

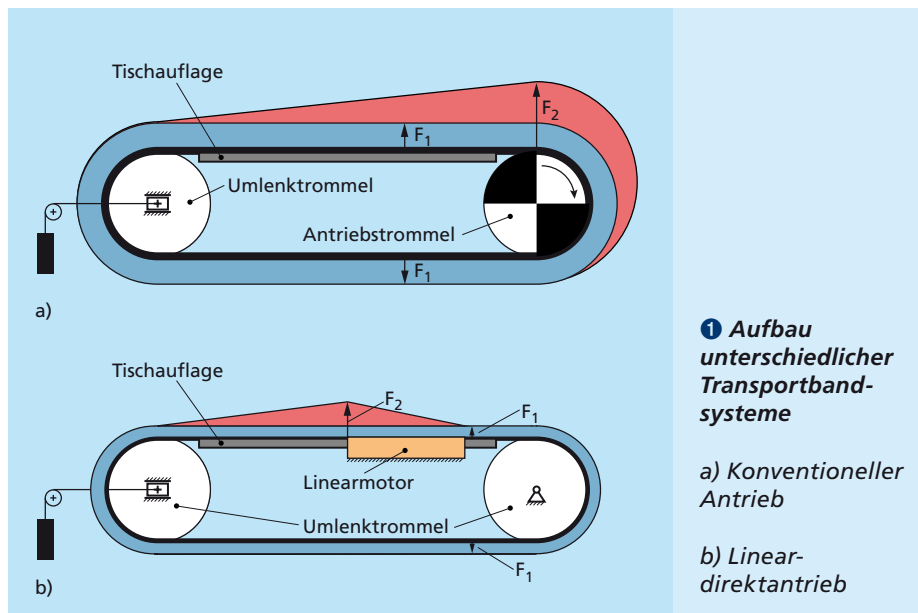
Alternative zu konventionell angetriebenen Systemen

Im Versuch: Lineardirektantrieb

Im Rahmen des durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts „LinTrans“ wird gegenwärtig ein Lineardirektantrieb für Transportbänder entwickelt.¹⁾ Im Gegensatz zu Transportbandanlagen mit angeordneten Trommeln lassen sich die notwendigen Zugkräfte entlang der Förderstrecke verteilen und folglich die resultierende Transportbandbeanspruchung reduzieren.

- Mišel Radosavac
- Ludger Overmeyer

Transportbandsysteme werden im Bereich der Intralogistik zur Förderung von Stück- sowie leichten Schüttgütern genutzt. Sie setzen sich aus einer oder mehreren Antriebstrommeln, die am Kopf oder am Ende der Förderstrecke angebracht sind, zusammen. Die Antriebsmotoren können dabei wahlweise in der Trommel eingebaut (sog. Trommelmotoren) oder über ein nachgeschaltetes Getriebe mit der Antriebstrommel verbunden sein. Am entgegengesetzten Ende der Förderstrecke sorgt eine weitere, nicht angetriebene Trommel für die Umlenkung und die erforderliche Bandvorspannung. Bild 1 a zeigt einen beispielhaften Aufbau konventioneller Transportbandsysteme. Zur besseren Darstellbarkeit sind die Kräfteinwirkungen auf das Transportband senkrecht zu ihrer Wirkrichtung eingezeichnet. Die gleichmäßig über das Transportband verteilte Kraft F_1 resultiert aus der Bandvorspannung durch die Umlenkstrommel. Eine weitere Kraft F_2 ergibt sich aus den Bewegungswiderständen im Obertrum. Das Transportband wird in Abhängigkeit von den zu befördernden Lasten im Bereich der Antriebstrommel mit hohen Zugkräften beaufschlagt. Die für das Transportband zulässige Zugkraft bestimmt die maximale Bandlänge, wodurch für den Einsatz bei größeren Strecken Transportbänder mit höherer Zugfestigkeit oder die Aufteilung auf kürzere Teilstrecken erforderlich sind.



