

Schriftenreihe des Instituts für Stahlbau  
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Heft 24

**Frithjof Marten**

**Zur Ermüdungsfestigkeit hochfester großer Schrauben**

Shaker Verlag  
Aachen 2009

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Hannover, Leibniz Univ., Diss., 2009

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Peter Schaumann

Institut für Stahlbau

Appelstr. 9A

30167 Hannover

<http://www.stahlbau.uni-hannover.de>

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8748-1

ISSN 1617-8327

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Zusammenfassung

HV-Schrauben großer Durchmesser werden vorwiegend in den Ringflanschverbindungen großer und leistungsstarker Windenergieanlagen (WEA) eingesetzt. Da es sich hierbei um hochdynamisch beanspruchte Bauwerke handelt, kommt dem Ermüdungsnachweis aller Komponenten eine besondere Bedeutung zu. Die bestehenden normativen Regelungen im Bauwesen sind im Hinblick auf Schrauben großer Durchmesser versuchstechnisch nicht abgesichert. Das Ermüdungsverhalten hochfester Schrauben großer Durchmesser ist bislang sowohl experimentell als auch analytisch weitgehend unerforscht.

In dieser Arbeit werden Untersuchungen zu der Ermüdungsfestigkeit großer Schrauben auf experimenteller, analytischer und numerischer Ebene durchgeführt. Der experimentelle Teil der Arbeit beinhaltet Schwingversuche sowie Eigenspannungsmessungen an HV-Schrauben M48. Es wird eine vollständige Wöhlerlinie unter Axialbeanspruchung erzeugt und der maßgebenden Wöhlerlinie nach DIN EN 1993-1 gegenüber gestellt. Hierdurch werden die normativen Regelungen versuchstechnisch auf größere Schraubendurchmesser erweitert. Über die Eigenspannungsmessungen soll ermittelt werden, inwieweit ermüdungsrelevante Druckeigenspannungen im Kerbgrund des Gewindes schlussvergüteter Schrauben vorliegen. Die Messungen werden an Probekörpern aus verschiedenen Stadien der Herstellung durchgeführt, um den Einfluss einzelner Prozessschritte auf die Entwicklung fertigungsinduzierter Eigenspannungen zu erfassen.

Im analytischen und numerischen Teil der Arbeit werden zunächst allgemeine Untersuchungen an numerischen Schraubenverbindungsmodellen durchgeführt. Der Einfluss verschiedener Geometrieparameter auf die Kerbformzahl im ersten tragenden Gewindengang wird erfasst. Ziel dieser Untersuchungen ist die Ermittlung eines geeigneten FE-Systems für die weiteren Untersuchungen.

Die Ermüdungsfestigkeit von Schrauben sinkt aufgrund des Größeneinflusses mit zunehmendem Durchmesser. Der empirisch bestimmte Zusammenhang zwischen Durchmesser und Dauerfestigkeit nach der VDI-Richtlinie 2230 wird numerisch mithilfe der Kerbwirkungszahl abgebildet. Über geometrisch ähnliche FE-Modelle wird darüber hinaus der spannungsmechanische Größeneinfluss gesondert betrachtet.

Schwingversuche an hoch vorgespannten Schrauben großer Durchmesser stellen hinsichtlich der Prüflasten und -frequenzen hohe Anforderungen an die Prüftechnik. Daher wird das Kerbdehnungskonzept, welches unabhängig von Bauteilversuchen ist, auf seine Anwendbarkeit bei hoch vorgespannten Schrauben untersucht. Die Auswirkung der Eingangsparameter und ausgewählter Berechnungsschritte werden im Rahmen von Variationsrechnungen bewertet. Die Abhängigkeit des zyklischen Werkstoffverhaltens von der Mittelspannung wird im Hinblick auf die Berechnungsergebnisse untersucht. Abschließend werden experimentell ermittelte Dauerfestigkeiten verschiedener Schraubendurchmesser mit Ergebnissen nach dem Kerbdehnungskonzept verglichen.

Die Ergebnisse in dieser Arbeit zeigen, dass das Kerbdehnungskonzept prinzipiell zur Berechnung der Dauerfestigkeit hochvorgespannter schwarzer Schrauben geeignet ist. Der korrekten Berücksichtigung der hohen Zugmittelspannung kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu.