

Analyse der Beanspruchungen an Windentrommeln

Henschel, J.; Mupende, I.

In dem folgenden Beitrag werden die Arbeiten am Institut für Maschinenwesen zur Analyse der Beanspruchungen in Windentrommeln dargestellt. Ein Überblick der theoretischen Grundlagen und deren Verifikation durch Messungen am realen Bauteil, sowie Prüfstandsversuchen bilden die Basis der Darstellung.

In the article you will get an introduction in the calculation of stresses in winding drums. The theoretical basics, their improvement with measurements on real winding drums and test rigs are discussed.

1 Einleitung

Der vorliegende Artikel gibt eine Übersicht der am Institut für Maschinenwesen durchgeführten Arbeiten zur Optimierung und Gestaltung von Windentrommeln.

Ausgehend von charakteristischen Trommelparametern und charakteristischen Seilparametern ist es möglich, mit Hilfe der von Dietz /1/

entwickelten Theorie, eine Dimensionierung von Trommelkörpern durchzuführen. Hierbei wird das von /1/ entwickelte Trommeldimensionierungsprogramm STB verwendet.

Die Resultate einer Berechnung geben einen Überblick über die zu erwartenden Spannungen im Trommelkörper und den Bordscheiben.

Die so ermittelten Resultate dienen als Eingangsgrößen und Randbedingungen für eine Finite-Elementberechnung (**Bild 1**).

Am Institut für Maschinenwesen werden diese Berechnungen sowohl mit dem Programmsystem MARC/MENTAT sowie mit dem Finite-Elemente-System ProMechanica durchgeführt.

Die so berechnete Übersicht der Beanspruchungsverteilung im Trommelkörper stellt die Grundlage zur Festlegung von Meßstellen am Bauteil dar. Zur Überprüfung der Berechnungen wurden am Institut für Maschinenwesen eine Reihe von DMS-Messungen am realen Bauteil durchgeführt. Verwendet wird hierbei eine 32/4-kanal-gemultiplexte Telemetrieanlage /2/.

