

Fachwissen Logistik

Thorsten Schmidt *Hrsg.*

# Innerbetriebliche Logistik

---

# Fachwissen Logistik

## **Reihe herausgegeben von**

K. Furmans

Karlsruhe, Deutschland

C. Kilger

Saarbrücken, Deutschland

H. Tempelmeier

Köln, Deutschland

M. ten Hompel

Dortmund, Deutschland

T. Schmidt

Dresden, Deutschland

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/16010>

---

Thorsten Schmidt  
Hrsg.

# Innerbetriebliche Logistik

*Hrsg.*  
Thorsten Schmidt  
Institut für Technische Logistik und  
Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden  
Dresden  
Deutschland

Fachwissen Logistik  
ISBN 978-3-662-57929-9      ISBN 978-3-662-57930-5 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57930-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detailierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Systemtechnik für die Stückgutförderung</b> .....	1
Roland Aßmann	
<b>2 Flurförderzeuge</b> .....	41
Alice Kirchheim und Peter Dibbern	
<b>3 Hebezeuge und Kransysteme</b> .....	63
Thomas Leonhardt und Martin Anders	
<b>4 Lagersysteme für Stückgut</b> .....	73
Thorsten Schmidt, Paul Hahn-Woernle und Frank Heptner	
<b>5 Kommissioniersysteme</b> .....	113
Michael ten Hompel, Volker Sadowsky und Sebastian Mühlenbrock	
<b>6 Sortier- und Verteilsysteme</b> .....	153
Christoph Beumer und Dirk Jodin	
<b>Sachverzeichnis</b> .....	175



Roland Aßmann

In Abgrenzung zur Verkehrstechnik bezieht sich der Begriff *Fördertechnik* im Wesentlichen auf den innerbetrieblichen Transport sowie den Warenumsatz in Häfen, auf Flughäfen, auf Bahnhöfen und in Lägern. Angepasst an die jeweilige Förderaufgabe kommen immer häufiger modulare Systembaukästen zum Einsatz, um Planung, Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung der Förderanlagen zu vereinfachen.

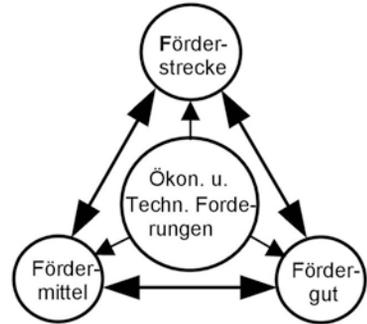
Die Beschreibung einer fördertechnischen Aufgabe kann immer durch eine Aufteilung in die zu bewältigenden *Förderstrecken*, in die zu bewegenden *Fördergüter* sowie in die notwendigen *Fördermittel* erfolgen. Unter dem Oberbegriff Fördermittel sind die in der Fördertechnik eingesetzten Geräte und Hilfsmittel zusammengefasst. Da sich nicht jedes Fördermittel im Rahmen einer Förderaufgabe für jedes Fördergut unter Berücksichtigung von Beschaffenheit, Menge und Zeit gleichermaßen eignet und auch nicht jede Förderstrecke von jedem Fördermittel realisiert werden kann, kommt der Auswahl des Fördermittels bzw. des Systembaukastens bei der Lösung einer Förderaufgabe eine zentrale Bedeutung zu (s. [Abb. 1.1](#)).

Fördergüter werden nach ihrer physikalischen Beschaffenheit unterteilt in *Schüttgüter* (z. B. Getreide, Kohle, Erze, Sand) und *Stückgüter* (z. B. Schachteln, Kisten, Container). Sehr oft werden Stückgüter auf bzw. in sogenannten *Ladehilfsmitteln* (z. B. Paletten, Gitterboxen) zusammengefasst. Nachfolgend werden ausschließlich Stückgutförderer betrachtet, wobei darauf hingewiesen wird, dass auch in Gebinde (z. B. Flüssigkeitscontainer nach [\[VDI 2383\]](#)) abgefüllte Schüttgüter und Flüssigkeiten mit Hilfe von Stückgutförderern transportiert werden.

---

R. Aßmann (✉)  
ibasco GmbH, Friedrich-Ebert-Ring 16 D-63654 Büdingen, Deutschland  
e-mail: [roland.assmann@ibasco.de](mailto:roland.assmann@ibasco.de)

**Abb. 1.1** Abhängigkeiten zwischen Fördergut, Förderstrecke und Fördermittel



Stetigförderer		Bandförderer Rollenbahnen Tragkettenförderer Kreisförderer Power & Free Plattenbandförderer
Unstetigförderer		Flurförderzeuge Regalbediengeräte Krane FTS Elektrohängebahn Elektotragbahn Elektropalettenbahn

**Abb. 1.2** Einteilung von Fördermitteln nach der Stetigkeit des Fördervorgangs

Die Förderstrecke kann eine ein-, zwei- oder dreidimensionale Bewegung des Fördergutes erfordern, wobei das *Lastaufnahmemittel* linienförmige, flächige oder räumliche Bewegungen ausführen kann. Zusätzlich können Förderer mit diskreten Aufnahme- und Abgabepunkten und Förderer mit innerhalb des Arbeitsbereiches beliebigen Aufnahme- und Abgabepunkten unterschieden werden.

