

Forschungsprojekt „Innozug“ – Ziele und erste Schritte

Leistungsfähige Seile für die Förder

An der TU Chemnitz wird das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Forschungsprojekt „InnoZug“ bearbeitet. Eine Gruppe junger Nachwuchswissenschaftler beschäftigt sich intensiv mit der Entwicklung und Herstellung leistungsfähiger Zug- und Tragmittel in Leichtbauausführung. Ausgangspunkt sind experimentelle Untersuchungen hochfester Faserseile sowie Versuche zur Einarbeitung sensorischer Elemente in textile Strukturen.

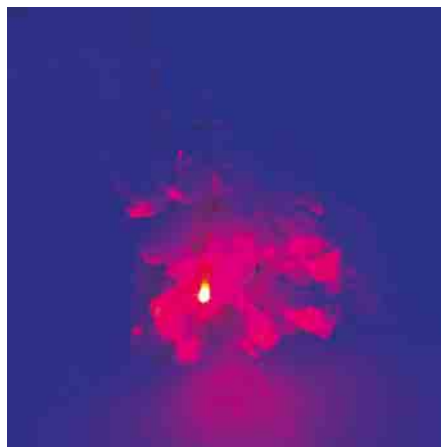
- Thorsten Heinze
- Ingo Berbig
- Markus Speck
- Manuela Kunz

Auf dem Gebiet des Maschinenbaus und vor allem bei Maschinen und Anlagen der Fördertechnik spielen Zugmittel, wie Drahtseile, Riemen und Ketten, als Übertragungs-, Verbindungs- und Sicherheitselemente eine bedeutende Rolle. Diese konventionellen Zugmittel, die sich seit Jahrzehnten in der Praxis bewährt haben, sind an ihre Einsatzgrenzen gestoßen. In zahlreichen Anwendungsfällen zeigen sich entscheidende Nachteile dieser Zugmittel, die u. a. in der hohen Eigenmasse, der eingeschränkten Biegeflexibilität, der Korrosionsempfindlichkeit, der Verletzungsgefahr durch aufgespleißte Drähte und dem Umwelt belastenden Schmierstoffeinsatz liegen. Diese Grenzen sollen durch neue Zug- und Tragmittel aufgebrochen werden. In den vergangenen Jahren sind durch die Entwicklung hochmodularer Faserwerkstoffe, wie Technora, Vectran und Dyneema, neue Gestaltungsmöglichkeiten für leichte Zugmittel und somit auch für Seile entstanden, die unter dem weitläufigen Begriff der technischen Textilien in vielfältigen Applikationen eingesetzt werden können.

Eine Forschergruppe der Professur Fördertechnik an der TU Chemnitz hat sich das Ziel gesetzt, mithilfe neuer effizienter Herstellungstechnologien im Bereich textiler Zugmittel leistungsfähigere Seilstrukturen zu entwickeln. Das Mantelprojekt mit dem Kurznamen „InnoZug“ wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Innovationsinitiative „Unternehmen Region InnoProfile“ bis zum Jahr 2011 mit einer Gesamtsumme von rd. 2,3 Mill. € gefördert. Es wurde maßgeblich von Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel initiiert und nun als Grundbaustein der gleichnamigen Forschergruppe „InnoZug“ unter Leitung von Dipl.-Ing. Markus Michael zugeführt.



1 Flechtmaschine von Herzog



2 Online-Überwachung von Zugmitteln mit faseroptischer Sensorik

Forschungsgegenstand

Das Forschungsvorhaben verfolgt drei wesentliche Zielstellungen: Grundlagenforschung an Faserseilen; Entwicklung zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Bestimmung des Seilzustandes; Integration mechanischer Zusatzelemente in textile Zugmittel. Durch systematische Untersuchungen der Eigenschaften von synthetischen Fasern bis hin zu den Faserseilen werden Grundlagen für den breiteren Einsatz besonders im Bereich der laufenden und umgelenkten Seile geschaffen. Eine besondere Herausforderung stellt die rechtzeitige Erkennung von Schädigungsmechanismen im Inneren der Seilstruktur dar, die gerade in sicherheitskritischen Anwendungen, wie Seilwinden, Aufzügen oder Kranen, unabdingbar ist. Speziell für diese Untersuchungen sind eine Seilfertigungslinie angeschafft und eigene Prüfeinrichtungen, wie klimatisierte Kriechprüfstände, Wechselbiegemaschinen, bzw. Reib- und Wickelprüfstände, entwickelt und gebaut wurden.

