

Windentrommeln auf dem Prüfstand

Mupende, I.; Otto, St.

„Hurra !“: mit dieser spontanen Begeisterung kommentierten Prof. Dietz und die „Seiltrommelgemeinde“ des IMW die genehmigte Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft für den Bau eines Windenprüfstands, der seines gleichen sucht. Nach einer langwierigen Antragsphase fiel damit der Startschuß für ein Projekt, das in Zusammenarbeit mit der Firma Rotzler im April dieses Jahres seinen erfolgreichen Abschluß fand. Die Geräteausrüstung des Instituts ist seither um eine „Perle“ reicher. Das Leistungsangebot für Seil- und Seiltrommeluntersuchungen wurde damit gleichzeitig komplettiert. Der Artikel beschreibt die technischen Details des Windenprüfstands und stellt dessen Einsatzmöglichkeiten kurz vor.

„Hurra!“: this was the spontaneous response of Prof. Dietz and the „hoisting drum-investigating“ assistants to the approved financial sponsorship by the German Research Association for the construction of a drum-winch test rig which is almost unique. After a long phase of application this was the starting shot for a project that was successful finished in April this year in cooperation with the company Rotzler. The article describes the technical details and potential applications of this test rig.

1 Hintergrund der 750.000 DM-Investition

Die Gestaltung und Dimensionierung von Seiltrommeln erfolgt bis heute hauptsächlich nach firmeninternen Richtlinien, die auf genormten Auslegungsvorschriften und auf den jahrzehntelangen praktischen Erfahrungen der Hersteller basieren. Diese Vorgehensweise gewährleistet zumeist nicht die Verwirklichung von optimierten Leichtbaukonstruktionen, welche beispielsweise für den Einsatz in Mobilkranen und Aufzügen immer häufiger gefordert werden.

Ausgehend von den aktuellen Forschungsergebnissen des Instituts auf dem Gebiet der Seiltrommeldimensionierung muß deutlich akzentuiert werden, daß es einer dringenden Überarbeitung der gültigen Berechnungsverfahren bedarf. Derzeit profilieren sich nur sehr wenige Unternehmen durch die Umsetzung neuester Berechnungsmethoden, mit denen eine Reduzierung des Seiltrommelgewichts um 20% bereits erreicht werden konnte /1/.

Das Ziel der am IMW laufenden Forschungsvorhaben ist die Weiterentwicklung bestehender, analytischer Berechnungsmethoden /2/ hinsichtlich einer genaueren, wissenschaftlich abgesicherten Beschreibung der Trommelbeanspruchungen. Damit sollen zugleich die Voraussetzungen für die praktische Umsetzung eines gewichtsoptimierten Trommeldesigns geschaffen werden.

Als wichtige Zwischenergebnisse im Hinblick auf die Entwicklung neuer Berechnungsmethoden können folgende Erkenntnisse der bereits abgeschlossenen Untersuchungen genannt werden:

- Berücksichtigung eines lagenabhängigen Querelastizitätsmoduls bei der Ermittlung der Trommelmantelbeanspruchungen,
- Entwicklung eines durchgängig analytischen Berechnungsansatzes, der die Interdependenzen zwischen Mantel- und Bordscheibenverformungen bzw. -beanspruchungen einschließt und damit die allgemein getrennt durchgeführte Auslegung von Mantel und Bordscheibe erstmals kombiniert.

Für die Durchführung der Forschungsarbeiten werden analytische Verfahren (z.B. Schalen- und Platten-theorie), numerische Methoden (FEM) und experimentelle Messungen eingesetzt. **Bild 1** zeigt exemplarisch ein für Parameteruntersuchungen verwendetes FE-Modell einer berillten Seiltrommel.

