieller Benutzer bei den Überwachungsorganen nach sich.
- Die Entladung von Eisenbahnwaggons stellt sowohl bei einer effektiven Entstaubung als auch bei einem störungsfreien Materialfluss eine besonders schwierige Situation dar.

Förderanlagen und Übergaben

- Die Gurtführung ist dafür entscheidend, dass die Ladung auf dem Band bleibt und dass das Fördergut entlang der Förderanlage nicht verschüttet wird. Die Verwendung von Bandsteuerungssystemen mit Mehrfachdrehpunkten ist bei der Kontrolle von Spurführungsproblemen sehr effektiv.
- Die Zugänglichkeit bei Bordförderanlagen ist oft schlecht aufgrund der engen Platzverhältnisse und der Gewichtsbeschränkungen. Dadurch wird die Wartung der Förderanlage und des Zubehörs erschwert. Deshalb leidet sowohl die Qualität als auch die Häufigkeit der Wartung, was wiederum zu einer übermäßigen Bildung von Staub und Verschüttungen führt. Bei der Entladung über Ausleger ist die Zugänglichkeit oft erschwert, wenn nicht gar unmöglich. Deshalb muss die Bereitstellung mobiler Arbeitsbühnen in Erwägung gezogen werden oder die Möglichkeit, den Ausleger an eine Stelle zu schwenken, von der aus die Wartungsarbeiten durchgeführt werden können. Ist die Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten gegeben, verbessert dies wesentlich die Effektivität des Zubehörs, da dieses dann häufiger gewartet wird.

- Die Vermeidung von Materialverlusten ist besonders bei Beladungsvorgängen wichtig, weil die Schüttgüter einen hohen Wert darstellen und als verdorben und unbrauchbar betrachtet werden, wenn sie auf den Boden oder ins Wasser fallen. Immer mehr Güter werden als Sondermüll klassifiziert, was eine Entsorgung notwendig macht, wobei zusätzliche Kosten entstehen.
- Bei Bandschleifenwagen sind Materialverluste ein häufiges Problem, da sie Mindestladungshöhen erreichen müssen und mit verschiedenen Materialien beladen werden. Einhausungen entlang der gesamten Neigung und hängend angebrachte Lenkbleche verhindern, dass das Schüttgut zurückrollt. Unter der Förderanlage werden in kritischen Bereichen oft Wannen zum Auffangen von Materialverlusten aufgestellt, die mit einer Dauerspülung versehen sind oder sich leicht reinigen lassen.
- Bänder auf Docks müssen mit einem größer als normalen Kantenabstand für die Abdichtungen versehen sein, um Materialverluste kontrollieren zu können. Da diese Förderanlagen oft auf flexiblen Konstruktionen montiert werden, sind sie für Gurtschieflauf anfällig.



- Bei sehr feinen Materialien wie Aluminiumoxid sind Luftmesser und Vakuumsysteme wirkungsvoll. Diese Materialien zeigen oft eine Neigung dazu, dass sich das abgeschabte Material wieder auf das Band anhaftet; in diesen Fällen ist eine Vakuumsaugung erforderlich.

Bandreinigung

- Auf schnell laufenden Förderanlagen und schwer zu erreichenden Abwurftrömmeln sind solche Fördergurtreiniger die beste Alternative, die eine lange Haltbarkeit aufweisen und die den Anpressdruck und den Abstreifwinkel des Abstreifers automatisch bewahren.
- Da manche End-Bänder für mehrere Materialien und/oder für den Transport in beiden Richtungen verwendet werden, kann ein Gurtwaschsystem zur Vermeidung gegenseitiger Kontamination erforderlich sein.
- Bei über Gewässer verlaufenden Bändern haben sich Waschkästen zur Sicherstellung deren absoluter Sauberkeit als nützlich erwiesen. Waschkästen sind auch bei der Reduzierung der Verschmutzung effektiv, wenn auf dem Band mehrere verschiedene Materialien transportiert werden. In den Waschkästen und zum Abspritzen muss Frischwasser verwendet werden, da die Geräte sonst rosten.

Staubkontrolle

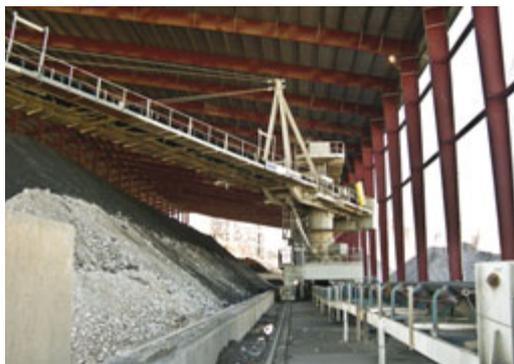
- Normalerweise wird hier die Staubabscheidung eingesetzt, in Form von großen zentralen Systemen oder in Form von Sammlern, die punktuell an den Staubquellen eingesetzt werden.
- Oft reichen konventionelle Methoden nicht für die Kontrolle von Staub und Materialverlusten. Der Einsatz von Waschkästen und eine planmäßige Wartung pro Be-/Entladungszyklus ist notwendig.
- Oft werden speziell gekrümmte Beschickungsschuppen verwendet, um das Fördergut mittig zu führen und die Staubbildung zu vermindern.

ZEMENT

(Siehe auch Mineralische Zuschlagstoffe)

Allgemeine Charakteristik

- Durch die Konsolidierungsbestrebungen innerhalb dieses Industriebereichs ist aus der Zementindustrie wirklich eine globale Sparte geworden. Die gemeinschaftliche Nutzung von Informationen findet auf breiter Ebene statt und die Lösung von Problemen beim Materialtransport wird ebenfalls multilateral angegangen. Dadurch können neue Technologien schnell auf der Firmenebene übernommen werden. Die allgemeinen Trends in diesem Industriebereich reflektieren direkt die Veränderungen der Weltwirtschaft.
- Zement (und/oder Klinker) wird weltweit als lose Massenware per Schiene, Kahn, Lastwagen und Schiff ausgeliefert.
- Die Reinigung und die Abdichtung von sehr feinen, trockenen, abrasiven Materialien ist eine immerwährende Herausforderung
- Die meisten Zementanlagen verfügen auch über ein Brennstoff-Transportsystem für Kohle- oder Petrolkoks, der zur Befeuerung des Brennofens verwendet wird. Der Bedarf an Systemen für den Transport von Brennstoffen, die aus Abfällen gewonnen werden - einschließlich zerkleinerter Reifen,



Plastik, Farbe, landwirtschaftlicher Abfälle und von Windeln - wird wahrscheinlich weiter wachsen.

- Die in diesem Industriebereich vorkommenden Materialien variieren stark: von großen Kalksteinbrocken aus dem Steinbruch, über Material mit sehr hoher Temperatur am Klinkerkühler, bis hin zu feinen, trockenen Pulvern, die besondere Probleme bei der Verpackung und Versand aufwerfen.
- Fertiger Zement muss trocken gehalten werden.
- Die bei der Handhabung des gebrannten Klinkers vorkommenden hohen Temperaturen sind häufig ein Problem.

Förderanlagen und Übergaben

- Im Steinbruch sind Förderanlagen der mittleren bis schweren Belastungsklassen erforderlich.
- Die am Auslauf der Vorbrecher verwendeten Bänder sind durch die auftretenden Stoßkräfte gewaltigen Belastungen ausgesetzt. Dieser Umstand muss zur Reduzierung von Gurtschäden, Materialverlusten und Leckagen sorgfältig bedacht werden.
- Auf der Seite der Zementherstellung sind die Bänder klein und die auftretenden Stoßkräfte im Allgemeinen kein Thema. Nach dem Brechvorgang sind meistens Geräte der leichten Belastungsklassen ausreichend.
- Bänder für Roh- und für Fertizement sind ausgezeichnete Beispiele für die Anwendung von luftunterstützten Fördersystemen, um Materialverluste und Verschmutzungen zu reduzieren.
- Fertizement tendiert zur Aufnahme von Luft, was beim Transport auf Förderbändern zu Problemen wegen der Staubbildung und dem Zurückrutschen des Materials führt. Bandgeschwindigkeiten und Neigungswinkel müssen sorgfältig gewählt werden.
- Klinker ist abrasiv und wird bei hohen Temperaturen transportiert. Hierfür sind spezielle Bänder und spezielles Zubehör erforderlich, die für hohe Temperaturen ausgelegt sind.



Bandreinigung

- Für die Reinigung von Klinkerbändern sind eventuell spezielle Gurtreinigungssysteme für hohe Temperaturen erforderlich.
- Bei der Reinigung von Bändern für Brennstoffe, die aus Abfallgewinnung stammen, werden Vorabstreifer in Einzelblattausführung bevorzugt, damit sich kein Material zwischen den Abstreifblättern ansammeln kann.

Staubkontrolle

- Auf der Rohstoffseite ist Wasser das Unterdrückungssystem der Wahl für die Entstaubung. Die Schaumunterdrückung ist am Brecher wirksam und bietet eine gewisse nachhaltige Wirkung.
- Auf der Fertigproduktseite ist ein Feuchtigkeitszusatz nicht zulässig, so dass die Eindämmung und die Staubabscheidung hier die einzigen Optionen sind.
- In diesem Industriebereich können luftunterstützte Fördersysteme effektiv zur Staubbekämpfung verwendet werden.
- Wegen der abrasiven Eigenschaften des Klinkers und der sehr geringen Teilchengröße des fertigen Zements sind Leckagen aus Schurren und Einhausungsabdichtung ein ständiges Problem. Die konsequente Reparatur und Abdichtung von Löchern in Schurren trägt zu einer verbesserten Entstaubung bei. Eine effektive Gurtunterstützung und der Einsatz von selbstregulierenden Abdichtungen sind bei der Bekämpfung von Staub an Übergabepunkten nützlich.

KOHLEBEFEUERTE ENERGIEGEWINNUNG

Allgemeine Charakteristik

- Die zunehmende Regulierung mindert den Gewinn. Um die Rentabilität zu verbessern und die Kosten zu reduzieren, versucht die Geschäftsführung, mit einem geringeren Aufwand mehr Leistung zu erzielen.
- Die Bekämpfung von Staub ist ein Hauptanliegen in diesem Industriebereich, besonders in den Anlagen, die auf bituminöse Braunkohle mit niedrigem Schwefelgehalt umgeschaltet haben, z. B. auf Kohle aus dem Powder River Basin (PRB) in den USA oder in Betrieben, in denen Braunkohle verfeuert wird.
- Alle Betriebe, die Kohle verarbeiten, müssen die Feuer- und Explosionsgefahren des Materials und ebenso die mögliche Ansammlung von Methangas und lokale Erhitzung des Materials berücksichtigen.
- Die Behandlung von Flugasche und Rostasche sowie von Schlamm aus der Rauchgasentschwefelung (DeSO_x) kann zusätzliche Materialtransportsysteme und Sachkenntnis erfordern.
- Als behördlich regulierte Versorgungseinrichtungen müssen viele Kraftwerke durch die Verminderung ihres Risikos von unplanmäßigen Ausfällen eine stabile Produktivität gewährleisten.
- Eine Förderanlage, die für eine bestimmte Art von Kohle konzipiert wurde, kann sich bei Änderung des Kohletyps als problematisch erweisen. Zum Beispiel erfordert die niedrigere Feuerungswärmeleistung der Braunkohle oder der PRB-Kohle die Verbrennung größerer Mengen an Kohle, um dieselbe Wärmeleistung zu erreichen. Dies kann Änderungen in der Gestaltung oder im Betrieb des Materialtransportsystems zur Folge haben, etwa dass Förderanlagen bei höheren Geschwindigkeiten betrieben werden oder dass sie länger laufen müssen. Möglicherweise entspricht das vorhandene Schurrensystem nicht den neuen Materialflusskenngrößen und den Durchsatzanforderungen.
- Jahreszeitliche Änderungen des Klimas können zu Änderungen im Verhalten der Kohle beim Durchlaufen des Materialtransportsystems führen.
- Tägliche Änderungen im Material haben einen Einfluss auf die Leistung der Förderanlage. Aufgrund der Witterungsverhältnisse kann sich der Kohlezustand in einem Bereich von sehr nass/schlämmig bis zu sehr trocken/pulfrig bewegen.
- Im Allgemeinen ist Kohle ein Material mit relativ geringer Abriebwirkung. Die Ausnahmen sind rohe Kohle oder Abraum, wie dies z. B. bei Grubenkraftwerken anzutreffen ist.
- Es wird immer üblicher, dass Hilfsbrennstoffe in Verbindung mit Kohle verfeuert werden. Zu diesen Brennstoffen gehören z. B. zerkleinerte Reifen und landwirtschaftliche Abfallstoffe. Die richtige Beimengung dieser Materialien zur Kohle ist kritisch; wird sie nicht richtig bemessen, führt dies zu Materialüberlauf, Verstopfungen und zu weiteren Problemen.
- Ansammlungen von verschüttetem Material stellen aufgrund einer möglichen Selbstentzündung ein ernstes Feuer-/Explosionspotential dar und kleine Zwischenfälle führen zu hohen Staubkonzentrationen und möglicherweise zu Sekundärexplosionen.
- Kohle - Braunkohle oder PRB-Kohle im Besonderen - ist anfällig für die Selbstentzündung von stagniertem Material, das in Form von Materialansammlungen auf Schurrenwandungen oder als Staub und verschüttetes Material unter den Förderanlagen vorkommt. Für die Minimierung dieses Risikos sind Gewissenhaftigkeit und Zuverlässigkeit des Personals in Bezug auf Ordnung und angemessene Reinigungs- und Abdichtsysteme besonders wichtig.



Förderanlagen und Übergaben

- Förderbänder sind im Allgemeinen vulkanisiert und haben eine lange Nutzungsdauer.
- Die Breiten der Förderanlagen, häufig 900 bis 1800 mm und die typischen Geschwindigkeiten von 2,0 bis 3,0 m/s liegen im mittleren Bereich. Gängige Praxis zur Bekämpfung der Schüttgutverluste ist Herabsetzung der Bandgeschwindigkeiten und der Grenzkapazitäten.

- Luftunterstützte Fördersysteme sind für den Transport von gebrochener Kohle besonders gut geeignet.
- Spurführungsprobleme beim Transport von Kohle können mit Gurtführungseinrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten gelöst werden. Die üblichen Geräte mit Schwenkbewegung haben bei Kohle-Transportbändern eine Tendenz zum Übersteuern; deshalb werden diese Gurtführungen oft an eine Seite abgebunden. Die komplette Abschaffung dieser Führungseinrichtungen kann noch größere Probleme schaffen, die oft zu Gurtschäden und Materialverlusten führen.
- Die Abdichtung der Einhausungen ist beim Transport von Kohle wichtig. Bandträgergestelle und selbstregulierende Abdichtungen sind für Kohle-Förderbänder besonders gut geeignet.
- Die Notwendigkeit eines gleichmäßigen Durchsatzes und einer verminderten Stauberzeugung führt dazu, dass bei vielen Anwendungen im Zusammenhang mit dem Transport von Kohle die Verwendung von ingenieurmäßig konzipierten Durchflussschurren in Erwägung gezogen wird.

Bandreinigung

- Die Reinigung von Kohle-Transportbändern ist normalerweise ziemlich einfach und kann als die typische Anwendung betrachtet werden. Ein Standard-Gurtreinigungssystem in einem Kraftwerk ist ein duales oder ein dreifaches System, mit einem Urethan-Primärabstreifer und einem oder zwei Sekundärabstreifern mit Wolframkarbid-Spitzen.
- Einige Kohlen enthalten Ton, was die Reinigung schwierig macht. Dieses Material schmiert auf dem Band und sammelt sich als Schuppen unter den Rücklaufrollen an. Die Lösung hierfür ist normalerweise die Anwendung eines höheren Anpressdrucks bei den Fördergurtreinigern oder eines aggressiveren Abstreifwinkels.
- Für die Aufrechterhaltung der Wirksamkeit der Gurtreiniger ist die Verwendung von Wasser nützlich, aber in Kraftwerken gilt oft aufgrund der kalorischen Verlustleistung die Anweisung, kein Wasser zu verwenden. Diese Anweisung ist hier unbegründet, weil für eine wirksame Gurtreinigung nur eine geringe Wassermenge erforderlich ist. Verglichen mit dem Wasser, das von anderen Quellen stammt, wie z. B. Regen, Staubunterdrückung und Wasser, das aus der Luft absorbiert wird, ist diese Menge unwesentlich.



Staubkontrolle

- Die Bestimmungen über Staubemissionen beeinflussen die Handhabung der Kohle über alle Stationen der Förderkette, angefangen beim Entladen der Eisenbahnwaggons, über das Materialtransportsystem bis hin zu den Heizkesselbunkern.
- Kohle mit niedrigem Schwefelgehalt brennt sauberer, aber sie zerbröckelt leichter. Da die Betriebe auf die sauberer verbrennenden Kohlesorten umgestellt werden, müssen auch Methoden zur Verminderung der Staubbildung gefunden werden. Hierzu gehören ingenieurtechnisch ausgelegte Durchflussschurren, Staubunterdrückungssysteme und die Aufrüstung bestehender Staubabscheidungssysteme (Staubfilterkammern).
- Eine nur mit Wasser durchgeführte Staubunterdrückung ist nicht kostensparend, weil sie die Wärmeleistung der Kohle vermindert. Viele Betriebe haben sich für die chemische Unterdrückung entschieden, weil die hier zugefügten geringen Feuchtigkeitsmengen die durch den Wasserzusatz bedingte thermische Verlustleistung auf ein Minimum reduzieren.
- Die Verwendung von Kreiselkippern zur Entladung von Kohle-Zugeneinheiten verursacht große Staubprobleme. Eine Schaum- oder Tensidunterdrückung bietet viele Vorteile, einschließlich einer nachhaltigen Wirkung auf die Kohle, die auch während der Aufhaltung erhalten bleibt.
- Aufbaufilter (modulare Staubabscheider) sind gut an Standorten geeignet, wo die Staubeindämmung nicht praktikabel oder nicht ausreichend ist.

KOHLEBERGBAU (UNTERTAGE)

(Siehe auch Tagebau und/oder Festgesteinsbergbau)

Allgemeine Charakteristik

- Ein Hauptfaktor bei dieser Anwendung sind die Höhenbeschränkungen. Diese wirken sich auf die Bauart der Förderanlage und auf die einsetzbaren Zusatzsysteme aus. Aufgrund der Probleme beim Versetzen und bei der Aufstellung der Geräte untertage, werden Schurren nur in minimalem Umfang eingesetzt und Aufpralldämpfungstische werden selten verwendet.
- Wegen der beschränkten räumlichen Verhältnisse und wegen mangelhafter Zugänglichkeit ist bei vielen Komponenten eine modulare Bauweise unverzichtbar.
- Man ist bestrebt, breitere Förderanlagen bei höheren Geschwindigkeiten einzusetzen. Die Bänder auf den Hauptförderanlagen sind im Allgemeinen vulkanisiert, aber andere Bänder weisen möglicherweise eine große Zahl an mechanischen Verbindungen auf. Gebrauchtes Gurtmaterial wird in großem Umfang eingesetzt, ebenso wie Bänder, die ihre vorgesehene Nutzungsdauer bereits bei weitem überschritten haben. Dies bedeutet, dass die Bänder eine raue Oberfläche aufweisen und deshalb schwieriger zu reinigen, abzudichten und in der Spur zu führen sind.
- Die Aufgabebänder zur Speisung der Hauptlinien sind erweiterbar. So wie sich der Abbaustoß weiterbewegt, werden weitere Segmente (Baufelder) in die Förderanlage eingebaut. Dies bedeutet, dass diese Bänder mehrfach durch mechanische Verbindungen verlängert werden.
- Behördliche Zulassungen, den Sicherheitsanforderungen zugrunde liegen, sind ein wichtiges Kriterium bei der Materialauswahl für die Komponenten. In den Vereinigten Staaten setzt die Mine Safety and Health Administration (MSHA) [US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau] die Normen für Förderanlagen und für die mit dem Band in Kontakt stehenden Materialien fest, z. B. für



Reinigungs- und Abdichtsysteme. Außerhalb der USA werden weitgehend die britischen Normen und Normen des Deutschen Instituts für Normung (DIN/EN) für die untertage verwendeten Materialien akzeptiert. In den meisten Bergbaubetrieben außerhalb von Nordamerika darf Aluminium wegen seiner niedrigen Funkenbildungsschwelle untertage nicht verwendet werden. Eventuell sind auch regionale Bestimmungen und Behörden zu berücksichtigen (wie z. B. die ATmosphères EXplosibles [ATEX] oder das für den Bergbau in Nordrhein-Westfalen zuständige Landesoberbergamt [LOBA]).

- Zum Zeitpunkt dieser Niederschrift wird in einer von der MSHA verabschiedeten und veröffentlichten Bestimmung mit Wirkung ab Dezember 2008 gefordert, dass die in unterirdischen Kohlebergwerken in der USA verwendeten Fördergurte ab 31. Dezember 2009 eine höhere Flammenbeständigkeit haben müssen. Die Bestimmung verlangt auch, dass die vorhandenen Bänder innerhalb von zehn Jahren ersetzt werden.
- Es wird ebenso gefordert, dass ab 2. März 2009 beschädigte Rollen von anderen Förderanlagenkomponenten repariert oder ersetzt werden, dass die Bänder ordnungsgemäß ausgerichtet werden, dass kein Material im Eintrittsbereich des Bandes vorhanden sein darf und dass die Gurtverbindungen flammwidrige Eigenschaften aufweisen müssen. Ebenfalls ab 2. März 2009 wird außerdem die zulässige durchschnittliche Konzentration an einatembaren Stäuben in der Umgebung der Förderstrecke gesenkt. Weitere, aktuellere Informationen sind bei der MSHA oder bei namhaften Gurtherstellern zu erfragen.
- Für die Wartung der Zubehöerteile wird in diesem Industriebereich oft auf spezialisierte Dienstleistungsfirmen zurückgegriffen. Damit wird der kritischen Rolle Rechnung getragen, welche die Bandreinigung und Abdichtung bei der Vermeidung von Bränden, Explosionen und von Produktionsausfällen haben.
- Die Kapazitäten der Maschinen werden immer größer und die Produktivität (Kohlemenge pro Bergarbeiterstunde) nimmt zu. Nachteilig wirkt sich dabei aus, dass die für die Wartung zur Verfügung stehende Zeit immer geringer wird.
- In Untertagebetrieben wird normalerweise Wasser für die Staubunterdrückung verwendet. Dies löst eines der Probleme, schafft dafür jedoch andere Probleme. Die Feuchtigkeit verändert die Eigenschaften des Fördergurts und hat Einfluss auf die Konstruktion der Anlagen, beispielsweise bei der Wahl geeig-

ner Werkstoffe aufgrund der Korrosionswirkung.

- Bei den modernen Abbauverfahren ist die Brockengröße ziemlich gleichmäßig. Rohkohle, die Steine und Lehm enthält, ist jedoch bei der Handhabung problematisch.
- Durch die Grubensicherungsbestimmungen bezüglich der Verfahrensweisen bei der Wartung wird offensichtlich, dass wartungsfreundliche oder Schnellwechselsysteme zu verwenden sind.

Förderanlagen und Übergaben

- Mit Ausnahme der Hauptlinien und der geneigten Bänder, auf denen das Material aus den Tunneln befördert wird, sind Förderanlagen dafür konzipiert, dass man sie versetzen kann. Die Bänder sind größer, dicker und erfordern normalerweise strapazierfähige Abstreifer und Einhausungssysteme. Selbstregulierende Abdichtsysteme sind von Vorteil.
- Die Übergaben sind oft im Winkel von 90° angeordnet oder sie weisen große Fallhöhen auf, wodurch die Aufprallwirkung und die Abdichtung problematisch wird. Verstopfungen an Übergaben kommen häufig vor; beim Lösen dieser Probleme sind Luftkanonen nützlich.
- Materialverluste sind aufgrund der sich andauernd verändernden Beladungszustände und der daraus resultierenden Gurtführungsprobleme schwierig zu kontrollieren. Die Verwendung von Hochleistungsführungseinrichtungen ist wegen der andauernden Stoßwirkung der mechanischen Verbindungen und des allgemein schlechten Zustandes der Bänder erforderlich.
- Ein Problem ist die Entdeckung und Entfernung von Fremdobjekten auf den Bändern, weil die Gegenwart von Grubenwerkzeugen und sonstigem Fremdeisen zu Gurtschäden und zu Staus in den Schurren führen kann.
- In unterirdischen Förderanlagen erschweren beengte räumliche Verhältnisse und beschränkte lichte Höhen die Verwendung und den Austausch von Auskleidungen in Schurren.

Bandreinigung

- Die in unterirdischen Betrieben transportierte Kohle enthält viel Wasser. Dadurch nehmen die Probleme bezüglich des Rücklaufmaterials zu. Deshalb verwenden viele Betriebe drei, vier oder mehr Abstreifer auf einem Band.
- Viele Betriebe verwenden Anordnungen mit mehreren Abstreifern, bei denen das entfernte

Material mit Reinigungsförderern von den Tertiärabstreifern zum Hauptmaterialstrom zurücktransportiert wird.

- Wegen der zahlreichen Gurtverbindungen müssen Fördergurtreiniger und Befestigungsvorrichtungen so gestaltet sein, dass sie wiederholten Stößen standhalten können. Wegen ihrer Widerstandsfähigkeit werden Urethan-Vorabstreifer mit schweren Abstreifblättern bevorzugt. Es kommt eine große Vielfalt verschiedener Sekundärabstreifer zum Einsatz.
- Das Abraumband ist normalerweise am schwierigsten zu reinigen und verursacht auch den größten Blattverschleiß. In den meisten Fällen ist eine aggressive Reinigung mit häufiger Wartung erforderlich.
- Abstreifer mit Hochleistungs-Urethanabstreifblättern sind möglicherweise die beste Lösung für schwierige Anwendungen.
- Aufgrund von Gurtschieflauf, mangelhaftem Zustand des Bandes oder der Gurtverbindungen, eines ungleichmäßig hohen Bodens oder wegen Überflutung besteht immer das Risiko, dass Materialbrocken auf der Rücklaufstrecke mittransportiert werden. Deshalb sind Schutzabstreifer für die Trommeln wichtig, wie z. B. V-förmige Pflugabstreifer und Umlenkabstreifer. Dies gilt besonders für geneigte Bänder, auf denen das Material aufgrund eines hohen Feuchtigkeitsgehalts zurücklaufen kann, was man in Südafrika als „mud rush“ [Schlammeinbruch] bezeichnet.
- In Gegenden mit niedrigen Lohnkosten ist der Einsatz von Wartungsservice-Dienstleistern weit verbreitet und sehr effektiv.

Staubkontrolle

- Da Kohlenstaub eine Brand- und Explosionsgefahr darstellt, müssen alle Formen der Staubkontrolle zum Einsatz kommen: Eindämmung, Staubabscheidung und die verschiedenen Arten der Staubunterdrückung.
- Eine schlechte Wasserqualität untertage kann die Verwendung von Staubunterdrückungssystemen mit feinen Düsenöffnungen unmöglich machen.



FESTGESTEINSBERGBAU (METALLE UND NICHT ALS BRENNSTOFF VERWENDETE MINERALIEN)

(Siehe auch Tagebau und Kohlebergbau)

Allgemeine Charakteristik

- Da die Preise für Metalle schwanken, werden Budgets häufig geändert und Projekte können beschleunigt vorangetrieben oder vorübergehend ausgesetzt werden.
- Die Anlagen sind normalerweise ohne Unterbrechung in Betrieb, wenn die Metallpreise günstig sind. Stillstandzeiten werden weit in die Zukunft verlegt und die Zeitfenster für eine wöchentliche Wartung sind nur kurz, wodurch die Vertragswartung durch spezialisierte Dienstleistungsbetriebe zu einer attraktiven Option wird.
- Erze werden oft durch Sprengung abgebaut, wodurch große Brocken entstehen. Das Material am Vorbrecher-Auslauf ist normalerweise 200 mm und kleiner.
- Erze sind im Allgemeinen hochabrasiv und können die Standzeit des Bandes und anderer Komponenten verkürzen.
- Bei der Herstellung von Takonit-Pellets treten hohe Temperaturen auf. Takonitstaub kann sich in der Kante des Bandes festsetzen, die dann wie eine „Schleifscheibe“ wirkt; sie kann die Führungsrolle einer Bandeinspurvorrichtung innerhalb von Wochen absägen.
- Andere Erze, wie z. B. Nickelerz oder Bauxit, findet man oft in Lehmformationen, was zu Materialien mit klebrigen, schlüpfrigen und/oder agglomerierenden Eigenschaften führt.

Förderanlagen und Übergaben

- Die Anwendungen für Förderanlagen sind



normalerweise am Schwerlast-Ende des Leistungsspektrums zu finden, typischerweise mit schweren Lasten und mit mehrfachen Gurtverbindungen auf relativ kurzen Förderanlagen. Die Standzeit des Bandes ist oft so kurz, dass das Band als ein Verschleißartikel betrachtet wird, so dass aggressivere Reinigungs- und Abdichtsysteme zum Einsatz kommen können.

- Überlandförderanlagen werden oft für den Transport von Material und von Abraum verwendet. Der Zugang zu diesen Förderanlagen gestaltet sich oft schwierig und sie können über sensible Bereiche hinweggeführt werden, z. B. über Autobahnen oder Naturschutzgebiete.
- Bandbreiten von 1800 mm und Geschwindigkeiten von über 5 m/s findet man häufig. Die Verwendung von Stahlseilen in den Bändern stellt die Zubehöreile vor neue Herausforderungen. Häufig sieht man, dass beschädigte Stahlseile aus der Deckplatte hervorstehen und über Abstreifblätter und Trägerrahmen hinwegpeitschen.
- Da die Bänder oft bis zur Kapazitätsgrenze beladen werden, sind Materialverluste entlang des Obergurts häufig und es besteht die Gefahr, dass große Steine auf das Untertrum des Bandes springen und zwischen die Trommeln und das Band geraten. Um das Band und die Trommeln vor Schäden zu schützen, werden V-Schutzabstreifer für höchste Beanspruchung eingesetzt.
- Abrieb ist ein bedeutendes Problem, das zu Wartungsproblemen mit dem Ergebnis einer verminderten Effektivität des Zubehörs und der gesamten Funktion des Systems führt. Schurrenauskleidungen und Trommelummantelungen unterliegen normalerweise einem hohen Verschleiß. Häufig werden anschraubbare Verschleißauskleidungen verwendet, wobei die Möglichkeiten zur Abdichtung der Einhausungen durch die erforderlichen Zugangsmöglichkeiten zu den Schrauben begrenzt werden.
- Bei Überlandförderanlagen ist die Gurtführung ein häufiges Problem. Statt V-förmigen Rücklaufrollen können auch hochbelastbare Einspurvorrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten verwendet werden.
- Bedingt durch die Klebrigkeit der Materialien und durch die großen Brocken verstopfen die Schurren oft. Eine Abhilfe kann Einsatz von Luftkanonen schaffen.
- Wegen des hohen Materialdurchsatzes an den Übergaben und wegen der großen

Brocken treten extrem hohe Stoßkräfte auf. Möglicherweise halten normale Aufpralldämpfungstische diesen Kräften nicht stand und es müssen Aufpralldämpfungssysteme mit Girlandenrollen verwendet werden.

- Schurren mit ingenieurtechnisch konstruierten Durchfluss können die Gleichmäßigkeit der Materialbewegung verbessern. Dadurch lässt sich die Abriebwirkung auf die Auskleidungen entlang der Schurrenwandung reduzieren und deren Standzeit verbessern. Durch die Zentrierung des Materialflusses können diese Schurren die Materialzerkleinerung dadurch verbessern, dass sie das Material gezielter auf die Mitte des Brecherkegels lenken.



Bandreinigung

- Bei der Aufbereitung von Takonit wird das Material nach dem Bentonitzusatz sehr klebrig. Für diese Anwendung ist ein Vorabstreifer mit Metall-Abstreifblatt empfehlenswert.
- Das Material bei der Aufbereitung von Nikkelerzen und Bauxit ist thixotrop (gelartig) und sehr schwer vom Band zu entfernen. Die Anwendung von Wasser zur Befreiung der Gurtreiniger von Materialaufbau steigert den Wirkungsgrad.
- Sekundärabstreifer sind normalerweise mit Abstreifblättern aus Wolframkarbid ausgestattet, um die Leistung zu verbessern und die Standzeit zu verlängern, die durch abrasive Anteile beeinträchtigt werden. Oft werden strapazierfähige Abstreifer mit extra dicken Wolframkarbid - Abstreifblättern verwendet.
- Die Standzeit der Abstreifblätter ist beträchtlich kürzer als bei anderen Anwendungen und die Gurtreiniger haben einen höheren Wartungsbedarf. Notwendig sind Abstreifer mit konstanter Spannung während der gesamten Lebensdauer des Abstreifblatts, damit die Wartungsintervalle in einem vernünftigen Rahmen gehalten werden können.
- Große Brocken können in der Schurre als Querschläger hin und her geschleudert werden und die Gurtreiniger beschädigen, entweder durch direkten Aufprall oder dadurch, dass sie sich an ungewöhnlichen Stellen festsetzen und die Spannvorrichtung blockieren oder die Achse des Abstreifers verbiegen. Die Verwendung von Primärabstreifern für höchste Beanspruchung (Extra-Heavy-Duty) ist erforderlich. Ein aus zwei Primärabstreifern bestehendes System bietet

eine akzeptable Reinigungswirkung und ist weniger anfällig für Beschädigungen.

- Zur Verbesserung der allgemeinen Reinigungsleistung und zur Verlängerung der Standzeit der Primär- und Sekundärabstreifer ist bei Materialien mit hoher Adhäsion die Verwendung eines vor dem Vorabstreifer installierten Krustenzerkleinerers erforderlich.
- Bei Fördergurten mit Stahleinlagen ist die Trommelreinigung wichtig, um zu verhindern, dass das Band durch Materialansammlungen überspannt und durchstochen wird. Um das abgereinigte Material vom Band zu entfernen, werden bei dieser Anwendung oft auf Armen seitenverkehrt montierte Sekundärabstreifer in Kombination mit einem Prallpuffer oder Lenkblech eingesetzt.

Staubkontrolle

- Die Staubunterdrückung kann nicht nur im Bergbau, sondern auch beim Transport von Pellets eingesetzt werden. Die Staubabscheidungssysteme umfassen häufig die gesamte Anlage.
- Bei der Takonitaufbereitung und in anderen Aufbereitungsanlagen wird eventuell Kohle und Gas zur Befuerung der Anlage verwendet, was zur Staubbildung führt und eine Staubabscheidung über dem Kohletransportsystem erforderlich macht.
- Zur Unterdrückung von Siliziumdioxid-Stäuben wird auch chemische Staubunterdrückung verwendet.
- Einsatz modernster Technologien der Fördertechnik trägt auch zur besseren Staubkontrolle bei. Dazu gehören unter anderem ingenieurmäßig konzipierte Durchflussschurren und luftunterstützte Fördersysteme.

