

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Systematische Berechnung
hochbeanspruchter Schraubenverbindungen
Zylindrische Einschraubenverbindungen

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

VDI 2230

Blatt 1 / Part 1

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
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	5
2 Formelzeichen und Abkürzungen	6
3 Kraft- und Verformungsverhältnisse	19
3.1 Überblick über mögliche Berechnungsverfahren	20
3.2 Grundlagen zur Berechnung von Einschraubenverbindungen; Kraft- und Verformungsanalyse	20
3.2.1 Zentrisch verspannte Einschraubenverbindung	25
3.2.2 Exzentrisch verspannte Einschraubenverbindung	26
3.2.3 Einseitiges Klaffen der Trennfuge	27
3.2.4 Querkrafteinflüsse	28
4 Rechenschritte	29
4.1 Übersicht	29
4.2 Erläuterungen	29
5 Berechnungsgrößen	39
5.1 Elastische Nachgiebigkeiten der Verbindung	39
5.1.1 Nachgiebigkeit der Schraube	39
5.1.2 Nachgiebigkeit der aufeinander- liegenden verspannten Teile	42
5.2 Krafteinleitung	55
5.2.1 Ersatzwirkungslinie der axialen Betriebskraft – Abstand a	55
5.2.2 Krafteinleitungsfaktor	55

Contents	Page
Preliminary note	3
Introduction	3
1 Scope	5
2 Symbols and abbreviations	6
3 Load and deformation conditions	19
3.1 Overview of the possible calculation methods.	20
3.2 Principles for calculating single-bolted joints; analysis of forces and deformation	20
3.2.1 Concentrically clamped single-bolted joint	25
3.2.2 Eccentrically clamped single-bolted joint	26
3.2.3 One-sided opening of the interface	27
3.2.4 Effects of transverse load	28
4 Calculation steps	29
4.1 Overview	29
4.2 Explanations	29
5 Calculation quantities	39
5.1 Elastic resiliences of the joint	39
5.1.1 Resilience of the bolt	39
5.1.2 Resilience of superimposed clamped parts	42
5.2 Load introduction	55
5.2.1 Substitutional line of action of the axial working load – distance a	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 Schrauben- zusatzkraft 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 Festigkeits- nachweis	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 Schrauben- kopf- 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
6 Gestaltungshinweise zur Erhöhung der Betriebssicherheit von Schrauben- verbindungen.	106	6 Design information for increasing the service reliability of bolted joints	106
6.1 Haltbarkeit der Schraubenverbindung . .	106	6.1 Durability of the bolted joint.	106
6.2 Lockern und Losdrehen von Schrauben- verbindungen	108	6.2 Loosening of bolted joints	108
Anhang A Tabellen zur Berechnung	109	Annex A Calculation tables	109
Anhang B Berechnungsbeispiele	130	Annex B Calculation examples.	130
Anhang C Berechnung des Krafteinleitungs- faktors	171	Annex C Calculating the load introduction factor	171
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 con- centrically 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
Anhang D Näherungsverfahren zur Ermittlung der Schraubenzusatzkraft bei partiell klaffenden Verbindungen	176	Annex D Approximative method for deter- mining the additional bolt force in the case of partially opening joints. .	176
Schrifttum	179	Bibliography	179