

Stand der Technik für Verbindungselemente an Druckgeräten

-

Anforderungen an Druckgerätehersteller und Betreiber

Peter Thomsen

Themenübersicht

Kurzvorstellung Referent

Anforderungen an Schraubenverbindungen

Normen üblicher Schrauben, Muttern und U-Scheiben

Schrauben- und Mutterwerkstoffe und Formen

Die technisch beste Schraube und Mutter

Stand der Technik – Konstruktiver Korrosionsschutz

Danksagung

Kurzvorstellung Referent

- **Jahrgang 1960, vertrete seit 1983 die Interessen deutscher Hersteller für Dichtelemente, Verbindungselemente, Berstscheiben und Armaturen in Norddeutschland**
- **Mitarbeit in Normenausschüssen beim DIN, EN, VDI und DVGW, sowie AGFW**
- **Neben Vorträgen zum Dichtungskolloquium und der Arbeit in der Normung werden Schulungen beim Kunden, beim DVGW, dem GWI oder im Haus der Technik HDT, um die Anwender von Flanschverbindungen über die Komplexität dieses Dichtsystems zu Informieren. Durch Entwicklung von Flanschsystemen wird ein Beitrag zur Verbesserung der Dichtheit, Montagefreundlichkeit, Betriebssicherheit und Kosteneffizienz geleistet.**
- **Autor der lizenzierten „Übersetzung der ASME PCC-1-2010“, des „Dichtungsvademecum“ und „10 Schritte zur optimalen, auf Dauer technisch dichten Dichtverbindung“.**
- **Autor diverser Fachartikel und der Kolumne „Genauer betrachtet!“ in der Fachzeitschrift DICHT!.**
- **Seit 2016 Mitbegründer und Gesellschafter der ISOflanges GmbH in Celle zur Produktion von Isolierflanschverbindungen.**
- **Veröffentlichung vieler technischer Informationen auf der Homepage.**


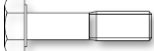
















Peter Thomsen
31.08.1960
technischer Kaufmann

Anforderungen an Schraubenverbindungen

Verfahren	Schweißen	Schrauben	
		Maschinenbau	Prozesstechnik
Auswahl	Schweißfachingenieur Schweißprobe	Ingenieur, Techniker technische Regel	Regelwerke
Zulassung	Schweißfachstelle	Freigabe	ZÜS (zuständige Überwachungsstelle)
Durchführung	zertifizierter, geprüfter Schweißer	gelernter Monteur Facharbeiter	Facharbeiter Hilfsarbeiter
Qualifizierung	Schweißfachschule	Ausbildung	z.B. DIN EN 1591-4 BRD: „fachkundiger Monteur“ nach BetrSichV §10 (2) und §2 (5)
Prüfung	zertifizierter Prüfer	geregelt nach	geregelt nach
Freigabe	nach Prüfung	VDI 2862-1 Automobilindustrie	VDI 2290
Dokumentation	Prüfbescheinigung	VDI 2862-2 Maschinenbau	VDI 2862-2












Normen üblicher Schrauben und Muttern

Bezeichnung	Abbildung	Norm		
		aktuell	alt	ASME (ex. ANSI)
Kopfschrauben				
Schraube mit Sechskantkopf und Schaft mit Gewinennenn-Ø (Form C ¹⁾) (Sechskantschraube) Heavy Hex Screw/Bolt		DIN EN ISO 4014 (A+B) oder 4016 (C)	DIN 931 zurückgezogen: 02.1992	B 18.2.1 Heavy Hex Bolt: SchaftØ > GewindeØ Heavy Hex Screw: SchaftØ = GewindeØ Kopf ist niedriger als bei Heavy Hex Bolts
Schraube mit Sechskantkopf und Schaft mit Gewindeflanken-Ø (Form B ¹⁾) (Sechskantschraube)				
Schraube mit Sechskantkopf und Gewinde bis unter den Kopf (Form A ¹⁾) (Sechskantschraube) Heavy Hex Screw/Bolt		DIN EN ISO 4017 (A+B) o. 4018 (C)	DIN 933 zurückgezogen 02.1992	
Schraube mit Sechskantkopf und Dehnschaft z.B. nach DIN 2510 (Dehnschraube)		in Anlehnung an DIN EN ISO 4014	in Anlehnung an DIN 931	-
Schraube mit Innensechskantkopf (Innensechskantschraube) Allen Screw		DIN EN ISO 4762	DIN 912 zurückgezogen 02.1998	-
Schraubenbolzen, Gewindebolzen, Stud-Bolts				
Schraubenbolzen		DIN 2509		
Schraubenbolzen mit Dehnschaft		DIN 2510-3		
Stiftschraube mit Dehnschaft		DIN 2510-4		
Stiftschraube ²⁾ Studs		DIN 938, DIN 939, DIN 940 DIN 949-1+2 ³⁾		
Gewindebolzen / Gewindestange ohne Fase		DIN 976-1 Form A	DIN 975 zurückgezogen 12.2002	
Gewindebolzen / Gewindestange / Stud Bolt mit Fase		DIN 976-1 Form B	DIN 976 zurückgezogen 12.2002	B16.5
Sechskantmutter, Dehnhülsen, Kapselmuttern				
Sechskantmutter (h=0,8·d ⁴⁾) Heavy Hex Nut (h=d ⁵⁾)		DIN EN ISO 4032	DIN 934 ⁶⁾ Gefahr! zurückgezogen 02.1992	B 18.2.2
Sechskantmutter für Dehnschrauben Form NF		DIN 2510-5		
Sechskantmutter für Dehnschrauben Form TF und Dehnhülsen Form D				
Dehnhülse Form D und Form E		DIN 2510-7		
Kapselmutter für Schraubenbolzen mit Dehnschaft Form AF		DIN 2510-6		
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen				
¹⁾ Gewindeform nach DIN 962 ²⁾ bei DIN 938 ist das Einschraubende 1 · d, bei DIN 939 ist das Einschraubende 1,25 · d und bei DIN 940 ist das Einschraubende 2,5 · d ³⁾ DIN 949-1 und 2 sind Stiftschrauben mit Festsitzgewinde ⁴⁾ h ist die Mutterhöhe, d ist der Gewinennenn-Ø, h = ca. 0,9·d ist die übliche Standardform, h=d, h=1,25·d oder h=1,5·d sind wahlweise möglich ⁵⁾ h ist die Mutterhöhe, d ist der Gewinennenn-Ø, h=d ist die übliche Standardform ⁶⁾ Achtung! Gefahr! durch die Mutterhöhe = 0,8 besteht das Risiko des Abstreifens				