METALLGUSS

Allgemeine Charakteristik

- Als Hauptherausforderungen sind erwartungsgemäß die hohen Materialtemperaturen und erschwerte Servicebedingungen zu nennen.
- Die Art des Metallgusses - Eisenguss oder NE-Metalle - ist nicht so wichtig wie die Handhabung der Stoffen, die bei der Herstellung der Gussformen verwendet werden.
- Der für die Herstellung der Gussform aufbereitete Sand wird als Fertigsand oder Grünsand bezeichnet; der nach der Entfernung des Gussstücks aus der Form wiedergewonnene Sand heißt Altsand.
- Staubige, warme und feuchte Materialien können Urethanprodukte wie z. B. Abstreifblätter zersetzen.
- Während Gießereisand nicht hochabrasiv ist, kann dessen Feuchtigkeitsgehalt selbst



bei einer abriebbeständigen Platte zu Korrosion führen.

- Scharfe Stücke aus gegossenem Metall rutschen gelegentlich mit dem Altsand durch und beschädigen das Band oder andere Komponenten.

Förderanlagen und Übergaben

- Die Bandgeschwindigkeiten sind nicht hoch; normalerweise bewegen sie sich im Bereich zwischen 0,25 bis 1 m/s.
- Die Beanspruchungen bei den Anwendungen in Gießereien sind normalerweise leichter Art, mit Ausnahme der Ausschuss-/Rückführungssysteme, wo gelegentlich Metallbrocken von der Größe eines Motorblocks auftreten können.
- Die Gurtführung wird oft von ablaufendem Formsand beeinträchtigt, der sich schnell auf den Rücklaufrollen aufbaut. Hier können Führungseinrichtungen mit Mehrfachdrehpunkten effektiv eingesetzt werden.
- Der beim Guss bereits verwendete und wiedergewonnene Altsand wird auf Bändern zurück ins Sandlager oder zum Formsandmischer für die Wiederverwendung transportiert. Der Sand ist hier immer noch heiß vom vorhergehenden Gussvorgang.

Bandreinigung

- Beim Abreinigen der im Gießereisand vorhandenen runden Partikel von den sich relativ langsam bewegenden Bändern halten weichere Urethan - Abstreifblätter länger.
- Von abgenutzten Bändern lässt sich der Sand mit Bürstenreinigern wirksam entfernen.
- Bänder für den Transport von Altsand sind normalerweise mit einer magnetischen Kopftrommel zur Entfernung der im Sand verbliebenen Metallteile ausgestattet. Innerhalb eines Bereiches von 300 mm um eine Magnetabscheider-Trommel sollten keine Abstreifer mit Metallspitzen verwendet werden.

Staubkontrolle

- Für die Entstaubung steht hier die Eindämmung und die Staubabscheidung zur Auswahl. Dem Formsand darf keine Feuchtigkeit zugesetzt werden.
- Wegen seines hohen Siliziumdioxidgehaltes wird Gießereistaub oft als Gefahrstoff betrachtet.

VERARBEITENDE INDUSTRIE

Hier betrachten wir die Anwendungen mit leichter Beanspruchung aus den Bereichen Nahrungsmittel, Chemie, Pharmazie, Düngemittelherstellung, Getreideförderung und Tabakprodukte.

Allgemeine Charakteristik

- Obwohl in diesen Industriebereichen völlig verschiedene Materialien transportiert werden, weisen sie eine ganze Reihe von Gemeinsamkeiten im Hinblick auf die Konstruktion und Ausführungsart der Förderanlagen auf.
- Im Allgemeinen treten in diesen Industriebereichen nur leichte Beanspruchungen auf, mit geringeren Bandbreiten im Bereich von 450 bis 900 mm, die langsamer laufen und geringere Materialmengen zu bewegen haben. In mancherlei Hinsicht entsprechen diese Geräte einer kleineren Version der im Bergbau verwendeten Systeme. Jedoch werden hier aufgrund der Begrenzungen in Bezug auf die Größe der Kopftrommel, der Bandgeschwindigkeiten, der Gurtspannungen und der speziellen Anforderungen im Hinblick auf die Reinigung ganz spezielle Komponenten benötigt.
- Bei vielen Anwendungen wird für den Bau der Materialtransporteinrichtungen und der Zubehörteile die Verwendung von Materialien in Lebensmittelqualität vorgeschrieben. Oft kommen Polymere in Lebensmittelqualität zum Einsatz; in Anwendungen wie z. B. bei der Tabakverarbeitung können Abstreifblätter aus Aluminium verwendet werden. Die Art der verwendeten Abstreifblätter hängt von der Bandgeschwindigkeit, dem transportierten Fördergut und seiner Temperatur ab.

Förderanlagen und Übergaben

- Flache Förderbänder werden häufiger verwendet als gemuldete Bänder.



Bandreinigung

- Durch die kleineren Trommeln, Förderanlagen und Bänder können Probleme bei der Entfernung von Materialansammlungen auftreten.
- In vielen Industriebereichen werden spezielle Waschsysteme verwendet. Die Materialtransporteinrichtungen und die Komponenten müssen mit den Reinigungsverfahren und den verwendeten Chemikalien kompatibel sein. Aufgrund der Hygienevorschriften müssen die Gurtreinigungssysteme so konzipiert sein, dass man sie leicht entfernen kann.

Staubkontrolle

- Aufgrund der generell kleineren Geräte und der geringeren Materialmengen ist die anfallende Staubmenge nicht so groß wie in anderen Industriebereichen. Der Wert des als Staub verlorenen Materials ist jedoch oft relativ hoch, so dass dessen Erfassung und Wiedergewinnung bzw. die Verhütung von Staubverlusten wirtschaftlich von Bedeutung ist.

ZELLSTOFF UND PAPIER / FORSTPRODUKTE

Allgemeine Charakteristik

- In einer Papierfabrik wird aus Holzschliff/ Zellstoff und anderen Rohstoffen auf einer Papiermaschine Papier hergestellt. Eine Zellstofffabrik ist eine Produktionsanlage, in der Holzschnitzel oder andere Pflanzenfasern zu einem Zellstoffbrei verarbeitet werden, der dann in der Papierfabrik weiter zu Papier verarbeitet wird.
- Förderanlagen werden beim Transport von Baumstämmen zum Schnitzelwerk verwendet, zum Transport der Holzschnitzel zum Kocher und für den Transport von Kohle und Rinde zum Energieblock der Anlage. Da die Holzschnitzel ein wertvoller Rohstoff sind und die Rinde nur ein Abfallprodukt ist, wird dem Transportsystem für die Holzschnitzel mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Aufgrund der ungleichmäßigen Stückgröße und der faserigen Konsistenz der Rinde befindet sich das Transportsystem für die Rinde im Allgemeinen in einem eher unaufgeräumten Zustand.
- Kunststoffe können den aus Holzschnitzeln hergestellten Zellstoffbrei verunreinigen. Folglich bestehen Bedenken hinsichtlich der Verwendung von Kunststoffen in den Verarbeitungs- und Transporteinrichtungen. Zum Beispiel ist in einigen Betrieben die Verwendung von Urethanen als Gurtreiniger verboten. Dies ist normalerweise eine Entscheidung auf Betriebsebene; hierfür gibt es keine brancheneinheitliche Regel.
- Zu den in diesem Industriebereich wichtigen Themen gehört auch der Einsatz zusätzlicher oder alternativer Brennstoffe, einschließlich zerkleinerter Reifen.
- Auch in anderen Bereichen der Betriebe besteht Verbesserungspotential der Fördersysteme, z. B. bei der Energiegewinnung oder Handhabung der Asche und der Chemikalien.



- Der Zusatz von Recyclingpapier kann sich auf die Anforderungen an die Papierherstellungsprozesse auswirken.
- Die meisten Papierfabriken verwerten Holzschnitzel aus mehreren Quellen, wo neben den betriebsintern hergestellten Schnitzeln auch zugekauft Material in Frage kommt.
- Die in Zellstoff- und Papierfabriken transportierten Materialien sind manchmal recht problematisch. Die Fasern verheddern sich leicht ineinander und führen dadurch zum Aufbau von faserigen Materialablagerungen auf den Geräten und zum Verstopfen der Schurren auf dem Holzplatz. Holzschnitzel enthalten klebriges Harz, das sich auf dem Band und den Rollen festsetzt und nur sehr schwer zu entfernen ist.

Förderanlagen und Übergaben

- Manche Anwendungen in diesem Industriebereich unterliegen nur einer geringen Beanspruchung; andere Aufgaben beinhalten wiederum hohe Belastungen. Am Schwerlast-Ende des Leistungsspektrums sind Anwendungen im Bereich der Entrindungstrommel zu finden, wo baumlange oder zurechtgeschnittene Stämme für den Transport zum Schnitzelwerk auf die Förderbänder abgeworfen werden.
- Die Förderbänder sind normalerweise 500 bis 1200 mm breit und bewegen sich mit Geschwindigkeiten von 1,3 bis 1,8 m/s. Oft sind die Bänder flach oder sie sind mit Chevrons versehen.
- Holzknüppel und Schnitzel verfangen sich leicht unter den Einhausungen und können die Ladezone blockieren oder das Material kann vom Band fallen. Das kann durch eine sorgfältige Gestaltung der Beschickungsschurre, wie z.B. durch Beschickungsschurren mit sich verjüngendem Verlauf und mit allmählich ansteigender Höhe der Auskleidung, verhindert werden. Selbstregulierende Einhausungsabdichtungen mit niedrigem Anpressdruck haben eine bessere selbstreinigende Wirkung als feststehende Abdichtungssysteme.
- Die Verwendung von Luftkanonen muss sorgfältig erwogen werden, weil Holzschnitzel und Rinde aufgrund ihrer Porosität oft viel größere Luftkanonen als andere Anwendung erfordern.
- Die für die Herstellung von Spanplatten mit ausgerichteten Spänen (OSB-Platten) verwendeten Schnitzel sind unterschiedlich geformt und werden mit Harz überzogen,

bevor die Platten in den Ofen kommen. Je nachdem an welcher Stelle das Harz zugegeben wird, können sich ziemlich starke Harzablagerungen auf den Rollen aufbauen.

Bandreinigung

- Die aus dem Holz stammenden Harze oder Pech führen zu Problemen bei der Bandreinigung. Diese Stoffe sind für sich selbst betrachtet schon schwierig zu entfernen, aber hinzu kommt noch, dass andere Materialien wie z. B. Rindenstreifen, Holzschnitzel oder Feinpartikel auch noch anhaften und die Reinigung erschweren. Das klebrige Harz auf dem Förderband kann dazu führen, dass die Urethan-Abstreifblätter der Vorabstreifer starken Reibungskräften und Vibrationen unterliegen, wodurch sich das Abstreifblatt erhitzen und manchmal sogar schmelzen kann. Zur Lösung dieses Problems sind manchmal dünne, mit Spitzen aus Wolframkarbid versehene Sekundärabstreifer erforderlich, die mit höheren Anpressdrücken betrieben werden. Eine Verhärtung des Materials kann man dadurch vermeiden, dass man das Band nach jedem Produktionszyklus leer laufen lässt und dem Abstreifer Gelegenheit zur Entfernung des aufgebauten Materials gibt.
- Im Auslauf des Beschickungsförderers für den Kocher befinden sich auch Chemikalien, die eine Erweichung der Urethan-Abstreifblätter verursachen und damit eine Verkürzung der Standzeit der Abstreifblätter bewirken können.
- Oft werden Stollengurte verwendet, um die Schnitzel oder Rinde an Steigungen nach oben zu transportieren. Für die Reinigung dieser Bänder werden Bürstenreiniger und Chevron-Fördergurtreiniger benötigt; diese Anwendungen sind jedoch nicht ganz unproblematisch.
- Auf Armen montierte Sekundärabstreifer haben den Nachteil, dass sich darauf bei Rindeförderanlagen faseriges Material sammeln kann, was zu einer Reduzierung der Leistung führt. Hier empfiehlt sich eher der Einsatz von Einzelabstreifblättern oder von Abstreifblättern ohne Arme, die in einer Reihe nebeneinander montiert sind.
- Für die Produktion von weißem Papier ist eventuell der Einsatz spezieller Abstreifblätter erforderlich, damit das Papier nicht durch farbige Partikel vom Abrieb des Abstreifblattes verschmutzt wird.



Staubkontrolle

- Die Staubunterdrückung mittels Nebel ist weit verbreitet, weil die Betriebe aus verfahrenstechnischen Gründen ihrem Zellstoffbrei keine Chemikalien (wie z. B. Tenside für die Staubunterdrückung) zusetzen können.
- Staubabscheidungssysteme sind ebenfalls häufig anzutreffen; in den meisten Fällen handelt es sich dabei um große, zentrale Schlauchfilter-Batterien.

TAGEBAU (KOHLE ODER ANDERE ROHSTOFFE)

(Siehe auch Kohlebergbau und Festgesteinsbergbau)

Allgemeine Charakteristik

- Die in diesen Betrieben transportierten großen Materialmengen führen zur Verwendung von extrem großen Maschinen - vom Schaufelradbagger bis zum Muldenkipper - und breiten, schnelllaufenden Fördersystemen mit hohen Tonnagen.
- Im Tagebau werden sehr unterschiedliche Stoffe gewonnen; sie erstrecken sich von der Braunkohle und Kohle einfacher Qualität bis hin zu Erzen der Metalle und Edelmetalle.
- Normalerweise müssen große Mengen Erde und Unterboden entfernt werden, bevor man an das Erz herankommt. Die Eigenschaften dieses Abraums ändern sich in verschiedenen Schichtlagen bis hinunter zu der Erz führenden Schicht. Nachdem der Abraum entfernt worden ist, wird das gewünschte Material abgebaut.
- Der Abraum und das Erz können durch eine Kombination aus Schürfkübelbagger und Schaufelradbagger entfernt werden, die das Material auf Muldenkipper oder schnell laufende Förderanlagen verbringen.
- Die Rekultivierung der betroffenen Flächen



erfordert oft ein weiteres Transportsystem, das die benötigte hohe Kapazität aufbringen kann.

Förderanlagen und Übergaben

- Breite, schnell laufende Förderanlagen mit hohen Kapazitäten sind eher die Regel als die Ausnahme. Zum Beispiel werden in deutschen Braunkohlebetrieben Förderanlagen mit Gurtbreiten bis zu 3200 mm verwendet, die mit Geschwindigkeiten von bis zu 10,5 m/s laufen. Diese Betriebe fordern von den Gerätelieferanten immer größere und schnellere Systeme, mit immer höheren Tonnagen.
- In der Ladezone der Förderanlagen treten durch den Aufprall von ungebrochenem, unaufbereitetem Material extreme Stoßkräfte auf. Ladezonen sollten mit Aufpralldämpfungsrollen und Aufpralldämpfungstischen oder einer Kombination dieser Vorrichtungen für diese Kräfte ausgelegt sein. Um solche Aufprallkräfte aufnehmen zu können, sind in vielen Betrieben Girlandenträgrollen eingebaut, was zu Abdichtungsproblemen in der Ladezone führt.
- Wechselnde Materialeigenschaften - z. B. bei Abraummaterial aus verschiedenen Schichten - führen oft zu Materialansammlungen, die die Schurren verstopfen können. Hier kann sich der Einbau von Luftkanonen und/oder Vibratoren auf Übergabeschurren als nützlich erweisen. Im Winter oder in den nassen Jahreszeiten treten schwerwiegende Probleme bei der Gurtreinigung und durch verstopfte Schurren auf.

Bandreinigung

- Hohe Geschwindigkeiten des Bandes und des Materialstroms führen aufgrund der auftretenden Reibung zu hohen Temperaturen und Vibrationen. Gurtreiniger müssen so konstruiert sein, dass sie diesen Bedingungen standhalten können. Oft werden großvolumige Urethan-Vorabstreifer verwendet, um die Wärme besser abzuleiten und damit die Nutzungsdauer des Vorabstreifers zu verlängern.
- Die hohen Betriebsgeschwindigkeiten der Förderanlagen in einigen Anwendungen erlauben oft keine Verwendung von Sekundärabstreifern, die mit höheren Anpressdrücken gespannt werden; an den großen Kopftrommeln der im Tagebau eingesetzten Förderanlagen unterhalb des Materialabwurfs könnte jedoch ausreichend Platz für die Montage von zwei Vorabstreifer vorhanden sein, die mit niedrigem

Anpressdruck eingestellt werden.

- Bei hochadhäsivem Fördergut kann die Verwendung eines Krustenbrechers erforderlich sein, der vor dem Vorabstreifer installiert wird, um die allgemeine Reinigungsleistung zu verbessern und um die Standzeit des Vorabstreifers und der sekundären Reinigungssysteme zu verlängern.
- Die Reinigung des Untertrums ist wegen der möglicherweise vorhandenen großen Brocken und der eventuellen Klebrigkeit des Materials wichtig. Diese Materialien werden zwischen dem Band und der Einschnürtrommel eingeklemmt und können das Band beschädigen, entweder dadurch, dass sie das Band durchbohren oder durch Erhöhung der Gurtspannung. Ein Materialaufbau kann auch schnell zu Gurtschieflauf führen.
- Die Reinigungseinrichtungen für die Innenseite des Bandes müssen einer hohen Aufprallwucht standhalten können und sie müssen Einklemmen des Materials an den Elementen der Aufhängung verhindern. Oft werden am Umlaufende neben den Schutzabstreifern noch zusätzlich die Trommelabstreifer eingesetzt.
- Aufgrund der Länge und der geforderten Förderleistung einiger Bänder werden diese Anlagen manchmal mit einem Doppelantrieb ausgestattet (wobei der zweite Antrieb ein Zusatzantrieb ähnlich dem eines Bandschleifenwagens ist), der eine weitere Quelle für Materialverluste darstellen kann. Bei diesen Einheiten ist der Einbau von Gurtreinigern aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse und der oft kleiner dimensionierten Trommeldurchmesser besonders schwierig.
- Hochleistung-Urethane können bei besonders hoher Beanspruchung ein hervorragendes Leistungsverhalten und eine lange Standzeit aufweisen.

Staubkontrolle

- Durch Aufsprühen aufgebracht Wasser ist die typische Staubunterdrückungsmethode; eine vermehrte Verwendung von Wasser führt jedoch zu Problemen mit Rücklaufmaterial oder mit zugesetzten Siebgittern. Außerdem ist das Wasser nicht immer verfügbar. Alternativ kann Staubunterdrückung mit Tensidzusatz oder mit Schaum als eine Alternative in Betracht gezogen werden.
- Im Allgemeinen ist an der Abkipfstelle zur Beschickung des Vorbrechers ebenfalls eine Lösung zur Staubeindämmung erforderlich. Der Staub an den Abkipfstellen lässt sich oft mit "Absetzschuppen" in den Griff bekommen, wo sich der Staub legen kann.

LERNEN SIE IHREN "GEGNER" KENNEN

Und zum Abschluss...

In jedem Industriebereich, in dem Förderbänder für den Transport von Schüttgütern zum Einsatz kommen, gibt es ganz spezifische Bedingungen, die bei der Konfiguration der Förderanlage und des Zubehörs zu berücksichtigen sind. Obwohl es einige Regeln gibt, die für alle Förderanlagen allgemein gelten, so gibt es eine Vielzahl an Einflüssen, die hinsichtlich der Materialkontrolle sehr spezifisch für den jeweiligen Industriebereich sind. Diese Unterschiede beziehen sich auf die Eigenschaften der Schüttgüter, auf die Umgebungsbedingungen am jeweiligen Standort, auf die eingesetzte maschinelle Ausrüstung und nicht zuletzt auf die dort geltenden gesetzlichen Regelungen und Normen.

Vorausblick...

Dieses Kapitel, „Betrachtung ausgewählter Industriebereiche“, setzt den Abschnitt über „Das Gesamtbild der Schüttguthandhabung“ damit fort, dass hier die Besonderheiten dargestellter Industriebereiche im Hinblick auf die Reduzierung der Materialverluste hervorgehoben werden. Mit dem nächsten Kapitel über „Sonderförderanlagen“ schließen wir diesen Abschnitt ab.

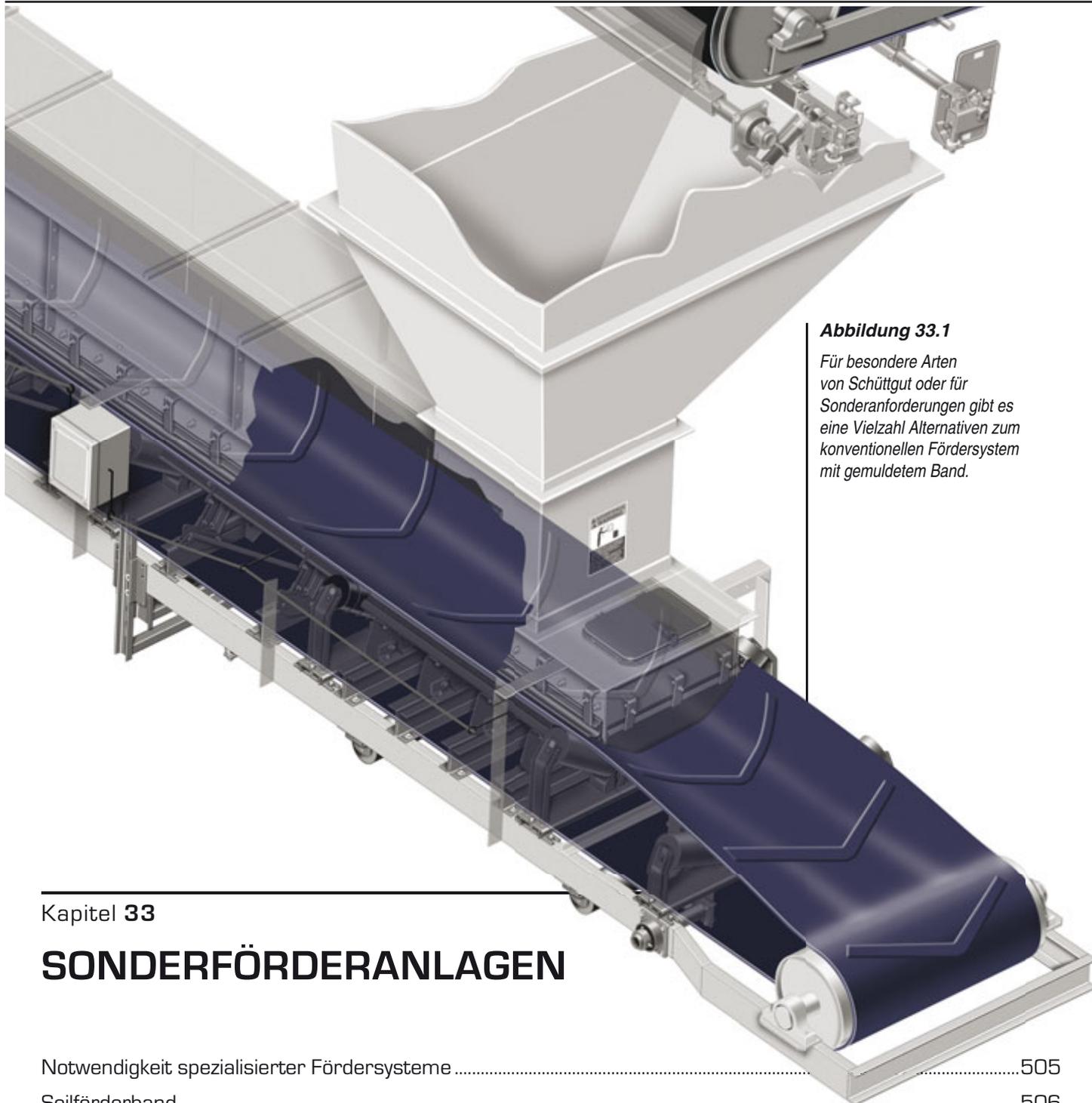


Abbildung 33.1
 Für besondere Arten von Schüttgut oder für Sonderanforderungen gibt es eine Vielzahl Alternativen zum konventionellen Fördersystem mit gemuldetem Band.

Kapitel 33

SONDERFÖRDERANLAGEN

Notwendigkeit spezialisierter Fördersysteme	505
Seilförderband	506
Gurte mit Stollen oder Chevrons	507
Waagrecht und senkrecht gekrümmte Förderanlagen.....	508
Taschen- und Wellenkantenförderanlagen	509
Geschlossene Walzenförderanlagen	510
Beutel-, falt- und Schlauchgurtförderer	510
Sandwich-Förderanlagen	512
Zukunft der Fördertechnik	513
Stellung alternativer Fördersysteme	513

In diesem Kapitel...

In diesem Kapitel stellen wir mehrere Alternativen zu konventionellen Fördersystemen mit gemuldeten Bändern vor. Diese alternativen Systeme können sich bei Sonderanwendungen als vorteilhaft erweisen. Es werden ihre jeweiligen Vor- und Nachteile sowie ihre typischen Anwendungsbereiche besprochen. Wir betrachten auch die Zukunft der Fördertechnik.

Während für die meisten Anwendungen das konventionelle Fördersystem mit gemuldetem Band den Markt dominiert, wächst jedoch auch das Interesse an spezialisierten oder alternativen Fördersystemen (**Abbildung 33.1**). Diese Systeme verwenden weiterhin ein Band für den Transport des Materials, weisen aber unterschiedliche Lösungsansätze bei den anderen Komponenten auf.

NOTWENDIGKEIT SPEZIALISierter FÖRDERSYSTEME

Die verschiedenen hier beschriebenen Alternativtechniken weisen mehrere gemeinsame Eigenschaften auf. Dazu gehören:

A. Verbesserter Umweltschutz

Bei den meisten modernen Fördereinrichtungen wird eine saubere Arbeitsweise gefordert, d. h. ohne Verschüttungen und Staub. Wesentliche Voraussetzung für die Erteilung von Genehmigungen, für die Gewährleistung sicherer Arbeitsbedingungen und für die hohe Produktivität ist die Minimierung der Übergabepunkte, die Einhausung der Bänder und die Beseitigung der Verschüttungen und Staubemissionen bei der Beladung und Entladung. Einige der hier erörterten unkonventionellen Förderanlagen bieten in diesem Bereich spezielle Vorteile durch verbesserte Materialkontrolle.

B. Reduktion der Arbeits- und Kapitalkosten

Oft entscheidet man sich für neue Fördertechniken, um entweder den Platzbedarf der Förderanlage (d. h. der erforderlichen Aufstellfläche für das System) zu vermindern, oder um die Anzahl der Übergabepunkte zu minimieren. Diese beiden Gründe können zu einer Reduktion der Kosten für Kapital und Wartung führen. Kleinere Dimensionen der Förderanlage sind bei engen Platzverhältnissen immer vorteilhaft. Das führt zu geringeren Investitionskosten und Einsparung bei der späteren Wartung. Viele der neuen Förderanlagen sind als Modulsysteme

konzipiert. Die einzelnen Module werden vorgefertigt und vor Ort nur zusammengesetzt. Dadurch kann die Montagezeit im Betrieb auf ein Minimum reduziert werden.

C. Verringerung der Anzahl der Übergabepunkte

Diese speziellen Förderanlagen vereinen gleich zwei Vorteile: geringeren Investitionsaufwand, weil viele Komponenten der Übergabepunkte entfallen können (wie z. B. Rollensätze, Abdichtsysteme, Übergabeschurren und Auskleidungen) und es fallen geringere Arbeitskosten für Beseitigung der Folgen der Verschüttungen und der Staubemission an. Zudem treten keine Qualitätsverluste des Förderguts auf, die für Übergabepunkte typisch sind.

Es gibt mehrere Gründe für die Weiterentwicklung der Fördertechnik, einschließlich der stets gegenwärtigen und konfliktbeladenen Notwendigkeit zur Überquerung von schwierigem Gelände und der Bestrebung nach Kostenminimierung. Es gibt jedoch einen Faktor, der wie ein „gemeinsamer Nenner“ bei allen Entwicklungen der Spezial-Fördertechnik auftaucht: der Umweltschutz.

Ohne Verweis auf Handelsnamen oder Firmeninformationen werden nachfolgend einige dieser Spezial-Fördertechniken aufgeführt. Weitere Informationen über alternative Fördertechnik sind in der sechsten Auflage von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS* [Gurtbandförderer für Schüttgüter] der Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) zu finden oder sie sind beim Hersteller des speziellen Systems zu erfragen. (Siehe Kapitel 24: „Luftunterstützte Förderanlagen“ für weitere Informationen zu diesem Thema.)

SEILFÖRDERBÄNDER

Statt mit Rollensätzen wird das Band bei Seilförderbändern mit zwei endlosen Drahtseilen abgestützt, die jeweils im Kantenbereich des Bandes angebracht sind (**Abbildung 33.2**). Diese Seile stützen sowohl die Tragseite als auch die Rücklaufseite des Bandes und dienen als Zugelement zur Übertragung der Antriebskraft für den Transport.

Bei den Seilförderbändern werden spezielle Bänder mit einer Quersteifigkeit eingesetzt, die wesentlich höher ist, als die Steifigkeit der normalen Gurte. Dies ist wichtig, weil bei dem System keine Rollensätze verwendet werden

und das Band sowohl sein Eigengewicht, als auch das Gewicht der Ladung tragen muss. Im Bereich der Bandaußenkanten sind sowohl tragseitig als auch laufseitig Führungsbahnen (oder Führungsschuhe) für das Seil angebracht.

Die Ladezone und der Abwurfbereich sind ähnlich wie eine konventionelle Förderanlage aufgebaut, wobei die Trommeln zur Aufnahme der Führungsbahnen im Band vorgesehen sind. Die Seile und das Band werden an der Beladung (am hinteren Ende) und am Abwurf (Kopfende) voneinander getrennt, wo sie jeweils über separate Trommeln laufen.

Seilförderanlagen sind für Anwendungen auf langen Strecken mit senkrechten und waagerechten Kurven am geeignetsten; sie gewährleisten einen zuverlässigen Transport über großen Entfernungen und über schwieriges Gelände hinweg. Typische Anwendungen sind mindestens ein Kilometer lang. Bei der Verwendung von Seilförderbändern kann man eventuell auf Übergabestationen verzichten, weil sie waagerechte und senkrechte Kurven bewältigen können; die mit Übergabepunkten einhergehende Qualitätsverschlechterung des Materials und die Wartungskosten werden dementsprechend ebenfalls reduziert.

Vorteile

- Ermöglichen Richtungsänderungen in der waagerechten und in der senkrechten Ebene
Seilförderbänder eignen sich gut für Anwendungen über schwieriges Gelände.
- Sind ideal für lange Strecken
Typisch ist eine Länge von mind. 1000 m.

- Gewährleisten einen erschüttungsarmen Transportverlauf

Das Material entmischt sich nicht, da keine Rollen verwendet werden und somit keine Schwingungen und Vibrationen auf das Fördergut übertragen werden.

Nachteile

- Konstruktiver Kompromiss

Die zwischen dem Band und dem Seilsystem vorliegende Reibung reicht nicht immer für eine ausreichende Gurtunterstützung im Beladungsbereich aus.

- Probleme bei der Abdichtung oder der Reinigung des Bandes

Die Konstruktion der eingesetzten Vorrichtungen und die dort wirkenden Kräfte können dazu führen, dass das Band entweder gestaucht oder gedehnt wird. Der Mechanismus für den Seilantrieb an der Kopftrommel erschwert die Einpassung von Abstreifern an dieser Stelle.

- Anfällig für klimatische Einflüsse

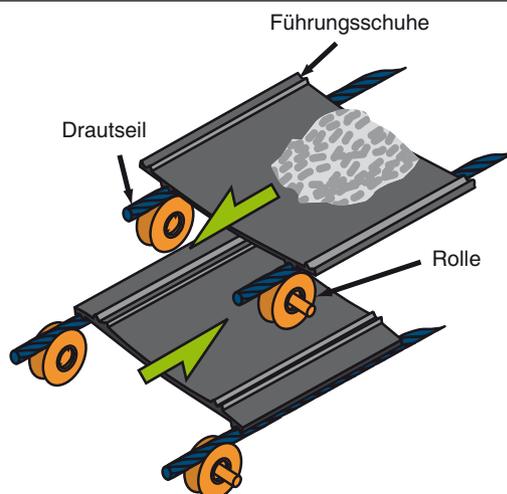
Durch Witterungseinflüsse kann es zwischen dem Seil und dem Band zu Reibungsverlusten kommen.

Typische Anwendungen

- Lange Überlandsysteme

Diese Systeme haben sich beim Transport von Erzen über schwieriges Gelände als effektiv erwiesen.

Abbildung 33.2
Bei Seilförderbändern wird ein Drahtseil zur Abstützung und für den Antrieb des Bandes verwendet.



GURTE MIT STOLLEN ODER CHEVRONS

Stollengurte sind Bänder mit großen Rippen, Flossen oder Chevrons auf der Gurtoberfläche (**Abbildung 33.3**). Diese Stollen können entweder durch Vulkanisierung oder mit mechanischen Verbindern auf der Gurtoberfläche befestigt werden. Auf der Tragseite ist die Förderanlage konventionell aufgebaut, wobei der Muldungswinkel durch die Steifigkeit des Bandes und die Anordnung der Stollen begrenzt wird. Die Stollen verlangen eine besondere Konstruktion der Rücklaufrollen. Anwendung finden geteilte Rollen, Gummischeibenrollen oder seitliche Gurtrollen. Manchmal sind die Bänder mit Chevrons mit niedrigem Profil von maximal 12 mm versehen, die entweder über die Oberfläche herausragen oder darin als negativer Abdruck eingelassen sind (**Abbildung 33.4**). Im Allgemeinen erfordern diese Bänder keine speziellen Rücklaufrollen.

Vorteile

- Ermöglichen einen steileren Steigungswinkel
Diese Systeme können Fördergut an Steigungen von bis zu 45° hinauf transportieren. Dadurch sind kleinere Aufstellflächen für die Förderanlage erforderlich (**Abbildung 33.5**).

