

6.1 Hochleistungstextilien mit Funktionselementen für den Maschinenbau

Referent: Dipl.-Ing. Ingo Berbig,
Dipl.-Ing. Markus Michael, Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel
Technische Universität Chemnitz,
Institut für Allgemeinen Maschinenbau und Kunststofftechnik

1 Einleitung

Für den innerbetrieblichen Transport von Stückgütern kleinerer Masse und Abmessung häufig in Verbindung mit Handhabe- und Verkettungsprozessen werden derzeit vornehmlich Gleitkettenfördersysteme mit raumbeweglichen Kunststoffketten eingesetzt. Dieses Anwendungsfeld kann mit einem neuen Konzept für das Zug- und Tragmittel erweitert und auch wesentlich energieeffizienter gestaltet werden. Durch eine spezielle Funktionstrennung der Trag- und der Zugfunktion gelingt es, die Antriebsenergie durch Gewichtseinsparung und die Funktionalität des gesamten Systems zu verbessern. Dadurch können die Form der Kettenglieder vereinfacht und folglich auch sämtliche Peripheriebauteile optimiert werden.

Die Tragplatten werden im neuen System nicht auf Zugbeanspruchung, sondern besonders gute Gleiteigenschaften ausgelegt. Im neuen System können durch den Einsatz entsprechender Materialien höhere Zugkräfte erreicht werden und die Gelenke zwischen den Kettengliedern entfallen. Gegebenenfalls ist ein simpler Austausch der Ketten an bestehenden Systemen realisierbar. Durch die Anwendung des beschriebenen neuen Systems erhält die bisherige Gleitkette einen weiteren möglichen Freiheitsgrad. Dieser ermöglicht zusätzliche Funktionen in Verbindung mit der Gutbewegung, z. B. ein Wenden des Fördergutes, bei der Verwendung von Gleitkettenfördersystemen. Durchaus ist ein Synergieeffekt hin zu anderen Anwendungsfeldern zu erkennen.

Die Umsetzung der Funktionstrennung und die Erzielung eines weiteren Freiheitsgrades, der möglichen Rotation entlang der Antriebsrichtung, erfolgt durch die Verwendung eines textilen Zugmittels. Dieses Zugmittel ist durch sein spezielles Herstellungsverfahren so konfiguriert, dass beim Erreichen der Betriebskraft eine Dehnung entsteht, die mit üblichen Antriebsrädern realisiert werden kann. Die textile Seilstruktur auf Basis von synthetischen Hochleistungsfasern besitzt in teilungsgenauen Abständen Funktionselemente in Form von Stahlbolzen, die zum einen die Tragplatten aufnehmen, zum anderen die Antriebsmomente in das Zugmittel übertragen. Eine der Hauptaufgaben der automatisierten Herstellungstechnologie ist es, die Funktionselemente teilungsgenau, mit einer hohen Verschiebefestigkeit der Funktionselemente sowie dehnungsarm in die textile, seilartige Struktur einzuarbeiten.

Es werden neben dem neuen Basiselement für die technische Logistik auch verschiedene textile Herstellungsverfahren mit der notwendigen Veredlungstechnologie aufgezeigt, die zur Lösung der Aufgabe beitragen.

2 Grundlagen

2.1 Anlagen mit herkömmlichen Kettenfördersystemen

In den letzten Jahren haben sich für den Transport von Stückgütern kleinerer Abmessungen und Massen dreidimensionale Gleitkettenfördersysteme durchgesetzt. Hierbei gleitet die Kette sowohl als Zug- als auch als Tragorgan auf Führungsschienen. Verstärkt werden dabei schmierungsfrei zu betreibende Kunststoffketten, deren Verwendung gegenüber den noch oft benutzten Stahlketten viele materialspezifische Vorteile bietet, wie z. B. geringes Gewicht und günstige Gleiteigenschaften. Durch das Zusammenspiel von geraden Streckenmodulen, horizontalen und vertikalen Kurven sowie Bogenrädern können dreidimensionale Fördersysteme gestaltet werden. Dies wiederum beinhaltet eine hohe Anpassungsfähigkeit. Die Eigenschaften von Kunststoffketten stehen deutlich hinter denen von Stahlketten zurück. Dies betrifft sowohl die für die Auslegung der Förderer bedeutsame zulässige Zugkraft als auch die hohe elastische Dehnung sowie das negative Kriechverhalten.

