

Ultraflacher Stetigförderer mit Direktantrieb und textiler Gleitabstützung

Ultra-thin continuous conveyor with direct drive and textile sliding support

Eric Penno
Sebastian Weise
Patrick Kluge
Markus Golder

Professur für Förder- und Materialflusstechnik
Fakultät Maschinenbau, Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
Technische Universität Chemnitz

Zur Realisierung langer Förderstrecken ist eine Reihung mehrerer Einzelförderer notwendig. Durch diese Segmentierung entstehen für den Guttransport kritische Übergabestellen. Mit Direktantrieben auf Basis von Magnetzahnriemen und an den Mattenketten angebrachten, klappbaren Mitnehmern kann die Zahl der Übergabestellen und die Bauhöhe minimiert werden. Somit kann ein Modulbandförderer bei einer Bauhöhe von 100 mm mit 1 m Breite eine Länge von weit über 10 m erreichen. Durch den Einsatz einer textilen Gleitabstützung kann die Reibung zwischen Mattenkette und Gleitebene reduziert werden. Dadurch werden die Prozess- und Arbeitssicherheit erhöht und das System kann energieeffizient gestaltet werden.

[Schlüsselwörter: Direktantrieb, Stetigförderer, Magnetzahnriemen, technische Textilie, Gleitabstützung]

For realizing of long conveyor lines, a sequence of several individual conveyors is necessary. This segmentation creates critical transfer points for goods transport, the conveyor trenches. With direct drives based on magnetic toothed belts and hinged carriers attached to the mat chain, the number of conveyor trenches and the height of the conveyor can be minimized. Because of this, a modular belt conveyor with a height of 100mm with a width of 1m can reach a length of well over 10m. By using textile sliding support, the friction between the mat chain and the sliding plane can be reduced. This increases process reliability and occupational safety and makes the system energy-efficient.

[Keywords: direct drive, continuous conveyor, magnetic toothed belt, technical textile, sliding support]

1 MOTIVATION

Auf dem Markt etablierte Antriebe für Bandförderer und Modulförderer sind meistens Kopfantriebe oder Mittenantriebe. Das Funktionsprinzip eines

Modulband- bzw. Mattenkettenträger entspricht dem anderer Kettentriebe. Das endlosverbundene Zug- und Tragmittel wird in den meisten Fällen am Kopf des Förderers formschlüssig durch Kettenräder angetrieben. Die Abstützung der Mattenketten erfolgt gegenwärtig meist gleitend mittels Leisten oder Platten aus Kunststoff, Edelstahl oder Schichtholz. Die bestehenden Fördersysteme sind in Bauhöhe und Länge in Abhängigkeit vom Gewicht des Fördergutes, durch die Motorgröße und die maximalen Kettenzugkräfte eingeschränkt. [Ham2019][Sum2019]

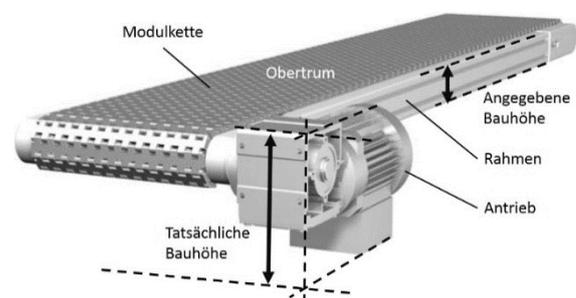


Abbildung 1. Bauhöhen am Einzelförderer mit Modulkette [May2019]

Für die existierenden technischen Parameter der auf dem Markt etablierter Band- und Modulbandförderer werden die Bauhöhen auf den Abstand zwischen Ober- und Untertrum bezogen (vgl. Abbildung 1) [May2019]. Für den Einsatz im eingeschränkten Bauraum oder auf Bodenniveau ist die tatsächliche Bauhöhe inklusive Antrieb entscheidend. Bei herkömmlichen langen Fördersystemen werden einzelne Förderer in Reihe geschaltet. Dies ist notwendig, weil die maximalen Kettenzugkräfte am Kopfantrieb die Länge limitieren. [Nen2012] Die einzelnen Förderer sind mit jeweils eigenen Antrieben ausgestattet. Das bedingt eine Vielzahl von kritischen feststehenden Übergabestellen zur Überbrückung der entstehenden Lücken (vgl. Abbildung 2).

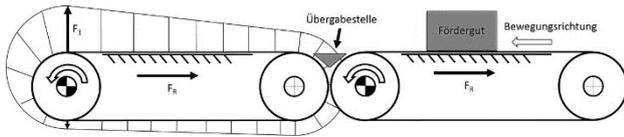


Abbildung 2. Zugkraftverlauf in kopfseitig angetriebenen Fördersystemen mit umlaufenden Zug- bzw. Tragmitteln [Sum16]

Ziel ist ein leistungsstarkes Modulbandsystem, welches deutlich längere Förderstrecken ohne risikobehaftete Übergabestellen in sehr niedriger Bauhöhe ermöglicht. Durch die Minimierung der Übergabestellen erhöhen sich die Arbeits- und Prozesssicherheit, sowie die Produktionsergonomie. Dabei werden mehrere Antriebsmodule eingesetzt, deren Funktionsweise durch die grundlegende Technologie des Direktantriebs über Magnetzahnriemen gegeben sind. [Foc2009]

