

Rollende Fördertechnik mit Optimierungspotenzial

# Neue Module ermöglichen höhere

In Ketten-, Band- oder Gurtförderern hat die Reibung zwischen Zugmittel und Stützelementen einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch, die Funktionalität und die Einsatzgrenzen. Mithilfe neuer Stützelemente auf Basis von Rollreibung lässt sich die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit solcher Anlagen deutlich verbessern und gleichzeitig Antriebsenergie einsparen.

- Jens Sumpf
- Frank Rasch
- Klaus Nendel
- Marco De Angelis

### Reibungsminderung in Förderanlagen

Wie bei allen relativ zueinander bewegten Körpern tritt auch in fördertechnischen Anlagen der physikalische Effekt der Reibung auf. In den meisten Fällen ist diese unerwünscht, weil sie der Bewegung entgegen wirkt und damit direkten Einfluss auf die Antriebsenergie, die mechanische und thermische Belastung der Komponenten sowie den Verschleiß ausübt. In Stetigförderern mit Zugmittel, z. B. in Ketten- und Bandförderern, haben die Reibungsanteile zwischen Zugmittel und Führungselementen bei der Aufnahme der Gutmasse sowie bei der radialen Abstützung der Kette in horizontalen oder vertikalen Kurven die größte Bedeutung.

Vorwiegend werden an diesen Stellen Kunststoff-Gleitschienen eingesetzt, die in Verbindung mit den ebenfalls häufig aus Kunststoffen bestehenden Zugmitteln prinzipiell sehr gute Reibungs- und Verschleißigenschaften auch im schmierungsfreien Betrieb aufweisen. Trotzdem liegen die Reibwerte dieser Paarungen nach eigenen Untersuchungen bestenfalls bei etwa 0,15 – in den meisten Fällen jedoch zwischen 0,2 und 0,4. In der Praxis ergeben sich infolge zu hoher Reibwerte nicht selten Funktionsstörungen, wie z. B. starker Verschleiß, Kettenbrüche, Aufschmelzen von Zugmittel bzw. Stützschiene oder Überlastung der Antriebe.

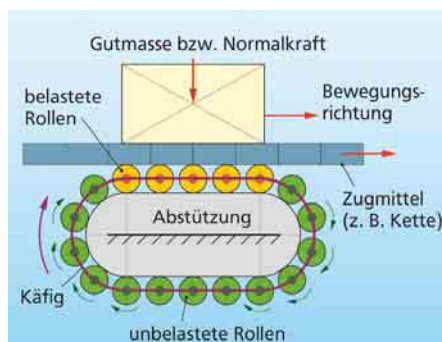
In einem gemeinsamen Projekt der Denipro AG mit Sitz in Weinfelden (Schweiz) und der Professur Fördertechnik der TU Chemnitz wurde unter der Bezeichnung „Rollende Fördertechnik“ (RFT) ein innovatives Bauelement entwickelt, das die Last über umlaufende, achsfreie zylindrische Körper rollend abtragen kann (Bild 1). Auf diese Weise lässt sich der Bewegungs-

widerstand um bis zu 90 % senken und damit die Zuverlässigkeit der Anlagen und die Gestaltungsfreiheit der Konstrukteure beträchtlich steigern [1, 2].

### Die Kurvenabstützung deniroll®

Das erste in die Praxis überführte RFT-Produkt war eine horizontale Kurvenabstützung für Mattenketten (Modulbänder), die vom Geschäftsbereich Rollende Fördertechnik der Denipro AG unter dem Markennamen deniroll® vertrieben wird (Bild 2). Die Motivation für diese Entwicklung lag darin, dass sich die Ketten in den Kurven mit hohen Radialkräften abstützen, die zu großen Reibungsverlusten, d. h. zu starker Erwärmung und hohen Kettenzugkräften, führen. Da zudem die Zugkräfte bei Mattenketten in der Kurve lediglich über einen kleinen Teilbereich und nicht über die gesamte Kettenbreite übertragen werden, treten in der Praxis an dieser Stelle neben Aufschmelzerscheinungen häufig Kettenbrüche auf. Die Reibungsverluste verstärken sich mit zunehmender Kettenzugkraft bzw. Anzahl der Kurven potenziell, sodass dadurch die Länge und Raumgängigkeit der Förderer maßgeblich begrenzt wird und konstruktiv aufwändige Trennstellen mit zusätzlichen Antrieben vorgesehen werden müssen.

