

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Systematische Berechnung  
hochbeanspruchter Schraubenverbindungen  
Zylindrische Einschraubenverbindungen

VDI 2230

Blatt 1 / Part 1

Systematic calculation  
of highly stressed bolted joints  
Joints with one cylindrical bolt

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	3	Preliminary note . . . . .	3
Einleitung . . . . .	3	Introduction . . . . .	3
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2 Formelzeichen und Abkürzungen . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>2 Symbols and abbreviations . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>3 Kraft- und Verformungsverhältnisse . . . . .</b>	<b>19</b>	<b>3 Load and deformation conditions. . . . .</b>	<b>19</b>
3.1 Überblick über mögliche Berechnungsverfahren . . . . .	20	3.1 Overview of the possible calculation methods. . . . .	20
3.2 Grundlagen zur Berechnung von Einschraubenverbindungen; Kraft- und Verformungsanalyse . . . . .	20	3.2 Principles for calculating single-bolted joints; analysis of forces and deformation . . . . .	20
3.2.1 Zentrisch verspannte Einschraubenverbindung . . . . .	25	3.2.1 Concentrically clamped single-bolted joint . . . . .	25
3.2.2 Exzentrisch verspannte Einschraubenverbindung . . . . .	26	3.2.2 Eccentrically clamped single-bolted joint . . . . .	26
3.2.3 Einseitiges Klaffen der Trennfuge . . . . .	27	3.2.3 One-sided opening of the interface . . . . .	27
3.2.4 Querkrafteinflüsse . . . . .	28	3.2.4 Effects of transverse load . . . . .	28
<b>4 Rechenschritte . . . . .</b>	<b>29</b>	<b>4 Calculation steps. . . . .</b>	<b>29</b>
4.1 Übersicht . . . . .	29	4.1 Overview . . . . .	29
4.2 Erläuterungen . . . . .	29	4.2 Explanations . . . . .	29
<b>5 Berechnungsgrößen . . . . .</b>	<b>39</b>	<b>5 Calculation quantities . . . . .</b>	<b>39</b>
5.1 Elastische Nachgiebigkeiten der Verbindung	39	5.1 Elastic resiliences of the joint . . . . .	39
5.1.1 Nachgiebigkeit der Schraube. . . . .	39	5.1.1 Resilience of the bolt . . . . .	39
5.1.2 Nachgiebigkeit der aufeinanderliegenden verspannten Teile . . . . .	42	5.1.2 Resilience of superimposed clamped parts . . . . .	42
5.2 Krafteinleitung . . . . .	55	5.2 Load introduction. . . . .	55
5.2.1 Ersatzwirkungslinie der axialen Betriebskraft – Abstand $a$ . . . . .	55	5.2.1 Substitutional line of action of the axial working load – distance $a$ . . . . .	55
5.2.2 Krafteinleitungsfaktor . . . . .	55	5.2.2 Load introduction factor . . . . .	55

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Produktentwicklung und Mechatronik

VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion

	Seite		Page
5.3 Kraftverhältnis und Schraubenzusatzkraft	63	5.3 Load factor and additional bolt load . . .	63
5.3.1 Kraftverhältnisse und Schraubenzusatzkraft bis zur Abhebegrenze .	63	5.3.1 Load factors and additional bolt load up to the opening limit . . . .	63
5.3.2 Verhältnisse an der Abhebegrenze bei exzentrischer Belastung . . . .	67	5.3.2 Relationships at the opening limit in the case of eccentric loading . .	67
5.3.3 Verhältnisse bei klaffender Verbindung . . . . .	70	5.3.3 Relationships at an opening joint .	70
5.4 Vorspannkraft . . . . .	71	5.4 Preload . . . . .	71
5.4.1 Mindestklemmkraft . . . . .	71	5.4.1 Minimum clamp load . . . . .	71
5.4.2 Vorspannkraftänderungen . . . . .	71	5.4.2 Preload changes . . . . .	71
5.4.3 Montagevorspannkraft und Anziehdrehmoment . . . . .	75	5.4.3 Assembly preload and tightening torque . . . . .	75
5.4.4 Hydraulisches reibungs- und torsionsfreies Anziehen . . . . .	83	5.4.4 Hydraulic frictionless and torsion-free tightening . . . . .	83
5.4.5 Mindestmontagevorspannkraft. . .	84	5.4.5 Minimum assembly preload. . . .	84
5.5 Beanspruchungen und Festigkeitsnachweis . . . . .	84	5.5 Stresses and strength verification . . . .	84
5.5.1 Montagebeanspruchung . . . . .	84	5.5.1 Assembly stress . . . . .	84
5.5.2 Betriebsbeanspruchung . . . . .	87	5.5.2 Working stress . . . . .	87
5.5.3 Schwingbeanspruchung . . . . .	92	5.5.3 Alternating stress . . . . .	92
5.5.4 Flächenpressung an Schraubenkopf- und Mutterauflageflächen .	96	5.5.4 Surface pressure at the bolt head and nut bearing surfaces . . . . .	96
5.5.5 Einschraubtiefe . . . . .	97	5.5.5 Length of engagement. . . . .	97
5.5.6 Scherbelastung. . . . .	102	5.5.6 Shearing load . . . . .	102
<b>6 Gestaltungshinweise zur Erhöhung der Betriebssicherheit von Schraubverbindungen.</b> . . . . .	<b>106</b>	<b>6 Design information for increasing the service reliability of bolted joints . . . . .</b>	<b>106</b>
6.1 Haltbarkeit der Schraubverbindung . .	106	6.1 Durability of the bolted joint. . . . .	106
6.2 Lockern und Losdrehen von Schraubverbindungen . . . . .	108	6.2 Loosening of bolted joints . . . . .	108
<b>Anhang A Tabellen zur Berechnung . . . . .</b>	<b>109</b>	<b>Annex A Calculation tables . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>Anhang B Berechnungsbeispiele . . . . .</b>	<b>130</b>	<b>Annex B Calculation examples. . . . .</b>	<b>130</b>
<b>Anhang C Berechnung des Krafteinleitungsfaktors . . . . .</b>	<b>171</b>	<b>Annex C Calculating the load introduction factor . . . . .</b>	<b>171</b>
C1 Herauslösen der Einschraubverbindung .	171	C1 Releasing the tapped thread joint . . . .	171
C2 Aufteilen der Verbindung in Teilplatten .	171	C2 Dividing the joint into component plates	171
C3 Aufteilen der Verbindung in Grund- und Anschlusskörper . . . . .	171	C3 Dividing the joint into basic and connecting solids . . . . .	171
C4 Berechnung der Krafteinleitungsfaktoren für die Teilkörper . . . . .	172	C4 Calculating the load introduction factors for the component solids . . . . .	172
C5 Berechnen des Krafteinleitungsfaktors für die gesamte Einschraubverbindung aus den Krafteinleitungsfaktoren der zentrisch verspannten Teilplatten . . . . .	175	C5 Calculating the load introduction factor for the complete single-bolted joint from the load introduction factors of the concentrically clamped component plates . .	175
C6 Ermitteln des Einflusses einer exzentrischen Verspannung auf den Krafteinleitungsfaktor . . . . .	175	C6 Determining the effect of eccentric clamping on the load introduction factor.	175
<b>Anhang D Näherungsverfahren zur Ermittlung der Schraubenzusatzkraft bei partiell klaffenden Verbindungen . . . . .</b>	<b>176</b>	<b>Annex D Approximative method for determining the additional bolt force in the case of partially opening joints. .</b>	<b>176</b>
Schrifttum . . . . .	179	Bibliography . . . . .	179