Technologie Flechtstrecke – alternative Seilwerkstoffe

Die konventionellen Seilmachten sind nur bedingt für laufende Seile einsetzbar. Ziel ist deshalb eine verbesserte Seilkonstruktion mit höherer Dauerbiegefestigkeit. Unter Nutzung einer neuen Seilfertigungslinie für hochfeste Faserseile wird an neuen Lösungsvarianten zur Änderung der Herstellungstechnologie für leistungsfähigere Seilstrukturen gearbeitet.

Das hergestellte hochfeste Seil umfasst eine Vielzahl geradlinig verdrehter Litzen, die aus einer Materialsorte oder aus Faserblendings bestehen können. Das Seil kann technologisch nicht nur als einzelnes Rundgeflecht, sondern selbst als gestreckte Kernstruktur von einem Mantel umhüllt werden, um eine homogene Struktur am Seil zu bilden, die den Abrieb der Litzen durch den Kontakt mit Umlenkscheiben oder Seiltrommeln als umlaufendes Seil verringert. Eine derartige Ummantelung liegt vorzugsweise in Form eines geflochtenen, relativ undehnbaren Textilgarns, wie z. B. Polyester, vor. Das Seil kann in jeder beliebigen Größe (Querschnitt und Länge) unter Berücksichtigung des Verwendungszweckes konzipiert werden.

In der ersten Vorstufe des Seils werden einzelne Rovings an einer Zwirnmachine zu einem Garn mit einer Feinheit von bis zu 100 ktex verdreht. Die gefertigte Litze wird in einem optimalen Spulprozess durch eine stufenlos einstellbare Spindelgeschwindigkeit und Verlegeeinheit exakt auf eine Spule verlegt. Geschlossen wird der Maschinenkreislauf mit der Fertigung eines Seils als Kern-Mantel- oder Rundgeflecht in Standard- bzw. Tandembesetzung der Flechtmaschine (Bild 1). Eine einfache Handhabung ist durch offene Fadenführung, lange Laufzeiten, hohes Spulenvolumen, variable Flechtlänge, hohe Produktionsleistung und elektronische Schlaglängenregelung gewährleistet.

Überwachung des Seilzustandes durch integrierte Sensorik

Das Potenzial hochfester Zugmittel aus Kunstfasern ist zurzeit eher in den Märkten zu sehen, die aus technischen Gründen nicht durch Lösungen, die auf Stahlseilen basieren, bedient werden können. In sicherheitsrelevanten Anwendungsbereichen ist der Einsatz hochfester Zugmittel nur denkbar, wenn ein Prüfverfahren zur Verfügung steht, mit dem der Zustand des Zugmittels beurteilt werden kann. Voraussetzung dafür ist das genaue Verständnis der Schädigungs- und Verschleißmechanismen. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen zur Ableitung eines zerstörungsfreien

technik

Prüfverfahren. Bei der Umsetzung des Prüfverfahrens in Form entsprechender Vorrichtungen sollen zwei Ansätze verfolgt werden: Zum Einen ist ein Prüfsystem vorstellbar, das im Rahmen regelmäßig durchgeführter Inspektionen den Zustand des Zugmittels bestimmen kann (vergleichbare Systeme sind für Stahlseile bereits bekannt). Zum Anderen soll die Möglichkeit untersucht werden, Zugmittel lückenlos durch die Integration zusätzlicher Sensoren, wie z. B. Lichtwellenleiter, zu überwachen (Bild 2). Die gewonnenen Messwerte dienen dann – unter Berücksichtigung der jeweiligen Anwendung – zur Abschätzung der Restlebensdauer des Zugmittels.

Untersuchung der Biegefestigkeit

Die Abschätzung der Lebensdauer von Faserseilen ist deutlich schwieriger als die der Stahlseile. Während die Dauerfestigkeit eines rein statisch beanspruchten Stahlbauteiles nahezu unendlich ist, begrenzt das viskoelastische Materialverhalten der hochmodularen Polymerwerkstoffe selbst den statischen Anwendungsfall. Kriechvorgänge initiieren eine bleibende Längung des Seiles und können bei entsprechender Belastungsdauer und Einsatztemperatur zum Versagen führen. Außerdem besteht das Problem der Energiedissipation, d. h. anders als bei den Metallen haben die Dehnraten und die Temperatur der Polymerwerkstoffe einen sehr großen Einfluss auf das Spannungs-Dehnungsverhalten. Deshalb erfordert die Verwendung von Kunststoffen in der Seilkonstruktion neben bekannten Seilprüfungen wesentlich detailliertere Kenntnisse über die Werkstoffeigenschaften.

