

VI/6 Neues Trageiselfördersystem für den Stückguttransport

Referent: Dipl.-Ing. Frank Mitzschke,
Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel
Technische Universität Chemnitz, Professur Fördertechnik
Dipl.-Ing. Reinhard Helbig,
Dipl.-Ing. Rolf Arnold
Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V.
an der Technischen Universität Chemnitz

1 Kurzfassung

Forscher des Sächsischen Textilforschungsinstitutes und der Professur Fördertechnik haben gemeinsam mit der Industrie ein neues Zugmittel für den Stückguttransport entwickelt. Dieses Zugmittel basiert auf einem gewirkten Seil, in welches in definierten Abständen Stahlbolzen eingearbeitet sind. Zur Aufnahme des Fördergutes und zum Gleiten in einem Führungssystem werden auf die Bolzen Tragplatten aus Kunststoff geschnappt. Der Antrieb des Zugmittels erfolgt formschlüssig an den in einer definierten Teilung integrierten Bolzen. Das neue Zugmittel zeichnet sich durch eine erhöhte Kurvengängigkeit und Festigkeit aus.

2 Zugmittel in der Fördertechnik

Seile werden in der Fördertechnik auf vielfältige Art und Weise eingesetzt. Sie finden beispielsweise Verwendung im Kranbetrieb als Anschlag- und Lastaufnahmemittel, als Zug- und Trageisil bei Seilbahnen oder als Trageisil bei Personenaufzügen. Hierbei kommen sowohl Stahl- als auch Kunststoffseile zum Einsatz. Bei allen Anwendungen werden diese Seile kraftschlüssig über Seilwinden angetrieben und eventuelle Funktionselemente ebenfalls kraftschlüssig am Seil befestigt. Dieser Antrieb über mehrfach gewickelte Seiltrommeln funktioniert nicht, wenn am Seil Funktionselemente, gleich welcher Art, befestigt sind. Technische Lösungen, bei der die kraftschlüssige Verbindung zwischen Seil und Funktionselement vor der Antriebsstelle gelöst und nach dieser wieder eingerichtet wird, sind sehr aufwendig und lassen sich nur für große Systeme, wie z.B. Seilbahnen, realisieren. Die hohe Automatisierung im Fahrzeug- und Maschinenbau, wachsende Produktvielfalt bei gleichzeitig hoher Designflexibilität in der Körperpflege sowie Kosmetikindustrie, die hohe Produktivität in der Nahrungsmittel und Verpackungsindustrie und immer kürzere Produktzyklen in der Elektronikindustrie erfordern jedoch flexible und in verschiedenen Ausführungen lieferbare Materialflusssysteme für den innerbetrieblichen Transport von Stückgütern kleiner bis mittlerer Massen. Für die Zuführung und den Abtransport von Bauteilen, Baugruppen aber auch kompletten Erzeugnissen, die Verkettung der einzelnen Be- und Verarbeitungsmaschinen gibt es verschiedene technische Lösungen, vorrangig zugmittelgebundene Stetigförderer. Die maximalen Streckenlängen je Förderer und die möglichen Streckengeometrien sind dabei abhängig von der Art des Zugmittels. Rollenkettenförderer (Stahlketten) beispielsweise können auf Grund ihrer hohen Festigkeit besonders lang gebaut werden. Sie lassen jedoch nur gerade Förderabschnitte zu, so dass für jeden Richtungswechsel eine Übergabestation benötigt wird. Kunststoffgleitketten wiederum besitzen ein kardanisches Gelenk. Sie können horizontal und vertikal gebogen werden und in gewissen Radien jeden beliebigen Punkt im Raum anfahren. Diese Zugmittel eignen sich somit besonders für eine flexible Verkettung von Be- und