Poster
siehe

www.thomsen-bremen.de

Normen üblicher Unterlegscheiben

Bezeichnung Beschreibung	Produkt- und Härte- klasse	Abbildung	Norm		
			aktuell	alt	ASME (ex ANSI)
Unterlegscheibe (Washer)	A 200 HV 300 HV		DIN EN ISO 7089	DIN 125 Form A zurückgezogen 11.2000	B 18.22.1
Unterlegscheibe mit Fase	A 200 HV 300 HV		DIN EN ISO 7090	DIN 125 Form B zurückgezogen 11.2000	
Unterlegscheibe normale Reihe (siehe Anmerkung)	C 100 HV		DIN EN ISO 7091	DIN 126 zurückgezogen 11.2000	
Unterlegscheibe mit größerem AußenØ für beschichtete Flansche ¹⁾	A 200 HV 300 HV		DIN EN ISO 7092	DIN 433-1 DIN 433-2 zurückgezogen 11.2000	
Unterlegscheibe mit sehr großem AußenØ für weiche oder beschichtete Flansche ¹⁾	A 200 HV 300 HV		DIN EN ISO 7093-1	DIN 9021 zurückgezogen 11.2000	
Unterlegscheiben mit sehr großem Außendurchmesser (siehe Anmerkung)	C 100 HV		DIN EN ISO 7093-2	DIN 9021 zurückgezogen 11.2000	
Unterlegscheiben mit extra großem Außendurchmesser (siehe Anmerkung)	C 100 HV		DIN EN ISO 7094	DIN 440 zurückgezogen 12.2000	
Unterlegscheibe für HV-Verbindungen ohne Fasen auf der Oberseite			DIN EN 14399-5	DIN 7989 zurückgezogen 06.2006	
Unterlegscheibe für HV-Verbindungen mit 2 Fasen auf der Oberseite			DIN EN 14399-6	DIN 6916 zurückgezogen 06.2006	
Unterlegscheibe mit größerem Außendurchmesser Kennzeichnung für Einsatz nach der Druckgerätericht- linie 2014/68/EU (ex. 97/23/EG) (DGRL/PED) ²⁾ und für beschichtete Flansche ¹⁾					
Unterlegscheibe mit Entwässerungsnuten zum Korrosionsschutz für Schrauben in waagerechten Flanschverbindungen					

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

¹⁾ Empfehlung des Verfassers
²⁾ Kennzeichnung mit Herstellerzeichen, Nenngröße, Werkstoff, Nummer des Herstellungsloses oder Chargen- oder Chargenkurzzeichen, siehe auch EN 1515-4

Werksnorm WN07 2013 Rev.1
Möller Metall-Dichtungen GmbH
DE-39444 Hecklingen
www.moeller-md.de

Poster
siehe
www.thomsen-bremen.de

**Die Werkstoffe für Schrauben und Muttern für Flanschverbindungen
findet man in der harmonisierten**

DIN EN 10269:2014-02 (harmonisiert)

**Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz
bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen**

Die Auswahl der Schrauben und Muttern erfolgt nach der harmonisierten

DIN EN 1515-4:2010-04 (harmonisiert)

**Flansche und ihre Verbindungen – Schrauben und Muttern – Teil 4:
Auswahl von Schrauben und Muttern zur Anwendung im
Gültigkeitsbereich der Druckgeräterichtlinie**

Hinweis: harmonisierte Normen bilden den Stand der Technik ab!

