

TECHNISCHE INFORMATIONEN ZU VERBINDUNGSELEMENTEN

1 Verbindungselemente aus Stahl für den Temperaturbereich zwischen -50°C und $+150^{\circ}\text{C}$

- 1.1 Werkstoffe für Verbindungselemente
- 1.2 Mechanische Eigenschaften von Stahlschrauben
 - 1.2.1 Zugversuch
 - 1.2.2 Zugfestigkeit R_m (MPa)
 - 1.2.3 Streckgrenze R_e (MPa)
 - 1.2.4 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ (MPa)
 - 1.2.5 Zugversuch an ganzen Schrauben
 - 1.2.6 Festigkeitsklassen
 - 1.2.7 Bruchdehnung A5 (%)
 - 1.2.8 Härte- und Härteprüfverfahren
- 1.3 Festigkeitsklassen von Schrauben
 - 1.3.1 Prüfkräfte
 - 1.3.2 Eigenschaften von Schrauben bei erhöhten Temperaturen
- 1.4 Festigkeitsklassen für Muttern
- 1.5 Paarung von Schrauben und Muttern
 - 1.5.1 Hinweise für Muttern aus Stahl
 - 1.5.2 Abstreiffestigkeit für Muttern mit einer Nennhöhe $\geq 0,5 d$ und $< 0,8 d$ (nach DIN EN 20898, Teil 2)
- 1.6 Mechanische Eigenschaften von Gewindestiften
- 1.7 Kennzeichnung von Schrauben und Muttern
- 1.8 Zollgewinde Umrechnungstabelle Zoll/mm

2 Rost- und Säurebeständige Verbindungselemente

- 2.1 Mechanische Eigenschaften
 - 2.1.1 Festigkeitseinteilung von Edelstahlschrauben
 - 2.1.2 Streckgrenzlasten für Schaftschrauben
 - 2.1.3 Anhaltswerte für Anziehdrehmomente von Schrauben
- 2.2 Korrosionsbeständigkeit von A2 und A4
 - 2.2.1 Flächen- und abtragende Korrosion
 - 2.2.2 Lochfraß
 - 2.2.3 Kontaktkorrosion
 - 2.2.4 Spannungsrisskorrosion
 - 2.2.5 A2 und A4 in Verbindung mit korrosiven Medien
 - 2.2.6 Entstehung von Fremdrost
- 2.3 Kennzeichnung von nichtrostenden Schrauben und Muttern

3 ISO Informationen Technische Normung – Umstellung auf ISO

- 3.1 Regelwerk
 - 3.1.1 Produktbezeichnungen und Produktänderungen
- 3.2 DIN-ISO-Nachfolgenormen – ISO-DIN-Vorgängernormen
- 3.3 DIN-ISO-Schlüsselweitenänderungen
- 3.4 Normenumstellung DIN/ISO
 - 3.4.1 Technische Lieferbedingungen und Grundnormen
 - 3.4.2 Metrische Kleinschrauben
 - 3.4.3 Stifte und Bolzen
 - 3.4.4 Blechschrauben
 - 3.4.5 Sechskantschrauben- und muttern
 - 3.4.6 Gewindestifte
- 3.5 Maßliche Änderungen bei Sechskantschrauben und -muttern

4 Herstellung von Schrauben und Muttern

- 4.1 Herstellverfahren
 - 4.1.1 Kaltumformung (Kaltfließpressen)
 - 4.1.2 Warmumformung
 - 4.1.3 Spanabhebende Fertigung
- 4.2 Gewindeherstellung
 - 4.2.1 Faserverlauf
- 4.3 Wärmebehandlung
 - 4.3.1 Vergüten
 - 4.3.2 Härten
 - 4.3.3 Anlassen
 - 4.3.4 Einsatzhärten
 - 4.3.5 Glühen
 - 4.3.6 Tempern

5 Oberflächenschutz

- 5.1 Korrosion
- 5.2 Korrosionsarten
- 5.3 Häufig verwendete Arten von Überzügen für Verbindungselemente
 - 5.3.1 Nichtmetallische Überzüge
 - 5.3.2 Metallische Überzüge
 - 5.3.3 Sonstige Überzüge

- 5.4 Normung von galvanischen Korrosionsschutzsystemen
 - 5.4.1 Bezeichnungssystem nach DIN EN ISO 4042
 - 5.4.2 Richtwerte für Korrosionsbeständigkeiten im Salzsprühnebeltest DIN 50021 SS (ISO 9227)
 - 5.4.3 Bezeichnungssystem nach DIN 50979
 - 5.4.4 Bezeichnung der galvanischen Überzüge
 - 5.4.5 Passivierungen
 - 5.4.6 Versiegelungen
 - 5.4.7 Mindestschichtdicken und Prüfdauer
- 5.5 Normung von nichtelektrolytisch aufgebrachtten Korrosionsschutzsystemen
 - 5.5.1 Zink-Lamellensysteme
 - 5.5.2 Normung von nichtelektrolytisch aufgebrachtten Korrosionsschutzsystemen Bezeichnungen gemäß DIN EN ISO 10683
- 5.6 Normung der Feuerverzinkung von Schrauben gemäß DIN EN ISO 10684
 - 5.6.1 Verfahren und Anwendungsbereich
 - 5.6.2 Gewindetoleranzen und Bezeichnungssystem
- 5.7 Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe
 - 5.7.1 RoHS
 - 5.7.2 ELV
- 5.8 Wasserstoffversprödung

6 Dimensionierung von metrischen Schrauben

- 6.1 Überschlägige Ermittlung der Dimension bzw. der Festigkeitsklassen von Schrauben nach VDI 2230
- 6.2 Wahl des Anziehverfahrens und der Verfahrensdurchführung
- 6.3 Zuordnung von Reibungszahlklassen mit Richtwerten zu verschiedenen Werkstoffen/Oberflächen und Schmierzuständen bei Schraubenverbindungen (nach VDI 2230)
- 6.4 Anziehdrehmomente und Vorspannkkräfte für Schaftschrauben mit metrischem Regelgewinde nach VDI 2230
- 6.5 Anziehdrehmomente und Vorspannkkräfte für Sicherungs- und Flanschschrauben mit Muttern nach Herstellerangaben

- 6.6 Anhaltswerte für Anziehdrehmomente bei austenitischen Schrauben nach DIN EN ISO 3506
- 6.7 Ein Beispiel für den Umgang mit den Tabellen der Vorspannkkräfte und Anziehdrehmomente!
- 6.8 Paarung verschiedener Elemente/Kontaktkorrosion
- 6.9 Statische Scherkräfte für Spannstiftverbindungen
- 6.10 Konstruktionsempfehlungen
- 6.11 Montage

7 Sicherungselemente

- 7.1 Allgemein
- 7.2 Ursachen des Vorspannkraftverlustes
- 7.3 Funktionsweisen
 - 7.3.1 Sicherung gegen Lockern
 - 7.3.2 Sicherung gegen Losdrehen
 - 7.3.3 Sicherung gegen Verlieren
- 7.4 Wirkweise von Sicherungselementen
 - 7.4.1 Unwirksame Sicherungselemente
 - 7.4.2 Verliersicherungen
 - 7.4.3 Losdrehsicherungen
- 7.5 Maßnahmen zur Schraubensicherung
 - 7.5.1 Lockern
 - 7.5.2 Selbsttätiges Lösen

8 Stahlbau

- 8.1 HV-Verbindungen für den Stahlbau
- 8.2 HV-Schrauben, Muttern und Scheiben
- 8.3 Konstruktionshinweise und Nachweise für HV-Verbindungen nach DIN 18800-1 und DIN EN 1993-1-8
 - 8.3.1 HV-Verbindungen nach DIN 18 800-1 (2008)
 - 8.3.2 HV-Verbindungen nach DIN EN 1993-1-8
- 8.4 Montage
 - 8.4.1 Montage und Prüfung nach DIN 18 800-7
 - 8.4.2 Montage nach DIN EN 1090-2
- 8.5 Besondere Hinweise bei der Verwendung von HV-Garnituren

9 Direktverschraubung in Kunststoffen und Metalle

- 9.1 Direktverschraubung in Kunststoffen
- 9.2 Direktverschraubung in Metalle
 - 9.2.1 Metrische gewindefurchende Schrauben
 - 9.2.2 Schraubenverbindungen für Gewindefurchende Schrauben nach DIN 7500
 - 9.2.3 Direktverschraubungen in Metalle mit gewindefurchenden Schrauben nach DIN 7500
- 9.3 Blechschrauben
 - 9.3.1 Blechschraubenverbindungen
 - 9.3.2 Gewinde für Blechschrauben

- 10.8.6 Schließkopf
- 10.8.7 Setzkopf
- 10.8.8 Sollbruchstelle

10 Niettechnik

- 10.1 Niettypen
 - 10.1.1 Vollniete
 - 10.1.2 Hohlните
 - 10.1.3 Rohrniete
 - 10.1.4 Spreizniete
 - 10.1.5 Halbhohlните
 - 10.1.6 Zweiteiliger Hohlните
 - 10.1.7 Blindniete
- 10.2 Verarbeitungshinweise
 - 10.2.1 Verbindung von harten mit weichen Materialien
 - 10.2.2 Eckabstände bei Verbindungen
- 10.3 Begriffe und mechanische Kenngrößen
- 10.4 Verarbeitung von Blindnieten
- 10.5 Einnietmuttern
 - 10.5.1 Verarbeitung von Einnietmuttern
 - 10.5.2 Sonderformen von Einnietmuttern
- 10.6 Einnieterschrauben
- 10.7 Trouble Shooting
 - 10.7.1 Klemmbereich zu groß gewählt
 - 10.7.2 Klemmbereich zu klein
 - 10.7.3 Bohrung zu groß
 - 10.7.4 Bohrung zu klein
- 10.8 Begriffserklärung
 - 10.8.1 Becherblindniet
 - 10.8.2 Klemmbereich
 - 10.8.3 Mehrbereichsblindniet
 - 10.8.4 Niethülse Durchmesser
 - 10.8.5 Niethülse Länge

1. VERBINDUNGSELEMENTE AUS STAHL FÜR DEN TEMPERATURBEREICH ZWISCHEN -50°C UND $+150^{\circ}\text{C}$

1.1 Werkstoffe für Verbindungselemente

Der eingesetzte Werkstoff ist von entscheidender Bedeutung für die Qualität der Verbindungselemente (Schrauben, Muttern und Zubehörteile). Treten Fehler im eingesetzten Werkstoff auf, so kann das daraus gefertigte Verbindungselement die an ihn gestellten Anforderungen nicht mehr erfüllen.

Diese Normen legen den einzusetzenden Werkstoff, die Kennzeichnung, die Eigenschaften der fertigen Teile sowie deren Prüfungen und Prüfmethoden fest.

Für die verschiedenen Festigkeitsklassen werden unterschiedliche Werkstoffe eingesetzt, die in nachfolgender Tabelle 1 aufgeführt sind.

Die wichtigsten Normen für Schrauben und Muttern sind:

- DIN EN ISO 898-1, Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl, Teil 1: Schrauben
- DIN EN 20898 Teil 2 (ISO 898 Teil 2), Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen, Teil 2: Muttern

Festigkeitsklasse	Werkstoff und Wärmebehandlung	Chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse%) ^a					Anlasstemperatur	
		C		P	S	B ^b	°C	
		min.	max.	max.	max.	max.	min.	
4.6 ^{c,d}	Kohlenstoffstahl oder Kohlenstoffstahl mit Zusätzen	-	0,55	0,050	0,060	nicht festgelegt	-	
4.8 ^d								
5.6 ^c		0,13	0,55	0,050	0,060			
5.8 ^d		-	0,55	0,050	0,060			
6.8 ^d		0,15	0,55	0,050	0,060			
8.8 ^f	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr), gehärtet und angelassen oder	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425	
	Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen oder	0,25	0,55	0,025	0,025			
	Legierter Stahl, gehärtet und angelassen ^g	0,20	0,55	0,025	0,025			
9.8 ^f	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr), gehärtet und angelassen oder	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425	
	Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen oder	0,25	0,55	0,025	0,025			
	Legierter Stahl, gehärtet und angelassen ^g	0,20	0,55	0,025	0,025			
10.9 ^f	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr), gehärtet und angelassen oder	0,20 ^e	0,55	0,025	0,025	0,003	425	
	Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen oder	0,25	0,55	0,025	0,025			
	Legierter Stahl, gehärtet und angelassen ^g	0,20	0,55	0,025	0,025			

Festigkeitsklasse	Werkstoff und Wärmebehandlung	Chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse%) ^a					Anlass-temperatur
		C		P	S	B ^b	° C
		min.	max.	max.	max.	max.	min.
12.9 ^{f, h, i}	Legierter Stahl, gehärtet und angelassen ^g	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9 ^{f, h, i}	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr oder Molybdän), gehärtet und angelassen	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

^a Im Schiedsfall gilt die Produktanalyse.

^b Der Bor-Gehalt darf 0,005% erreichen, vorausgesetzt, dass das nicht wirksame Bor durch Zusätze von Titan und/oder Aluminium kontrolliert wird.

^c Bei kalt umgeformten Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 kann eine Wärmebehandlung des für das Kaltumformen verwendeten Drahtes oder der kalt umgeformten Schraube notwendig werden, um die gewünschte Duktilität zu erreichen.

^d Für diese Festigkeitsklassen ist Automatenstahl mit folgenden maximalen Schwefel, Phosphor- und Bleianteilen zulässig: Schwefel 0,34%; Phosphor 0,11%; Blei 0,35%.

^e Bei einfachem Kohlenstoffstahl mit Bor als Zusatz und einem Kohlenstoffgehalt unter 0,25% (Schmelzenanalyse) muss ein Mangengehalt von mindestens 0,6% für die Festigkeitsklasse 8.8 und 0,7% für die Festigkeitsklassen 9.8 und 10.9 vorhanden sein.

^f Werkstoffe dieser Festigkeitsklassen müssen ausreichend härter sein, um sicherzustellen, dass im Gefüge des Kernes im Gewindeteil ein Martensitanteil von ungefähr 90% im gehärteten Zustand vor dem Anlassen vorhanden ist.

^g Legierter Stahl muss mindestens einen der folgenden Legierungsbestandteile in der angegebenen Mindestmenge enthalten: Chrom 0,30%, Nickel 0,30%, Molybdän 0,20%, Vanadium 0,10%. Wenn zwei, drei oder vier Elemente in Kombinationen festgelegt sind und geringere Legierungsanteile haben als oben angegeben, dann ist der für die Klassifizierung anzuwendende Grenzwert 70% der Summe der oben angegebenen Einzelgrenzwerte für die zwei, drei oder vier betreffenden Elemente.

