

Seitenabhängiges Biegeverhalten geflochtener Faserseile auf Seilscheiben

Bending behavior of braided fibre ropes depending on which ropeside is on the sheave

Andreas Kretschmer

*Professur Fördertechnik
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
Fakultät Maschinenbau
Technische Universität Chemnitz*

Für den Einsatz von Faserseilen in fördertechnischen Anwendungen, wird versucht alle Eigenschaften der Seile zu beherrschen um Unfällen die auf Struktur- bzw. Materialversagen zurückzuführen sind zu verhindern. In der Dissertation „Einflussfaktoren auf die Lebensdauer laufender Faserseile“, wurden dazu neue Erkenntnisse gewonnen die für den Einsatz in fördertechnischen Anwendungen von besonderer Bedeutung sind. Im vorliegenden Artikel wird auf die einzelnen Punkte, Einfluss der Herstellungsparameter und Einfluss der entstehenden Seilform in Bezug auf die Biege- und Seilfestigkeit und die aus der Seilform resultierenden Auflageseiten eingegangen. Einflussparameter bei unverändertem Ausgangsprodukt Garn sind die Herstellungsrichtung des Seils, die Flechtigkeit, der Verdrehwinkel der Litzen im fertigen Seil und die Flechtlänge bzw. der Flechtwinkel des Seils. Mit Kenntnis dieser Eigenschaften kann der Einsatz von Faserseilen weiter ausgebaut werden.

[Faserseil, Biege- und Seilfestigkeit, Flechtigkeit, Verdrehwinkel, Flechtwinkel]

For the use of fiber-ropes in conveying applications it is tried to control all properties of the ropes to prevent accidents which are caused by structure or material failure. In the dissertation “influencing factors on the lifetime of running fiber-ropes” new discoveries were won which are of particular importance for conveying applications. This article goes in detail to the influence of production parameters and the influence of the profile of the rope in connection with possible bending-cycles and the sides of the rope caused by the profile of the rope. Influencing parameter with no change in the raw material yarn are production-orientation of the rope, the floating length, the turning-angle of the strands in the produced rope and the braid-angle of the strands in the rope. With the knowledge of these parameters the use of fiber-ropes can be multiplied.

[Keywords: fiber-rope, bending-cycles of ropes, floating length, turning-angle of strands, braiding-angle]

1 EINLEITUNG

Für die Erschließung neuer Einsatzgebiete für hochfeste Fasern, z. B. als geflochtenes Seil, ist die Kenntnis der resultierenden Eigenschaften von großer Bedeutung. Hersteller hochfester Faserseile zielen bei der Produktgestaltung meist auf hohe Zugfestigkeit, geringe Dehnung und eine möglichst geringe Kriechneigung der Seile. Für statisch beanspruchte Seile sind diese Eigenschaften zwingend notwendig um ein funktionierendes System z. B. für das Abspannen von Lasten zu gewährleisten. Für Seile die in bewegten Systemen eingesetzt werden, sind die genannten Eigenschaften ebenfalls von großer Bedeutung, jedoch kommt zusätzlich die Anforderung der Biege- und Seilfestigkeit beim Lauf des Seils über Treib- und Umlenkscheiben hinzu. Dies wird bei bisherigen Seilkonstruktionen nur unzureichend beachtet, was dazu führt, dass die Seile frühzeitig ausfallen. Dies ist einer der Gründe warum Faserseilkonstruktionen in fördertechnischen Anlagen kaum eingesetzt werden. Die nachfolgend beschriebene Untersuchung befasst sich eingehend mit den Einflüssen der Seilherstellung.

Basis der Untersuchungen bildete die Dissertation von Dr. Ing. Thorsten Heinze “Zug und biege- und seilwechselbeanspruchte Seilgeflechte aus hochfesten Polymerfasern“ [Hei2013]. In dieser wurden verschiedene Seilkonstruktionen, Fasertypen sowie grundlegende Parameter der Seilherstellung untersucht. Als Haupteinflussgrößen für geflochtene Faserseile wurden z. B. die Flechtlänge → starker Einfluss auf Dehnung und Zugfestigkeit des Seils sowie ein fasertypabhängiger Verdrehwinkel der Litzen ermittelt β → starker Einfluss auf die Abrasion Faser gegen Faser.