Die geringe Dauerfestigkeit der Zugmittel aus thermoplastischem Kunststoff in Verbindung mit der geringen Steifigkeit führt bei den Fördersystemen dazu, dass nur kleine Achsabstände realisierbar sind und somit sehr viele Übergabestellen für das Gut entstehen. Somit ist auch die Anzahl der notwendigen Antriebe sehr groß. Es können darüber hinaus bestimmte Anwendungsfelder nicht für die Kunststoffketten erschlossen werden.

Auf dieser Grundlage gilt es die Vorteile von Kunststoffgleitketten mit den Merkmalen von Stahlelementen zu verknüpfen und in einem neuen System zu integrieren.

2.2 Textile Kette

Die Möglichkeit textile Stranggebilde herzustellen ist nahezu unbegrenzt. Neben dem Flechten von Seilen und dem Weben von Bändern können schmale Textilien auch gewirkt und auch gestrickt werden. Hier gilt es das bestmögliche Herstellungsverfahren zu finden, welches eine optimale Interaktion zwischen den mechanischen Elementen und dem tatsächlichen „Seil“ ermöglicht. Dadurch ergeben sich verschiedene Merkmale, die das fertige Produkt in sich vereinen muss und die jeweiligen Herstellungsverfahren vorziehen, bzw. ausschließen lassen.

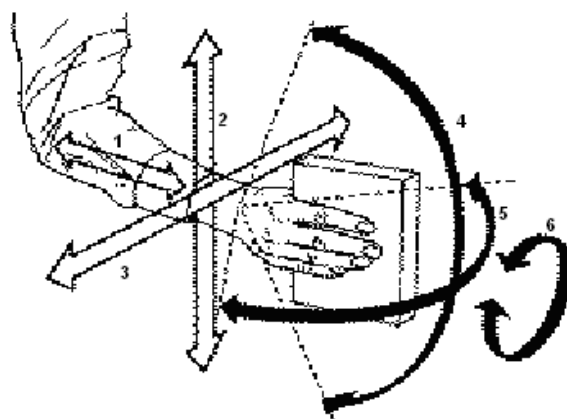


Abb. 1: Freiheitsgrade der Kette im Raum

Neben einer möglichst geringen Gesamtdehnung der textilen Struktur von max. 3 % bei einer max. Antriebskraft von 2500 N existiert noch eine Vorgabe an die Geometrie. Diese verlangt aufgrund der Raumbeweglichkeit eine Form nahe dem Kreis- bzw. Quadratquerschnitt. Die Wahl der Antriebskraft von 2500 N entspricht einer Steigerung von ca. 100 % gegenüber bestehenden Kunststoffkettensystemen.

Eine textile Kette bietet zusätzlich den Vorteil eines weiteren Freiheitsgrades im gesamten System. So sind nicht nur die Translation, der Vorschub in Antriebsrichtung, sondern auch alle drei Rotationen im Raum möglich. In Abbildung 1 sind alle möglichen Bewegungen im Raum dargestellt.

3 Textile Herstellungsverfahren

3.1 Vorbetrachtung

Alle verfügbaren Herstellungsverfahren sind nach der Möglichkeit der Integration mechanischer Elemente in eine textile Struktur zu untersuchen. Dabei ist nicht nur die Einbindung bezüglich der Teilungsgenauigkeit Bestandteil der Betrachtungen, sondern auch die statisch dynamischen Eigenschaften der textilen Trägerstruktur. Somit werden die Herstellungsverfahren im Hinblick auf die Möglichkeit der Einbindung und die Grundeigenschaften unterschieden. Im Vorfeld werden zwei wesentliche Eckdaten festgelegt. Dabei soll die relative Dehnung bei einer angelegten Kraft von 2500 N drei Prozent nicht übersteigen auf Grund der Funktionalität möglichst aber bei ca. 1 % liegen.