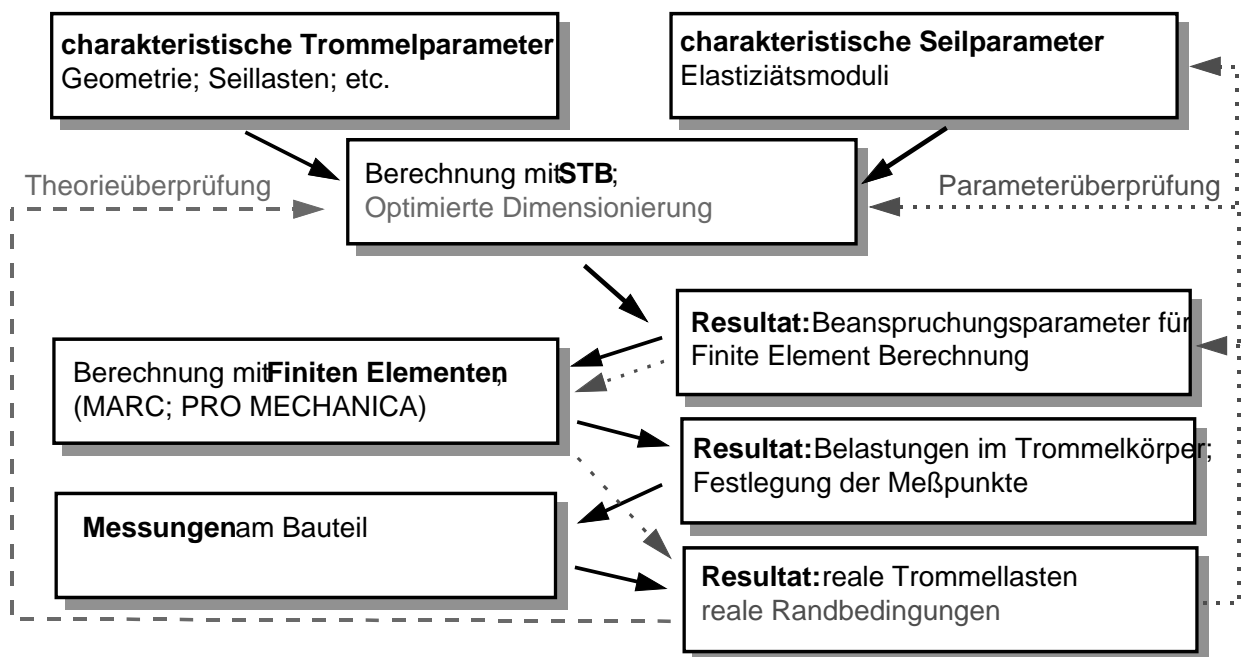


Bild 1: Vorgehensweise der Trommeloptimierung

Das heißt an 32, auf der Basis des ersten Berechnungsdurchlaufs ausgewählten Meßstellen, werden die Dehnungen am Bauteil gemessen.

In einem weiteren Schritt werden die durch die DMS-Messungen ermittelten Dehnungen mit den Resultaten der Finite-Elemente Berechnungen verglichen.

Die durch die Messung ermittelten 32 Fixpunkte bilden die Kontrollpunkte für eine Variation der Last- und Randbedingungsparameter von weiteren Finite-Elemente Berechnungen. Ziel der Analysen ist eine optimale Konvergenz zwischen Messung und Berechnung.

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß eine Überprüfung der charakteristischen Seilparameter und eine Analyse der Theorie notwendig erscheinen. Insbesondere im Hinblick auf die verwendeten Seilparameter sei auf den Artikel „Prüfstände zur Bauteiluntersuchung am IMW (Teil 1)“ verwiesen. In **Bild 1** wird die in der Einleitung vorgestellte Vorgehensweise in Form einer Übersicht dargestellt.

2 Messungen am realen Bauteil

Bild 2 zeigt die im Rahmen des Forschungsvorhabens „Konstruktion und Optimierung von Leichtbauwindentrommeln“ der Stiftung Industrieforschung untersuchten Trommelkörper. Die gezeigten Trommelwinden werden mit 23 Windungen bis zu fünf Lagen bewickelt (**Bild 2**). Ziel der dargestellten Untersuchung war die Ermittlung des Einflusses der Seilmachart auf die Beanspruchungen im Trommelkörper. Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Seilmacharten unter gleichen Randbedingungen untersucht.



Bild 2: Trommelprüfstand

Folgende Seile wurden verwendet:

- CASAR Stratoplast
- CASAR Quadrolift
- CASAR Turboplast
- CASAR Eurolift
- DRAKO 175 L
- DRAKO 8 x 19 Seale
- DRAKO 6 x 36 WS

Die o.g. Drahtseile wurden teilweise in Gleich- und Kreuzschlagvarianten gefahren. Alle untersuchten Drahtseile haben einen Nenndurchmesser von $D_{\text{nenn}} = 14 \text{ mm}$. Die Nennfestigkeiten der Einzeldrähte variiert von 1770 N/mm^2 bis 2160 N/mm^2 .

Die Stranglasten wurden während der Messungen über die gesamte Spulungslänge konstant gehalten. Die gefahrenen Stranglasten betragen 10 kN und 20 kN.

Es wurde festgestellt, daß sich in Abhängigkeit von der Seilmachart ein Belastungsspektrum im Trommelkörper mit folgenden charakteristischen Eckwerten einstellt:

$$119,5 \% > \sigma_{\text{max.,tang.}} > 100 \%$$

$$151,9 \% > \sigma_{\text{max.,ax.}} > 100 \%$$

Diese vergleichsweise große Varianz in den Beanspruchungen führte zu der Forderung, die charakteristischen Seilparameter näher zu untersuchen.



Bild 3: Meßtechnik

Der hierzu konstruierte und gebaute Prüfstand wird in dem o.g. Artikel detailliert beschrieben

Die Resultate der derzeit noch laufenden Untersuchungen werden 1999 vorgestellt /3/. Ziel ist die Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Bestimmung der genannten charakteristischen Seilparameter.

3 Theoretische Grundlagen

Die Resultate sind die Basis einer weitergehenden Untersuchung der von /1/ entwickelten Theorie.