1 Aufbau unterschiedlicher Transportbandsysteme

a) Konventioneller Antrieb
b) Lineardirektantrieb

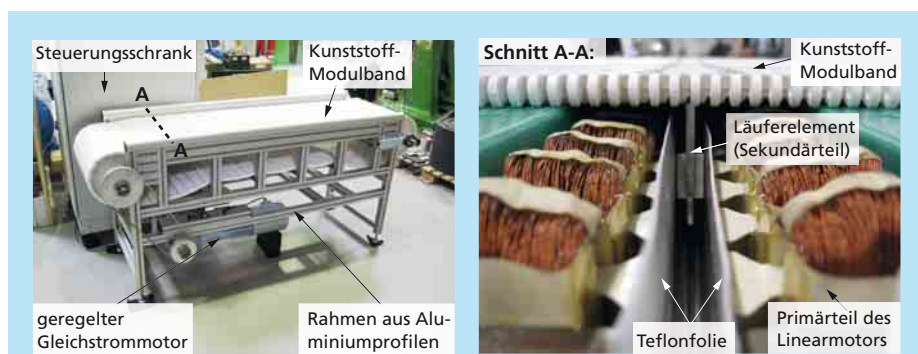
Im Gegensatz zu konventionellen Transportbandsystemen werden bei Lineardirektantrieben die Vorschubkräfte über das elektromagnetische Feld erzeugt (Bild 1 b). Durch den Wegfall mechanischer Übertragungselemente und die Möglichkeit, die Kräfteinleitung entlang der Förderstrecke zu verteilen, kann sowohl die Bandvorspannung F_1 als auch die infolge des Antriebs eingeleitete Kraft F_2 minimiert werden. Darüber hinaus lässt sich im Vergleich zu konventionellen Antriebssystemen ein Reversierbetrieb ohne Umbaumaßnahmen umsetzen.

Aufbau des ersten prototypischen Versuchsförderers

Das Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) der Leibniz-Universität Hannover hat zusammen mit dem Institut für Antriebs- und Leistungselektronik einen Versuchsförderer entwickelt, bei dem ein Transport-

band als aktive Antriebskomponente durch einen Linearantrieb direkt angetrieben wird [1]. Ziel des Aufbaus ist die Validierung des Linearantriebs-Konzepts im Vergleich zu konventionellen Förderern in der Intralogistik. Dazu sollen frei wählbare Fördergeschwindigkeiten im Bereich von 0 bis 2 m/s möglich sein und eine Vorschubkraft von rd. 200 N erzeugt werden. Bild 2 zeigt den aus den Anforderungen entwickelten Aufbau des Versuchsförderers, der im Wesentlichen aus einem Transportband, dem Lineardirektantrieb und dem Steuerungsschrank besteht. Mithilfe des eingebauten Gleichstrommotors können zur Validierung des Versuchsförderers unterschiedliche Belastungsszenarien nachgestellt sowie die durch den Linearantrieb abgegebene Leistung erfasst werden.

Für den Motor wird im Versuchsförderer das Prinzip der Permanentmagnet-erregten Synchronmaschine (PMSM) verwendet. Charakteristisch



2 Aufbau des ersten prototypischen Versuchsförderers

1) Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Unterstützung.