Für die Untersuchungen wurden die variablen Parameter eingeschränkt um den Aufwand der Versuche zu

beschränken. Als zu untersuchende Faser wurde die Faser Technora T221® festgelegt. Um vergleichende Untersuchungen zu der Grundlagenarbeit von Dr. Ing. Thorsten Heinze zu ermöglichen, wurden der Seilaufbau mit identischen Fertigungsparametern hinsichtlich der Flechtlänge, der Seilmachart und der Anzahl der verwendeten Garne gewählt. Bei der gewählten Seilkonstruktion handelt es sich um ein 12-litziges, zweiflechtiges, einfädiges Rundgeflecht. Als variable Größen wurden Verdrehwinkel und Herstellungsrichtung gewählt. Zusätzlich wurde noch Seil in dreiflechtiger Aufmachung mit ansonsten identischen Parametern hergestellt und hinsichtlich der gleichen Kriterien untersucht.

Geflochtene Seile für dynamische Anwendungen werden zumeist in zweiflechtiger Aufmachung hergestellt, da dies die Pressung der Litzen an den Überkreuzungsstellen auf die Hälfte, im Vergleich zu einflechtigen Konstruktionen, reduziert. Um den bekannten Effekt für hochfeste und querempfindliche Fasern noch zu steigern, wurde der Ansatz verfolgt diese als dreiflechtiges Geflecht zu verarbeiten. Ziel war eine zusätzliche Reduktion der Pressung, was die Lebensdauer beim Lauf über Seilscheiben steigern sollte.

Die entsprechenden Versuche wurden, dem Ansatz der dreiflechtigen Geflechte folgend, hauptsächlich mit dieser Machart durchgeführt. Konstruktionen mit zweiflechtigem Aufbau wurden als Kontroll- bzw. Referenzseile hergestellt und untersucht. Die Untersuchungen dazu begannen jedoch später.

Mit Beginn der Referenzuntersuchungen an zweiflechtigen Geflechtern, die mit der identischen Garncharge und durch weiteres zudrehen der Litzen hergestellt wurden, zeigte sich, dass die zweiflechtige Konstruktionen bessere Biegeeweiseigenschaften aufweisen. Daher wurden die Untersuchungen dazu erweitert und rückten mit weiteren Erkenntnissen in den Hauptfokus.

2 VORSTELLUNG DER EINFLUSSGRÖßEN / FESTE FERTIGUNGSPARAMETER

2.1 GRUNDLEGENDES ZUR SEILHERSTELLUNG GEFLOCHTENER FASERSEILE

Rundgeflochtene Faserseile werden mit Rundflechtmaschinen hergestellt. Die Form und Spezifikation des entstehenden Seils hängt dabei von der gewählten Maschine und deren Klöppelbesetzung ab. Zu den gebräuchlichsten Formen der Seilkonstruktionen für bewegte Anwendungen gehören z. B. die genormten Konstruktionen:

- 8-litzig, einflechtig, 2-fädig
- 12-litzig, zweiflechtig, 1-fädig

Konstruktionen mit einer größeren Litzenanzahl sind ebenfalls möglich, jedoch führt dies zur Bildung eines vergrößerten Hohlraums im Seilinnern. Dieser führt dazu, dass das Seil nicht querstabil ist und kollabieren kann, es entsteht im schlimmsten Fall ein Schlauch. Geflechte mit einer höheren Litzenzahl werden daher als stabilisierender und schützender Mantel einer tragenden Kernstruktur genutzt.

2.2 VORSTELLUNG GRUNDLEGENDER SEILPARAMETER UND SEILEIGENSCHAFTEN GEFLOCHTENER FASERSEILE

Geflochtene Faserseile weisen eine Vielzahl von Parametern auf, die im Rahmen der Herstellung und Nutzung beachtet werden müssen. Diese sind:

- Der grundlegende Seilaufbau → einlagig oder mehrlagig
- Der Seilnennendurchmesser d_{Nenn}
- Die verwendeten Materialien
- Eventuelle Beschichtungen / Schichten auf den verwendeten Materialien
- Die Feinheit des verwendeten Garns T_{KF}
- Die Dicke der Einzelfasern des Garns d_{Garn}
- Anzahl der Garne pro Litze n_{FL}
- Flechtigkeit des Seils F
- Fädigkeit des Seils n_{F}
- Verdrehwinkel β der Litzen im fertigen Seil
- Herstellungsrichtung des Verdrehwinkels im fertigen Seil
- Flechtlänge f des Seils

Je nach gewählter Kombination, ausgehend von einer fixen Größe z. B. dem Seilnennendurchmesser, ergeben sich verschiedenste Eigenschaften des entstehenden Seils. Folgende Seileigenschaften können z. B. bewertet werden:

- Bruchlast des Seils F_{Bruch}
- Dehnung des Seils bei Bruch
- Biegeeigenschaften des Seil
- Biegewechselfestigkeit des Seils für dynamische Anwendungen → z. B. Einsatz als Aufzugsseil

In der hier vorgestellten Arbeit wird vornehmlich die Biegewechselfestigkeit sowie die Bruchlast des Seils betrachtet. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchung wurden die Parameter

