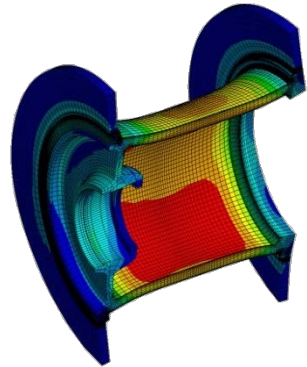


# Auswirkung veränderter Seileigenschaften auf das Beanspruchungsverhalten mehrlagig bewickelter Windentrommeln bei der Substitution von Draht- durch Hochfestfaserseile



Lohrengel, A.; Schulze, M.; Stahr, K.; Wächter, M.

*Aufgrund der zunehmenden Substitution von Drahtseilen durch Hochfestfaserseile ergeben sich Änderungen der Seileigenschaften, die Auswirkungen auf die Beanspruchung von Windentrommeln haben. Zu den veränderten Eigenschaften zählen die Verformung des Seils – die Ovalisierung –, die Reibungsverhältnisse zwischen Seil und Seiltrommel und die Querelastizität der Seile. Es werden nach /3/ die Effekte und die Veränderung auf die Beanspruchung der Trommel dargestellt.*

*The substitution of wire ropes by high-strength synthetic fibre ropes causes changes of their properties. Consequently the strain scenario on rope drums changes. The different properties are for example the deformation (ovalisation), different friction scenario between rope and drum and a different lateral modulus of elasticity. Referring to /3/ the article contains the analysis of afore mentioned effects and their impact on the strain scenario of winch drums.*

## 1 Einleitung

Zur Auslegung von Seiltrommeln ist die Kenntnis der Seilelastizitäten in Längs- und in Querrichtung von entscheidender Bedeutung. Durch die beiden Eigenschaften wird die Belastung des Trommelmantels und der Bordscheiben direkt beeinflusst. Die Längselastizität wird dabei in der Regel von den Seilherstellern ermittelt, wohingegen die Querelastizität auf einem speziellen Prüfstand am Institut für Maschinenwesen ermittelt werden kann. Die Werte für die Querelastizitäten von Faserseilen liegen dabei weit unterhalb derer vergleichbarer Stahlseile /2/.

Bei der Verformung von Faserseilen muss die Querschnittsovalisierung durch kombinierte Längs- und Querkraft und die Durchmesserminimierung unter Zug beachtet werden. Durch die stärkere Verän-

derung der Durchmesser unter Belastung der Faserseile ergeben sich geänderte Bewicklungsdurchmesser in den verschiedenen Lagen und damit geänderte Belastungen auf den Trommelmantel und die Bordscheiben.

Als weiteres sind die Reibungsverhältnisse im Kontaktbereich zwischen Seil und Seiltrommel zu betrachten. Hier treten bei Faserseilen geringere Reibwerte als bei Stahlseilen auf. Daraus resultieren vor allem höhere Belastungen der Bordscheiben.

## 2 Das Zusammenspiel der drei Effekte

Die Veränderung der drei Kenngrößen Seilquerelastizität, Ovalisierungsverhalten und die Änderung der Reibungsverhältnisse durch den Einsatz von Faserseilen hat Veränderungen bei der Seilspeicherung zur Folge. Dabei ist zum einen eine Veränderung bei der Wickelqualität festzustellen, die sich beispielsweise durch Wickellücken erkennen lässt. Zum anderen verändert sich die Beanspruchung der Trommel.

Durch die geringere Querelastizität der Faserseile ist eine Verringerung der Belastung des Trommelmantels zu erwarten. Die Belastung der Bordscheiben hingegen wird im Vergleich zum Einsatz von Stahlseilen ansteigen.

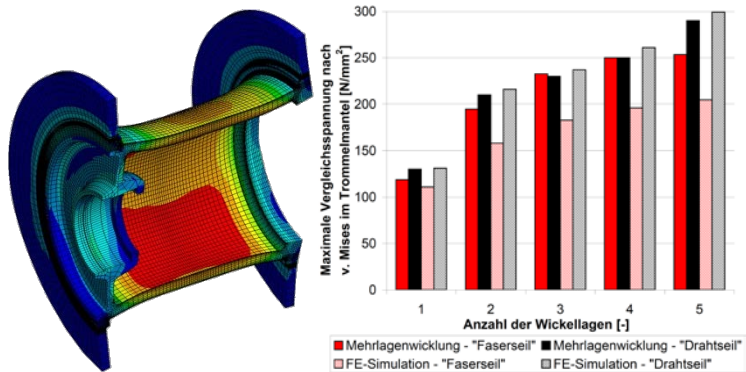


Abbildung 1: Belastung des Trommelmantels (links), Vergleich der Beanspruchung durch Faser- und Stahlseil im Experiment und in der FE-Simulation

Um die Belastung des Trommelmantels in Abhängigkeit der Wickellagen zu untersuchen, wurden sowohl Berechnungen anhand eines FE-Modells vorgenommen als auch die Ergebnisse durch Experimente überprüft. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 wiedergegeben und

lassen erkennen, dass die Annahme des geringeren Wickeldrucks bei Faserseilen im Vergleich zu Drahtseilen zutrifft. Die Reduzierung fällt jedoch bei der Auswertung des Experimentes weniger stark aus als dies die FE-Berechnungen nahe gelegt haben /3,4/. Die Werte für Drahtseile hingegen zeigen eine gute Vergleichbarkeit zwischen den experimentell erzielten Werten und denen aus der Berechnung.