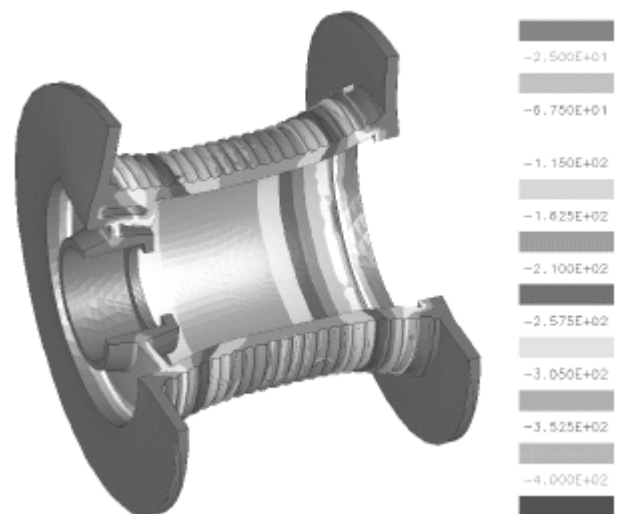


Bild 1: FE-Modell (geschnittene Ansicht) einer berillten Seiltrommel

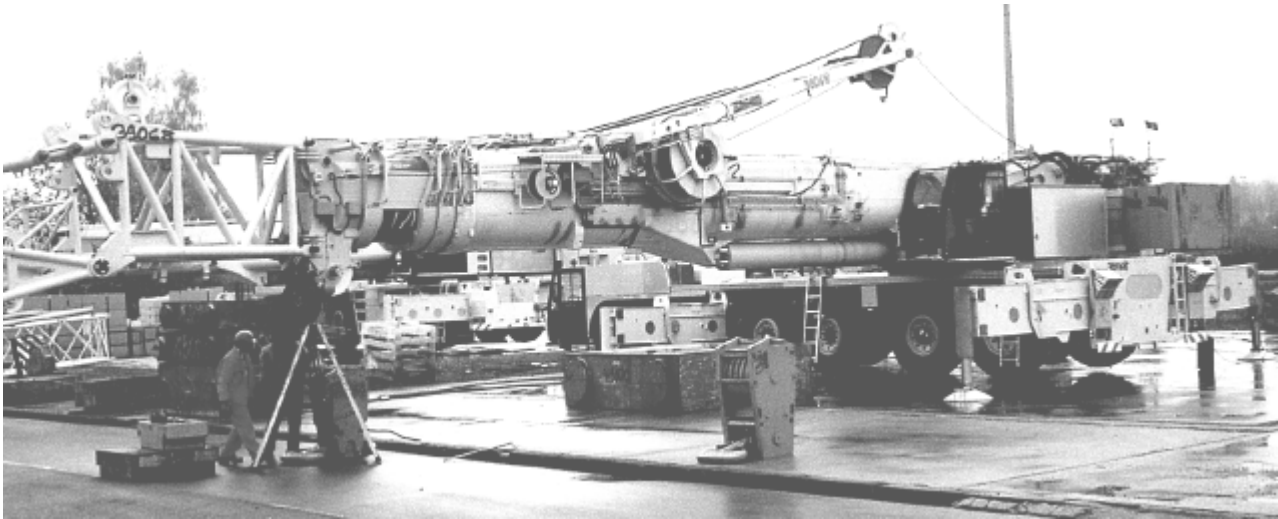


Bild 2: Beanspruchungsanalyse einer Seiltrommel im Mobilkran

Die experimentelle Verifikation der analytischen und numerischen Ergebnisse war in der Vergangenheit sehr schwierig. Messungen wurden beispielsweise direkt in Mobilkränen durchgeführt (**Bild 2**); und dies bei hohem Kosten- und Zeitaufwand der in den Forschungsprojekten eingebundenen Unternehmen.

Mit dem im April dieses Jahres in Betrieb genommenen Universal-Seiltrommelprüfstand können nun erstmals experimentelle Beanspruchungsanalysen an Seiltrommeln im eigenen Haus – unter optimalen Versuchsbedingungen – kostengünstig durchgeführt werden. Die technischen Eigenschaften des Prüfstandes, die im **Kap. 3** detailliert beschrieben werden, ermöglichen die Simulation realer Betriebsbelastungen für ein breites Spektrum von Hub- und Bergewinden. Dabei sind zukünftige Untersuchungen zur Klärung:

- des Zusammenspiels zwischen verschiedenen Trommelkonstruktionen und den aufgelegten Draht- oder Kunststoffseilen,
- der Auswirkung von Belastungen bis in den teilelastischen Materialbereich der Trommel und
- des Spulungsverhaltens verschiedener Draht- und Kunststoffseile

nur einige der zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten dieses Prüfstandes.

In Zusammenarbeit mit einem bekannten Kranhersteller wurden erste umfangreiche Meßreihen durchgeführt, über die in einem separaten Artikel dieser Ausgabe der Institutsmitteilung berichtet wird.

2 Prüfstandskonzeption

Für die Arbeitsweise eines Seiltrommelprüfstandes sind unterschiedliche Funktionsprinzipien denkbar.

Ein wesentlicher Unterschied ist die Art der Lasterzeugung auf den Prüfling. **Bild 3** stellt drei mögliche Varianten dar, die in der frühen Entwurfsphase für den Prüfstand durchdacht wurden:

- als Bremse wirkende Treibscheibenwinde,
- als Bremse wirkende Windentrommel,
- Gewichtskraft.