- Flechtigkeit F ,
- Verdrehwinkel β im gefertigten Seil
- und Herstellungsrichtung

an zwölfplitzigen Seilen untersucht und analysiert. Alle weiteren genannten Parameter wurden als fixe Größen behandelt und für alle hergestellten Proben nicht verändert. Fix sind somit die:

- Flechtlänge mit $f = 40$ mm,
- Anzahl der Garne pro Litze $n_{FL} = 11$
- Feinheit des Garns $T_{KF} = 1670$ dtex

Um möglichst genau Ergebnisse zu erreichen wurde für die Seilherstellung immer die gleiche Garncharge genutzt, da aus vorangegangenen Untersuchungen bekannt ist, dass zwischen den unterschiedlichen Garnchargen Unterschiede auftreten können, was sich erheblich auf die Versuche auswirken kann.

2.3 ENTSTEHENDE SEILFORMEN

In Abhängigkeit der Art der Herstellung des gewünschten Verdrehwinkels β sowie bei der unterschiedlichen Flechtigkeit des Seils, entstehen verschiedenen Querschnittsformen. In Abbildung 1 und Abbildung 2 werden die entstehenden Querschnittsformen zwölfplitziger Seile in den Aufmachungen zwölfplitzig zweiflechtig aufgedreht sowie zuge dreht und ein zwölfplitziges dreiflechtiges Geflecht je mit einem Verdrehwinkel $\beta \approx 11^\circ$ dargestellt. Im Herstellungsprozess erfahren die Litzen des Seils in Abhängigkeit von der Flechtlänge eine zusätzliche Verdrehung. Allgemein weisen zweiflechtige Geflechte der beschriebenen Aufmachung einen annähernd sechseckigen Querschnitt auf. Besonders ausgeprägt ist dieser Charakter bei Seilen die durch aufdrehen hergestellt wurden. Seile die durch zudrehen hergestellt wurden erscheinen hingegen unsymmetrisch.

Die sowohl auf- als auch zuge dreht hergestellten zwölfplitzigen dreiflechtigen Geflechte unterscheiden sich im resultierenden Querschnitt kaum. Grund dafür ist, dass die quadratische Form die dichtest mögliche Packung darstellt. Hohlräume in der Mitte des Querschnitts, wie bei den zweiflechtigen Geflech ten zu sehen, sind nur bedingt vorhanden.

Für den Lauf über Seilscheiben ist die Form der Seile von großer Bedeutung, da sich die Rillenform auf die er-

tragbaren Biegewechsel auswirken kann. Näheres dazu wird im Kapitel 3.2 betrachtet.

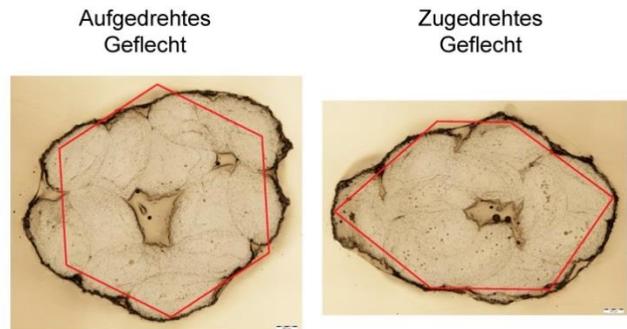


Figure 1.: *Abbildung 1: Seilformen zweiflechtiger Seile [Kre2016]*

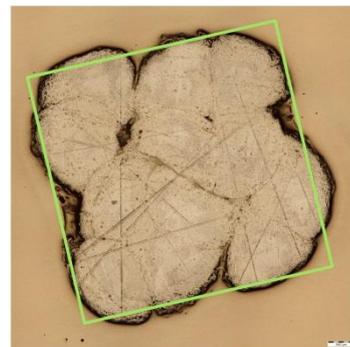


Figure 2.: *Abbildung 2: Querschnitt dreiflechtiges Geflecht [Kre2016]*

Bekannt dabei war bisher, dass je nach verwendetem Faserwerkstoff bei Garnabrazionsversuchen ein kleiner Verdrehwinkelbereich der Garne existiert, bei dem bei Reibung von Faser gegen Faser die maximale Lebensdauer erreicht wird, siehe [Hei2013]. Ebenfalls bekannt war, dass dieser Winkel auf die Litzenverdrehung adaptiert werden kann. Weiterhin ist bekannt, dass die Flechtlänge einen diametralen Einfluss auf die Biegewechselfestigkeit als auch auf die Zugfestigkeit des herzustellenden Seils hat, ebenfalls [Hei2013]. Je größer die Flechtlänge, desto geringer ist die Strukturdehnung, aber desto geringer ist auch die Biegewechselfestigkeit. Eine kürzere Flechtlänge erzeugt mehr Gelenkpunkte, die zu einer höheren Biegewechselfestigkeit und höheren Strukturdehnung führen, unter dem Aspekt, dass der resultierende Verdrehwinkel der Litzen im Seil gleich gehalten wird. [Hei2013]