3.2 Gestrick

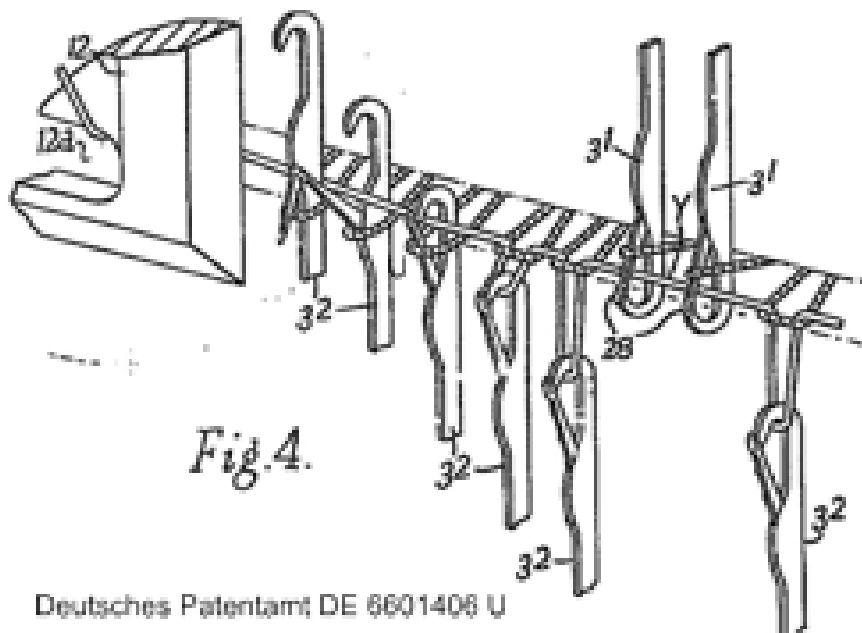


Abb. 2: Prinzipbild Stricken [Quelle DPA]

Gestricke bestehen aus mindestens einem Fadensystem. Dabei werden Fäden quer zur Entstehungsrichtung des textilen Gutes durch Maschenbildung reihenweise verarbeitet. Im Bezug auf die Verwendung einer textilen Kette zeigen sich Schwachstellen auf, die die Eignung diesbezüglich nicht gewährleisten. So existiert

zwar die Möglichkeit Zugkraftaufnehmer in Längsrichtung zu integrieren, jedoch ist die Bindung zwischen beiden Fadensystemen nur begrenzt und auf Basis einer Reibpaarung gewährleistet. Weiterhin stellt sich eine Schwierigkeit im Bezug auf die Einarbeitung von mechanischen Komponenten dar. Da der Materialeintrag wie bereits erwähnt quer erfolgt, kommt demnach eine Integration von diesen Elementen nicht in Frage.

3.3 Gewirke

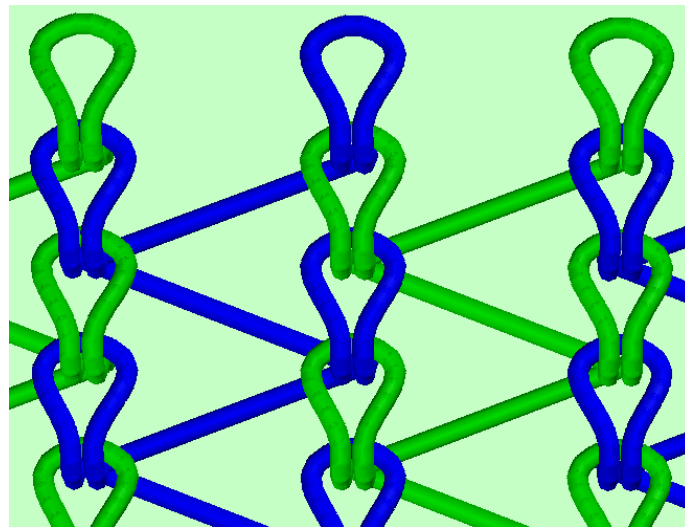


Abb. 3: Gewirke Bindung Trikot [Quelle Wikipedia]

Die Herstellung von gewirkten Strukturen erfolgt durch eine Schar von Fadensystemen. Hierbei werden der Wirkstelle Fäden in Herstellungsrichtung zugeführt und durch Maschenbildung verarbeitet. Der Unterschied zum Stricken besteht darin, dass die Maschen einer Reihe nicht nacheinander, sondern parallel hergestellt werden. Ein Gewirke kann nur durch eine Maschine produziert werden. Bezüglich der Verwendung für eine textile Kette hat sich die Verwendbarkeit derart dargestellt, dass die Einbindung eines Bolzens bzw. eines mechanischen Elements sowohl in einem Rechts-Rechts Gewirke, also auch in einem Rechts-Links Gewirke erfolgen kann. Der Unterschied besteht darin, dass der Bolzen einerseits zwischen die Maschen gelegt wird, andererseits direkt in der Masche abgebunden wird. Weitere Betrachtungen werden zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt.