Verarbeitungsmaschinen. Da es sich bei Gleitketten um ein spritzgegossenes Bauteil handelt, und somit die maximale Wandstärke der Kette auf 5 bis 6 mm beschränkt ist, ist die übertragbare Zugkraft und daraus resultierend die maximale Länge pro Förderer stark eingeschränkt. Bei Gleitkettenfördersystemen mit ca. 90 mm Breite beträgt die maximale Zugkraft bei den meisten Kettenherstellern 1250 N, was einer durchschnittlichen Fördersystemlänge von 20 m entspricht. Ein weiterer Nachteil dieser Gleitketten ist der Verschleiß in den Gelenken, welcher zur Kettenlängung und zu Problemen beim formschlüssigen Antrieb der Kette führt. Mit zunehmender Last kommt es beim Kurvenein- und Auslauf zudem zur Bildung von angenehmen Quietschgeräuschen im Gelenkbereich.

3 Konzept Tragseilfördersystem

Ein Beitrag zur Lösung dieses Zielkonfliktes zwischen hoch festen aber unbeweglichen Zugmitteln und beweglichen Zugmitteln mit geringer Festigkeit stellt die Entwicklung eines neuen Tragseilfördersystems, basierend auf einem neuartigen Zugmittel, dar. Kern dieser Entwicklung ist ein hochfestes, dehnungsarmes und biegeflexibles Kunststoffseil mit in definierten Abständen formschlüssig eingearbeiteten Stahlbolzen (vgl. Abbildung 1). Dieses Seil soll mit Hilfe eines doppelspurigen Kettenrades formschlüssig an den im Seil integrierten Bolzen angetrieben werden. Dazu müssen die Bolzen mit einer konstanten Teilung in das Seil integriert sein, und diese darf sich beim Betrieb des Fördersystems nicht oder nur in sehr engen Grenzen ändern. Das Antriebsmoment wird vom Kettenrad auf die Bolzen und von diesen auf das Seil übertragen. Im Gegensatz zu Ketten werden die Bolzen nur während des Eingriffs im Antriebsrad belastet. Auf der Förderstrecke sind die Bolzen nahezu frei von Zug-, Schub- oder Biegekräften. An den Stahlbolzen sind über Schnappverbindungen Tragplatten aus Kunststoff befestigt, auf denen das Fördergut transportiert wird und welche das Zugseil im Gestell des Fördersystems führen. Das Gestell des Fördersystems besteht aus Aluminiumführungsprofilen, welche das Streckenlayout definieren und auf denen die Tragplatten abgleiten, sowie aus Stützen, die das System aufständern.

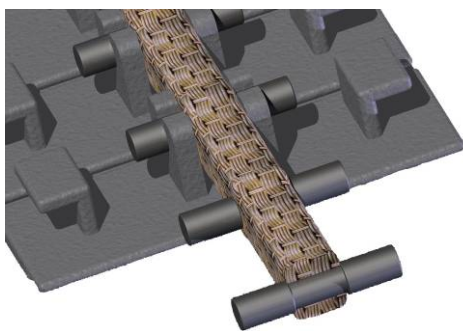


Abbildung 1: Zugseil mit Tragplatte (Konzept)

Die Verwendung von Seilen in Kombination mit der Trennung von Zug- und Tragfunktion ermöglicht erstmals völlig neue Fördersysteme, die bezüglich des Verlaufes der Förderstrecke flexibler sind und vor allem statisch aber auch dynamisch höher belastet werden können. Durch die Abkehr vom Spritzgießprozess für die Elemente der Zugkraftübertragung sowie der Gelenke ist die Grenze der maximal zulässigen Zugkraft wesentlich höher. Die Tragseile können beliebig dimensioniert werden, so dass ein System unterschiedlicher Baugrößen und damit auch Zugbelastungen geschaffen werden kann. Durch die Trennung von Zugkraftübertragung und Gleitfunktionen können speziell auf die einzelnen Funktionen zugeschnittene Materialien ausgewählt werden – ein tribologisch günstiges für die Tragplatten und ein hochfestes Material für die Seile. Ferner erhöht sich der Freiheitsgrad des Gesamtsystems. In herkömmlichen Gleitkettenfördersystemen sind nur translatorische Bewegungen in eine (Abbildung 2, Nummer 1) und rotatorische Bewegung in zwei Richtungen (Abbildung 2, Nummer 4 und 5) möglich. Somit ist der Freiheitsgrad drei. Das

Trageiselfördersystem besitzt vier Freiheitsgrade, einen translatorischen (Abbildung 2, Nummer 1) und drei rotatorische (Abbildung 2, Nummer 4, 5 und 6), was eine deutliche Vergrößerung des Einsatzspektrums solcher Fördersysteme ermöglicht.