Ein wesentliches Kriterium zur Einteilung der Fördermittel stellt die Stetigkeit des Fördervorgangs dar. Es können Förderer mit stetigen, quasistetigen (pulsierenden) und unstetigen Förderprozessen unterschieden werden.

*Stetige Stückgutförderer* zeichnen sich durch eine kontinuierliche, quasistetige durch eine periodische Förderbewegung aus, wobei die Förderrichtung stets beibehalten wird. Kennzeichnend für stetige und quasistetige Stückgutförderer ist die Möglichkeit, mehrere Stückgüter in einem vorgegebenen oder zufälligen Abstand zu transportieren, ohne dass das Lastaufnahmemittel zwischen zwei Stückgütern gegen die Förderrichtung wieder in die Ausgangsposition zurückkehren muss. Dadurch sind gegenüber *Unstetigförderern* trotz i. Allg. deutlich niedrigeren Fördergeschwindigkeiten meist weit höhere *Durchsätze* zu erzielen. Im Folgenden werden stetige und quasistetige Förderer neutral als *Stetigförderer* angesprochen und somit hinsichtlich der Begriffsbestimmung nicht weiter unterschieden (s. [Abb. 1.2](#)).

## 1.1 Aufgaben für Stückgutförderer

Neben dem *Fördern*, das im Sinne des Materialflusses dem Transport von Fördergütern zwischen einer *Quelle* und einer *Senke* entspricht, kommen Stückgutförderern die Aufgaben (s. [Abb. 1.3](#)):

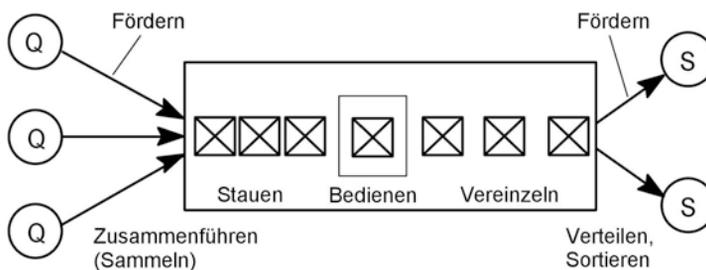
- Zusammenführen,
- Stauen bzw. Puffern,
- Vereinzeln und
- Verteilen

zu. Weiterhin sind Fördersysteme zur Stückgutförderung in vielen *Bedienprozessen*, z. B. zur Unterstützung von Fertigungs- oder Montagevorgängen, anzutreffen.

Das *Stauen* von Fördergütern kann aus verschiedenen Gründen erforderlich werden. So werden *Stauförderer* eingesetzt, um Fördergüter für einen nachfolgenden Förder- oder Arbeitsprozess zu sammeln oder um als *Puffer* zu wirken, der (Förder-) Vorgänge entkoppelt. Dadurch kann erreicht werden, dass nicht jede kurz andauernde Störung eine komplette Anlage blockiert, weil alle vor- und/oder nachgeschalteten Förder-, Fertigungs- und Montageprozesse sofort gestoppt werden müssen.

Ein *Vereinzeln* wird immer dann erforderlich, wenn auf Fördergüter in nachfolgenden Prozessen als individuelle Einheit zugegriffen werden soll, z. B. wenn Pakete bei unterschiedlichen Zielvorgaben an einer Verzweigung in verschiedene Richtungen weitergefördert werden sollen. Folgen hier mehrere Pakete ohne erkennbare Lücke aufeinander, würde eine Lichtschranke lediglich den Anfang des ersten und das Ende des letzten Paketes detektieren. Folglich werden die betreffenden Pakete die Verzweigung in eine Richtung passieren.

Das *Zusammenführen* von zwei oder mehr Fördersträngen stellt insbesondere bei hohen Fördergeschwindigkeiten und Durchsätzen gesteigerte Anforderungen an die Synchronisierung der zusammengeführten Förderer, wobei stets eine ausreichende Lücke gewährleistet sein muss. Dagegen müssen beim Verteilen die einzelnen Fördereinheiten in der Regel während der Förderbewegung identifiziert oder einer Wegverfolgung unterworfen



**Abb. 1.3** Materialflusstechnische Aufgaben von Stückgutförderern

werden. Der Übergang von einem Verteilprozess hin zu einem Sortiervorgang (s. [Kap. 6](#)) ist fließend. Während bei einem *Sorter* eine Verteilung auf eine meist zwei- oder dreistellige Anzahl von Zielstellen erfolgt, beschränken sich die in diesem Kapitel angesprochenen Verteiler auf einige wenige, oft auch nur auf zwei weiterführende Förderstrecken oder Zielstellen.