^h Für die Festigkeitsklasse 12.9/12.9 ist eine metallographisch feststellbare, mit Phosphor angereicherte weiße Schicht nicht zulässig. Diese muss mit einem geeigneten Prüfverfahren nachgewiesen werden.

ⁱ Bei einem vorgesehenen Einsatz der Festigkeitsklasse 12.9/12.9 ist Vorsicht geboten. Dabei sollten die Eignung des Schraubenherstellers, die Montage und die Einsatzbedingungen berücksichtigt werden. Durch spezielle Umgebungsbedingungen kann es sowohl bei unbeschichteten als auch bei beschichteten Schrauben zu Spannungsrisskorrosion kommen.

1.2 Mechanische Eigenschaften von Stahlschrauben

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick, mit welchen Methoden mechanische Eigenschaften von Schrauben festgelegt und bestimmt werden. In diesem Zusammenhang wird auf die gebräuchlichsten Kennwerte und Nenngrößen eingegangen.

1.2.1 Zugversuch

Mit Hilfe des Zugversuchs werden wichtige Kennwerte für Schrauben wie Zugfestigkeit R_m , Streckgrenze R_e , 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ und Bruchdehnung A_5 (%) bestimmt. Dabei wird unterschieden in „Zugversuch mit abgedrehten Proben“ und „Zugversuch an ganzen Schrauben“ (DIN EN ISO 898 Teil 1).

1.2.2 Zugfestigkeit R_m (MPa)

Die Zugfestigkeit R_m gibt an, ab welcher Zugspannung es zu einem Bruch der Schraube kommen kann. Sie ergibt sich aus der Höchstkraft und dem entsprechenden Querschnitt. Der Bruch darf bei Schrauben mit voller Belastbarkeit nur im Schaft oder im Gewinde eintreten und nicht im Übergang zwischen Kopf und Schaft.

Zugfestigkeit bei Bruch im zylindrischen Schaft (abgedrehte oder ganze Schrauben):

$$R_m = \text{maximale Zugkraft/Querschnittsfläche} = F/S_o \text{ [MPa]}$$

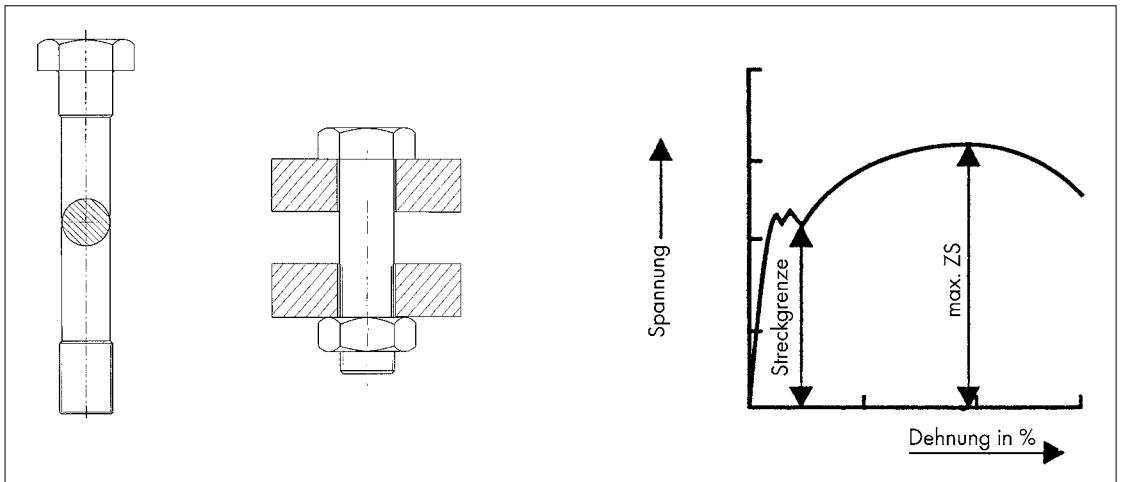
Zugfestigkeit bei Bruch im Gewinde:

$$R_m = \text{maximale Zugkraft/Spannungsquerschnitt} = F/A_s \text{ [MPa]}$$

A_s Spannungsquerschnitt

1.2.3 Streckgrenze R_e (MPa)

Nach DIN EN ISO 898 Teil 1 kann die genaue Streckgrenze nur an abgedrehten Proben ermittelt werden. Als Streckgrenze wird die Grenze bezeichnet, bis zu der ein Werkstoff, unter Zugbelastung, ohne bleibende plastische Verformung gedehnt werden kann. Sie stellt den Übergang zwischen dem elastischen in den plastischen Bereich dar. Der qualitative Verlauf einer 4.6-Schraube (duktiler Stahl) im Spannungs-Dehnungs-Diagramm ist in Abbildung C dargestellt.



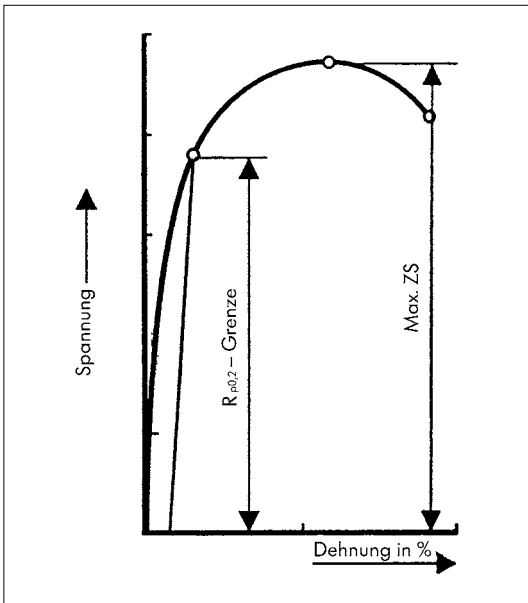
Zugversuch an
abgedrehter Schraube
Abb. A

Zugversuch an
ganzer Schraube
Abb. B

Spannungs-Dehnungs-Diagramm einer Schraube
mit der Festigkeitsklasse 4.6 (qualitativ)
Abb. C

1.2.4 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ (MPa)

Die Dehngrenze $R_{p0,2}$ wird als sogenannte Ersatzstreckgrenze ermittelt, da die meisten vergüteten Stähle keinen ausgeprägten Übergang vom elastischen in den plastischen Bereich aufweisen. Die 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ stellt diejenige Spannung dar, bei der eine bleibende Dehnung von 0,2% erreicht wird. Der qualitative Spannungsverlauf im Spannungs-Dehnungs-Diagramm für eine 10.9 Schraube ist in Abbildung D dargestellt.



Spannungs-Dehnungs-Diagramm einer Schraube mit der Festigkeitsklasse 10.9 (qualitativ)

Abb. D

1.2.5 Zugversuch an ganzen Schrauben

Neben dem Zugversuch an abgedrehten Proben, ist auch ein weniger aufwändiger Versuch an ganzen Schrauben möglich. Bei diesem Versuch wird die ganze Schraube am Kopf und am Gewinde in die Prüfvorrichtung eingespannt. Da in diesem Fall, abweichend zum Versuch mit Proportionalstab, das Verhältnis von Länge und Durchmesser der Probe nicht immer gleich ist, können damit nur die Zugfestigkeit R_m , die Bruchverlängerung A_f und die 0,004 8 d Dehngrenze R_{pf} bestimmt werden.

0,004 8 d Dehngrenze R_{pf} (MPa) gemäß Kapitel 9.3 der ISO 898-1 2009-08.

1.2.6 Festigkeitsklassen

Schrauben werden mit Festigkeitsklassen gekennzeichnet, so dass es sehr einfach möglich ist die Zugfestigkeit R_m und die Streckgrenze R_e (bzw. die 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$) zu ermitteln.

Beispiel:

Schraube 8.8

- Bestimmung von R_m : Die erste Zahl mit 100 multiplizieren. $\rightarrow R_m = 8 \times 100 = 800$ MPa
Die erste Zahl gibt 1/100 der Mindestzugfestigkeit in MPa an.
- Bestimmung von R_e bzw. $R_{p0,2}$:

Die erste Zahl mit der zweiten Zahl multipliziert und das Ergebnis mit 10 multipliziert ergibt die Streckgrenze R_e bzw. 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$. $\rightarrow R_e = (8 \times 8) \times 10 = 640$ MPa.

1.2.7 Bruchdehnung A5 (%)

Die Bruchdehnung ist ein wichtiger Kennwert für die Beurteilung der Verformbarkeit eines Werkstoffes und entsteht bei der Belastung bis zum Schraubenbruch. Diese wird an abgedrehten Schrauben mit definiertem Schaftbereich (Proportionalstab) bestimmt (Ausnahme: rost- und säurebeständige Schrauben, Stahlgruppe A1 -A5). Die bleibende plastische Dehnung wird in Prozent angegeben und nach folgender Formel berechnet:

$$A5 = (L_u - L_o) / L_o \times 100\%$$

L_o definierte Länge vor dem Zugversuch $L_o = 5 \times d_o$

L_u Länge nach dem Bruch

d_o Schaftdurchmesser vor dem Zugversuch

Beispiel eines Proportionalstabes

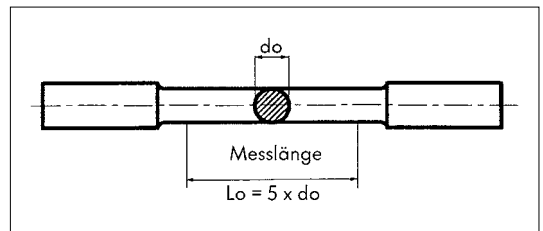


Abb. E

1.2.8 Härte und Härteprüfverfahren

Definition:

Härte ist der Widerstand, den ein Körper dem Eindringen eines anderen, härteren Körpers entgegensetzt.

Die wichtigsten Härteprüfverfahren in der Praxis sind:

Prüfverfahren	Härte Vickers HV DIN EN ISO 6507	Härte Brinell HB DIN EN ISO 6506	Härte Rockwell HRC DIN EN ISO 6508
Prüfkörper	Pyramide	Kugel	Kegel

Die Prüfung nach dem Vickersverfahren umfasst den gesamten Härtebereich für Schrauben.

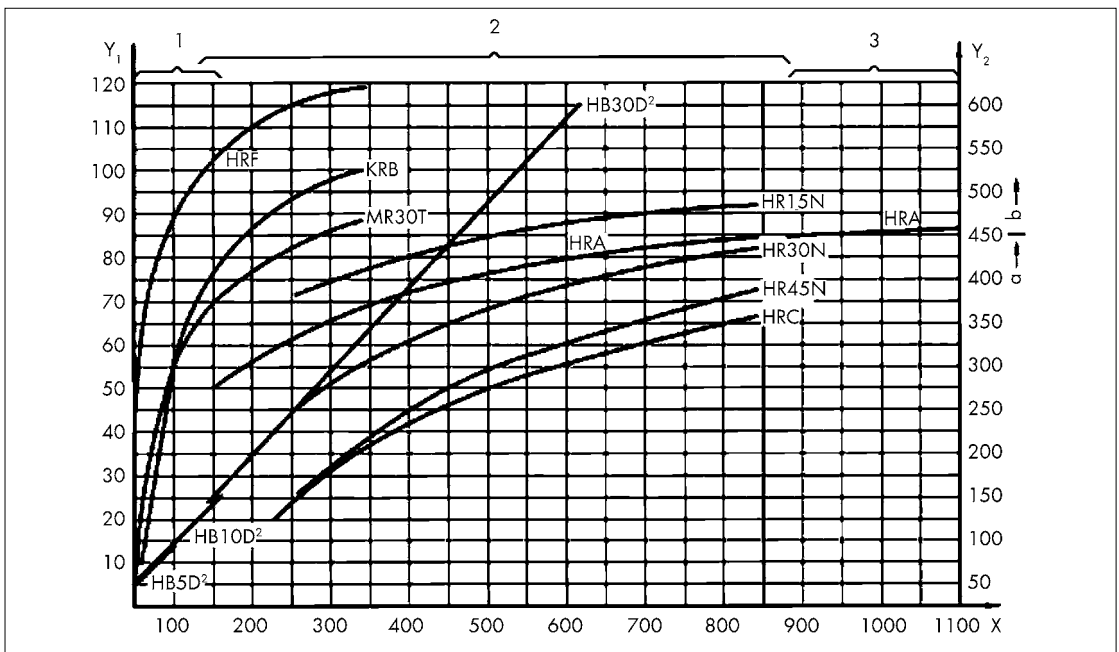
Vergleich von Härteangaben

Die folgende Grafik F gilt für Stähle und entspricht den Härtevergleichstabellen in DIN EN ISO 18265. Diese sollen als Anhaltspunkt dienen, denn ein exakter Vergleich von Ergebnissen ist nur mit dem gleichen Verfahren und unter den gleichen Bedingungen möglich.

1.3 Festigkeitsklassen von Schrauben

Mit Hilfe der Festigkeitsklassen werden die mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Schrauben und Muttern beschrieben. Dies erfolgt für Schrauben in untenstehender Tabelle 2 anhand von 9 Festigkeitsklassen, bei denen jeweils die Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Härte, Streckgrenze, Bruchdehnung usw. aufgeführt sind.