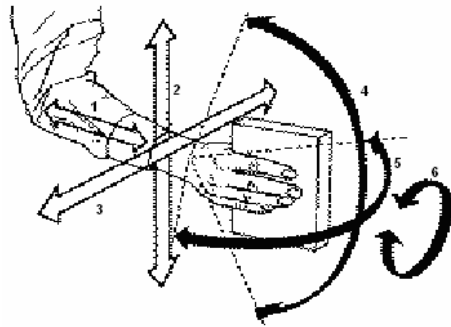


Abbildung 2: Freiheitsgrade im Raum

Die technische Umsetzung des Konzeptes erfolgte im Rahmen eines von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen geförderten Projektes zwischen den Firmen Beyer Maschinenbau GmbH und der Flexon GmbH, sowie den Forschungseinrichtungen Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. und der Professur Fördertechnik der TU Chemnitz. Schwerpunkte waren dabei die Entwicklung einer automatisierten Herstellungstechnologie für Seile mit in definierten Abständen eingearbeiteten Bolzen, die Reduzierung der Seildehnung, die Gestaltung der Tragplatte und der Test der Einzelkomponenten sowie des Gesamtsystems.

4 Aufbau und Herstellung Trageisil

Die Zugseile mit in definierten Abständen eingearbeiteten Bolzen werden mit Hilfe eines Kettenwirkverfahrens hergestellt. Hierbei werden die Bolzen als Bindungselement „Schuss“ in die Maschenstruktur eingearbeitet. Durch die räumliche Ausdehnung der verwendeten Rechts-Rechts-Maschenstruktur in z-Richtung ist ein quadratischer Seilquerschnitt realisierbar. Dieser wird benötigt, da ein rechteckiger Querschnitt bei Biegung um die breite Seite zu Faltenbildung neigt. Die gewünschte Teilung beträgt immer ein ganzzahliges Vielfaches der Maschengröße. Diese wiederum ist von der Bindungsart, von der Feinheit der Filamentgarne, der Fadenzugkraft und dem Warenabzug der Wirkmaschine abhängig.

Die Herstellung der Zugseile erfolgt auf einer umgebauten RR-Kettenwirkmaschine des Typs GWM 1200, wobei die Bolzen hinten den Rücken der aufsteigenden Nadel eingelegt werden müssen (vgl. Abbildung 3).

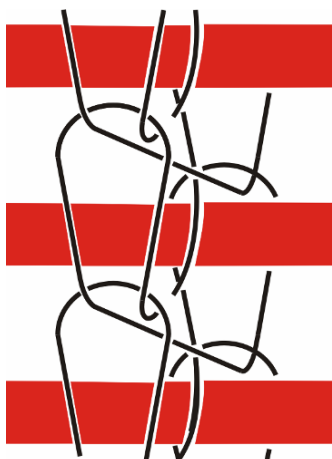


Abbildung 3: Maschenbildung



Abbildung 4: Kettenwirkmaschine mit Bolzenzuführeinheit

Für die Zuführung der Bolzen wurde die Wirkmaschine mit einer automatisierten Bolzenzuführeinrichtung (vgl. Abbildung 4) erweitert, welche aus einem Gestell, einem Magazin, einer Vereinzelerinrichtung für die Bolzen und einer Linearführung für die Zuführung der Stahlbolzen zur Wirkstelle besteht. Die Bolzenzuführeinrichtung