Der Grund für die Abweichung der Ergebnisse aus Simulation und Experiment ist in der Ovalisierung zu sehen. Durch die ovale Form des Seils wird der tatsächliche Wickelradius geringer (Abbildung 2 Mitte) als in der Berechnung mit ideal rundem Seilquerschnitt angenommen. Dieses Verhalten ist bei Drahtseilen wesentlich geringer (Abbildung 2 links) und somit stimmen die Ergebnisse des Experiments hier besser überein mit der Simulation.

Die daraus resultierende höhere Belastung für den Trommelmantel lässt sich nach /1/ erklären, da sich der Wickeldruck umgekehrt proportional zum Wickelradius verhält. Aus der Reduzierung der Wickelradien durch die Ovalisierung folgt somit direkt die Erhöhung des Wickeldrucks.

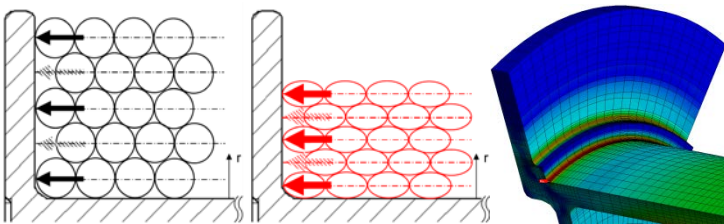


Abbildung 2: Angriffspunkte der Bordscheibenlasten (links Drahtseil, Mitte Faserseil), Korbwirkung im Übergangsbereich zwischen Bordscheibe und Trommelmantel (rechts)

Eine zweite Folge der Ovalisierung neben der Erhöhung des Manteldrucks ist eine Veränderung der Kraftangriffspunkte an den Bordscheiben (Abbildung 2 links, Mitte). Dies hat den positiven Effekt, dass durch die kleinere Hebelwirkung das eingeleitete Biegemoment kleiner ist. Hierdurch verringert sich die Belastung in der Kerbe im Übergangsbereich zwischen Bordscheibe und Trommelmantel.

Als letzter Punkt muss der deutlich niedrigere Reibkoeffizient der Faserseile im Vergleich zu den Drahtseilen betrachtet werden. Die Auswirkung eines niedrigeren Reibkoeffizienten ist grundsätzlich eine höhere Last auf den Bordscheiben. Dies ist gegenläufig zu dem beschriebenen Effekt der Entlastung durch die Ovalisierung. Insgesamt ist dennoch eine Korbspannungsreduzierung um 40% festzustellen.

Zudem bestehen die beschriebenen Entlastungseffekte der Bordscheiben und des Trommelmantels.

Aus diesen Aspekten lassen sich Möglichkeiten zur Veränderung der Konstruktion von mehrlagig genutzten Windentrommeln ableiten, die zur Einsparung von Material und zur Reduzierung von Bauraum führen. Hier sind Potentiale für Leichtbau zu erkennen.

### **3 Zusammenfassung**

Hochfestfaserseile unterscheiden sich von Stahlseilen bezüglich ihrer Eigenschaften in Längs- und Querelastizität, dem Ovalisierungsverhalten und dem Reibverhältnis Seil – Seiltrommel. Durch die wissenschaftliche Untersuchung dieser Effekte auch in ihrem Zusammenspiel lassen sich Veränderungen in der Belastung von Windentrommeln erkennen, wodurch eine Anpassung der Konstruktion derselben möglich wird. Durch die Ermittlung der veränderten Lastsituation kann die Konstruktion auf Strukturleichtbau ausgerichtet werden. Durch eine Veränderung von Konstruktion, Material und Fertigungsverfahren sind Gewichtseinsparungen von bis zu 30% möglich.

### **4 Literatur**

- /1/ Dietz, P. *Ein Verfahren zur Berechnung ein- und mehrlagig bewickelter Seiltrommeln*; Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, Darmstadt, 1971.
- /2/ Lohrengel, A., Stahr, K. and Wächter, M. *Safe use of hoisting drums wound with multiple layers of wire, hybrid, fibre and/or large diameter ropes*, Proceedings OIPEEC 2011 / 4th International Ropedays, College Station, Texas, 2011.
- /3/ A. Lohrengel, K. Stahr, M. Wächter, *Potentiale sowie Auswirkungen von Hochfestfaserseilen auf mehrlagig bewickelten Seiltrommeln im Bergbau-, Offshore- als auch Kranbereich*; Technical Report Fakultät für Mathematik/Informatik und Maschinenbau der TU Clausthal; November 2013, ISSN 1869-8018.
- /4/ Lohrengel, A.; Stahr, K.; Wächter, M.: *Simulation of fibre ropes and their effects on the strain scenario of multilayer wound rope drums; Simulating rope applications*; Proceedings of the OIPEEC Conference 2013, Dr. I.M.L. Ridge, Oxfordshire, UK, ISBN: 978-0-9552500-4-0.