Darstellung verschiedener Härteskalen zur Vickersskala



Legende:

X Vickershärte HV 30

Y₁ Rockwellhärte

Y₂ Brinellhärte

1 Härtebereich für Nichteisenmetalle

2 Härtebereich für Stähle

3 Härtebereich für Hartmetalle

a Brinellhärte, mit Stahlkugelbestimmt (HBS)

b Brinellhärte, mit Hartmetallkegelbestimmt (HBW)

Abb. F: Auszug aus DIN EN ISO 18265

Mechanische und physikalische Eigenschaften von Schrauben

Nr.	Mechanische oder physikalische Eigenschaft	Festigkeitsklasse											
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9/ 12.9		
							d ≤ 16 mm ^a	d > 16 mm ^b					
1	Zugfestigkeit, R _m , MPa	nom. ^c	400		500		600		800		900	1.000	1.200
		min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1.040	1.220	
2	Untere Streckgrenze, R _{eL} ^d , MPa	nom. ^c	240	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-
		min.	240	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,2 %-Dehngrenze, R _{p0,2} , MPa	nom. ^c	-	-	-	-	-	640	640	720	900	1.080	
		min.	-	-	-	-	-	640	660	720	940	1.100	
4	0,004 8 d Dehngrenze für ganze Schrauben, R _{p1} , MPa	nom. ^c	-	320	-	400	480	-	-	-	-	-	-
		min.	-	340 ^e	-	420 ^e	480 ^e	-	-	-	-	-	-
5	Spannung unter Prüfkraft, S _p ^f , MPa	nom.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970	
		Prüffestigkeits-Verhältnis S _{p, nom} /R _{eL min} oder S _{p, nom} /R _{p0,2 min} oder S _{p, nom} /R _{p1 min}	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88	
6	Prozentuale Bruchdehnung einer abgedrehten Probe, A, %	min.	22	-	20	-	-	12	12	10	9	8	
7	Prozentuale Brucheinschnürung einer abgedrehten Probe, Z, %	min.	-	-	-	-	-	52	-	48	48	44	
8	Bruchverlängerung einer ganzen Schraube, A ₁ (siehe auch Anhang C)	min.	-	0,24	-	0,22	0,20	-	-	-	-	-	
9	Kopfschlagzähigkeit	Kein Bruch											
10	Vickershärte, HV F ≥ 98 N	min.	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385	
		max.	220 ^g				250	320	335	360	380	435	
11	Brinellhärte, HBW F = 30 D ²	min.	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366	
		max.	209 ^g				238	304	318	342	361	414	
12	Rockwellhärte, HRB	min.	67	71	79	82	89	-					
		max.	95,0 ^g				99,5	-					
	Rockwellhärte, HRC	min.	-				22	23	28	32	39		
		max.	-				32	34	37	39	44		
13	Oberflächenhärte, HV 0,3	max.	-				h			h _i	h _j		
14	Höhe der nichtentkohlten Gewindezone, E, mm	min.	-				1/2H ₁			2/3H ₁	3/4H ₁		
	Tiefe der Auskohlung im Gewinde, G, mm	max.	-				0,015						
15	Härteabfall nach Wiederanlassen (Härten), HV	max.	-				20						
16	Bruchdrehmoment, M _B , Nm	min.	-				nach ISO 898-7						
17	Kerbschlagarbeit, K _V ^{k, l} , J	min.	-		27	-	27	27	27	27	m		
18	Oberflächenzustand nach	ISO 6157-1 ⁿ										ISO 6157-3	

- a Werte gelten nicht für Stahlbauschrauben.
b Für Stahlbauschrauben d ≥ M12.
c Nennwerte sind nur für das Bezeichnungssystem der Festigkeitsklassen festgelegt. Siehe Abschnitt 5.
d Falls die untere Streckgrenze R_{eL} nicht bestimmt werden kann, ist die Ermittlung der 0,2 %-Dehngrenze R_{p0,2} zulässig.
e Für die Festigkeitsklassen 4.8, 5.8 und 6.8 werden die Werte für R_{p1 min} untersucht. Die aktuellen Werte sind nur zur Berechnung des Prüfspannungsverhältnisses angegeben. Sie sind keine Prüfwerte.
f Prüfkraften sind in den Tabellen 5 und 7 festgelegt.
g Die am Ende einer Schraube bestimmte Härte darf maximal 250 HV, 238 HB bzw. 99,5 HRB betragen.
h Die Oberflächenhärte darf an der jeweiligen Schraube 30 Vickerspunkte der gemessenen Kernhärte nicht überschreiten, wenn sowohl die Oberflächenhärte als auch die Kernhärte mit HV 0,3 ermittelt werden.
i Eine Anstieg der Oberflächenhärte auf über 390 HV ist nicht zulässig.
j Eine Anstieg der Oberflächenhärte auf über 435 HV ist nicht zulässig.
k Die Werte werden bei einer Prüftemperatur von -20 °C bestimmt, siehe 9.14.
l Gilt für d ≥ 16 mm.
m Werte für K_V werden untersucht.
n Anstatt ISO 6157-1 darf ISO 6157-3 nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Kunden gelten.

Tab. 2: Auszug aus DIN EN ISO 898-1, mechanische und physikalische Eigenschaften von Schrauben

1.3.1 Prüfkräfte

Die Prüfkraft nach den Tabellen 3 und 4 wird im Zugversuch axial auf die Schraube aufgebracht und 15 s gehalten. Der Versuch gilt als bestanden, wenn die Schraubenlänge nach Messung mit der Länge vor dem Versuch übereinstimmt. Hierbei gilt eine Toleranz von $\pm 12,5 \mu\text{m}$. Für den Anwender stellen die folgenden Tabellen ein wichtiges Hilfsmittel bei der Auswahl von geeigneten Schrauben dar.

Metrisches ISO-Regelgewinde

Gewinde ^{a,d}	Nennspannungsquerschnitt f $A_{s, \text{nom}}^b \text{ mm}^2$	Festigkeitsklasse								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/ 12.9
		Prüfkraft, $F_p (A_{s, \text{nom}} \times S_p), \text{N}$								
M3	5,03	1.130	1.560	1.410	1.910	2.210	2.920	3.270	4.180	4.880
M3,5	6,78	1.530	2.100	1.900	2.580	2.980	3.940	4.410	5.630	6.580
M4	8,78	1.980	2.720	2.460	3.340	3.860	5.100	5.710	7.290	8.520
M5	14,2	3.200	4.400	3.980	5.400	6.250	8.230	9.230	11.800	13.800
M6	20,1	4.520	6.230	5.630	7.640	8.840	11.600	13.100	16.700	19.500
M7	28,9	6.500	8.960	8.090	11.000	12.700	16.800	18.800	24.000	28.000
M8	36,6	8.240 ^c	11.400	10.200 ^c	13.900	16.100	21.200 ^c	23.800	30.400 ^c	35.500
M10	58	13.000 ^c	18.000	16.200 ^c	22.000	25.500	33.700 ^c	37.700	48.100 ^c	56.300
M12	84,3	19.000	26.100	23.600	32.000	37.100	48.900 ^d	54.800	70.000	81.800
M14	115	25.900	35.600	32.200	43.700	50.600	66.700 ^d	74.800	95.500	112.000
M16	157	35.300	48.700	44.000	59.700	69.100	91.000 ^d	102.000	130.000	152.000
M18	192	43.200	59.500	53.800	73.000	84.500	115.000	-	159.000	186.000
M20	245	55.100	76.000	68.600	93.100	108.000	147.000	-	203.000	238.000
M22	303	68.200	93.900	84.800	115.000	133.000	182.000	-	252.000	294.000
M24	353	79.400	109.000	98.800	134.000	155.000	212.000	-	293.000	342.000
M27	459	103.000	142.000	128.000	174.000	202.000	275.000	-	381.000	445.000
M30	561	126.000	174.000	157.000	213.000	247.000	337.000	-	466.000	544.000
M33	694	156.000	215.000	194.000	264.000	305.000	416.000	-	576.000	673.000
M36	817	184.000	253.000	229.000	310.000	359.000	490.000	-	678.000	792.000
M39	976	220.000	303.000	273.000	371.000	429.000	586.000	-	810.000	947.000

a Wenn in der Gewindebezeichnung keine Gewindesteigung angegeben ist, so ist Regelgewinde festgelegt.
b Für die Berechnung von $A_{s, \text{nom}}$ siehe 9.1.6.1.
c Für Schrauben mit der Gewindetoleranz 6az nach ISO 965-4, die feuerverzinkt werden, gelten nach ISO 10684:2004, Anhang A, reduzierte Werte.
d Für Stahlbauschrauben 50700 N (für M12), 68800 N (für M14) und 94500 N (für M16).

Tab. 3: Auszug aus DIN EN ISO 898-1, Prüfkräfte für metrisches ISO-Regelgewinde

Metrisches ISO-Feingewinde

Gewinde d x P	Nenn- spannungs- querschnitt † $A_{s, \text{nom}}^a$ mm ²	Festigkeitsklasse								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/ 12.9
		Prüfkraft, F_p ($A_{s, \text{nom}} \times S_p$), N								
M8 x 1	39,2	8.820	12.200	11.000	14.900	17.200	22.700	25.500	32.500	38.000
M10 x 1,25	61,2	13.800	19.000	17.100	23.300	26.900	35.500	39.800	50.800	59.400
M10 x 1	64,5	14.500	20.000	18.100	24.500	28.400	37.400	41.900	53.500	62.700
M12 x 1,5	88,1	19.800	27.300	24.700	33.500	38.800	51.100	57.300	73.100	85.500
M12 x 1,25	92,1	20.700	28.600	25.800	35.000	40.500	53.400	59.900	76.400	89.300
M14 x 1,5	125	28.100	38.800	35.000	47.500	55.000	72.500	81.200	104.000	121.000
M16 x 1,5	167	37.600	51.800	46.800	63.500	73.500	96.900	109.000	139.000	162.000
M18 x 1,5	216	48.600	67.000	60.500	82.100	95.000	130.000	-	179.000	210.000
M20 x 1,5	272	61.200	84.300	76.200	103.000	120.000	163.000	-	226.000	264.000
M22 x 1,5	333	74.900	103.000	93.200	126.000	146.000	200.000	-	276.000	323.000
M24 x 2	384	86.400	119.000	108.000	146.000	169.000	230.000	-	319.000	372.000
M27 x 2	496	112.000	154.000	139.000	188.000	218.000	298.000	-	412.000	481.000
M30 x 2	621	140.000	192.000	174.000	236.000	273.000	373.000	-	515.000	602.000
M33 x 2	761	171.000	236.000	213.000	289.000	335.000	457.000	-	632.000	738.000
M36 x 3	865	195.000	268.000	242.000	329.000	381.000	519.000	-	718.000	839.000
M39 x 3	1.030	232.000	319.000	288.000	391.000	453.000	618.000	-	855.000	999.000

a Für die Berechnung von $A_{s, \text{nom}}$ siehe 9.1.6.1.

Tab. 4: Auszug aus DIN EN ISO 898-1, Prüfkraft für metrisches ISO-Feingewinde

1.3.2 Eigenschaften von Schrauben bei erhöhten Temperaturen

Die angegebenen Werte gelten nur als Anhalt für die Minderung der Streckgrenzen bei Schrauben, die unter erhöhten Temperaturen geprüft werden. Sie sind nicht für die Annahmepfung von Schrauben bestimmt.

Festigkeitsklasse	Temperatur				
	+ 20 °C	+ 100 °C	+ 200 °C	+ 250 °C	+ 300 °C
	Untere Streckgrenze R_{eL} oder 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ MPa				
5.6	300	250	210	190	160
8.8	640	590	540	510	480
10.9	940	875	790	745	705
12.9	1.100	1.020	925	875	825

Tab. 5: Auszug aus DIN EN ISO 898-1 1999-11, Warmstreckgrenze

1.4 Festigkeitsklassen für Muttern

Bei Muttern wird in der Praxis die Prüfspannung und die daraus errechnete Prüfkraft als Kennzahl (04 bis 12) angegeben, da auf die Angabe der Streckgrenze verzichtet werden kann. Bis zu den jeweils aufgeführten Prüfkraften in Tabelle 6 ist eine bedenkenlose Beanspruchung einer Schraube (Paarung 1.5 beachten) auf Zug möglich. Die Festigkeitsklasse einer Mutter wird durch die auf einen

gehärteten Prüfdorn bezogene Prüfspannung beschrieben und durch 100 dividiert.

Beispiel:

M6, Prüfspannung 600 MPa
 $600/100 = 6$ Festigkeitsklasse 6

Prüfkräfte für Metrisches ISO-Regelgewinde (Muttern)

Gewinde	Gewinde- steigerung	Nenn- spannungs- querschnitt des Prüfdorns A _s	Festigkeitsklasse										
			04	05	4	5	6	8	9	10	12		
			Prüfkraft (A _s × S _p), N										
mm	mm ²	-	-	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 2	Typ 2	Typ 1	Typ 1	Typ 2	
M3	0,5	5,03	1.910	2.500	-	2.600	3.000	4.000	-	4.500	5.200	5.700	5.800
M3,5	0,6	6,78	2.580	3.400	-	3.550	4.050	5.400	-	6.100	7.050	7.700	7.800
M4	0,7	8,78	3.340	4.400	-	4.550	5.250	7.000	-	7.900	9.150	10.000	10.100
M5	0,8	14,2	5.400	7.100	-	8.250	9.500	12.140	-	13.000	14.800	16.200	16.300
M6	1	20,1	7.640	10.000	-	11.700	13.500	17.200	-	18.400	20.900	22.900	23.100
M7	1	28,9	11.000	14.500	-	16.800	19.400	24.700	-	26.400	30.100	32.900	33.200
M8	1,25	36,6	13.900	18.300	-	21.600	24.900	31.800	-	34.400	38.100	41.700	42.500
M10	1,5	58,0	22.000	29.000	-	34.200	39.400	50.500	-	54.500	60.300	66.100	67.300
M12	1,75	84,3	32.000	42.200	-	51.400	59.000	74.200	-	80.100	88.500	98.600	100.300
M14	2	115	43.700	57.500	-	70.200	80.500	101.200	-	109.300	120.800	134.600	136.900
M16	2	157	59.700	78.500	-	95.800	109.900	138.200	-	149.200	164.900	183.700	186.800
M18	2,5	192	73.000	96.000	97.900	121.000	138.200	176.600	170.900	176.600	203.500	-	230.400
M20	2,5	245	93.100	122.500	125.000	154.400	176.400	225.400	218.100	225.400	259.700	-	294.000
M22	2,5	303	115.100	151.500	154.500	190.900	218.200	278.800	269.700	278.800	321.200	-	363.600
M24	3	353	134.100	176.500	180.000	222.400	254.200	324.800	314.200	324.800	374.200	-	423.600
M27	3	459	174.400	229.500	234.100	289.200	330.550	422.300	408.500	422.300	486.500	-	550.800
M30	3,5	561	213.200	280.500	286.100	353.400	403.900	516.100	499.300	516.100	594.700	-	673.200
M33	3,5	694	263.700	347.000	353.900	437.200	499.700	638.500	617.700	638.500	735.600	-	832.800
M36	4	817	310.500	408.500	416.700	514.700	588.200	751.600	727.100	751.600	866.000	-	980.400
M39	4	976	370.900	488.000	497.800	614.900	702.700	897.900	868.600	897.900	1.035.000	-	1.171.000

Tab. 6: Auszug aus DIN EN 20898-2, Prüfkkräfte für metrisches ISO-Regelgewinde (Muttern)

Die Prüfkraft FP wird mit Hilfe der Prüfspannung S_p (DIN EN 20898 Teil 2) und dem Nennspannungsquerschnitt A_s wie folgt berechnet: $F_p = A_s \times S_p$

Der Nenn-Spannungsquerschnitt wird wie folgt berechnet:

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

Hierin bedeuten:

d₂ Flankendurchmesser des Außengewindes
(Nennmaß) d₃ Kerndurchmesser des Fertigungsprofils
des Außengewindes (Nennmaß)

$$d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$$

mit

d₁ Kerndurchmesser des Grundprofils
des Außengewindes

H = Höhe des Profildreiecks des Gewindes

vermeiden, müssen Schrauben und Muttern entsprechend obiger Regelung gepaart werden. Darüber hinaus ist eine solche Schraubenverbindung voll belastbar.