Im Bereich fördertechnischer Anwendungen werden umlaufende Seile unter Last um Seilscheiben gebogen, wodurch es einerseits zur Ausbildung lokaler Zug- und Druckzonen, andererseits zu Relativbewegungen zwischen den Fasern und Litzen kommt. In Verbindung mit dem viskoelasti-

schen Materialverhalten entsteht aus der Überlagerung unterschiedlicher Schädigungsmechanismen ein komplexer Schädigungsvorgang. Um die Bruchbiegewechselzahl zu ermitteln, werden sog. Doppelbiegeversuche durchgeführt. Dabei wird ein Prüfseil mit einer Zugkraft belastet und über eine Prüfscheibe



3 Bidirektionale Biegewechselmaschine

hin- und hergebogen, bis eine oder mehrere Litzen gebrochen sind. Bei Stahlseilen konnten dadurch Lebensdauergleichungen entwickelt werden, die zur Auslegung eines Seiles herangezogen werden. Diese setzen jedoch ein elastisches Materialverhalten voraus und können nicht ohne weiteres auf Faserseile und deren Deformations-Geschichte übertragen werden. So wurde bei Biegeversuchen an Faserseilen aus HMPE festgestellt, dass es zu einem überlagerten Versagen aus mechanischem Verschleiß und Kriechverformung kommt. Der Anteil der Kriechverformung am Schädigungsergebnis soll deshalb in einer Lebensdauergleichung für Faserseile berücksichtigt werden.

Ein Forschungsgegenstand an der TU Chemnitz ist die Beschreibung der einzelnen Schädigungsmechanismen, wie Verschleiß durch Faser-Relativbewegungen, Oberflächenverschleiß, Faserknickung, Wär-

mestau und Kriechneigung. In diesem Zusammenhang wurde ein neuartiger, auf dem Gebiet der Faserseilforschung einzigartiger Prüfstand (Bild 3) entwickelt und gebaut, mit dem nicht nur die klassische unidirektionale, sondern auch die bidirektionale Biegung, wie sie in Kranen und Aufzügen dominiert, untersucht werden kann. Der Prüfstand arbeitet mit einer Prinzipumkehr, d. h. nicht das Seil, sondern die Prüfscheiben werden bewegt. Die Auswirkungen auf das System Seil bleiben dabei unberührt. Es wird ein Prüfseil eingespannt, über die im Mäander angeordneten Prüfscheiben gelegt und mit einer Zugkraft beaufschlagt. Damit lässt sich nicht nur der Einfluss der Gegenbiegung auf Faserseile simulieren, sondern es ist auch eine deutliche Erhöhung der Biegegeschwindigkeit bei Kurzzeitversuchen möglich.

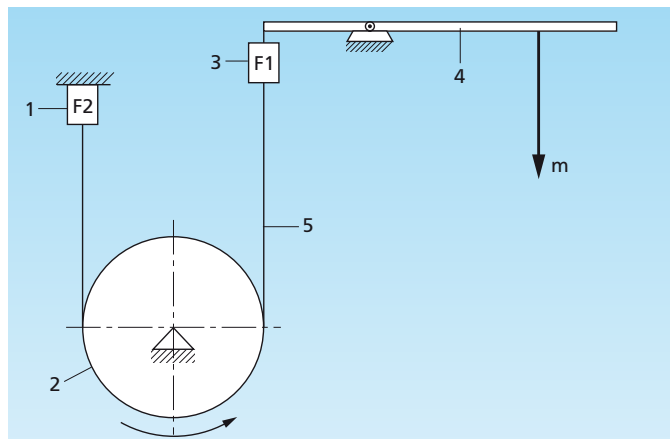
Betrachtung der Treibfähigkeit

Treibscheibenantriebe werden größtenteils in Aufzügen und Schachtförderanlagen im Bergbau genutzt. Ausgehend von Überlegungen zur weiteren Erhöhung der Energieeffizienz und der damit verbundenen Gestaltung moderner Fördersysteme erweiterten sich in letzter Zeit die Anwendungsfelder des Treibscheibenkonzeptes. So gibt es z. B. Denkansätze, solche Antriebe in Verbindung mit leichteren Tragmitteln auch in Regalbediengeräten einzusetzen.