für Transportbänder

hierfür ist, dass auf stromführende Leiter im Sekundärteil verzichtet werden kann und somit weder eine kontaktbehaftete Stromzuführung notwendig ist noch ein zusätzlicher Wärmeeintrag in das Förderband stattfindet. Der unbewegte Primärteil des Motors (Stator) besteht aus sich jeweils gegenüber liegenden Wicklungsköpfen. Diese sind paarweise in einer Reihe fluchtend angeordnet. Für das Transportband wird ein Kunststoff-Modulband verwendet. Im Vergleich mit flexiblen Förderbändern weist das eingesetzte Kunststoff-Modulband eine geringe Dehnung auf. Der Sekundärteil des Linearantriebs besteht aus Läuferelementen, die sich aus einem Stahlelement und den darauf befestigten Magneten zusammensetzen. Die Läuferelemente sind mit Schraubverbindungen an den Kunststoff-Modulbandelementen befestigt. Im Betrieb werden die Läuferelemente durch den Motor geführt, die jeweils in Laufrichtung rechts und links mit den Statorhälften berührungslos umschlossen werden. Die nutzbare Vorschubbewegung des Transportbands wird durch ein vom bestromten Ständer generiertes Wanderfeld erzeugt [2].

Im Rahmen der Überprüfung und Bewertung des Versuchsförderers wurden vor allem die Reibungsverluste, die effektiv nutzbare Vorschubkraft und das Temperaturverhalten des Linearantriebs in Abhängigkeit von der Betriebszeit ermittelt. Reibungsverluste treten zwischen den Läuferelementen und der Führung durch den Linearantrieb auf, da aufgrund konstruktionsbedingter Toleranzen die ideale, mittige Ausrichtung der Läuferelemente zu den beiden Statorhälften abweichen kann. Dadurch entstehen unerwünschte Normalkräfte, die den Bewegungsfluss stören und die Reibung zwischen den Läuferelementen und den Statorhälften erhöhen. Um den Reibeinfluss zu minimieren, wird eine Teflonfolie an den beiden Statorhälften verwendet. Weitere Reibungsverluste gibt es in Abhängigkeit von der Beladung zwischen dem Transportband und der Tischauflage. Für die Bestimmung der im Versuchsförderer auftretenden Reibung wurde das Transportband mit dem Gleichstrommotor angetrieben und die aufgewendete Leistung für unterschiedliche Konfigurationen ermittelt. Bedingt durch das Transportbandgewicht, ist für die Kompensation der Reibungsverluste eine Mehrleistung von rd. 35 W bei einer Geschwindigkeit von 0,5 m/s notwendig. Im Bereich der Führung ist

auf einer Länge von 600 mm für die betrachtete Geschwindigkeit eine Mehrleistung von rd. 62 W infolge von Reibung erforderlich. Der Motor erreicht aus Langzeitmessungen den thermischen Beharrungszustand bei einer Temperatur von 125 °C bei einem abgegebenen Strom von 1,7 A. Bei Temperaturen über 130 °C kann die Wicklung beschädigt werden.

Aus der Kenntnis der Reibungsbeiträge und der Nutzung des Gleichstrommotors im generatorischen Betrieb kann auf die effektiv vom Linearantrieb abgegebene Leistung geschlossen werden. Bei einer positionsrückgeführten Regelung des Linearantriebs und einer Geschwindigkeit von 0,5 m/s erreicht der Linearantrieb eine Wirkleistung von insgesamt 500 W. Abzüglich dem temperaturabhängigen Kupferverlustanteil von rd. 329 W und den Eisenverlusten von rd. 1 W ergibt sich eine nutzbare Leistung des Linearantriebs von 170 W. In Hinblick auf die gewählte Vorschubgeschwindigkeit von 0,5 m/s beträgt die umgerechnete Vorschubkraft 340 N. Mit dem Versuchsförderer wird demnach die geforderte Vorschubkraft erreicht.