ist in die Steuerung der Wirkmaschine eingebunden, so dass eine vollautomatisierte Fertigung der Zugseile mit in definierten Abständen integrierten Bolzen möglich ist. Zur Reduzierung der Seildehnung werden Aramidfilamentgarne als Stehschuss oder Teilschuss in die Maschenstruktur eingearbeitet. Diese übernehmen den Hauptteil der Zugbelastung und weisen zugleich eine geringe Dehnung auf. Durch spezielle Bindungskonstruktionen wird dabei eine optimale Lastübertragung zwischen den lastaufnehmenden Schussfäden (Aramid) und dem umgebenden Maschenmantel aus PP-Filamentgarnen angestrebt. Herstellungsbedingt besitzt das gewirkte Zugseil eine große Strukturdehnung, die vor dem Einbau in das Fördersystem minimiert werden muss. Die Strukturdehnung ist vor allem auf die Maschenstruktur zurückzuführen, die sich unter Last verformt. Die Reduzierung der Strukturdehnung erfolgt durch thermisches Fixieren in einem Metallbad. Dabei wird kontinuierlich das Seil mit den eingearbeiteten Bolzen unter Last durch ein Bad aus einer heißen Wolfram-Zinn-Legierung gezogen. Durch die aufgebrachte Vorspannung im Seil werden die Maschen gestreckt und durch die eingebrachte thermische Energie fixiert. Vorteil des Metallbades ist es, dass die thermische Energie gleichmäßig in die Seilstruktur eingeleitet wird und somit überall im Seil die gleichen Eigenschaften gewährleistet werden. Durch Regelung an den drei Parametern Badtemperatur, Vorspannung im Seil und Verweilzeit im Bad wird die Strukturdehnung reduziert und die gewünschte Teilung eingestellt. Die einzustellenden Beträge der Parameter wurden empirisch ermittelt.

5 Test der Tragseile

Die Untersuchungen zum Dehnungsverhalten der Tragseile erfolgten an einer Universalprüfmaschine der Firma Zwick. Zur Aufnahme der Seile mit integrierten Bolzen kamen selbst gebaute Haltevorrichtungen zum Einsatz. Abbildung 5 zeigt einen typischen Kraft-Dehnungsverlauf über 5 Zyklen für ein unfixiertes Zugseil mit einem Querschnitt von acht Maschenstäbchen.