3 VERSUCHSVORBEREITUNG UND DURCHFÜHRUNG

3.1 HERSTELLUNG DER SEILPROBEN

Für die Herstellung der Seilproben für die dreiflechtigen Geflechte wurde eine neue Flechtmaschine entwickelt, die in der Lage ist simultan ein Kern-Mantel-

Geflecht herzustellen, das eine Verbindung zwischen Kern und Mantel aufweist. Diese Verbindung wird durch Austausch eines Klöppels zwischen inneren und äußeren Flechtkreis ohne Stopp der Maschine hergestellt.

Für die Voruntersuchungen wurde mit Hilfe dieser Maschine zuerst das tragende dreiflechtige Kernseil hergestellt um die Auswirkungen des variablen Verdrehwinkels β zu untersuchen. Für die Herstellung der verschiedenen Verdrehwinkel erfolgt eine variable Vorverdrehung der Litzen um den jeweils gewünschten Verdrehwinkel β bei konstanter Flechtlänge im Geflecht zu erreichen. Die dazu verwendete Maschine, ein Twister der Firma Roblon Typ T300, ermöglicht einen Verdrehbereich von $n_{ZL} = 20$ U/m bis 140 U/m. Als Beispiel für die unter 2.2 genannte Litzenkonfiguration ergibt sich für einen Litzenverdrehwinkel $\beta = 11^\circ$, dass die Litze $n_{UL} = 49$ U/m im fertigen Seil besitzt. Um dies bei einer Flechtlänge $f = 40$ mm zu erreichen, gibt es zwei Möglichkeiten: Das Aufdrehen der Litze im Flechtprozess bzw. das Zudrehen der Litze im Flechtprozess. Die Flechtlänge $f = 40$ mm entspricht 25 Umläufen der Klöppel, das bedeutet, dass die Litze 25 zusätzliche Verdrehungen erfährt. Für das Aufdrehen der Litze im Flechtprozess, ist eine Vorverdrehung $n_{ZL} = 74$ U/m nötig, für das Zudrehen eine Vorverdrehung $n_{ZL} = 24$ U/m. Es wird somit deutlich, dass kleinere Verdrehwinkel β für die festgelegte Flechtlänge nur durch Aufdrehen der Litze hergestellt werden können, da Vorverdrehungen der Litze unter $n_{ZL} = 20$ U/m mit dem genannten Twister nicht möglich sind. Für Seile mit einer Verdrehung der Litzen unter $n_{UL} = 45$ U/m im fertigen Seil wurden alle Proben durch aufdrehen hergestellt.

3.2 BETRACHTUNG DER BIEGEWECHSELVERSUCHE

Für die Untersuchungen der Biegewechselfestigkeit von Seilen gibt es spezielle Prüfmaschinen, ein Schema ist in Abbildung 3 dargestellt. Mit dieser erfolgt die Biegeprüfung der Seile bis zum Bruch des Seils. Durch Aufzeichnung von Kraft und Anzahl der ertragenen Biegezyklen, können Rückschlüsse auf die mögliche Lebensdauer des Seils gezogen werden. Mit dieser Art der Belastung wird versucht den realen Einsatz des Seils beim Lauf über Seilscheiben bzw. Treibscheiben nachzubilden.

Mit dieser Maschine werden die Seile bei verschiedenen Laststufen geprüft. Daraus können durch geeignete Modelle Kennwerte für das Seil abgeleitet und die zu erwartende Lebensdauer für den Anwendungsfall abgeschätzt werden. Als Rillengeometrie der Prüfscheibe wird standardmäßig eine Rundrille verwendet. Der Rillenradius ist dabei an die Norm DIN 15020 Grundsätze für Seiltriebe angelehnt und beträgt $R = 0,53 \cdot d_{Nenn}$.

Da die hier betrachteten geflochtenen Seile keinen runden Querschnitt aufweisen, erfolgte zusätzlich eine Untersuchung der Rillenform hinsichtlich Optimierungsmöglichkeiten. Es erfolgte dabei eine Anpassung der

Flanken, siehe Abbildung 4, für die hergestellten Seile mit dem Nenn Durchmesser $d_{Nenn} = 6$ mm.