Anmerkung:

Im allgemeinen können Muttern der höheren Festigkeitsklasse anstelle von Muttern der niedrigeren Festigkeitsklasse verwendet werden. Dies ist ratsam für eine Schrauben-Mutter-Verbindung mit Belastungen oberhalb der Streckgrenze oder oberhalb der Prüfspannung (Dehnschrauben).

1.5 Paarung von Schrauben und Muttern

Regel:

Bei einer Schraube mit der Festigkeitsklasse 8.8 ist auch die Mutter mit einer Festigkeitsklasse von 8 zu wählen.

Um die Gefahr des Abstreifens von Gewinden beim Anziehen mit modernen Verfahren der Montagetechnik zu

Paarung von Schrauben und Muttern (Nennhöhen $\geq 0,8 D$)

Festigkeitsklasse der Mutter	Zugehörige Schraube			Mutter		
				Typ 1	Typ 2	
	Festigkeitsklasse	Gewindebereich		Gewindebereich		
4	3.6	4.6	4.8	> M16	> M16	-
5	3.6	4.6	4.8	\leq M16	\leq M39	-
	5.6	5.8		\leq M39		
6	6.8			\leq M39	\leq M39	-
8	8.8			\leq M39	\leq M39	> M16 \leq M39
9	9.8			\leq M16	-	\leq M16
10	10.9			\leq M39	\leq M39	-
12	12.9			\leq M39	\leq M16	\leq M39

Tab. 7: Auszug aus DIN EN 20898 Teil 2

1.5.1 Hinweise für Muttern aus Stahl

Eine Schraube mit der Festigkeitsklasse 8.8 wird mit einer Mutter der Festigkeitsklasse 8 oder höher gepaart. Durch diese Verbindung kann die Schraube bis zur Streckgrenze belastet werden.

Bei der Verwendung von Muttern mit einer eingeschränkten Belastbarkeit – zum Beispiel mit der Festigkeitsklasse 04, 05; Muttern mit Härteangaben 14H, 22H – ist dies nicht der Fall. Für diese Muttern liegen aufgrund der DIN EN 20898-2 Prüfkraft vor.

Festigkeitsklasse der Mutter	Prüfspannung der Mutter	Mindestspannung in der Schraube vor dem Abstreifen bei Paarung mit Schrauben der Festigkeitsklassen in N/mm ²			
	N/mm ²	6.8	8.8	10.9	12.9
04	380	260	300	330	350
05	500	290	370	410	480

Tab. 8: Auszug aus DIN EN 20898 Teil 2

Eine eingeschränkte Belastbarkeit liegt auch für Muttern nach DIN 934 mit der Kennzeichnung I8I, sowie I4I, I5I, I6I, I9I, I10I, I12I vor. Bei der Verwendung einer Schraube mit der Festigkeitsklasse 8.8 und einer Mutter nach DIN 934 (Nennhöhe ca. 0,8 xd) ist diese Verbindung nicht mit Sicherheit bis zur Streckgrenze der Schraube zu belasten. Zur Kennzeichnung und Unterscheidung werden diese Muttern anstelle der Kennzeichnung 8 mit einem Balken vor und hinter der 8 gekennzeichnet (I8I).

1.5.2 Abstreiffestigkeit für Muttern

mit einer Nennhöhe $\geq 0,5 d$ und $< 0,8 d$ (nach DIN EN 20898, Teil 2)

Bei der Paarung der Muttern mit Schrauben einer höheren Festigkeitsklasse ist ein Abstreifen des Gewindes der Mutter zu erwarten.

Der hier aufgeführte Richtwert für die Abstreiffestigkeit bezieht sich auf die angegebene Festigkeitsklasse.

1.6 Mechanische Eigenschaften

von Gewindestiften

(nach DIN EN ISO 898, Teil 5)

Die mechanischen Eigenschaften gelten für Gewindestifte und ähnliche, **nicht zugbeanspruchte Teile** mit Gewinde, die aus legiertem und unlegiertem Stahl hergestellt werden.

Mechanische Eigenschaft		Festigkeitsklasse ¹⁾			
		14H	22 H	33 H	45H
Vickershärte HV	min.	140	220	330	450
	max.	290	300	440	560
Brinellhärte HB, F = 30 D ²	min.	133	209	314	428
	max.	276	285	418	532
Rockwellhärte HRB	min.	75	95		
	max.	105			
Rockwellhärte HRC	min.		30	33	45
	max.			44	53
Oberflächenhärte HV 0,3			320	450	580

¹⁾ Die Festigkeitsklassen 14H, 22H und 33H gelten nicht für Gewindestifte mit Innensechskant

Tab. 9: Auszug DIN EN ISO 898-5

1.7 Kennzeichnung von Schrauben und Muttern

Kennzeichnung von Schrauben mit voller Belastbarkeit Sechskantschrauben:

Die Kennzeichnung von Sechskantschrauben mit Herstellerzeichen und Festigkeitsklassen ist vorgeschrieben für alle Festigkeitsklassen und einem Gewinde-Neßdurchmesser von $d \geq 5$ mm.

Die Kennzeichnung der Schraube ist dort anzubringen, wo es die Form der Schraube zulässt.

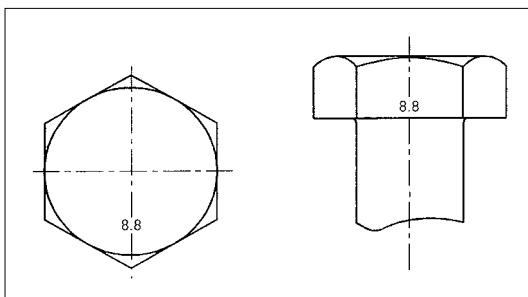


Abb. G: Beispiel für die Kennzeichnung von Sechskantschrauben

Zylinderschrauben mit Innensechskant:

Die Kennzeichnung von Zylinderschrauben mit Innensechskant mit Herstellerzeichen und Festigkeitsklassen ist vorgeschrieben für Festigkeitsklassen ≥ 8.8 und einem Gewindedurchmesser von $d \geq 5$ mm.

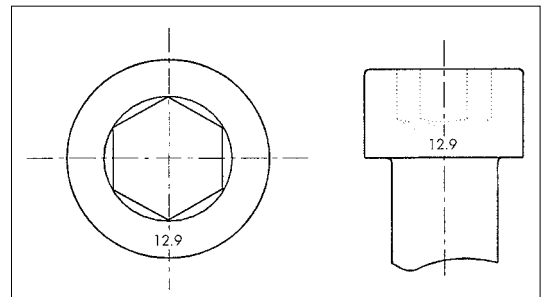


Abb. H: Beispiel für die Kennzeichnung von Zylinderschrauben mit Innensechskant

Kennzeichnung von Muttern

Festigkeitsklasse	04	05	4	5	6	8	9	10	12
Kennzeichen	04	05	4	5	6	8	9	10	12

Tab. 10: Auszug DIN EN 20898-2

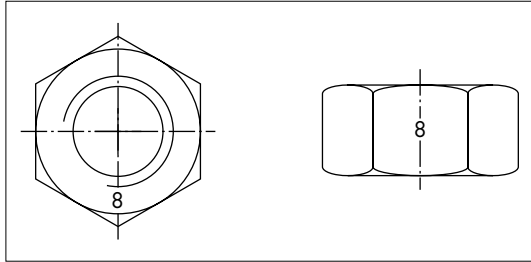


Abb. 1: Beispiel für die Kennzeichnung mit der Kennzahl der Festigkeitsklasse

Die Kennzeichnung von Sechskantmuttern mit Herstellerzeichen und Festigkeitsklassen ist vorgeschrieben für alle Festigkeitsklassen und mit einem Gewinde von $\geq M5$. Die Sechskantmuttern müssen auf der Auflagefläche oder einer Schlüsselfläche vertieft oder auf der Fase erhöht gekennzeichnet werden. Erhöhte Kennzeichen dürfen nicht über die Auflagefläche der Mutter hinausragen. Alternativ zur Kennzeichnung durch die Kennzahl der Festigkeitsklasse kann eine Kennzeichnung auch mit Hilfe des Uhrzeigersystems erfolgen (weitere Informationen siehe DIN EN 20898 Teil 2).

1.8 Zollgewinde Umrechnungstabelle Zoll/mm

Zoll	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/4"
mm	6,3	7,9	9,5	11,1	12,7	15,9	19,1	22,2	25,4	31,8

Zoll	1.1/2"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3"	3.1/2"	4"	
mm	38,1	44,5	50,8	57,1	63,5	69,9	76,2	88,9	102,0	

Anzahl der Gewindegänge auf 1" UNC/UNF

O-Zoll	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	
Gewindegänge UNC	20	18	16	14	13	11	10	
Gewindegänge UNF	28	24	24	20	20	18	16	

Tab. 11: Gewindesteigung UNC/UNF

Kennzeichnung von Schrauben mit reduzierter Belastbarkeit

Bei Schrauben mit reduzierter Belastbarkeit, wird vor das bekannte Festigkeitsklassenkennzeichen, zum Beispiel 8.8 eine „0“ vorangestellt. Der Punkt zwischen den Ziffern darf eingespart werden, hierdurch sind die Varianten „08.8“ und „088“ möglich. Diese Kennzeichnung ist für alle Festigkeitsklassen möglich.

2. ROST- UND SÄUREBESTÄNDIGE VERBINDUNGSELEMENTE

2.1 Mechanische Eigenschaften

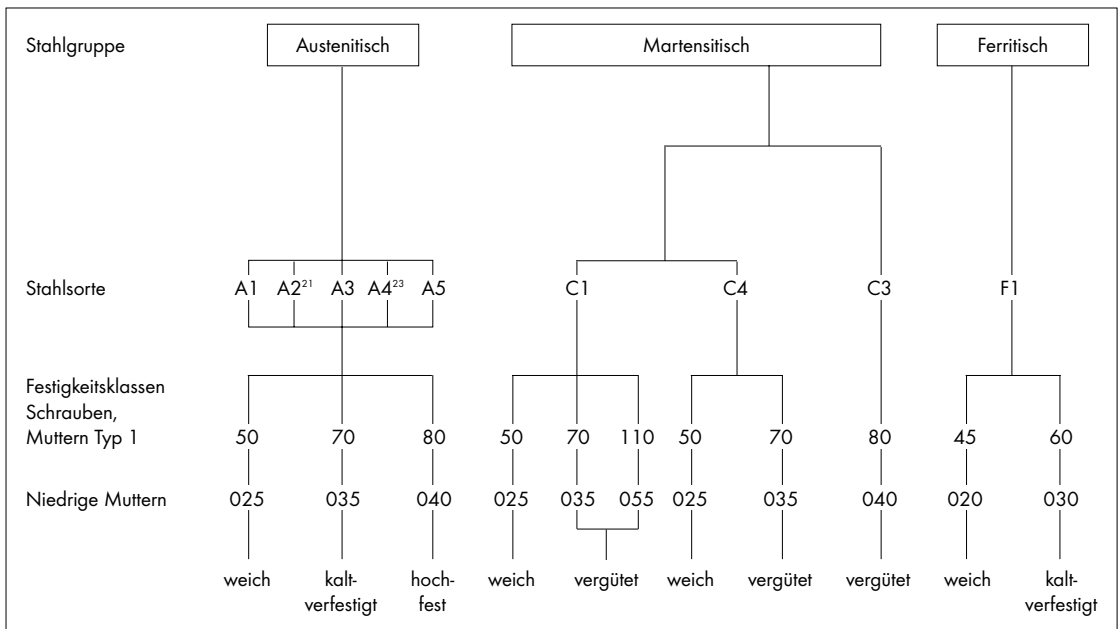
Für Schrauben und Muttern aus Edelstahl gilt die DIN EN ISO 3506. Es gibt eine Vielzahl von nichtrostenden Stählen, die in die drei Stahlgruppen Austenitisch, Ferritisch und Martensitisch untergliedert werden, wobei der austenitische Stahl die größte Verbreitung gefunden hat.

Die Stahlgruppen und die Festigkeitsklassen werden mit einer vierstelligen Buchstaben- und Ziffernfolge bezeichnet.

Beispiel:

A2-70

- A Austenitischer Stahl
- 2 Legierungstyp innerhalb der Gruppe A
- 70 Zugfestigkeit mindestens 700 MPa, kaltverfestigt



Unterscheidungsmerkmale austenitischer Stahlsorten (nach ISO 3506)

Stahlgruppe	Chemische Zusammensetzung in % (Maximalwerte, soweit nicht andere Angaben gemacht sind)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
A1	0,12	1	6,5	0,2	0,15-0,35	16-19	0,7	5-10	1,75-2,25
A2	0,1	1	2	0,05	0,03	15-20	-	8-19	4
A3	0,08	1	2	0,045	0,03	17-19	-	9-12	1
A4	0,08	1	2	0,045	0,03	16-18,5	2-3	10-15	4
A5	0,08	1	2	0,045	0,03	16-18,5	2-3	10,5-14	1

A3 und A5 stabilisiert gegen Interkristalline Korrosion durch Zusätze von Titan, Niob oder Tantal.

Chemische Zusammensetzung austenitischer Stähle (nach ISO 3506)

Die wichtigsten nichtrostenden Stähle und ihre Zusammensetzung

	Werkstoff- bezeichnung	Werkstoff- Nr.	C %	Si ≤ %	Mn ≤ %	Cr %	Mo %	Ni %	Altri %
A1	X 8 Cr Ni S 18-9	1.4305	≤ 0,10	1,0	2,0	17,0 ÷ 19,0	-	8 ÷ 10	S 0,15 ÷ 0,35
A2	X 5 Cr Ni 1810	1.4301	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	-	8,5 ÷ 10	-
	X 2 Cr Ni 1811	1.4306	≤ 0,03	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	-	10 ÷ 12,5	-
	X 8 Cr Ni Ti 19/10	1.4303	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	-	10,5 ÷ 12	-
A3	X 6 Cr Ni Ti 1811	1.4541	≤ 0,10	1,0	2,0	17,0 ÷ 19,0	-	9,0 ÷ 11,5	Ti ≥ 5 X % C
A4	X 5 Cr Ni Mo 1712	1.4401	≤ 0,07	1,0	2,0	16,5 ÷ 18,5	2,0 ÷ 2,5	10,5 ÷ 13,5	-
	X 2 Cr Ni Mo 1712	1.4404	≤ 0,03	1,0	2,0	16,5 ÷ 18,5	2,0 ÷ 2,5	11 ÷ 14	-
A5	X 6 Cr Ni Mo Ti 1712	1.4571	≤ 0,10	1,0	2,0	16,5 ÷ 18,5	2,0 ÷ 2,5	10,5 ÷ 13,5	Ti ≥ 5 X % C

Tab. 15: Gängige nicht rostende Stähle und ihre chemische Zusammensetzung

Stahlsorte A1

Die Stahlsorte A1 ist speziell für die spanende Bearbeitung bestimmt. Durch den hohen Schwefelgehalt haben die Stähle dieser Stahlsorte eine geringere Korrosionsbeständigkeit als entsprechende Stähle mit einem normalen Schwefelgehalt.