Nachteile

- Geringere Förderkapazität
Mit steigendem Neigungswinkel nimmt die Kapazität ab.
- Stollen sind für Beschädigungen anfällig
Über die Gurtoberfläche hervorstehende Stollen können durch Materialbrocken, Einhausungsabdichtungen und Abstreifer leichter beschädigt werden.
- Schwierigkeiten bei der Bandreinigung
Zur Beseitigung des Rücklaufmaterials müssen spezielle Vorrichtungen eingesetzt werden, z. B. Sprühwassersysteme, Luftmesser, Klopfer oder speziell konstruierte Abstreifer mit einzelnen Fingern. Gurte mit negativem Abdruck sind leichter zu reinigen, erfordern aber immer noch spezielle Reinigungsgeräte.
- Probleme bei der Einhausungsabdichtung
Damit die Abdichtsysteme den Staub und die Verschüttungen eindämmen können, müssen die Stollen entlang den Bandkanten entfernt bzw. gestutzt werden.
- Begrenzter Spielraum für Bandversatz
Wenn das Band den Beladungsbereich nicht spurtreu durchläuft, dann scheuern die Stollen am Abdichtsystem, dessen Abdichtung dadurch vorzeitig verschleißt.

Typische Anwendungen

- Mineralische Zuschlagstoffe
Diese Systeme sind besonders vorteilhaft, wo die räumlichen Gegebenheiten beengt und steile Neigungen zu überwinden sind.
- Holzprodukte
Auch hier ist der geringe Raumbedarf besonders hilfreich.
- Rollende und rutschende Schüttgüter
Stollen/Chevrons sind dann von Vorteil, wenn das Material dazu neigt, auf der Förderanlage zurückzurollen oder zurückzugleiten.

WAAGRECHT UND SENKRECHT GEKRÜMMTE FÖRDERANLAGEN

Senkrecht und horizontal gekrümmte Förderbänder kommen zum Einsatz, wenn bei Überlandförderanlagen die Beladestelle und die Abwurfstelle aufgrund von Hindernissen im Gelände, wegen wegrechtlicher, technologiebedingter bzw. eigentumsrechtlicher Beschränkungen oder aus anderen Gründen nicht geradlinig verbunden werden können. Die Krümmungsfähigkeit dieser Förderanlagen ermöglicht, auf einen oder mehrere Übergabepunkte zu verzichten (**Abbildung 33.6**).

Konventionelle Förderbänder können durch die Anhebung der Rollen auf der Außenseite der gewollten Krümmung in eine waagerechte Kurve geführt werden. Außer einer baulichen Anpassung im angehobenen Bereich, für die handelsübliche Komponenten verwendet werden können, sind keine weiteren Änderungen notwendig.

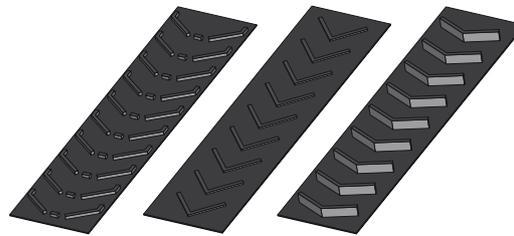


Abbildung 33.3

Das Angebot an Bandstollen umfasst eine Vielzahl schüttgut- und anlagespezifischer Varianten.



Abbildung 33.4

„Umgekehrte Chevrons“ sind als negativer Abdruck in der Bandoberfläche ausgeführt.



Abbildung 33.5

Bänder mit Chevrons sind sehr effektiv bei Förderanlagen mit größeren Anstiegswinkeln.

Für eine gegebene Situation ist eine konstruktive Analyse zur Ermittlung des richtigen Bandes, der lokalen Erhöhung der Gestelle und der Gurtspannung erforderlich. Der Kurvenradius variiert, liegt aber im Allgemeinen etwa bei 95 m.

Durch gezielte Spannung des Gurtes mittels entsprechend verteilter Zwischenantriebe können auch engere Radien erreicht werden. Die gewünschte Gurtgeometrie und Spannungsverteilung dieser gekrümmten Förderanlagen lässt sich konstruktiv durch Kippen der Rollen beeinflussen. Aufgrund der Komplexität dieser Aufgabe kommen hier Methoden der computergestützten Modellsimulationen zum Einsatz.

Diese Methode ermöglicht die Anpassung langer Überlandförderanlagen an die vorliegenden Geländebedingungen unter Wegfall von Übergabepunkten. Inzwischen wurde diese Technik so weit entwickelt, dass mehrfach horizontal gekrümmte Überlandförderanlagen mit Längen von einigen Kilometern etwas ganz Alltägliches geworden sind.

Senkrechte Kurven in Förderanlagen können entweder konkav (aufwärts gekrümmt) oder konvex (abwärts gekrümmt) verlaufen. Die abwärts gebogenen Bänder stellen normalerweise kein Problem dar, die Kurve muss aber allmählich verlaufen, damit das Band beim Durchlaufen des Kurvenbereichs nicht durch schlagartige Verformung beschädigt wird. Aufwärts gekrümmte Bänder stellen jedoch fast immer ein Problem dar. Wenn das aufwärts gekrümmte System nicht perfekt gestaltet ist oder wenn Schwankungen in der Beladung oder der Gurtspannung auftreten, dann hebt sich das Band im gekrümmten Bereich von den Rollen ab. Bei Fortsetzung dieser Anhebung bis in die Ladezone besteht akute Gefahr der Bandbeschädigung. Außerdem wird es unmöglich sein, die Ladezone abzudichten.

Vorteile

- Reduziert die Anzahl erforderlicher Übergabepunkte
Kurven machen Richtungsänderungen möglich, wo sonst bei konventionellen Förderanlagen Übergabepunkte erforderlich wären.

Nachteile

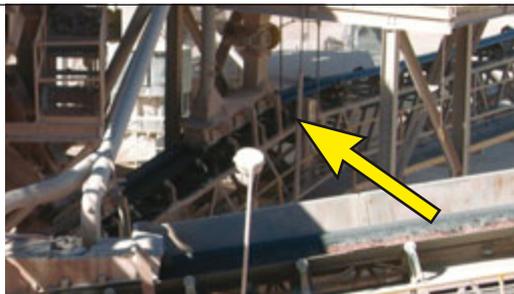
- Zusätzliche Ingenieurleistung erforderlich
Die Gestaltung des Systems erfordert erfahrenere und damit teurere Ingenieure.
- Erhöhte bauliche Komplexität
Der Aufbau eines Systems mit präzisiertem Verlauf über der Landschaft erfordert hohe Sachkenntnis.
- Spannung an der Gurtkante
Erhöhte Spannung an der Gurtkante kann zu Problemen für das Band und für die Rollen führen.

Typische Anwendungen

- Lange Überlandförderanlagen
Durch die Kurven kann die Förderanlage um Hindernisse herumgeführt werden, ohne dass dazu Übergabepunkte erforderlich wären.
- Hubförderanlagen
Das System ermöglicht die Anhebung von Fördergut auf Lagerbehälterniveau oder zu Verarbeitungsstationen, die sich an höher gelegenen Standorten im Betrieb befinden.

Abbildung 33.6

Mit speziellen Techniken ist es möglich, in eine Förderanlage die waagerechten und senkrechten Krümmungen zu integrieren.



TASCHEN- UND WELLENKANTENFÖRDERANLAGEN

Taschenförderer ähneln den mit Stollen besetzten Förderanlagen insofern, als dass sie mit großen Mittelstollen ausgestattet sind (**Abbildung 33.7**). Dem Band sind noch flexible Seitenwände beigefügt, so dass sich somit eine fortlaufende Folge von Taschen ergibt, ähnlich wie bei einem Becherwerk. Das Band ist eine Spezialkonstruktion mit einer hohen Quersteifigkeit wegen der erforderlichen Biegung. Die Rücklauftrommeln sind so konstruiert, dass sie nur mit den Außenkanten des Bandes in Kontakt kommen. Die Taschenförderanlage ist oft „S“-förmig aufgebaut. Sie bieten eine hohe Förderleistung über große Förderhöhen und haben einen minimalen Platzbedarf (**Abbildung 33.8**).

Vorteile

- Kann die Ladung bei relativ kleinem Platzbedarf hoch transportieren
Das System kann die Ladung bei minimaler Gurtunterstützung vertikal anheben.
- Ermöglicht den Abwurf des Förderguts an der Stelle, wo es gebraucht wird
Das Band kann über die senkrechte Achse verdreht werden und ermöglicht damit einen versetzten Abwurf.
- Die Abdichtung ist bereits integrierter Bestandteil des Bandes
Seitenabdichtungen sind nicht erforderlich.
- Folgt gut einem vorgegebenen Verlauf
Es können relativ enge konvexe und konkave Biegungen realisiert werden.

Nachteile

- Es ist spezielles Gurtmaterial erforderlich
Das Gurtmaterial ist teuer und muss speziell angefertigt werden. Es gibt möglicherweise lange Lieferzeiten für Ersatzbänder.
- Taschen sind anfällig für Beschädigungen
Die Wellenkanten stehen über der Bandoberfläche hervor, deshalb können sie sich in Hindernissen verfangen.
- Schwierigkeiten bei der Reinigung des Bandes
Konventionelle Fördergurtreiniger funktionieren nicht bei der Entfernung des Materials aus den Taschen.



Abbildung 33.7

Bei Wellenkantenförderanlagen wird das Fördergut von quer verlaufenden Rippenprofilen und flexiblen Seitenkanten umschlossen.



Abbildung 33.8

Taschenförderer bieten eine hohe Förderleistung über großen Höhen bei minimalem Platzbedarf.

Typische Anwendungen

- Transport kleiner bis sehr feiner Schüttgüter über steile Neigungen
Das in Taschen transportierte Material rollt auf geneigten Förderanlagen nicht zurück.
- Anwendungen bei beschränkten räumlichen Verhältnissen
Das umschlossene Material kann einen steilen Anstieg hinauf angehoben werden, so dass die Förderanlage nur einen minimalen Platzbedarf hat.

GESCHLOSSENE WALZENFÖRDERANLAGEN

Geschlossene Walzenförderanlagen sind vollständig eingehaust und das Band ist auf der Tragsseite mit Stollen oder Rippen ausgestattet. Zusätzlich zum Transport der Ladung haben diese Rippen die Funktion, Materialverschüttungen und Staub von der Abdeckung unter dem Rücklauf zurück zur Ladezone zu schleppen (**Abbildung 33.9**). Es gibt verschiedene Methoden, das verschüttete Fördergut und den Staub mittels Selbstverladung wieder auf das Band zu bringen, z. B. durch an der Kehrtrommel angebrachte Schaufeln. Bei manchen Konstruktionen sind die Rollen vollständig umschlossen, bei anderen sind sie freitragend an einem Ausleger montiert oder von der Außenseite zugänglich.

Vorteile

- Die Förderanlage ist von allen Seiten eingehaust
Staub und Materialverschüttungen verbleiben innerhalb des Gehäuses.
- Konstruktion in modularer Bauweise
Durch die Gestaltung und Vorfertigung vermindert sich der für die Montage erforderliche Zeitaufwand.
- Es sind keine Einhausungen erforderlich
Es gibt keine Gummiabdichtungen, die nachgestellt oder ausgetauscht werden müssen.

Nachteile

- Problematisches Schlepssystem
Das Schlepssystem funktioniert vielleicht nicht mit allen Materialien. Klebrige Materialien sammeln sich an.
- Schwierige Wartung der Rollen
Das Gehäuse erschwert den Zugang.
- Begrenzte Transportgeschwindigkeit aufgrund des Schlepssystems
Die Rückführung der Materialverschüttungen zum Materialstrom kann das ganze System verlangsamen.

Typische Anwendungen

- Getreide
Diese Systeme findet man oft bei Getreide-Elevatoren und Einrichtungen zur Getreideverarbeitung.

BEUTEL-, FALT- UND SCHLAUCHGURTFÖRDERER

Bei dieser Art von Spezialförderanlagen kommt ein speziell konstruiertes Band- und Transportsystem zum Einsatz (**Abbildung 33.10**). Hier wird das Band in allen Fällen in eine geschlossene, staubdichte, röhrenartige Form überführt. Bei den Beutel- oder Faltbandfördereinrichtungen ist das Band mit speziellen Kanten ausgestattet, die von einem oben angeordneten Transportsystem, ähnlich einer Hängebahn, erfasst werden. Schlauchgurtförderer sind mit einem speziellen Band ausgestattet, das durch eine Reihe von radial angeordneten Rollen zu einer Röhre zusammengerollt wird. Die Röhre wird an der Beladestelle und an der Abwurfstelle mit speziellen Führungen geöffnet (**Abbildung 33.11**).

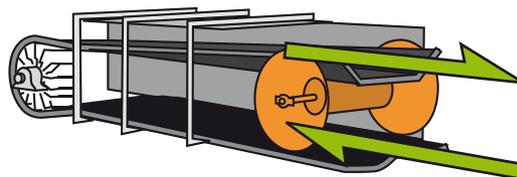
Weil diese Förderanlagen völlig geschlossen sind, sind Umweltverschmutzung und Verschüttungen während des Transports nicht möglich, das Material kann nicht verschmutzen und eine qualitative Verschlechterung des Produkts ist weitestgehend eliminiert. Durch die mit Schlauchgurtförderern zu erreichenden waagerechten Kurven kann die Anzahl der Übergabepunkte und die Anzahl der für den Transport erforderlichen Antriebseinheiten reduziert werden. Schlaugurtförderer können steile Steigungen und Gefälle überwinden, was eventuell kürzere Förderstrecken möglich machen kann. Das Untertrum eines Schlauchgurtförderers kann ebenfalls in eine Röhrenform überführt werden, um Materialverschüttungen oder Staubemissionen von der schmutzigen Bandseite zu verhindern. Manchmal kann das Untertrum zum Transport in umgekehrte Richtung verwendet werden.

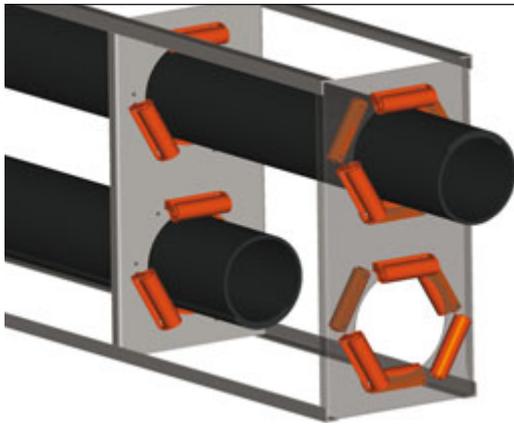
Vorteile

- Weniger Ladezonen und Übergabepunkte
Diese Systeme können enge senkrechte und waagerechte Kurven überwinden und somit die Anzahl der erforderlichen Übergaben vermindern.
- Bietet einen verschmutzungsfreien Betrieb
Die Ladung ist völlig eingeschlossen, so

Abbildung 33.9

Geschlossene Walzenförderanlagen sind mit Rippen ausgestattet, die das Schüttgut zur Abwurfstelle befördern.



**Abbildung 33.10**

Links: Bei Schlauchgurtförderern wird das Band zu einer Röhre zusammenge-
rollt und umschließt so das
Fördergut.

Rechts: Bei Beutel- oder
Faltdandförderer-
einrichtungen werden die Kanten
des Bandes zusammenge-
führt, um so eine Tasche
zu bilden.

dass kein Material entweichen und keine
Verschmutzung eindringen kann.

- Bietet bei den meisten Schüttgütern ange-
messene Durchflussleistung
Das System ermöglicht eine für die meisten
Anforderungen ausreichende Förderkapa-
zität.
- Material kann in beide Richtungen trans-
portiert werden
Das System kann zum Beispiel Material zu
einem Hafen hin und gleichzeitig von ihm
zurück transportieren; damit entfällt die
Notwendigkeit von zwei Fördersystemen.

Nachteile

- Größere Kosten
Die tragende Konstruktion, die Führun-
gen und das Band sind komplizierter und
deshalb teurer.
- Spezielles Gurtmaterial erforderlich
Dieses spezielle Gurtmaterial bedingt einen
größeren zeitlichen und auch finanziellen
Aufwand, wenn einmal ein Ersatz erforder-
lich wird.
- Abdichtungsprobleme an den Beladestellen
Die Überführung des Bandes in die End-
form erschwert die Abdichtung.
- Höherer Bandreinigungsaufwand
Die Bandreinigung ist wichtig, da Rücklauf-
material die Funktion der mechanischen
Komponenten beeinträchtigen kann, die das
Band tragen.
- Erhöhte Antriebsleistung erforderlich
Im Vergleich mit konventionellen Förder-
anlagen mit gemuldetem Band kann dieses
System bis zu 30 % mehr Leistung erforder-
dern.

**Abbildung 33.11**

Der Schlauch wird an der
Beladestelle und an der
Abwurfstelle mit speziellen
Führungen geöffnet.

Typische Anwendungen

- Häfen
Durch den Einschluss der Ladung können
keine Materialverschüttungen in Gewässer
gelangen.
- Industrielle Anwendungen unter beschränk-
ten Platzverhältnissen
Dadurch, dass das System steile Neigungs-
winkel überwinden und gekrümmten
Verläufen folgen kann, ist der Einbau in
räumlich beengter Umgebung möglich.
- Materialien, bei denen es auf einen versch-
mutzungsfreien Transport ankommt
Durch den Einschluss der Ladung wird diese
von verunreinigenden Stoffen geschützt.

SANDWICHFÖRDERANLAGEN

Sandwichförderanlagen, auch als Steilförderanlagen bekannt, werden im Allgemeinen für den Materialtransport mit Hilfe von zwei Bändern an Strecken mit steilem Steigungswinkel benutzt. Das Fördergut wird zwischen die beiden Bänder eingeschlossen (**Abbildung 33.12**). Bei diesen Systemen werden modifizierte Rollensysteme zur Erfassung des Förderguts und zur Bildung der Sandwich-Anordnung verwendet. Die Förderanlagen haben oft die „S“-Form. Sie dienen normalerweise dem Transport der Ladung steil nach oben beziehungsweise nach unten und zeichnen sich

Abbildung 33.12

Bei Sandwichförderanlagen wird die Ladung zwischen zwei parallel laufenden Bändern festgehalten, um es dann steil nach oben zu transportieren.

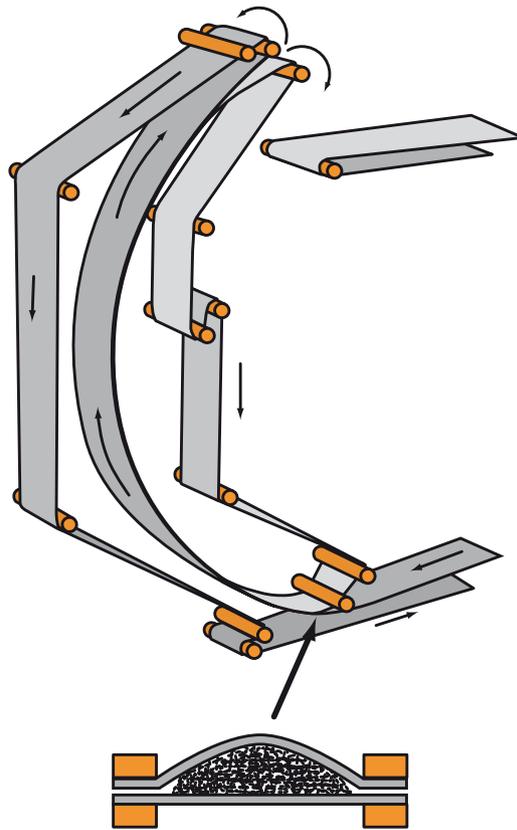


Abbildung 33.13

Sandwichförderanlagen werden häufig für Anwendungen wie z. B. die Befüllung von Silos und bei der Selbstentladung von Schiffen eingesetzt.



durch sehr kleine Standfläche aus (**Abbildung 33.13**).

Vorteile

- Kann große Materialmengen über steil ansteigende/abfallende Strecken transportieren
In dem System wird das Material zwischen den Bändern festgeklemmt, so dass die Bänder hohe Steigungen ohne Materialverluste überwinden können.
- Ist bei beschränkten Platzverhältnissen ideal
Der steile Neigungswinkel bewirkt, dass die Förderanlage nur einen geringen Platzbedarf hat.

Nachteile

- Erschwerte Wartung der rollenden Komponenten
Bei diesen Systemen ist am kleinen Raum eine hohe Komponentenanzahl untergebracht.
- Die richtige Beladung ist für einen effizienten Betrieb entscheidend
Wird das Material bei der Beladung nicht wie erforderlich aufgebracht, ist die Dichtigkeit der Sandwich-Anordnung nicht gewährleistet und somit der Nutzen des Systems in Frage gestellt.
- Erschwerte Bandreinigung
Die Bandreinigung gestaltet sich schwierig, da das oben liegende Band verkehrt herum liegend gereinigt werden muss. Für Bandreinigungs- und Spurführungseinrichtungen steht nur begrenzter Platz zur Verfügung.

Typische Anwendungen

- Brecherbetrieb in der Grube
Diese Systeme sind hilfreich, wenn Material an einem Steilanstieg hoch aus der Grube heraus transportiert werden soll.
- Befüllung von Silos
Hier ist das System ebenfalls wegen seines hohen Steigungswinkels und der damit verbundenen kleinen Grundfläche sehr geeignet.
- Selbstentladende Schiffe
Diese Systeme ermöglichen die Löschung des Materials direkt aus dem Frachtraum des Schiffs.

ZUKUNFT DER FÖRDERTECHNIK

Im Zuge der technologischen Weiterentwicklung werden die Eigenschaften, durch die sich die vorstehend beschriebenen modernsten Lösungen auszeichnen, zu Standard-Leistungsmerkmalen der Förderanlagen. Dementsprechend werden die Förderbänder weniger Übergabepunkte aufweisen und weniger Wartung benötigen. Es ist auch zu erwarten, dass es Weiterentwicklungen im Bereich der Werkstoffe für den Förderanlagenbau und im Bereich der Wartungsabläufe geben wird.

Neue Gurtmaterialien

Förderbänder werden aus neu entwickelten, leichteren Materialien hergestellt werden, die hohen Temperaturen standhalten können. Möglicherweise ersetzen synthetische Werkstoffe die mechanischen und vulkanisierten Gurtverbindungen. Eine mögliche Entwicklung sind auch Förderbänder mit antistatischen Antihafbeschichtungen, die verhindern, dass sich darauf das Schüttgut festsetzt. Damit wäre das Problem mit dem Rücklaufmaterial weitestgehend gelöst und zusätzlich die Alterungs- und Witterungsbeständigkeit verbessert.

Vorausschauende Instandhaltung und Ferndiagnosen

Immer mehr Fördersysteme werden mit integrierten Sensoren ausgestattet, die den Wartungsbedarf automatisch signalisieren. Durch die Onlineüberwachung der Fördersysteme mit vorausschauenden Instandhaltungsprogrammen und durch die Protokollierung der Überwachungsvorgänge mit Vorhersage der zu erwartenden Ausfälle wird eine Möglichkeit zu erheblichen Einsparungen bei den Wartungskosten geschaffen. Anhand genauer, anlagebezogener und praxisorientierter Informationen über den Betriebszustand wichtiger Komponenten wird das Wartungspersonal in der Lage sein, Probleme wie Unwucht, Ausrichtungsabweichungen und Lagerschäden diagnostizieren zu können, bevor sie zu einer Produktionsstörung führen.

Mit Hilfe von Ferndiagnosegeräten wird es möglich sein, die Überhitzungspunkte genau zu lokalisieren, Feuchtigkeitsgehalte zu messen und elektrische oder mechanische Ausfälle bei Motoren und bei den damit verbundenen Systemen vorhersagen zu können. Es werden Gurtreinigungsgeräte zur Verfügung stehen,

die sich selbst auf Änderungen der Reibungseigenschaften der Gurtoberfläche einstellen. Bei anderen Sensoren dienen Vibrationsanalysen, Verfahren zur leserbasierten Ausrichtung der Anlagen und Analysen der Schmierstoffe als Parameter, um das Wartungspersonal auf eine Störung aufmerksam zu machen. Durch den Einsatz derartiger Geräte, der in der nahen Zukunft voraussichtlich zunehmen wird, werden die Kosten einer Wartungsstrategie reduziert, die durch rechtzeitiges Erkennen gefährdeter Bauteile schwerwiegende Geräteschäden und Notabschaltungen der Anlagen zu verhindern versucht.

STELLUNG ALTERNATIVER FÖRDERSYSTEME

Und zum Abschluss...

Es gibt zahlreiche Betriebe, die in besonderen Fällen spezielle Fördertechniken einsetzen, um Umweltschutzvorschriften erfüllen zu können, um Schüttgut über große Entfernungen bei schwierigem Gelände zu transportieren und um insgesamt die Rendite ihres Betriebes zu verbessern.

Diese alternativen Fördersysteme sind oft für ganz spezielle Aufgaben geeignet. Sie finden Akzeptanz, weil sie für diese Aufgaben zumindest teilweise eine Lösung bieten. Jedes dieser Systeme hat jedoch auch seine Grenzen und Nachteile. Die konventionelle Förderanlage mit gemuldetem Band stellt indessen eine universelle Standardlösung dar. Förderanlagen mit gemuldetem Band, die eine lange Geschichte zufriedener Leistungen unter schwierigsten Bedingungen haben, zeichnen sich durch höchste Wirtschaftlichkeit aus. An dieser Standardlösung müssen sich die alternativen Systeme messen.

Vorausblick...

Dieses Kapitel über Sonderförderanlagen ist das Schlusskapitel im Abschnitt „Das Gesamtbild der Schüttguthandhabung“ und gleichzeitig auch das letzte Kapitel dieses Buches. Es folgt ein Anhang-Teil, der den Themen Forschung, Mitarbeiterschulung, Dienstleistungen und Produkte der Firma Martin Engineering, sowie dem Innovationszentrum für die Schüttguthandhabung und den FOUNDATIONS™ - Bildungsprogrammen gewidmet ist.

MARTIN ENGINEERING

• FORSCHUNG.....	516
• MITARBEITERSCHULUNG.....	518
• DIENSTLEISTUNGEN.....	520
• PRODUKTE.....	521



MARTIN ENGINEERING INNOVATIONSZENTRUM FÜR DIE SCHÜTTGUTHANDHABUNG (CFI)

Um besseres Verständnis der wissenschaftlichen und praxisrelevanten Aspekte der Schüttguthandhabung zu fördern, hat Martin Engineering ein neues korporatives Forschungszentrum gegründet: das Innovationszentrum für die Schüttguthandhabung (CFI). Für das CFI wurde eigens ein neues Gebäude mit 2.100 m² am Hauptstandort von Martin Engineering in Neponset, Illinois errichtet. Das Zentrum, welches eine Einrichtung im Wert von 5 Millionen USD darstellt, widmet sich der Vertiefung des Wissens über die Eigenschaften und Verhalten der Schüttgüter, der Erforschung und Entwicklung der Fördersysteme zur Handhabung der Schüttgüter und der Förderung der Zusammenarbeit und der Ausbildung in diesem Bereich.

Das Innovationszentrum soll helfen, eine verbesserte Produktivität und Rentabilität in industriellen Betrieben zu erreichen, in denen eine saubere und effiziente Schüttguthandhabung einen wesentlichen Faktor darstellt. Dazu gehören solche Industriebereiche wie z. B. kohlebeheizte Elektrizitätswerke, Kohle- und Hartsteingewinnung, Sand- und Kiesproduktion oder Papier- und Zementindustrie.

Wissenschaft trifft auf Produktentwicklung

Teils als Labor für die wissenschaftliche Forschung und teils als Entwicklungszentrum für Industrieprodukte, arbeitet das CFI mit Firmen, Industrieverbänden und Universitäten als Partner für die praktische Forschung zusammen, um die alltäglichen Probleme zu lösen, die sich auf den Anstieg der Instandhaltungskosten und Beeinträchtigung der Produktivität auswirken würden.

Das Innovationszentrum ist personell und ausstattungs-technisch für die Erfüllung seiner Ziele bestens ausgerüstet. Es beschäftigt auf Vollzeitbasis Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker und verfügt über umfassendes wissenschaftliches Instrumentarium und über die Fördereinrichtungen im Industriemaßstab, einschließlich eines dreiteiligen Fördersystems mit Rücklauf, um Schüttgüter und Prototypen von Bauelementen unter simulierten Einsatzbedingungen zu testen.

Labors für spezielle Forschungen

Speziell ausgerichtete Labors ermöglichen sowohl die Analyse und Prüfung der Kenngrößen und des Leistungsverhaltens von Metallen, Polymeren und Schüttgütern, als auch die beschleunigte Prüfung von Komponenten unter verschiedenen praxisnahen Umgebungsbedingungen.



Im Martin Engineering Innovationszentrum für die Schüttguthandhabung (CFI) steht für Forschungs- und Versuchszwecke ein dreiteiliges Fördersystem mit Rücklauf im Industriemaßstab zur Verfügung.

Martin Engineering ist die erste Firma in der gesamten Branche, die diesen wissenschaftlichen Ansatz für die Verbesserung der Schüttguthandhabung anwendet. Mit den Worten von Edwin H. Peterson, dem Aufsichtsratsvorsitzenden der Martin Engineering: „Das Innovationszentrum für

“Das Innovationszentrum für die Schüttguthandhabung stellt eine große Verpflichtung gegenüber den Industriebereichen dar, mit denen wir zusammenarbeiten.”

Edwin H. Peterson
Aufsichtsratsvorsitzende

die Schüttguthandhabung stellt eine große Verpflichtung gegenüber den Industriebereichen dar, mit denen wir zusammenarbeiten. Unsere Forschungspartner profitieren von einem besseren Verständnis der Kenngrößen der Schüttgüter, die sie verwenden und davon, wie sie zu behandeln sind. Dies führt zu neuen Technologien und macht die Handhabung der Schüttgüter sauberer, sicherer und produktiver.“

Eine Quelle der Bildung

Das CFI bietet ausgezeichnete Einrichtungen für die Aus- und Weiterbildung, einschließlich eines Schulungsraums nach dem neuesten Stand der Technik mit 44 Sitzplätzen und ein Videokonferenzzentrum.

Das CFI verfügt auch über einen aus drei Förderanlagen bestehenden Simulationskreis mit Rücklauf zur Verfahrenserprobung. Eine Beobachtungswarte ermöglicht den Besuchern die Verfolgung der Abläufe an der Simulationsschleife durch Fenster oder über Videokameras.

Die Führungsrolle im Industriebereich

Das Innovationszentrum trägt dazu bei, dass Martin Engineering seine Stellung als Vorreiter innovativer Lösungen zur Verbesserung der Schüttguthandhabung für mehr Sicherheit, Sauberkeit und Produktivität beibehält.





MARTIN ENGINEERING FOUNDATIONS™ BILDUNGSPROGRAMME FÜR SAUBERE, SICHERE UND PRODUKTIVE FÖRDERBANDANLAGEN

Durch die FOUNDATIONS™ Bildungsprogramme von Martin Engineering können gleichermaßen erfahrene wie auch junge Mitarbeiter das Grundlagenwissen über Förderbandanlagen erwerben, die bei der Schüttguthandhabung verwendet werden.

Diese nichtkommerziellen Bildungsprogramme bieten Informationen über die Vermeidung von Schäden, die Kontrolle der Materialverluste, die Reduzierung der Instandhaltungskosten, die Erhöhung der Sicherheit und die Verbesserung der Betriebsleistung. Sie sind für jeden geeignet, der an einer Verbesserung der Sicherheit, der Arbeitsbedingungen, der Leistung und der Rentabilität in den Betrieben interessiert ist, die Gurtbandförderer einsetzen.

Was Sie brauchen und wann Sie es brauchen

Programmveranstaltungen können nach Ihren Bedürfnissen bei Ihnen im Betrieb, an einem neutralen Ort oder im Rahmen einer Konferenz oder Fachmesse vereinbart werden; als Teil einer Betriebsversammlung oder in einer gezielten Schulungseinheit. Sie können auf Mitarbeiter aus einem Betrieb ausgerichtet oder für mehrere Standorte einer Firma oder für günstig gelegene Betriebe mehrerer Firmen arrangiert werden. Die Vorträge bleiben dank kleiner Gruppen informell und ermutigen damit zur Diskussion spezifischer Probleme.

FOUNDATIONS™ Bildungsprogramme bieten auch die Gelegenheit zur Darstellung Ihres Betriebes und Ihrer speziellen Probleme in Bezug auf Förderbandanlagen. Wir können nach vorheriger Vereinbarung auch vor einem Workshop in Ihrem Betrieb eine Bestandsaufnahme vor Ort durchführen, um die vorliegenden Bedingungen zu

dokumentieren und die Fördereinrichtungen zu beurteilen. Digitale Bilder von der Bestandsaufnahme können dann im Workshop vorgestellt werden, mit unmittelbarer Diskussion spezifischer Probleme und möglicher Lösungen.

Bescheinigung

Diese Schulungen können als Maßnahme für die berufliche Fortbildung angerechnet werden. Jeder Teilnehmer einer Schulungsmaßnahme erhält eine Teilnahmebescheinigung. Bei allen Seminaren wird ein Test durchgeführt (bei dem Unterlagen benutzt werden dürfen), um das Verständnis für die vorgetragenen Informationen zu überprüfen.

Schulungsausbilder

Die FOUNDATIONS™ Bildungsprogramme werden von qualifizierten Mitarbeitern von Martin Engineering durchgeführt, die über mehrjährige berufliche Erfahrung verfügen.

Diese erfahrenen Profis haben sowohl ein theoretisches Verständnis der grundlegenden Prinzipien von Förderanlagen als auch eigene praktische Erfahrungen im Betrieb und bei der Fehlersuche und -behebung bei Förderbandanlagen. Die Ausbilder haben schon den Betrieb von Förderanlagen mit unterschiedlichstem Fördergut überall auf der Welt gesehen und zur Problemlösung und zur Verbesserung des Wirkungsgrades bereits manche innovative Lösung beige-steuert.

Sie können in den Workshops auf eine reichhaltige Auswahl an Unterrichtsmaterialien zurückgreifen und verwenden im Unterricht einen interaktiven Stil, der den Vortrag lebhaft und interessant gestaltet.

Wenn Sie mehr erfahren möchten

Wenn Sie über Planung, Teilnahmegebühren und die Geld-zurück-Garantie für die Schulungen erfahren möchten, wenden Sie sich bitte an Martin Engineering oder schicken Sie eine E-Mail.