Schrauben- und Mutterwerkstoffe und Formen

Kombinationen		Schrauben oder Schraubenbolzen																			
		Werkstoff		Festigkeitsklassen				Austenitische Stähle, Stähle und Nickellegierungen													
				ISO 3506			ISO 898														
				A2 oder A4 ¹⁾	5.6 ¹⁾	8.8 ¹⁾	1.5680 +NT+QT	1.1181 +N+QT	1.5511 +QT	1.7218 +QT	1.7709 +QT	1.7711 +QT	1.7225 +QT	1.4923 +QT1	1.4923 +QT2	1.4913 +QT	1.4986 +WWW+P	1.4980 +AT+P	2.4952 +AT+P		
Stempelung	-50	-70	-80	5.6	8.8	KB	Y YK	YB	KG	GA	GB	GC	V	VH	VW	S	SD	SB			
Mutter	Festigkeitsklassen	-50	☉	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-70	☉	☉	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-80	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		5 ¹⁾	-	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		5-2	-	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		8 ¹⁾	-	-	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		KB	-	-	-	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Y YK	-	-	-	-	-	-	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		C45E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	-	-	-	-	-	-	-	-
	YB	-	-	-	-	-	-	-	☉	☉	☉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	KG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	■	-	-	-	-	-	-	-	-	
	GA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	
	GB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	☉	☉	-	-	-	-	-	-	
	GC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	☉	☉	☉	-	-	-	-	-	-	
	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	☉	■	■	■	-	-	
	VH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	☉	■	■	-	-	
	VW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	☉	■	■	-	-	
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	-	-	
	SD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉	-	
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	☉		

Legende

DGR/L/DIN EN 1515-4: empfohlene Kombination nicht zulässiger Werkstoff (Bruchdehnung < 14%)
 AD 2000-Regelwerk/DIN 267-13: Vorzugskombination zulässige Paarung - nicht empfohlen

Weitere Paarungen nach DIN EN 1515-4

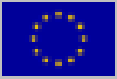

Schraube	Mutter
1.7223 / 42CrMoV4-6	1.7225 / 42CrMo4 / GC
1.7729 / 20CrMoVTiB4-10	1.7729 / 20CrMoVTiB4-10
1.4401 +AT (≈A4-50)	1.4401 (≈A4-50)
1.4401 +AT+C (≈A4-70)	1.4401 (≈A4-50)
1.4301 (≈A2-50)	1.4301 (≈A2-50)
1.4301 +AT+C (≈A2-70)	1.4301 (≈A2-50)

Poster
siehe

www.thomsen-bremen.de

Schrauben- und Mutterwerkstoffe und Formen

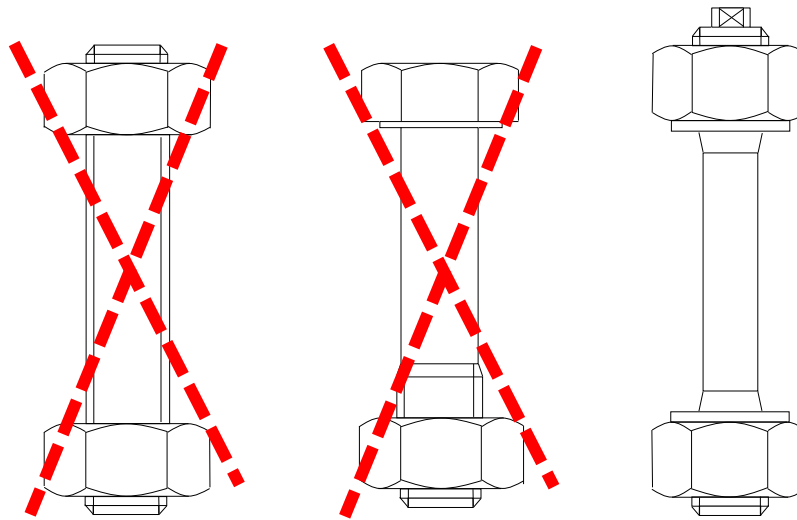
Was droht, wenn der Stand der Technik oder nach IE-RL, die BVT-beste verfügbare Technik, nicht eingehalten wird?

