

Systematic calculation of highly stressed bolted joints – Information on the safe assembly of bolted joints

Einsprüche bis 2024-12-31

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal <http://www.vdi.de/2230-3>
- in Papierform an  
VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung  
Getriebe und Maschinenelemente  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung.....	2
Einleitung.....	2
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>2</b>
<b>2 Normative Verweise.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Formelzeichen und Abkürzungen.....</b>	<b>3</b>
<b>4 Drehende Anziehverfahren.....</b>	<b>4</b>
4.1 Vorbemerkungen.....	4
4.2 Haupteinflussgrößen bei Drehmomentsteuerung.....	5
4.3 Ermittlung der Reibungszahl.....	12
4.4 Drehmomentgesteuertes Anziehen.....	13
4.5 Drehwinkelgesteuertes Anziehen im elastischen Bereich.....	14
4.6 Drehwinkelgesteuertes Anziehen im plastischen Bereich.....	15
4.7 Streckgrenzgesteuertes Anziehen.....	18
4.8 Werkzeuge für drehende Anziehverfahren.....	20
<b>5 Ziehende Verfahren.....</b>	<b>28</b>
5.1 Kraftgesteuerte Verfahren (hydraulisches reibungs- und torsionsfreies Anziehen).....	28
5.2 Weggesteuerte Verfahren.....	31
<b>6 Sonderverbindungselemente.....</b>	<b>38</b>
6.1 Auswahlkriterien.....	38
6.2 Einteilung.....	38
6.3 Grundsätzlicher Aufbau einer Schraubenverbindung mit Sonderverbindungselement.....	38
6.4 Ziehend wirkende Sonderverbindungselemente.....	39
6.5 Sonderverbindungselemente mit Abstützung des Werkzeugs an der Schraube.....	44
<b>7 Wiederholmontage – Grenzmaß für überelastisch angezogene Schrauben.....</b>	<b>46</b>

Inhalt	Seite
<b>8 Montagegenauigkeit.....</b>	<b>48</b>
8.1 Anziehungsfaktor $\alpha_A$ .....	48
8.2 Mindestanforderungen an Schraubversuche.....	51
<b>9 Analyse und Kontrolle der montierten Schraubenverbindung.....</b>	<b>53</b>
9.1 Drehmoment-Drehwinkel-Analyse.....	54
9.2 Längungsmessung.....	57
<b>Anhang A Vergleich der Montageverfahren – Vergleichstabelle Anziehverfahren und Schraubwerkzeuge.....</b>	<b>59</b>
<b>Anhang B Festlegung der Steuer- und Überwachungsgrößen bei Drehwinkelmontage im plastischen Bereich.....</b>	<b>62</b>
B1 Rechnung.....	62
B2 Ermittlung der minimalen und maximalen Vorspannkraft.....	62
B3 Festlegung des Fügemoments und dessen Toleranz.....	62
B4 Ermittlung der Montagevorspannkraft aus dem Fügemoment.....	62
B5 Berechnung des maximalen elastischen Weiterdrehwinkels.....	62
B6 Ermittlung des maximal zulässigen Drehwinkels und Festlegung des Weiterdrehwinkels.....	63
B7 Elastischer Torsionswinkel der Schraube bei der Montage.....	63
B8 Bestimmung der Winkel als Überwachungsgröße bei Drehmomentmontage.....	63
<b>Anhang C Beispiel zur Ermittlung des Anziehungsfaktors auf Basis von Versuchen (zu Abschnitt 8.2).....</b>	<b>64</b>
Schrifttum.....	66

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Dr.-Ing. *Uwe Arz*, Rüsselsheim

Prof. Dr.-Ing. *Hugo Bubenhausen*, Darmstadt

Dipl.-Wirt.Ing. (FH) *Markus Fischer*, Schraubfachingenieur (DSV)<sup>®</sup>, Thalmässing