In Vorbereitung: 3 Stufen der FOUNDATIONS™ Förderanlagen-Programme

<p>Stufe 1: FOUNDATIONS™ BASIC WORKSHOP</p>	<p>Stufe 2: FOUNDATIONS™ ARBEITSPROZESSE - UND INSTANDHALTUNGSSEMINAR</p>	<p>Stufe 3: FOUNDATIONS™ FÖRDERANLAGENSEMINAR FÜR FORTGESCHRITTENE</p>
<p>Zielgruppe Neue Mitarbeiter mit wenigen oder keinen Kenntnissen über Gurtbandförderer</p>	<p>Zielgruppe Bedienungs- und Wartungspersonal, Aufsichtspersonal und Leiter für Produktion und Instandhaltung</p>	<p>Zielgruppe Konstrukteure für Förderanlagen und Betriebsingenieure und Betriebsleiter</p>
<p>Dauer 1 Tag oder weniger</p>	<p>Dauer Mehrere Tage</p>	<p>Dauer Mehrere Tage</p>
<p>Schwerpunkt Grundlegende Förderanlagenkonzepte, sichere Arbeitspraktiken und die wichtigsten FOUNDATIONS™ - Prinzipien für den sauberen, sicheren und produktiven Betrieb von Förderanlagen</p>	<p>Schwerpunkt Praktischer Problem-und-Lösung - Betrachtungsansatz für die schwierigen Probleme, mit denen die Mitarbeiter, die sich mit dem effektiven Betrieb von Förderanlagen befassen, konfrontiert sind</p>	<p>Schwerpunkt Technische und kommerzielle Aspekte des Förderanlagenbetriebes: Mit einbezogene Themen sind Leistungsbedarf, Gestaltung von Übergabepunkten und Berechnungen des Return of Investment (ROI)</p>
<p>Präsentation Dies ist ein Paket-Programm, bei dem eine Computerpräsentation mit Notizen verwendet wird, die die Durchführung des Kurses durch einen betriebsinternen Mitarbeiter oder einen Sachverständigen von Martin Engineering ermöglicht. Die Sachverhalte werden so erklärt, dass das Verständnis über Sprachbarrieren hinweg leicht fällt. Je nach den Bedürfnissen der Zielgruppe kann der Grundlagen-Workshop in etwa 3-5 Stunden vorgetragen werden und ist zur Erweiterung von örtlich spezifischen Ausbildungsprogrammen gedacht.</p>	<p>Präsentation Dieses Seminar umfasst normalerweise eine mindestens eintägige Studie des Zustandes vor Ort und eine eintägige Gruppendiskussion, die von einem Sachverständigen von Martin Engineering geleitet wird. Diese Diskussion ist auf Probleme und Lösungen in Bereichen wie z. B. Kontrolle der Materialverluste, Gurtschäden, Gurtschieflauf, Aufprallwucht, Abnutzung, Bandreinigung, Staubmanagement und die Konstruktion von Übergabepunkten und Instandhaltung ausgerichtet.</p>	<p>Präsentation Das Betriebs- & Instandhaltungsseminar wird im Allgemeinen als eine Voraussetzung für dieses Seminar betrachtet. Das FOUNDATIONS™ Seminar für Fortgeschrittene wird von einem qualifizierten Ingenieur von Martin Engineering gehalten und dauert im Allgemeinen 1-5 Tage, je nach den Interessengebieten und erforderlichen Bescheinigungen.</p>



ZIEL VON MARTIN ENGINEERING: BESSERE SCHÜTTGUTHANDHABUNG



Seit mehr als 60 Jahren befasst sich Martin Engineering mit der Lösung von Problemen bei der Schüttguthandhabung in allen Industriebereichen rund um die Welt. Martin Engineering hat innovative Technologien entwickelt, um die Schüttguthandhabung zu verbessern. Diese Technologien verbessern den Materialfluss und die Betriebsbedingungen, vermindern den Staub, Ablaufverluste und Stillstandszeiten sowie verlängern die Nutzungsdauer der Komponenten. Sie steigern also den wirtschaftlichen Erfolg und bieten zusätzlich eine "Absolut-, Positiv- und Keine-Ausreden"-Garantie.

Fachkompetenz



Technische Betreuung vor Ort *Ressourcen zur Verbesserung der Prozesse in der Schüttgutindustrie*

Zur Lösung vielfältiger Probleme, die in der betrieblichen Praxis zu lösen sind, bietet Martin Engineering umfassende Serviceleistungen mit dem Ziel der Optimierung der Schüttguthandhabung.

Servicespezialisten - qualifiziert, fachkundig und erfahren - sind der ausschlaggebende Faktor für die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Förderanlagen in Ihrem Betrieb.

- Montage
- Spezialisierte Instandhaltung
- Verbesserung der Betriebsabläufe

Bestandsaufnahme vor Ort	Stoffflussmodellierung (DEM)
Erfassung der Einrichtungen	Laservermessung
Schüttgutprüfung	Reinigung von Silos und Bunker
Rücklaufmaterialanalyse	Instandhaltung von Luftkanonen
Staubüberwachung	Online-Bestandsbibliothek



Personalschulung *Anleitung, wie und warum man die Schüttguthandhabung verbessern kann*

Durch ihre technologisch führenden FOUNDATIONS™ - Bücher und ihre Bildungsprogramme fördert Martin Engineering beim Personal in den Betrieben das Verständnis für die essentielle Bedeutung der Schüttguthandhabung. Die in enger Zusammenarbeit mit den Kunden durchgeführten Programme unterstützen neu eingestellte Mitarbeiter, Anlagenbediener, Wartungspersonal, Konstrukteure von Förderanlagen, Ingenieure und Betriebsleiter bei der Kontrolle der Parameter, die auf die kritischen Faktoren des Leistungsverhaltens von Förderanlagen einen Einfluss haben. Maßgeschneidert zur Erfüllung Ihrer Bedürfnisse und auf Ihren Zeitplan ausgerichtet, werden Programme vor Ort oder an einem gemeinsam vereinbarten anderen Standort angeboten.

- Sicherheitsschulungen für Förderanlagen
- FOUNDATIONS™ Bildungsprogramme (3 Stufen)
- Geprüfter Förderanlagentechniker (CCT-Certified Conveyor Technician) Bescheinigungsprogramm

MARTIN ENGINEERING: PRODUKTANGEBOT

Förderanlagenprodukte

Systeme zur Verbesserung von Förderanlagen und der Kontrolle der Materialverluste

Förderbandanlagen sind zuverlässige, bei richtigem Umgang sichere und effektive Systeme mit denen man täglich Tausende von Tonnen Schüttgut bewegen kann. Dabei ergeben sich jedoch Probleme, die die Systemleistung, Lebensdauer der Komponenten, Zeitplanung und Einhaltung der Vorschriften beeinträchtigen können. Martin Engineering bietet Lösungen zur Verbesserung der Betriebsabläufe, bei denen die Beförderung von Schüttgütern eine Schlüsselrolle für Gesamtproduktivität und -rentabilität spielt.

- Fördergurtreinigungssysteme
- Schutzabstreifer für Kehrtrommeln
- Gurtlenkstationen
- Staubmanagement
 - Passive Entstaubung
 - Aufsatzfiltersysteme
 - Staubunterdrückungssysteme (Nebel, Schaum und Sprühnebel)
- Übergabepunkt - Technologien
- Gurtunterstützungssysteme
 - Schurrewand- und Verschleißauskleidungssysteme
 - Seitendichtungssysteme
- Führende Fördertechnologien
 - Individuell konzipierte Übergabesysteme
 - Luftunterstützte Förderbandanlagen
 - Innovative Gestaltung von Förderbandanlagen

Materialfluss-Hilfsmittel

Systeme zur Verbesserung des Materialflusses bei Schüttgütern

Martin Engineering wurde geboren, als der Gründer der Firma den VIBROLATOR® erfand, einen Kugelvibrator, der bei der Rückgewinnung von Formsand in Gießereien verwendet wird. Auch heute setzt Martin Engineering den Schwerpunkt auf die Entwicklung von Systemen, die den Stofffluss der Schüttgüter aus Lagerbunkern, Behältern und Silos und durch Schurren, Siebgitter, Aufgabearrichtungen und Förderanlagen verbessern.

- Entladungssysteme für Eisenbahnwaggons
- Vibratoren für die Entladung der Eisenbahnwaggons
- Anschlussverbinder für Eisenbahnwaggons
- Individuell konzipierte Vibrationssysteme
- Pneumatische Rotationsvibratoren
- Pneumatische Linearvibratoren
- Elektrische Rotationsvibratoren
- Öffnungsvorrichtungen für Schüttgutbehälter
- Luftkanonensysteme
 - Luftkanonen - Einzelsysteme
 - Luftkanonensysteme mit Mehrfachabgängen
 - Luftkanonen für Hochtemperaturanwendungen

Instandhaltungsmanagement

Ressourcen zur Verbesserung des Wartungsprogramms bei der Schüttguthandhabung

Das MartinPLUSSM Datenmanagement-Programm ist eine Online-Bibliothek, die Informationen über die Anlagenkomponenten verwaltet. Maßgeschneidert für Förderanlagen bietet diese digitale Ressource Möglichkeiten zur Verbesserung der Produktivität bei der Instandhaltung und zur Senkung der Kosten.

ANHÄNGE

• Anhang A	
REFERENZEN	526
• Anhang B	
GLOSSAR	532
MASSEINHEITEN	544
• Anhang C	
VERZEICHNIS DER GLEICHUNGEN	546
VERZEICHNIS DER TABELLEN	547
INDEX	548
• Anhang D	
AUTOREN UND DANKSAGUNG	556

Anhang A

REFERENZEN

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (1995). *Industrial Ventilation [Industrielle Belüftung]: A Manual of Recommended Practice [Ein Handbuch empfohlener Praktiken]*, 22. Auflage. Cincinnati, OH.
- Arnold, P. C. (September 1993). *Transfer Chutes Engineered for Reliable Performance [Für zuverlässige Leistung konstruierte Übergabeschuppen]. Arbeit vorgestellt bei The Institution of Engineers, Australien, 1993 Bulk Materials Handling National Conference, Queensland, Australien. In National Conference Publication Nr. 93/8, Seiten 165–173.*
- ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Shear Testing of Bulk Solids Using The Jenike Shear Cell [Standardprüfverfahren für die Scherprüfung an Schüttgütern unter Verwendung der Jenike Scherzelle]*, ASTM D6128-06. West Conshohocken, PA. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices [Standardprüfverfahren zur Charakterisierung von festen Schüttgütern mittels Carr-Indizes]*, ASTM D6393-99(2006). West Conshohocken, PA. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- ASTM International. (2002). *Standard Shear Test Method for Bulk Solids Using Schulze Ring Shear Tester [Standardprüfverfahren für feste Schüttgüter unter Verwendung des Schulze-Ring Scherprüfers]*. ASTM D6773-02; Arbeitspunkt: ASTM WK19871 – Revision von D6773-02 Standard Scherprüfverfahren für feste Schüttgüter unter Verwendung des Schulze-Ring Scherprüfers. West Conshohocken, PA. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- ASTM International. (2001). *Standard Test Method for Measuring Bulk Density Values of Powders and Other Bulk Solids [Standardprüfverfahren zur Messung der Rohdichte von Pulvern und anderen festen Schüttgütern]*, ASTM D6683-01; Arbeitspunkt: ASTM WK14951 – Revision von D6683-01 Standardprüfverfahren zur Messung der Rohdichte von Pulvern und anderen festen Schüttgütern. West Conshohocken, PA. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- ASTM International. (2001). *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water [Standardverfahren zur Koagulations- Flockungsprüfung mittels Jar-Test]*, ASTM D2035-08. West Conshohocken, PA. Online verfügbar: <http://www.astm.org>
- Axelrod, Steve. (September 1994). “Maintaining Conveyor Systems,” [Instandhaltung von Fördersystemen] *Plant Engineering*, Seiten 56–58. Des Plaines, Illinois: Cahners Publishing Company.
- Barfoot, Greg J. (Januar/März 1995). “Quantifying the Effect of Idler Misalignment on Belt Conveyor Tracking,” [Die Quantifizierung der Auswirkung von Rollenversatz auf die Spurführung bei Förderbändern] *Bulk Solids Handling*, Band 15, Nr. 1, Seiten 33–35. Clausthal Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- Benjamin, C.W. (Jan/März 1999). “Transfer Chute Design“ [Die Gestaltung von Übergabeschuppen]: A New Approach Using 3D Parametric Modeling“ [Ein neuer Ansatz unter Verwendung der parametrischen 3D - Modellierung] *Bulk Solids Handling*, Seiten 29–33. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- B.F. Goodrich Company. (1980). *Care and Maintenance of Conveyor and Elevator Belting [Pflege und Wartung von Gurtmaterial für Förderanlagen und Aufzüge]*. Akron, Ohio.
- Carter, Russell A. (Mai 1995). “Knocking Down Dust“ [Die Niederschlagung von Stäuben] *Rock Products*, (Seiten 19–23, 40–44). Chicago: Intertec Publishing.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (1988). *Conveyor Terms and Definitions [Begriffe und Definitionen rund um Förderanlagen]*, fünfte Auflage. Rockville, Maryland.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (1997). *Belt Conveyors for Bulk Materials [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, Fifth Edition.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2000). *CEMA Norm Nr. 575-2000: Bulk Material Belt Conveyor Impact Bed/Cradle Selection and Dimensions [Auswahl und Dimensionierung von Aufpralldämpfungstischen und Dämpfungsrollen bei Förderbändern für Schüttgüter]*. Naples, FL.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2004). *CEMA SPB-001 (2004) Safety Best Practices Recommendation: Design and Safe Application of Conveyor Crossovers for Unit Handling Conveyors [Gestaltung und sichere Anwendung von Übergängen bei Stückgutförderanlagen]*. Naples, Florida.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS [Gurtbandförderer für Schüttgüter]*, sechste Auflage. Naples, FL.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). “Conveyor Installation Standards for Belt Conveyors Handling Bulk Materials.” [Montagenormen für Gurtbandförderer zur Schüttguthandhabung] In *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS*, sechste Auflage, Anhang D, Seiten 575–587. Naples, Florida.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). “Universal Method’ for Belt Tension Calculation.” [Universalmethode‘ zur Berechnung der Gurtspannung] In *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS*, sechste Auflage, Seiten 104–129. Naples, Florida.
- Colijn, Hendrik. (1985). *Mechanical Conveyors for Bulk Solids [Mechanische Förderanlagen für Schüttgüter]*. Amsterdam, Niederlande: Elsevier Science Publishers B.V.
- Cooper, Paul and Smithers, Tony. (Juli 1995). *Air Entrainment and Dust Generation from Falling Streams of Bulk Materials [Das Mitreißen von Luft und die Stauberzeugung bei fallenden Strömen von Schüttgütern]*. Arbeit vorgestellt bei der 5th International Conference on Bulk Material Storage, Handling and Transportation, Wollongong, Australien.
- Cukor, Clar. (Undatiert). *Tracking: [Spurführung] A Monograph [Eine Monographie]*. Scottdale, Georgia: Georgia Duck and Cordage Mill (jetzt Fenner Dunlop).
- Density Standards: [Dichtenormen] *Grobmaterial–ASTM C29 / C29M-07, Crushed Bituminous Coal [Gebrochene Fettkohle] [–ASTM D29-07 und gekörntes Material – U.S. Department of Agricultural Rundschreiben Nr. 921.*
- Dieter, George E. (1999). *Engineering Design: [Entwicklung und Konstruktion] A Materials and Processing Approach [Ein Material- und Verarbeitungsansatz]*, dritte Auflage. McGraw-Hill.
- Dorman, Peter. (April 2000). *The Cost of Accidents and Diseases [Die Kosten von Unfällen und Krankheiten]*. Genf. Online verfügbar: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/papers/ecoanal/wr_chp1.htm
- Drake, Bob. (Mai 2001). “Cures for the Common Pulley.” [Abhilfemaßnahmen für die Standardtrommel] *Rock Products*, Seiten 22–28. Chicago: Intertec Publishing.
- Dreyer, E. und Nel, P.J. (Juli 2001). *Best Practice: Conveyor Belt Systems [Förderbandsysteme]*. Projektnummer GEN-701. Braamfontein, Südafrika: Safety in Mines Research Advisory Committee (sic) (SIMRAC), Mine Health and Safety Council.
- Engineering Services & Supplies PTY Limited. Australian Registration #908273, Total Material Control and Registration #716561, TMC.

- Environment Australia. (1998). *Best Practice Environmental Management in Mining: Dust Control [Staubbekämpfung]*, (ISBN 0 642 54570 7).
- Finnegan, K. (Mai/Juni 2001). "Selecting Plate-Type Belt Fastener Systems for Heavy-Duty Conveyor Belt Operations," [Die Auswahl von plattenartigen Gurtverbindersystemen für den Betrieb von Schwerlastförderbandanlagen] *Bulk Solids Handling*, Seiten 315–319. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- Fish, K.A.; Mclean, A.G.; und Basu, A. (Juli 1992). *Design and Optimization of Materials Handling Dust Control Systems [Gestaltung und Optimierung von Entstaubungssystemen für den Materialtransport]*. Arbeit vorgestellt bei der 4th International Conference on Bulk Material Storage, Handling and Transportation, Wollongong, Australien.
- Friedrich, A.J. (2000). "Repairing Conveyor Belting Without Vulcanizing" [Die Reparatur von Gurtmaterial für Förderanlagen ohne Vulkanisierung] In *Bulk Material Handling by Conveyor Belt III*, Seiten 79–85. Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- Gibor, M. (Juli/September 1997). "Dust Collection as Applied to Mining and Allied Industry," [Die im Bergbau und in verwandten Industriebereichen angewandte Staubaufnahme] *Bulk Solids Handling*, Seiten 397–403. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- Giraud, Laurent; Schreiber, Luc; Massé, Serge; Turcot, André; und Dubé, Julie. (2007). *A User's Guide to Conveyor Belt Safety [Ein Benutzerhandbuch für die Förderbandsicherheit]: Protection from Danger Zones [Schutz vor Gefahrenzonen]*. Guide RG-490, 75 Seiten. Montréal, Quebec, Canada: IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail), CSST. In englischer und französisch Sprache als Gratis-Download (PDF) verfügbar: <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/RG-490.pdf> oder als html: http://www.irsst.qc.ca/en/_publication-irsst_100257.html
- Godbey, Thomas. (Mai 1990). "Dust control systems: [Staubauffangsysteme] Make a wise decision," [Treffen Sie eine kluge Entscheidung] *Chemical Processing*, Seiten 23–32. Chicago: Putnam Publishing
- Godbey, Thomas. (November 1989). "Selecting a dust control system (Part II)," [Die Auswahl eines Entstaubungssystems (Teil II)] *Powder and Bulk Engineering*, Seiten 20–30. Minneapolis: CSC Publishing
- Godbey, Thomas. (Oktober 1989). "Selecting a dust control system (Part I)" [Die Auswahl eines Entstaubungssystems (Teil I)] *Powder and Bulk Engineering*, Seiten 37–42. Minneapolis: CSC Publishing
- Goldbeck, Larry J., Martin Engineering (Juli 2001). "Matching Belt Compatibility to Structures," [Der Abgleich der Gurtkompatibilität mit dem Aufbau des Rahmenwerkes] *Aggregates Manager*, Seiten 21–23. Chicago: Mercor Media.
- Goldbeck, Larry J., Martin Engineering (Juli 1988). "Controlling fugitive material at your belt conveyor's loading zone," [Die Kontrolle des an der Ladezone Ihres Förderbandes entweichenden Materials] *Powder and Bulk Engineering*, Seiten 40–42. Minneapolis: CSC Publishing
- Goodyear Tire & Rubber Company. (2000). *Handbook of Conveyor & Elevator Belting on CD [Handbuch des Gurtmaterials für Förderanlagen & Aufzüge auf CD]*, Version 1.0. Akron, Ohio.
- Greer, Charles N. (April 1994). "Operating Conveyors in the Real World," [Der Betrieb von Förderanlagen in der wirklichen Welt] *Rock Products*, Seiten 45–48. Chicago: Maclean-Hunter Publications.
- Grisley, Paul. (Februar 2002). "Air Supported Conveying in Mines and Process Plants." [Luftunterstützte Förderung in Bergbaubetrieben und Verarbeitungsanlagen] Arbeit vorgestellt bei 2002 Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME) Annual Meeting & Exhibit, Phoenix, AZ.
- "Hints & Helps: [“Hinweise & Hilfen:”] *Tips for Tracking Conveyor Belts.*" [Tipps für Spurführung von Förderbändern] (Februar 1995). *Rock Products*, S. 25. Chicago: Intertec Publishing
- International Labour Organization. (2003). *Safety in Numbers, Pointers for a Global Safety Culture at Work [Sicherheit in Zahlen, Hinweise für eine globale Sicherheitskultur bei der Arbeit]*. Genf
- Kasturi, T.S. (Mai 1995). *Conveyor Belting Wear: [Verschleiß von Förderbändern] A Critical Study [Eine kritische Studie]*. Unveröffentlichte Studie im Auftrag von Martin Engineering Madras, India: Jay Kay Engineers & Consultants.
- Kasturi, T.S. (1994). *Conveyor Components, Operation, Maintenance [Komponenten, Betrieb und Instandhaltung von Förderanlagen]. Failure Analysis. [Fehleranalyse]* Madras, India: Jay Kay Engineers & Consultants.
- Kasturi, T.S. (1992). *Conveyor Belt Systems [Förderbandsysteme]*. Madras, India: Jay Kay Engineers & Consultants.
- Kestner, Dr. Mark. (Februar 1989). "Using suppressants to control dust emissions (Part I)," [Die Verwendung von Staubunterdrückungsmitteln zur Bekämpfung von Staubemissionen (Teil I)] *Powder and Bulk Engineering*, Seiten 17–20. Minneapolis: CSC Publishing
- Kestner, Dr. Mark. (März 1989). "Using suppressants to control dust emissions (Part II)," [Die Verwendung von Staubunterdrückungsmitteln zur Bekämpfung von Staubemissionen (Teil II)] *Powder and Bulk Engineering*, Seiten 17–19. Minneapolis: CSC Publishing
- Koski, John A. (März 1994). "Belt conveyor maintenance basics," [Grundlagen der Instandhaltung von Förderbändern] *Concrete Journal*, S. 5. Addison, Illinois: The Aberdeen Group.
- Law, Bob. (August 2000). *Conveyor Belt Cleaner Analysis [Analyse von Gurtabstreifern an Förderbändern]*. Arbeit vorgestellt bei der IIR Conference "Improving Conveyor Performance," Perth, Australien.
- Low, Allison und Verran, Michael. (August 2000). *Physical Modelling of Transfer Chutes—A Practical Tool for Optimising Conveyor Performance [Die mechanische Gestaltung von Übergabeschuppen - ein praktisches Werkzeug zur Optimierung des Leistungsverhaltens von Förderanlagen]*. Arbeit vorgestellt bei der IIR Conference "Improving Conveyor Performance," Perth, Australien.
- Maki, D. Michele, PhD. 2009. *Conveyor-Related Mining Fatalities 2001-2008 [Tödliche Unfälle in Bergbaubetrieben im Zusammenhang mit Förderanlagen]: Vorläufige Daten. Unveröffentlichter Bericht für Martin Engineering.*
- Martin Engineering Website: <http://www.martin-eng.com>
- Martin Marietta Corporation. *Dust Control Handbook for Minerals Processing [Handbuch der Staubkontrolle bei der Aufbereitung von Mineralstoffen]*, Verlag Nr. J0235005.
- Martin Supra Engineering. (2008) *Carryback Test/Sum/SBM-001-SBW-05-2008 [Prüfung auf Rücklaufmaterial]*. Unveröffentlichter Bericht für P.T. Martin Supra Engineering, Newmont, Indonesien.
- "Measuring ROI pushes it higher, say Harte Hanks Aberdeen of Enterprise Solutions." [Die Messung der Kapitalrendite erzeugt erhöhten Druck, sagt Harte Hanks Aberdeen von Enterprise Solutions.] (12. Februar 2007). *The Manufacturer (US-Ausgabe)*.
- Miller, D. (Januar/März 2000). "Profit from Preventive Maintenance," [Gewinn aus vorbeugender Wartung] *Bulk Solids Handling*, Seiten 57–61. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- Mody, Vinit and Jakhete, Raj. (1988). *Dust Control Handbook (Pollution Technology Review No. 161) [Entstaubungshandbuch]*, ISBN-10:

- 0815511825/ISBN-13: 978-0815511823. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation.
- Möller, J.J. (September 1985). *Protect Your Conveyor Belt Investment [Schützen Sie Ihre Förderband-Investition]*. Präsentation vor BELTCON 3 International Material Handling Conference, Johannesburg, Südafrika.
- Morgan, Lee und Walters, Mike. (Oktober 1998). "Understanding your dust: [Verstehen Sie Ihren Staub] Six steps to better dust collection," [Sechs Schritte zur besseren Staubaufnahme] *Powder and Bulk Engineering*, Seiten 53–65. Minneapolis: CSC Publishing
- Morrison, J.N., Jr. (1971). "Environmental Control Applied to Belt Conveyor Transfer Points." [Angewandter Umweltschutz an Übergabepunkten von Förderbändern] In *Bulk Materials Handling: Band 1*. University of Pittsburgh.
- Mine Safety and Health Administration (MSHA) [US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau] (2004). *MSHA's Guide to Equipment Guarding [Der MSHA - Leitfaden für Schutzabschränkungen an Geräten]*. Other Training Material [Sonstiges Schulungsmaterial] OT 3, 40 Seiten. U.S. Department of Labor. Als Gratis-Download verfügbar: <http://www.msha.gov/s&hinfo/equipguarding2004.pdf>
- Muellemann, Alf. (Januar 2000). "Controlling dust at material transfer points with ultra-fine water drops," [Entstaubung an Material - Übergabepunkten mittels ultrafeiner Wassertropfen] *Powder and Bulk Engineering International*, Seiten 44–47. Minneapolis: CSC Publishing
- National Industrial Belting Association (NIBA). (1985). *NIBA Engineering Handbook*, Brookfield, WI.
- Öberg, Ota. (1986). *Materialspill vid bandtransportörer (Material Spillage at Belt Conveyors)*. [Ablaufverluste an Gurtbandförderern] Stockholm, Schweden: Königliches Institut für Technologie
- Ontario Natural Resources Safety Association [Sicherheitsverband für Bodenschätze von Ontario] *Safety Reminder, newsletter*. P.O. Box 2040, 690 McKeown Avenue, North Bay, Ontario, Canada, B1B 9P1 Telephone: (705) 474-SAFE.
- Occupational Safety & Health Administration, U.S. Department of Labor, *Mineral Processing Dust Control website*: <http://www.osha.gov/SLTC/silicacrystalline/dust/>
- Ottosson, Goran. (Oktober 1991). "The cost and measurement of spills and leaks at conveyor transfer points," [Die Kosten und die Messung von Ablaufverlusten und Leckagen an Übergabepunkten von Förderanlagen] *World Cement Materials Handling Review*, Berkshire, England.
- Padgett, Harvey L. (2001). *Powered Haulage Conveyor Belt Injuries in Surface Areas of Metal/Nonmetal Mines, 1996–2000 [Verletzungen an kraftbetriebenen Transportförderbändern in Übertagebereichen von Metall/Nichtmetall- Bergbaubetrieben]*. Denver, CO: MSHA Office of Injury and Employment Information.
- Planner, J.H. (1990). "Water as a means of spillage control in coal handling facilities." [Wasser als Mittel zur Vermeidung von Ablaufverlusten in kohleverarbeitenden Einrichtungen] In *Proceedings of the Coal Handling and Utilization Conference: Sydney, Australien*, Seiten 264–270. Barton, Australien: Institution of Engineers Australia.
- Project Management Institute (PMI). *Zusätzliche Informationen über Projektleitung und das Akkreditierungsprogramm für Projektleiter ist von PMI auf der Website der Organisation verfügbar*: <http://www.pmi.org>
- Reed, Alan R. (1995). "Contrasting National and Legislative Proposals on Dust Control and Quantifying the Costs of Dust and Spillage in Bulk Handling Terminals," [Entgegengesetzte nationale und gesetzliche Vorschläge zur Entstaubung und die Quantifizierung der Kosten für Staub und Ablaufverlust in Umschlagsbetrieben für Schüttgüter] *Port Technology International*, Seiten 85–88. London: ICG Publishing Ltd.
- Rhoades, C.A.; Hebble, T.L.; und Grannes, S.G. (1989). *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning [Grundparameter der Förderbandreinigung]*, Untersuchungsbericht 9221. Washington, D.C: Bureau of Mines, US Department of the Interior.
- Roberts, Alan. (November 1996). *Conveyor System Maintenance & Reliability [Wartung & Zuverlässigkeit von Förderanlagen]*, ACARP Projekt C3018. Der Autor stammt vom Centre for Bulk Solids and Particulates, University of Newcastle, Australien. Herausgegeben vom Australian Coal Association Research Program; kann bei <http://www.acarp.com.au/abstracts.aspx?repId=C3018> erworben werden
- Roberts, A.W. (August 1999). "Design guide for chutes in bulk solids handling operations," [Gestaltungsrichtlinie für Schürren bei der Schüttguthandhabung] *Centre for Bulk Solids & Particulate Technologies, Version 1, 2ter Entwurf*.
- Roberts, A.W.; Ooms, M.; und Bennett, D. *Conveyor Belt Cleaning – A Bulk Solid/Belt Surface Interaction Problem [Förderbandreinigung – ein Interaktionsproblem zwischen Schüttgut und Bandoberfläche]*. University of Newcastle, Australien: Department of Mechanical Engineering
- Roberts, A.W. und Scott, O.J. (1981). "Flow of bulk solids through transfer chutes of variable geometry and profile," [Der Materialfluss von Schüttgütern durch Übergabeschürren mit variabler Geometrie und variierendem Profil] *Bulk Solids Handling, Band 1 Nr. 4.*, Seiten 715–727.
- Sabina, William E.; Stahura, Richard P.; und Swinderman, R. Todd. (1984). *Conveyor Transfer Stations Problems and Solutions [Probleme und Lösungen an Umsetzstationen bei Förderanlagen]*. Neponset, Illinois Martin Engineering Company
- Scott, Owen. (1993). "Design Of Belt Conveyor Transfer Stations For The Mining Industry." [Die Gestaltung von Umsetzstationen bei Förderanlagen für die Bergbauindustrie] In *Proceedings of the 1993 Powder & Bulk Solids Conference, Reed Exhibition Companies, Des Plaines, Illinois*, Seiten 241–255.
- Simpson, G.C. (1989). "Ergonomics as an aid to loss prevention," [Die Ergonomie als Hilfe zur Vermeidung von Verlusten] *MinTech '89: The Annual Review of International Mining Technology and Development*, Seiten 207-272 London: Sterling Publications Ltd.
- Spraying Systems Company (<http://www.spray.com>) enthält eine Vielfalt nützlichen Materials über die Grundlagen und die zur Verfügung stehenden Optionen in Bezug auf Sprühdüsen
- S&S Concepts, Inc., Pittsburgh, PA. Bild mit freundlicher Genehmigung von Drip-N-Ram Conveyor. SSConceptsSales@verizon.net
- Stahura, Dick, Martin Engineering. (Juli 1990). "Ten commandments for controlling spillage at belt conveyor loading zones," [Die Zehn Gebote zur Vermeidung von Ablaufverlusten im Beschickungsbereich von Förderbändern] *Powder and Bulk Engineering*, Seiten 24–30. Minneapolis: CSC Publishing
- Stahura, Richard.P., Martin Engineering. (1987). "Conveyor belt washing: [Das Waschen von Förderbändern] Is this the ultimate solution?" [Ist dies die endgültige Lösung?] *TIZ-Fachberichte, Band 111, Nr. 11*, Seiten 768–771. ISSN 0170-0146.
- Stahura, Richard.P., Martin Engineering. (Februar 1985). "Conveyor skirting can cut costs" [Einfassungen an Förderanlagen können Kosten senken] *Coal Mining*, Seiten 44–48. Chicago: Maclean-Hunter Publications.
- Stuart, Dick D. und Royal, T. A. (Sept. 1992). "Design Principles for Chutes to Handle Bulk Solids," [Gestaltungsprinzipien für Schürren zur Hand-

- habung von festen Schüttgütern] *Bulk Solids Handling*, Band 12, Nr. 3, Seiten 447–450. Als PDF verfügbar: www.jenike.com/pages/education/papers/design-principles-chutes.pdf
- Sullivan, Dr. John. *Increasing retention and productivity: let employees do what they do best!* [Zunehmende Beschränkung und Produktivität: lassen Sie die Mitarbeiter das tun, was sie am besten können!] Artikel #163. Online verfügbar: <http://ourworld.compuserve.com/homepages/GATELY/pp15s163.htm>
- Sundstrom, P. und Benjamin, C.W. (1993). "Transfer Chute Design [Die Gestaltung von Übergabeschurren]: Arbeit vorgestellt bei der 1993 Bulk Materials Handling National Conference, The Institution of Engineers, Australien, Conference Publication No. 93/8, Seiten 191–195.
- Swinderman, R. Todd, *Martin Engineering* (2004). "Standard for the Specification of Belt Cleaning Systems Based on Performance." [Standard für die Spezifikation von Bandreinigungssystemen, basierend auf dem Leistungsverhalten] *Bulk Material Handling by Conveyor Belt 5*, Seiten 3–8. Überarbeitet von Reicks, A. und Myers, M., Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- Swinderman, R. Todd, *Martin Engineering* (Februar 2002). *Conveyor Belt Impact Cradles: [Aufpralldämpfungstische bei Förderbandanlagen:] Standards and Practices [Standards und Praktiken]*. Arbeit vorgestellt bei 2002 Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME) Annual Meeting & Exhibit, Phoenix, AZ, Februar 2002.
- Swinderman, R. Todd, *Martin Engineering* (Oktober–Dezember 1995). "Belt Cleaners, Skirting and Belt Top Cover Wear," [Fördergurtreiniger, Einfassungen und Verschleiß an der äußeren Lage der Gurtoberseite] *Bulk Solids Handling*. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- Swinderman, R. Todd, *Martin Engineering* (Juli 1994). "Engineering your belt conveyor transfer point," [Die Gestaltung Ihrer Förderbandübergabe] *Powder and Bulk Engineering*, Seiten 43–49. Minneapolis: CSC Publishing
- Swinderman, R. Todd, *Martin Engineering* (Mai 1991). "The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners," [Der Verbrauch an Antriebsenergie des Förderbandes durch Fördergurtreiniger] *Bulk Solids Handling*, Seiten 487–490. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- Swinderman, R. Todd; Becker, Steven L.; Goldbeck, Larry J.; Stahura, Richard P.; und Marti, Andrew D. (1991). *Foundations: Principles of Belt Conveyor Transfer Point Design and Construction [Gestaltungs- und Konstruktionsprinzipien von Förderbandübergaben]*. Neponset, Illinois Martin Engineering
- Swinderman, R. Todd; Goldbeck, Larry J.; und Marti, Andrew D. (2002). *FOUNDATIONS3: Das praktische Nachschlagewerk für die volle Staub- & Materialkontrolle*. Neponset, Illinois Martin Engineering
- Swinderman, R. Todd; Goldbeck, Larry J.; Stahura, Richard P.; und Marti, Andrew D. (1997). *Foundations2: The Pyramid Approach to Control Dust and Spillage From Belt Conveyors [Der Pyramidenansatz zur Bekämpfung von Staub und Verlusten an Gurtbandförderern]*. Neponset, Illinois Martin Engineering
- Swinderman, R. Todd und Lindstrom, Douglas, *Martin Engineering* (1993). "Belt Cleaners and Belt Top Cover Wear," [Fördergurtreiniger und Verschleiß an der äußeren Lage der Gurtoberseite] *National Conference Publication No. 93/8*, Seiten 609–611. Arbeit vorgestellt bei The Institution of Engineers, Australien, 1993 Bulk Materials Handling National Conference.
- Takala, J. (18–22 September 2005). *Einführungsbericht: Decent Work – Safe Work [Anständige Arbeit – Sichere Arbeit]*. XVIIth World Congress on Safety and Health at Work, Orlando, Florida. Online verfügbar: <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/wdcongrs17/intrep.pdf>
- Taylor, H.J. (1989). *Guide to the Design of Transfer Chutes and Chute Linings for Bulk Materials [Leitfaden für die Gestaltung von Übergabeschurren und Schurrenauskleidungen für Schüttgüter]*. The Mechanical Handling Engineers' Association.
- Thomas, Larry R., *Martin Engineering* (1993). "Transfer Point Sealing Systems to Control Fugitive Material," [Abdichtsysteme für Übergabepunkte zur Bekämpfung von entweichendem Material] *Conference Publication No. 93/8*, Seiten 185–189. 1993 Bulk Materials Handling National Conference of The Institution of Engineers, Australien.
- Tostengard, Gilmore (Februar 1994). "Good maintenance management," [Gutes Instandhaltungsmanagement] *Mining Magazine*, Seiten 69–74. London: The Mining Journal, Ltd.
- University of Illinois. (2005). *Design of Conveyor Belt Drying Station [Gestaltung einer Trockenstation für Förderbänder]*. Unveröffentlichte Studie für Martin Engineering
- University of Illinois. (1997). *High Pressure Conveyor Belt Cleaning System [Hochdruckreinigungssystem für Förderbänder]*. Unveröffentlichte Studie für Martin Engineering
- University of Newcastle Research Associates (TUNRA). Unbetitelt, unveröffentlichte Studie im Auftrag von Engineering Services and Supplies P/L (ESS).
- Weakly, L. Alan. (2000). "Passive Enclosure Dust Control System." [Passives abgeschlossenes Staubbekämpfungssystem] In *Bulk Material Handling by Conveyor Belt III*, Seiten 107–112. Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- Wilkinson, H.N.; Reed, Dr. A.R.; und Wright, Dr. H. (Februar 1989). "The Cost to UK Industry of Dust, Mess and Spillage in Bulk Materials Handling Plants," [Die durch Staub, Verunreinigungen und entweichendes Material entstehenden Kosten für die Industrie des Vereinigten Königreichs in der Schüttgutindustrie] *Bulk Solids Handling*, Band 9, Nummer 1, Seiten 93–97. Clausthal-Zellerfeld, Deutschland: Trans Tech Publications.
- Wilson, Richard J. (August, 1982). *Conveyor Safety Research [Sicherheitsforschung für Förderanlagen]*. Bureau of Mines Twin Cities Research Center.
- Wood, J. P. (2000). *Containment in the Pharmaceutical Industry [Eindämmung in der pharmazeutischen Industrie]*. Informa Health Care.