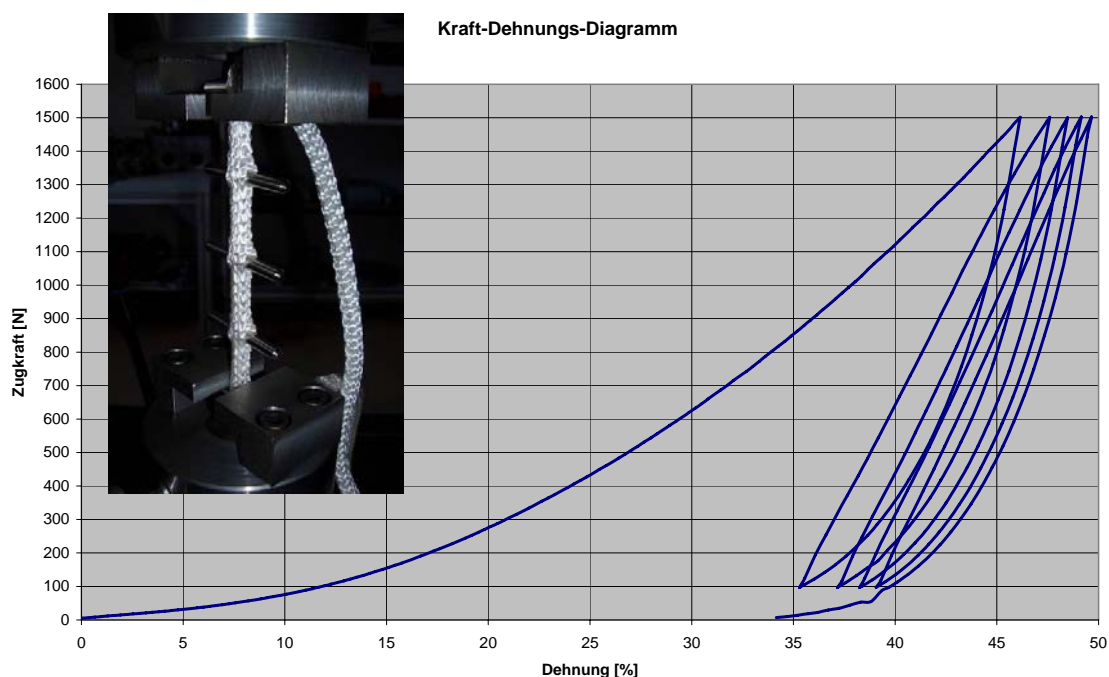


Abbildung 5: Kraft-Dehnungs-Verhalten Zugseil

Ein Zyklus ist dabei die Belastung des Seils auf 1500N mit anschließender Entlastung auf 100N. Im Diagramm sind deutlich die sehr starke Dehnung des Zugseils im ersten Zyklus (Struktur- + Materialdehnung) sowie die geringeren und gleichbleibenden Dehnungen der Zyklen zwei bis fünf (Materialdehnung) zu erkennen. Es verdeutlicht die Notwendigkeit der Reduzierung der Strukturdehnung und zeigt, dass diese im Bereich von 35 % liegt. Ebenfalls ersichtlich ist, dass die Dehnung des Seils im fixierten Zustand (zweiter bis fünfter Zyklus) bei Lasten über 1000N die für den sicheren formschlüssigen Antrieb maximal zulässige Dehnung von ca. 5 % überschritten wird. Hier besteht noch Forschungsbedarf um durch Variation der Maschenart, des verwendeten Materials und der Herstellungstechnologie eine Reduzierung dieser Dehnung auf 5 %, auch bei höheren Lasten, zu erreichen. Aktuell können diese Seile in Fördersystemen nur bis 1000 N Zugkraft verwendet werden. Für die Funktion des Zugmittels ist ebenfalls die seitliche Haltekraft des Bolzens im Seil entscheidend. Sitzt der Bolzen zu locker im Seil, kann dieser axial verschoben werden und ein definierter Antrieb des Seils an den Bolzen wird unmöglich. Die Fixierung des Bolzens gegen axiales Verrutschen im Seil erfolgt formschlüssig, wobei im Vorfeld verschiedene Varianten getestet wurden. Dazu wurden Musterseile mit verschiedenen Bolzenformen gewirkt und mit Hilfe eigens gefertigter Ausdrückvorrichtungen auf einer Universalprüfmaschine der Firma Zwick untersucht (vgl. Abbildung 6).