2 ANALYSE BESTEHENDER SYSTEME

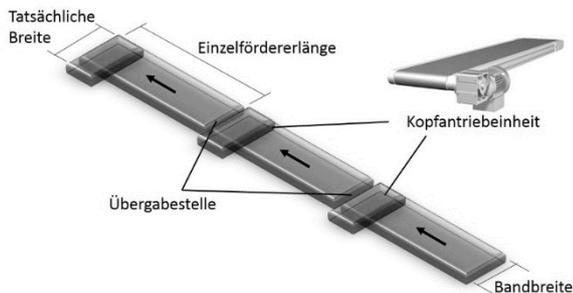


Abbildung 3. Stand der Technik

Die Abbildung 3 stellt den Stand der Technik schematisch mit drei in Reihe geschalteten einzelnen Förderern mit Kopfantrieb und zwei resultierende kritischen Übergabestellen dar. Der Motor gibt durch die Baugröße die tatsächliche Bauhöhe und Breite an, welche für den Einbau, gerade bei bodennahen und platzsparenden Varianten entscheiden sind. Im Falle des Ausfalls eines Antriebs steht ein Teilstück der Förderstrecke still und der Materialfluss ist unterbrochen.

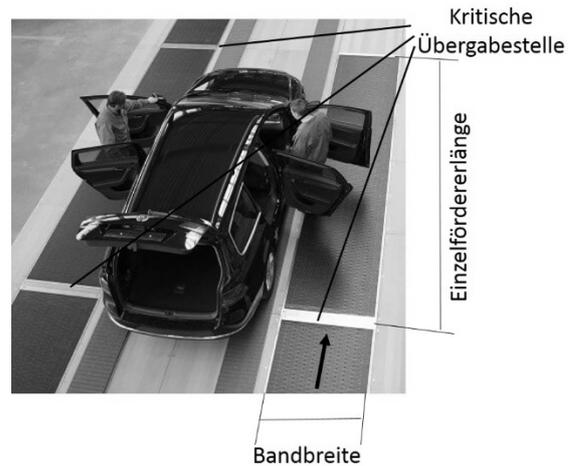


Abbildung 4. Modulbänder in Reihenschaltung [Hoh2016]

Die Abbildung 4 stellt den realen Einsatz bestehender Systeme dar. Zu sehen sind mehrere in Reihe geschaltete Werkermitfahrbänder mit innen liegendem Kopfantrieb. Die Dimensionen der Einzelmodule sind in der Länge und Breite durch auftretende Kettenzugkräfte limitiert, was die kritischen Übergabestellen bedingt. Diese feststehenden Stellen zu dem sich relativ bewegenden Band bergen Risiken für die Arbeits- und Produktionssicherheit.

Ein bestehendes Konzept der TU Chemnitz ist der Direktantrieb über Magnetzahnriemen [Foc2009]. Dabei werden zwei identische Magnetzahnriemen synchron angetrieben. Die Antriebsleistung wird durch zwei platzintensive, synchron laufende Getriebemotoren oder durch die Verbindung der beiden Zahnriemenräder durch Zahnrad- und Kegelradgetriebe mit einem großen Motor realisiert. Die Kettenbewegung wird durch das Klemmen der Mitnehmer zwischen den Magnetzahnriemen und deren Rotationsbewegung ermöglicht. Realumsetzungen beweisen die Funktionsfähigkeit, zeigen jedoch auch, dass die Umsetzung mit den herkömmlichen Antriebskonzepten der Magnetzahnriemen für eine flache, leistungsstarke Bauweise mit dem klassischen Aufbau eines direkt angesetzten Antriebes nicht möglich ist. [Nen2012] Das Prinzip aus Abbildung 3 basiert auf zwei synchron angetriebenen, sich anziehenden Magnetzahnriemen, welche an einem Band befestigte Flossen kraft- und formschlüssig in Bewegung versetzen.

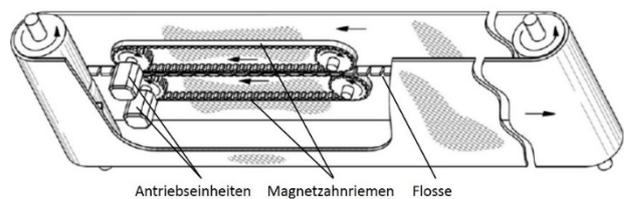


Abbildung 5. Direktantrieb durch Magnetzahnriemen am Bandförderer [Nen2012]

3 PROBLEMSTELLUNG

Durch die vielen fixen Übergabestellen zwischen den einzelnen Förderern ist eine stetige Weitergabe des Fördergutes von einem Förderelement zum anderen nicht immer gewährleistet. Bei der Personenbeförderung, wie auf einem Montageförderband der Automobilindustrie oder im Transferbetrieb in Flughäfen bergen diese Übergabestellen ein Verletzungsrisiko für Personen. Somit sollte eine Förderstrecke durch ein nicht unterbrochenes Zug- und Tragmittel gestaltet sein, was jedoch eine Erhöhung der Zugkräfte auf das Tragmittel und eine größere notwendige Leistungseinspeisung zur Folge hat. Die Problemstellung der bestehenden Antriebsarten ist die Einspeisung der kompakten Leistungsdichte über einen einzigen Antrieb pro Förderband. Wird viel Leistung benötigt, bedeutet dies einen großen Motor, welcher in der Länge oder im Durchmesser die tatsächliche Bauhöhe maßgeblich beeinflusst. Des Weiteren wird die Antriebswelle bei Kopfantrieben durch höhere Zugkräfte mechanisch beansprucht. Das hat im Betriebsfall einen übermäßigen Verschleiß der Antriebsräder, ein Überspringen der Kette oder einen Anlagenausfall zur Folge. Dem entgegen gewirkt werden kann unter anderem mit einer Steifigkeitserhöhung der Welle, was eine Dimensionsvergrößerung oder eine Massezunahme bedingt.