Anhang B

GLOSSAR

- GLOSSAR532
- MASSEINHEITEN544

GLOSSAR

Dies ist eine Liste der in dieser Auflage von *FOUNDATIONS™* im Zusammenhang mit Förderbändern verwendeten Begriffe. Sie erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit in Bezug auf sämtliche, bei der Beschreibung von Gurtmaterialien, Förderanlagen und/oder Systeme zur Schüttgut-handhabung verwendeten Begriffe. Wenn ein Ausdruck nicht

aufgeführt ist, zergliedern Sie ihn bitte zuerst in einzelne Wörter. Ziehen Sie bitte auch andere Referenzen zu Rate, wie z. B. die CEMA Veröffentlichung Nr. 102, Conveyor Terms and Definitions [Begriffe und Definitionen rund um Förderanlagen] und ebenso die Veröffentlichungen und Terminologien der Lieferanten von bestimmten Bauteilen.

A

Abdeckung², Abdeckplatte | Eine Trennplatte zwischen den Längsträgern einer Förderanlage, die verhindert, dass das vom Obergurt herabfallende Material auf den Rücklauf des Fördergurtes fällt. Auch als „Gurtpfannen“ bezeichnet.

Abdichtstreifen | Das zwischen der Einfassung und dem Gurt zur Verhinderung von Materialverlust angebrachte elastische Material.

Abdichtsystem | Elastische Abdichtung und Klemmvorrichtung an der Kante der Einfassung zur Eindämmung von Staub und Feinanteilen und zur Verhinderung von Ablaufverlusten.

Abdichtung | Eine Methode zur Vermeidung von Materialverlusten durch Eindämmung der Feinanteile und des Staubes an der Kante der Einfassung.

Abfluss | Die aus einem Gurtwaschsystem austretende Wassermenge (mit Feststoffen).

Ablagerungsprallpuffer² | Ein Vorsprung oder Absatz in einer Übergabeschurre, wo sich Material absetzen oder ansammeln kann. Hierdurch kann das nachfolgende Material auf das bereits angesammelte Material auftreffen, anstatt auf die Schurre aufzuschlagen, wodurch die Lebensdauer der Wandung verlängert wird.

Ablaufverlust | Das durch herabfallen von den Seiten des Förderbandes verlorene Material; tritt typischerweise in der Ladezone auf, kann jedoch auch an einer beliebigen Stelle entlang des Förderbandes auftreten; ein allgemeiner Begriff für entweichendes Material jeder Art.

Ablenkklappe² | Eine schwenkbar gelagerte Metallplatte, durch die der Materialfluss wahlweise in zwei verschiedene Abwurfrichtungen gelenkt werden kann.

Abrasion¹ | Materialabtrag durch Reibung, wie z. B. durch scheuern oder schaben.

Abriebschaden durch eingeschlossenes Material² | Furchenbildung in der Gurtoberfläche verursacht durch zwischen dem laufenden Gurt und der Einfassung

und/oder dem Abdichtsystem eingeschlossenes Material.

abschälen² | Die Entfernung eines Teils der (oder der gesamten) äußeren Lage der Gurtoberseite zur Eintiefung einer mechanischen Verbindung; die Versenkung der Verbinders einer mechanischen Verbindung, so dass diese mit der Gurtoberfläche eben sind.

Abschälwinkel | Wenn ein Abstreifblatt gegen die Transportrichtung des Bandes geneigt ist; auch bekannt als positiver Anstellwinkel.

Absetzbereich | Ein erweiterter Teil des bedeckten Einfassungsbereichs, der über den Aufprallbereich der Ladezone hinausreicht, dessen zusätzliches Volumen den Luftstrom verlangsamt und das Absetzen des Flugstaubes auf der Materiallage und den Austritt der saubereren Luft ermöglicht; auch als Beruhigungsbereich bezeichnet. Auch: „Beruhigungszone“

Abseibung² | Eine Vorrichtung zur Sortierung und Trennung von Material nach der Größe.

Abstreifblatt | Ein weiches Urethanblatt, um Wasser vom Gurt abzustreifen.

Abstreifer¹ | Ein Gerät zur Entfernung von am Fördergurt anhaftendem Material.

Abtropfschurre² | Eine abgewinkelte, unter dem Kopfende eines Förderbandes platzierte Schurre, um das vom Untertrum herabfallende Material aufzufangen und es in den Abwurfstrom einzuleiten.

Abwurfbereich² | Der Bereich am Austragende eines Förderbandes, wo das Material vorübergehend zwischengelagert oder direkt für den Weitertransport verladen werden kann.

Abwurfstelle² | Der Punkt, wo in einem Materialtransportsystem Material aus einer Förderanlage oder einem anderen Maschinenelement austritt.

Adhäsion¹ | Die zwischen zwei Materialien wirkende Haftkraft.

Agglomeration | Der Vorgang der Zusammenballung zu größeren Massen,

wobei größere, schwerere Partikelstrukturen entstehen.

aktive Entstaubung | *Siehe Entstaubungssystem.*

Alterung¹ | Wenn man ein Material für einen gewissen Zeitraum einer definierten Umgebung aussetzt.

Amplitude | Die Hälfte der Ausdehnung einer Vibration, Oszillation oder einer Welle; der Teil oberhalb oder unterhalb der Basislinie oder Mittellinie.

Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout) | Die Anbringung eines mit Namen versehenen Anhängers oder einer sonstigen Kennzeichnung an einer gesperrten Stromversorgung oder an einem Steuersystem, um anzuzeigen, dass die Einheit wegen Wartungsarbeiten abgeschaltet worden ist und nicht in Betrieb genommen werden darf.

Anemometer | Gerät zur Messung der Luftgeschwindigkeit.

Angriffswinkel | Der Winkel, in dem ein Abstreifblatt für die Gurtreinigung Bezug auf das Band angebracht ist.

Anpressrolle | Eine Rolle, die das Band in der vorgesehenen Stellung hält, z. B. oberhalb eines Gurtreinigers

Ansauggeschwindigkeit | Die Geschwindigkeit, bei der ein sich über eine Materiallage bewegender Luftstrom Staub von der Oberfläche ansaugen und wegtragen kann, typischerweise im Bereich von 1,0 bis 1,25 m/s.

ANSI² | Akronym für American National Standards Institute [Amerikanisches Nationales Institut für Normung].

Anstelleneigung ist gleich Null | Angriffswinkel eines Gurtreinigers, wenn die Abstreifblätter im rechten Winkel (90°) zum Gurtverlauf eingestellt sind.

Antrieb² | Eine Anordnung elektrischer und mechanischer Komponenten, die eine Förderanlage oder andere Maschineneinheit mit Antriebskraft versieht.

Antriebstrommel² | Die mit dem Antriebsmechanismus einer Förderanlage verbundene Trommel.

AR Platte² | Abrasionsbeständige Stahlplatte, die an einem Übergabepunkt häufig für Verschleißauskleidungen verwendet wird.

Aramid-Fasern | Eine Klasse von starken, hitzebeständigen synthetischen Fasern, die sowohl in der Raumfahrt und für militärische Zwecke als auch in der Karkasse von Gurtmaterial für Förderanlagen verwendet wird.

ASME² | Akronym für American Society of Mechanical Engineers [Amerikanische Gesellschaft der Maschinenbauingenieure].

ASTM² | Akronym für American Society for Testing and Materials [Amerikanische Gesellschaft für das Prüf- und Materialwesen].

Aufgabeband¹ | Ein Band, das Material an ein anderes Förderband übergibt.

Aufgabeeinrichtung² | Eine Einrichtung zur Regulierung des Materialflusses von einem Vorratsbehälter auf ein Förderband oder eine andere Maschineneinheit

Aufnahme von Stoßkräften¹ | Die relative Eignung eines Förderbandes zur Aufnahme der Aufprallwucht des Materials beim Beladen, ohne dass das Band dabei Schaden erleidet.

Aufprall¹ | Das Aufeinandertreffen zweier Körper; Kollision. Die durch die Kollision übertragenen Kräfte und Impulse.

Aufpralldämpfungsrolle² | Eine speziell konstruierte Rolle zur Dämpfung der beim Beschickungsvorgang durch den Materialaufprall in der Ladezone auftretenden Kräfte.

Aufprallrost² | Eine Reihe von Metallstangen in der Abwurfchurre an der Stelle, wo das Material auf die Wandung auftrifft, zur Reduzierung des Verschleißes an der Schurrenauskleidung.

Aufpralltisch, Aufpralldämpfungstisch² | Eine Reihe gepolsterter Stangen unter der Ladezone eines Förderbandes zur Aufnahme der beim Beschickungsvorgang auftretenden Kräfte.

Aufsteckachse² | Eine zentrale Achse für die Montage und die Seiteneinstellung eines Hauptrahmens für Fördergurtreiner.

Aufstellfläche | Der geplante oder tatsächliche Flächenbedarf.

Auskleidung | Auf den Innenflächen eines Gehäuses oder Behälters aufgebracht Material, normalerweise zur Erhaltung des Behältnisses durch Verminderung des Verschleißes.

Ausleger | Ein an einem Ende befestigter, vorspringender Träger oder eine Konstruktion.

äußere Lage der Gurtoberseite, Deckplatte | Die Oberfläche, auf der die Last auf dem Gurt aufliegt.

äußere Lage der Gurtunterseite¹ | Die nichttragende, gegen die Trommeln gerichtete Seite des Bandes (=“Laufseite“).

Austragabstreifer² | Ein einziehbarer Abstreifer, der auf die Transportoberfläche eines Fördergurtes herabgelassen werden kann, um das Material vor der normalen Abwurfstelle vom Förderband abzuleiten.

Austritt, Bandaustrittsstelle² | Der Teil des Beschickungsbereiches, wo die Einfassungen enden und der Hauptlauf des Förderbandes beginnt.

B

ballige Trommel¹ | Eine Trommel mit einem größeren Durchmesser in der Mitte oder in anderen Lagen, als an den Kanten.

Balligkeit² | Der Unterschied zwischen dem Durchmesser einer Trommel in der Mitte und an den Rändern.

Bandaufgabe² | Ein kurzes, flaches Förderband mit variabler Geschwindigkeit, das innerhalb eines Materialtransportsystems zur Übergabe oder zur Einspeisung von Material von einer Einheit an eine andere Einheit verwendet wird. Die Zufuhrmenge an Material kann durch Beschleunigen oder Verlangsamung des Fördergurtes eingestellt werden.

Banddehnungsmodul¹ | Die auf die pro Breitereinheit des Fördergurtes bezogene Kraft, die notwendig ist, um eine Dehnung des Bandes um einen gegebenen Prozentwert zu erreichen.

Banddurchhang¹ | Die Vertikalauslenkung eines Förderbandes bezogen auf eine Gerade zwischen den Rollen, normalerweise als Prozentsatz des mittleren Abstandes der Gurtrollen ausgedrückt.

Bandflattern² | Eine (ungewollte) auf und ab - Bewegung eines Fördergurtes zwischen Gurtrollen.

Bandführung | Die von einer Person durchgeführten Maßnahmen, um das Band wieder in die richtige Spur zu führen.

Bandklasse | Eine Klassifizierung der äußeren Lage des Gurtmaterials auf Grundlage ihrer Eigenschaften, um damit dem Endbenutzer einen Anhaltspunkt zu geben,

welcher Gurt für welchen Anwendungszweck zu verwenden ist.

Bandklasse | Eine Klassifizierung des Gurtmaterials auf Grundlage der Eigenschaften der äußeren Gurtlage; dient als Richtlinie für den Endverbraucher zur Auswahl des entsprechenden Gurtes für eine bestimmte Anwendung.

Bandklemme¹ | Quer über beide Gurten angebrachte Leisten oder Metallplatten, um die Enden in einer gewünschten Position festzuhalten.

Bandschlupf¹ | Das Geschwindigkeitsgefälle zwischen dem Band und der Trommeloberfläche.

Bandschlupfschalter² | Ein Schalter, der den Antriebsmotor einer Förderanlage abschaltet, wenn der zugehörige Sensor feststellt, dass sich das Band langsamer bewegt als die Antriebstrommel.

Bandträgestell | Eine Methode zur Abstützung des Gurtes ohne rollende Komponenten, bei der Gleitbetten oder Aufpralltische verwendet werden.

Bandträgersystem | Die Bauteile unterhalb der Bandtragseite, die das Gewicht des Bandes und der Fracht tragen.

Bandzwischenlage | Ein in die Karkasse des Bandes eingelegte Extralage zur Stoßdämpfung.

Beaufschlagungswinkel, Schüttwinkel | Der Winkel in Bezug zur Horizontalen, den die Oberfläche einer auf einem laufenden Förderband aufliegenden Materialmenge annimmt. Dieser Winkel ist normalerweise 5° bis 15° geringer als der Böschungswinkel, kann jedoch bei manchen Materialien bis zu 20° geringer sein.

Belüftungseinrichtung | In einem Behälter montiertes Gerät, das verdichtetem, schwer fließendem Material zur Auflockerung große Luftvolumina bei niedrigen Drücken zuführt, manchmal auch als Belüftungsdiffusoren, Polster oder Düsen bezeichnet.

Beruhigungsbereich | *Siehe Absatzbereich.*

Beschickungsmenge² | Die auf einem Förderband zu einem gegebenen Zeitpunkt transportierte Materialmenge, normalerweise als „Tonnen pro Stunde“ (t/h) angegeben.

Beschickungsschurre | Das Behältnis, von dem aus die Ladung auf das Förderband aufgebracht wird.

Bett | Eine Anordnung von Schienen mit niedriger Reibung als Träger für das Gurt-

profil, anstatt einfacher, leistungsschwacher Gurtrollen

bleibende Dehnung | Eine nach Entfernung der Spannung zu beobachtende Längenänderung des Bandes; im Allgemeinen akkumuliert diese Längenzunahme über einen Zeitraum hinweg.

Blockieren | Eine Sicherheitsmaßnahme, bei der ein System durch mechanische Fixierung an einer weiteren Bewegung gehindert wird.

Bogen | Eine konkave Krümmung des Bandes.

Böschungswinkel² | Der Winkel oder die Neigung, die gefördertes Material annimmt, wenn es zu einem offenen Haufwerk entladen wird.

Brecher² | Eine Maschineneinheit zur Zerkleinerung oder Zertrümmerung größerer Materialstücke.

Bürstenreiniger² | Ein Gurtreinigungsgerät mit einer rotierenden Bürste zur Entfernung des Rücklaufmaterials vom Untertrum eines Förderbandes.

C

CAD | Akronym für Computer-Aided Design [computergestütztes Design].

CARP² | Akronym für "Constant Angle Radial Pressure," [Winkelbeibehaltung unter Radialdruck], ein Anordnungskonzept für Gurtabstreifblätter, um bei Blattverschleiß einen konstanten Abstreifwinkel zu gewährleisten.

CEMA | Akronym für Conveyor Equipment Manufacturers Association [Verband der Förderanlagenhersteller].

CFM oder cfm | Abkürzung für „Kubikfuß pro Minute“ in Luftströmungsberechnungen.

Chevron, Chevron-Fördergurt | Eine V-förmige Rippe auf der Tragseite eines Fördergurts, zur Stabilisierung des Materials an einer Steigung.

CMMS | Akronym für Computerized Maintenance-Management System [Rechnerunterstütztes Instandhaltungs-Management-System], ein System zur Verfolgung von Instandhaltungsarbeiten und deren Kosten.

D

dBA | Akronym für Dezibel A-Bewertung, eine Messeinheit des Schalldruckes.

Deckplatte¹ | Die äußere Schicht des Gurtmaterials. Auch die Überdachung oder Dachkonstruktion, um die Förderanlage und das Material vor der Witterung zu schützen und um das Freiwerden des Materials zu begrenzen.

Dehnung | Eine Längenzunahme, normalerweise als Prozentanteil der ursprünglichen Länge angegeben

Delamination¹ | Die Auftrennung, das Aufblättern von Materialschichten. Wird auch im Zusammenhang von Förderbändern verwendet, wenn sich Trag- und Laufseiten voneinander trennen.

DEM | Akronym für Discrete Element Modeling, einer rechnergestützte Technik zur Analyse und Darstellung der Bewegung von einzelnen Partikeln in oder durch eine Struktur.

Deponierungssystem² | Eine Anordnung von Förderbändern zur Verbringung von Material in einen Lagerbereich.

Dichte¹ | Das Verhältnis der Masse eines Körpers zu seinem Volumen, oder die Masse pro Volumeneinheit des Stoffes. Für praktische Zwecke können Dichte und spezifisches Gewicht als gleich betrachtet werden.

Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage des Gurtes | Ein Verhältnis, bei dem die Stärke der äußeren Lagen der Gurtunterseite und der Gurtoberseite eines Fördergurtes verglichen werden.

DIN | Akronym für Deutsches Institut für Normung, das in Deutschland für die Entwicklung von Industrienormen zuständig ist. DIN-Normen werden international angewendet, am häufigsten jedoch in Europa.

Drehzahlwächter | Elektrische Vorrichtung zur Überwachung der Funktion einer sich drehenden Welle, z. B. eines Antriebsmotors.

Durchsatz | Die durch ein Materialtransportsystem transportierte Schüttgutmenge, üblicherweise als Tonnen pro Stunde angegeben.

durchschießen² | Ein unkontrolliert durch einen Materialtransportabschnitt hindurchschießender Materialschwall.

Durometer (Härtemessgerät) | Ein Gerät zur Messung der Härte eines elastischen Materials (z. B. eines Elastomers) durch Messung des Penetrationswiderstandes bei Belastung mit einer Prüfspitze.

Dynamometer¹ | Eine Vorrichtung zur Aufbringung variierender Belastungen zur Bewertung dynamischer Gurteigenschaften. Allgemein: Kraftmessgerät.

E

effektive Gurtbreite | Das Maß der horizontalen Breite eines gemuldeten Förderbandes, gemessen parallel zur darunter liegenden Rolle.

Eignung zur Muldenbildung¹ | Die Charakteristik eines Bandes, der durch den entsprechenden Muldungsrollensatz vorgegebenen Umformungskraft zu folgen; das Maß, in dem ein Band gemuldet werden kann.

Einfassung¹ | Die vertikalen oder geneigten, aus der Ladezone eines Förderbandes hervorstehenden Platten, die zur Eindämmung des beförderten Gutes knapp über dem Band positioniert sind.

Einfassungsabdichtung | Die zur Vermeidung von Ablaufverlusten und zur Eingrenzung des Materials entlang der Unterkante der Einfassung des Übergabepunktes angebrachte Anordnung (oft ein Streifen elastischen Materials).

Einfassungsbereich | Der von der Einfassung umschlossene Bereich eines Übergabepunktes, der Bereich des Übergabepunktes von der Ladezone bis zur Bandaustrittsstelle.

Einschlussstelle(n) | Ein Punkt, an dem sich ein Materialbrocken zwischen zwei Flächen festsetzen kann.

Einschnürtrommel² | Eine kleine Trommel zur Vergrößerung der Wickelfläche eines Fördergutes um eine Kopf- oder Kehrtrommel zur Verbesserung der Zugkraftübertragung.

Einspuren | *Siehe Einspuren des Bandes.*

Einspuren des Bandes | Die von einer Person durchgeführten Maßnahmen, um das Band wieder in die richtige Spur zu führen.

Einspurrolle¹ | Eine auf einem Drehlager oder sonstigen einstellbaren Unterbau montierte Rolle, die ihre Stellung automatisch ändert, wenn ein Band mit Schiefelauf dagegen fährt, die das Band dann auf die richtige Spur zurückführt.

Einstich¹ | Der durch das Aufschlagen schwerer, scharfkantiger Materialien auf die Deckplatte des Förderbandes hervorgerufene Schaden, wodurch auch Stücke der Deckplatte herausgerissen werden können.

Eintritt, Bandeintrittsstelle² | Der Punkt jenseits der Kehrtrommel, wo das Förderband in den Beschickungsbereich eintritt.

Elastomer | Ein Polymer mit elastischen Eigenschaften, ähnlich denen des natürli-

chen Gummi; typischerweise Kautschuke oder Urethane.

elektrische Leitfähigkeit¹ | Ein Maß der Fähigkeit eines Stoffes, elektrischen Strom zu leiten, gemessen in Ohm (Ω).

Endschalter² | Ein elektrischer Schalter zur Abschaltung des Antriebes einer Systemkomponente, z. B. einer Ablenklappe, wenn diese einen vorbestimmten Endpunkt erreicht hat.

Endtrommel | Die Trommel an einem der beiden Enden des Förderbandes; die Kopf- und/oder Kehrtrommel.

Entlastung | Ein Mechanismus, der das Ausweichen einer Komponente (z. B. eines Gurtabstreifers) vor einem Hindernis (z. B. einem mechanischen Spleiß) ermöglicht. Hierzu gehören auch die Federn in der Spannvorrichtung des Gurtreinigungssystems.

Entlastungswinkel | Eine geneigte Stellung oder ein Spalt, durch die verkantetes Material durch die Gurtbewegung mitgerissen wird, anstatt dass sich das Material noch stärker verklemt.

Entmischung | Die zufällige oder unerwünschte Auftrennung oder Scheidung eines Materials nach der Größe der Teilchen.

Entstaubungseinsatz, Aufbaufiltersystem | Ein für den Einbau im Gehäuse eines Übergabepunktes vorgesehenes und aus Filtern bestehendes Entstaubungssystem.

Entstaubungssystem(e) | Ein mechanisches System zur Entfernung von Staub aus der Luft in einem Materialtransportsystem.

entweichendes Material² | Jede Form von abgängigem Material, das an einer nicht dafür vorgesehenen Stelle aus einem Materialtransportsystem entweicht; kann von Rücklaufmaterial, Ablaufverlusten, Flugstaub oder sonstigen Ursachen herrühren.

EPA | Akronym für Environmental Protection Agency, die US - Umweltschutzbehörde.

Erfassungsgeschwindigkeit | Die zum Einfangen eines schwebenden Staubpartikels durch ein Entstaubungssystem erforderliche Luftgeschwindigkeit.

erzeugte Luftströme | Die durch die zur Beschickung der Ladezone verwendeten rotierenden Maschinenelemente erzeugten Luftströme.

exzentrisch positionierte Hilfsstütze | Eine seitlich über den Hauptaufbau eines Schiffes, Flugzeuges oder einer Maschine herausragende Hilfskonstruktion, dient normalerweise zur Verbesserung der Stabilität.

F

Fangseil | Eine Abfangeinrichtung als Sicherungsmaßnahme, damit über Kopf angeordnete Einrichtungsteile nicht abstürzen, wenn deren Befestigungssystem versagt.

Fase | In einem Winkel, als Schräge schneiden.

FEA | Akronym für Finite Element Analysis [Finite-Elemente Analyse], eine computerisierte numerische Analysetechnik zur Lösung von Differentialgleichungen, primär im Maschinenbau angewendet und bei der Schüttguthandhabung bei der Gestaltung von Förderbändern und Übergabepunkten eingesetzt.

federbelastete Spannvorrichtung² | Eine mechanische Vorrichtung zur Wahrung der Gurtspannung mittels variabler Federbelastung zwischen dem Aufbau der Förderanlage und dem Montageblock der Kehrtrommel.

Feinanteile | Kleine Materialteilchen.

Feinstmahlanlage² | Eine mechanische Vorrichtung zur staubfeinen Vermahlung von Material. Bei einer Kugelmühle wird das Material mittels zwischen den gegenüber rotierenden Flächen laufenden Stahlkugeln zerkleinert.

Feststellklemme für Abstreifblatt² | Eine mit Stellschraube versehene Klemmeinrichtung zur Fixierung von Abstreifblättern auf dem Hauptrahmen eines Gurtreinigers.

Filterflächenbelastung | Eine Kenngröße der Staubfilter. Die Filterflächenbelastung erhält man durch Division der durchströmenden Luft in Kubikmeter pro Sekunde durch die Oberfläche des Filtermediums in Quadratmeter

Filtersackgehäuse² | Ein geschlossener Aufbau zur Aufnahme eines Satzes von Filtersäcken, die eingesaugte Schwebestäube festhalten.

Flachband | Ein Förderband, auf dem die Ladung ohne Muldung transportiert wird.

Flachrolle² | Eine Gurtrolle für Flachbänder.

Flanschtrommel² | Eine Trommel mit erhöhtem Rand an den Außenkanten als Einfassung für das Band.

Flickblech² | Ein zur Abdichtung eines Loches in der Wandung eines Behältnisses, z. B. bei einer Übergabeschurre, angebrachtes Stück Blech.

Flickstück² | Ein zusätzlich an ein vorhandenes Förderband angefügtes kurzes Bandstück.

Flugbahn² | Die bogenförmige Bahn, die das transportierte Material einnimmt, wenn es am Kopfende des Förderbandes abgeworfen wird. Auch: „Abwurfparabel“.

Flügeltrommel², Trommel in Flügel-Bauart | Eine Art selbstreinigender Trommel, bei der das Band auf einzelnen Flügeln aufliegt, statt auf einer durchgehenden Fläche. Die Flügel sind auf einem sich zu den Seiten hin verjüngenden Mittelteil angeordnet, so dass Fremdmaterial zu den Seiten hin und aus der Trommel herausgeleitet wird.

Förderanlage² | Eine für den Materialtransport von einem Punkt zu einem anderen entlang einer vorherbestimmten Strecke vorgesehene Maschineneinheit.

Förderband² | Ein flexibles, über einen Rahmen aus Rollen und Trommeln geschlaufes Endlosband zum Transport von Material vom Beschickungsbereich zu der Abwurfstelle einer Förderanlage.

Förderband² | Eine Länge flexiblen Gurtmaterials aus Gummi, das über einen Rahmen aus Rollen und Trommeln geschlauft und durch Verspleißen der beiden Endstücke dann zu einem Stück zusammengefügt wird.

Förderer mit Bandschleifenwagen², Bandschleifenwagen | Ein auf Schienen verfahrbarer Mechanismus, der das Abwurfende des Förderbandes entlang einer Geraden auf verschiedene, beliebige Stellen verschiebt, zur Befüllung einzelner Bunkertaschen oder Vorratsbehälter.

Fördergurtreiniger² | Ein Gerät mit einem oder mehreren auf ein Traggestell montierten vorgespannten Abstreifblättern zur Entfernung des Materials, das über die normale Abwurfstelle hinaus an der Oberfläche der Tragseite eines Förderbandes anhaftet.

Förderstrecke | Die Transportlänge eines Förderbandes.

freier Kantenabstand des Gurtes | Der nicht für den Transport der Ladung verwendete Seitenbereich des Bandes, typischerweise der Bereich, wo das Einfassungssystem aufliegt.

Fremdeisen² | Eventuell im Materialfluss enthaltener Schrott.

Fremdeisensuchgerät | Ein System zur Auffindung von Fremdeisen im Materialfluss, wobei dieses Fremdeisen dann ent-

weder entfernt, oder das Transportsystem abgeschaltet wird.

Führung | *Siehe Bandführung*

Führung², Führungseinrichtung | Eine Einrichtung, um ein Band mit Schiefllauf wieder auf die Mittellinie zurückzudirigieren.

Furchenbildung² | *Siehe Abriebschaden durch eingeschlossenes Material.*

G

geformte Kante¹ | Eine massive, mittels Matrizenform gefertigte Gummikante am Band, wobei das Band mit einer bestimmten Breite hergestellt und nicht aus einem breiteren Stück herausgeschnitten wurde.

Gegengewicht² | Das Gewicht, mit dem eine Schwerkraft-Spannvorrichtung beaufschlagt wird, um die richtige Gurtspannung zu gewährleisten.

Gegenhalter² | *Siehe Sperrvorrichtung*

geschlossener Raum | Ein potentiell gefährlicher umschlossener Bereich; der Zugang wird normalerweise durch Sicherheitsbestimmungen geregelt.

Geschwindigkeitsgefälle¹ | Der Sachverhalt, dass ein Fördergurt an der Antriebstrommel Geschwindigkeit verliert und an der angetriebenen Trommel Geschwindigkeit gewinnt.

gestufte Verbindung² | Eine Art Verbindung für mehrlagiges Gurtmaterial, bei der die Gewebelagen des einen Gurtes entfernt werden, so dass dieses Ende mit den entsprechenden Lagen des anderen Endes zusammenstößt und diese überlappt.

Girlandentragrolle¹ | Ein flexibler Satz Gurtrollen, bei dem die Rollen an einem flexiblen Glied, Seil oder einer Kettenkonstruktion aufgehängt sind und die Enden in schwenkbaren Untergestellen ruhen. Die Rollen hängen durch und bilden dadurch die Muldung.

Gleitbalken | Eine Stange oder Schiene mit niedrigem Reibungsbeiwert zur Konstruktion eines Gleitbett-Bandträgergestells.

Gleitbett² | Eine der Länge nach ausgerichtete und zu einem Gestell zusammengefügte Reihe von Schienen, das unterhalb der Ladezone eines Förderbandes angeordnet eine fortlaufende Unterlage zur Bewegung des beladenen Bandes bietet.

Gleitbettförderer | Ein Förderband, bei dem eine Anordnung von Schienen mit niedrigem Reibungsbeiwert oder eine

andere ebene Oberfläche statt Rollen zur Abstützung des Bandes verwendet wird.

Granulierer | Ein Gerät zur Herstellung von feinen Körnchen (oder Klümpchen) aus Feinanteilen oder Staub.

Grenzreibung | *Siehe Übergangsreibung.*

Gurtabstreifblatt | Jenes Element eines Fördergurtreinigers, das mit dem Fördergurt in direkten Kontakt kommt.

Gurtdehnung | Die beim Spannen des Gurtes auftretende Zunahme der Fördergurtlänge. Elastische Dehnung ist eine temporäre Längenänderung, die direkt mit der Zugkraft variiert. Bleibende Dehnung ist die verbleibende Änderung der Länge, nachdem die Spannung entfernt worden ist; im Allgemeinen akkumuliert diese über einen Zeitraum hinweg.

Gurtprofil | Die Form des Bandes, besonders der oberen (Transport-) Oberfläche.

Gurtreinigungseffekt | Wirkung von Gurtreinigern, die bewirken, dass noch am Gurt anhaftendes Schüttgut abgestreift wird.

Gurtreinigungssystem | Ein Fördergurtreiniger oder eine Gruppe von Fördergurtreinigern mit Zubehör (wie Halterungen und Spannvorrichtungen), wie auf einer Förderanlage angebracht.

Gurtrolle² | Eine rollende Komponente ohne Antrieb, die sowohl am Obergurt als auch am Untertrum zur Stützung des Förderbandes dient.

Gurtschiefllauf | Der außermittige Lauf eines Förderbandes.

Gurtverbinder¹ | Eine mechanische Vorrichtung, die zwei Enden eines Förderbandes zusammenhält.

H

Haftbrücke¹ | Eine dünne Lage unvulkanisierten Gummis, das beim Aufbau einer vulkanisierten Gurtverbindung zwischen die Lagen eingefügt wird.

Halbmulden-Kehrtrommel² | Eine Kehrtrommelmontage, deren Oberkante mit dem Mittelpunkt der seitlichen Gurtrollen des ersten vollständig gemuldeten Rollensatzes fluchtet; typischerweise zur Verkürzung der erforderlichen Übergangsstrecke verwendet.