Eine weitere, in der Praxis sehr bedeutende Unterscheidung wird zwischen „leichten“ und „schweren“ Stückgutförderersystemen vorgenommen. Eine weit verbreitete Definition leichter Stückgüter stellt die Begrenzung auf die Masse von maximal 50 kg pro Förderereinheit und oft 100 kg pro m Förderstrecke dar [[Axm93](#)]. Bis zu diesem (Gewichts-) Limit sind manuelle Eingriffe in den Förderablauf, z. B. an einer Aufgabestelle oder zur Störungsbeseitigung typisch. Schwere Stückgutförderer setzen oberhalb des genannten Limits ein, wobei 500 kg, 1000 kg und 1500 kg gebräuchliche, meist standardisierte Traglastklassen für Stetigförderer darstellen. Der Aufbau und der Funktionsablauf leichter und schwerer Stückgutfördersysteme unterscheidet sich deutlich, auch wenn teilweise der gleiche Typus von Förderern, z. B. Rollenbahnen, eingesetzt werden. Deshalb werden beide Traglastklassen nachfolgend getrennt behandelt.

---

## 1.2 Durchsatz von Stückgutförderern

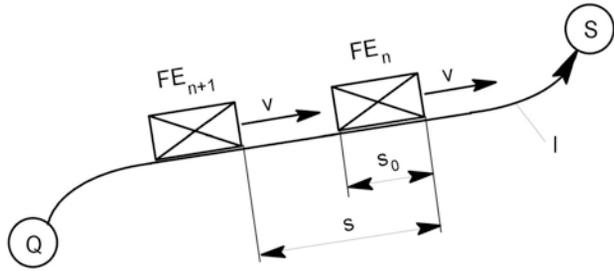
Eine wichtige Angabe bei der Beschreibung von Fördervorgängen ist die pro Zeiteinheit bewegte Menge an Fördergut. Aufgrund der stark schwankenden Dichte von Stückgütern (vgl. leere Schachtel – beladene Schachtel) stellt der Massenstrom keine aussagekräftige Größe für die Vorgabe der zu fördernden Mengen bzw. für die Angabe der Leistungsfähigkeit von Stückgutförderern dar. Besser geeignet und deshalb üblich ist die Angabe der pro Zeiteinheit ZE geförderten Ladeeinheiten, dem sog. *Durchsatz*  $\lambda$  [1/ZE]. Wird ein vernetztes Materialflusssystem in einzelne Förderstrecken zerlegt (s. [Abb. 1.4](#)), wobei imaginär jeweils eine *Quelle* Q und eine *Senke* S den Anfang bzw. das Ende einer Förderstrecke markieren, ist es unerheblich, mit welchem Fördermittel die Ladeeinheiten bewegt werden. Einzig das Weg-Zeitverhalten der Fördereinheiten und daraus abgeleitet der Durchsatz beschreibt einen Fördervorgang im Sinne des Materialflusses.

Folgen mehrere Fördereinheiten der Länge  $s_0$  im Abstand  $s$  (vgl. [Abb. 1.4](#)) und ist die Fördergeschwindigkeit  $v$  konstant, lässt sich der Durchsatz  $\lambda$  über die Gleichung

$$\lambda = \frac{v}{s} \quad (1.1)$$

berechnen. Die Voraussetzungen für [Gl. \(1.1\)](#) werden von Stetigförderern eher erfüllt als von Unstetigförderern. Bei letzteren lässt sich oft kein Abstand zwischen einzelnen Ladeeinheiten definieren bzw. nimmt ein Fördermittel, z. B. Gabelstapler, zu einem Zeitpunkt nur eine *Ladeeinheit* auf. Für Unstetigförderer kann der Durchsatz über die sog. *Spielzeit*  $t_s$  berechnet werden:

**Abb. 1.4** Fördereinheiten (FE) auf einer Förderstrecke der Länge  $l$  [Arm02]



$$\lambda = \frac{1}{t_s} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (1.2)$$

Die Spielzeit  $t_s$  umfasst alle Zeiten zur Lastaufnahme, zur Beschleunigung, zur Förderung, zur Verzögerung, zur Lastabgabe und zur Rückkehr des leeren Lastaufnahmemittels zum Ausgangspunkt sowie evtl. Schalt- und Beruhigungszeiten. Die Spielzeit ist in der Regel stochastisch verteilt, kann bei getakteten Prozessen aber auch deterministisch oder sogar eingepreßt (vorgegeben) sein. Bei konstanter bzw. mittlerer Taktzeit  $T$  berechnet sich der Durchsatz zu  $\lambda = 1/T$ . Die Ermittlung des zeitlichen Abstandes zweier Ladeeinheiten, der sog. *Zwischenankunftszeit* sowie deren realen zeitlichen Verteilung  $f(t)$  ist bei stochastischen Prozessen in der Praxis oft aufwendig, stellt aber die Grundlage zur Abschätzung von erforderlichen Durchsätzen oder zur Festlegung der Anzahl der notwendigen Stauplätze dar (s. [Arm02]).