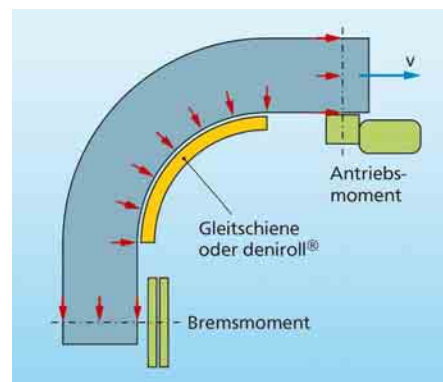
Die deniroll®-Elemente und vergleichsweise dazu Gleitschienen wurden umfangreichen Belastungstests mit verschiedenen Mattenketten an einem Prüfstand entsprechend Bild 3 unterzogen. Die variabel einstellbare Kettenzugkraft bzw. Radialkraft wurde über eine Bremse realisiert, unterschiedliche Geschwindigkeiten über einen frequenzgeregelten Getriebemotor. Während der Versuche wurden das Antriebs- und das Bremsmoment gemessen, über deren Differenz die Leistungsverluste in der Kurve bzw. der Bewegungswiderstand der Kurvenabstützung berechnet werden konnten. Zusätzlich wurden die Temperaturen an verschiedenen Punkten der Kurve aufgezeichnet.



1 Belastungsschema des RFT-Rollelements



2 deniroll®-Kurvenabstützung in einem Mattenkettenförderer



3 Versuchsaufbau zum Test von Kurvenabstützungen

Die Grenzbelastung der gleitenden Abstützung ergibt sich aus der Kontaktflächentemperatur, die durch die in Wärme umgewandelte Reibungsenergie in das Fördersystem eingebracht wird. Diese erreicht ihr Maximum infolge der höchsten Radialkraft am Kurvenausgang und darf nach eigenen Untersuchungen bei den zumeist verwendeten Gleitschienen aus ultrahochmolekularem Polyethylen (PE-UHMW) 60 °C nicht überschreiten. Darüber hinaus tritt zwar noch keine direkte Schädigung auf, jedoch ist das tribologische System sehr instabil und kann innerhalb von wenigen Minuten kollabieren, wodurch eine akute Gefahr der Zerstörung durch Aufschmelzungen an Kette und Schiene besteht.

Bei der deniroll®-Kurvenabstützung ist die Temperatur kein Einsatz beschränkender Faktor, da sich die Bauteile durch den deutlich günstigeren Bewegungswiderstand sowie die besseren Wärmeabgabebedingungen nur minimal erwärmen. So wurden mithilfe einer Wärmebildkamera selbst im oberen Lastbereich Temperaturerhöhungen von maximal 5 °C gemessen; im Vergleich mit der Gleitschiene liegt die Erwärmung damit bei weniger als 10 %.

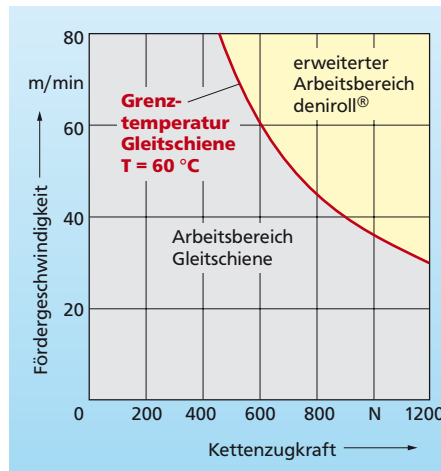
Dies führt auch zu einer sehr guten Verschleißbeständigkeit. Nach den durchge-

# Energieeffizienz

fürten Messungen, die in Summe mehr als 600 h bzw. 6 Mio. Belastungszyklen der Rollen umfassten, wurde an den deniroll®-Elementen und den Ketten nur ein äußerst geringer Verschleißabrieb festgestellt, der die Funktion jedoch nicht beeinträchtigt. Weiterhin trat bei Praxisanwendungen, die über mehrere Monate rund um die Uhr im Einsatz waren, ebenfalls nur minimaler Verschleiß auf.

In den Tests zeigte sich, dass die Einsatzgrenzen der Kurvenabstützung derzeit vorrangig durch die Eigenschaften der Mattenketten bestimmt werden. Bei Geschwindigkeiten > 80 m/min treten starke Geräusche mit einer laut Messung im Vergleich zur Gleitschiene nur unwesentlich höheren Geräuschpegel auf, die vor allem durch das horizontale und vertikale Umlenken der Ketten entstehen. Die nachweislich zulässige Stützlaster liegt derzeit bei einer auf die Bogenlänge der Kurve bezogenen Radialkraft von rd. 3 000 N/m, was auf der untersuchten Anlage einer Kettenzugkraft von rd. 1 200 N entspricht. Größere, bisher aus technischen Gründen nicht realisierbare Radiallasten sind jedoch wahrscheinlich, da die Rollen selbst wesentlich höhere Belastungen aushalten.