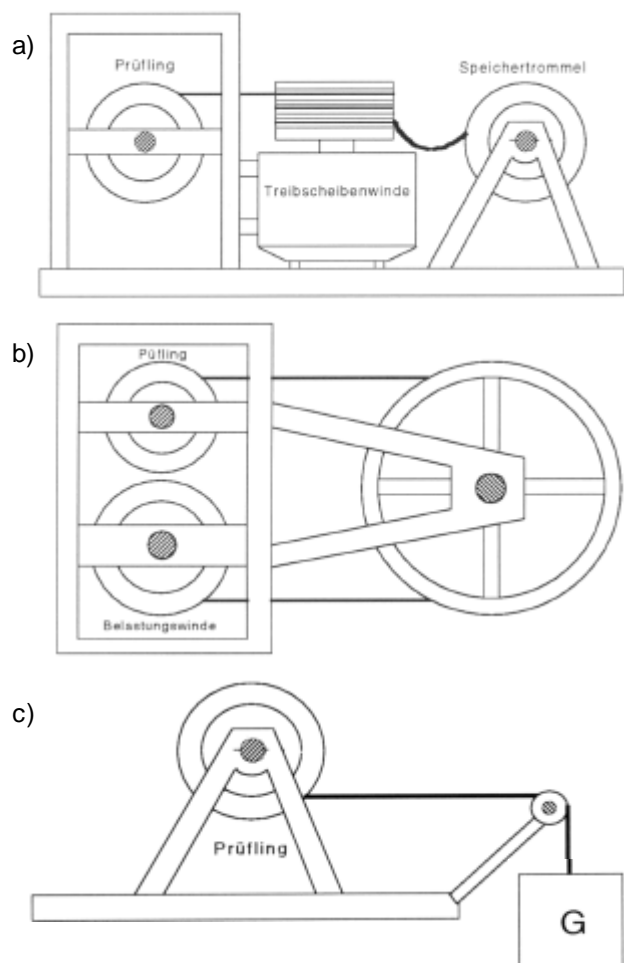


Bild 3: Belastung der Prüfwinde durch a) Treibscheibenwinde als Bremse; b) Windentrommel als Bremse; c) Gewichtskraft /3/

Die Ausführung des Prüfstandes als Hubwinde (vgl. **Bild 3c**) wurde ausgeschlossen, weil dieses Funktionsprinzip durch den Nachteil gekennzeichnet ist, daß Versuchsreihen nur mit konstanter Seilkraft hätten durchgeführt werden können. Außerdem wäre eine mehrlagige Bewicklung aufgrund der erforderlichen Seillänge und der damit verbundenen großen Hubhöhe schwierig zu realisieren gewesen. Mit dem Einsatz verspannter Winden (vgl. **Bild 3a** und **Bild 3b**) ist die Möglichkeit einer variablen Lasterzeugung gegeben. Die Kombination Windentrommel (Prüfling)/Treibscheibenwinde (Bremse) gewährleistet dabei prinzipbedingt eine einfachere Regelung der Seilzugkraft und -geschwindigkeit gegenüber der Kombination Windentrommel (Prüfling)/Windentrommel (Bremse). Dies liegt darin begründet, daß bei einer Treibscheibenwinde Zugkraft und Geschwindigkeit aufgrund des gleichbleibenden Radius des Seilauflaufs konstant sind. Dieser Vorteil, zusammen mit der Realisierung hoher Stranglasten, waren letztlich ausschlaggebend für die Wahl einer Treibscheibenwinde als lasterzeugende Komponente für den Prüfstand.

Ausgehend von den erwünschten Prüfaufgaben und aufbauend auf den Erfahrungen, die bereits Prof. Dietz beim Einsatz eines selbst konstruierten Seiltrommelprüfstandes im Rahmen seiner Promotion [2] sammelte, wurden weitere Anforderungen an den zu entwickelnden Universal-Seiltrommelprüfstand definiert. Dabei bestand das grundlegende Interesse darin, ein breit gefächertes Anwendungsfeld zu erschließen, welches neben der Beanspruchungsanalyse von Trommelwinden unter-

schiedlichster Abmessungen auch die experimentelle Untersuchung anderer Seiltriebskomponenten, wie Treibscheiben und Umlenkrollen, beinhaltet.