Dem erforderlichen bzw. vorhandenen Durchsatz für eine Förderaufgabe steht der technisch maximal erreichbare Durchsatz eines Fördermittels, üblicherweise als *Grenzdurchsatz*  $\gamma$  [1/ZE] bezeichnet, gegenüber. Per Definition ist der Durchsatz  $\lambda$  einer Förderanlage immer kleiner oder höchstens gleich dem Grenzdurchsatz  $\gamma$ . Der Auslastungsgrad  $\rho$  eines Fördermittels beschreibt das Verhältnis des Durchsatzes  $\lambda$  zum Grenzdurchsatz  $\gamma$

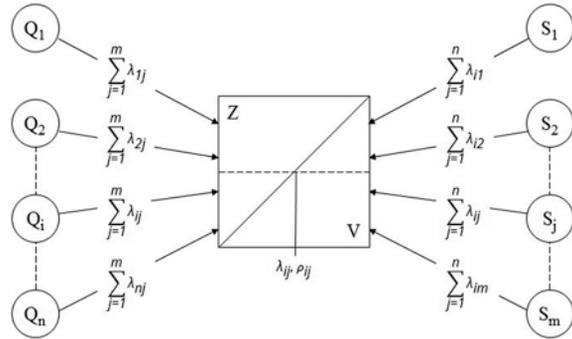
$$\rho = \frac{\lambda}{\gamma} \leq 1 \quad (1.3)$$

und kann den Wert 1 nicht überschreiten.

Werden mehrere Förderströme  $1 \dots n$  zusammengeführt, so summieren sich deren Durchsätze  $\lambda_a, \lambda_b, \dots, \lambda_n$  zum Gesamtdurchsatz  $\lambda$ . Teilt sich eine Förderstrecke in mehrere Förderstrecken  $1 \dots m$  auf, so bleibt der Gesamtdurchsatz erhalten. Für eine allgemeine Zusammenführung/Verzweigung (s. Abb. 1.5) gilt:

$$\sum_{j=1}^m \lambda_{1j} + \sum_{j=1}^m \lambda_{2j} + \dots + \sum_{j=1}^m \lambda_{ij} + \dots + \sum_{j=1}^m \lambda_{nj} = \lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_{i1} + \sum_{i=1}^n \lambda_{i2} + \dots + \sum_{i=1}^n \lambda_{ij} + \dots + \sum_{i=1}^n \lambda_{im} \quad (1.4)$$

**Abb. 1.5** Zusammenführung von  $n$  Förderstrecken und Verzweigung auf  $m$  Förderstrecken



oder kürzer:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \lambda_{ij} = \lambda \quad (1.5)$$

Analog zur Gl. 1.3 gilt für die allgemeine Zusammenführung/Verzweigung, dass die Summe aller Quotienten aus Einzeldurchsätzen  $\lambda_{ij}$  und Einzel-Grenzdurchsätzen  $\rho_{ij}$  immer kleiner dem Wert 1 sein muss.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{\lambda_{ij}}{\rho_{ij}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \nu_{ij} t_{s,ij} \leq 1 \quad (1.6)$$

Die zweite Doppelsumme berücksichtigt Zeit- bzw. Durchsatzverluste innerhalb des Zusammenführungs- und Verzweigungselements aufgrund von Schaltvorgängen, wobei das Produkt aus *Schaltfrequenz*  $\nu_{ij}$  und *Schaltzeit*  $t_{s,ij}$  den anteiligen Zeitverlust aller Fördervorgänge von der Quelle  $i$  zur Senke  $j$  angibt.

### 1.3 Bodengebundene Fördersysteme für leichte Stückgüter

Stetigfördersysteme für leichte Stückgüter (s. Abb. 1.6) finden insbesondere bei Paketdiensten, bei der Post, im Versandhandel und bei vielen (manuellen) Kommissionieranlagen sowie in Vorzonen von automatisierten Kleinteile-Lägern (AKL) Anwendung. Neben einer Begrenzung auf 50 kg pro Fördereinheit ist eine Auslegung der Förderer auf standardisierte Abmessungen von  $L \times B \times H = 600 \times 400 \times 500$  mm üblich, wenn Leistungsdaten wie Durchsatz, Ein- und Ausschleusraten etc. zu vergleichen sind.