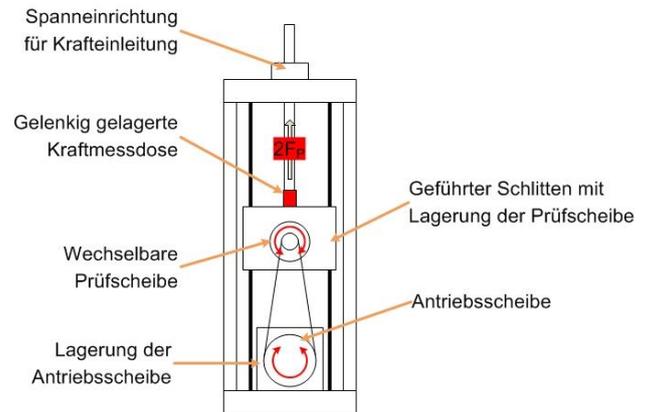


Figure 3.: Abbildung 3: Schema einer Wechselbiegemaschine [Kre2016]

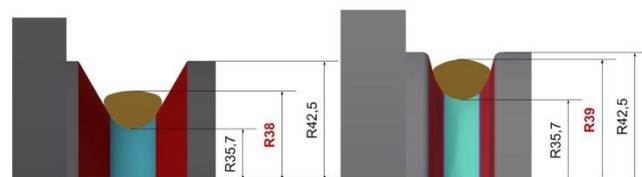


Figure 4.: Abbildung 4: Vergleich Standardrille links, angepasst rechts [Kre2016]

3.3 DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DER BIEGEWECHSELVERSUCHE

Nach Erfassung der Daten der Biegewechseluntersuchungen für die verschiedenen Verdrehungen der Seillitzen der untersuchten dreiflechtigen Seile stellte sich der in Abbildung 5 dargestellte Kurvenverlauf ein. Auffällig dabei ist der Knick in der Kurve der ertragbaren Biegewechsel im Bereich von 30 – 40 U/m.

Erwartet wurde ein ähnlicher Kurvenverlauf wie bei den Garnabrasionsversuchen in Abbildung 6 aus der Eingangs erwähnten Arbeit "Zug und biegewechselbeanspruchte Seilgeflechte aus hochfesten Polymerfasern", da der gleiche Verschleißmechanismus, Reibung Faser gegen Faser, auftritt. Der „optimale“ Verdrehwinkel der Garne, liegt für Technora T221 ® bei $\beta = 11^\circ$. Daraus wurde geschlossen, dass ein zusätzlicher Effekt vorhanden sein muss, der Einfluss auf die Lebensdauer hat.

Da am eigentlichen Produktionsprozess des Seils keine Veränderungen außer der Variation des Auf- und Zudrehen der Litzen vorgenommen wurde, muss der Effekt darin begründet sein. Um diesen Ansatz weiter zu verfolgen wurde für den Verdrehwinkel $\beta = 11^\circ$, dies entspricht einer Litzenverdrehung von $n_{UL} = 49$ U/m im fertigen Seil, Proben auf beide Weisen hergestellt und geprüft. Die Ergebnisse der Biegewechseluntersuchungen sind in Abbildung 7 dargestellt. Deutlich erkennbar sind

zwei Bereiche die der jeweiligen Herstellungsrichtung genau zuordenbar sind. Die durch zudrehen hergestellte Seile weisen dabei eine wesentlich höhere Biegewechselfestigkeit auf.

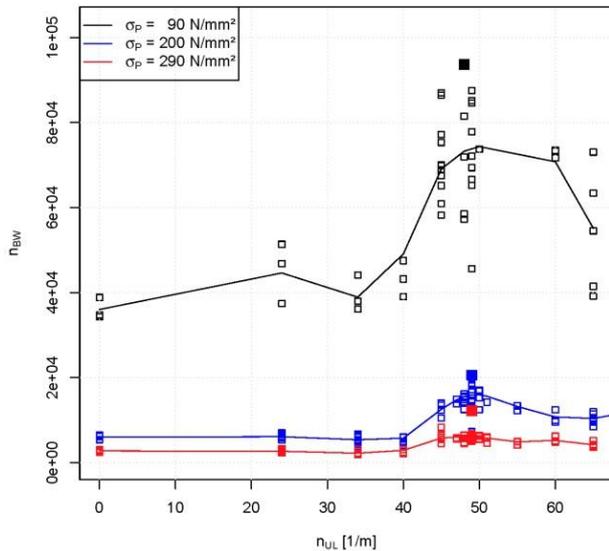


Figure 5.: *Abbildung 5: Anzahl ertragbarer Biegewechsel in Abhängigkeit der Verdrehung pro Meter [Kre2016]*