Stahlsorte A2

Die Stähle der Sorte A2 sind die am häufigsten eingesetzten nichtrostenden Stähle. Sie werden für Kücheneinrichtungen und Apparate für die chemische Industrie verwendet. Die Stähle dieser Stahlsorte sind nicht geeignet für die Verwendung in nichtoxidierender Säure und chloridhaltigen Medien, z.B. in Schwimmbädern und Meerwasser.

Stahlsorte A3

Die Stähle der Sorte A3 sind durch Zusätze von Titan, eventuell Niob, Tantal stabilisierte nichtrostende Stähle mit den Eigenschaften der Stähle A2 (stabilisiert gegen interkristalline Korrosion z.B. nach dem Schweißen).

Stahlsorte A4

Die Stähle der Sorte A4 sind „säurebeständige Stähle“, die Mo-legiert sind und eine erheblich bessere Korrosionsbeständigkeit aufweisen. A4 wird in großem Umfang in der Zellstoffindustrie verwendet, da diese Stahlsorte für kochende Schwefelsäuren entwickelt wurde (daher die Bezeichnung „säurebeständig“), und ist in gewissem Maße auch für chloridhaltige Umgebung geeignet. A4 wird ferner häufig in der Lebensmittelindustrie und in Schiffswerften verwendet.

Stahlsorte A5

Die Stähle der Sorte A5 sind stabilisierte „säurebeständige Stähle“ mit Eigenschaften der Stähle der Sorte A4 (siehe auch A3).

2.1.1 Festigkeitseinteilung von Edelstahl-schrauben

In der DIN EN ISO 3506 sind die für Verbindungselemente empfohlenen Stahlsorten zusammengestellt. Es wird vorwiegend austenitischer Stahl A2 verwendet. Bei erhöhten Korrosionsbeanspruchungen werden hingegen Chrom-Nickel-Stähle aus der Stahlsorte A4 verwendet. Für die Auslegung von Schraubenverbindungen aus austenitischem Stahl sind die mechanischen Festigkeitswerte der nachfolgenden Tabelle 17 zugrunde zu legen.

Mechanische Eigenschaften von Schrauben der austenitischen Stahlgruppen

Stahlgruppe	Stahlsorte	Festigkeitsklasse	Durchmesserbereich	Schrauben		
				Zugfestigkeit $R_{p0,2}^{1)}$ MPamin.	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}^{1)}$ MPamin.	Bruchdehnung $A^{2)}$ mm min.
Austenitisch	A1, A2 A3, A4 und A5	50	≤ M39	500	210	0,6 d
		70	< M24 ³⁾	700	450	0,4 d
		80	< M24 ³⁾	800	600	0,3 d

¹⁾ Die Zugspannung ist bezogen auf den Spannungsquerschnitt berechnet (siehe Anhang A oder DIN EN ISO 3506-1).
²⁾ Die Bruchdehnung ist nach 6.2.4 an der jeweiligen Länge der Schraube und nicht an abgedrehten Proben zu bestimmen. d ist der Nenndurchmesser.
³⁾ Für Verbindungselemente mit Gewinde-Nenndurchmesser $d > 24$ mm müssen die mechanischen Eigenschaften zwischen Anwender und Hersteller vereinbart werden. Sie müssen mit der Stahlsorte und Festigkeitsklasse nach dieser Tabelle gekennzeichnet werden.

Tab. 16: Auszug aus DIN EN ISO 3506-1

Die Bestimmung der Streckgrenze $R_{p0,2}$ erfolgt gemäß der DIN EN ISO 3506-1 im Zugversuch an ganzen Schrauben, da die Fertigkeitseigenschaften zum Teil durch Kaltverformung erzielt werden.

2.1.2 Streckgrenzlasten für Schaftschrauben

Die austenitischen Chrom-Nickel-Stähle sind nicht härtbar. Eine höhere Streckgrenze erreicht man nur durch Kaltverfestigung, die als Folge des Kaltumformens (z.B. Gewindewalzen) entsteht. In Tabelle 17 sind Streckgrenzlasten für Schaftschrauben nach DIN EN ISO 3506 zu entnehmen.

Nenn-durchmesser	Streckgrenzlasten austenitischer Stähle nach DIN EN ISO 3506 A2 und A4 in N	
	50	70
M5	2.980	6.390
M6	4.220	9.045
M8	7.685	16.470
M10	12.180	26.100
M12	17.700	37.935
M16	32.970	70.650
M20	51.450	110.250
M24	74.130	88.250
M27	96.390	114.750
M30	117.810	140.250

Tab. 17: Streckgrenzlasten für Schaftschrauben nach DIN EN ISO 3506

2.1.3 Anhaltswerte für Anziehdrehmomente für Schrauben siehe Kapitel 6.6

2.2 Korrosionsbeständigkeit von A2 und A4

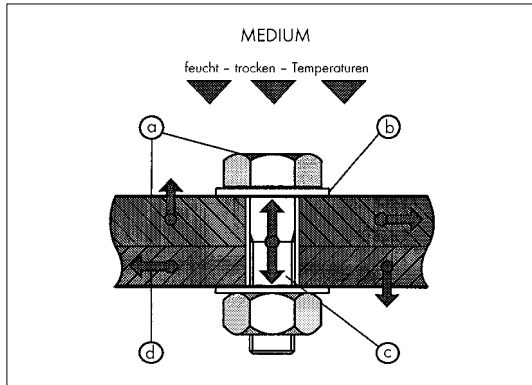
Die nichtrostenden und säurebeständigen Stähle wie A2 und A4 fallen unter die Kategorie des „aktiven“ Korrosionsschutzes.

Rostfreie Edelstähle enthalten mindestens 16% Chrom (Cr) und sind beständig gegen oxidierende Angriffsmittel. Höhere Cr-Gehalte und weitere Legierungsbestandteile wie Nickel (Ni), Molybdän (Mo), Titan (Ti) oder Niob (Nb) verbessern die Korrosionsbeständigkeit. Diese Zusätze beeinflussen auch die mechanischen Eigenschaften. Andere Legierungsbestandteile werden nur zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, z.B. Stickstoff (N), oder der spanabhebenden Bearbeitbarkeit, z.B. Schwefel (S), zugesetzt.

Verbindungselemente aus austenitischen Stählen sind im allgemeinen nicht magnetisierbar, jedoch kann eine gewisse Magnetisierbarkeit nach der Kaltumformung vorhanden sein. Die Korrosionsbeständigkeit wird jedoch davon nicht beeinflusst. Die Magnetisierung durch Kaltverfestigung kann soweit gehen, dass das Stahlteil an einem Magnet haften bleibt.

Edelstahl bildet unter Sauerstoffeinwirkung eine stabile Oxidschicht (Passivschicht). Diese Passivschicht schützt das Metall vor Korrosion.

Dabei ist zu beachten, dass in der Praxis eine Reihe unterschiedlicher Korrosionsarten auftreten. Im folgenden sind die häufigsten Korrosionsarten bei rostfreiem Edelstahl aufgeführt und in nachstehender Abbildung J beispielhaft dargestellt:



- a Flächenabtragende Korrosion, Lochfraß
- b Kontaktkorrosion
- c Spannungsrissskorrosion
- d mechanische Einwirkungen

Abb. K: Darstellung der häufigsten Korrosionsarten bei Schraubenverbindungen

2.2.1 Flächen- und abtragende Korrosion

Bei der gleichmäßigen Flächenkorrosion, auch abtragende Korrosion genannt, wird die Oberfläche gleichmäßig abgetragen. Diese Korrosionsart kann durch eine sorgfältige Werkstoffauswahl verhindert werden.

Aufgrund von Laborversuchen haben Herstellerwerke Beständigkeitstabellen veröffentlicht, welche Hinweise über das Verhalten der Stahlsorten bei verschiedenen Temperaturen und Konzentrationen in den einzelnen Medien geben (siehe Abschnitt 2.2.5).

2.2.2 Lochfraß

Lochkorrosion zeigt sich durch einen flächigen Korrosionsabtrag mit zusätzlicher Mulden- und Lochbildung. Hierbei wird die Passivschicht örtlich durchbrochen.

Bei Edelstahl Rostfrei in Kontakt mit chlorhaltigem Wirkmedium kommt es auch zu alleinigem Lochfraß mit nadelstichartigen Einkerbungen in den Werkstoff. Auch

Ablagerungen und Rost können Ausgangspunkte von Lochkorrosion sein. Deshalb sind alle Verbindungselemente regelmäßig von Rückständen und Ablagerungen zu reinigen.

Die austenitischen Stähle wie A2 und A4 sind gegen Lochfraß beständiger als ferritische Chrom-Stähle.

Einteilung des Beständigkeitsgrades in verschiedene Gruppen

Beständigkeitsgrad	Beurteilung	Gewichtsverlust in g/m²h
A	vollkommen beständig	< 0,1
B	praktisch beständig	0,1 - 1,0
C	wenig beständig	1,0 - 10
D	unbeständig	> 10

Tab. 22

2.2.3 Kontaktkorrosion

Kontaktkorrosion entsteht, wenn zwei Bauteile unterschiedlicher Zusammensetzung sich in metallischem Kontakt befinden und Feuchtigkeit in Form eines Elektrolyten vorhanden ist. Hierbei wird das unedlere Element angegriffen und zerstört.

Um Kontaktkorrosion zu verhindern, sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Isolierung der Metalle an der Kontaktstelle, z.B. durch Gummi, Kunststoffe oder Anstriche, damit kein Kontaktstrom fließen kann.
- Nach Möglichkeit ungleiche Werkstoffpaarungen vermeiden. Als Beispiel sollten Schrauben, Muttern und Scheiben den zu verbindenden Bauteilen angepasst werden.
- Kontaktvermeidung der Verbindung mit einem elektrolytischen Wirkmedium.
→ siehe auch Kap. 6.8

2.2.4 Spannungsrissskorrosion

Diese Korrosionsart entsteht in der Regel bei in Industriemotoren eingesetzten Bauteilen, die unter starker mechanischer Zug- und Biegebelastung stehen. Auch durch Schweißen entstandene Eigenspannungen können zu Spannungsrissskorrosion führen.

Besonders empfindlich gegenüber Spannungsrisskorrosion sind austenitische Stähle in chlorhaltiger Atmosphäre.

Der Einfluss der Temperatur ist hierbei erheblich. Als kritische Temperatur sind 50 °C zu nennen.

2.2.5 A2 und A4 in Verbindung mit korrosiven Medien

In der folgenden Tabelle wird ein Überblick über die Beständigkeit von A2 und A4 in Verbindung mit verschiedenen korrosiven Medien gegeben. Die angegebenen Werte dienen nur als Anhaltspunkte, bieten aber dennoch gute Vergleichsmöglichkeiten.

Übersicht über die chemische Beständigkeit von A2 und A4 Schrauben

Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur in °C	Beständigkeitsgrad A2	Beständigkeitsgrad A4
Aceton	alle	alle	A	A
Äthyläther	-	alle	A	A
Äthylalkohol	alle	20	A	A
Ameisensäure	10%	20 kochend	A B	A A
Ammoniak	alle	20 kochend	A A	A A
Benzin jeder Art	-	alle	A	A
Benzoessäure	alle	alle	A	A
Benzol	-	alle	A	A
Bier	-	alle	A	A
Blausäure	-	20	A	A
Blut	-	20	A	A
Bonderlösung	-	98	A	A
Chlor: trock. Gas feuchtes Gas	-	20 alle	A D	A D
Chloroform	alle	alle	A	A
Chromsäure	10% rein 50% rein	20 kochend 20 kochend	A C B D	A B B D
Entwickler (photogr.)	-	20	A	A
Essigsäure	10%	20 kochend	A A	A A
Fettsäure	technisch	150 180 200-235	A B C	A A A
Fruchtsäfte	-	alle	A	A
Gerbsäure	alle	alle	A	A
Glycerin	konz.	alle	A	A
Industrieluft	-	-	A	A
Kaliumpermanganat	10%	alle	A	A
Kalkmilch	-	alle	A	A
Kohlendioxid	-	-	A	A
Kupferazetat	-	alle	A	A
Kupfernitrat	-	-	A	A
Kupfersulfat	alle	alle	A	A
Magnesiumsulfat	ca. 26%	alle	A	A

Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur in °C	Beständigkeitsgrad A2	Beständigkeitsgrad A4
Meerwasser	-	20	A	A
Methylalkohol	alle	alle	A	A
Milchsäure	1,5% 10%	alle 20 kochend	A A C	A A A
Natriumkarbonat	kalt gesättigt	alle	A	A
Natriumhydroxid	20 % 50%	20 kochend 120	A B C	A B C
Natriumnitrat	-	alle	A	A
Natriumperchlorat	10%	alle	A	A
Natriumsulfat	kalt gesättigt	alle	A	A
Obst	-	-	A	A
Öle (mineral. u. pflanzl.)	-	alle	A	A
Oxalsäure	10% 50%	20 kochend kochend	B C D	A C C
Petroleum	-	alle	A	A
Phenol	rein	kochend	B	A
Phosphorsäure	10% 50% 80% konz.	kochend 20 kochend 20 kochend 20 kochend	A A C B D B D	A A B A C A D
Quecksilber	-	bis 50	A	A
Quecksilbernitrat	-	alle	A	A
Salicylsäure	-	20	A	A
Salpetersäure	bis 40% 50% 90%	alle 20 kochend 20 kochend	A A B A C	A A B A C
Salzsäure	0,2% 2% bis 10%	20 50 20 50 20	B C D D D	B B D D D
1% Schwefelsäure	bis 70% 2,5% 5% 10% 60%	B kochend bis 70 kochend 20 > 70 20 70 alle	A B B C B B C C D	B A C A B B C D
Schwefelige Säure	wässrige Lösung	20	A	A
Schwefeldioxyd	-	100-500 900	C D	A C
Teer	-	heiß	A	A
Wein	-	20 und heiß	A	A

Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur in °C	Beständigkeitsgrad A2	Beständigkeitsgrad A4
Weinsäure	bis 10% über 100% bis 50% 75%	20 kochend 20 kochend kochend	A B A C C	A A A C C
Zitronensaft	-	20	A	A
Zitronensäure	bis 10% 50%	alle 20 kochend	A A C	A A B
Zuckerlösung	-	alle	A	A

2.2.6 Entstehung von Fremdst

Fremdst sind festhaftende Partikel eines Kohlenstoffstahls („normaler Stahl“) auf der Edelstahloberfläche, die sich durch Einwirkung von Sauerstoff in Rost umwandeln. Werden diese Stellen nicht gereinigt und entfernt, kann dieser Rost auch bei Edelstahl elektrochemische Lochfraßkorrosion hervorrufen.