Allgemein gilt, dass die erreichbaren Durchsätze mit kleineren Abmessungen zunehmen bzw. mit größeren Abmessungen abnehmen. Um eine Vergleichbarkeit der Angaben zu gewährleisten, beziehen sich alle genannten Daten auf diese genannten Standardabmessungen. Leichte Stückgutförderer werden in der Regel elektrisch angetrieben, wobei

**Abb. 1.6** Förderanlage für leichte Stückgüter (Foto: psb intralogistics)



allerdings pneumatische Betätigungen für Bremsen und Sperren sowie Aus- und Einschleuselemente ebenfalls zur Anwendung kommen.

### 1.3.1 Rollen- und Röllchenförderer

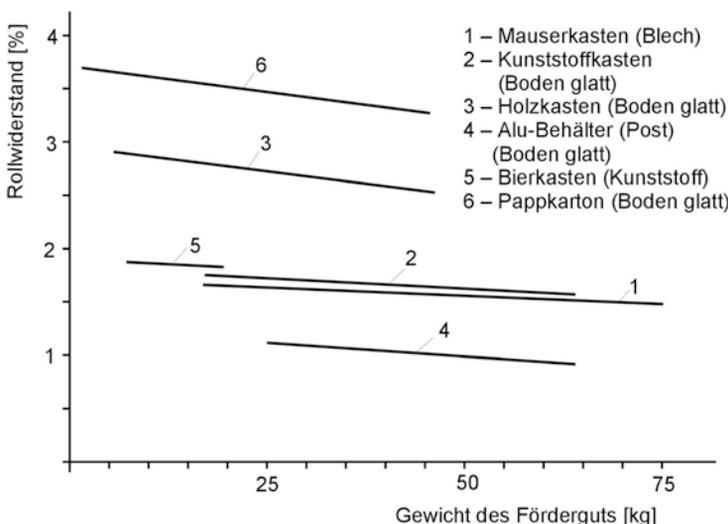
Rollen- und Röllchenbahnen sind in der Stückgutfördertechnik die mit am häufigsten anzutreffenden Förderer. Herausragende Eigenschaften sind der einfache und robuste Aufbau, der geringe Energiebedarf und ein weites Spektrum an förderbaren Stückgütern hinsichtlich Gewicht, Beschaffenheit und Abmessungen. Allerdings müssen die Böden des Förderguts gewisse Mindeststandards erfüllen. Besonders geeignet sind Kisten, Schachteln, Behälter und sonstige Ladeeinheiten mit ebenen, festen Böden. Aber auch Fördergüter mit gewölbten und ausgebeulten Böden können transportiert werden. Problematisch sind Fördergüter mit sehr weichem Boden, z. B. Säcke. Ungeeignet sind dagegen Böden mit Stegen, die quer zur Förderrichtung verlaufen, Böden mit Mitnahmezapfen sowie Fördergüter mit Füßen geringer Ausdehnung. Eine weitere bedeutsame Restriktion ist die Mindestabmessung. Die Ausdehnung in Förderrichtung muss mindestens der dreifachen Rollenteilung entsprechen.

**Nichtangetriebene Rollen- und Röllchenbahnen** sind wegen ihres einfachen Aufbaus, der in der Regel nicht benötigten elektrischen Installation sowie der geringen Investitions- und Betriebskosten immer noch häufig anzutreffende Förderelemente. Der Antrieb der Fördereinheiten erfolgt entweder auf Gefällestrrecken mit Hilfe der Schwerkraft oder aber manuell. Aufgrund ihres unsicheren Vortriebs sollte der Einsatz von nichtangetriebenen Rollen- und Röllchenbahnen innerhalb automatisierter Fördersysteme insbesondere dann vermieden werden, wenn Störungen im Förderfluss nachfolgende Prozesse beeinträchtigen können. Jedoch sind Anwendungen im Bereich von Aufgabe- und Zielstellen auch in größeren Anlagen durchaus üblich.

Problematisch ist bei Schwerkraftförderung die von Gewicht und Beschaffenheit des Förderguts abhängige Fördergeschwindigkeit (s. [Abb. 1.7](#)). Während bei einer bestimmten Neigung leichte Stückgüter mit weichem Boden sich evtl. nicht mehr vorwärts bewegen können, erreichen schwere Stückgüter mit hartem Boden evtl. eine hohe Fördergeschwindigkeit, die beim Aufprall auf gestaute Fördereinheiten zu Beschädigungen oder Zerstörungen führen kann. Schwerkraft-Rollenförderer werden deshalb oft mit Bremsrollen ausgestattet, die eine geschwindigkeitsabhängige Bremskraft entfalten und die Fördergeschwindigkeit begrenzen. Die damit realisierbaren steileren Neigungswinkel erhöhen durch eine geringere Neigung zu Störungen des Förderflusses die Zuverlässigkeit in automatischen Systemen.