Richtlinie 	Gesetz 	Stand der Technik festgelegt in	Ordnungswidrigkeit nach	Bußgeld bis zu	Straftat (vorsätzlich/ wiederholt) nach	Strafe bis zu
89/391/EWG Arbeitsschutz- Rahmen-RL	ArbSchG	§18 (2) 5.	§25	25.000 €		
	BetrSichV	§4 (1) 2. §6 (3) 1.	§22	100.000 €	§23	Geldstrafe Freiheitsstrafe bis zu 1 Jahr
2010/75/EU IE-RL Industrieemissionen-RL	UVPG	§66 (1) b)	§69	50.000 €		
	BlmSchG	§5 §7 §22 §23	§62 (1) 2. u. 7. §62 (4)	50.000 €		
	WHG	§60 (1) §60 (3) 2. u. 3.	§103 (1) §103 (2)	50.000 €		
2008/98/EG Abfall-Rahmen-RL	KrWG	§36 (1) b) §15 (2)	§69 (3) 4.	100.000 €		
2014/68/EU PED / DGRL Druckgeräterichtlinie	ProdSG	§34 (1) 4.	§39 (1) 7. a)	100.000 €	§40	Geldstrafe Freiheitsstrafe bis zu 1 Jahr
2014/29/EU Einfache Druckbehälter						
2006/68/EG MRL Maschinenrichtlinie						

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Verbindliche Mindestanforderungen aus den harmonisierten Normen

- mindestens 14% Bruchdehnung A**
- Mindestkerbschlagarbeit KV zur Vermeidung von Sprödbruch
bei RT (20°C) = 27J
unter -10°C = 40J**
- Kennzeichnung zur Rückverfolgbarkeit zur Charge
siehe auch DIN EN ISO 16426, diese gilt auch für Schrauben und
Muttern im allgemeinen Stahlbau nach den ISO 898 und ISO 3506**
- Nachweis der Güteeigenschaften (harm. DIN EN 764-5:2015-03)
Abnahmeprüfzeugnis (APZ) 3.2 nach DIN EN 10204:2005-01.
Ist der Hersteller nach Richtlinie 2014/68/EU, DGRL, Anhang I, Abschnitt
4.3 zertifiziert, genügt ein APZ 3.1**



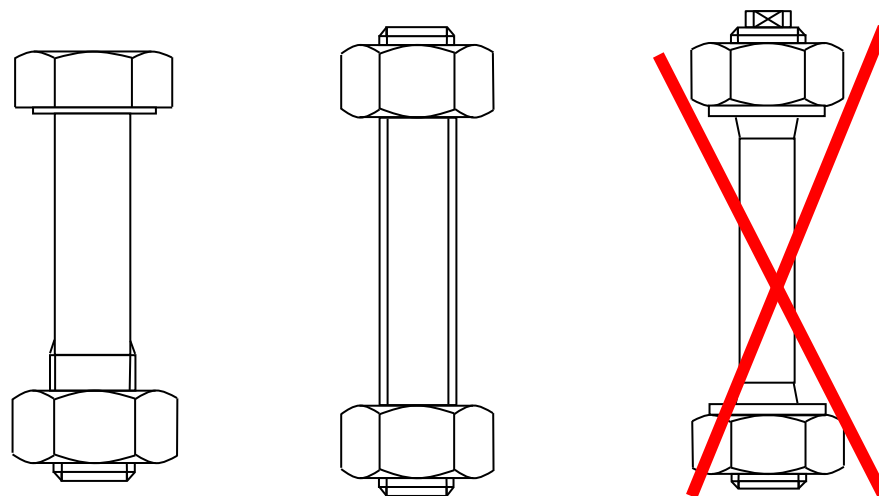
Das AD 2000-Regelwerk fordert im Merkblatt B 7 im Abschnitt 2, Allgemeines unter Absatz 2.3. Konstruktionsregeln im Abschnitt 2.3.1:

Zitat: „Schraubenbolzen mit Dehnschaft sollen bei einer Berechnungstemperatur über 300°C oder/und bei einem zulässigen Betriebsdruck von 40 bar verwendet werden.“ Zitatende

Hinweis: Im gleichen Abschnitt wird die Forderung

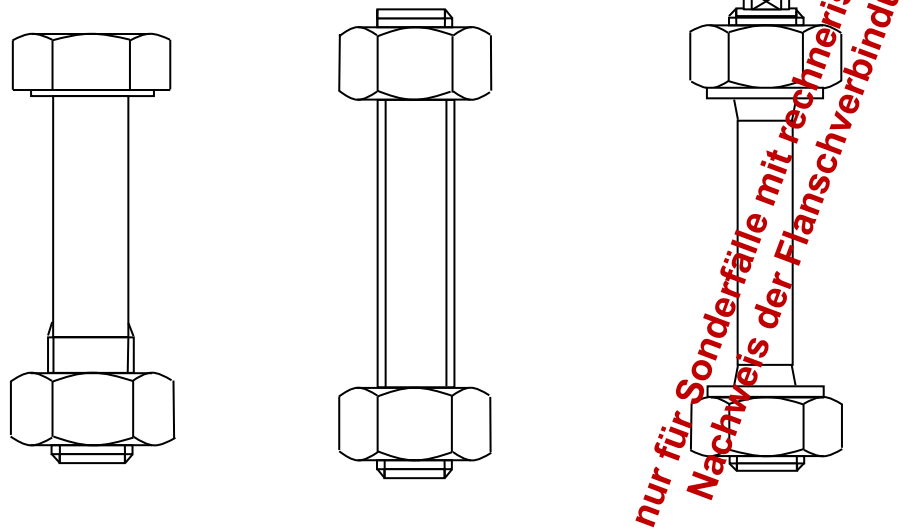
Zitat: „Die Dehnschaftlänge muss mindestens das Dreifache des Gewindedurchmessers betragen.“ Zitatende