3.4 Gewebe

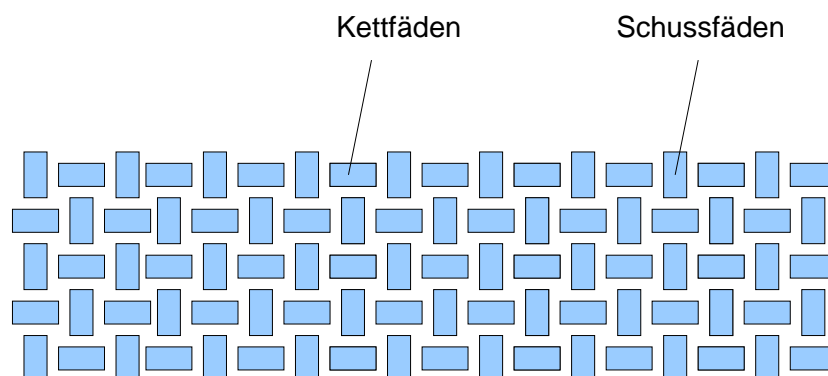


Abb. 4: Gewebe Bindung Leinwand

Gewebe bestehen aus zwei unterschiedlichen Fadensystemen, dem Schuss- und dem Kettfadensystem. Diese erzeugen durch die Verkreuzung untereinander die textile Fläche bzw. das textile Gebilde. Für die weitere Betrachtung bzgl. der Eignung im Seilkettensystem müssen verschiedene Dinge beachtet werden. Der Zusammenhalt in den einzelnen Bindungspunkten entsteht auf Grundlage der Reibpaarung. Somit ist in diesem Fall keine genaue Teilung realisierbar. Jedoch besteht die Möglichkeit darin mit mehreren Kettfadensystemen zu arbeiten. Somit erzielt man ein dreidimensionales Gewebe und dadurch auch formschlüssige Komponenten. Der Eintrag eines mechanischen Elementes ist seitlich in Schussrichtung gewährleistet.