Die Modellbildung, der Darstellung einer Windentrommel als biegesteife Kreiszyinderschale, erscheint günstig. Diese geschlossene analytische Beschreibung des Bauteils führt jedoch auf die folgenden Probleme:

- a) Die Interdependenzen zwischen Bordscheibe und Trommelkörper können nur eingeschränkt dargestellt werden.
- b) Die Bewicklungsart (glatte Trommel, Rille, Sonderbewicklung) und deren Einfluß auf die Trommellasten ist nicht darstellbar.
- c) Die vorliegenden charakteristischen Parameter, welche zur Dimensionierung von Trommelkörpern benötigt werden erscheinen nicht mehr zeitgemäß.

Zu den Punkten a) und b) ist anzumerken, daß die Durchführung von Finite-Element Berechnungen diese Informationslücken schließen können.

Mit dem Programmsystem ProMechanica ist es möglich, auf der Basis von CAD Daten eine voll modellierte (Rillung, Seilschloß, etc.) dreidimensional dargestellte Windentrommel zu berechnen.

Die Grundlage der Berechnung mit Finiten-Elementen stellt aber nach wie vor das bereits erwähnte Programm STB dar. In den Vergleichen mit den Resultaten der Messungen fiel jedoch auf, daß die bisher verwendeten charakteristischen Parameter nicht mehr der heutigen Technik entsprechen. Insbesondere die Entwicklung neuer Verseilungstechnologien führte zu bemerkenswerten Veränderungen hinsichtlich des Steifigkeitsverhaltens von Drahtseilen.

Vergleicht man ein herkömmliches Drahtseil (bspw. 6x36 WS) mit einem Drahtseil moderner Machart (bspw. Eurolift), so ergibt sich eine Differenz in der Seilquerelastizität in der Größenordnung des Fak-

tors zwei. Das Elastizitätsverhalten eines Drahtseils 90° zur Zugrichtung ist von primärer Bedeutung für die Beanspruchungen des Trommelkörpers.

Der nahezu lineare Zusammenhang zwischen der Querelastizität eines Drahtseiles und den Trommellasten bei gleicher Stranglast zeigt, daß die durch einen Seilwechsel induzierten Laststeigerungen im Trommelkörper keinesfalls zu vernachlässigen sind.

Somit kommt der Analyse der Berechnungsparameter besondere Bedeutung zu. Die Untersuchungen hierzu werden derzeit durchgeführt.

Desweiteren werden die auftretenden Axiallasten im Trommelkörper näher untersucht. Eine Überarbeitung der Theorie erscheint in diesem Bereich erforderlich, da die ausschließliche Einleitung von Axiallasten über die Bordscheiben in den Trommelkörper als nicht zutreffend erscheint. Die Untersuchungen hierzu sind ebenfalls noch nicht abgeschlossen und werden 1999 präsentiert /4/.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens „Konstruktion und Optimierung von Leichtbauwindentrommeln“ der Stiftung Industrieforschung durchgeführten Arbeiten am Institut für Maschinenwesen führen zu einer Überprüfung der Theorie der Berechnung von Windentrommeln.

Die Analyse der charakteristischen Parameter zur Berechnung von Seiltrommeln führte zu der Untersuchung neuer Seilmacharten. Hierbei wurde festgestellt, daß durch die Entwicklung hochfester Drahtseile die Beanspruchungen im Trommelkörper bei gleicher Stranglast steigen. Im Hinblick auf die sicherheitskritischen Anwendungen von Trommelkörpern erscheint eine kritische Analyse der Berechnungsgrundlagen erforderlich.

Ziel der Arbeiten ist die Entwicklung einer überarbeiteten Dimensionierungsrichtlinie für Windentrommeln, sowie eine standardisierte Prüfvorschrift für Drahtseile im Hinblick auf das Elastizitätsverhalten in Querrichtung.

5 Literatur

- /1/ Dietz, P.: Ein Verfahren zur Berechnung ein- und mehrlagig bewickelter Seiltrommeln. Dissertation, TH Darmstadt, 1971

- /2/ Henschel, J.: Institutsmitteilung Nr. 20, IMW Clausthal 1995
- /3/ Henschel, J.: Teilbericht 2 zum Forschungsvorhaben „Gestaltung und Dimensionierung von Windentrommeln“, IMW Clausthal 1998
- /4/ Henschel, J.: Teilbericht 3 zum Forschungsvorhaben „Gestaltung und Dimensionierung von Windentrommeln“, IMW Clausthal 1998