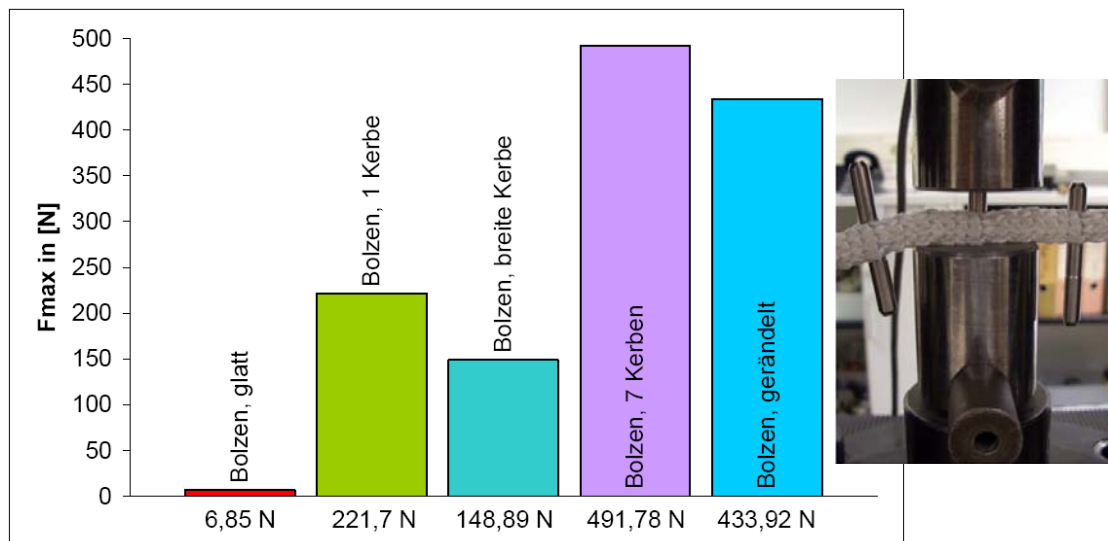


Abbildung 6: Bolzenausdrückkraft

Die gemessenen Ausdrückkräfte unterscheiden sich sehr stark, wobei es beim Verschieben der Bolzen während der Versuche zu Beschädigungen des Seils kam. Den besten Kompromiss zwischen Ausdrückfestigkeit und Seilschädigung bieten der gerändelte Bolzen und der Bolzen mit der breiten Kerbe. Diese Untersuchungen erfolgten an unbenutzten Seilen, sowie an Seilen, die auf einem Pulser bereits 150.000 schwelende Lastwechsel mit einer Oberlast von 1250N ertragen haben. Die gepulsten Seile weisen nach der Belastung eine höhere Bolzenausdrückkraft auf, als neue Seile. Somit ist eine Sicherheit gegen axiales Verrutschen beim Betrieb des Fördersystems gegeben.

6 Fördersystem

Das neue Zugmittel wird durch aufgeschnappte Tragplatten (vgl. Abbildung 7) aus gleitoptimierten thermoplastischen Kunststoffen ergänzt. Diese besitzen eine

fingerförmige Form und sind so gestaltet, dass sie, bei gleichzeitiger Beweglichkeit in allen vier Freiheitsgraden des Zugmittels, eine nahezu geschlossene Oberfläche bilden.

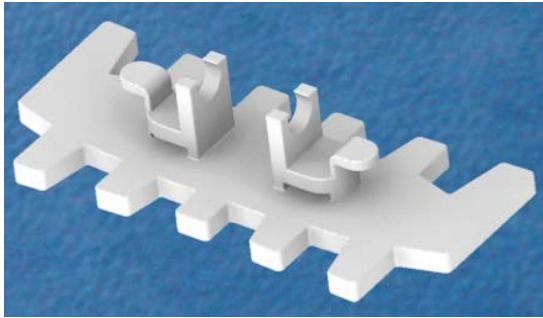


Abbildung 7: Tragplatte

Die Tragplatten gleiten in einem Aluminiumführungsprofil ab, welches das Streckenlayout definiert. Zur Reduzierung der Reibung zwischen Tragplatte und Führungsprofil werden auf das Führungsprofil Gleitleisten aus PE UHMW montiert, auf denen die Tragplatten abgleiten (vgl. Abbildung 8). Das Zugseil mit den Tragplatten ist so konstruiert, dass es in bestehende Gleitkettenfördersysteme integriert werden kann. Es müssen neben den Ketten nur die Antriebsräder ausgetauscht werden. Der Antrieb des Tragseils erfolgt formschlüssig über ein doppelspuriges Kettenrad, welches optimal auf die Teilung des Tragseils und dessen Dehnung angepasst ist.