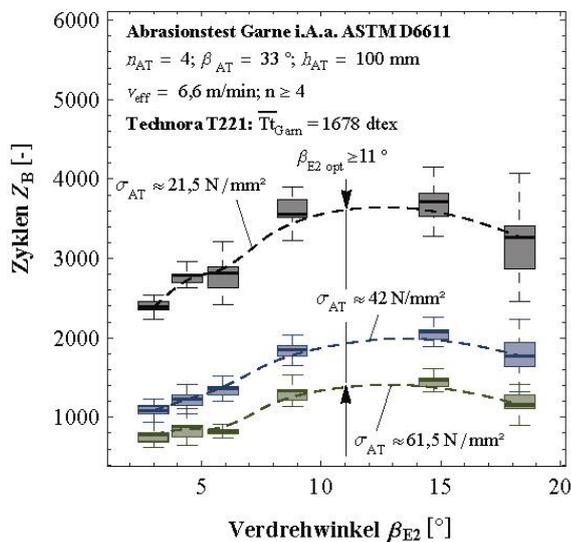


Figure 6.: *Abbildung 6: Anzahl ertragbarer Abrasionszyklen in Bezug auf den Verdrehwinkel des Garns [Hei2013]*

Die jeweiligen Bereiche weisen jedoch einen relativ großen Streubereich auf, der nicht direkt erklärbar ist und die Vermutung nahelegt, dass noch ein zusätzlicher Effekt besteht. Dieser Fragestellung wurde im Weiteren nachgegangen. Bei Analyse der Seilstruktur siehe Abbildung 1, wurde deutlich, dass besonders die zugeordneten Geflechte eine ungleichmäßige sechseckige Form

aufweisen. Daraufhin wurde das Seil markiert und Seiten definiert, siehe Abbildung 8, Abbildung 9.

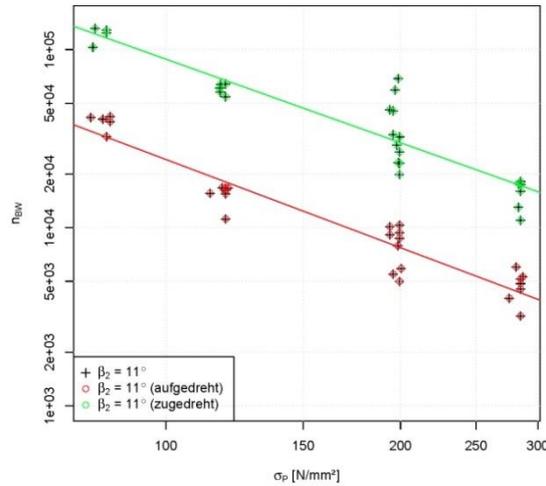


Figure 7.: *Abbildung 7: Einfluss der Herstellungsrichtung auf die ertragbaren Biegewechsel [Kre2016]*

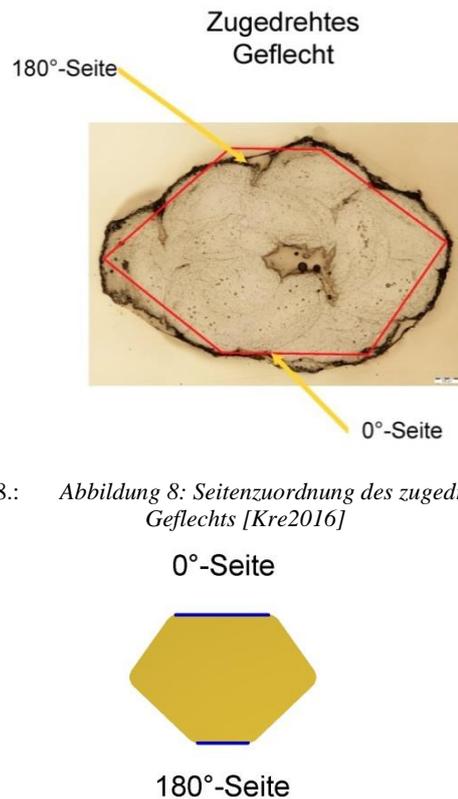
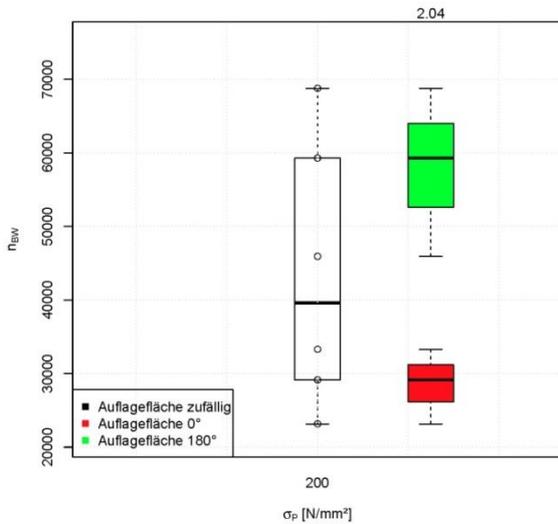