Eine weitere Schwierigkeit ist, dass der gegenwärtig verfügbare Direktantrieb mit Magnetzahnriemen zu einer Zwangspositionierung der Riemen führt, wodurch sich die darin integrierten Magneten nicht optimal zueinander ausrichten können und somit nicht das höchst mögliche Antriebsmoment übertragen. Durch den herkömmlichen antriebsseitigen Aufbau mit Getriebe wird ein großer Abstand zwischen Ober- und Untertrum für die Kraftübertragung benötigt.

4 NEUARTIGES MODULBANDFÖRDERSYSTEMS

Der Direktantrieb über Magnetzahnriemen wird im neuartigen Stetigförderer dabei erstmals einseitig angetrieben. Dadurch wird die Zwangspositionierung der Magneten wie bei dem zweiseitig angetriebenen Magnetzahnriemenpaar vermieden, die Komplexität wird verringert und eine flache Bauweise erreicht. Mehrere individuell eingesetzte Antriebsmodule als Direktantriebe wie in Abbildung 7 zwischen Ober- und Untertrum bilden den Multipointantrieb, einen Antrieb mit mehreren Angriffspunkten innerhalb eines Systems. Ebenso ist das Antriebsmodul durch die individuelle Positionierung direkt an der Wirkstelle energieeffizient. Das bedeutet, dass die Leistung in einem bestimmten Bereich verdichtet ins System eingebracht werden kann (vgl. Abbildung 8)

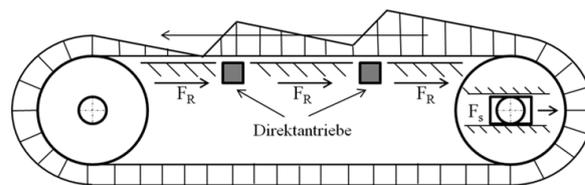


Abbildung 6. Darstellung des Kraftverlaufs in direktangetriebenen Fördersystemen mit umlaufenden Zug- bzw. Tragmitteln [Nen2012]

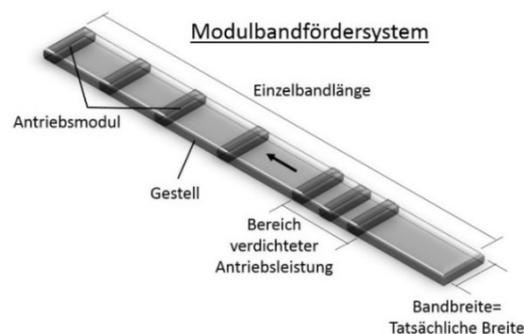


Abbildung 7. Schematischer Aufbau eines Modulbandfördersystems

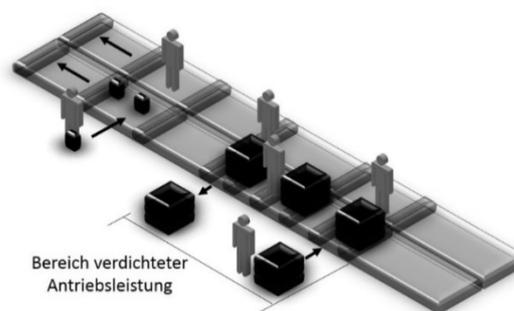


Abbildung 8. Parallel geschaltete Modulbandfördersysteme mit verdichtetem Leistungsbereich

5 ENTWICKLUNG DER KLAPPBAREN FLOSSEN



Abbildung 9. Ursprüngliche Mitnehmer in Flossenform

Abbildung 9 zeigt die ursprüngliche Mitnehmer in Flossenform aus dem Konzept der TU Chemnitz des Direktantriebs über Magnetzahnriemen. [Nen2012] Dieses konnte nicht zu einer ultraflachen Bauweise herangezogen werden, weil die senkrecht zur Mattenkette stehenden Flossen den Querschnitt der notwendigen Quertraversen stark einschränken. Ebenfalls begrenzen diese den kopfseitigen Umlenkradius. Durch das Konzept des Direktantriebes haben die Umlenkungen keine Antriebsfunktion

mehr, leiten kein Moment mehr in das System und übernehmen somit nur noch die Funktion von Achsen. Die ursprünglichen Antriebsräder haben nur noch die Funktion einer Führung als einer Krafteinleitung. Durch diese Aufgabenreduktion können diese deutlich kleiner dimensioniert werden. Abbildung 10 soll die Einschränkung durch die Mitnehmerform als Flosse in der Umlenkung verdeutlichen. Dem Umlenkradius ist durch die Form ein Minimum gesetzt.

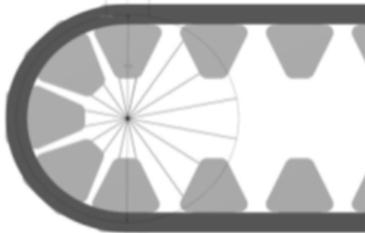


Abbildung 10. Einschränkung in der Umlenkung

Eine sukzessive Weiterentwicklung der starr an der Mattenkette fixierten Flosse brachte das Ergebnis eines klappbaren Mitnehmers. So konnte der Innendurchmesser der Umlenkung von 100 mm auf 67 mm reduziert werden. Ebenfalls kann somit ein stabiler Querträger für das Gestell eines Modulbandsystems mit ausreichend Steifigkeit entwickelt werden.



Abbildung 11. Entwicklung zum klappbaren Mitnehmer

Der endgültige Mitnehmer aus Abbildung 12 besteht aus zwei umgeformten Stahlteilen, welche durch einen beidseitig gestauchten Stift verbunden werden.