**Angetriebene Rollenbahnen** weisen im Gegensatz zu nichtangetriebenen Rollen- und Röllchenförderern eine vorgegebene Geschwindigkeit auf. Konventionell erfolgt der Antrieb zentral für eine komplette Rollenbahn durch einen elektrischen Getriebemotor, wobei das Antriebsmoment über Flach- oder Zahnriemen auf die einzelnen Rollen übertragen wird (s. [Abb. 1.6](#)).

Mittlerweile haben auch Rollenbahnen auf Basis von Rollen mit integriertem 24V- oder 48 V-Gleichstrommotor eine weite Verbreitung gefunden (s. [Abb. 1.8](#)), erreichen allerdings nur als bürstenlose Variante die Standzeit der meist als Drehstromasynchron-Getriebemotoren ausgeführten Zentralantriebe. Längere Rollenbahnen erfordern aufgrund der begrenzten Antriebsleistung ( $< 50 \text{ W/Antriebsrolle}$ ) mehrere dieser Antriebsrollen (s. [Abb. 1.9](#)) und eignen sich dadurch besonders für den Einsatz in staudrucklosen Rollenbahnen. Der Übertrieb zu den nicht direkt angetriebenen (Slave-)Rollen erfolgt meist über Rund- oder Keilrippenriemen. Vorteilhaft ist bei dieser mit Schutzkleinspannung operierenden Lösung,



**Abb. 1.7** Gemessener Rollwiderstand für verschiedene Behälterformen [[Axm93](#)]



**Abb. 1.8** Angetriebene Staurollenrollenbahnen für leichte Stückgüter mit dezentraler Antriebstechnik (Foto: Interroll)

**Abb. 1.9** Rolle mit integriertem 24V-Antrieb im Schnitt (Foto: Interroll)



dass sich dezentrale Steuerungskonzepte relativ einfach realisieren lassen. Dies vereinfacht das Liefern komplett installierter und vorgetesteter Förderelemente auf die Baustelle. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass bei diesen Systemen in der Regel auf pneumatische Aktuatoren, z. B. für das Stauen, verzichtet werden kann, was hilft, die Betriebskosten durch verminderten Energiebedarf sowie die Geräuschemission zu reduzieren.

Die Fördergeschwindigkeit liegt in der Regel zwischen 0,1 und 1,0 m/s. Höhere Geschwindigkeiten führen neben einer höheren Beanspruchung des Förderguts zu Geräuschen, die aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen oft nicht akzeptiert werden. Durch kunststoffbeschichtete Rollen oder Behälter kann in vielen Fällen das Geräuschniveau gesenkt werden. Die Vorteile angetriebener Rollenbahnen gegenüber anderen Fördersystemen, z. B. Band- oder Kettenförderer sind vielfältig. Der bei metallischen Rollen geringe Reibbeiwert zwischen Rolle und Fördergut lässt eine kraftsparende seitliche Aufgabe bzw. Entnahme von Paketen oder Behältern zu. Die Substitution einzelner Rollen durch Quer- oder Schrägtransfere ermöglicht einfache Ein- und Ausschleusvorgänge. Die Reduktion bzw. das temporäre Aufheben des Reibschlusses zwischen Kraftübertragungselement und Rolle bzw. der Antrieb über gesteuerte Motorrollen bilden die Basis vieler *Staufördersysteme*. Durch schräg angeordnete Rollen, sogenannten *Schrägrollenbahnen* können die Fördereinheiten einseitig ausgerichtet

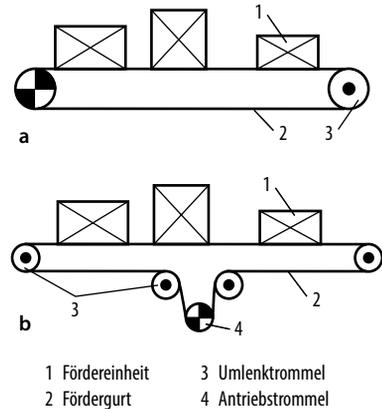
werden. Schließlich ermöglichen *konische Rollen* das Drehen von Fördereinheiten ohne Unterbrechung des Förderflusses. Eine andere Anwendung finden konische Rollen in *Rollenbahnkurven*, wo sie zu einer deutlichen Reduktion der Reibverluste beitragen. Nicht oder nur selten werden Steigstrecken mit Rollenförderern ausgerüstet, da der niedrige Reibbeiwert zwischen Fördergut und Rolle nur kleine Steigungswinkel zulässt.