Figure 8.: *Abbildung 8: Seitenzuordnung des zugeordneten Geflechts [Kre2016]*

Figure 9.: *Abbildung 9: Schematischer Schnitt durch das Seil [Kre2016]*

Mit dem markierten Proben wurden seitenabhängig Biegeprüfungen durchgeführt - die Ergebnisse dazu sind in Abbildung 10 dargestellt. Es zeigt sich, dass mit der Trennung der Seiten eine zusätzliche Unterscheidung möglich ist und mit Auflage der 180°-Seite die Lebensdauer stark gesteigert werden kann.



In Abbildung 11 ist die Gesamtheit der Versuche mit zweiflechtigen und dreiflechtigen Seilen die einen Verdrehwinkel $\beta=11^\circ$, sprich einer Verdrehung der Litzen von $n_{UL}=49$ U/m im fertigen Seil aufweisen, dargestellt. Die Punkte G1-G6 sind in Abbildung 12 aufgeschlüsselt. Die Versuchsbetrachtung G4 in Abbildung 11 zeigt die Wirkung einer auf die Form des Geflechts angepassten Rillenform. Mit angepasster Rille ist eine zusätzliche Steigerung der Lebensdauer um etwa 30 Prozent möglich.

Als Ursache der entstehenden Seiten konnte der Entstehungsprozess des Geflechts ausgemacht werden, speziell die Stelle des Zusammenlaufs aller Litzen. Eine Untersuchung und Anpassung des Herstellungsprozesses ist folglich nötig.

Figure 10.: *Abbildung 10: Seitenabhängige Auflage in der Seilrille [Kre2016]*

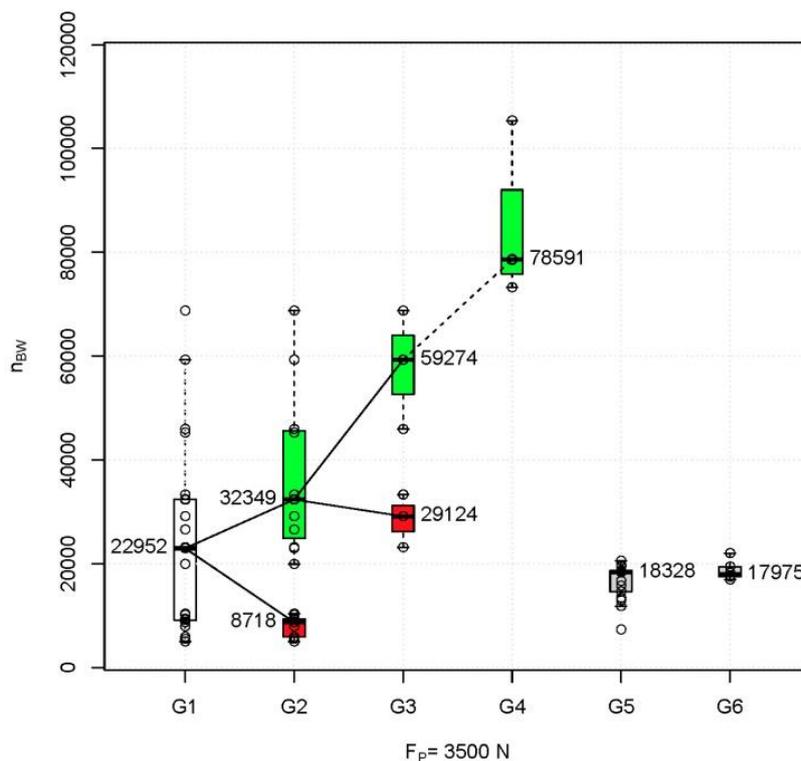


Figure 11.: *Abbildung 11: Übersicht zu den Biegewechselfestigkeiten [Kre2016]*

Parameter	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Bindung	zweiflechtig	zweiflechtig	zweiflechtig	zweiflechtig	dreiflechtig	dreiflechtig
Verdrehwinkel der Litze β_2	11°	11°	11°	11°	11°	11°
Form der Prüfrille	Rundrille	Rundrille	Rundrille	optimierte Rille	Rundrille	Quadratrille
Flechtrichtung	unbetrachtet	auf zu	zu	zu	zu	zu
Auflagefläche	unbetrachtet	unbetrachtet	0° 180°	180°	unbetrachtet	unbetrachtet