3.5 Geflecht

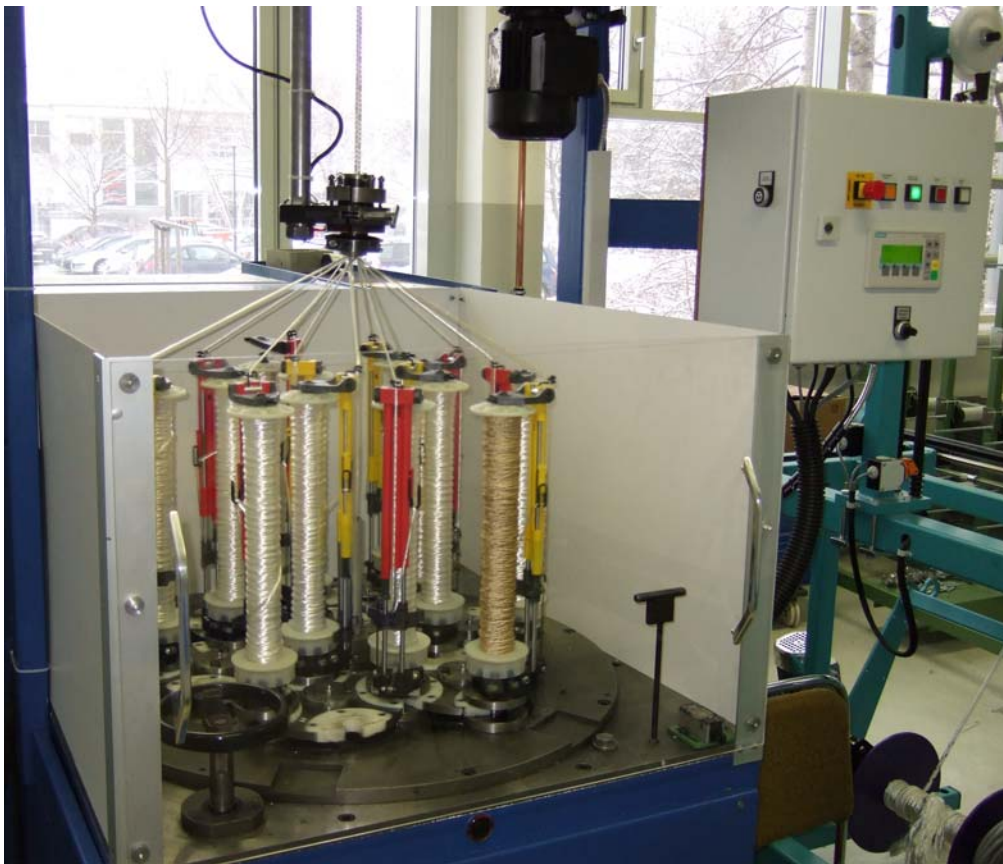


Abb. 5: 12fach Flechtmaschine [Quelle TU Chemnitz]

Geflechte sind textile Flächen- oder Körpergebilde, deren Flechtfäden sich in schräger Richtung zu den Warenkanten verkreuzen. Auf Grund der späteren Anordnung im textilen Erzeugnis ist eine Integration mechanischer Elemente ausgeschlossen. Ohne zusätzliche Arbeitsgänge ist die Fixierung in teilungsgenauen Abständen nicht möglich.

4 Bisherige Ergebnisse

4.1 Gewirkte Seilkette

Bisherige Untersuchungen mit gewirkten Strukturen von textilen Seilketten konnten aufzeigen, dass ein Einsatz von textilen Zugträgern in fördertechnischen Anwendungen grundsätzlich möglich ist. Es ist gelungen ein bestehendes System

(siehe Abb. 6) mit dem neuen System auszurüsten und die Funktionalität in Langzeitversuchen zu untermauern. Es wurden sowohl Versuche mit Rechts-Rechts Strukturen, als auch mit Rechts-Links Strukturen unternommen. Dabei konnte die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Variante der Wirkstruktur Rechts-Links zu bevorzugen ist. Diese erzielt beste Ergebnisse im Hinblick auf die Struktur- und elastische Dehnung.



Abb. 6: Muster gewirkte Tragseilkette mit Führungsprofil und Tragplatten [Quelle TU Chemnitz]

Somit ist die Einhaltung der Teilungsgenauigkeit gegeben. Einschränkungen müssen allerdings hinsichtlich der maximal angelegten Antriebskraft und der minimalen Dehnung hingenommen werden. Somit wird in diesem System bei einer Antriebskraft von ca. 1500 N eine Dehnung von 10 % erreicht. Diese Ergebnisse wurden trotz Thermofixierung, die zur Reduzierung der Dehnung beiträgt, ermittelt.

Die Endverbindungen der gewirkten Seilketten wurden ohne mechanische Elemente realisiert. Diese Seilschlösser wurden so konzipiert, dass sie die Hälfte des Querschnitts der Hauptkette besitzen. Weiterhin wurden in der gleichen Teilung wie sie in der Kette zu finden ist, Aufnahmen für die Bolzen vorgesehen. Damit ist es möglich die beiden Enden durch beiderseits seitlichen Aufschiebens der Verbindungselemente zu schließen.

4.2 Ergebnisse zu mechanischen Kennwerten

Es wurden sowohl fixierte als auch unfixierte Seile getestet. Grundsätzlich ergaben sich nach umfangreichen Untersuchungen optimale Prozessparameter für die Thermofixierung dieser Tragseilketten. Dabei wurden Parameter wie Badtemperatur, Vorspannkraft des Seils und Verweildauer im Metallbad betrachtet. Ergebnis dieser Untersuchungen ist eine deutliche Verbesserung der Kraft-Dehnungs-Verläufe. So wurden beispielsweise durch die thermische Fixierung eines PP-Seils (siehe Abbildung 7) Verringerungen in der Strukturdehnung von 35 auf 7 % und in der Materialdehnung von 12 auf 8 % erzielt. Diese Werte beziehen sich auf eine Belastung von 1500 N.