Damit müssen in fast allen Normflanschverbindungen Dehnhülsen eingesetzt werden, weil die Schrauben sonst zu kurz sind.



Die Verwendung von Dehnschrauben in Flanschverbindungen ist nach EN 1515-1:2000-01 nicht vorgesehen. Unter Punkt 3, Tabelle 1 sind nur noch Sechskantschrauben und Gewindebolzen mit 2 Muttern vorgesehen. Nach EN 1515-4:2010-04 sind Dehnschrauben im Anhang B, Tabelle B.1 als nationale Besonderheit zugelassen.

Die EN 1515, Teile 1 bis 4 regeln die Schraubenauswahl im Gültigkeitsbereich der Druckgeräterichtlinie.

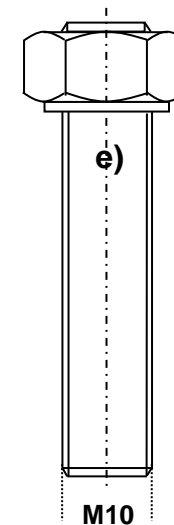
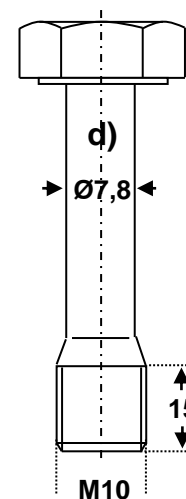
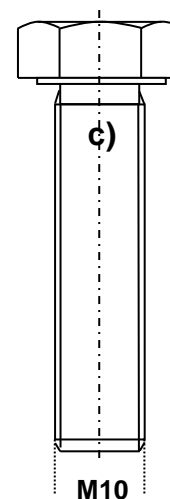
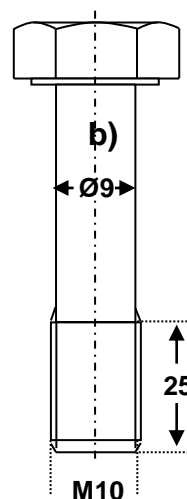
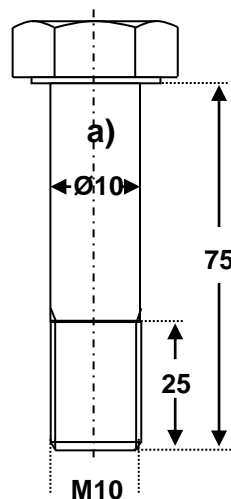


Die Verwendung von Dehnschrauben in Flanschverbindungen ist nach DIN 30690-1:2016-04, Absatz 4.7.3.3 nur noch für Sonderfälle erlaubt. Gemäß Absatz 1 und 3 sind nur noch Sechskantschrauben und Gewindebolzen mit 2 Muttern vorgesehen. Die Verwendung von Dehnschrauben ist nur nach erfolgtem rechnerischen Nachweis der jeweiligen Flanschverbindung zulässig.

Die DIN 30690-1 regelt die Schraubenauswahl für Flansche nach EN 1092-1, EN 1795-1 und ASME B16.5 im Einsatz in Gasversorgungsanlagen.

Die technisch beste Schraube und Mutter

- a) Schaft- \varnothing = Nenn- \varnothing
- b) Schaft- \varnothing = Flanken- \varnothing
- c) Schaft = Gewinde
- d) Dehnschaft
- e) Gewindebolzen



Gewicht %	100	91	91	76	91
Statische Tragfähigkeit %	100	100	100	87	100
Nachgiebigkeit %	100	116	141	147	144
Dynamische Tragfähigkeit %	100	112	131	135	131
Kosten %	100	96	96	156	85

Einfluss der konstruktiven Gestaltung auf Gewicht, Tragfähigkeit, Nachgiebigkeit und Kosten.

