

Schriftenreihe des Instituts für Stahlbau  
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Heft 28

**Tim Rutkowski**

**Zum Vorspannen von Stahlbauerschraubungen  
großer Abmessungen**

Shaker Verlag  
Aachen 2012

**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., 2011

Herausgeber:  
Prof. Dr.-Ing. Peter Schaumann  
Institut für Stahlbau  
Appelstr. 9A  
30167 Hannover

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

Copyright Shaker Verlag 2012

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0759-6

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)

Die Vorspannkraft von dynamisch axial beanspruchten Schraubenverbindungen ist sicherheitsrelevant für die Ermüdungsfestigkeit der Verbindung. In der Vergangenheit wurden häufig zu niedrige Vorspannkraften insbesondere bei Ringflanschverbindungen von Windenergieanlagen beobachtet, was jeweils nicht auf Setzungen zurückzuführen war. Es stellt sich daher die Frage, in wie weit bei der Montage von vorgespannten Schraubenverbindungen sichergestellt werden kann, dass die rechnerische Vorspannkraft auch tatsächlich erzielt wird.

Dazu wurden in großem Umfang Schraubenkraftmessungen bei der Montage von Stahlrohrtürmen von Windenergieanlagen durchgeführt. Es stellte sich dabei heraus, dass trotz der Sicherstellung von normgerechten Montagedrehmomenten und Reibungszahlen der Schraubengarnituren unterschiedliche Vorspannkraftniveaus erzielt werden. Aufzeichnungen des Drehmoment-Vorspannkraftverlaufes deuten darauf hin, dass nicht allein das maximale Drehmoment bei der Schraubenmontage ausschlaggebend für die Vorspannkraft ist, sondern dass auch die Dauer und Geschwindigkeit der Verschraubung die Vorspannkraft beeinflussen können.

FE-Untersuchungen zum Einfluss von geometrischen Imperfektionen der Verschraubungen zeigen, dass nur geringe Auswirkungen auf das erzielbare Vorspannkraftniveau vorliegen. Für Querkräfte, die beim Anziehen von Schraubenverbindungen durch exzentrische Abstützung erzeugt werden, wird die Auswirkung auf die Schraubenvorspannkraft quantifiziert und ein Ingenieurmodell zur Abschätzung des Einflusses entwickelt.

Mit einem mechanischen Modell zur Berechnung des Verschraubungsvorgangs im Zeitbereich ist es möglich, die Vorspannkraft für einen zeitlich veränderlichen Drehmomentverlauf bei nicht konstanten Reibungszahlen zu berechnen, wobei Simulation von vermessenen Verschraubungsvorgängen nur dann nachzubilden sind, wenn keine konstanten sondern veränderliche Reibungszahlen angesetzt werden.

Eine Literaturstudie zu Einflussfaktoren auf Reibzahlen für MoS<sub>2</sub> geschmierte Kontakte und Schraubenverbindungen bestätigt, dass generell vielfältige Einflussparameter auf die Reibzahl vorhanden sind und nur in Ausnahmefällen Coulombsche Reibung angenommen werden kann. Eine detaillierte Auswertung der messtechnisch begleiteten Verschraubungen zeigt ebenfalls nicht konstante Reibzahlen im Verlauf der beobachteten Anziehvorgänge.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die Auslegung von Schraubenverbindungen anhand des statischen Gleichgewichts beim drehmomentgesteuerten Anziehen nicht immer hinreichend ist, um exakte Vorhersagen über die erzielbare Vorspannkraft treffen zu können. Mit dem entwickelten Modell zur Simulation des Anziehvorgangs können genaue Aussagen über die Schraubenvorspannkraft getroffen werden, wenn genaue Daten über die Reibverhältnisse im Kontaktbereich der Schraubenverbindungen vorliegen.

Vereinfachte Versuche zur direkten Identifizierung der Reibeigenschaften in HV-Verbindungen zeigen einen nicht konstanten Verlauf der Reibzahl, wobei weitere Versuche nötig sind, um die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Reibzahl zu quantifizieren.