Fremdst kann entstehen durch:

- Kontakt von Gegenständen, die rosten, mit einer Edelstahloberfläche.
- Funkenflug bei Arbeiten mit einem Winkelschleifer oder Schleifstaub oder bei Schweißarbeiten.
- Abtropfen von rostdurchsetztem Wasser auf Edelstahloberfläche.
- Benutzung von Werkzeugen, mit denen im Vorfeld Kohlenstoffstahl bearbeitet wurde.

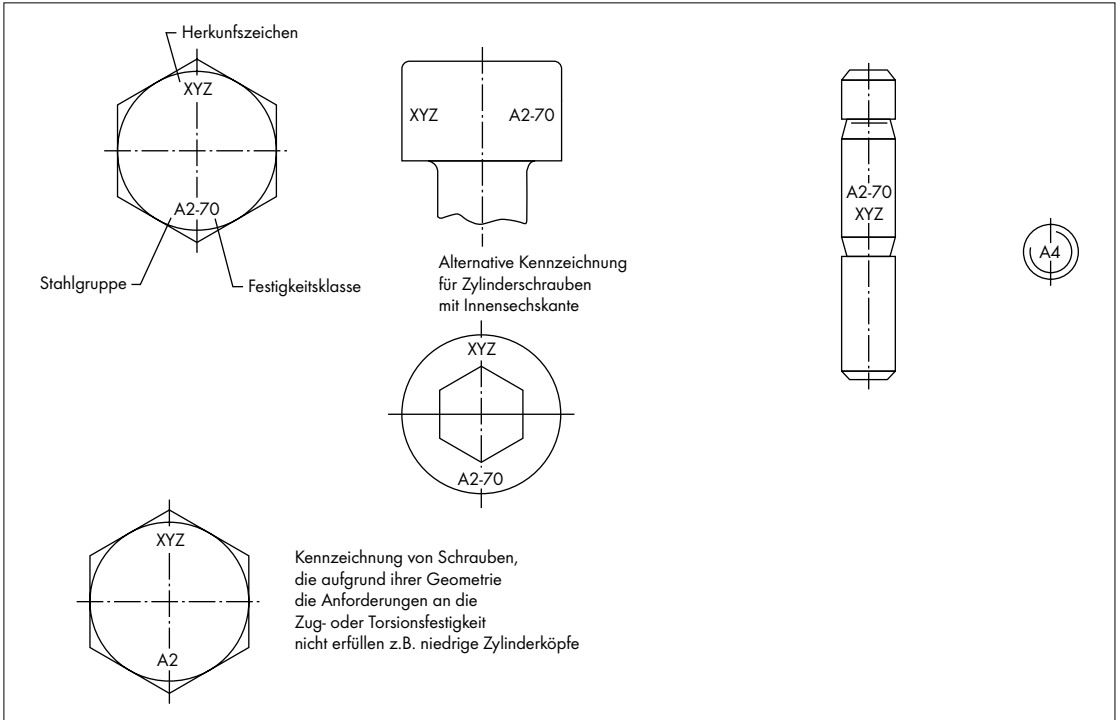


Abb. L: Auszug aus DIN EN ISO 3506-1

2.3 Kennzeichnung von nichtrostenden Schrauben und Muttern

Die Kennzeichnung von nichtrostenden Schrauben und Muttern muss die Stahlgruppe und die Festigkeitsklasse sowie das Herstellerkennzeichen enthalten.

Kennzeichnung von Schrauben nach DIN EN ISO 3506-1

Sechskantschrauben und Zylinderschrauben mit Innensechskant ab Nenndurchmesser M5 sind entsprechend dem Bezeichnungssystem deutlich zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung sollte nach Möglichkeit auf dem Schraubenkopf angebracht sein.

Kennzeichnung von Muttern nach DIN EN ISO 3506-2

Muttern mit Gewinde-Nenndurchmesser ab 5 mm sind entsprechend dem Bezeichnungssystem deutlich zu kennzeichnen. Eine Kennzeichnung auf nur einer Auflagefläche ist zulässig und darf nur vertieft angebracht sein. Wahlweise ist auch eine Kennzeichnung auf den Schlüsselflächen zulässig.

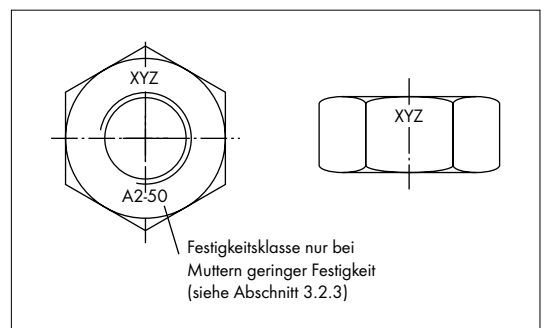


Abb. M: Auszug aus DIN EN ISO 3506-2

3. ISO INFORMATIONEN TECHNISCHE NORMUNG – UMSTELLUNG AUF ISO

3.1 Regelwerk

Die technische Normung ist eine Vereinheitlichungsarbeit auf technischem Gebiet, die von allen interessierten Kreisen gemeinsam durchgeführt wird. Sie bezweckt, Begriffe, Erzeugnisse, Verfahren u.a. im Bereich der Technik festzulegen, zu ordnen und zu vereinheitlichen. Dadurch werden z.B. für Konstruktionen aller Art optimale Lösungen gefunden, wobei das Bestellwesen für benötigte Bauteile ganz erheblich vereinfacht wird.

Diese Vereinheitlichungsarbeit innerhalb Deutschlands wurde in der Vergangenheit vom Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) auf nationaler Ebene durchgeführt. Weiter gibt es auf regionaler Ebene die Europäischen Normen (EN-Normen), sowie auf internationaler Ebene die ISO-Normen, herausgegeben von der International Organisation for Standardisation.

Nationale Normen (DIN) werden/wurden weitgehend durch internationale/europäische Normen abgelöst. DIN-Normen wird es weiterhin nur für Produkte geben, für die es keine ISO- oder EN-Normen gibt.

Internationale Normen (ISO) sollen nach Aufgabe und Zielsetzung der 1946 gegründeten ISO der weltweiten Vereinheitlichung technischer Regeln dienen und damit den Warenaustausch vereinfachen und Handelshemmnisse abbauen.

Europäische Normen (EN) bezwecken die Harmonisierung technischer Regeln und Gesetze in dem seit 1.1.1995 realisierten gemeinsamen europäischen Binnenmarkt (EU/EWG). Grundsätzlich sollen vorhandene ISO-Normen so weit wie möglich als EN-Normen unverändert übernommen werden. Der Unterschied zwischen ISO- und EN-Normen besteht darin, dass EN-Normen nach Beschluss des Europäischen Rates unverzüglich und unverändert als nationale Normen in den Mitgliedsländern zu übernehmen und einzuführen sind – und die entsprechenden nationalen Normen im gleichen Zuge zurückzuziehen sind.

3.1.1 Produktbezeichnungen und Produktänderungen

Vielfach wird die Einführung der europäischen Normen als undurchsichtig oder gar chaotisch bezeichnet. Dem ist aber bei genauerem hinsehen nicht so. Viele DIN-Normen waren Grundlage für die ISO-Normen. Dabei wurden die alten DIN-Normen in neue ISO-Normen geändert.

Wird eine ISO-Norm unverändert in nationale Normenwerke übernommen, so erhält die nationale Norm die gleiche Bezeichnung wie die entsprechende ISO-Norm. Eine ISO-Mutter heißt demnach auf der gesamten Welt ISO 4032-M12-8.

In vielen Fällen kann von einer Umstellung von „DIN auf ISO“ streng genommen keine Rede sein, weil in der Vergangenheit viele DIN-Normen bereits von den ISO-Normen übernommen worden sind. Bei der Harmonisierung der einzelnen Normenwerke ändern sich zwar manche Bezeichnungen, aber an den Produkten selbst ändert sich nicht sehr viel. Zwischenzeitlich wurde bei der Übernahme von ISO-Normen ins europäische Regelwerk (EN) die Zahl 20000 an die ISO Nummer addiert (z.B. DIN EN ISO 24034). Dieses Bezeichnungssystem wurde jedoch vor einigen Jahren wieder aufgegeben und durch die jetzt übliche Form „DIN EN ISO ...“ ersetzt.

Mit Sicherheit sind die Bezeichnungsänderungen im Hinblick auf Fertigungsunterlagen oder Bestelldateien sehr ärgerlich, da diese über kurz oder lang geändert werden müssen. Aber über eines müssen wir uns im Klaren sein: Je schneller wir die europäische Normenkonformität realisieren, desto schneller profitieren wir von der Überwindung von Handels- bzw. Beschaffungshemmnissen innerhalb Europas.

Wie bereits beschrieben, entspricht der Inhalt vieler DIN-Normen bereits der ISO-Norm, weil sie bereits zu einem Zeitpunkt eingeführt worden waren, als die „ISO-Umstellung“ noch nicht aktuell war.

Im Falle der wohl allerwichtigsten Norm für Schrauben und Muttern, die ISO 898-1 „Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen“, ergeben sich nach der

Europäisierung keinerlei Änderungen, da diese Norm von Anfang an mit unverändertem Inhalt in das deutsche Normenwerk übernommen wurde.

Eine der wohl bedeutendsten Produktänderungen bei der Harmonisierung der Regelwerke war sicherlich. Die Änderung der Schlüsselweiten bei allen Sechskantprodukten. Betroffen sind die Schrauben und Muttern der Abmessungen M10, M12 und M14 (bei diesen werden die Schlüsselweiten um 1 mm reduziert) und M22 (um 2 mm größere Schlüsselweite).

Abgesehen von diesen vier Dimensionen, sind alle übrigen Schraubenmaße bereits vollkommen ISO-identisch.

Das bedeutet, dass beispielsweise eine DIN 933 M16 x 50-8.8 maßlich, wie auch in den technischen Eigenschaften, vollkommen gleich der ISO 4017 M16 x 50-8.8 ist. Hier ist also nur eine Bezeichnungsänderung in den Fertigungsunterlagen oder Bestelldateien notwendig.

Dagegen hat die ISO nach neueren technischen Erkenntnissen bei Sechskantmutter die Höhe vergrößert, weil man erkannt hat, dass besonders unter der Verwendung von modernen Anziehverfahren die Abstreiffestigkeit nicht mehr gewährleistet werden konnte. In diesem Fall wäre die Verbindung gegen Versagen nicht mehr sicher. Allein aus diesem Grunde ist die Verwendung von Muttern nach ISO-Normen sehr empfehlenswert.

3.2 DIN-ISO-Nachfolgenormen

ISO-DIN-Vorgängernormen ISO

DIN	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	DIN
1	2339	931	4014	6914	7412	1051	660/661	4036	439	8673	934
7	2338	933	4017	6915	7414	1207	84	4161	6923	8673	971
84	1207	934	4032	6916	7416	1234	94	4762	912	8674	971-2
85	1580	934	8673	6921	8102	1479	7976	4766	551	8676	961
94	1234	960	8765	6923	4161	1481	7971	7040	982	8677	603
125	7089	961	8676	6924	7040	1482	7972	7040	6924	8733	7979
125	7090	963	2009	6925	7042	1483	7973	7042	980	8734	6325
126	7091	964	2010	7343	8750	1580	85	7042	6925	8735	7979
417	7435	965	7046	7343	8751	2009	963	7045	7985	8736	7978
427	2342	966	7047	7344	8748	2010	964	7046	965	8737	7977
433	7092	971-1	8673	7346	13337	2338	7	7047	966	8738	1440
438	7436	971-2	8674	7971	1481	2339	1	7049	7981	8740	1473
439	4035	980	7042	7972	1482	2341	1434	7050	7982	8741	1474
439	4036	980	10513	7973	1483	2342	427	7051	7983	8742	1475
440	7094	982	7040	7976	1479	2936	911	7072	11024	8744	1471
551	4766	982	10512	7977	8737	4014	931	7089	125	8745	1472
553	7434	985	10511	7978	8736	4016	601	7090	125	8746	1476
555	4034	1440	8738	7979	8733	4017	933	7091	126	8747	1477
558	4018	1444	2341	7979	8735	4018	558	7092	433	8748	7344
601	4016	1471	8744	7981	7049	4026	913	7093	9021	13337	7346
603	8677	1472	8745	7982	7050	4027	914	7094	440	8750	7343
660	1051	1473	8740	7983	7051	4028	915	7412	6914	8751	7343
661	1051	1474	8741	7985	7045	4029	916	7414	6915	8752	1481
911	2936	1475	8742	7991	10642	4032	934	7416	6916	8765	960
912	4762	1476	8746	9021	7093	4034	555	7434	553	10642	7991
913	4026	1477	8747	11024	7072	4035	439	7435	417	10511	985
914	4027	1481	8752					7436	438	10512	982
915	4028	6325	8734					8102	6921	10513	980
916	4029										

3.3 DIN-ISO-Schlüsselweitenänderungen

6-kt.-Schlüsselweiten	DIN	ISO
M10	17 mm	16 mm
M12	19 mm	18 mm
M14	22 mm	21 mm
M22	32 mm	34 mm

3.4 Normenumstellung DIN/ISO, allgemeine Änderungen, nach Sachgebieten geordnet.

Aktuell gültige Normenwerke

3.4.1 Technische Lieferbedingungen und Grundnormen

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
267 Teil 20	-	DIN EN ISO 6157-2	Verbindungselemente, Oberflächenfehler, Muttern	nichts Nennenswertes
267 Teil 21	-	DIN EN ISO 10484	Verbindungselemente, Oberflächenfehler, Muttern	nichts Nennenswertes
DIN ISO 225	225	DIN EN 20225	Mech. Verbindungselemente, Schrauben u. Muttern, Bemaßung (ISO 225:1991)	n.N.
DIN ISO 273	273	DIN EN 20273	Mech. Verbindungselemente Durchgangslöcher f. Schrauben (ISO 273: 1991)	n.N.
DIN ISO 898 Teil 1	898-1	DIN EN ISO 898 Teil 1	Mech. Eigenschaften v. Verbindungselementen, Schrauben (ISO 898-1: 1988)	n.N.
267 Teil 4	898-2	DIN EN 20898-2	Mech. Eigenschaften v. Verbindungselementen, Muttern m. festgel. Prüfkraften (ISO 898-2: 1992)	n.N.
DIN ISO 898 Teil 6	898-6	DIN EN ISO 898 Teil 6	Mech. Eigenschaften v. Verbindungselementen, Muttern m. festgel. Prüfkraften, Feingewinde (ISO 898-6: 1988)	n.N.
267 Teil 19	6157-1	DIN EN 26157 Teil 1	Verbindungselemente, Oberflächenfehler, Schrauben für allgemeine Anforderungen (ISO 6157-1: 1988)	n.N.
267 Teil 19	6157-3	DIN EN 26157 Teil 3	Verbindungselemente, Oberflächenfehler, Schrauben für allgemeine Anforderungen (ISO 6157-3: 1988)	n.N.
DIN ISO 7721	7721	DIN EN 27721	Senkschrauben; Gestaltung u. Prüfung von Senkköpfen (ISO 7721: 1983)	n.N.
267 Teil 9	-	DIN ISO 4042	Teile mit Gewinde - Galvanische Überzüge	n.N.
267 Teil 1	-	DIN ISO 8992	Allgemeine Anforderungen für Schrauben und Muttern	n.N.
267 Teil 5	-	DIN EN ISO 3269	Mechanische Verbindungselemente - Annahmeprüfung	n.N.
267 Teil 11	-	DIN EN ISO 3506Teil 1,2,3	Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen - Technische Lieferbedingungen	n.N.
267 Teil 12	-	DIN EN ISO 2702	Wärmebehandelte Blechschrauben aus Stahl - Mechanische Eigenschaften	n.N.
267 Teil 18	8839	DIN EN 28839	Mech. Eigenschaften von Verbindungselementen, Schrauben und Muttern aus Nicht-eisenmetallen (ISO 8839: 1986)	n.N.