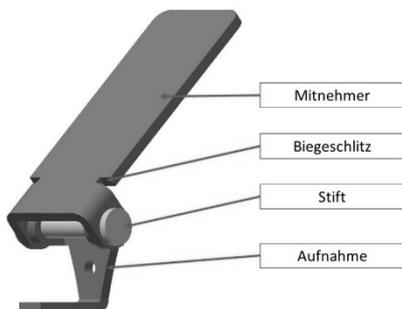


Abbildung 12. Klappbarer Mitnehmer

Untersuchungsgegenstand ist derzeit eine einfache und belastbare Verbindung des Mitnehmers zum Mattenkettenglied. Eine Möglichkeit kann eine direkte Verbindung beim Herstellprozess des Kunststoffteils sein, jedoch soll

auch eine Anbindung bei bestehenden Standardkettengliedern sein, wie zum Beispiel in Abbildung 13 durch einen Niet, eine Schraube oder durch Einkleben und Einpressen

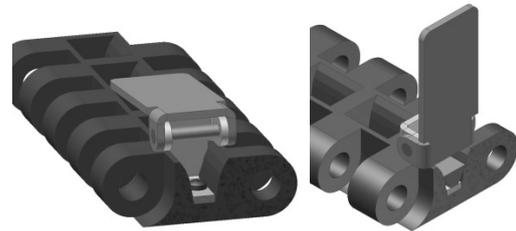


Abbildung 13. Klappbarer Mitnehmer in Mattenkettenglied

6 KENNWERTERMITTLUNG UND BERECHNUNGSMODELL DER MAGNETZAHNRIEMENPAARUNG UND MITNEHMER

Das Grundprinzip liegt in der magnetischen Anziehungskraft F_M zwischen den Magneten von zwei gegenüberliegenden Riemen, sowie der magnetisch wirkenden Anziehungskraft auf die Mitnehmer und dem Haftreibwert zwischen Mitnehmer und Magnetzahnriemen (vgl. Abbildung 14). Die übertragbare Förderkraft F entspricht der entgegenwirkenden Reibkraft F_R resultierend aus dem Haftreibwert und der Klemmkraft.

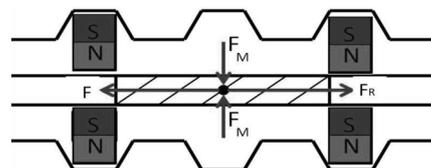


Abbildung 14. Wirkprinzip der Kräfte und des Kraftschlusses

Die Magneten sind, wie in Abbildung 15, in den PU-Riemen eingelassen. Es sind ausschließlich 10 mm x 5 mm x 2 mm Neodyme mit der Magnetisierung N50 verbaut.

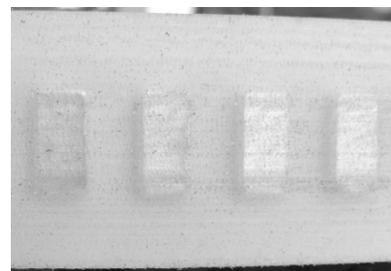


Abbildung 15. Zahnriemen mit Permanentmagneten

Diese sind von einer 0,6 mm dicken PU-Schicht und einer 0,4 mm dicken Silikonschicht überdeckt. Das Silikon ist für eine bessere Haftung zu den Mitnehmern aus ferritischem Stahl notwendig. Es hat gegen den Reibpartner Stahl einen ermittelten Reibwert von 0,8. Für die auftretende Magnetkraft wurde ein Berechnungsmodell

erstellt. Weil die Felddichte mit zunehmenden Abstand zum Magneten abnimmt sinkt auch die auf den Mitnehmer wirkende Haftkraft. Durch die notwendige Überdeckung mit PU und die Silikonschicht wird ein Abstand von 1 mm zwischen Magneten und Mitnehmer erzwungen. So ergibt sich rechnerisch aus dem Modell eine Haftkraft pro Mitnehmer von 0,529 kg, was 5,189 N Abzugskraft entspricht (vgl. Abbildung 16). Zusätzlich wurde die Anziehungskraft von zwei Magneten ermittelt. Ist ein Mitnehmer zwischen beiden Magneten, so ergibt sich ein Abstand von 3,5 mm bei einer magnetischen Anziehungskraft von 2,5 N. Jedoch wird der Mitnehmer durch die Magnetwirkung gesättigt, sodass nur noch Bruchteile dieser Anziehung wirken. Ist kein Mitnehmer im Eingriff, so ergibt sich ein Abstand von 2 mm mit einer Anziehungskraft von 4,522 N. Experimentell ermittelte Abzugskräfte der Mitnehmer pro Magnet lagen im Durchschnitt bei 6 N. Der Mitnehmer hatte eine Breite von 15 mm und eine Dicke von 1,5 mm. Der Grund für den Unterschied zum Modellwert mit 5,189 N liegt in der Modellannahme. Die Rechnung bezieht sich auf eine magnetisierte Fläche von 10 mm x 5 mm. Im realen Fall wirken die Feldlinien des Magneten durch den Abstand auf eine größere Fläche des Mitnehmers, welche 15 mm x 35 mm in der Wirkfläche beträgt.