Der Arbeitsbereich einer Mattenketten-Kurve wird durch die Verwendung einer deniroll®-Kurvenabstützung gegenüber



**4 Einsatzbereiche einer Mattenketten-Kurve mit Gleitschienen aus PE-UHMW im Vergleich zu deniroll® (Mattenkette: B = 200 mm, 90°-Kurve, R = 380 mm)**

einer Gleitschiene vor allem bei höheren Transportlasten erweitert, bei denen sich wesentlich höhere Geschwindigkeiten erzielen lassen (Bild 4). Daneben liegt ein erheblicher Vorteil der rollenden Abstützung in der signifikanten Verringerung des Bewegungswiderstandes. Für die gleitende Abtragung wurden in den aktuellen Tests Reibwerte zwischen 0,20 und 0,25

gemessen, dagegen liefen die Ketten in der deniroll®-Kurve mit  $\mu = 0,05 \dots 0,08$ . Unter Berücksichtigung weiterer Reibungsanteile in der Förderanlage lassen sich damit nur durch Verwendung der deniroll®-Abstützung systemabhängig 30 bis 60 % der benötigten Antriebsenergie einsparen und zusätzlich die Belastung aller Bauteile ebenfalls in dieser Größenordnung reduzieren. Damit wurden die bereits in [1, 2] beschriebenen Ergebnisse nochmals bestätigt.

Die neuen Kurvenabstützungen bewährten sich bereits in mehreren Referenzanwendungen in Demonstratoren sowie direkt in der Praxis. Als eines der ersten Objekte wurde ein 25 m langer Wendelförderer nach Bild 5 mit sechs 90°-Kurven fertig gestellt, der in der vorliegenden Form mit Gleitschienen maximal ohne Förderlast betrieben werden könnte. Dieser wurde als Exponat bereits auf mehreren Fachmessen ausgestellt.

In einem praktischen Anwendungsfall laufen z. B. seit 14 Monaten im Dreischichtsystem mehrere 45°-deniroll®-Elemente in der Verpackungslinie eines bekannten italienischen Süßwarenherstellers. Dieser löste mit der neuen Kurvenabstützung zuverlässig sein Problem der mit Gleitschienen vermehrt auftretenden Kettenbrüche, die jeweils mit umfangreichen Reparaturmaßnahmen und langwierigem



**5 Mit sechs 90°-Kurven ausgeführter Wendelförderer**





⑥ **denirug®-Rollenteppich im Mattenkettens-Prüfstand**

(Bilder: Denipro 2, TU Chemnitz 4)

Stillstand der Produktionslinien einhergehen. Zudem werden an der Anlage nachweislich rd. 30 % Antriebsenergie eingespart.

**Die Schwerlastabstützung denirug®**

Beim Transport schwerer Lasten werden auch auf gerader Förderstrecke hochleistungsfähige Antriebe benötigt und die Zugmittel und Gleitschienen sehr stark beansprucht. Die Rollende Fördertechnik bietet hierfür ebenfalls eine hervorragende Lösung, bei der sich die Gutmasse über das Zugmittel auf viele Rollen verteilt abstützt. Dieses denirug® genannte Element ist modular aufgebaut, sodass sich daraus ein Rollenteppich beliebiger Länge und Breite erstellen lässt.

Die denirug®-Elemente wurden bereits ausgiebig an einem Prüfstand mit gerader Mattenkette getestet (Bild ⑥). Dabei erbrachten die durchgeführten Versuche eine ausgesprochen gute Funktionalität und, wie bei der Kurvenabstützung, nahezu keinen Verschleiß.

Den gemessenen Reibwerten der standardmäßigen Stützschiene von  $\mu = 0,23...0,30$  stehen beim geraden RFT-Element Bewegungswiderstände von  $\mu = 0,02...0,03$  gegenüber.

Vor allem beim Transport sehr hoher Lasten, bei dem die Rückführung des Zugmit-

tels sowie weitere Verlustwiderstände innerhalb des Förderers an Einfluss verlieren, liegt dieses Verhältnis sehr nahe an der Verringerung des erforderlichen Antriebsmomentes. Demnach kann eingeschätzt werden, dass je nach Anwendung bis zu 80 % Antriebsenergie eingespart bzw. die Zugmittelbelastung entsprechend reduziert werden kann.