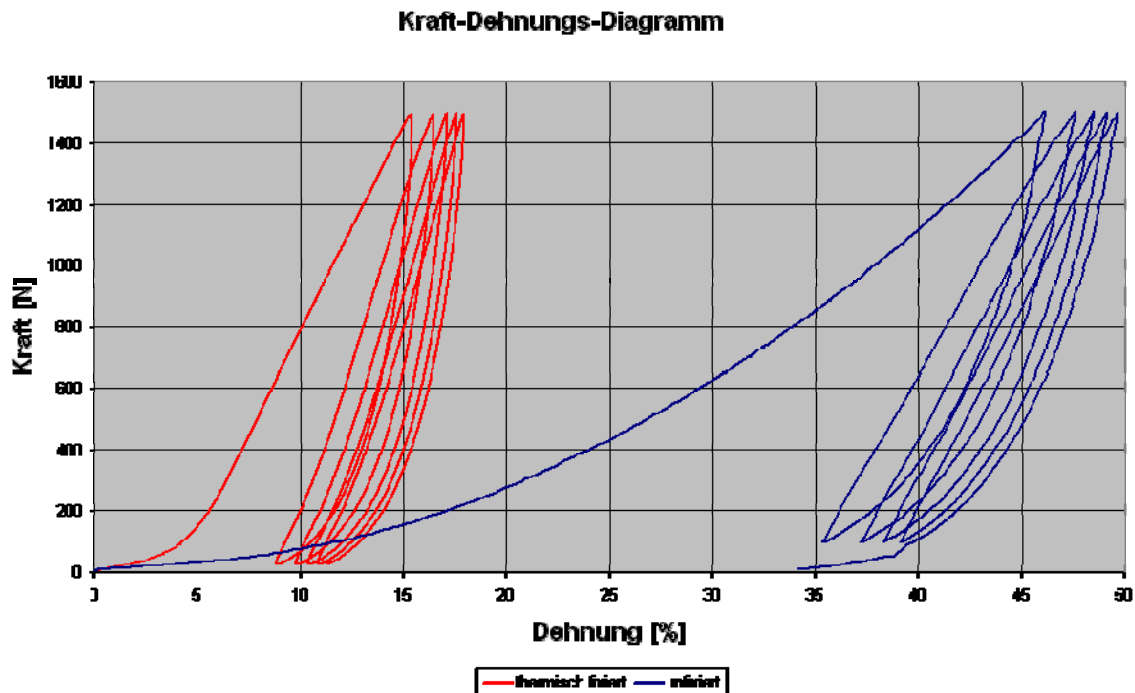


Abb. 7: Kraft-Dehnungs-Diagramm fixierter und unfixierter Seile

Weitere Untersuchungen beinhalteten die Form des mechanischen Elementes. Hierbei wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, eine möglichst hohe Sicherheit gegen axiales Verschieben zu gewährleisten. Im Zuge dessen wurden verschiedene Elemente wie Kerben oder Nuten in den Bereich der Einbindung in das textile Gut eingebracht. Dabei zeigte sich, dass ein Optimum zwischen hoher Ausdrückkraft und Zerstörung der textilen Kette gefunden werden musste. Zur Lösung dieses Problems wurde die Form der Tragplatten so gewählt, dass sie die Position des Seils definiert und somit eine Verschiebung des Bolzens verhindert haben.

4.3 Anpassung der fördertechnischen Anlage

Grundsätzlich ist das neue Tragseil so gewählt, dass bestehende Systeme mit geringem Aufwand umgerüstet werden können. Es ist lediglich die Kette zu tauschen. Auf Grund der Flexibilität der Textilmaschine können Anlagen unterschiedlicher Teilungen bedient werden. Für neue Systeme werden auch neue Führungsprofile entwickelt, die eine Verdrehung der Kette entlang der Bewegungsrichtung ermöglichen.

Die Form der Tragplatten bezüglich der ursprünglichen Form ist so verändert, dass diese nach vollständiger Montage nur aufgeschnappt werden müssen. Grundsätzlich wurde für die Tragplatten eine Ausführung in Fingerform gewählt, um ein Einklemmen von Gütern, bzw. die Verletzungsgefahr zu verhindern.