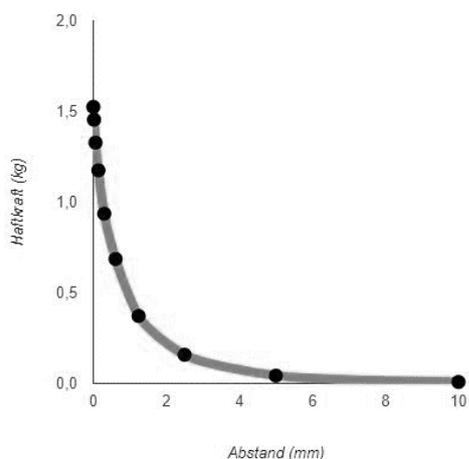


Abbildung 16. Magnetkraft bezogen auf den Abstand des Mitnehmers mit der Dicke 1,5mm

Aus der rechnerischen und experimentellen Entwicklung der Haftkraft eines Magneten auf einen Mitnehmer wurden Rückschlüsse auf beidseitig einwirkende Magnetpaare auf einen Mitnehmer gezogen. So ergibt sich eine übertragbare Kraft pro Mitnehmer von 8,3 N. Für eine experimentelle Überprüfung wurde der Aufbau aus Abbildung 17 realisiert. Zum einen wurden verschiedene Materialdicken der Mitnehmer von 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm und 2,5 mm untersucht. Zum anderen wurde der Abstand zwischen den Mitnehmern zwischen 10,4 mm, 35,8 mm und 61,2 mm variiert, was der Fixierung der Mitnehmer im Abstand der Modulkettenglieder entspricht. Ebenfalls wurde die Auswirkung von synchron angetrie-

benen Zahnriemenpaaren zu einem einseitig angetriebenen Zahnriemen, sowie die Belegung, also der Abstand der Mitnehmer zueinander untersucht.

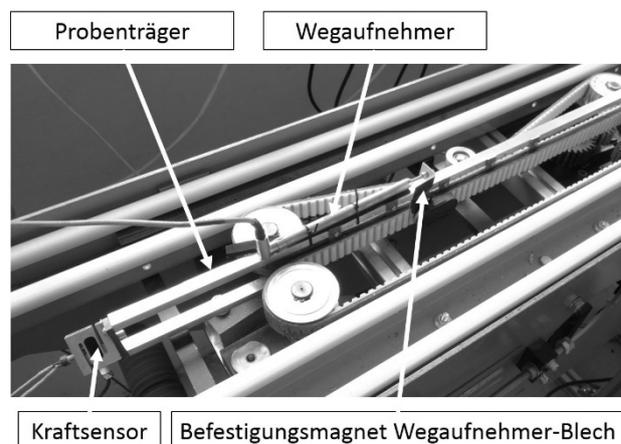


Abbildung 17. Experimenteller Aufbau zur Mitnehmerkraftübertragung

Die Versuche wurden als Einzelversuche durchgeführt. Es wurden die entsprechende Anzahl Mitnehmer in die Probenträger eingeschraubt. Diese wurden zwischen die Magnetzahnriemen eingeschoben und der am Probenträger befestigte Wegaufnehmer am Zahnriemen fixiert. Anschließend wurde das Drehmoment an den Riemen erhöht. Über den Kraftsensor wurde die Zugkraft aufgezeichnet. Wenn die Mitnehmer die Haftreibung überwunden haben konnte ein entsprechender Kraftabfall und der Schlupf über den Wegaufnehmer aufgezeichnet werden und die maximal übertragbare Kraft wurde bestimmt.

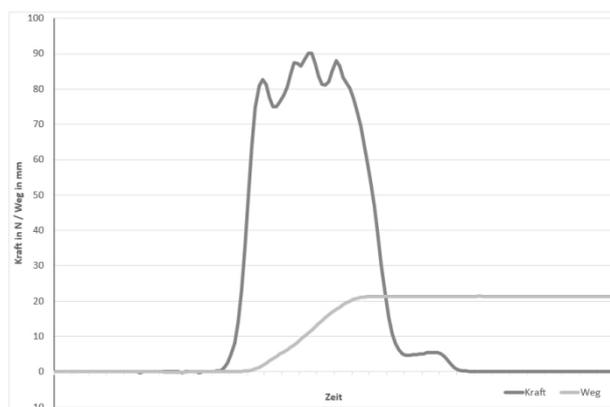


Abbildung 18. Kraft-/ Wegmessung bis zum Schlupf

Die Abbildung 19 zeigt die Trendlinie der Werte aus dem längenmäßig eingeschränkten Versuchsaufbau, auf welchem bei einfachem Abstand nur elf Mitnehmer passen. In dem Antriebsmodul ist auf einer Länge von 590 mm je Magnetpaar ein maximaler Eingriff von 23 Mitnehmern möglich. So ergibt sich eine übertragbare Zugkraft von rund 800 N. Bei einem aus den ermittelten tribologischen Reibwerten von 0,2 für die Gleitleisten-Mattenkettenkombination bedeutet dies eine maximal zu

bewegende Last pro Magnetzahnriemenpaar von 4000 N, also rund 407 kg.

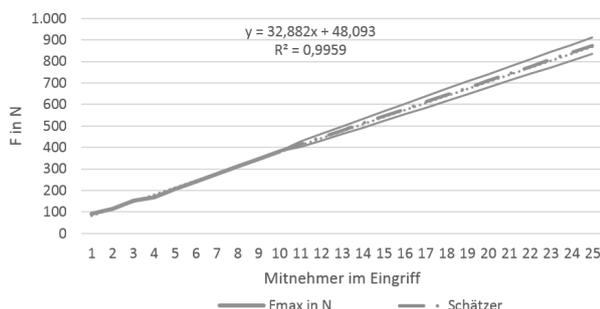


Abbildung 19. Trendlinie für 1,5 mm Mitnehmer

Weiter wurde der signifikante Unterschied bezüglich der maximalen Kraftübertragung pro Mitnehmer zwischen synchron und einseitig angetriebenen Magnetzahnriemen untersucht. Dies wurde ebenfalls mit dem vorgestellten Versuchsaufbau durchgeführt. Die Synchronisation wurde durch die Kopplung der beiden Zahnriemenscheiben mittels eines Zahnradgetriebes realisiert. Durch den Ausbau eines einzelnen Zahnrades wurde der beidseitige synchrone Antrieb unterbrochen. Aus Abbildung 20 ist zu erkennen dass keine wesentliche Kraftsteigerung oder Kraftabfall zu verzeichnen ist. Dies hat den Vorteil, dass auf einen synchronen Antrieb verzichtet werden kann und somit eine Komplexitätsverringern im Aufbau gegenüber vorherigen Konzepten erzielt wird.