3.4.2 Metrische Kleinschrauben

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
84	1207	DIN EN 21207	Zylinderschrauben mit Schlitz; Produktklasse A (ISO 1207: 1992)	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
85	1580	DIN EN 21580	Flachkopfschrauben m. Schlitz; Produktklasse A	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
963	2009	DIN EN 22009	Senkschrauben mit Schlitz, Form A	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
964	2010	DIN EN 22010	Linsensenkschrauben mit Schlitz, Form A	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
965	7046-1	DIN EN 27046-1	Senkschrauben mit Kreuzschlitz (Einheitskopf): Produktklasse A, Festigkeitsklasse 4.8	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
965	7046-2	DIN EN 27046-2	Senkschrauben mit Kreuzschlitz (Einheitskopf): Produktklasse A, Festigkeitsklasse 4.8	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
966	7047	DIN EN 27047	Linsen-Senkschrauben mit Kreuzschlitz (Einheitskopf): Produktklasse A	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
7985	7045	DIN EN 27045	Flachkopfschrauben mit Kreuzschlitz; Produktklasse A	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser

3.4.3 Stifte und Bolzen

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
1	2339	DIN EN 22339	Kegelstifte; ungehärtet (ISO 2339:1986)	Länge I inkl. Kuppen
7	2338	DIN EN 22338	Zylinderstifte; ungehärtet (ISO 2338:1986)	Länge I inkl. Kuppen
1440	8738	DIN EN 28738	Scheiben für Bolzen; Produktklasse A (ISO 8738: 1986)	teilweise Außendurchmesser
1443	2340	DIN EN 22340	Bolzen ohne Kopf (ISO 2340:1986)	nichts Nennenswertes
1444	2341	DIN EN 22341	Bolzen mit Kopf (ISO 2341:1986)	nichts Nennenswertes
1470	8739	DIN EN 8739	Zylinderkerbstifte mit Einführende (ISO 8739:1997)	nichts Nennenswertes
1471	8744	DIN EN 8744	Kegelkerbstifte (ISO 8744:1997)	n.N.
1472	8745	DIN EN 8745	Passkerbstifte (ISO 8745:1997)	n.N.
1473	8740	DIN EN 8740	Zylinderkerbstifte mit Fase (ISO 8740:1997)	n.N.
1474	8741	DIN EN 8741	Steckerkerbstifte (ISO 8741:1997)	n.N.
1475	8742	DIN EN 8742	Knebelkerbstifte mit kurzen Kerben (ISO 8742:1997)	erhöhte Scherkräfte
1476	8746	DIN EN 8746	Halbrundkerbnägel (ISO 8746:1997)	n.N.
1477	8747	DIN EN 8747	Senkkerbnägel (ISO 8747:1997)	n.N.
1481	8752	DIN EN 8752	Spannstifte; geschlitzt (ISO 8752:1997)	Fasenswinkel gestrichen
6325	8734	DIN EN 8734	Zylinderstifte; gehärtet (ISO 8734:1997)	Form A/B entfallen
7977	8737	DIN EN 28737	Kegelstifte mit Gewindezapfen; ungehärtet (ISO 8737:1986)	n.N.
7978	8736	DIN EN 28736	Kegelstifte mit Innengewinde; ungehärtet (ISO 8736:1986)	n.N.
7979	8733	DIN EN 8733	Zylinderstifte mit Innengewinde; ungehärtet (ISO 8733:1997)	n.N.
7979	8735	DIN EN 8735	Zylinderstifte mit Innengewinde; gehärtet (ISO 8735:1997)	n.N.

3.4.4 Blechschrauben

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
7971	1481	DIN ISO 1481	Flachkopf-Blechschrauben mit Schlitz (ISO 1481: 1983)	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
7972	1482	DIN ISO 1482	Blechschrauben mit Schlitz, Senkkopf	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
7973	1483	DIN ISO 1483	Blechschrauben mit Schlitz, Linensenkopf	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
7976	1479	DIN ISO 1479	Blechschrauben mit Sechskantkopf	teilweise Kopfhöhe
7981	7049	DIN ISO 7049	Blechschrauben mit Kreuzschlitz, Linsen Kopf	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
7982	7050	DIN ISO 7050	Blechschrauben mit Kreuzschlitz, Senkkopf	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser
7983	7051	DIN ISO 7051	Blechschrauben mit Kreuzschlitz, Linsensenkopf	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser

3.4.5 Sechskantschrauben und -muttern

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
439 T1	4036	DIN EN 24036	Sechskantmutter ohne Fase (ISO 4036: 1979)	4 Schlüsselweiten
439 T2	4035	DIN EN 24035	Sechskantmutter mit Fase (ISO 4035: 1986)	4 Schlüsselweiten
555	4034	DIN EN 24034	Sechskantmuttern, Produktklasse C	Mutternhöhe und 4 Schlüsselweiten
558	4018	DIN EN 24018	Sechskantschrauben, Gewinde bis Kopf	4 Schlüsselweiten
601	4016	DIN EN 24016	Sechskantschraube mit Mutter DIN 555	4 Schlüsselweiten
931	4014	DIN EN 24014	Sechskantschraube mit Schaft	4 Schlüsselweiten
933	4017	DIN EN 24017	Sechskantschrauben, Gewinde bis Kopf	4 Schlüsselweiten
934 ISO-Typ 1	4032	DIN EN 24032	Sechskantmutter mit metrischem Regelgewinde	Mutternhöhe und 4 Schlüsselweiten
934 ISO-Typ 1	8673	DIN EN 28673	Sechskantmutter mit metrischem Feingewinde	Mutternhöhe und 4 Schlüsselweiten
960	8765	DIN EN 28765	Sechskantschrauben mit Schaft und metrischem Feingewinde	4 Schlüsselweiten
961	8676	DIN EN 28676	Sechskantschrauben 10.9, Gewinde bis Kopf	4 Schlüsselweiten

3.4.6 Gewindestifte

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
417	7435	DIN EN 27435	Gewindestifte mit Schlitz und Zapfen (ISO 7431: 1983)	nichts Nennenswertes
438	7436	DIN EN 27436	Gewindestifte mit Schlitz und Ringschneide (ISO 7436: 1983)	nichts Nennenswertes
551	4766	DIN EN 24766	Gewindestifte mit Schlitz und Kegelpuppe (ISO 4766: 1983)	nichts Nennenswertes
553	7434	DIN EN 27434	Gewindestifte mit Schlitz und Spitze (ISO 7431: 1983)	nichts Nennenswertes
913	4026	DIN 913	Gewindestifte mit Innensechskant und Kegelpuppe	nichts Nennenswertes

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
914	4027	DIN 914	Gewindestifte mit Innensechskant und Spitze	nichts Nennenswertes
915	4028	DIN 915	Gewindestifte mit Innensechskant und Zapfen	nichts Nennenswertes
916	4029	DIN 916	Gewindestifte mit Innensechskant und Ringschneide	nichts Nennenswertes

3.5 Maßliche Änderungen bei Sechskantschrauben und -muttern

Nennmaß d Zu vermeidende Größen	Schlüsselweite s		Mutternhöhe m min. – max.			
	DIN	ISO	DIN 555	ISO 4034 ISO-Typ 1	DIN 934	ISO 4032 (RG) 8673 (FG) ISO-Typ 1
M1	2,5	-	-	0,55-0,8	0,55-0,8	-
M1,2	3	-	-	-	0,75-1	-
M1,4	3	-	-	-	0,95-1,2	-
M1,6	3,2	-	-	-	1,05-1,3	1,05-1,3
M2	4	-	-	-	1,35-1,6	1,35-1,6
M2,5	5	-	-	-	1,75-2	1,75-2
M3	5,5	-	-	-	2,15-2,4	2,15-2,4
(M3,5)	6	-	-	-	2,55-2,8	2,55-2,8
M4	7	-	-	-	2,9-3,2	2,9-3,2
M5	8	-	3,4-4,6	4,9-5,6	3,7-4	4,4-4,7
M6	10	-	4,4-5,6	4,6-6,1	4,7-5	4,9-5,2
(M7)	11	-	-	-	5,2-5,5	-
M8	13	-	5,75-7,25	6,4-7,9	6,14-6,5	6,44-6,8
M10	17	16	7,25-8,75	8-9,5	7,64-8	8,04-8,4
M12	19	18	9,25-10,75	10,4-12,2	9,64-10	10,37-10,8
(M14)	22	21	-	12,1-13,9	10,3-11	12,1-12,8
M16	24	-	12,1-13,1	14,1-15,9	12,3-13	14,1-14,8
(M18)	27	-	-	15,1-16,9	14,3-15	15,1-15,8
M20	30	-	15,1-16,9	16,9-19	14,9-16	16,9-18
(M22)	32	34	17,1-18,9	18,1-20,2	16,9-18	18,1-19,4
M24	36	-	17,95-20,05	20,2-22,3	17,7-19	20,2-21,5
(M27)	41	-	20,95-23,05	22,6-24,7	20,7-22	22,5-23,8
M30	46	-	22,95-25,05	24,3-26,4	22,7-24	24,3-25,6
(M33)	50	-	24,95-27,05	27,4-29,5	24,7-26	27,4-28,7
M36	55	-	27,95-30,05	29,4-31,9	27,4-29	29,4-31
(M39)	60	-	29,75-32,25	31,8-34,3	29,4-31	31,8-33,4
M42	65	-	32,75-35,25	32,4-34,9	32,4-34	32,4-34
(M45)	70	-	34,75-37,25	34,4-36,9	34,4-36	34,4-36
M48	75	-	36,75-39,25	36,4-38,9	36,4-38	36,4-38
(M52)	80	-	40,75-43,25	40,4-42,9	40,4-42	40,4-42
M56	85	-	43,75-46,25	43,4-45,9	43,4-45	43,4-45
(M60)	90	-	46,75-49,25	46,4-48,9	46,4-48	46,4-48
M64	95	-	49,5-52,5	49,4-52,4	49,1-51	49,1-51
>M64	-	-	bis M100*6	-	bis M100*6	-/-

Nennmaß d		Schlüsselweite s		Mutternhöhe m min. – max.			
Mutternhöhenfaktor m/d ca.		≤ M4	-	-	0,8		0,8
		M5-M39	0,8	0,83-1,12			0,84-0,93
		≥ M42		~0,8	0,8		
Produktklasse			C (grob)		≤ M16 = A (mittel) >M16 = B (mittelgrob)		
Gewinde-Toleranz			7 H		6 H		
Festigkeitsklasse Stahl	Kernbereich ~M5-39		5 M16 < d ≤ M39 = 4,5		6,8,10 (ISO 8673 = Fkl. 10 ≤ M16)		
	>M39		nach Vereinbarung		nach Vereinbarung		
Mechanische Eigenschaften Nach Norm			DIN 267 Teil 4	ISO 898 Teil 2 (RG) d ≤ M39	DIN 267 Teil 4	ISO 898 Teil 2 (RG) Teil 6 (FG)	
RG - Regelgewinde, FG - Feingewinde							

4. HERSTELLUNG VON SCHRAUBEN UND MUTTERN

4.1 Herstellverfahren

Grundsätzlich unterscheidet man folgende beiden Herstellverfahren:

Zum einen die spanlose und zum anderen die spanende Formgebung. Bei der spanlosen Formgebung wird noch unterschieden zwischen Kalt- und Warmformung.

Nachstehendes Schaubild soll die Herstellverfahren nochmals verdeutlichen:

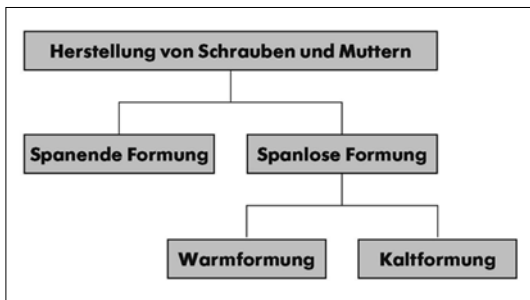


Abb. N: Übersicht über die verschiedenen Herstellungsverfahren

4.1.1 Kaltformung (Kaltfließpressen)

In der heutigen Verbindungstechnik wird ein Großteil der Verbindungselemente im Kaltfließpressverfahren hergestellt. Hier wird meist in mehrstufigen Prozessen das Verbindungselement durch Stauchen, Fließpressen und Reduzieren oder Kombinationen aus diesen Verfahren geformt. Für diese Art der Fertigung hat man den Begriff der Massiv- oder Kaltformung geprägt.

Dieses Verfahren wird in der Regel bei hohen Stückzahlen angewendet, da es in wirtschaftlicher Hinsicht das Rationellste ist.