### 1.3.2 Bandförderer

Neben den Rollenförderern bilden Bandförderer das in leichten Stückgutförderanlagen (s. [Abb. 1.6](#)) ein ebenfalls häufig eingesetztes Fördermittel. Ein für Stückgüter konzipierter Bandförderer hat außer dem Namen und der grundsätzlichen Funktionsweise nur wenig gemein mit den oft für kilometerlange Transporte eingesetzten Schüttgutförderern. So wird der *Gurt* meist auf einem ebenen Bett gleitend, selten rollend abgetragen und es werden i.d.R. Regel Gurte mit Textil- statt Stahleinlage eingesetzt.

Die Antriebsleistungen liegen mit maximal einigen Kilowatt um einige Größenordnungen unter denen großer Schüttgutförderer. Aufgrund der geringen Anzahl bewegter Teile sind Gurtförderer insbesondere bei langen Förderstrecken meist das günstigste Fördermittel. Zudem verfügen sie gegenüber Rollen- und Kettenförderern über einige nennenswerte Vorteile. Am bedeutsamsten ist das extrem breite Fördergutspektrum, das sich mit Hilfe von Bandförderern transportieren lässt. So werden auch sehr kleine Fördereinheiten bewegt, die bei Rollenförderern eine entsprechend kleine Rollenteilung erfordern würden. Hohe Fördergeschwindigkeiten bis zu 3 m/s erlauben sowohl kurze Transportzeiten als auch hohe Durchsätze. Der hohe Reibbeiwert zwischen Gurt und Fördergut ermöglicht neben Steigungsstrecken auch hohe Beschleunigungs- und Verzögerungswerte, weshalb Bandförderer oft in Zuführstrecken (Induction) von Sortieranlagen [[VDI 2340](#)] oder in Synchronisierungsstrecken vor Zusammenführungen eingesetzt werden. Das ebene Gleitbett verhindert die periodischen Anregungen von Schwingungen, wie dies beispielsweise wegen der Rollenteilung bei Rollenförderern auftreten kann. Damit wird die Geräuschbildung reduziert und das Fördergut geschont. Einfache Gurtförderer werden in der Regel mit *Kopfantriebsstationen* ausgestattet, d. h. die Antriebsstation befindet sich am Ende des Förderers. Muss der Förderer *reversierbar* sein oder bei langen Gurtförderern, bietet die mittige Anordnung der Antriebsstation im Untertrum Vorteile (s. [Abb. 1.10](#)).

Besonderes Augenmerk ist auf die *Gurtführung* zu richten, da nur ein sorgfältig geführter Gurt eine lange Lebensdauer erreicht. Bewährt haben sich zylinderförmige Antriebs- und Umlenkrollen mit beidseitig leicht konischen Enden. Derartige Rollen zentrieren den Gurt ähnlich zuverlässig wie leicht ballige Rollen, sind aber kostengünstiger herzustellen. Die bei leichten Stückgutförderern zum Einsatz kommenden Gurte verfügen in der Regel nicht über eine Stahleinlage und sind somit den reinen Kunststoffgurten zuzurechnen. Als Zugeinlage kommen häufig Polyestergewebe zum Einsatz, die mit zwei unterschiedlichen Deckschichten versehen werden. Während die Unterseite

**Abb. 1.10** Bandförderer **a** Kopfantrieb; **b** Mittentrieb

einen geringen Reibbeiwert zwischen Gurt und Gleitbett gewährleisten soll, muss der Reibbeiwert auf der Oberseite höher sein, um eine sichere Mitnahme des Förderguts zu gewährleisten. Bei kippgefährdeten Fördergütern ist allerdings auch auf der Oberseite ein nicht zu hoher Reibbeiwert vorteilhafter.

Bei gleitender Abtragung des Gurtes liegt der Energieverbrauch deutlich über dem von Rollenförderern. Mittlerweile sind allerdings auch rollend abgetragene Gurtförderer verfügbar, die ebenfalls über eine gute Energieeffizienz verfügen.

### 1.3.3 Kunststoff-Gliederbandförderer

Fortschritte bei den zur Verfügung stehenden Kunststoffen sowie deren Verarbeitung haben den vergangenen Jahren den verstärkten Einsatz sog. Kunststoff-Gliederbandförderer (s. Abb. 1.11) ermöglicht.

Kunststoff-Gliederbandförderer haben ähnliche Eigenschaften wie die Bandförderer, d. h. eine nahezu geschlossene Oberfläche, wodurch ein weites Spektrum an Fördergütern transportiert werden kann. Hinzu kommen die Möglichkeiten einer kurvengängigen Ausführung bis hin zu einer wendelartigen Fördergeometrie, die eine kostengünstige und platzsparende Überbrückung von Höhenunterschieden auch bei hohen Durchsätzen ermöglichen sowie die weitgehende Gestaltungsfreiheit der Kettenelemente. Dadurch können Mitnehmer ebenso integriert werden wie Tragrollen- und Führungsrollen oder unterschiedliche Materialpaarungen. Diese Gestaltungsfreiheit ermöglicht sogar die Integration kleiner Tragkügelchen in das Kunststoff-Gliederband. In Kombination mit querlaufendem Gurt oder einem Drehteller als Abtragung des Gliederbandes können entweder einfache Querumsetzungen, eine Rotation oder das seitliche Ausrichten des Fördergutes erfolgen.