In den beschriebenen Tests betrug die Fördergeschwindigkeit jeweils 20 m/min. Dieser Wert stellt jedoch keinesfalls eine Anwendungsgrenze dar, da an ähnlichen Ausführungen schon erfolgreiche Tests mit 120 m/min durchgeführt wurden. Die Elemente wurden mit bis zu 600 kg Gutmasse beaufschlagt, wobei sich eine Flächenlast von maximal 240 kN/m<sup>2</sup> ergab. Im Vergleich dazu wurden bei den alternativ eingesetzten Gleitschienen bei dieser Geschwindigkeit bereits nach rd. 35 bis 40 kN/m<sup>2</sup> erste Aufschmelzerscheinungen beobachtet.

Mögliche Anwendungen für den denirug®-Rollenteppich sind vor allem im Schwerlastbereich zu sehen, da hier die Vorteile am besten zur Wirkung kommen. So könnten z. B. in der Automobilindustrie mit Mattenkettens- oder Transportbändern ausgerüstete Werkerbänder in der Fahrzeugmontage oder Skids abgestützt werden, bei denen Massen bis rd. 2 t transportiert werden. Auch in anderen Industriebereichen, z. B. im Maschinenbau, in der Papier-, Möbel- und Haushaltswarenindustrie, ließen sich durch die Reduzierung der Zugkräfte völlig neue Anwendungsgebiete mit Mattenkettens-, Transportbändern, Tragketten oder anderen geeigneten Zugmitteln erschließen.

**Zusammenfassung**

Aktuelle Untersuchungen bestätigen die herausragenden technischen Eigenschaften der Rollenden Fördertechnik und zeigen mögliche Belastungsbereiche für die deniroll®-Kurvenabstützung sowie den denirug®-Rollenteppich. Die Elemente bestehen komplett aus Kunststoff und sind somit absolut schmierungs- und wartungsfrei. Die hohe Funktionalität und Verschleißfestigkeit wurde bereits in mehreren Praxisanwendungen nachgewiesen, derzeit werden weitere Einsätze vorbereitet.

Das hohe Optimierungspotenzial gründet sich vor allem auf die gemessenen Bewegungswiderstände von  $\mu = 0,02...0,05$ , die etwa 70 bis 90 % unterhalb der derzeit verwendeten gleitenden Abstützungen aus Kunststoff liegen. Drastisch reduzieren lassen sich damit die benötigte Antriebsenergie, die Beanspruchung vor allem der Zugmittel sowie die über die Reibungsverluste eingebrachte Wärmemenge, die maßgeblich die Belastungsgrenzen von Stetigfördersystemen mit Zugmitteln bestimmen. Infolge dessen können solche Stetigförderer deutlich energieeffizienter, funktionssicherer und länger betrieben werden. Alternativ dazu sind kleinere und damit oft wesentlich kostengünstigere Zugmittel einsetzbar oder es können durch längere bzw. flexiblere Förderanlagen Antriebsmotoren und Gutübergabestellen eingespart werden. □

**Literatur**

- [1] *Nendel, K.; Sumpf, J.; Rasch, F.; Wolfer, W.*: Senkung des Bewegungswiderstands in Förderanlagen. Modulare Rollelemente erhöhen die Energieeffizienz. Hebezeuge Fördermittel, Berlin 48 (2008) 4, S. 154-157.
- [2] *Nendel, K.; Sumpf, J.; Rasch, F.*: Kurvenabstützung erhöht den Nutzwert von Modulbändern. Verringerung des Reibungskoeffizienten in Förderanlagen. Laufenburg: Schweizer Logistik-Katalog 2009, S. 88-90.

**8. Int. Fachmesse für Distribution, Material- und Informationsfluss**  
**2.-4. März 2010**  
**Landesmesse Stuttgart**  
[www.logimat-messe.de](http://www.logimat-messe.de)  
 Tel. +49(0)89/3 23 91-253

**Dr.-Ing. Jens Sumpf**  
 ist Leiter der Forschungsgruppe Ketten-Zahnriemen-Tribologie der Professur Fördertechnik an der TU Chemnitz

**Dipl.-Ing. Frank Rasch**  
 ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur Fördertechnik an der TU Chemnitz

**Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel**  
 ist Inhaber der Professur Fördertechnik an der TU Chemnitz

**Dipl.-Ing. ETH Marco De Angelis**  
 ist Leiter Entwicklung RFT bei der Denipro AG in Weinfelden (Schweiz)