3 Aufbau, Funktion und technische Daten

Bild 4 zeigt eine Gesamtansicht des ausgeführten Prüfstandes, der eine Gesamtlänge von 16 m mißt. Als wichtigste (und kostenintensivste) Baueinheit ist die Treibscheibenwinde HS 200 der Firma Rotzler zu nennen, mit der Zugkräfte bis zu 300 kN und Seilgeschwindigkeiten bis zu 40 m/min realisiert werden können. Weiterhin bietet sie die Möglichkeit, Seile mit Durchmessern zwischen 12 mm und 29 mm einzusetzen, womit sich ein umfangreiches Spektrum an Prüfaufgaben ergibt. Das nahezu lastfrei aus der Treibscheibenwinde auslaufende Seil wird auf eine Speichertrommel gewickelt, die in Abhängigkeit des verwendeten Seildurchmessers Seillängen zwischen ca. 400 m und ca. 600 m aufnimmt. Diese hohe Speicherkapazität gewährleistet die Durchführung von Versuchsreihen, bei denen die Prüfwinde in weiten Grenzen mehrlagig bewickelt werden kann.

Der Aufnahmerahmen der Prüfwinde wird auf einer Spannplatte verschraubt. Als maximale Abmessungen für den Prüfling sind Trommeldurchmesser bis zu 800 mm und Trommellängen bis zu 1000 mm zulässig. Für berillte Windentrommeln bis zu dieser Größe wird durch die gegebene Spulungslänge ein fehlerfreies Bewickeln garantiert. *Die Untersuchung größerer Prüflinge oder glatter Trommeln mit Seilwickelvorrichtung ist im Einzelfall ebenfalls möglich,*

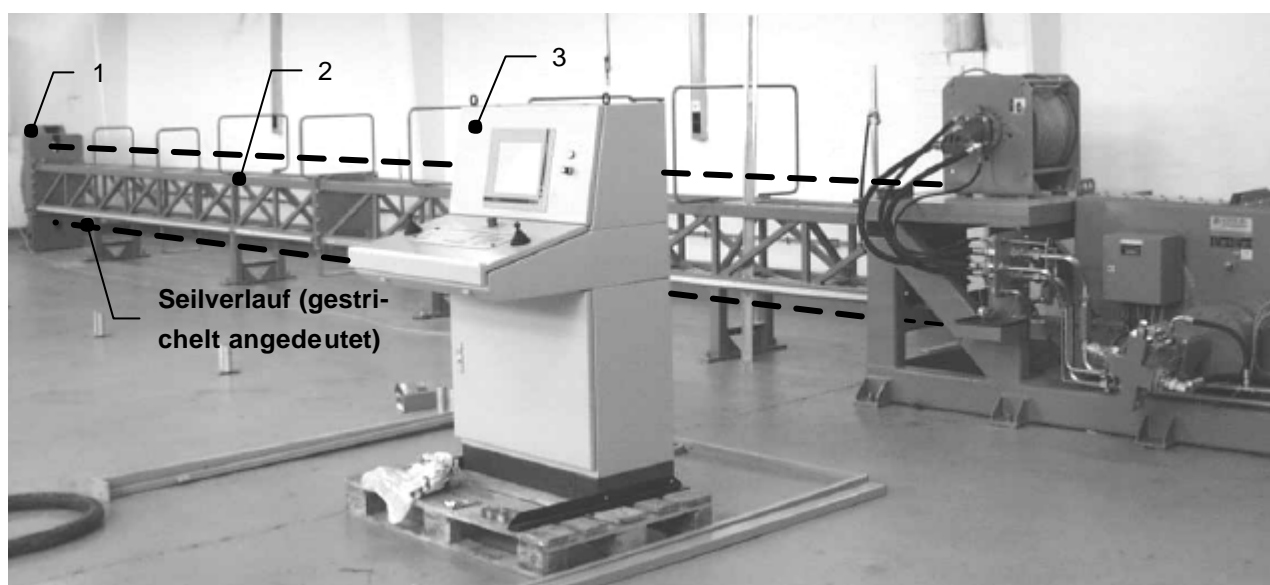


Bild 4: Universal-Seiltrommelprüfstand zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme; 1) Umlenkscheibe, die sich über einen Hebel auf einer Kraftmeßdose zur Erfassung der Seilzugkraft abstützt; 2) Gittermast mit Seilfängen; 3) Steuerpult für den manuellen und automatischen Prüfstandsbetrieb

hierfür erforderliche Umbauarbeiten am Prüfstand können gegebenenfalls vom Werkstattpersonal des Instituts durchgeführt werden. **Bild 5** gibt einen detaillierten Blick auf die beschriebene Baueinheit bestehend aus der Aufspannplatte mit Prüfwinde, der Treibscheibenwinde und der Speichertrommel.