Ein weiterer Vorteil insbesondere im Vergleich zu Gurtförderern liegt darin, dass bei Beschädigung einzelne Kettenglieder ausgetauscht werden können. Nachteilig im Vergleich



**Abb. 1.11** Kunststoff-Gliederbandförderer (Foto: Denipro)

zu Gurtförderern ist das insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten erheblich höhere Geräuschniveau. Aktuelle Entwicklungstendenzen sehen Dämpfungselemente im Bereich der Gelenke vor, wodurch die Geräuschemissionen erheblich reduziert werden können.

Kunststoff-Gliederbänder können sowohl gleitend als auch rollend abgetragen werden. Eine rollende Abtragung steigert sowohl die Energieeffizienz als auch die maximale Länge des Gliederbandes. Dadurch können Investitions- und Betriebskosten eingespart werden.

### 1.3.4 Tragkettenförderer

Tragkettenförderer auf Basis von Standard- oder Sonderrollenketten sind in leichten Stückgutfördereranlagen seltener anzutreffen, da sie in der Regel einheitliche Abmessungen der Fördergüter voraussetzen und einen stabilen Boden erfordern. Für Anlagen, die für den Einsatz von *Ladehilfsmitteln*, z. B. Boxen oder Tablare konzipiert sind, sind sie jedoch gut geeignet. So sind sie u. a. in den Vorzonen von *Automatischen Kleinteile-Lägern (AKL)* und in *Montagefördersystemen* zu finden. Hier übernehmen sie oft unter Verwendung sog. Staurollenketten staudruckbehaftete Stau- und Pufferfunktionen. Aufbau und Funktionsweise von Tragkettenförderern sind einfach. Zwei oder mehr angetriebene Rollenketten werden auf je einer (Kunststoff-)Schiene abgetragen. Die Ladeinheit selbst wird von den Kettenlaschen, bei Staurollenketten durch gleitgelagerte Röllchen aufgenommen. Die Gewichtskräfte des Förderguts werden so reibungs- und verschleißarm über die Rollen der Kette in die Tragschiene eingeleitet. Vorteilhafte Eigenschaften von Tragkettenförderern

sind der robuste Aufbau sowie die Unempfindlichkeit gegenüber verölten und stark verschmutzten Fördergütern.

### 1.3.5 Elektrotragbahn

Die Elektrotragbahn (ETB) basiert auf der in [Abschn. 1.5.4](#) beschriebenen Elektrohängebahn (EHB), erreicht aber nicht deren Verbreitung und Bekanntheit. Auf einer Laufschiene rollen richtungsgebunden einzelne, weitgehend voneinander unabhängig operierende Fahrzeuge. Neben Trag- und Führungsrollen verfügt jedes Fahrzeug über einen elektrischen Fahrantrieb, dessen Stromversorgung über Schleifleitungen erfolgt. Im Gegensatz zu Elektrohängebahn-Fahrzeugen erfolgt die Lastaufnahme oberhalb der Laufschiene auf einem der Anwendung angepassten Lastaufnahmemittel.

Tragbahnen werden in einem weiten Traglastbereich angeboten, von kleinen Lasten im Bereich einiger weniger Kilogramm bis hin zu Traglasten von 500 kg und mehr (Transportgut und Lastaufnahmemittel) für ein Fahrzeug bestehend aus einem angetriebenen Fahr- und einem nichtangetriebenen Laufwerk [[VDI 4422](#)]. Mit Kurvenelementen kleiner Radien (1000 mm), Steigstrecken (bis 30°) und Dreh- bzw. Verschiebeweichen können auch anspruchsvolle Streckenführungen realisiert werden. Die Auffahrsicherung erfordert entweder eine Blockstreckensteuerung oder eine optische bzw. induktive Abstandsensorik.

Der Einsatz der Elektrotragbahn (s. [Abb. 1.12](#)) bietet sich an, wenn bei kleinen Durchsätzen viele Auf- bzw. Abgabestellen bedient werden sollen, wobei für einige Anwendungen aktive Lastaufnahmemittel, z. B. Quergurtförderer oder Kippschale, eingesetzt werden können. Die hierfür benötigten Antriebs- und Steuerungselemente können ebenso wie der Fahrantrieb über die Schleifleitung versorgt werden. Weitere Vorteile liegen in der hohen Fördergeschwindigkeit von bis zu 2 m/s bei gleichzeitig geringer Geräuschemission sowie dem schonenden Transport für (stoß-) empfindliche Fördergüter.

**Abb. 1.12** Elektrotragbahn mit Kleinbehälter (Foto: montratec)