Halden-/Rückladeförderer² | Eine an einem Ausleger montierte Förderanlage mit einem umlaufenden Schaufelrad, die Material zur Lagerung auf Halde auffahren kann, oder durch Umkehr der Förderrichtung

Material von der Halde entnehmen und weiterbefördern kann.

Haldenförderer, Absetzer² | Eine Förderanlage, um Material auf Halde zu setzen oder auf eine Beladeschütte zu verbringen. Ein Absetzer kann starr aufgestellt werden, um das Material an einer einzigen Stelle abzuwerfen, oder schwenkend, um das Material in einer fächerartigen Bewegung über eine weite Fläche zu verteilen.

Hammermühle² | Eine Art Brecher, bei der eine Anzahl von auf einer mittig verlaufenden, sich drehenden Welle angeordneten Hämmern zum Zerschlagen von harten, klumpigen Materialien wie z. B. Kohle oder Kalkstein verwendet werden.

Härte¹ | Der mechanische Widerstand gegen das Eindringen eines härteren Prüfkörpers

Haube | Eine gekrümmte Lenkvorrichtung am Abwurfende einer Förderanlage zur Lenkung und Eingrenzung des Materialflusses, so dass dieser gleichmäßig und mit minimalem Lufteintrag verläuft.

Hauptrahmen² | Das tragende Element eines Fördergurtreinigers, an dem die Abstreifblätter angebracht werden.

Heftschweißung | Eine Verbindungstechnik für Metalle, bei der in Abständen gesetzte Schweißnähte mit dazwischenliegenden Unterbrechungen aufgebracht werden.

Hochhalterolle² | Eine Rolle, die zur Verbesserung der Wirkung eines Innengurtabstreifers dient und einen nach oben gerichteten Druck ausübt, damit das Band flach bleibt.

Hubhöhe | Die vertikale Strecke, die ein Material auf einem Förderband transportiert wird, der Höhenunterschied von einem Ende des Förderbandes zum anderen Ende.

hydrophob | Stoff mit hoher Oberflächenspannung, der nicht mit Wasser mischbar ist.

hygroskopisch | Stoff, der aus der Luft Feuchtigkeit absorbiert.

I

innerer Reibungswinkel | Der Winkel, bei dem die Partikel innerhalb eines Schüttgut-Haufwerks übereinander hinwegrutschen.

ISO | Eine universelle Kurzform der Bezeichnung für die International Organization for Standardization [Internationale Organisation für Normung].

K

Kaltverklebung² | Eine Art Fördergurtverbindung, bei der die Schichten eines Förderbandes überlappt und mit einem Klebstoff zusammengefügt werden.

Kantenabdichtstreifen | *Siehe Abdichtstreifen.*

Kantenabstand | Der Abstand zwischen der Außenseite der Einfassung und der Bandkante.

Kantendichtung | *Siehe Abdichtung.*

Kantenschaden² | Risse und Schlitzte entlang der Kante eines Förderbandes.

Kapazität¹ | Die auf einen Fördergurt aufgebrauchte Maximallast, die Beladung oder der Durchsatz.

Karkasse¹ | Der den Textilstoff, Litzen und/oder die Metallverstärkung enthaltende Teil eines Fördergurtes, im Unterschied zum Gummiüberzug. Die Karkasse erzeugt die Zugfestigkeit des Fördergurtes

Kehrtrommelpulley² | Eine Trommel, die das Untertrum eines Förderbandes um 180° wendet, zurück auf die Tragseite.

Keramikbeschichtete Verschleißauskleidung | Eine aus Keramikblöcken oder -platten bestehende Auskleidung zur Verbesserung der Abrasionsbeständigkeit.

Kettfäden¹ | Die Längsfäden in einem Textilgewebe.

klappern, Blattgeklapper² | Die rasche Vibration eines Fördergurtreinigers, der nicht richtig auf das Förderband ausgerichtet ist.

klopfen² | Die manuelle Einstellung der Ausrichtung von Fördergurtrollen zum Einspielen des Bandes auf die Mittellinie durch Vorwärts- oder Rückwärtsverschiebung einer Seite der Rolle.

Klopfert | Eine Vorrichtung (normalerweise eine Rolle mit einer externen Leiste), die auf ein anderes Objekt aufschlägt, um Materialansammlungen zu entfernen.

Knickbruch | Eine durch wiederholtes Knicken oder Biegen hervorgerufene Rissbildung an der Oberfläche.

Kohäsion | Der interne Zusammenhalt eines Materials.

konkav | Nach innen gekrümmt; ein Bogen ist eine konkave Krümmung des Bandes.

Kontaktbogen¹ | Der am Umfang einer Trommel anliegende Teil eines Fördergurtes.

konvex | Nach außen gekrümmt; eine Längskrümmung ist eine konvexe Krümmung des Bandes.

Kopf² | Das Abwurfende eines Förderbandes.

Kopftrommel² | Die Endtrommel an der Abwurfstelle eines Förderbandes. Bei vielen Förderbändern ist die Kopftrommel mit dem Antriebsmotor verbunden und treibt das Förderband an.

KPI | Akronym für Key Performance Indicators [Leistungskennzahlen], als Maßzahl zur Ermittlung des betrieblichen Erfolges.

Kratzerförderer² | Eine Art Fördereinrichtung, bei der Stollenprofile oder Schaber für den Materialtransport in einer kanalförmigen Schurre verwendet werden.

Kratzwinkel², Kratzstellung | Ein Gurtreiner mit einem in Transportrichtung des Bandes gerichteten Neigungswinkel; auch als negativer Anstellwinkel bekannt.

Kriechgang² | Ein Hilfsmotor mit Getriebe zum Betrieb einer Maschineneinheit bei sehr geringer Geschwindigkeit. Auch als „Ponyantrieb“ bezeichnet

Krümmertrommel² | Eine Trommel zur Änderung der Richtung eines Förderbandes (oder um es zu „biegen“).

Krustenzerkleinerer | Eine an der Kopftrommel unmittelbar unter dem Materialabwurf angebrachte Abstreifkante, die fast am Band ansteht, dieses jedoch nicht berührt; dient als Grobabbreifer zur Begrenzung des Materials, das zu dem unmittelbar darunter liegenden konventionellen Vorabbreifer gelangt.

L

Ladezone², Beschickungsbereich | Der Aufnahmepunkt, an dem das Material auf ein Förderband verbracht oder dort eingespeist wird.

Lage¹, Lagen | Eine in der Bandkarkasse eingelegte Gewebelage.

längs verlaufend² | In Bezug auf ein Förderband, die Längsrichtung parallel zur Mittellinie.

Längskrümmung | Eine konvexe Krümmung des Bandes (*siehe nachfolgend*).

Längsträger der Förderanlage² | Die tragenden Elemente in Längsrichtung des Aufbaus einer Förderanlage, zwischen den Endtrommeln.

Laufspannung | Die Spannung eines Bandes wenn es mit Material beladen läuft.

Leckage | Aus dem System ausgetretenes Material, das entweder von den Seiten herabgefallen oder aus Öffnungen entwichen ist.

Leitblech | Lenkblech zur Steuerung des Materialflusses, nachdem er den ersten Kontaktpunkt mit der Übergabeschurre verlassen hat.

Leitrolle² | Eine kleine, auf einer Hilfsstütze angebrachte Rolle auf einem selbstausrichtenden Rollensatz. Wenn ein Förderband die Bahn verlässt und in die Leitrolle hineinläuft, drehen sich die drehbar gelagerten Lenkrollen einwärts und zwingen das Band zurück auf die Mittellinie.

Lenkblech² | Eine in einem Übergabepunkt eingebaute Metallplatte zur Änderung der Flugbahn des Materialflusses.

Lenkrollen² | Ein auf einem Drehlager montierter Rollensatz (oder ein gemuldetter Rollensatz), der nach rechts oder links schwenkbar ist, um ein Band mit Schiefelauf wieder auf die Mittellinie zu dirigieren.

lineare Spannvorrichtung² | Eine Art Spannvorrichtung, die auf einen Fördergurtreiner einen direkt nach oben gerichteten Druck ausübt.

Lochnahtschweißung | Eine Art Schweißverbindung, bei der ein untenliegendes Teil mit einem oben liegenden Teil durch ein kreisrundes Loch im oben liegenden Teil verschweißt wird.

LRR¹ | Akronym für Low Rolling Resistance [niedriger Rollwiderstand], eine firmeneigene Bezeichnung für eine Gummimischung.

Luftetrug | Die Luftmenge, die in die sich beim Abwurf des Materials durch Ausdehnung bildenden Leerräume eindringt.

Luftkanone² | Ein Gerät, das periodische Druckluftstöße zur Beseitigung von Materialansammlungen in Behälter, Silos, Übergabeschurren, Vorwärmer, Klinkerkühler oder anderen Geräten und Anlagen abgibt.

Luftmesser | Gurtreinigungssystem, bei dem ein Luftstrom das Rücklaufmaterial abschert.

Luftunterstützte Förderanlage² | Eine mit konventionellem Gurt, Trommel und Antrieb versehene Förderanlage, die aber auf der Tragseite von einer dünnen Luftschicht anstatt durch Tragrollen unterstützt wird.

Luftverdrängung | Die beim Beladen der Schurre aus der Schurre herausgepresste

Luft; entspricht dem Volumen des auf die Schurre aufgegebenen Materials.

Luftverteilerkasten | Ein Kasten zur Verteilung von Druckluft.

M

Magnetabscheider² | Eine Vorrichtung zur Entfernung von Fremdeisen aus dem Materialfluss eines Förderbandes.

Magnetabscheidertrommel² | Eine mit einem Permanentmagnet ausgestattete Trommel zur Entfernung von Fremdeisen aus dem auf einem Förderband transportierten Material.

MAK | Maximale Arbeitsplatz-Konzentration, die Staubkonzentration, der ein Arbeiter täglich während des gesamten Berufslebens ausgesetzt werden kann, ohne dass ein Gesundheitsschaden auftritt; angegeben als Teile von einer Million Teile (ppm) bei Gasen und als Milligramm pro Kubikmeter (mg/m³) bei Schwebstoffpartikeln wie Staub, Rauch und Nebel.

Manometer | Ein Gerät zur Messung des Druckes bei Gasen oder Flüssigkeiten.

Materialansammlung² | Material, das sich in der Ladezone auf dem Gurt ansammelt, bis es die Bandgeschwindigkeit erreicht und weggetragen wird.

Materialermüdung¹ | Die Schwächung eines Materials, wenn es durch wiederholte Spannung belastet wird.

Materialfluss-Hilfsmittel | Vorrichtung oder Methode zur Unterstützung des Materialflusses durch Schurren hindurch, z. B. Linear- und Rotationsvibratoren, Luftkanonen, Belüftungssysteme, Schurrenauskleidungen und die reibungsarme Gestaltung von Schurren.

Materialstärke¹ | Die Dicke eines Gurtes bzw. dessen einzelner Elemente.

Materialüberlauf | Ein durch Förderstauungen verursachtes Problem, bei dem das Material die Schurre überschwemmt.

Maximalspannung¹ | Die höchste, an irgendeiner Stelle beim Betrieb des Bandes auftretende Spannung.

mechanische Entstaubung | Ein aktives Entstaubungssystem, bei dem Ventilatoren Luft durch ein Leitungssystem zu einem Filtersystem hinsaugen.

mechanische Verbinder¹ | Ein System zur Verbindung der Gurtenden, typischerweise mit Hilfe von Schrauben oder Nieten zur Befestigung von Platten für die Verbindung der beiden Enden.

mechanische Verbindung, mechanischer Spleiß² | Eine Art von Verbindung, bei der mechanische Verbinder zur Verbindung der beiden Enden eines Gurts verwendet werden.

Minstdurchmesser der Trommel | Die vom Hersteller des Gurtmaterials zur Vermeidung von Beschädigung für einen bestimmten Gurt angegebene Mindesttrommelgröße.

mit Spiralwicklung versehene Trommel² | Eine Flügeltrommel mit einem spiralförmig um die Trommel gewickelten Stahlband zur Verminderung der Gurtvibration unter Erhaltung der Selbstreinigungswirkung der Trommel

mittels Schraube nachstellbare Spannvorrichtung¹ | Eine mechanische Spannvorrichtung, bei der ein Trommellagerblock mittels einer Schraube (Spindel) verschoben wird.

Mitte-Mitte¹ | Der Abstand zwischen den Zentren von zwei Trommeln oder Gurtrollen. Manchmal auch als Zentren- oder Mittelabstand bezeichnet.

Mondbildung² | Ungleichmäßiger Verschleiß an einem Blatt eines Vorabstreifers, weil der Hauptrahmen des Abstreifers zu weit weg von der Kopftrommel positioniert war.

MSHA | Akronym für Mine Safety and Health Administration (MSHA) [US-Behörde für Arbeitsschutz im Bergbau].

Muldung | Die Form eines Bandes mit erhöhten Seitenkanten, so dass mehr Material transportiert werden kann.

Muldungsrollensatz² | Ein aus einer horizontalen Mittelrolle und geneigten seitlichen Gurtrollen bestehender Tragrollensatz, der die Tragseite eines Bandes zur Mulde umformt.

Muldungswinkel² | Der Winkel (von der Horizontalen ausgehend), in dem das Band zur Aufnahme und zur mittigen Führung des Materials gemuldet ist.

N

nachgelagert | 1) Die Orte, die das Band im Laufe der Zeit erreichen wird; 2) in Richtung der Abwurfstelle des Förderbandes/der Förderanlage

nachhaltig wirkendes Tensid | Ein Staubunterdrückungszusatz, der seine agglomerierende Wirkung beibehält, auch nachdem das Wasser verdunstet ist; auch als bindendes Staubbekämpfungsmittel bezeichnet.

Napfbildung² | Der Sachverhalt, dass sich die Kanten eines Bandes beim Vorlauf mit Material nach oben und beim Rücklauf nach unten biegen. Auch als „Lockenbildung“ am Band bezeichnet

negative Anstelleneigung | Abstreifblätter mit einem in Transportrichtung des Bandes gerichteten Neigungswinkel; auch als Kratzausrichtung bekannt.

Neigungsabschaltung² | Ein elektrischer Schalter, der den Materialfluss abschaltet, wenn das Förderband aufgrund eines Materialstaus am Abwurfende in Schiefelage gerät.

Nennspannung | Die Mindestreiffestigkeit eines Bandes in Newton pro Millimeter Bandbreite, laut Angabe des Herstellers. In den USA manchmal gleichbedeutend mit der Arbeitsspannung.

Niederhalter-Rolle² | Eine Rolle, die das Band im unbeladenen Zustand hinabdrückt, oder die beim Rücklauf des Fördergurtes einen abwärts gerichteten Druck ausübt, um die Reinigungswirkung der Abstreifer zu wahren. Auch als „Anpressrolle“ bezeichnet

O

Obergurt² | Der obere Lauf eines Förderbandes, das für den Transport von Material von einem Beschickungsbereich zu einer Abwurfstelle verwendet wird.

ölbeständig | Der Kontakt mit Petroleumhaltigen Medien führt nicht zu einer Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften.

Opferfläche | Eine zum Schutz eines wertvolleren Bauteils eingebaute Verschleißfläche zur Absorption, Abpufferung oder Isolierung der Abrasions, Aufprall- oder sonstigen auftretenden Kräfte.

OSHA | Akronym für Occupational Safety & Health Administration, [US-Arbeitssicherheitsbehörde]

P

passive Entstaubung² | Ein Entstaubungssystem, bei dem die Staubbildung durch eine effiziente Gestaltung der Übergabepunkte und die Kontrolle der Luftströme erreicht wird, anstatt durch den Einsatz mechanischer Geräte.

persönliche Schutzausrüstung | Schutzausrüstung und -bekleidung, wie z. B. Schutzhelm, Schutzbrille, Gehörschutz, Atemgerätes und Sicherheitsschuhe mit Stahlkappen.

Pflugabstreifer | Eine über den Lauf eines Förderbandes hinweg angebrachte Vorrichtung zum Abwurf oder zur Umlenkung von Material.

Pflugabstreifer² | Eine mit einem Gummi- oder Urethanblatt versehene "V"-förmige Vorrichtung, die zur Abweisung von Fremdmaterial von der Kehrtrommel auf dem Untertrum eines Bandes montiert wird.

PIW | Abkürzung für "Pounds per Inch Width" ("Pfund pro Zoll Breite"), ein Maß für die Nenngurtspannung

Plattenband² | Ein Reihe von auf einer rotierenden Kette montierten überlappenden Metallplatten, die für den Transport von schweren, klumpigen oder abrasiven Materialien verwendet wird.

positive Anstellneigung | Bei der Gurtreinigung, ein gegen die Transportrichtung des Bandes geneigtes Abstreifblatt; auch bekannt als Abschälwinkel

Prallpufferleiter² | Eine Reihe von Ablagerungsprallpuffern, in denen die Geschwindigkeit des Materials dadurch vermindert wird, dass es kaskadenartig zwischen den Vorsprüngen hin und her geworfen wird.

Presse | Eine Maschine, die über ihre gesamte Arbeitsfläche hinweg einen gleichmäßigen Druck erzeugt, wird zum Spleißen des Bandes verwendet

Primärabstreifer | Ein Vorabstreifer, ein auf der Lauffläche einer Kopftrommel unterhalb des Materialabwurfes angebrachter Gurtreiniger zur Abscherung der Hauptmasse des am Gurt anhaftenden Rücklaufmaterials. Der Reinigungsbereich des Primärabstreifers ist die Lauffläche der Kopftrommel unterhalb des Abwurfes. Auch: „Vorabstreifer“.

Primärstellung | Der Bereich um die Abwurftrömmel herum, wo normalerweise die Primärabstreifer angeordnet sind

Probenehmer² | Eine mechanische Vorrichtung für die Entnahme kleiner Materialmengen aus dem Hauptmaterialstrom in vorgegebenen Zeitintervallen zwecks Prüfung oder Qualitätskontrolle.

Profilriss | Eine Form des Gurtschadens, bei der ein Riss von der Kante des Gurts zur Mitte hin verläuft

PVC | Akronym für Polyvinylchlorid, das für den Aufbau mancher Gurtsorten verwendet wird.

Q

quer² | Die Richtung von einer Seite des Bandes zur anderen Seite.

Quetschstelle | Ein Punkt, wo ein Maschinenelement dergestalt auf ein rotierendes Element trifft, so dass Personen oder Gegenstände zwischen die Elemente geklemmt, gequetscht oder von diesen erfasst werden können.

R

Radialspannvorrichtung² | Eine Spannvorrichtung, die über eine drehbar gelagerte Verlängerung oder eine Torsionsfeder ein Drehmoment auf einen Gurtreiniger überträgt.

regenerative Förderanlage¹ | Ein Förderband, dessen Abwurf wesentlich tiefer liegt als das Kehrtrommelende (so dass das Material bergabwärts transportiert wird) und das elektrischen Strom produziert anstatt ihn zu verbrauchen („Generatorischer Betrieb“).

Reibung¹ | Die durch den Kontakt von Flächen hervorgerufene Hemmung einer Bewegung.

Reibungskoeffizient | Das Verhältnis des zur Verschiebung von zwei aneinanderliegenden Flächen erforderlichen Kraftaufwandes bezogen auf die auf diese beiden Flächen wirkenden Presskraft; entspricht dem Tangens des Übergangsreibungswinkels.

Reinigungsförderer² | Ein kleines Förderband oder eine Vibrationsschurre, die unterhalb des Kopfes eines größeren Förderbandes angeordnet ist, um Rücklaufmaterial oder von einem Gurtreinigungssystem herabfallendes Material aufzufangen und es wieder mit dem Hauptmaterialstrom zu vereinigen.

Reißbleinen-Ausschalter | Eine entlang eines Förderbandes angebrachte Reißleine, der mit einem oder mehreren Ausschaltern verbunden ist. Im Notfall kann das Förder-system durch Betätigung der Reißleine von einem beliebigen Punkt aus abgeschaltet werden.

reversierbare Fördereinrichtung² | Eine Art Förderanlage, die Material in beide Längsrichtungen transportieren kann.

Rippen | *Siehe Stollenprofile.*

Rissbildung durch Ozoneinwirkung¹

| Risse in der Gurtoberfläche, bedingt durch die Einwirkung einer mit Ozon angereicherten Atmosphäre.

Rissmelder² | Ein System, bei dem ein elektrischer Leiter in die Lagen eines Fördergurts eingearbeitet ist, wodurch der Antriebsmotor abgeschaltet wird, wenn das Band reißt.

RMA | Akronym für Rubber Manufacturers Association, Inc. [Verband der Gummihersteller]

Rockwellhärte (oder -skala) | Eine Skala zur Beurteilung der Härte eines Materials durch Messung der Eindringtiefe einer Prüfspitze. Durch einen einzeln stehenden Buchstaben werden verschiedene Härteskalen angegeben, wobei "B" und "C" die gebräuchlichsten sind.

ROI | Akronym für Return On Investment [Kapitalverzinsung oder Kapitalrendite].

Rollenanordnung mit Höhenversatz² | Ein Muldungsrollensatz, bei dem die seitlichen Gurtrollen in einer anderen Vertikalebene als die Mittelrolle angeordnet sind, jedoch parallel zu dieser stehen. Dadurch können die seitlichen Gurtrollen die Mittelrolle überlappen, wodurch die Tragfähigkeit für das Band verbessert wird; kann auch eine Verminderung der Höhe des Rollensatzes bewirken:

rollende Komponente(n) | Die Rollen und Trommeln (und sonstigen sich drehenden Komponenten) eines Fördersystems.

Rollenübergangsstoß² | Der Bereich zwischen der seitlichen Gurtrolle und der Mittelrolle eines Muldungsrollensatzes.

ROM | Akronym für Run-Of-Mine, rohes Fördergut, so wie es gewonnen wird, vor dem Brechen, dem Absieben oder einer sonstigen Behandlung.

Rückladesystem² | Ein Materialtransportsystem zur Entnahme von Material aus einem Haldenbereich und für den Weitertransport zur Verarbeitung oder zum Verbrauch des Materials.

Rücklauf², Leertrum | Die Seite eines Förderbandes, auf der nach dem Abwurf und auf dem Rückweg zur Ladezone keine Ladung transportiert wird.

Rücklaufmaterial² | Transportiertes Material, das sich über die nominalen Abwurfstelle hinaus an der Fördergurtoberfläche festgesetzt hat. Wenn dieses Material nicht durch ein Fördergurtreinigungssystem entfernt wird, lösen sich diese Partikel teilweise oder vollständig entlang des Rücklaufs des Fördergurtes und sammeln sich unter dem Band.

Rücklaufrolle² | Eine Rolle zur Abstützung der leeren Rücklaufseite eines Förderbandes.

Rütteldichte (ρ_2) | Die Dichte eines Schüttgutes nach Einwirkung einer verdichtenden Kraft (F) oder einer Vibrationswirkung.

Rüttelschüttdichte | Auch als Rütteldichte bezeichnet (ρ_2), wo hier das Material einer verdichtenden Kraft (F) oder einer Vibrationswirkung ausgesetzt wird; dient der Bestimmung des Gewichts des transportierten Materials auf Basis des Beaufschlagungswinkels.

S

Schaden durch Rollenübergangstoß² | Eine längs verlaufende Spaltung oder Rissbildung an einem Band, hervorgerufen durch eine für das verwendete Band unzureichende Übergangsstrecke zwischen der Kehrtrommel und der Ladezone und/oder ein Spalt am Rollenübergangstoß von mehr als 10 mm oder mehr als der doppelten Bandstärke.

Scheibenrolle² | Eine Gurtrolle mit einer Serie von gepolsterten Scheiben zur Abstützung eines Förderbandes.

Scherzellenprüfung | Prüfung zur Ermittlung der Fließigenschaften eines Schüttgutes durch Messung der zur Scherung des Schüttgutes erforderlichen Kraft.

Schlauchgurtförderer² | Eine Fördereinrichtung, bei der das Band nach dem Beladen in einen vollständig geschlossenen Schlauch überführt wird, typischerweise zur Vermeidung von Ablaufverlusten und für den Transport mit engen Kurvenradien und größeren Steilheiten verwendet.

Schleppförderer | Materialtransportsystem, bei dem das Material mittels auf einer Kette angeordneten Leisten oder Platten zur Abwurfstelle gezogen wird.

Schlossabspernung | Eine Sicherheitsmaßnahme, bei der ein Vorhängeschloss oder eine andere Sicherungseinheit an Quellen gespeicherter Energie, der Stromversorgung oder dem Steuerstromkreis einer Maschine angebracht wird, um die vorzeitige Wiederaufnahme des Betriebes oder die unvorhergesehen Freisetzung von Energie zu verhindern.

Schlupf | Das Geschwindigkeitsgefälle zwischen dem Band und der Trommeloberfläche.

Schneckenförderer² | Eine Art Fördereinrichtung, bei der eine sich in einem Röhrengewölbe drehende Bohrschnecke für den Materialtransport verwendet wird.

Schnittkante¹ | Die freiliegende Kante eines Fördergurtes, die dadurch entsteht, dass

man die gewünschte Breite von einem breiteren Stück Gurtmaterial herausschneidet.

Schrägschnitt¹ | Ein diagonal durchgeführter Schnitt an den Enden des Fördergurtes, in einem Winkel von weniger als 90° (normalerweise 22°) in Bezug zur Längsachse.

Schrägspaltbildung² | Mögliche Einschlussstelle, dadurch hervorgerufen, dass der Hauptrahmen eines Vorabstreifers zu nah an der Kopftrommel montiert wurde.

Schurre² | Eine Einfassung zum Aufnehmen des Materials bei Übergang von einer Maschineneinheit auf eine andere.

Schurrenwand | Die Wände der Beschickungsschurre und manchmal die Einfassung eines Übergabepunktes.

Schurrenwand | *Siehe Einfassung*

Schussfäden¹ | Die quer verlaufenden Fäden in einem Textilgewebe.

Schüttdichte | Das Gewicht pro Volumeneinheit eines festen Schüttgutes, bestimmt an einem Muster in losem, unverdichtetem Zustand (ρ_1).

Schutzabschränkungen | Barrieren zur Verhinderung des Personenzugangs zu potentiell gefährlichen Bereichen oder Maschineneinheiten.

Schutzabstreifer für die Trommel | Ein Pflugabstreifer, der so angeordnet ist, das das Band darunter hinwegläuft, unmittelbar bevor es auf eine Trommel (normalerweise die Kehrtrommel) aufläuft. Der Schutzabstreifer entfernt das Material vom Band und schützt so die Trommel und das Band vor Beschädigung durch dazwischen eingeschlossenes Material.

Schwebstoffpartikel | Feine, in der Luft schwebende feste oder flüssige (außer Wasser) Partikel, einschließlich Staub, Rauch und Pollen.

Schweißen in Gegenlage | Eine auf der Rückseite der Verbindung aufgebrachte Schweißnaht.

Schweißkonstruktion² | Eine mittels Schweißverbindungen hergestellte Komponente.

Schwerkraft-Spannvorrichtung² | Eine Vorrichtung zum Ausgleich von Dehnungs- und Schrumpfungsvorgängen durch die Anwendung einer Gewichtstrommel zur Wahrung der Gurtspannung.

Seitenrolle² | Die in einem Winkel zur Mittelrolle angeordneten seitlichen Rollen bei einem Muldungsrollensatz.

seitlich stützende Gestelle | Bandträgersystem unter Verwendung von Gleitbal-

ken unter der Einfassung, um damit eine durchgehende und abdichtbare Stoßstelle zum Band zu erzielen. Auch: „Gurtunterstützungssystem“.

seitlich wirkenden Kräfte durch die Beladung | Der sich aus der Energie und dem Gewicht des Materials ergebende und nach den Seiten wirkende Druck.

seitliche Gurtrollen | Die Rollen an den Außenseiten eines Muldungsrollensatzes. *Siehe Seitenrolle.*

seitlicher Versatz² | Der Versatz von Trommeln, Rollen oder des Aufbaus in Bezug auf eine festgelegte Längsbezugslinie.

sekundärer Gurtabstreifer, Sekundärabstreifer | Ein unterhalb des Untertrums des Fördergurtes angebrachter Gurtreiniger zur Entfernung von feinem Rücklaufmaterial, das nicht vom Vorabstreifer entfernt worden ist.

Sekundärstellung | Die Position eines Gurtreinigers zwischen dem Punkt, wo das Band die Kopftrommel verlässt und wo es mit der ersten Einschnürtrommel oder Krümmertrommel oder Rücklaufrolle in Berührung kommt.

selbstausrichtende Rollen² | Rollen, die unter der Wirkung des sich bewegenden Bandes nach rechts oder links ausschwenken können, um den Lauf des Bandes wieder auf die Mittellinie auszurichten. Auch: „Lenkrolle“.

Sicherheitsfaktor¹ | Der über den wirklich erforderlichen Leistungsumfang hinausgehende Anteil, oder ein Multiplikator der maximal zu erwartenden Belastung (Kraft, Drehmoment, Biegemoment oder deren Kombination), der ein Bauteil oder eine Baugruppe ausgesetzt wird.

Siebrost² | Eine in parallelen Reihen mit definiertem Abstand ausgerichtete Anordnung von Metallstangen, die größere Brocken abfängt und der Zerkleinerung durch Brecher zuführt, während kleinere Brocken und Feinanteile durch das Stangengitter hindurch fallen. Auch: „Gabelschurre“.

Sortierbandrolle² | Eine Art Muldungsrollensatz, mit schmalen seitlichen Gurtrollen und einer breiten Mittelrolle. Diese Art Rollen werden üblicherweise bei Materialverlesen oder sortiert werden muss.

Spannerbewegung | Die Strecke, die sich eine Spannvorrichtung bei laufendem Band bewegen kann.

Spannung | Die zur Überwindung der Komponentenwiderstände und zum Transport der Ladung entlang des Förderbandes wirkende Kraft.

Spannung an der Durchhangseite² | Der Bereich eines Förderbandes, der die niedrigste Spannung aufweist; dieser Niederspannungsbereich variiert mit der Positionierung der Einschnürtrommel und der Spanntrommeln; diese Positionen hängen vom Förderband ab und müssen für jede Anwendung individuell festgelegt werden.

Spannung an der gespannten Seite² | Der Bereich mit der höchsten Gurtspannung, normalerweise dort, wo sich das Band auf die Antriebstrommel zubewegt.

Spannvorrichtung, Spanner | Eine Vorrichtung zur Aufrechterhaltung des gegen die Oberfläche des Bandes wirkenden Anpressdruckes eines Gurtreinigers.

Spannvorrichtung² | Eine Vorrichtung zur Beseitigung des Durchhangs und zur Wahrung der Spannung bei einem Fördergurt. Bei Schwerkraft-Spannvorrichtungen wird ein schweres Gegengewicht zur Erhaltung der Gurtspannung verwendet; mechanische Spannvorrichtungen werden hydraulisch betätigt oder durch Schrauben nachgestellt.

speicherprogrammierte Steuerung (SPS)² | Eine zentralisierte Computereinheit, die durch Fernzugriff auf die Ein- und Ausgabekreise der einzelnen Systemkomponenten das Gesamtsystem steuert und kontrolliert.

Sperrvorrichtung | Eine mechanische oder elektrische Bremsvorrichtung, die verhindert, dass das Band einer beladenen, geneigten Förderanlage rückwärts rollt, wenn der Motor stehen bleibt. Auch als „Sperrklemme“ oder „Klembremse“ bezeichnet

Spleißzuschlag¹ | Zusätzlich für die Anbringung einer Verbindung erforderliche Gurtlänge.

SPS | *Siehe speicherprogrammierte Steuerung*

Stahura-Messanordnung zur Bestimmung der Rücklaufmaterialmenge

| Eine Methode zur Bestimmung der Rücklaufmaterialmenge mit Hilfe einer Auffangpfanne, wobei ein Schaber gegen das Untertrum eines laufenden Bandes gedrückt wird und die dabei abgeschabten Materialrückstände aufgefangen werden; von dem Gurtreinigungs-Experten Dick Stahura entwickelt.

Staubfangsäcke² | Speziell gestaltete luftdurchlässige Filtersäcke, die aus einem Materialtransportsystem Schwebestäube einfangen und sammeln.

Staubunterdrückungssystem(e) | Ein Entstaubungssystem, bei dem Wasser oder

mit Zusatzstoffen versehenes Wasser zur Verminderung des Austrags an Schwebstoffpartikeln verwendet wird.

Staubvorhänge² | In einer umschlossenen Durchführung aufgehängte segmentierte Gummi- oder Kunststoffvorhänge (Dämpfungseinbauten) zur Verlangsamung des Luftstroms, damit sich der Schwebestaub auf den Materialstrom auf dem Förderband absetzen kann, bevor er den Beschickungsbereich verlässt.

Staudrucksonde, Pitotrohr | Ein Druckmessinstrument zur Messung der Fließgeschwindigkeit.

Stehlager² | Ein in ein aufschraubbares Gehäuse eingelassenes Traglager, das zur Montage von Trommeln an einen Längsträger der Förderanlage verwendet wird.

Steilheitswinkel | Der Winkel zwischen zwei Schurrenwandungen, an der Stoßstelle zwischen der Seitenwand und der Rückwand.

Stollen¹, Stollengurt | Gebilde oder erhabene Abschnitte auf einem Förderband zur Materialstabilisierung an einer Steigung. Durch Stollen können größere Steigungswinkel einer Bandanlage realisiert werden als mit einem glatten Fördergurt, ohne dass Schüttgut zurückfließt.

STP | Akronym für Standard Temperature and Pressure [Normalbedingungen]; 0°C, 1 Atmosphäre (101.325 kPa).

Streichmasse | Eine dünne, auf ein Gewebe aufgebrauchte Gummimasse, die jedoch nicht in das Gewebe eingedrückt wird.

Swinderman-Bewertungsskala für entweichendes Material | Ein Bewertungssystem, bei dem das Leistungsverhalten bei der Kontrolle des entweichenden Materials in Bezug auf Staub, Ablaufverluste und Rücklaufmaterial bewertet wird.

T

Taschengurt | Ein Gurt, bei dem Taschen für den Materialtransport verwendet werden, die durch Stollenprofile und flexible Seitenwände gebildet werden; wird oft bei Steilanstiegen verwendet.

Tensid² | Ein oberflächenaktives Mittel. Bei der Staubunterdrückung werden derartige Mittel in Kombination mit Wasser als Sprühnebel oder Nebel bei der Niederschlagung von Flugstäuben eingesetzt.

tertiärer Fördergurtabstreifer, Tertiärabstreifer | Jeder nach dem Primärabstreifer (Vorabstreifer) und dem ursprüng-

lichen Sekundärabstreifer/Hauptabstreifer weiter als in Sekundärstellung zusätzlich entlang des Untertrums des Bandes eingebaute Abstreifer.