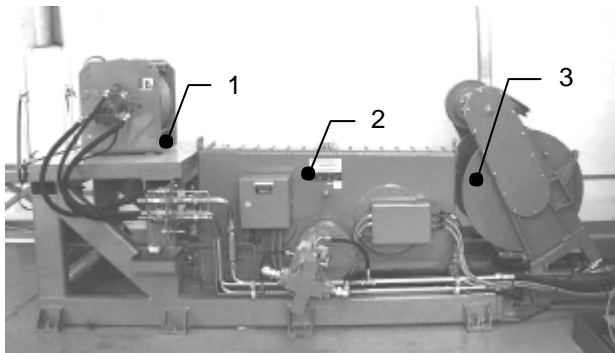


Bild 5: Blick auf 1) die Spannplatte mit Prüfwinde, 2) die Treibscheibenwinde und 3) die Speichertrommel mit Seilwickelvorrichtung

Prüf- und Bremswinde sind über das aufgelegte Seil mechanisch gekoppelt, der Antrieb beider Winden erfolgt in einem verspannten Hydraulikkreislauf. Für die Lastfälle „Aufspulen“ und „Abspulen“ übernehmen die hydraulischen Antriebe abwechselnd die Brems- bzw. Antriebsfunktion. Um den variablen Einsatz des Prüfstandes zu garantieren, können die Hydraulikmotore für den Antrieb der Prüfwinden über Schlauchanschlüsse mit dem Ölkreislauf des Prüfstandes verbunden werden. Neben den Druckleitungen ($p_{\max} = 310 \text{ bar}$, $\dot{V}_{\max} = 180 \text{ l/min}$) stehen Anschlüsse für Spülöl und eine hydraulisch betätigte Bremse zur Verfügung (**Bild 6**).



Bild 6: Hydraulikanschlüsse für die Prüfwinde

Der Prüfstand kann sowohl manuell mittels Joysticks als auch automatisch betrieben werden. Der manuelle Prüfstandsbetrieb dient ausschließlich

den Versuchsvorbereitungen (Auflegen des Seils, Einstellen der Sensoren zur Detektierung des Lagenwechsels und der Seilendabschaltung, Applikation und Kalibrierung der Meßtechnik etc.). Die Versuchsdurchführung erfolgt im automatischen Prüfbetrieb. Hierbei kann die Seilzugkraft und -geschwindigkeit lagenweise vorgegeben werden, so daß die Beanspruchungen einer mehrlagig bewickelten Trommel unter verschiedenen Lastsituationen (z.B. konstante Zuglast in allen Lagen oder Bewicklung mit niedrigen Seilzugkräften in den unteren und mit hohen in den oberen Lagen) analysiert werden können. Durch die Vorgabe der Zyklenanzahl (1 Zyklus = Auf- und Abspulen) sind auch Langzeitversuche möglich, mit denen u. a. der Einfluß des Seilverschleißes auf das Spulungsverhalten untersucht werden kann.

4 Ausblick

Mit dem beschriebenen Windenprüfstand ist das IMW in der Lage, die analytischen und numerischen Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Seiltrommeldimensionierung auf ein experimentell abgesichertes Fundament zu stellen. In Verbindung mit einem am Institut konstruierten Prüfstand zur Ermittlung des lagenabhängigen Querelastizitätsmoduls von Draht- und Kunststoffseilen sind die experimentellen Voraussetzungen gegeben, um das Gesamtsystem „Seiltrommel/Seilpaket“ in seinen Teilsystemen „Trommel“ und „Seil“ sowie deren gegenseitiger Beeinflussung zu untersuchen. Dies beinhaltet u.a. die experimentelle Analyse der Bordscheiben- und Mantelbelastungen.

Neben dem Einsatz des Prüfstandes zur Kontrolle der in verschiedenen Forschungsprojekten entwickelten Dimensionierungsvorschriften bietet sich den Unternehmen aus der Fördertechnik die Möglichkeit, Gestaltungsoptimierungen an bereits bestehenden oder in der Entwicklung befindlichen Trommelkonstruktionen auszuführen.

5 Literatur

- /1/ Henschel, J.: Dimensionierung von Windentrommeln; Dissertation TU Clausthal, 1999
- /2/ Dietz, P.: Ein Verfahren zur Dimensionierung ein- und mehrlagig bewickelter Seiltrommeln; Dissertation TH Darmstadt, 1971
- /3/ Reintgen, T.: Entwicklung und Konstruktion eines Universalprüfstandes für Trommelwinden; Diplomarbeit TU Clausthal, 1997