Weiterentwicklung des Versuchsförderers

Der vorgestellte Versuchsförderer weist bei einem Leistungsfaktor von $\cos \varphi$ mit 0,97 und einer positionsrückgeführten Regelung einen Wirkungsgrad von 34 % auf. Um diesen Wert und damit die Energieeffizienz zu steigern sowie einen kompakteren Aufbau zu gewährleisten, wurde ein zweiter, modular aufgebauter Hybridschrittmotor entwickelt (Bild 3) [3]. Ähnlich wie beim vorherigen Linearantrieb weisen die Statorhälften einen doppelseitigen Aufbau auf. Zur Magnetisierung dienen die im Kern des Stators verbauten Magnete, die einen permanenten magnetischen Fluss erzeugen. Bedingt durch den gewählten Aufbau, ist für den Sekundärteil in den Läuferelementen magnetisch leitender Werkstoff notwendig. Durch den Wegfall von Magneten im Sekundärteil lassen sich zudem die Herstellungskosten für die Läuferelemente sowie deren Gewicht reduzieren. Der Hybridschrittmotor besteht aus sechs Segmenten mit jeweils vier Statorhälften. Durch den modularen Aufbau kann zum Erreichen einer bestimmten Vorschubkraft die Anzahl der Segmente aufwandsarm verändert werden. Aufgrund des hohen Verbreitungsgrades



Wir bieten Ihnen:

- Getriebe
- Sonderlösungen
- Knowhow und
- hohe Qualität

wie Sie es bereits von uns seit über 50 Jahren gewohnt sind.



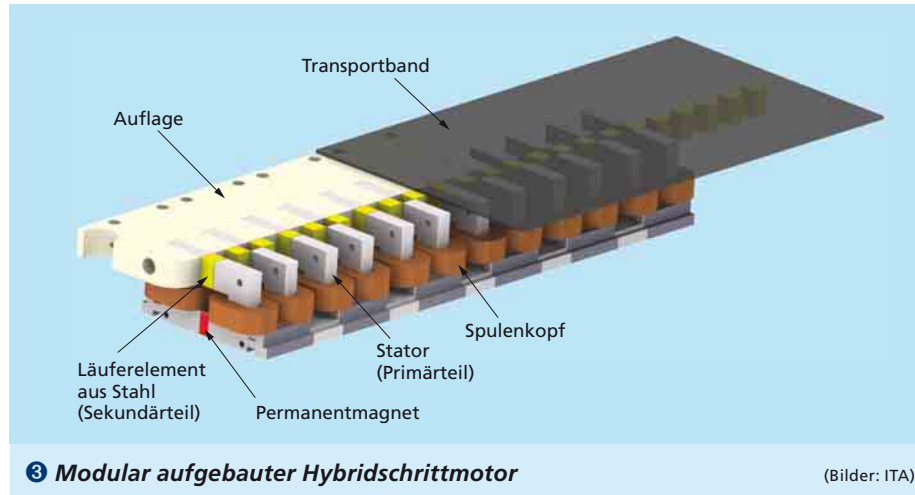
Rögelberg-Achsgetriebe für einen Gabelstapler.

Rögelberg Getriebe GmbH & Co. KG
Am Rögelberg 10
D-49716 Meppen

Telefon: ++49 (0) 59 32 / 5 07-0
Telefax: ++49 (0) 59 32 / 5 07-101
info@roegelberg-getriebe.de
www.roegelberg-getriebe.de