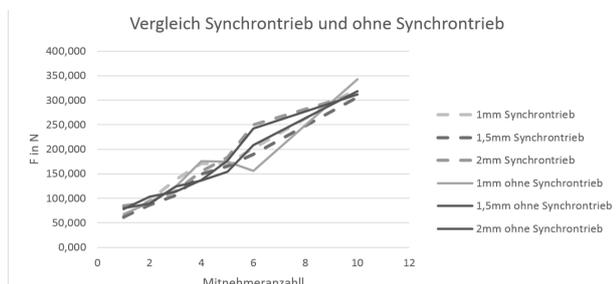


Abbildung 20. Vergleich Synchrontrieb und ohne Synchrontrieb

7 TEXTILE GLEITABSTÜTZUNG

Zur Realisierung eines energieeffizienten und prozesssicheren Antriebssystems auf Grundlage des Direktantriebes im Sinne eines Gesamtkonzeptes wurde angestrebt die Gleitreibwerte im Bereich der Zug- und Tragmittel durch Einsatz von technischen Geweben zu verringern. Gleitabstützungen sind Bereiche in denen Systemenergie durch Reibung verloren geht. Der Einsatz von textilen Gleitunterlagen kann neben dem Aspekt der Reibwertreduktion auch noch aus anderen Gründen eingesetzt werden. Somit treten im Stand der Technik häufig die Probleme auf, dass es zu Emissionen von Verschleißpartikeln, zum Stick-Slip-Effekt, zu elektrostatischen Entladungen oder zu thermischen Schädigungen kommt.

Auch im Bereich der Ergonomie kann eine textile Gleitabstützung Lärmemissionen und Ganzkörpervibrationen verringern oder in bestehenden Systemen das Dämpfungsvermögen verbessern.

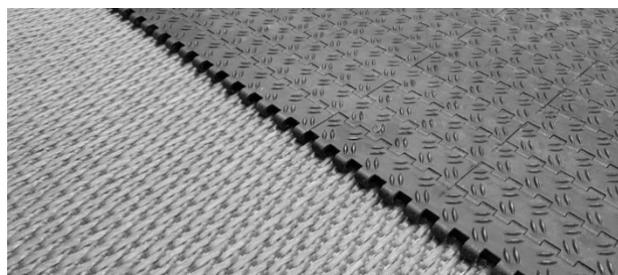


Abbildung 21. Technisches Textil im Einsatz

7.1 MATERIAL

Der Einsatz von Zwirnmateriale zeigt gegenüber Monofilen deutliche Vorteile. Diese haben eine deutlich höhere Reißfestigkeit als unverzwirnte Garne und bieten durch den quasi-redundanten Aufbau eine größere Sicherheit gegen Verschleiß. Bei der Verwendung des zu fertigenden Gewebes verbessert der Zwirn dessen Trapiertbarkeit auf verschiedenen Oberflächen, da er nicht so starr ist wie ein vergleichbar dickes Monofil. Die Vorzugsvariante für das Ober- bzw. Gleitmaterial ist ein Zwirn aus Polypropylen-Garn, welches aufgrund seiner Struktur ein hohes Verschleißvolumen bei gleichzeitig gutem Flüssigkeitsspeichervermögen bietet. In durchgeführten Tests haben sich außerdem die Verarbeitbarkeit hinsichtlich einer ebenen Auflage sowie die guten Gleit- und Dämpfungseigenschaften hervorgetan. Für eine weitere Verbesserung der Gleiteigenschaften, allerdings bei Abnahme des Flüssigkeitsspeichervermögens, kann ebenfalls ein Polyethersulfon-Material zum Einsatz kommen.

Die Konfektion des Gleitgewebes kann manuell mit einem Heizbeil durchgeführt werden. Der Zuschnitt erfolgt damit sehr individuell, ist auch vor Ort z. B. als Reparaturmöglichkeit durchführbar. Es lassen sich auch sehr große Gewebestücke beherrschen, was ein weiterer positiver Fakt für den Einsatz in dem langen Mattenkettenträger mit Direktantrieb ist. Außerdem erfolgt die Kantenversiegelung ohne extra Arbeitsschritt direkt beim Schneiden. Die geringe Arbeitsgeschwindigkeit des Heizbeilzuschneids tritt deshalb in den Hintergrund und kann ggf. zukünftig mittels eines handgeführten Halbautomaten erhöht werden.