Quelle: Wiegand, Kloos, Thomala; Schraubenverbindungen, Springer Verlag mit Änderungen/Ergänzungen durch Peter Thomsen

Die technisch beste Schraube und Mutter

C: Static Structural 2

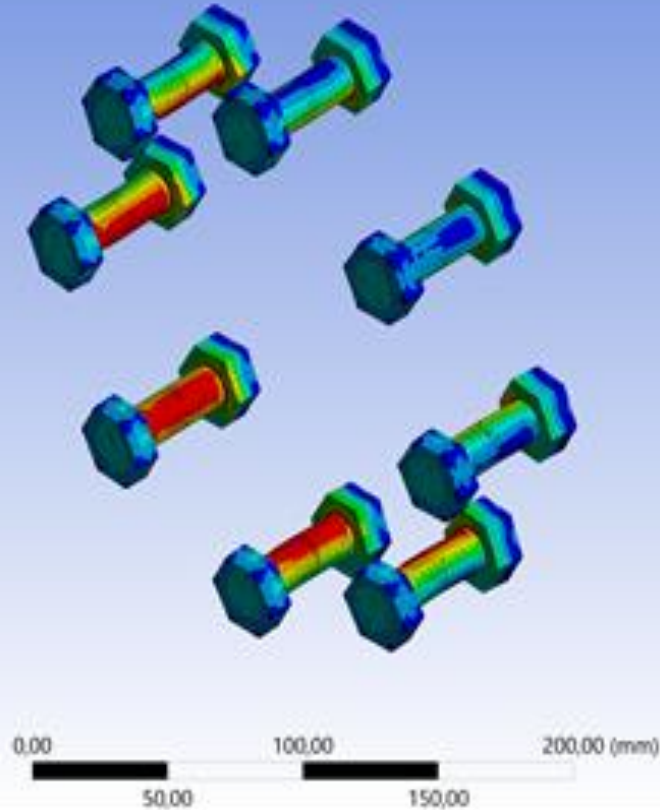
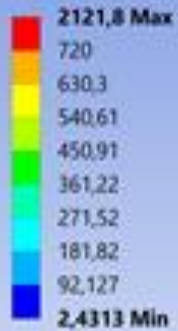
Equivalent Stress

Typ: Vergleichsspannung (von Mises)

Einheit: MPa

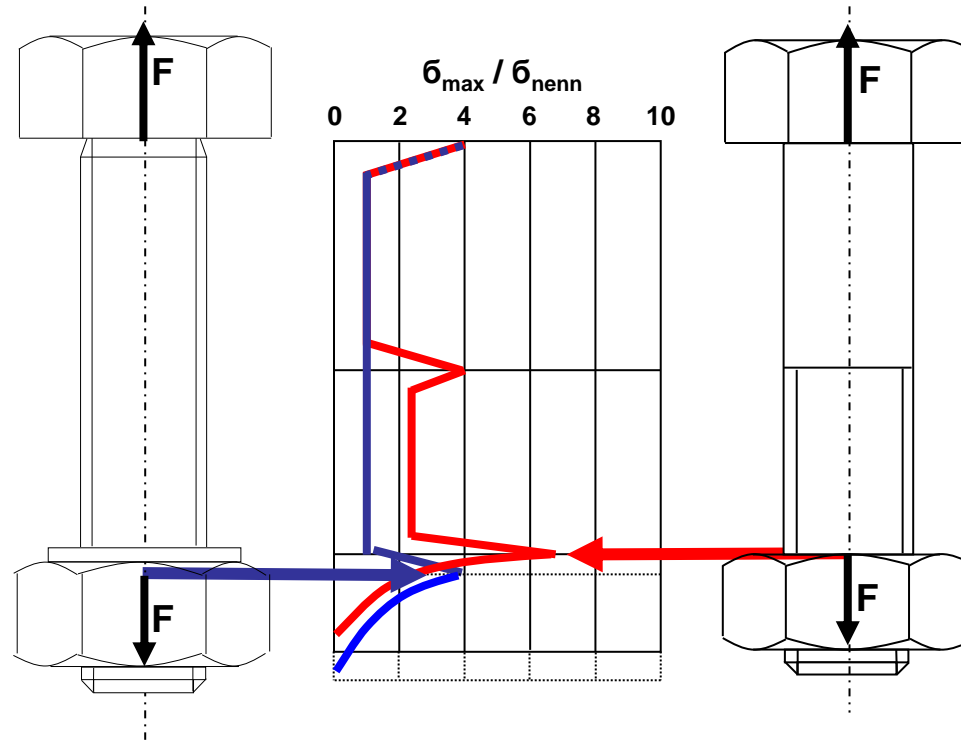
Zeit: 5

18.06.2018 08:02



Und sie leiden doch!