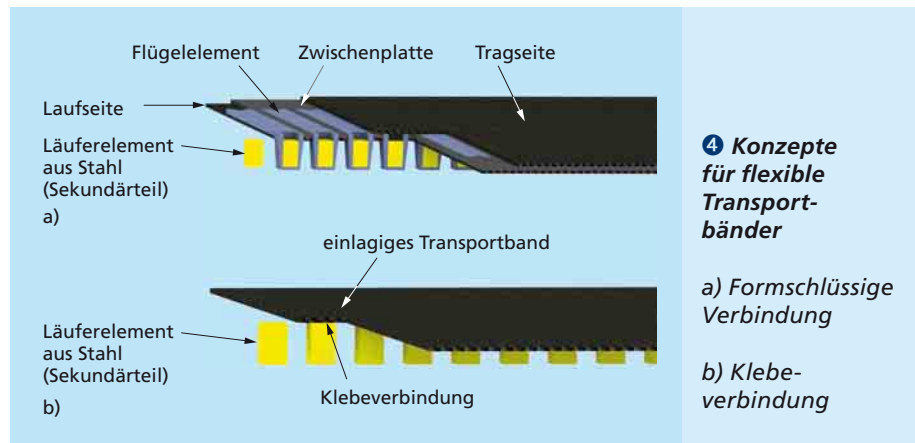
von flexiblen Förderbändern in der Intralogistik steht die Integration von Läuferelementen für diese Art von Bändern im Vordergrund. Im Gegensatz zu den bereits verwendeten Kunststoff-Modulbändern können dabei keine Schraubverbindungen verwendet werden. Darüber hinaus kann die Dehnbarkeit von flexiblen Förderbändern das Teilungsverhältnis der Läuferelemente negativ beeinflussen, wodurch der Wirkungsgrad verschlechtert wird. Gegenwärtig werden zwei unterschiedliche Transportbandkonzepte näher untersucht (Bild 4). Bei der formschlüssigen Verbindung setzt sich das Transportband aus drei unterschiedlichen Lagen zusammen. Während die Tragseite und die Laufseite aus einem Werkstoff bestehen, wird für die Zwischenlage ein besonders dehnungsarmes Material verwendet. Die Läuferelemente werden zunächst in die Flügelemente eingelegt. Nach dem Einsetzen der Flügelemente in die ausgestanzten Stellen der Zwischenlage werden die Tragseite von oben und die Laufseite von unten verklebt. Durch die dehnungsarme Zwischenplatte soll auch bei höheren Belastungen die Transportbanddehnung minimiert werden.

Bei der Klebeverbindung werden die Stahlelemente direkt mit dem ausgewählten Transportband verklebt. In



3 Modular aufgebauter Hybridschrittmotor

(Bilder: ITA)



4 Konzepte für flexible Transportbänder

- a) Formschlüssige Verbindung
- b) Klebeverbindung

Voruntersuchungen wurde dazu ein Zweikomponenten-Klebstoff auf Polyurethanbasis verwendet. Die Stahlelemente wurden in Versuchen in Förderrichtung statisch belastet. Bedingt durch die unterschiedliche Benetzung der Klebeflächen, ergeben sich Ausreißkräfte im Bereich von rd. 800 bis 1000 N. Demnach ist die Klebeverbindung grundsätzlich geeignet, die geforderte Vorschubkraft von 200 N zu übertragen. Untersuchungen zum dynamischen und zeitlichen Verhalten werden in Kürze durchgeführt.

Beim ersten Versuchsförderer zeigte sich die funktionelle Eignung des vorgestellten Antriebskonzepts. In der aktuell untersuchten Weiterentwicklung des Versuchsförderers sollen der Wirkungsgrad sowie die Verwendung von flexiblen Förderbändern validiert werden. Damit ergeben sich neue Anwendungsmöglichkeiten in der Intralogistik. Ein Beispiel dafür ist die hochdynamische Förderung sowie der Transport über lange Strecken, bei denen durch mehrere Linearmotoren auf eine Übergabe an weitere Transportbandsysteme verzichtet werden kann. □

Literatur

- [1] Radosavac, M.; Froböse, T.; Overmeyer, L.; Jastrzembski, J.-P.; Ponick, B.: Linear-direktantrieb für Transportbänder. 7. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e.V. (WGTL). Praxiswissen Service, 2011.
- [2] Fischer, R.: Elektrische Maschinen. Hanser, 2009.
- [3] Jastrzembski, J.-P.; Ponick, B.: Design of a Conveyor Directly Driven by a Hybrid Linear Motor following the FEM and Reluctance Network Approach. LDIA 2011, Eindhoven (NL)

Dipl.-Ing. Mišel Radosavac
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Leibniz-Universität Hannover



Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer
ist Leiter des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik der Leibniz-Universität Hannover