Das Endziel der Forschungsarbeiten besteht darin, die Anwendbarkeit hochfester synthetischer Faserseile in Treibscheibenantrieben zu ermöglichen und dabei die Übertragbarkeit der für Stahlseile geltenden Auslegungsvorschriften zu überprüfen. Zunächst soll der Einfluss der Rillengeometrie der Treibscheiben sowie des eingesetzten Seilmaterials auf den zu erwartenden Reibwert untersucht werden. Ausgehend vom Eytelweinschen Modell der Umschlingungsreibung, soll das Versuchskonzept nach Bild 4 realisiert werden. Der Reibwert lässt sich rechnerisch aus dem Verhältnis der Kräfte und dem Umschlingungswinkel ermitteln.

Übertragung von neuen Funktionen auf das Tragmittel durch Seilketten und Endverbindungen

Im Bereich der Stetig- und Kettenfördersysteme soll ein neues Fördersystem für Stückgüter entwickelt werden, das deutlich höhere Zugkräfte und eine größere Beweglichkeit als die bekannten 3D-Gleitketten-Fördersysteme aufweist. Der Lösungsansatz sieht vor, bisherige gliederförmige Zugelemente, die mithilfe von horizontalen und vertikalen Bolzen gelenkig zur Ket-

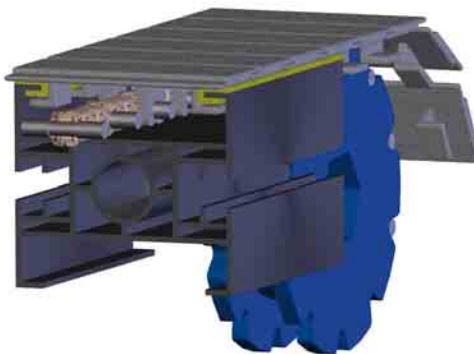


4 Prüfstandskonzept zur Ermittlung des Reibwertes zwischen Seil und Scheibe

- 1 Kraftmessdose zur Ermittlung von F_2
- 2 Prüfscheibe
- 3 Kraftmessdose zur Ermittlung der Vorspannkraft F_1
- 4 Hebel zur Aufbringung und Variation der Vorspannkraft
- 5 Prüfseil

te verbunden sind, durch einen hochfesten, biegeflexiblen Zugstrang (Bild 5) zu ersetzen. In dieses Seil sollen bei der Herstellung in gleichen Abständen Bolzen integriert werden, auf denen entsprechende Tragplatten per Schnappverbindung montiert sind.

Mithilfe der integrierten mechanischen Elemente wird die Kette formschlüssig angetrieben. Die Aufgabe der Zugkraftübertragung übernimmt das hochfeste Seil oder Band, die Tragfunktion wird von den Tragplatten, die das Fördergut auf-



5 *Prinzipskizze eines Tragseilfördersystems*

(Bilder: TU Chemnitz)

nehmen, ausgeübt. Dadurch können Fördersysteme in Bezug auf den Verlauf der Förderstrecke flexibler gestaltet sein und sowohl statisch wie auch dynamisch höher belastet werden. Durch die Erzielung eines weiteren Freiheitsgrades ist eine Rotation um die dritte fehlende Achse möglich. Somit hat das neue System vier Freiheitsgrade – eine Translation und drei Rotationen. Ziel ist es, ein niedrig dehrendes und teilungsgenaueres Funktionsmuster herzustellen. □

Weitere Informationen zum Projekt „InnoZug“ erteilt

Dipl.-Ing. *Markus Michael*
 Tel.: 0371/531-32340
 E-Mail: markus.michael@mb.tu-chemnitz.de
 Internet: www.tu-chemnitz.de/projekt/InnoZug

Dipl.-Ing. Thorsten Heinze
 ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur Fördertechnik an der Technischen Universität Chemnitz



Dipl.-Ing. Ingo Berbig
 ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur Fördertechnik an der Technischen Universität Chemnitz



Dipl.-Ing. (FH) Markus Speck
 ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur Fördertechnik an der Technischen Universität Chemnitz



Dipl.-Ing. (FH) Manuela Kunz
 ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Professur Fördertechnik an der Technischen Universität Chemnitz