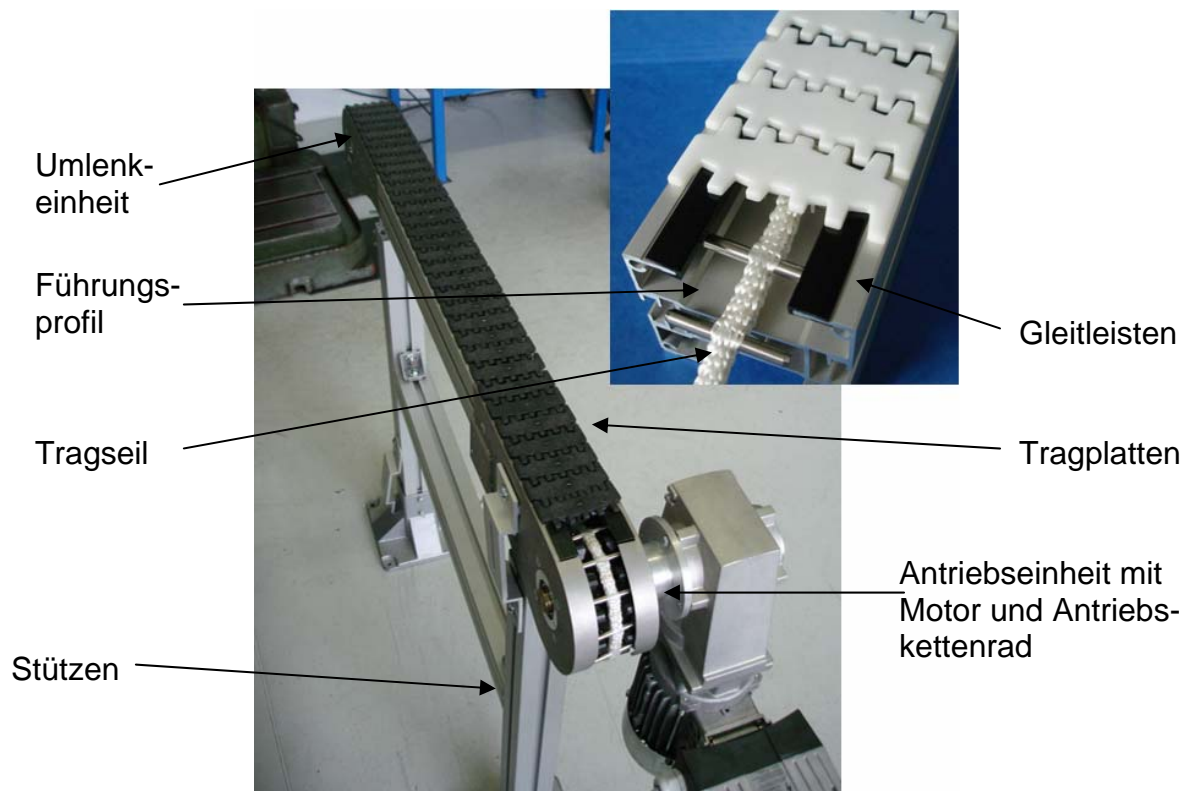


Abbildung 8: Tragseilfördersystem

Für das neue Fördersystem sind perspektivisch Tragplatten mit verschiedenen Oberflächen, wie Mitnehmern, Reibbelägen und Rollen geplant. Diese ermöglichen eine weitere Anpassung des Zugmittels an spezielles Fördergut. Durch die lösbare Schnappverbindung zwischen Tragplatte und Stahlbolzen können die verschiedenen Tragplatten beliebig auf dem Tragseil positioniert werden, auch nachträgliche Veränderungen bei Produktionsumstellungen sind möglich.

Für ein Fördersystem mit umlaufendem Zugmittel wird eine Endlosverbindung des Zugmittels benötigt, die vor Ort, bei der Montage des Fördersystems hergestellt werden kann. Bei formschlüssig angetriebenen Zugmitteln, wie das Tragseil, ist die

Teilung der Antriebsgeometrie (Stahlbolzen) auch in der Verbindungsstelle zu gewährleisten. Die Verbindungsstelle muss zudem dauerhaft die Zugkräfte im System übertragen können und dabei eine ähnliche Steifigkeit wie das Seil aufweisen. Diese Forderungen erfüllt die neu entwickelte Seilverbindungstechnologie. Auf Grund ihrer Ähnlichkeit zu Kettenschlossern wird die neue Technologie als Seilverschluss bezeichnet. Um die beiden Seilenden miteinander zu verbinden, werden pro Seite über eine Länge von 3 Bolzen jeweils rechts und links auf die Bolzen Verbindungsseile geschoben (vgl. Abbildung 9). Diese ebenfalls gewirkten Verbindungsseile besitzen ungefähr den halben Querschnitt der Tragseile und weisen in der Teilung der Tragseile Aussparungen auf, durch welche die Bolzen der Tragseile geschoben werden. Eine seitliche Fixierung der Verbindungsseile auf den Bolzen erfolgt durch die aufgeschnappten Tragplatten, welche das Zugseil und die beiden Verbindungsseile umschließen.