Tertiärstellung | Der Bereich nach der Einschnürtrommel, zur Installation weiterer Gurtreiniger.

Tippschalter² | Ein manueller Startschalter in der Nähe des Abwurfendes eines Förderbandes, zur schrittweisen Weiterführung des Bandes zu Prüfzwecken, oder zur allmählichen Entleerung des Bandes bei Überladung.

TPH, tph | Abkürzung für “tons per hour” (“Tonnen pro Stunde”), ein Maß für die Kapazität.

Tragrolle² | Jede Art von Gurtrolle, die den beladenen Obergurt einer Förderanlage trägt.

Tragseite | Die Seite der Förderanlage oder des Bandes, die mit dem transportierten Material in Berührung kommt.

Trichter | Ein gekrümmter Trog unten an der Übergabeschurre zur Lenkung des Materialstromes auf das aufnehmende Band.

Trommel² | Ein auf einer zentralen Welle montierter rotierender Zylinder für den Antrieb, zur Änderung der Laufrichtung oder zur Aufrechterhaltung der Spannung eines Förderbandes.

Trommel mit gerader Lauffläche² | Eine Trommel mit ebener Lauffläche, ohne Überhöhung / Balligkeit.

Trommelumschlingung² | Die gesamte Kontaktfläche der Stelle, an der der Gurt sich in einem Bogen um die Oberfläche einer Trommel legt.

U

Überdruck | Die aus einem Übergabepunkt oder einer anderen Einheit nach außen abfließende Luftströmung

Übergabepunkt | Der Ort (und die dazugehörige Ausstattung) an dem ein Förderband be- oder entladen wird.

Übergang | Die Umformung des Bandes in eine Mulde zur Aufnahme der Ladung; der Ort, wo diese Umformung stattfindet.

Übergangsbereich² | Der Bereich zwischen der Kehrtrommel eines Förderbandes und dem Beginn der Ladezone, in dem das Band von einer flachen Form in eine vollständig gemuldete Form überführt wird, oder der Bereich, in dem das gemuldete Band auf die Abwurf trommel übergeht.

Übergangsreibung (Θ) | Die zwischen dem Schüttgut und den damit in Berührung kommenden Flächen (Schurrenwandung, Band) auftretende Reibung; diese kann mit einer Scherzelle und einem Muster des tatsächlichen Kontaktflächenmaterials bestimmt werden; wird manchmal auch als Wandungsreibung oder Grenzreibung bezeichnet.

Übergangsrolle² | Rollensätze zwischen der Kehrtrommel und der Ladezone, die das Band allmählich in die gemuldete Form überführen.

Übergangsstrecke | Der Abstand von der Mittelachse der Endtrommel zur ersten vollständig gemuldeten Gurtrolle.

Überkopf-Drucklast | Der von einer über einem Objekt angeordneten Last herrührende Druck, z. B. das Gewicht des Materials in einem Behälter, das auf einem Band lastet.

ultrahochmolekulares Polyethylen² | Ein oft als Schurrenauskleidung oder als Oberfläche von Bandträgersystemen mit niedrigem Reibungsbeiwert verwendeter Kunststoff.

Umkehrluftstoß | Eine Methode zur Reinigung von Filtern in einem Filtersackgehäuse; die Filtersäcke werden gereinigt, indem ein Druckluftstoß am oberen Ende eingeleitet wird, wobei der Druckluftstoß eine Walkbewegung im Sack auslöst und der Staubkuchen sich von der Wandung ablöst und in den Sammelbehälter fällt.

Umlenkabstreifer² | Eine in einem Winkel auf der Oberfläche eines Förderbandes angeordnete Vorrichtung zur Ablenkung des Materials nach einer Seite.

Ummantelung² | Eine aus Gummi, Textilgewebe oder Keramik bestehende Ummantelung der Mantelfläche der Trommel zur Verbesserung der Zugkraftübertragung zwischen Trommel und Band. Auch: „Trommelbelag“, oder „Rautierung“.

Umwender¹ | Ein System, das den Gurt wendet, dient dadurch der Lenkung des Rücklaufmaterials, damit die Tragseite (die verschmutzte Seite) nach oben gewendet wird. Auch: „Gurtwendestation“.

unidirektionaler Förderer | Eine Fördereinrichtung, die Material nur in eine Richtung transportiert.

V

Verbindung, Spleiß | Die Verbindungsstelle, wo zwei Enden oder zwei Stücke

Gurtmaterial zusammengefügt werden, wodurch eine endlose Schlaufe entsteht.

Verbindung¹ | Die Verbindung von zwei Gurtenden.

Verbindungswinkel | Der über die Oberfläche des Bandes hinwegreichende Winkel, mit dem zwei Gurtstücke zusammengefügt werden.

verfahrbarer Austragabstreifer² | Eine auf der Tragseite eines Förderbandes in Längsrichtung verfahrbare Abstreifeinrichtung zur Umlenkung von Material in Richtung verschiedener Abwurfstellen entlang des Förderbandes.

Verlaufen des Bandes² | Ein Zustand, bei dem sich ein Band auf einer Seite zu weit vom richtig zentrierten Laufpfad entfernt hat; wird auch als „Gurtschieflauf“ oder „Versatz“ bezeichnet

Versatz | Schieflauf.

Versatzabschaltung² | Ein entlang der Kante eines Förderbandes positionierter Begrenzungsschalter, der den Antriebsmotor abschaltet, wenn das Band auf einer Seite zu weit vom richtig zentrierten Laufpfad ausschert. Auch: „Schieflaufschalter“.

Verschleißauskleidung² | Eine Lage Keramikplatten, AR Platten oder sonstigen abrasionsbeständigen Materials, das zur Auskleidung der Innenseite einer Übergabeschurre oder einer Einfassung verwendet wird, um den Materialfluss zu verbessern und um abrasiven Verschleiß an der Außenhaut und am Aufbau zu verhindern.

Verschleißlenkblech | Bleche entlang der Beruhigungszone und dem unteren Bereich einer Schurre. Diese Bleche erzeugen einen Hohlraum zwischen dem Schüttgut und der Seitendichtung. Sie dienen dazu, die Seitendichtung vor hohem Verschleiß zu schützen.

Verschlusskasten am Umlaufende, Schurrenrückwandkasten² | Ein am hinteren Ende einer Ladezone angebrachtes Gehäuse zur Verhinderung von Materialauslauf auf das Band hinter der Schurrenwand.

Verstopfung | Die Blockierung des Auslasses einer Schurre oder Bunkertasche.

Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) | Die versuchte Inbetriebnahme einer Einrichtung, die vermutlich durch Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout) abgeschaltet worden ist; dient als letzte Sicherheitsmaßnahme.

verzahnte Verbindung | Eine Verbindungsart, bei der die beiden Enden als schmale, dreieckige „Finger“ zurechtgeschnitten werden, die dann ineinander verschränkt werden.

V-förmige Knickrolle | *Siehe V-förmige Rücklaufrolle.*

V-förmige Rücklaufrolle² | Eine aus zwei „V“-förmig angeordneten Rollen bestehende Rücklaufrolle, dient der verbesserten Bandführung des Untertrums.

Vibrationsaufgabeeinrichtung² | Eine Art Aufgabeeinrichtung, bei der ein hängend oder isoliert angebrachter Vibrationsrog zur Einbringung des Materials in die Übergabeschurre verwendet wird.

Viskosität¹ | Der Fließwiderstand eines Materials unter Scherbeanspruchung.

volle Materialkontrolle | Gilt als erreicht, wenn Ablaufverluste und Rücklaufmaterial eingedämmt und Staubemissionen beherrscht werden, wo das Material auf dem Band und innerhalb des Systems bleibt.

Vollmulden-Kehrtrommel | Eine Kehrtrommelmontage, deren Oberkante mit den Mittelrollen des ersten vollständig gemuldeten Rollensatzes fluchtet.

Vorabstreifer² | Ein auf der Lauffläche einer Kopftrommel angebrachter Gurtreiniger zur Abscherung der Hauptmasse des am Gurt anhaftenden Rücklaufmaterials; Primärabstreifer

vorgelagert | In Richtung der bereits vom Band passierten Orte, oder zurück in Richtung der Beladestelle.

Vor-Ort Zuschnitt | Der Zuschnitt eines Bandes an der Stelle, wo es auch verwendet werden soll (im Gegensatz zu fabrikmäßig zugeschnittenen Bändern)

Vulkanisator¹ | Eine Vorrichtung zur Aufbringung von Hitze und Druck bei der Vulkanisation der Verbindung, auch als Presse bezeichnet.

vulkanisierte Verbindung² | Eine Art Verbindung, bei der die Lagen eines Bandes überlappt und mittels Hitze und Druck (Heißvulkanisierung) oder eines Klebstoffes (Kaltvulkanisierung) zusammengefügt werden.

W

Walzenbrecher² | Eine mechanische Vorrichtung zur Zerkleinerung harten Materials mit einer schweren, mit Zähnen oder

Nocken versehenen Metalltrommel, die sich in einem gitterartigen Gehäuse dreht.

Walzentrommel² | Eine Trommel mit gleichförmigem Durchmesser.

Wandreibungswinkel | *Siehe Übergangreibung.*

Waschkasten | Eine eingehauste Einheit mit einer Reihe von Gurtreinigern und Wassersprühdüsen für die Gurtreinigung. Auch: „Gurtwaschstation“ oder „Washbox“.

Wasserspannvorrichtung² | Eine Art Gurtreiniger, bei dem regulierter Wasserdruck zur Aufrechterhaltung der Spannung an den Abstreifblättern verwendet wird.

Z

Zugangstür | Zugangsmöglichkeit zu einem umschlossenen Bereich, typischerweise mit einem (ab-)schließbaren Element versehen.

zurückrollendes Material² | Streuendes Material, das sich an einem geneigten Förderband entlang zurückbewegt oder zurückrollt, nachdem der Materialfluss unterbrochen worden ist. Oder die hangabwärts gerichtete Bewegung eines geneigten Förderbandes, das sich im beladenen Zustand rückwärts bewegt, wenn die Stromversorgung unterbrochen worden ist.

Zusatzantrieb¹ | Wird bei einigen langen Förderanlagen verwendet, um die Kraft/ Spannung an der Antriebstrommel zu reduzieren.

Zwangsmischer | Eine Mischeinheit zur Vermischung von Material mit einer Flüssigkeit, die gleichzeitig eine zerkleinernde Wirkung ausübt.

Zwickel | Ein dreieckiges Einsetzstück zur Vergrößerung oder Abstützung.

Zwischenrolle² | Zwischen Aufpralltischen oder Gleitbetten positionierte Rollen, wo keine Beladung mit Material stattfindet.

Zyklon² | Ein „Wirbelwind“- Gebläse mit hoher Geschwindigkeit, bei dem zur Abscheidung von Staubpartikel aus der Luft die Fliehkraft zur Anwendung kommt.

QUELLEN

¹**Förderbandführer**
www.ConveyorBeltGuide.com

²**Stahura Förderanlagenprodukte**
www.scp-pa.com

Metrisch		Amerikanisch	
Beschreibung	Abkürzung	Abkürzung	Beschreibung
Dezibel A-Bewertung	dBa	BTU	British Thermal Unit [Energienmenge]
Grad Celsius	°C	BTU/lbm	British Thermal Unit per pound mass [Energienmenge pro Pfund Masse]
Gramm	g	ft	Fuß
Hektopascal	hPa	ft/min	Fuß pro Minute
Kilogramm	kg	ft/s	Fuß pro Sekunde
Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m ³	gal	Galone
Kilogramm pro Liter	kg/l	gal/min/in.	Galonen pro Minute pro Zoll
Kilogramm pro Quadratmeter	kg/m ²	gal/s	Galonen pro Sekunde
Kilogramm pro Sekunde	kg/s	gal/h	Galonen pro Stunde
Kilohertz	kHz	°F	Grad Fahrenheit
Kilojoule	kJ	ft ³	Kubikfuß
Kilojoule pro Kilogramm	kJ/kg	ft ³ /min	Kubikfuß pro Minute
Kilometer	km	ft ³ /s	Kubikfuß pro Sekunde
Kilometer pro Stunde	km/h	ft ³ /h	Kubikfuß pro Stunde
Kilonewton	kN	in. ³	Kubikzoll
Kilonewton pro Kubikmeter	kN/m ³	Meile	Meile
Kilonewton pro Meter	kN/m	mph	Meile pro Stunde
Kilopascal	kPa	min	Minute
Kilowatt	kW	hp	Pferdestärke
Kubikmeter	m ³	lbf	Pfund Druckkraft
Kubikmeter pro Minute	m ³ /min	lbf /ft ³	Pfund Druckkraft pro Kubikfuß
Kubikmeter pro Sekunde	m ³ /s	lbf /ft	Pfund Druckkraft pro Quadratfuß
Kubikmeter pro Stunde	m ³ /h	lbf /in. ²	Pfund Druckkraft pro Quadratzoll
Kubikzentimeter	cm ³	psi	Pfund Druckkraft pro Quadratzoll
Liter	l	lbf /in.	Pfund Druckkraft pro Zoll
Liter pro Minute pro Meter	l/min/m	lbm	Pfund Masse
Liter pro Sekunde	l/h	lbm/ft ³	Pfund Masse pro Kubikfuß
Liter pro Stunde	l/h	lbm/s	Pfund Masse pro Sekunde
Megahertz	MHz	lb/ft ²	Pfund pro Quadratfuß
Meter	m	psi	Pfund pro Quadratzoll
Meter pro Minute	m/min	PWI	Pfund pro Zoll Breite
Meter pro Sekunde	m/s	ft ²	Quadratfuß
Mikrogramm	µg	s	Sekunde
Mikrometer	µm	h	Stunde
Milligramm pro Kubikmeter	mg/m ³	oz	Unze
Milliliter	ml	ozm	Unze Masse
Millimeter	mm	in.	Zoll
Newton	N		
Newton pro Meter	N/m		
Newton pro Millimeter	N/mm		
Quadratmeter	m ²		
Zentimeter	cm		

ANHANG C

INDEX

• VERZEICHNIS DER GLEICHUNGEN	546
• VERZEICHNIS DER TABELLEN	547
• INDEX	548

<i>Nummer</i>	<i>Titel</i>	<i>Seite</i>
3.1	Berechnung des Leistungsbedarfs	32
7.1	Berechnung des Gesamtluftstroms	92
7.2	Berechnung der Luftverdrängung	93
7.3	Berechnung des Lufteintrags	94
7.4	Berechnung der Luftmenge	95
8.1	Berechnung der Steilheitswinkel	114
9.1	Erforderliche Abgabeleistung bei Linearvibratoren	120
10.1	Berechnung der Aufprallwucht eines einzelnen Materialbrockens (CEMA Norm 575-2000)	141
10.2	Berechnung der Stoßkraft des Materialstroms (CEMA Norm 575-2000)	142
10.3	Berechnung des Gurtdurchhangs	148
10.4	Berechnung des Kraftanteils durch Stützeinrichtungen zur Kantenabdichtung	149
10.5	Berechnung des Kraftanteils durch Aufpralldämpfungstisch	150
10.6	Antriebsmehrleistung durch Stützeinrichtungen zur Abdichtung	150
11.1	Länge der Einhausung	163
11.1.1-4	Länge der Einhausung, Beispiele #: 1-4	164-167
11.2	Höhe der Einhausung	163
11.2.1-4	Höhe der Einhausung Beispiele #: 1-4	164-167
13.1	Berechnung der zusätzlichen Kraft, mit der die Abdichtung auf das Band wirkt	192
13.2	Berechnung der zusätzlich für den Bandantrieb erforderlichen Leistungsaufnahme	192
14.1	Berechnung der durch Gurtreiniger zusätzlich auf das Band aufgebrauchten Kraft	234
14.2	Berechnung der zusätzlich für den Bandantrieb erforderlichen Leistungsaufnahme	234
14.3	Berechnung der potentiell erzeugten Staubmenge	240
15.1	Leistungsverbrauch für einen Schutzabstreifer für die Trommel	249
16.1	Berechnung der Versatzkraft	275
16.2	Berechnung des durch Versatz hervorgerufenen Schleppwiderstandes	276
16.3	Berechnung der Ausgleichsleistung für eine Lenkrolle	276
18.1	Berechnung der Fläche eines Filtersacks	303
20.1	Erfassungsgeschwindigkeit von Staubpartikeln	336
22.1	Durchsatzberechnung für eine Querschnittsfläche des Materialstromes	361
24.1	Berechnung der täglich in den Waschkasten eingetragenen Rücklaufmaterialmenge	391
24.2	Berechnung der täglichen Soll-Rücklaufmaterialmenge aus dem Waschkasten	392
24.3	Berechnung der pro Minute umgesetzten Menge an Abflusswasser	393
24.4	Berechnung der pro Minute erforderlichen Ersatzwassermenge	394
25.1	Beziehung der Übergangsreibung	406
25.2	Berechnung der Bandkapazität bei Kohlesorten mit verschiedenen Eigenschaften	409
31.1	Berechnung der Kapitalkosten	467
31.2	Berechnung der Kapitalrendite	467
31.3	Berechnung der Kapitalrendite auf Jahre bezogen (Amortisation)	467
31.4	Berechnung der Kapitalrendite auf Monate bezogen (Amortisation)	467
31.5	Berechnung der Kapitalrendite der Firma Fröhlich mit Reinigungsstufe II	481
31.6	Berechnung der Kapitalrendite der Firma Fröhlich mit Reinigungsstufe III	482

<i>Nummer</i>	<i>Titel</i>	<i>Seite</i>
1.1	Kumulation der Fördergutverluste über die Zeit	9
1.2	Risikomatrix-System	13
2.1	Unfälle an Förderanlagen nach MSHA im Zeitraum 1996-2000	16
7.1	Näherungswerte der von verschiedenen Arten von Brechern erzeugten Luftströme	94
9.1	Typische Vibratorgrößen nach dem Gewicht des Materials in der Schurre	120
9.2	Vibratorkraft abhängig von der Rohdichte	120
9.3	Kenngrößen von üblichen Materialfluss-Hilfsmitteln	128
9.4	Eignung der Materialfluss-Hilfsmittel je nach Materialeigenschaften	128
10.1	Klassifizierung von Rollen (nach CEMA)	133
10.2	Empfohlener Rollenabstand für Anwendungen außerhalb der Ladezone (nach CEMA)	136
10.3	CEMA Norm 575-2000: Bewertungssystem für Aufpralldämpfungstische und -gestelle	142
11.1	Empfehlungen zur Gestaltung des Übergabebereichs	156
11.2	Empfohlene Abmessungen der L-Profile für die Tragkonstruktion der Einhausung	161
11.3-6	Einhausungen, Musterbeispiele #: 1-4	164-167
12.1	Materialien für Verschleißauskleidungen	174
13.1	Typische vergleichende Auswahlhilfe für Abdichtungen	190
13.2	Kraft zwischen Fördergurt und Abdichtstreifen bei verschiedenen Abdichtsystemen	191
14.1	Mindesterfassungsbreite des Gurtabstreifblattes	206
14.2	Zulässige Durchschnittsmenge an Rücklaufmaterial am Band nach der Reinigung	232
14.3	Zusätzlicher Energieverbrauch des Bandantriebs abhängig von der Art der Gurtreiniger	235
14.4	Eigenschaften des durch Reinigungssystem nicht erfassten Rücklaufmaterials	236
14.5	Beispielannahmen	238
17.1	Prozentsatz der Partikel, die je nach Größe ein 10 µm feines Sieb passieren	282
17.2	Zulässige Belastungsgrenze für Staub bei einem 8-Stundentag in den USA (nach OSHA)	283
19.1	Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Staubunterdrückungssystems	306
19.2	Typische Feuchtigkeitszugaben für Staubunterdrückungssysteme	308
19.3	Maximale typische Feuchtigkeitszugaben	312
19.4	Thermische Verlustleistung durch Feuchtigkeitszugabe in einem kohlebeheizten Kraftwerk	314
19.5	Thermische Verlustleistung in einem kohlebeheizten Kraftwerk	320
20.1	Transportgeschwindigkeit von Staub ja nach Partikelgröße	336
23.1	Typische Größen von bei luftunterstützten Förderanlagen verwendeten Ventilatoren	367
24.1	Wasserverbrauch für typische Gurtwaschsysteme	385
24.2	Vergleich verschiedener Methoden zur Trocknung des Bandes	388
27.1	Ausrüstung für die Bestandsaufnahme vor Ort	426
27.2	Erfassung des Fördersystems	426-427
27.3	Checkliste zur Bestandsaufnahme vor Ort	429
28.1	Vorbeugende Wartungsarbeiten an Förderbändern	440-441
31.1	Umrechnungstabelle für die Kapitalrendite	468
31.2	Bei der Berechnung der Kapitalrendite verwendete Daten	468
31.3	Bewertungsformular für Swinderman-Bewertung	477
31.4	Bewertungsformular für Swinderman-Bewertung (mit Gewichtung der Geschäftsführung)	477
31.5	Ausgangsbewertung	478
31.6	Bewertung nach 30 Tagen	478
31.7	Bewertung nach 60 Tagen	479
31.8	Bewertung nach 90 Tagen	479
31.9	Gewinn- und Verlustrechnung (bei Reinigungsstufe II)	480
31.10	Geschätzte Kosten zur Erreichung gegebener Reinigungsstufen	481
31.11	Geschätzte Kosten/Einsparungen zur Erreichung gegebener Reinigungsstufen	482
31.12	Geänderte Gewinn- und Verlustrechnung (bei Reinigungsstufe III)	483

A**Abdeckung**, 246, 344, 395, 510**Abdichtsystem-**, 11, 41-2, 45, 47, 51, 70, 78, 80-1, 85-8, 106, 131-32, 149, 153, 155, 157, 160-61, 163, 171-72, 204, 253, 288, 300, 370, 374, 492, 494-96, 505, 507, **-Eintritt**, 86, **-Kante**, 33-4, 71, 77, 87-8, 108, 138-9, 145, 147, 153, 171, 178, 180-92, **-Wartung**, 199**Abdichtung des Eintrittsbereiches**, 85, -6-16, 175, -78, 299, 476, 331**Abfluss**, 377, 382-83, 388-407**Ablagerungsprallpuffer**, 102, 109-10, 140**Abschälen**, 66, 68-70**Abschaltung bei Verstopfung der Schurre**, 357**Abschälwinkel zur Gurtreinigung**, 207**Absperrung mit Schlössern (lockout)** (siehe auch *Absperrung mit Schlössern (lockout)*, *Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout)*, *blockieren/verkeilen (blockout)*, *Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout)*), 18-23, 125, 199, 317, 421**Absperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout)**, 18, 23, 35, 37, 71, 88, 113, 125, 147, 162, 176, 188, 229, 241, 250, 261, 273-74, 292, 302, 317, 342, 374, 395, 418, 430, 435, 440**Abstand-**, 40, 69, 82, 176, 186, 239, 267, 270, 367, 384, 435, **-Förderband**, 414-23, **-Gurtrollen**, 135-36, 147-48, 161, 225**Abstreifer in Lebensmittelqualität**, 218**Abstreifer**, 206, 211, 216-17, 221, 377, 380, 386-88, 394**Abstreifwinkel**, 200, 207, 213, 223, 225-26, 233, 493**Abtastrolle**, 268-72**Abtropfschurre**, 30, 103, 124, 204, 209, 211, 213, 226-28, 233, 357, **Vibrations-Abtropfschurre**, 103, 124, 227**aktive Entstaubung** (Siehe *Entstaubung*)**allmählicher Übergang** (siehe auch *Übergangs-*), 85, 88**Amortisation**, 201, 285, 361, 466, 468, 481-82, 486**Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout)** (siehe auch *Absperrung mit**Schlössern (lockout)*, *Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout)*, *blockieren/verkeilen (blockout)*, *Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout)*), 18-20**Anpressdruck des Abstreifers**, 200, 203, 205, 208-18, 211-12, 221-23, 226, 230, -31-36, 235, 379, 375, 381-83, 393, 489, 469, 487, 493, 495, 497, 502**Anpressrolle**, 63, 248, 377**Ansauggeschwindigkeit**, 335**Anstelleneigung** (siehe *Winkel*)**Anstelleneigung gleich Null**, 207-12**Antrieb**, **Kehrtrommel**, 259, **Kopfantrieb**, 259, **Kriechgang**, 438, **Trommel**, 30-1, 259, 261-62, **Zwischenantrieb**, 50**A-Rahmen zur Befestigung von Einfassungen**, 161**Aufgabeband**, 80, 167, 191, 265**Aufprallwucht****Aufpralldämpfungstisch**, 70, 88, 131-32, 135, 138, 140-44, 146, 148, 352, 382-83, 427, 486, 494, 496, 502**Aufprallrost**, 110**Aufprallschaden**, 41, 43, 50-1, 69, 80, 114, 135, 440**Aufprallstab**, 69, 143, 438, 440**Prallblech**, 108, 110**Aufsteckmontage**, 229**Auskleidungen**, **Auskleidungen mit niedrigem Reibungsbeiwert**, 103, 117, 226-27, **Schurrenauskleidungen**, 103, 110, 160, 420, 496**Verschleißauskleidungen**, 110, 171-79, 191, 352, 441**Außenabdichtung**, 182, 186-87, 190außermittige **Beladung**, 11, 102, 198, 256, 259, 345, 352, 375**B****Balkenplan**, 456, 460**ballige Trommeln**, 79, 267**Band- oder Gurt-**, 37-60**-abstützung**, 130-151**-ausrichtung**, 252-277, **-Bandklassen**, 42-3, 62, **das Einspuren des**, 252-277, **das Waschen des**, 203, 205, 211, 216, 218, 220-21, 232, 238, 376-95, 403, 407, 469, 475, 489, 499**-deckplatten**, 37-47, 50-63, 68, 70, 72, 131, 135, 183-88, 203-08**-Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage**, 41-2, 55, 257**-durchhang**, 131-32, 136, 138, 142-43, 146-49, 176**-flach**, 42, 79-80, 82, 133, 167, 401**-führung**, 252-277**-in Lebensmittelqualität**, 187, 216, 218-19, 499**-Kantenabstand**, 80-1, 145, 155-57, 172, 184-85, 187, 401, 410, 487**-karkasse**, 37-71, 78-83, 140, 256, 341, 380**-lagerung**, 37, 44, 48-50, 56**-reinigung** (siehe *Bandreinigung*)**-reparatur**, 56-64, 417-mittels **Klebstoffen**, 56-7, 61-4-mittels **mechanischer Verbinder**, 57-9**-schäden**, 50-59, 69-71, 77-82, 88, 111, 132, 134, 137-40, 154, 184, 206, 212, 216, 221, 277, 349, 370, 440, 490, 492, 495**-spannung**, 46, 132, 148-49, 261-62, 274-75, 508**-umwender** (siehe *Umwender, Gurt*)**-verbindung**, 61-73, 202, 257, 513**-durch Kaltverklebung (chemisch)**, 57, 61-5**-durch Vulkanisierung**, 61-6, 70-3, 202, 214, 369, 417, 426, 492, 494, 513**-mittels mechanischer Verbinder**, 46, 57-8, 61, 64-5, 67-73, 202, 208, 214, 222, 256, 369, 426, 486, 494-95**-versatz**, 37, 77, 157, 216, 246, 253-77, 369**-verschleiß**, 85, 97, 107, 136, 185, 188, 221, 299, 356, 378und **Abdichtsysteme**, 182, -88und **die Beladung**, 43, 5297, 105, 136139, 148, 186, 349, 379und **Gurtreiniger**, 53, 206-13, 215, 221-24, 229, 379, 487, 495**Bandschleifenwagen**, 30, 82, 237, 259, 306, 315, 477-9, 488, 502**Beaufschlagungswinkel, Schüttwinkel** (siehe *Winkel*)**Begehung des Förderbandes**, 265, 425, 428, 430-32, 437**Begehung des Förderbandes**, 424, 428-32**Begehung des Förderbandes**, 424-25, 428, 430-31**Begehungssteg**, 21-2, 35, 146, 162, 250, 317, 346, 348, 371, 416, 418, 422, 430, 435, 438, 440, 474**Belt Evaluation Laboratory Test (BELT)**, 39**Belüftungs-**, 351, 357

-geräte, 117, 123, 125

-systeme, 117, 123

Beschickungsschurren, 17, 86, -11, 152, 154, 158, 258, 264298, 375, 489

Beschleunigungsband, 111

Bestandsaufnahme vor Ort, 353, 358, 425, 428-31

Biegeradius, 46, 54, 78

Blockieren, blackout (siehe auch *Ab-sperrung mit Schlössern (lockout), Anbringen von Verriegelungsanhängern (tagout), blockieren/verkeilen (blockout), Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout)*), 19-21, 71

BTU - Verlustleistung (siehe *Thermische Verlustleistung*)

Bunsenbrenner-Prüfung, 38-39

Bürstenreiniger, 203, 219-20, 377, 381, 498, 501

C

CARP (siehe *Gurtabstreifer mit konstantem Anstellwinkel*)

chemische Verklebung, 62-64

Chevron-Fördergurt, 42, 218-19, 500, 507

Chevron-Fördergurtreiniger, 42, 218-19, 501, 507

computergestützte Gestaltung (siehe *Schurrengestaltung*)

D

3-D (siehe *dreidimensionale computergestützte Gestaltung*)

DEM (siehe *Discrete Element Modeling - Methode*)

Der Faktor Mensch, 432, 436, 443-451

Dickenverhältnis der Oberlage zur Unterlage des Gurtes (siehe *Gurt*)

Discrete Element Modeling - Methode, 97, 102, 105, 347, 355-56, 358

dreidimensionale computergestützte Gestaltung, 347, 353, 357, 359

duales Förderbandabstreifsystem, 235, 238, 279

Düse, 118, 122-23, 290, 307, 309-11, 313-19, 321, 327, 377, 380, 383-85, 388, 390, 396, 440, 495

E

Eckdaten für die Bestandsaufnahme bei Förderanlagen, 260

effektive Gurtbreite, 155-57, 183, 202

einatembare Stäube, 8, 282-83, 287, 325, 327, 360, 494

Einfassung mit doppelter Höhe, 161

Einfassung, 152-168

Einfassungsabdichtung, 30-1, 50-1, 71, 80, 87-8, 96-8, 105-06, 108, 111, 114, 131, 138, 143, 145, 149

Einfassungsbereich, 52, 87, 98, 106, 131, 136, 138, 141, 143, 146-47, 155, 157, 163, 171, 173, 188, 192, 301, 352, 360, 419

Einschluss

, **Klemm- und Quetschgefahr für Personen**, 25, 37, 418

, **Materialeinschluss**, 41, 50-2, 77-8, 108, 131-32, 135, 137, 139, 159-60, 171, 176, 182, 185, 188, 245-46, 249, 370, 374, 502

Einspuren, 274-75

elektrostatischer Staubabscheider, 323-26

elektrostatischer Staubabscheider, 323-26

Entlastungswinkel (siehe *Winkel*)

Entmischung, 365, 371

Entstaubung mit Filterpatronen, 324, 326

Entstaubung, 158, 288-90, 293, 322-36, 385, 427, 441, 488-89, 493, 497

, **aktive Entstaubung**, 92, 98, 158, 237, 293, 299, 303, 306, 316, 321, 323-24

, **Filterflächenbelastung**, 331, 334

, **passive Entstaubung**, 98, 158, 293, 296-303, 306, 310, 321, 323, 350

Entstaubungseinheit, 329-30

Entstaubungseinsatz (modulare Entstaubung), 323, 330, 334-35, 372, 493

Erdung, 292, 301-2

Ergonomie, 34, 436

Ersatzteil, 438

Ersatzteile, 438

erzeugte Luftströme, 94, 123, 301, 358

Explosion, 8, 99, 197, 282-83, 291-93, 301-02, 325-26, 328-29, 333, 372, 408, 420, 492, 494-95

F

Fallhöhe, 45, 96, 98, 105, 107, 109, 113, 132, 141-42, 153, 246, 297, 353, 361, 476

Fangseil, 125, 127, 247-49

Feuchtigkeitsgehalt, 11, 94, 102, 197, 200, 208, 220, 226, 236-37, 290, 308, 320, 323, 326, 335, 351, 355, 378, 392-94, 399-400, 402-08, 426, 495, 498

Filter, 8, 72, 290, 292, 301-03, 307, 310, 317, 323-24, 326-35, 358, 368, 373-74, 388-89

Filtersack, 301, 303, 326-28, 330, 332-34, 358

Filtermaterial, 292, 301-02, 331

Filterflächenbelastung (siehe *Entstaubung*)

Filtersackgehäuse, 97, 158, 301, 324, 326-29, 331, 333, 358, 493, 501

Finite-Elemente Analyse (FEA), 347, 358

Flachband (siehe *Band*)

flammhemmendes Gurtmaterial, 38

Fließeigenschaften, 34, 124, 356-57, 359, 403-04, 410

Fliessort, 405-06

Flügeltrommel (siehe *Trommel*)

Förderband in Lebensmittelqualität, 499

FOUNDATION™ - Zertifizierung, 24, 518-19

freier Bandbereich, 163

Fremdeisensuchgerät, 30

für den Bergbaubetrieb geeigneter Fördergurtabstreifer, 216-17

G

gebrauchtes Gurtmaterial, 52, 67, 182-83, 201, 205, 299, 486, 494

Gefahrenanalyse, 12-3

geschlitzter Gummivorhang, 300

geschlossener Raum, 8, 53, 99, 104, 113, 147, 162, 176, 292, 317, 328, 333, 342, 344, 360, 395, 420-22, 429

geschnittener Gurt mit offener Kante, 4449

Gestelle

, **Aufpralldämpfungstische**, 70, 88, 131-32, 135, 138, 140-44, 146, 148, 352, 370, 427, 486, 494, 496, 502

, **Stützeinrichtung zur Abdichtung**, 88-89, 132, 138-39, 142-43, 146-47, 161, 163, 352, 357, 427, 440, 492

Gewinn- und Verlustrechnung, 465, 480, 483

Gleitbett, 30, 85, 131

Grobabstreifer (siehe *Primärabstreifer*)