Das Material wurde auf der Rückseite mit Klebstoff, konkreter mit einer lösemittelfreien Kunstharzdispersion beschichtet. Dadurch entsteht ein fester Verbund, der dennoch biegeflexibel und rollbar ist. (vgl. Abbildung 22)

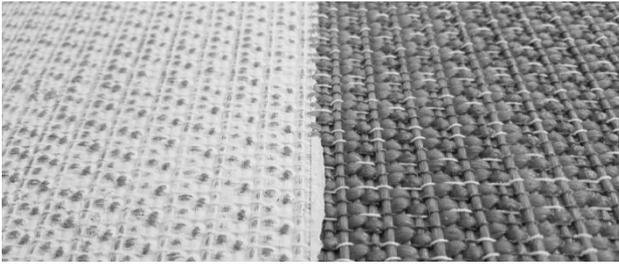


Abbildung 22. Rückseite des Gewebes, links mit Kunstharzbeschichtung, rechts: unbeschichtet

Trotz der recht starren Rückenbeschichtung ist die textile Gleitfläche nicht selbsttragend bzw. biegesteif. Die Abstützung kann entweder durch eine Gitterstruktur mit einem Stegabstand < 10 cm oder vollflächig erfolgen.

7.2 SCHLAUFENHÖHE UND -DICHTHE

Als optimale Höhe des Materials hat sich das Flachmaterial herausgestellt. In Versuchen mit verschiedenen Schlaufenhöhen von 0 mm bis 7 mm hat sich gezeigt, dass speziell mit Hinblick auf die Eigenschaften beim Laufen von Personen auf dem Band eine größere Schlaufenhöhe zu einem unruhigen und unangenehmen Verhalten führt. Auch konnte mit größeren Schlaufenhöhen keine signifikante Verbesserung der Gleiteigenschaften erzielt werden. In Summe dieser Erkenntnisse, und ergänzt um den geringeren Materialverbrauch im Gewebe, eine höhere Produktionsgeschwindigkeit sowie ein niedrigeres Verletzungsrisiko bei Garnversagen, wird eine flache textile Gleitabstützung eingesetzt.

Durch die Schlaufendichte wird die Anzahl der Kontaktpunkte zum Reibpartner und damit auch die tatsächliche Flächenpressung zwischen beiden definiert. Zu wenige Schlaufen führen zu einer hohen Flächenpressung und damit zu hohem Verschleiß. Zu viele Schlaufen lassen sich schlechter verarbeiten und erhöhen den Materialverbrauch. Für die Vorzugsvariante beträgt die Schlaufendichte 104 Schlaufen/dm².

7.3 BINDUNGSART/WEBMUSTER

Die Musterung der Matte, also die Position der einzelnen Garne an der Oberfläche, kann variiert werden. Dabei ist sowohl die Anordnung und Anzahl der Polfäden, als auch die Länge dieser ist einstellbar. Die Musterung hat unter anderem Einfluss auf den Geradeauslauf und den Verschleiß von Matte und Kette. Damit ist die bevorzugte Musterung auch von der Struktur an der Unterseite der Kette abhängig. Da bei der eingesetzten Mattenkette häufig diagonale Verstrebungen zu finden sind empfiehlt es sich, ein homogenes Webmuster zu nutzen, bei dem weniger Angriffsstellen auf der Oberfläche vorhanden sind, an denen die Kette abgelenkt werden kann. Für die Maximierung der Verschleißsicherheit ist es außerdem positiv, wenn in Laufrichtung des Bandes viele Garne parallel in ähnlicher Form angeordnet sind. Damit

wird die Last bei Beanspruchung optimal verteilt. Die Vorzugsvariante, siehe Abbildung 23, ist eine doppelte Leinwandbindung, die Panama-Bindung.

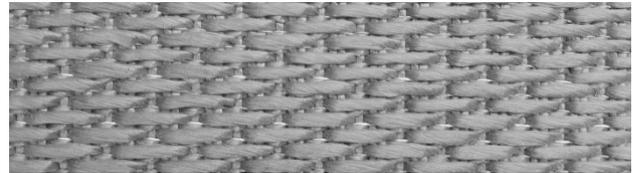


Abbildung 23. Panama-Bindung

Das Vorzugsgewebe trägt die Bezeichnung TU2 und hat als Polmaterial PP-NE591, die Feinheit des Garnes beträgt 20.000 dtex, die Fadenanzahl quer pro Meter ist 230 und die Schussdichte weist 350 Fäden pro Meter auf.

7.4 TECHNISCHE PARAMETER

Durch das technische Textil konnte der Gleitreibwert der Mattenkette in Bezug auf ein als Gleitfläche eingesetztes Edelstahlblech von $\mu_{\text{gleitEdelstahl}}$ von 0,32 auf $\mu_{\text{gleitTU2}} = 0,21$ ($\mu_{\text{haft}} = 0,41$) verringert werden. Die Reibwertkontakttemperatur T_K konnte von 42°C auf 27°C im Vergleich zu Edelstahl verringert werden. Es wurde eine schwingungsdämpfende und stoßabsorbierende Zugmittelabstützung erreicht. Aus anwendungstechnischer Sicht konnte eine Reduktion der Antriebsenergie um ca.10% bezogen auf eine Gleitabstützung aus Edelstahl erzielt werden. Die Lärmemission bei einer Geschwindigkeit von 8 m/min lag bei 53 db(A).

7.5 DAUERBELASTUNG

Auf einem Prüfstand, siehe Abbildung 24, wurde die Dauerbelastung durch Dummies mit 80 kg Gewicht auf einem laufenden Werkermitfahrband getestet. Dabei wurden unter anderem die Antriebsleistung, die Lärmemission und der Verschleiß im Vergleich zwischen der textilen Gleitabstützung und der Edelstahlabstützung ermittelt.