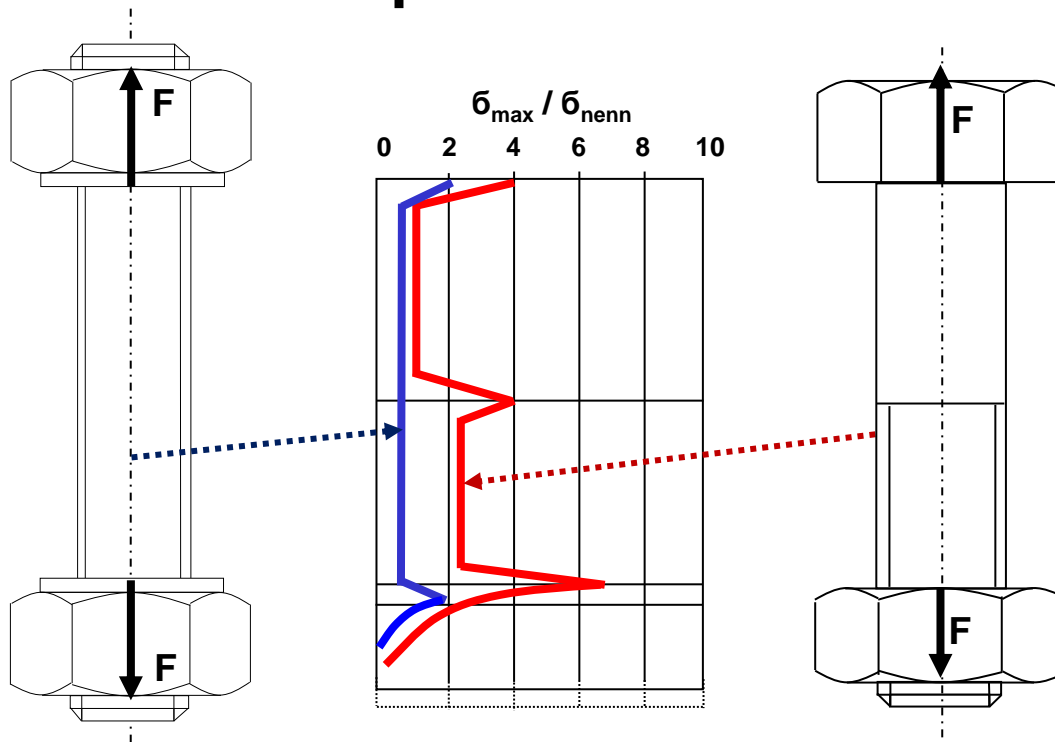
Schwingungsbelastbarkeit der Kerben



**Jede Kerbe verringert die Schwingungsbelastbarkeit deutlich.
Verminderung der örtlichen Spannung durch Entlastung der
Gewindegänge, die der Auflagefläche der Mutter am nächsten liegen und
durchgehendem Gewinde.**

Quelle: Wiegand, Kloos, Thomala; Schraubenverbindungen, Springer Verlag
mit Abwandlungen durch Mutter nach DIN 2510-5 anstelle der Kerbmutter

Die optimale Schraube



DIN 976-1 Form B / DIN 2510-5

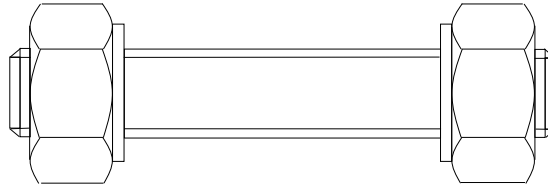
DIN EN ISO 4014 / 4032

Verminderung der örtlichen Spannung durch Entlastung der Gewindegänge, die der Auflagefläche der Mutter am nächsten liegen.

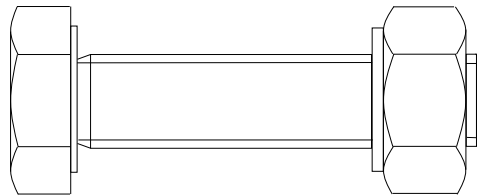
Muttern nach DIN 2510-5 reduzieren die Kerbwirkung durch einen steileren Gewindeeinstich (Seite mit Bund).

Quelle: Wiegand, Kloos, Thomala; Schraubenverbindungen, Springer Verlag mit Änderungen/Ergänzungen durch Peter Thomsen

Die optimale Schraube:



**Schraubenbolzen DIN 976 Form B mit Gewinde nach DIN 2510-2
und Muttern DIN 2510-5 (Stand der Technik)**



Kopfschraube DIN EN ISO 4017 mit Mutter DIN 2510-5

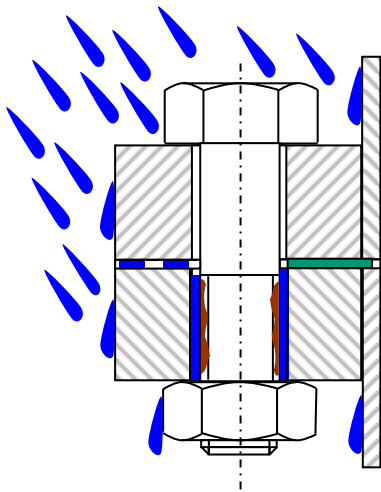


Die Folgen von Korrosionsangriff in waagerechten Flanschverbindungen sind von außen schwer erkennbar. Die Schrauben korrodieren besonders stark in den Schraubenlöchern des unteren Flansches. Bei Flanschverbindungen mit Flachdichtungen ist dies Risiko nicht so gut zu erkennen wie bei der oben abgebildeten Verbindung mit Steckscheibe oder RTJ-Verbindungen mit Ring-Joint-Dichtungen.