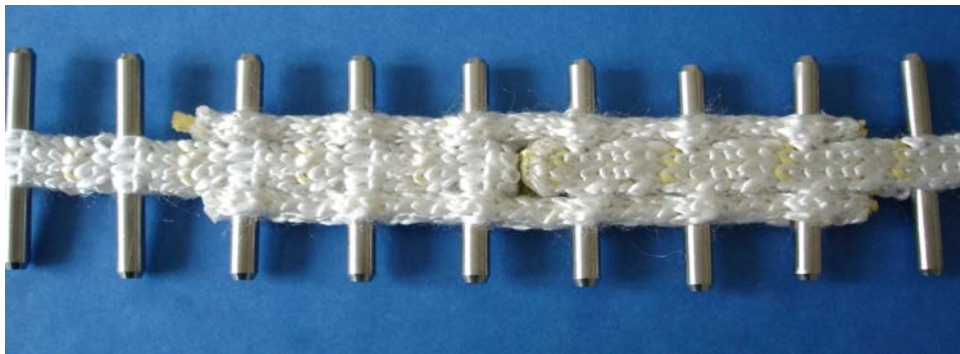


Abbildung 9: Seilverschluss

Die Vorteile des neuen Tragseilfördersystems liegen vor allem in der erhöhten Beweglichkeit des Zugmittels. Die Verdrillung des Seils um die Längsachse ermöglicht im Vergleich zu Gleitkettenförderern völlig neue Anwendungsfelder. So können beispielsweise Güter in der Vorwärtsbewegung gedreht und gewendet werden. Dies könnte zum Entleeren von Flaschen und anderen Behältern dienen. Dabei müssen jedoch die entsprechenden Güter an den Tragplatten Halt finden oder zwischen zwei synchron laufenden Zugmitteln eingeklemmt werden. Ein seitliches Kippen bzw. senkrecht Stellen der Tragplatten könnte auch zu deren Reinigung dienen. Darüber hinaus können Güter durch partielles Verdrehen an den Ausschleusstationen von den Tragplatten entfernt werden. Die erstmalig mit dem neuen Zugmittel mögliche Superposition von Richtungswechseln führt zur Einsparung von Streckenelementen, zur Verkürzung des Förderstranges und zur Raumersparnis.

7 Ausblick

Das neu entwickelte Zugmittel wurde erstmals im Labor getestet und das Laufverhalten in einem Fördersystem bestimmt. Die maximal aufnehmbaren Zugkräfte durch das Seil sind ca. doppelt so groß wie die vergleichbarer Kunststoffgleitketten. Jedoch ist die Dehnung des Seils bei diesen hohen Kräften zurzeit noch zu groß, als dass ein formschlüssiger Antrieb gewährleistet werden kann. Aktuell können Zugkräfte in Höhe von 1000 N durch das Tragseil übertragen und angetrieben werden. Bei der Reduzierung der Dehnung des gewirkten Seils unter Last besteht weiterhin Entwicklungsbedarf. Hier sind noch andere Maschenformen, andere Materialien oder auch ein anderes Wirkverfahren zu untersuchen.

Vorstellbar ist auch, andere Funktionselemente wie Räder oder Haken an den im Seil integrierten Bolzen zu befestigen, oder gar andere Elemente in das Seil einzuarbeiten und so andere Zugelemente zu gestalten. Denkbar ist ebenfalls, dass Seil mit Bolzen als flexibles Antriebselement anstelle von Ketten oder Zahnriemen einzusetzen.