Figure 12.: *Abbildung 12: Aufschlüsselung der Versuchsauswertung [Kre2016]*

4 ABSCHLIEBENDE BETRACHTUNGEN

4.1 INNERE UND ÄUßERE FORM

Die Seitenabhängigkeit der ertragbaren Biegewechsel, ist für technische Anwendung geflochtener Faserseile ein starker Nachteil, da eine Unterscheidung der Seiten des Seils in der praktischen Anwendung nur bedingt möglich ist. Zudem tritt in vielen Anwendungen keine reine Wechselbiegung, sondern auch eine Gegenbiegung des Seils auf. Daher ist eine symmetrische Form des Seils erstrebenswert, da damit sichergestellt werden kann, dass keine unterschiedlichen Eigenschaften in Bezug auf die Seiten auftreten. Mit Hilfe eines Versuchsaufbaus, konnte für ein zuge drehtes Geflecht der symmetrische Aufbau realisiert werden. Ein entsprechender Querschnitt ist in Abbildung 13 dargestellt. Sehr gut erkennbar ist dabei die sechseckige Querschnittsform des Geflechts.

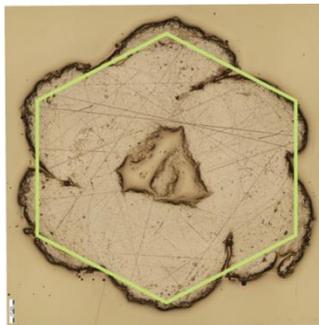


Figure 13.: *Abbildung 13: symmetrisches Geflecht*

4.2 AUSBLICK

Die Herstellung des gewünschten Geflechtsquerschnittes für größere Seillängen konnten noch nicht realisiert werden, entsprechende Versuche dazu werden aktuell durchgeführt. Ein entsprechendes Forschungsprojekt dazu startet aktuell. Ziel dessen ist ein Abzugsverfahren zu entwickeln, dass nicht diese negativen Effekte in die Seilstruktur einbringt. Ansatz dazu ist die Verwendung eines Zahnriemenabzugs, siehe Abbildung 14.

Durch die allseitige Fixierung des entstehenden Geflechts mit den Zahnriemen wird eine unsymmetrische Belastung bei Abzug durch die Maschine verhindert. Dies sollte zu dem allseitig symmetrischen Geflecht führen, was auch allseitig gleiche Eigenschaften aufweist. Erste Vorversuche mit den labormäßig hergestellten symmetrischen Seilstücken verliefen positiv und wiesen eine höhere Biegewechselfestigkeit auf.

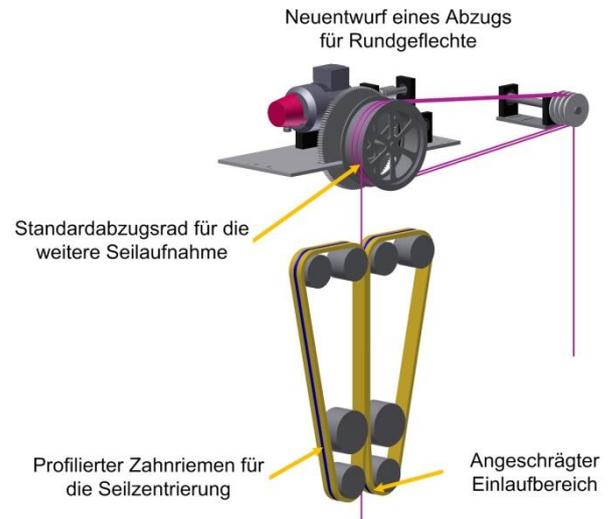


Figure 14.: *Abbildung 14: Ansatz für einen neuen Flechtmaschinenabzug [Kre2016]*

LITERATUR

- [Hei2013] Heinze, Thorsten: *Zug und biegewechselbeanspruchte Seilgeflechte aus hochfesten Polymerfasern.*, 2013.
- [Kre2016] Kretschmer, Andreas: *Einflussfaktoren auf die Lebensdauer laufender Faserseile*, 2016

Dr.-Ing. Andreas Kretschmer, Scientific Assistant, Professorship of Material Handling and Conveying Engineering, Chemnitz University of Technology. Andreas Kretschmer was born 1982 in Rodewisch, Germany. Between 2003 and 2010 he studied mechanical engineering at the Chemnitz University of Technology. His major subjects were Machine Tools and Forming Technology, also Material Handling and Conveying.

Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel, Director, Professorship of Material Handling and Conveying Engineering, Chemnitz University of Technology.

Address: Professorship of Material Handling and Conveying Engineering, Chemnitz University of Technology, Reichenhainerstraße 70, 09126 Chemnitz, Germany, Phone: +49 371 531-38814, Fax: +49 371 531-838814, E-Mail: Andreas.kretschmer@mb.tu-chemnitz.de