4.4 Zusammenfassung der Arbeiten mit gewirkten Strukturen

Die bereits erwähnte Technologie des Wirkens einer Seilkette hat gezeigt, dass es möglich ist eine textile Kette zu verwenden. Jedoch besteht hinsichtlich der Teilungsgenauigkeit und der Struktur- bzw. Materialdehnung noch Forschungsbedarf. Aus diesem Grund wird im Folgenden Augenmerk auf eine andere

Herstellungstechnologie, das Weben, gelegt. Alle Peripheriebauteile sind durch die Vorarbeiten gegeben und können selbst im neuen Verfahren angewendet werden.

5 Gewebte Seilkette

5.1 Vorbetrachtung

Wichtig für die Verwendung von gewebten Strukturen ist die Umsetzung eines nahezu quadratischen Querschnitts. Dieser ermöglicht eine Kurvengängigkeit, die eine ungünstige Kräfteverteilung verhindert. Somit ist eine lange Lebensdauer gegeben. Ein anderer Querschnitt (linien- bzw. rechteckförmig) erzielt eine ungünstige Kräfteverteilung in Kurven. In diesem Fall trägt nur ein Bruchteil des gesamten Querschnitts und die gesamte Kette verschleißt schnell. Alle weiteren Betrachtungen befassen sich mit mehrlagigen Geweben. Diese haben nicht nur den Vorteil einen nahezu quadratischen Querschnitt zu ermöglichen sondern können unter Umständen das mechanische Element fest und möglichst formschlüssig einbinden.

5.2 Untersuchungen an gewebten Strukturen

Für den Nachweis der Eignung von Geweben für die Nutzung in Seilketten wurden erste Muster verschiedener Bindung hergestellt. Diese Muster ermöglichen das Einbinden von mechanischen Funktionselementen. Voraussetzung für die Fertigung dieser Ketten ist allerdings die Anpassung der Textilmaschine. Diese Anpassung konnte bis zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht umgesetzt werden.

Die Trägerstrukturen wurden nach folgenden Angaben konzipiert:

- Arbeitslast 2,5 kN
- Arbeitsdehnung max. 3 %
- Kurvengängigkeit durch nahezu quadratische Struktur
- Muster ohne Bolzen

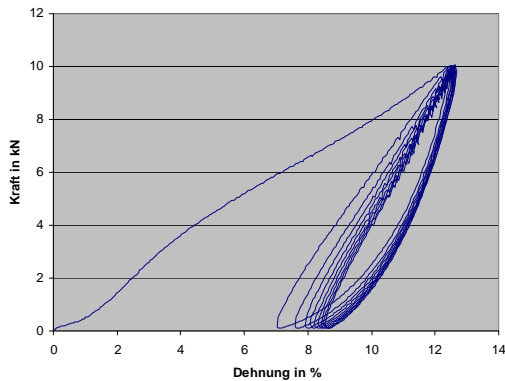
Daraus wurden zwei verschiedene Muster mit Querschnittsanteilen von ca. 100 und 75 % mit den jeweiligen Abmessungen 7 x 10 mm und 5 x 10 mm hergestellt (siehe Abbildung 8).



Abb. 8: Gewebe Trägerstruktur [Quelle: TU Chemnitz]

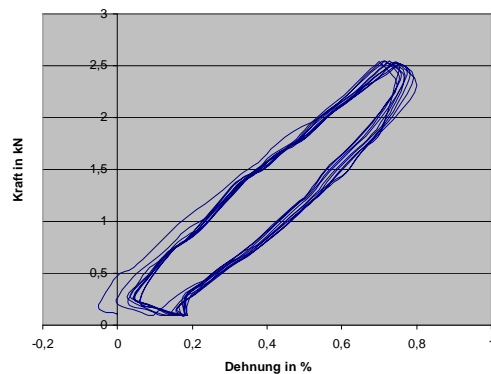
Weitere Muster unterscheiden sich in der Art der Webkante, die auf die Ergebnisse der Dehnung keinen Einfluss hat. Beide Trägerstrukturen wurden einem Prüfprogramm unterzogen, welches die Einsetzbarkeit im späteren System untermauert. Dabei wurden die Trägerstrukturen folgenden Prüfungen, wie in der Abbildung 9 dargestellt, unterzogen:

- Vorstrecken mit 4facher Arbeitslast (10 kN)
- Untersuchung Arbeitsdehnung bei 2,5 kN
- Bruchuntersuchung



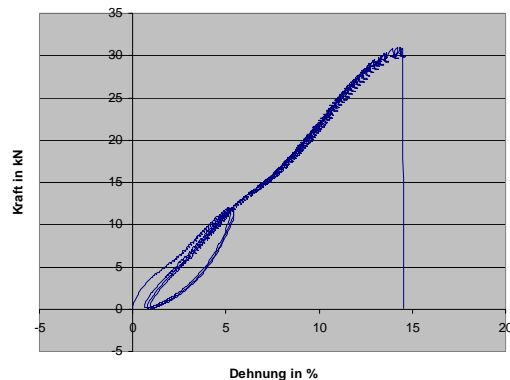
Vorstrecken mit 4facher Betriebskraft

- Reduzierung Strukturdehnung



Untersuchung der Dehnung bei Betriebslast

- 0,8 % Dehnung bei kleinem Querschnitt
- 0,6 % Dehnung bei großem Querschnitt
- nach Vorstrecken mit 90 % der Bruchkraft nochmals Reduzierung um 0,2 - 0,3 %



Bruchkraftuntersuchung

- 10 bis 12fache Sicherheit gegen Bruch
- notwendig für Kurvengängigkeit und Bolzeneintrag

Abb. 9: Kraft-Dehnungs-Untersuchungen zu gewebten Strukturen

6 Zusammenfassung und Ausblick

Der Einsatz von textilen Strukturen im Bereich der Fördertechnik ist selbst in Form von Antriebselementen möglich. Dies konnte bereits in den Vorarbeiten (AiF-Projekt) nachgewiesen werden. Nach Analyse der mechanischen Eigenschaften zeigten sich Schwachstellen auf, aufgrund derer der endgültige Einsatz textiler Strukturen noch offen ist. Anhand der gezeigten Betrachtungen wurde eine neue Möglichkeit gefunden dennoch dehnungsarme Hochleistungstextilien mit teilungsgenau

eingearbeiteten Funktionselementen herzustellen. Ein weiterer noch notwendiger Arbeitsschritt ist die möglichst prozesssichere und vollautomatisierte Einbindung von mechanischen Funktionselementen während der Herstellung eines gewebten Stranges. An dieser abgeschlossenen Forschungskoooperation sind Textilmaschinenbauer, Kettenhersteller sowie die Technische Universität Chemnitz, Professur Fördertechnik beteiligt.

Die Vorteile eines Fördersystems mit einer textilen Kette bestehen darin, dass keinerlei Gelenke notwendig sind und somit auch kein Gelenkverschleiß auftritt. Des Weiteren kann durch die integrierte Bauweise Gewicht und dadurch auch Energie eingespart werden. Durch die flexible Gestaltung der Textilien ist es möglich, das gesamte System auf eine wesentlich höhere Antriebskraft auszulegen. Auf Grund des weiteren Freiheitsgrades können neue Anwendungen gefunden werden. Die neue Seilkette ist frei von metallischer Korrosion und besitzt durch die Funktionstrennung, in den eigentlichen Zugstrang, das biegeflexible Seil, und die abgestützten Tragplatten, die reibungsoptimierte Gleitpaarungen aufweisen, ein enormes Optimierungspotential für verschiedene Prozessabläufe in der Technischen Logistik.

Literatur

- [1] KF0016210PK5 Entwicklung eines modularen 4D-Tragseilfördersystems in Leichtbauausführung für den Stückguttransport, 2008
- [2] Arbeitgeberkreis Gesamtextil/Industrieverband Deutscher Bandweber und Flechter e.V.; Flechttechnologie, 1996
- [3] Essig, Erich; Nadelbandwebtechnik; Jakob Müller Institute of Narrow Fabrics, 2005
- [4] Mitzschke, Frank; Neues Tragseilfördersystem für den Stückguttransport, 11. Textiltechnik Tagung Chemnitz, 2007