Gurt mit geformter Kante, 44

Gurtabstreifer mit konstantem Anstellwinkel, 212-13

Gurtabstreifer mit konstanter Anpressfläche, 212-13

Gurtreiniger

- Abstreifer**, 53, 70, 206, 219, 221, 247, 378-79, 438, 496
- Bürste**, 203, 219-20, 377, 381, 498, 501
- , Chevrons**, 218-19, 501, 507
- , für den Bergbaubetrieb geeignete**, 216-17, 499
- , Lebensmittelqualität**, 218-19
- Leistungsmessung**, 11, 200, 230-32, 240, 392, 465-83
- Mehrfachabstreifer**, 211, 215-16, 232, 235, 258, 476, 508
- Primärabstreifer (Vorabstreifer)**, 30, 44, 204-05, 207-08, 211-14, 217-18, 220-21, 225-26, 233, 235, 238-39, 375, 379, 383, 469, 487, 490, 493, 495, 497, 501-02
- , Reinigungsstufen**, 199, 201, 230-31, 238, 481-82
- Reversiergurte**, 218, 233
- Sekundärabstreifer**, 30, 211-18, 220-21, 225-26, 229, 233, 235-36, 239, 248, 375, 381, 385, 390, 427, 469, 487, 493, 495, 497, 501-02

Gurtrolle

- , Aufpralldämpfungsrolle**, 135, 144, 149, 235, 370, 427, 440, 502
- , auf Schienen montierte Rollen**, 137, 144
- , Einspurrolle**, 52, 102, 134-35, 268, 271-72, 274-77, 345-46, 496
- , festsitzende Rolle**, 5, 37, 235
- , Girlandentragrolle**, 80, 131, 145, 157, 497, 502
- , in kurzen Abständen montierte Rollen**, 135-37, 143
- Rollenabstand**, 135-36, 147-48, 161, 225, 270
- Rollenschmierung**, 146, 371, 416, 435, 438-39, 441
- Rollenübergangsstoß**, 47-8, 78, 82-3
- Rücklaufrolle**, 134-35, 496
- , Rücklaufrolle**, 30, 134-36, 197-98, 200, 202, 225, 237, 239, 248, 250-51, 267, 274, 365, 368, 375, 427, 475, 493, 507
- , schräggestellte Rolle**, 263-64
- , selbstausrichtende Rolle**, 134, 274, 277
- , Sortierbandrolle**, 134, 143
- , Tragrolle**, 30, 133, 135, 161, 263-64, 427, 440-41
- , Übergangsrolle**, 30, 47-8, 83-4, 87, 107
- , V-förmige , Zwischenrolle**, 143

Gurtumwender, 202-03**GuV-Rechnung** (siehe Gewinn- und Verlustrechnung)**H**

- Halbmulden - Übergang**, 84-5, 159-60
- Hammer-Akne**, 119
- Haube-und-Trichter**, 96-7, 107, 288, 298-99, 351-53, 369
- Hitzeschaden**, 54
- Hochspannungsbereich**, 79, 80, 208, 261, 265-66
- Hochtemperaturprüfung mit Propangasbrenner**, 38
- horizontal gekrümmte Förderanlage**, 506, 508, 510

I

- Inbetriebnahme**, 10, 23, 108, 191, 264, 274, 307, 332
- ingenieurmäßig konzipierter Durchfluss**, 97, 101, 298-99, 343, 348-62, 369, 375, 493, 497
- In-Line Übergabe**, 102, 105-06, 494-95
- Innenabdichtung**, 184-85, 190
- innere Reibung**, 105, 361, 404-06

K

- Kantendichtung**, 153, 155, 180-93
- Kanteneinstich**, 56, 245
- Kapazität, Gurt-**, 18, 29-30, 33, 46, 52, 80-1, 104-05, 133, 155, 157, 172-73, 185, 341, 347, 353, 401, 406, 408-10, 426
- und Kantendichtung**, 52, 155-16, 172, -73, 185, 476, 190
- und Muldungswinkel**, 30, 81
- Kapitalverzinsung oder Kapitalrendite (ROI)**, 34, 175, 231, 349, 372, 395, 421, 465-70, 481-83, 513
- kehlen**, 51
- Keramik-Auskleidung**, 123-24, 160, 174-75
- Klappern, des Gurtabstreifblattes**, 53-54, 203, 208, 501
- Klärbecken**, 377, 388-89, 407
- Kohäsion**, 91, 94, 108-10, 118-19, 199-200, 236, 288-90, 307, 355-58, 378, 402-03, 406-08
- Kolbenvibrator**, 117, 119, 121
- Kontrolle**, 16, 18, 24, 33, 59, 72, 113, 125, 146-47, 188, 229, 250, 360, 390, 395, 420-22, 424-33, 437-41, 456, 472
- Kopfschurre**, 30, 93, -4, 98, 103, -5, 107, 299-28, 360, 371
- Kopftrommel**, 17, 21, 23, 30-31, 48, 82, 92, 95-6, 98, 104, 107-08, 110, 124, 197,

204, 209, 211-14, 217, 233-34, 245, 247, 267, 299, 307, 316, 319, 345, 375, 417, 419, 435, 440-41, 486, 498-99, 502, 506

Korngrößenverteilung, 104, 236, 355, 358, 402, 474

Kratzerförderer, 228

Kratzwinkel zur Bandreinigung (siehe Winkel)

Kriechgang (siehe Antrieb)

Krustenzerkleinerer, 217-18, 497, 502

L

Ladezone, Beschickungsbereich, 31, 33, 47-8, 59, 76-89, 91-3, 96-7, 99, 102, 110-11, 123, 131-32, 134-36, 138, 140-41, 144-45, 147, 159-60, 163-67, 172-73, 176-77, 181, 187-90, 245-46, 253, 262, 273, 275, 297-300, 318, 323, 346, 357, 370-71, 373, 375, 500, 502, 508, 510

Aufprallwucht, 140-42, 105-09, 348-63

Längskrümmung, 44-5, 49, 55-6, 79, 256, 265, 440

Längsrisse, 56, 208, 245, 440

Laservermessung, 52, 132, 137, 260

Leistungsaufnahme-, 44, 151, 248-49

-und Bandträgersystem, 132, 135-36, 149-50

-und Einfassungsabdichtung, 181, 187, 191

-und Gurtabstreifer, 149, 151, 221, 223, 234-35, 242

-und Gurtführung, 253, 263-64, 275

-und Verschleißauskleidung, 174

Leistungsbedarf in KW (siehe Leistungsaufnahme)

Leistungsbedarf in PS (siehe Leistungsaufnahme)

Leistungskennzahl (Key Performance Indicator KPI), 462, 465

Leistungsmessung, 465, 467

Leitblech, 108

Lenkblech, 10, 80, 96, 98, 102, 108, 259, 488, 497

Lineareinstellung, 223-24

Lufteintrag, 91-4, 96-8, 111, 299, 335, 350, 357-58, 402

Luftkanone, 22, 93, 103, 112-13, 117, 119, 122-27, 359, 421, 486, 495-96, 501-02

Luftmesser, 203, 220, 388, 393, 489, 507

Luftstrom, 38-9, 91-3, 95-8, 101, 123, 154-55, 159, 163-67, 285, 287, 292,

297-98, 300-03, 324-27, 333-34, 358, 368, 374, 402, 427, 472

, **erzeugte Luftströme**, 91-4, 123, 288, 301, 358

, **Luft eintrag**, 91-4, 96-8, 111, 299, 335, 350, 357-58, 402

, **Luftverdrängung**, 91-3, 300, 310, 350, 358

Luftunterstützte Förderanlage,

145-46, 148, 162, 299, 343, 365-66, 368-75, 490, 492, 497

Luftverdrängung, 91-3, 300, 310, 350, 358

Luftverteilerkasten, 45, 114, 145,

157-58, 163, 168, 360, 365-68, 371, 373-75

M

Magnetabscheidertrommel, 498

Material-

-**Einschluss**, 51-2, 108, 160, 171, 176, 185, 370

-**Kohäsivität**, 91, 94, 288, 290

-**Qualitätsverlust**, 33, 105, 111, 349, 505-06

Materialansammlung, 110-11

Materialfluss-Hilfsmittel, 22, 99,

102, 112-13, 115-29, 254, 357, 359, 421, 427-28

Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK), 9

mechanisch

-**mechanische Trocknung**, 386

mechanische Verbinder (siehe auch *mechanische Verbindung*), 40, 57-8, 61, 64-7, 69-73, 202, 507

-**mechanische Verbindung**, 46, 68-8, 202, 208-5, 212-73, 202, 208, 214, 222, 256, 369, 426, 486, 494-95

Mehrblattabstreifer, 206-07

Mehrfach-Abstreifersystem, 210-11, 215-16, 232, 235, 258, 495

mehrlagige Abdichtung, 87, 153, 181, 186-87, 189, 192

Mengenfluss, 399

Mindesterfassungsbreite des Abstreifblattes, 205-6

Mindestkantenbreite, 108

mit zu geringer Spannung beaufschlagt, 222, 265

Mitnehmer-Profile, 42

mitreißen, 96, 299, 316, 332, 350-51, 360, 371-72

modulare Entstaubung (siehe *Entstaubungseinsatz*)

modulare Schurrenwand, 298

modularer Waschkasten, 381-82

Mohr'scher Spannungskreis, 404

Muldungswinkel-, 45-8, 55, 80-1, 83, 85, 88-9, 104-05, 132, 134, 138, 144, 156, 162, 257, 300, 302, 353, 355, 365, 426, 507

-**und Transportkapazität des Bandes**, 47, 401, 409-10

multiple Beladestellen, 30, 89, 154-55, 161-62, 172

N

nachhaltige Unterdrückung (siehe *Staubunterdrückung*)

Napfbildung, 47, 55, 79, 208, 256-57, 440

Nassreiniger, 324-25

Nebel-Staubbindungssystem (siehe *Staubunterdrückung*)

negative Anstellneigung, 207-08, 214, 233

nichtlineare Übergabe, 102, 106

Notabschaltung, 18, 21-2, 35, 264, 439, 441

O

Opazität im Bereich des sichtbaren Lichts, 285, 287

Opazität, 11, 285-87, 473

Opferfläche, 110, 170-71

Oszillation, 225

P

passive Entstaubung (siehe auch *Entstaubung*), 98, 236-37, 293, 296-303, 306, 310, 316, 323, 334

Personalschulung, 8, 14, 23-5, 67, 113, 229, 342, 421, 429, 437, 439, 445-47, 471

personenbezogenes Staubmessgerät, 285-86

Persönliche Schutzausrüstung, 18, 24, 99, 302, 426, 430, 437

Pflugabstreifer, 247-48, 250, 375, 440, 495

Pflugabstreifer, 30, 78-80, 161, 193, 225, 227-28, 242, 245-51, 345-46, 375, 427, 440, 486, 495-96, 502

Pico Abriebprüfung, 43, 188

pneumatischer Fördergurtabstreifer (siehe *Luftmesser*)

pneumatischer Vibrator, 121, 128

positive Anstellneigung, 207-08, 212, 214, 233

Prallpufferleiter, 109-10

Primärabstreifer, 30, 204-05, 207-08, 211-12, 220-21, 225, 233, 375, 383, 469, 487, 493, 497

Primärstellung, 204-05

Profiltriss, 56, 245

Prüfung der Trommelreibung, 38

Prüfung des Oberflächenwiderstandes, 38

PU-Auskleidung, 174-76

Puls laser-Technik, 358-59

Pulsstrahl-Reinigungstechnik (siehe auch *reinigen durch Umkehrluftstoß*), 326

Q

qualitative Messung, 465, 471

Qualitätssystem, 461

quantitative Messung, 230, 465, 471-72

Querschnittsfläche, 52, 95-97, 101, 104-05, 107, 157, 163, 173, 360-61, 403, 407, 409

R

Radialeinstellung, 147, 213, 223, 233

reinigen durch Umkehrluftstoß, 327-28, 331, 333

Reinigungsförderer, 103, 204, 215-16, 226, 228, 233, 495

Reinigungsstufen, 230-31, 239, 481-82

Reinigungsstufe I, 232, 238, 240, 469, 475

Reinigungsstufe II, 232, 238-40, 469, 475, 480-81

Reinigungsstufe III, 232, 238, 240, 469, 475, 481-83

Reversiergurt, 209, 218, 233, 247-48, 250, 259, 265, 272-73

Reversiergurten, bei, 259, 265

Reynolds'sche Zahlen, 403

Rillen im Gurt, 50-1, 53, 56, 131, 188, 203, 222, 231, 381

Rippen, 42, 218-19, 507, 509-10

Rissbildung an der äußeren Lage der Gurtoberseite, 46, 54, 440

Rissmelder, 58-9, 427

RMA (siehe *Rubber Manufacturers Association (US-Verband der Gummiersteller)*)

rohes Fördergut, 29, 145, 502

ROI (siehe *Kapitalverzinsung* oder *Kapitalrendite*)

Rollenförderer geschlossener Bauart, 510

Rollenklopfen, 262-64

Rotationsvibrator, 117, 121-22, 128

Rubber Manufacturers Association (US-Verband der Gummiersteller) (RMA), 42-3, 45, 55

Rückgewinnungssystem, 211, 389, 502

Rücklaufmaterial, 3-4, 10-2, 53, 196-242, 258, 371, 376-96, 343, 407, 469-482, 487, 495, 503, 507, 511

Rütteldichte, 399-400

Rüttelschüttdichte (siehe *Rütteldichte*)

S

Schaden durch Rollenübergangstoß, 47, 54-5, 82, 134, 440

Schaden durch Stoßwirkung, 43, 97, 440

Schalter-

, **-Abschaltung bei Verstopfung der Schurre**, 357

, **-Notausschalter**, 21-2, 264, 441

, **-Versatzabschaltung**, 265-66, 427

Schaum - Staubunterdrückungssysteme (siehe *Staubunterdrückung*)

Scherzellenprüfung, 403-06

Schieflauf, 5-6, 45, 51-2, 56-7, 77, 79, 108, 117, 134-35, 145, 155, 159, 185-87, 197-98, 252-77, 308, 345, 351, 360, 371-72, 486, 489, 495, 502

Einfassungsabdichtung, 185, 187, 253

Reversiergurte, 218, 233

Schlämme, Schlicker, 29, 324-25, 377-78, 390

Schlauchgurtförderer, 510-11

Schrägspaltbildung, 219, 225

Schurrenbreite, 97, 108, 114, 156

Schurrengestaltung, 97, 102, 200, 341, 347, 349, 353, 355-59, 425, 508

Schurrenrückwandkasten, Verschlusskasten am Umlaufende, 30, 86-8, 332, 357

Schurrenwand (siehe *Einfassung*)

Schüttdichte, 104-05, 361, 399-400, 407, 409-10

Schutzabschränkungen an Anlagenteilen, 21, 423, 520

Schutzabstreifer am Umlaufende (siehe *Pflugabstreifer*)

Schweißen-, 61, 124-26, 162, 176-78, 224, 291, 459

, **-Heftschweißung**, 125-26, 177

, **-Lochnahtschweißung**, 177-78

, **-schweißen in Gegenlage**, 177

Schwerkraft-Spannvorrichtung, 20-1, 31, 78, 257-58, 372, 380, 417, 440-41, 475, 486

schwimmende Einfassungsabdichtung, 184-6

Seilförderband 506

seitlich wirkenden Kräfte durch die Beladung, 171-72, 178

Sekundärabstreifer, 30, 204, 208, 211-18, 220-21, 225-26, 229, 233, 235-36, 239, 248, 375, 381-83, 390, 427, 469, 487, 493, 495, 497, 502

Sekundärstellung, 204, 208, 213, 220

Sicherheits- / Warnaufkleber / -zeichen, 18, 22-3, 88, 241, 360, 421

Sicherheitsprüfung vor Arbeitsbeginn, 19, 241

Siebanalyse, 239, 408

Spanntrommel (siehe *Trommel*)

Spannvorrichtung, Fördergurtreiniger, 201, 213, 222-24, 229-30, 233, 235, 497

Spleißstation, 72

Spleißüberwachung, 72-3

Spreizstab, 49-50

Spritzbalken, 220-21, 377, 381, 383-84, 390, 393-94, 469

Sprühwasser-, 384, 390, 394

-Sprühwasser zur Bandreinigung, 205, 211, 216, 220-21, 232, 377, 379-80, 469, 475, 487, 507

-Sprühwasser zur Staubbindung, 305-08, 312, 314

Stahura-Messanordnung zur Bestimmung der Rücklaufmaterialmenge, 199

Stangenrost, 53, 102, 109, 419

Staubexplosion (siehe *Explosion*)

Staubfangsack, 300, 303

Staubunterdrückung, 305, 322

, **nachhaltige Staubunterdrückung**, 290, 306-07, 314-15, 319, 351, 490, 493

, **Nebel-Staubbindungssystem**, 289, 293, 306-12, 314-15, 318-19, 501

, **Schaum - Staubunterdrückungssystem**, 290, 293, 305-06, 308, 312-19, 487, 490, 493, 503

, **Sprühwasser-Staubbindung**, 305-08, 312, 314

-Staubunterdrückungszusatz, 305, 309, 311-14, 317-18, 321

Tensid, 55, 290, 306, 308, 311-16, 321, 487, 493, 501, 503

Staubvorhang, 95, 98, 107, 157-58, 227, 289, 299-302, 307, 316, 352, 360

Steilheitswinkel (siehe *Winkel*)

Steilheitswinkel der Schurre, 111, 349, 356, 407

Steilwinkelförderer, 507, 509-12

Stollenprofil, 42, 218-19, 501, 507, 509

Swinderman-Bewertung, 472-77

T

Taschenförderer, 509

Tensid (siehe *Staubunterdrückung*)

Tertiärabstreifer, 30, 210-11, 215-17, 221, 228, 233, 380, 469, 495

Tertiärstellung, 204, 208, 220

thermische Verlustleistung, 290, 308-09, 314, 320-21

Total Material Control®, 3, 11-3, 25, 34-5, 168, 410, 445-46, 449-50

Transportgeschwindigkeit, 335

Trichter, 96-7, 107, 111-12, 288, 298-99, 349, 351-53, 357, 360, 369, 375, 458

Trommel-, 5-6, 11, 17, 21, 23, 29-31, 37-8, 41, 43, 46-9, 52-5, 61, 63

, **Einschnürtrommel**, 30-1, 213-16, 219, 245, 258, 261-62, 440-41

, **Flügeltrommel**, 77-8, 86, 202, 486

, **Kehrtrommel**, 16, 30-1, 47-8, 55,

77-9, 81, 84-9, 105, 159, 197, 245-48,

250, 257, 264-5, 267, 273, 275, 286, 345,

375, 416, 440-1, 486-87, 510

, **Krümmertrommel**, 30-1, 197

, **Magnetabscheidertrommel**, 498

, **mit Wicklung versehenen Trommel**, 78

, **Spanntrommel**, 17, 20-1, 30-1, 41, 64, 78, 245-46, 257-59, 261-62, 369, 380, 417-18, 440, 486

Trommelabstreifer, 66-7, 70, 72, 77, 79, 81-6, 92-3, 95-6, 98, 102-04, 107-08, 110, 146, 197, 200, 202, 204-05, 208-09, 211-14, 216-19, 224, 228, 233, 235-36, 239, 245-51, 256-59, 261-63, 265, 267, 273, 299, 307, 316, 319, 343, 345, 357, 375, 382, 416-19, 435, 440-41, 475, 486, 489, 496-97, 499, 502-03, 506, 509

Tropfenfänger, 344

Tür

, **Kontrolltür**, 95, 299, 419-20

, **Verschlusskastenluke**, 87

, **Zugangs-**, 22, 87-8, 102, 113, 299, 333, 357, 381, 390, 415, 420-21, 427

U

Übergang zur vollständigen Muldung, 84-85, 87

Übergang, 356-57, 367, 391

Übergangsreibung, 105, 200, 276, 355, 405-06, 408, 429

Übergangswinkel, 353-54

Übergangs-, 188, 375, 511

, **-allmählicher Übergang**, 88

, **-Übergangsrolle**, **47-8**, **82-4**, **87**, **107**

-Übergangsbereich, 48, 77, 80, 82, 85-9, 105-07

-Übergangsstrecke, 45, 47-8, 55, 77, 81-5, 87, 89, 160

, **-zweistufiger Übergang**, 88

überlappendes Blatt, 215

Überspannung, 55, 221, 225-26, 257, 497

Überwachungserfordernis, 419

ultrahochmolekulares Polyethylen-

-als Auskleidung, 123, 175, 227, 407

-bei Stützschiene für Abdichtungen, 139

umgekehrte Chevronbestückung, 507

Umkehrbelüftung, 327

Umlenkabstreifer, 79, 247-48, 250, 495

Ummantelung, 11, 41, 70, 79, 101, 202, 209, 441, 496

Unfälle, 6, 12, 15-8, 23-5, 88, 197, 241, 283, 285, 417, 470-71, 481

, **Kosten von**, 6, 8, 17-8, 25, 470-71

Unterbau der Förderanlage, 131-32

Unterdruck, 92, 172, 293, 316

V

Verbinder mit Scharniergelenk, 65

Verbinder zum Ausbessern von Rissen, 57-8, 72, 438

Versatz, 37, 77, 156, 203, 246, 253-77, 369

Schalter, 265-66, 427

Versatzbelastung auf die Rolle, 275

Verschleiß-

-Verschleißbereich, 212-13

-Verschleiß der Abstreifblätter, 206, 213, 215, 221-24, 229, 379, 487, 495

-Verschleiß des Bandes, 85, 97, 106-07, 136, 148, 185, 188, 212, 221, 226, 299, 349, 356, 378

Verschleißlenkblech, 108, 171-74

Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout) (siehe auch *Absperrung mit Schlössern (lockout)*, *Anbringen*

von Verriegelungsanhängern (tagout), *blockieren/verkeilen (blockout)*, *Versuchsstart zur Verifizierung der Verriegelung (testout)*, 18, 20-1

vertikale Kantenabdichtung, 181-86, 190

vertikale Kantenführung, 266-77

Vertragswartung, 11, 98, 214-15, 229-30, 294, 427, 430-31, 436-37, 447, 462

verzahnte Verbindung, 62-4

V-förmige Rücklaufrolle, 134-35, 496

Vibration-, 419, 513

-Auswirkung auf das Abdichtsystem, 60, 182, 253

-Auswirkung auf die Gurtreinigung, 54, 202, 208-09, 217, 225, 501-02

, **-Gurtvibration**, 161, 399, 429

, **-Vibration des Bandträgersystems**, 176

-Vibration von der Flügeltrommel, 78, 86

Vibrations-Abtropfschurre, 103, 124, 227

Vibrations-Reinigungsförderer, 228

Vibrator-, 93, 112, 117-28, 359, 486, 502

, **elektrischer Vibrator**, 121, 128

, **Linearvibrator (oder Kolbenvibrator)**, 117-22, 128, 219

, **pneumatischer Vibrator (druckluftbetriebener Vibrator)**, 120-21

, **Rotationsvibrator**, 117, 121-22, 128

Vorabstreifer (siehe *Primärabstreifer*)

Vorgehensweise beim Einspuren des Gurtes (siehe *Band- oder Gurt-*)

vulkanisierte Verbindung, 57, 60-4, 70-3, 82, 202, 214, 256, 269, 426, 440, 492, 494, 513

W

Wandungsreibung, 110, 402, 405-06

Waschkasten, 203, 216, 220, 232, 377, 380-86, 389-95, 407, 475, 489

Wasserbehandlung, 325, 388, -89

weich gestaltete Schurre, 117, 124

Winkel

Angriffswinkel, 205, 207-08, 212, 214, 224, 381

, **Abschälwinkel**, 207

, **Abstreifwinkel**, 200, 207, 213, 223, 225-26, 233, 493

, **Anstellwinkel**, 207-08, 212, 214, 233

, **Beaufschlagungswinkel**, 355, 400-01, 408-10

, **Böschungswinkel**, -81, 105157, 355, 399, 409, 472

, **Entlastungswinkel**, 159, 162, 175-76

, **innerer Reibungswinkel**, 404-06

, **Kratzwinkel**, 207, 225

, **Neigungswinkel**, 42, 353, 507

, **Steilheitswinkel**, 101, 103, 108, 111, 114-15

, **Steilheitswinkel der Schurre**, 111, 349, 356, 407

, **Wandreibungswinkel**, 402, 405-06

Worst-Case-Fall, 6, 10, 141, 201-02, 210, 232, 349, 356-58, 374, 384

Z

zentrales Entstaubungssystem, 301, 329

Zentrifugalabscheider, 324-25

Zerstäubung, 290, 306, 309-10

Zugangs-, 21-2, 103-04, 107-13, 414-23

-bühnen, 357, 417

-türen, 22, 87-8, 113, 162, 299, 333, 357, 381, 390, 415, 420-21

zu Einfassungsabdichtungen, 101

zu Gurtreinigern, 202, 223, 381

zu Schurren, 112, 125, 422

zulässige Belastungsgrenzen, 9

zündfähiger Staub, 282-83, 291-92

zurichten einer Verbindung, 69

zurückrollen-

, **-Band**, 20, 218, 247

, **-Material**, 85, 370, 488, 507, 509

Zyklon, 324-25, 329

ANHANG D

AUTOREN UND DANKSAGUNG



R. Todd Swinderman, P.E

Martin Engineering Corporate | Chief Corporate Technology Officer und Direktor

Todd Swinderman kam 1979 als Ingenieur für Förderanlagenprodukte zu Martin Engineering, bevor er zum Geschäftsführer, Präsidenten und Generaldirektor avancierte. Seine Visionen und sein Führungsstil sind auf die Entwicklung innovativer Lösungen bei der Schüttguthandhabung ausgerichtet und auf die weltweite Erweiterung der Leistungsfähigkeit der Firma. Swinderman war in leitender Stellung und als Ausschussvorsitzender für die CEMA tätig sowie als Chefredakteur und treibende Kraft bei der Veröffentlichung der aktualisierten sechsten Ausgabe von *BELT CONVEYORS for BULK MATERIALS*.



Andrew D. Marti

Martin Engineering Corporate | Global Marketing Communications Administrator

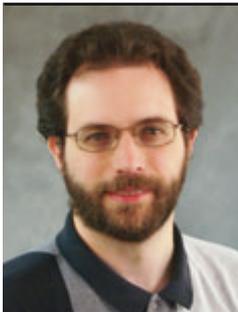
Andy Marti schreibt seit mehr als 20 Jahren über die Probleme und Lösungen bei der Schüttguthandhabung. Er hat bei allen vier Ausgaben der *FOUNDATIONS™*-Bücher von Martin Engineering zur Verbesserung der Leistung von Förderanlagen und Übergabepunkten als Koordinator und Redakteur mitgewirkt. Marti hat einen B.A. der Central Michigan University im Fachbereich Journalismus und von der University of Northern Iowa einen M.A. im Fachbereich Kommunikationsmedien.



Larry J. Goldbeck

Martin Engineering USA | Conveyor Technology Manager

Seit er 1981 zu Martin Engineering kam, hat Larry Goldbeck die Welt bereist - von Indonesien nach Island und von Duluth nach Delphi - ständig mit der Lösung von Problemen bei der Schüttguthandhabung beschäftigt. Er verfügt über das theoretische Wissen, kombiniert mit 40 Jahren praktischer Erfahrung im Betrieb, in der Wartung und in der Fehlersuche und -behebung bei Fördersystemen. Goldbeck hat die *FOUNDATIONS™* - Workshops über die Wartung und Instandhaltung sauberer und sicherer Gurtbandförderer von Martin Engineering entwickelt und ist auch der Hauptausbilder in diesem Bereich.



Daniel Marshall

Martin Engineering USA | Product Engineer

Ein „Zahlenmensch“, wie er selbst sagt, hat Daniel Marshall einen Ingenieurabschluss (B. S.) der Northern Arizona University im Fachbereich Maschinenbau. Er kam im Jahr 2000 zu Martin Engineering als F & E - Ingenieur. Seit dieser Zeit hat Marshall mit jedem Förderanlagenprodukt von Martin Engineering gearbeitet. Gegenwärtig ist er entscheidend in der Gestaltung und Anwendung von Staubunterdrückungs- und Entstaubungssystemen eingebunden.



Mark G. Strebel

Martin Engineering USA | USA Marketing Manager

Mark Strebel kam zu Martin Engineering nach neun Jahren Beschäftigung bei einem kohlebefeuerten Kraftwerk, wo er als Prüflingenieur und Betriebsleiter tätig war. Bevor er seine jetzige Stellung innehatte, war er bei Martin Engineering als Leiter der F & E -Abteilung und als Produktmanager für Förderanlagen mit der Entwicklung und Anwendung von Technologien zur Verbesserung der Schüttguthandhabung befasst. Strebel hat einen Ingenieurabschluss (B. S.) im Fachbereich Maschinenbau und einen Betriebswirttitel (M. B. A.) der Bradley University.



Barickman

Martin Engineering Company
Leitender Ingenieur der Produktentwicklung



Greg Bierie

Martin Engineering Company
Global Project and Technical Sales Manager



Steve Brody

Martin Engineering USA
Technical Support Specialist



Jörg Gauss

Martin Engineering Deutschland
Deutschland Operations Manager



Justin Malohn

Martin Engineering Company
Product Manager/Förderanlagenprodukte



Fred McRae

Martin Engineering USA
Regional Services Manager/Southeast Territory



Dave Mueller

Martin Engineering USA
Senior Product Specialist



Tim O'Harran

Martin Engineering USA
National Business Development Manager



Frank Polowy

Martin Engineering USA
Martin Services Project Estimator



Brad Pronschinske

Martin Engineering Company
Global Product Manager/Materialfluss-Hilfsmittel



Javier Schmal

Martin Engineering Brasilien
Brasilien Managing Director



Andy Stahura

Martin Engineering USA
Territory Manager



Gary Swearingen

Martin Engineering USA
Projects Group Estimator



Terry Thew

Equipment Services & Supplies
Australien Engineering Manager



Barbara Wheatall

Martin Engineering USA
Sales and Marketing Coordinator



Marty Yepsen

Martin Engineering USA
Martin Services Manager

Weiter Autoren

David Craig, PhD | Larry Engle | David Keil
Roger Kilgore | Stephen Laccinole
Arie Gurniawan | Andrew Waters

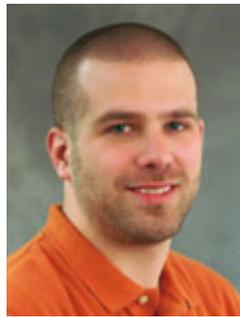
D. Michele Maki, PhD

Berater bei der Korrektur



Chelsea Blake

Martin Engineering
USA
Marketing Communications
Administrator



Seth Mercer

Martin Engineering Company
Global Marketing
Communications Specialist



Jared Piacenti

Martin Engineering
USA
Engineering System
Administrator



Bob Tellier

Martin Engineering Company
Global Marketing Intelligence
Specialist

Es gibt überall jene Menschen, die hinter den Kulissen still und leise ihre Arbeit verrichten, damit die Aufgabe abgeschlossen werden kann. Diese Leute, die unbesungenen Helden, bleiben oft unerkannt, genauso wie die Beiträge, die sie zur Sache leisten. Fünf Menschen haben sich zwei Jahre lang sehr viel Mühe gegeben, um die vierte Auflage von *FOUNDATIONS™ Schüttgut besser beherrschen. Das praktische Nachschlagewerk für mehr Sauberkeit, Sicherheit und Produktivität* zum

Erbblühen zu bringen. Ohne das Engagement, die harte Arbeit und das Einfühlungsvermögen der Martin - Mitarbeiter Chelsea Blake, Seth Mercer, Jared Piacenti, Bob Tellier und des Beraters beim Korrekturlesen PhD. D. Michele Maki, wäre die Fertigstellung der vierten Ausgabe von *FOUNDATIONS™* nicht möglich gewesen.

Dieses Buch hätte auch nicht ohne das Verständnis und die Unterstützung von externen Förderern und der vielen Mitarbeiter von Martin Engineering fertig gestellt werden können. Diese Menschen haben Hintergrundinformationen, technisches Fachwissen, den Blick für das Gesamtbild und für die detaillierte Betrachtung sowie die vielen unverzichtbaren Kleinigkeiten beige-steuert. Dafür danken wir:

Martin Engineering Corporate

Susan Coné, James Daly, Gina Darling, Harry Heath, Michele Ince, Chris Landers, Paul Mengnjoh, Travis Miller, Andrea Olson, Chris Schmelzer, Mark Stern, Kathy Swearingen, Terry Swearingen, Bonnie Thompson, Kathy Thumma, Jim Turner, Tina Usrey und Ron Vick

Martin Engineering Deutschland

Reiner Fertig, Michael Hengl und Michael Tenzer

Martin Engineering Brasilien

Vanderlei Brunialti

Externe Beiträge

Mike Braucher, Dave Gallagher und Frank Hyclak,
Goodyear Engineered Products
Bernd Küsel, <http://www.conveyorbeltguide.com>
Bob Reinfried, Executive Vice-President, CEMA
Ed Walinski, Pneutech Engineering
Darcy Winn, Winn Conveyor
Ryan Buck and David Pratt, Wethersfield High School

Martin Engineering Company

Bob Burke, Jim Burkhart, Jen DeClercq, Julie Derick, Robert Downs, Travis Grawe, Mark Huhn, Sonia Magalhaes, Kevin McKinley, Greg Milroy, Cheryl Osborne, Rachael Porter, Tracey Ramos, Wayne Roesner, Jim Roark, Becky Scott, Richard Shields und Terry Vandemore

Martin Engineering China

Eric Zheng

Martin Engineering Südafrika

Hannes Kotze

Berater

Charles E. Fleming,
FOUNDATIONS™, Vierte Auflage, Projekt Manager
Paul Grisley, Grisley Conveyors
Bob Law, Engineering Services & Supplies (ESS)
Laurie Mueller

Dank an alle, die das Projekt aktiv unterstützt haben RTS, ADM, LJG, DM, MGS

Neponset, Illinois, USA, März 2009

Schüttgut besser beherrschen.

Das praktische Nachschlagewerk für mehr Sauberkeit, Sicherheit und Produktivität.

Die vierte Ausgabe des Fachbuches **FOUNDATIONS™** ist an das technische Personal aller Ebenen und Bereiche in den Betrieben der Schüttgutindustrie gerichtet. Es soll als Hilfe bei der Weiterqualifizierung und Anleitung zur Verbesserung der Förderprozesse für die Bedienungsmannschaften, Techniker in den Bereichen Service und Wartung sowie Ingenieure dienen. Das Buch bietet eine kompakte Übersicht zu den Themen Arbeitssicherheit, Kontrolle der Materialverluste und neue Entwicklungen in der Förderanlagentechnik.

Copyright © 2009 Martin Engineering
Übersetzt ins Deutsche im Januar 2011
Artikelnummer L 3271-4

Übersetzung und Satz: Soltaris GmbH
Druck: Druckstudio Gallé GmbH



Martin Engineering GmbH

In der Rehbach 14
65396 Walluf, Deutschland
+49 (0)6123/9782-0
Fax: +49 (0)6123/75533
info@martin-eng.de
www.martin-eng.de