Abbildung 24. Mattenkette mit textiler Gleitabstützung, belastet durch 80kg "Werker-Dummies" auf Rolllagern

Entstehende Verschleißpartikel sammeln sich in den Gewebevertiefungen, werden dort festgehalten und somit nicht weiter vom Förderer emittiert

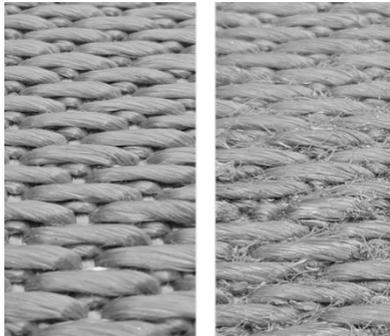


Abbildung 25. Textile Gleitfläche vor (links) und nach (rechts) einem Dauerbelastungstest

8 PROTOTYP

Während der Projekte ist ein funktionsfähiger Prototyp mit zwei montierten Direktantrieben entstanden. Grundlegend besteht der Antrieb, siehe Abbildung 26, aus einer über einen Motor und eine Getriebe angetriebenen Zahnriemenscheibe. Über diese wird der Zahnriemen mit den integrierten Magneten angetrieben. Ein zweiter Zahnriemen, ebenfalls mit Magneten versehen wird durch die magnetische Anziehung mit bewegt.

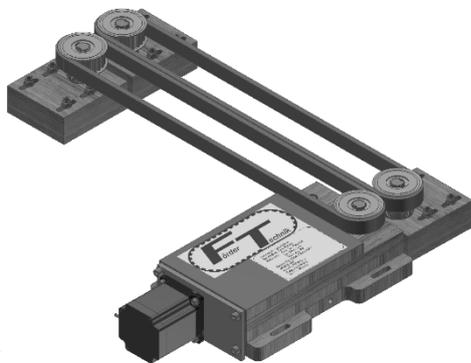


Abbildung 26. Schema Direktantrieb

Dieser Direktantrieb ist in dem Gestell zwischen Ober- und Untertrum verbaut und fördert im Betrieb durch den Eingriff an den frei hängenden klappbaren Mitnehmer die Mattenkette. Durch den Einsatz der textilen Gleitabstützung kann die Antriebsenergie gesenkt und somit auch die Baugröße des Antriebes in einer kleinen Bauform mit einer Höhe von 70 mm realisiert werden (vgl. Abbildung 27).

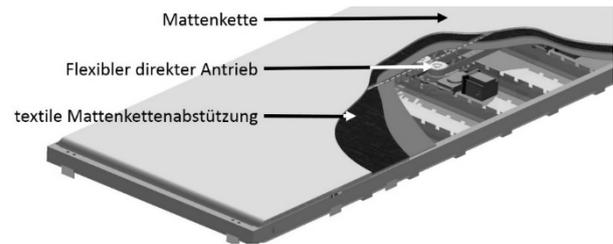


Abbildung 27. Stetigförderer mit Direktantrieb und textile Gleitabstützung

In die klappbaren Mitnehmer wird kraft- und formschlüssig die notwendige Antriebsenergie durch die Anziehung der Magnetzahnriemen und die Bewegung der Zahnriemen eingeleitet.



Abbildung 28. Mitnehmer im Eingriff

Durch die Möglichkeit des Abklappens der Mitnehmer, siehe Abbildung 29, wird gerade im Bereich des Untertrums notwendiger Bauraum für die Realisierung eines ultraflachen, langen Stetigförderers ohne Übergabestellen durch steife Querträger möglich.



Abbildung 29. Montierte abgeklappte Mitnehmer

9 FÖRDERHINWEIS

Das Forschungsprojekt UfDi – „Ultraflacher Direktantrieb“ mit der Förderkennziffer ZF4018635LOP7 und die „Flächige, textile Abstützung von bandförmigen Zug- und Tragmitteln für Stetigförderer“ mit der Förderkennziffer ZF 4018624 PK6 wurden gefördert durch das Zentrale Innovationsprogramm des Bundesministeriums (ZIM) für Wirtschaft und Technologie.

LITERATUR

- [Foe2009] Subbert, S.; Nendel, K.; Meynerts, P.: Patent DE 10 2009 052 985 A1 Bezeichnung Fördereinrichtung, 2009
- [Ham2019] Hambacher, S.: 2009, Der Trommelmotor- Das Multitalent moderner Stückgut-Fördertechnik, Springer Vieweg, 2019, ISBN 978-3-662-59007-2
- [Hoh2016] Hohmeier Anlagenbau GmbH: Produktbroschuere Flat Conveyor 2016
- [May2019] Produktkatalog MayTec, Produktuebersicht_1_2019.pdf, abgeänderte Darstellung, 2019
- [Nen2012] Nendel, K.; Drechsler, F.: Magnetische Zahnriemen für Direktantriebe in der Fördertechnik in 16. Tagung „Zahnriemengetriebe“ am ifte, S.57-67, 2012
- [Sum2016] Sumpf, J.: Vorlesung Grundlagen der Fördertechnik, Bandförderer, TU Chemnitz, 2016, Folie24ff, abgeänderte Darstellung

Eric Penno, M.Sc., wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Förder- und Materialflusstechnik an der Technischen Universität.

Dipl.-Ing. Patrick Kluge, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Förder- und Materialflusstechnik an der Technischen Universität.

Dr.-Ing. Sebastian Weise, Forschungsgruppenleiter Baugruppen und Fördersysteme

Prof. Dr.-Ing. Markus Golder, Leiter der Professur Förder- und Materialflusstechnik

Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
Professur Förder- und Materialflusstechnik
Reichenhainer Straße 70, 09126 Chemnitz
Telefon +49(0)37153123110
www.tu-chemnitz.de/mb/FoerdTech/sgfht/