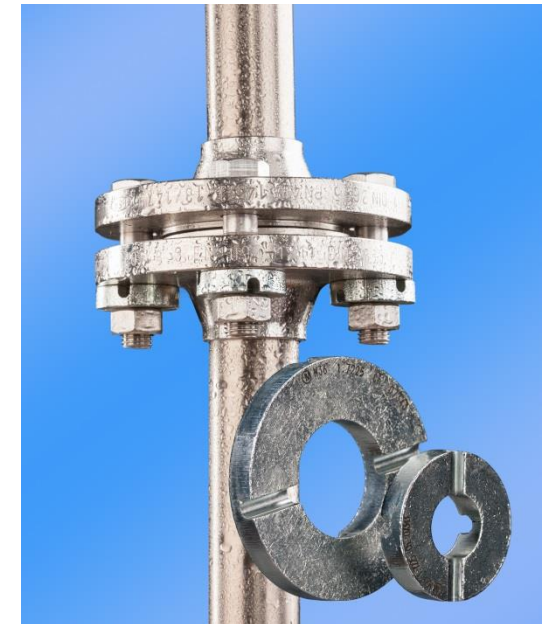
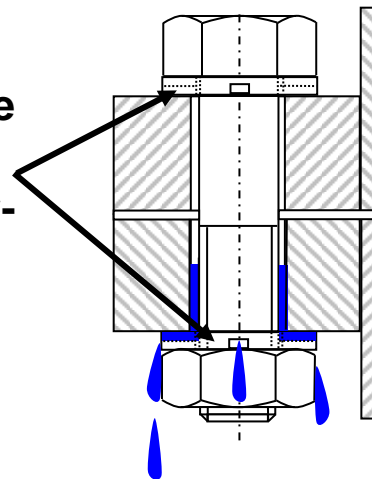
Quelle der Fotos: Dipl.-Ing. Joachim Lehmer

Entwässerungsunterlegscheiben Konstruktiver Korrosionsschutz

Durch die Spalten kann Wasser eindringen und sich im Schraubenloch sammeln, weil es in der Regel dort nicht ablaufen kann. Es kann sowohl Regenwasser außen als auch Schwitzwasser sein. Hierzu kommt es zu von außen nicht zu erkennenden Korrosionen.



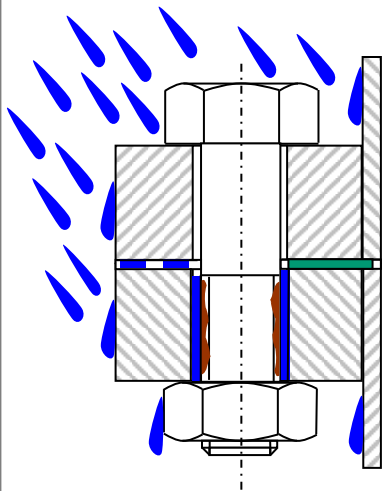
Unterlegscheibe
mit Belüftungs-
bzw. Entwässer-
ungsnuten



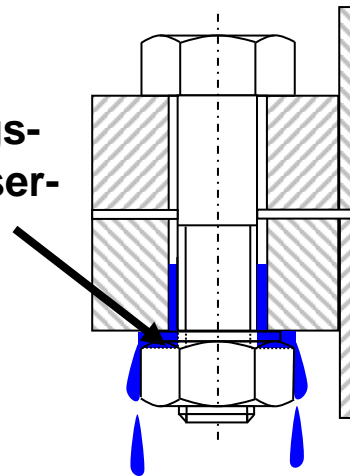
Diese Unterlegscheiben haben sich in Kavernen und Gasanlagen bereits bewährt.

Entwässerungsmuttern Konstruktiver Korrosionsschutz

Durch die Spalten kann Wasser eindringen und sich im Schraubenloch sammeln, weil es in der Regel dort nicht ablaufen kann. Es kann sowohl Regenwasser außen als auch Schwitzwasser sein. Hierzu kommt es zu von außen nicht zu erkennenden Korrosionen.



Mutter
mit Belüftungs-
bzw. Entwässerungs-
nuten



Diese Entwässerungsmuttern haben sich in Gasanlagen bereits bewährt.

Ich empfehle Ihnen für mehr Informationen:

www.thomsen-bremen.de

Information / Schrauben oder Montage

<https://www.thomsen-bremen.de/download/21/schrauben/545/schraubenauswahl-konform-zu-druckgeraeterichtlinie-stand-der-technik-und-beste-verfuegbare-technik.pdf>

und weitere dort zu findende technische Informationen.

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**