Dipl.-Ing. *Frank Hohmann* (stellv. Vorsitz), Meschede

Dipl.-Ing. (FH) *Jens Holloch*, Nürnberg

Dipl.-Ing. *Siegfried Jende*, Romrod

Dr.-Ing. *Andreas Kempf*, Schraubfachingenieur (DSV)<sup>®</sup>, Neutraubling

Dr.-Ing. *Harald Lange*, Augsburg

Prof. Dr.-Ing. *Wilfried Lori*, Zwickau

Dipl.-Ing. (FH) *Hubert Müller*, Friedrichshafen

Dipl.-Ing. (FH) *Martin Schmidt*, Biberach

Prof. Dr.-Ing. *Norbert Schneider*, Darmstadt

Dipl.-Ing. *Norbert Schneider*, Uznach (CH)

Dipl.-Ing. *Arndt Weidenhagen*, Friedrichshafen

Dipl.-Ing. *Lutz Winter*, Lipstadt

Prof. Dr.-Ing. *Ulrich Wuttke* (Vorsitz), Langen

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/2230](http://www.vdi.de/2230).

## Einleitung

Diese Richtlinie ergänzt und erweitert die Richtlinien VDI 2230 Blatt 1 und Blatt 2 für die Auslegung von Ein- und Mehrschraubenverbindungen in Bezug auf die Auswahl des Anziehverfahrens, der damit verbundenen erreichbaren Montagevorspannkraft und der Abschätzung der Streuung der Montagevorspannkraft.

Die Streuung der Montagevorspannkraft wird in der Richtlinie VDI 2230 Blatt 1 über den Anziehungsfaktor

$\alpha_A$  auf der Basis der Tabelle A8 näherungsweise betrachtet. Eine differenzierte Beurteilung der Anziehverfahren unter Berücksichtigung der spezifischen Montagewerkzeuge und des jeweiligen Schraubfalls (Bauteile, Schraubentyp, Oberflächen- und Schmierungszustand usw.) ist mit der Tabelle A8 nicht möglich.

Die Festlegung des Anziehverfahrens mit der Berechnung des Anziehungsfaktors wird in der vorliegenden Richtlinie sowohl durch rechnerische Ansätze als auch Verfahren für die statistische Auswertung von Montageversuchen unterstützt. So wird die Richtlinie auch aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Anziehverfahren und Montagewerkzeuge gerecht:

- In Abschnitt 4 und Abschnitt 5 werden die gängigen Anziehverfahren und deren Auswirkungen auf die Schraubenverbindung beschrieben. Hierbei wird auch der Einfluss von Abmessung, Steuer- und Kontrollgröße, Ausnutzung der Schraube, Werkzeug, Montagezeit usw. auf die schraubfallabhängigen erreichbaren Montagevorspannkraften dargestellt (vgl. auch Anhang A).
- Abschnitt 6 befasst sich mit Sonderverfahren und Sonderverbindungselementen, die vorgestellt und klassifiziert werden.
- Auf die Möglichkeiten und die Anwendungsgrenzen von Wiederholmontagen (Mehrfachmontage der gleichen Verschraubung) unter Berücksichtigung des Montageverfahrens wird in Abschnitt 7 eingegangen.
- In Abschnitt 8 wird die rechnerische und experimentelle Abschätzung des Anziehungsfaktors beschrieben.
- Verfahren zur Kontrolle der Montage und der erreichten Montagevorspannkraften werden in Abschnitt 9 erläutert. Außerdem werden die Grundlagen für die Prozessfähigkeit von Anziehverfahren vorgestellt. Die Durchführung dieser Analysen ist allerdings nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

## 1 Anwendungsbereich

Die Festlegungen dieser Richtlinie gelten gleichlautend zur Richtlinie VDI 2230 Blatt 1 für Stahlschrauben (Befestigungsgewinde mit 60° Flankenwinkel) in hochfesten Schraubenverbindungen, das heißt für Festigkeitsklassen 8.8 bis 12.9 nach DIN EN ISO 898-1 bzw. 70 und 80 nach DIN EN ISO 3506.

Für Schrauben aus anderen Werkstoffen oder abweichenden Festigkeitsklassen kann die Richtlinie

sinngemäß angewendet werden. Gleiches gilt für Schrauben anderer Gewindeausführungen.

Die Richtlinie empfiehlt für die Serienmontage experimentelle und statistische Untersuchungen, um den Montagevorgang zu optimieren und somit eine sichere Schraubenverbindung herzustellen.