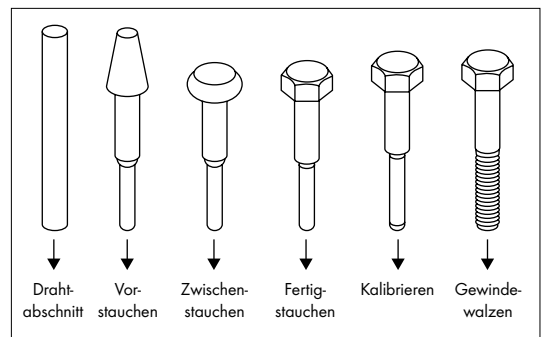
Die Auswahl der geeigneten Umformmaschinen hängt von der Größe des Verbindungselementes und von der Höhe des Umformgrades ab. Je höher der Umformgrad ist, desto mehr Umformstufen sind erforderlich. Für die Kaltformung sind scharfkantige Übergänge oder dünne Profile ungünstig und führen zu erhöhtem Werkzeugverschleiß.

Eine entscheidende Rolle an der Qualität des Endproduktes spielt die Auswahl und die Qualität des Vormaterials (Draht). In der Regel erhalten die Schraubenhersteller den Draht aufgewickelt auf Rollen, welche ein Gewicht von oftmals mehr als 1.000 Kilogramm haben.

Damit der Draht einwandfrei verarbeitet werden kann und der Werkzeugverschleiß minimiert wird, ist dieser normalerweise phosphatiert.

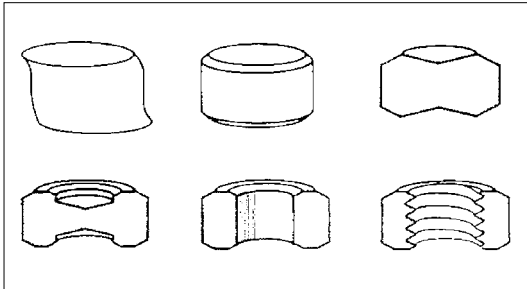
Der Konstrukteur einer Schraube oder eines Verbindungselementes versucht bereits bei der Entwicklung die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Werkstoffe mit denen an das Verbindungselement gestellten Anforderungen in Einklang zu bringen. Bei den Werkstoffen unterscheidet man neben den Nichtrostenden Stählen unlegierte und legierte Stähle. Werden z.B. erhöhte Festigkeiten gewünscht, so ist es zwingend erforderlich die Teile nach dem Pressen einem Wärmebehandlungsprozess zu unterziehen um die mechanischen Eigenschaften gezielt beeinflussen zu können.

Schaubild Stadiensatz Sechskantschraube



Auch Muttern werden normalerweise im Kalt- oder Warmpressverfahren hergestellt. Welches der beiden Verfahren eingesetzt wird, das hängt zum einen von der Größe und zum anderen von der benötigten Stückzahl ab.

Schaubild Stadiensatz Sechskantmutter



Vorteile der Kaltformung:

- Optimale Werkstoffausnutzung
- Sehr hohe Mengenleistung
- Hohe Maßgenauigkeit und Oberflächengüte
- Steigerung der Festigkeitseigenschaften durch Kaltverfestigung
- Beanspruchungsgerechter Verlauf der Fasern in Pressteilen

4.1.2 Warmformung

Mit diesem Fertigungsverfahren werden hauptsächlich große Durchmesser beginnend ab ca. M27 sowie große Längen beginnend ab ca. 300 mm hergestellt. Des Weiteren kommen Teile in Frage, welche aufgrund sehr geringer Stückzahlen oder auch aufgrund eines sehr hohen Umformgrades kaltfließpress-technisch nicht hergestellt werden können.

Bei diesem Verfahren wird das Vormaterial (in der Regel Stangenmaterial) ganz oder auch nur teilweise auf Schmiedetemperatur erhitzt. Dieses Erwärmen erlaubt es, dass auch komplizierte Geometrien oder sehr große Umformgrade realisiert werden können. Ein typisches Merkmal für ein warmgeformtes Bauteil ist die raue Oberflächenstruktur. Eine Kaltverfestigung findet bei der Warmformung nicht statt!

Vorteile der Warmformung:

- Herstellung komplizierter Geometrien möglich
- geringe Stückzahlen
- große Durchmesser und Längen

4.1.3 Spanabhebende Fertigung

Unter spanabhebender Bearbeitung versteht man üblicherweise Bearbeitungsschritte wie das Drehen, Fräsen,

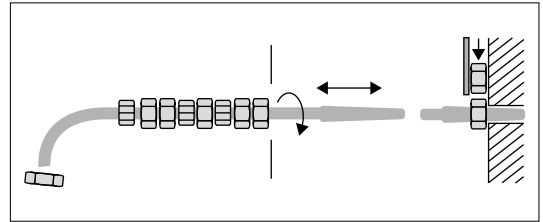
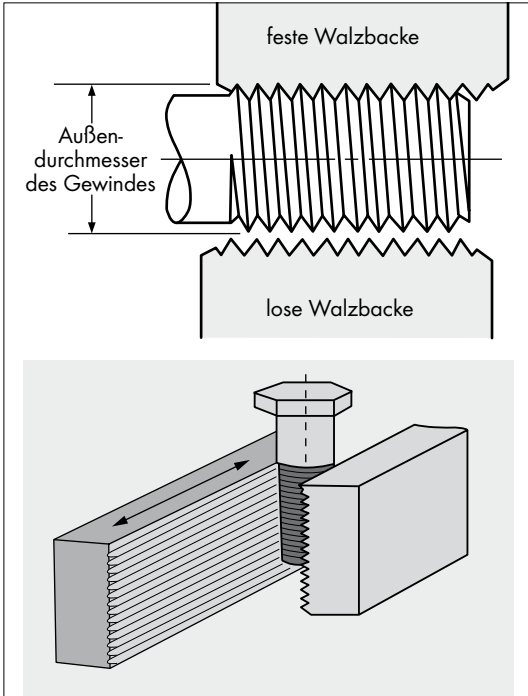
Schleifen oder Reiben. Die gebräuchlichste Methode in Bezug auf Verbindungselemente ist das Drehen, hat aber aufgrund der technischen Möglichkeiten im Kaltpressverfahren sehr stark an Bedeutung verloren.

Beim Drehen wird die gewünschte Kontur des Bauteiles spanend mit einem Drehmeißel vom Ausgangsmaterial abgetragen. Der Durchmesser des Ausgangsmaterials richtet sich nach dem größten Durchmesser des Bauteiles. In der Regel wird Stangenmaterial mit einer Länge von bis zu 6 Meter eingesetzt. Bei diesem Fertigungsverfahren wird im Gegenteil zum Kalt- oder Warmformen der Faserlauf des Ausgangsmaterials zerstört.

Dieses Fertigungsverfahren kommt dann zum Tragen wenn entweder die Stückzahlen nicht sehr groß oder die Teilegeometrie aufgrund von scharfen Kanten, kleinen Radien oder auch Passmaße im Kalt- oder Warmfertigungsverfahren nicht eingehalten werden können. Bei diesem Fertigungsverfahren können Oberflächenrauheiten von Ra 0,4 oder Rz 1,7 ohne Probleme erreicht werden. Bei sehr großen Stückzahlen werden auch sehr häufig die Rohlinge im Kaltfließverfahren produziert um dann anschließend spanend nachbearbeitet zu werden.

4.2 Gewindeherstellung

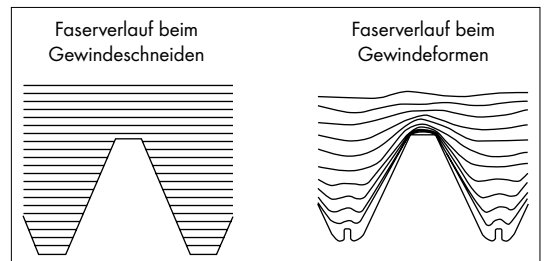
Bei der Massenfertigung von Schrauben wird das Gewinde üblicherweise geformt oder gerollt. Bei diesem Verfahren wird die Schraube zwischen 2 Walzbacken (Flachbacken), die eine fest die andere lose, gerollt wobei das Gewinde entsteht. (siehe Schaubild). Bei dieser Art der Gewindeherstellung können mehrere hundert Bolzen pro Minute mit einem Gewinde versehen werden. Das Aufbringen des Gewindes erfolgt in der Regel vor dem Vergüten. Wird das Gewinde aufgrund besonderer Erfordernisse nach dem Wärmebehandlungsprozess aufgebracht so spricht man von einem schlussgerollten Gewinde.



Gewindeschneiden auf einem Automaten mit einem Überlaufbohrer

4.2.1 Faserverlauf

Aus den beiden Schaubildern sind die Unterschiede eines gerollten zu einem geschnittenen Gewindes sehr schön ersichtlich. Beim Gewindeformen wird das Material nochmals zusätzlich kaltverfestigt und der Faserverlauf wird nicht unterbrochen. Der Ausgangsdurchmesser des Bolzens liegt hier ca. beim Flankendurchmesser. Beim Gewindeschneiden ist der Ausgangsdurchmesser des Bolzens gleich dem Nenndurchmesser des Gewindes. Der Faserverlauf wird durch das Schneiden unterbrochen.



Weitere Verfahren zur Gewindeherstellung: Einstechverfahren

Die mit gleicher Drehzahl angetriebenen Werkzeugrollen haben die gleiche Drehrichtung. Das Werkstück dreht sich, ohne sich axial zu verschieben. Mit diesem Verfahren lassen sich Gewinde mit sehr hoher Steigungsgenauigkeit herstellen.

Durchlaufverfahren

Die Gewindesteigung wird durch Neigung der Rollenachsen um den Steigungswinkel erzeugt. Das Werkstück erhält einen Axialschub und bewegt sich bei einer vollen Umdrehung um eine Gewindesteigung in Axialrichtung. Hiermit können überlange Gewinde erzeugt werden.

Gewindeschneiden

Bei diesem Verfahren wird das Gewinde mittels eines Gewindebohrers oder einer Schneidkluppe hergestellt. Dieses Verfahren kommt bei Schrauben in der Regel nur bei sehr geringen Stückzahlen oder auch bei spanend hergestellten Teilen zum Tragen.

Bei der Herstellung eines Muttergewindes sieht die Sache aber anders aus. Hier wird das Gewinde meist mit einem Gewinde- oder Überlaufbohrer geschnitten.

4.3 Wärmebehandlung

4.3.1 Vergüten

Die Kombination aus „Härten“ mit anschließendem „Anlassen“ nennt man Vergüten.

Das Vergüten ist für Schrauben ab der Festigkeitsklasse 8.8 nach DIN EN ISO 898 Teil 1 und für Muttern nach DIN EN 20898 Teil 2 in der Festigkeitsklasse 05 sowie 8 (>M16) und ab der Festigkeitsklasse 10 vorgeschrieben.

4.3.2 Härten

Die Schraube wird unter anderem in Abhängigkeit seines Kohlenstoffgehaltes auf eine bestimmte Temperatur erwärmt und längere Zeit gehalten. Dabei wird das Gefüge

umgewandelt. Durch anschließendes Abschrecken (Wasser, Öl usw.) wird eine große Härtesteigerung erreicht.

4.3.3 Anlassen

Der glasharte und somit spröde Werkstoff ist in diesem Zustand nicht in der Praxis einsetzbar. Es muss der Werkstoff auf eine in der Norm festgelegten Mindesttemperatur nochmals erwärmt werden, um die Verspannungen im Gefüge zu reduzieren. Durch diese Maßnahme verringert sich zwar die zuvor gewonnene Härte (diese liegt aber noch deutlich über den Werten des unbehandelten Werkstoffes), aber man erreicht eine größere Zähigkeit. Dieses Verfahren ist somit ein wichtiges Hilfsmittel der Hersteller, um Schrauben so zu fertigen, dass sie den von der Praxis geforderten Ansprüchen gerecht werden können.

4.3.4 Einsatzhärten

Dieses Verfahren findet unter anderem bei Blechschrauben, gewindefurchenden und selbstbohrenden Schrauben Anwendung. Hierbei ist eine große Oberflächenhärte entscheidend, damit diese Schrauben in der Lage sind, ihr Gewinde selbsttätig herzustellen. Der Schraubenkern hingegen ist weich.

Bei diesen Arten von Schrauben werden Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 0,2% verwendet. Diese werden erwärmt und in einer Kohlenstoff abgebenden Atmosphäre (z.B. Methan) längere Zeit gehalten. Der Kohlenstoff diffundiert in die Randzonen ein und erhöht somit lokal den Kohlenstoffgehalt. Diesen Vorgang bezeichnet man als Aufkohlen. Anschließend wird der Werkstoff abgeschreckt und somit in den Randzonen gehärtet. Dies hat den Vorteil, dass die Oberfläche sehr hart ist, aber dennoch genügend Zähigkeit im Kern der Schraube vorhanden bleibt.

4.3.5 Glühen

Es gibt eine Reihe verschiedener Glühverfahren, die jeweils andere Auswirkungen auf das Gefüge und die Spannungszustände im Werkstoff haben. Ein sehr wichtiges Verfahren im Zusammenhang mit Verbindungselementen ist das Spannungsarmglühen (Erwärmen auf ca. 600 °C und längeres Halten). Die bei der Kaltumformung entstandene Kaltverfestigung kann durch Spannungsarmglühen rückgängig gemacht werden. Dies ist besonders wichtig für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6,

da hier eine große Dehnung der Schraube vorhanden sein muss.

4.3.6 Tempern

Unter Tempern versteht man die thermische Behandlung von hochfesten Bauteilen (Festigkeiten ≥ 1.000 MPa oder Härten ≥ 320 HV) mit dem Ziel die Wasserstoffversprödungsgefahr zu minimieren. Das Tempern muss spätestens 4h nach Abschluss der galvanischen Oberflächenbehandlung durchgeführt werden. Die Mindesttemperatur richtet sich nach den Festigkeitsklassen bzw. den verwendeten Werkstoffen.

5. OBERFLÄCHENSCHUTZ

5.1 Korrosion

Etwa 4% des Bruttozialproduktes eines westlichen Industriestaates wird durch Korrosion vernichtet.

Etwa 25% davon könnte durch Anwendung des vorhandenen Wissens vermieden werden.

Korrosion ist die Reaktion eines metallischen Werkstoffs mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung eines Werkstoffs bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteiles oder eines ganzen Systems führen kann. In den meisten Fällen ist diese Reaktion elektrochemischer Natur, in einigen Fällen kann sie jedoch auch chemischer oder metallphysikalischer Natur sein.

Jeder Mensch kann Korrosion im täglichen Leben beobachten:

- Rost an Fahrzeugen, an Geländern und Zäunen
- Schleichende Zerstörung von Straßenbauwerken, Brücken, Gebäuden
- Undichtigkeiten an Wasserleitungen und Heizungsrohren aus Stahl

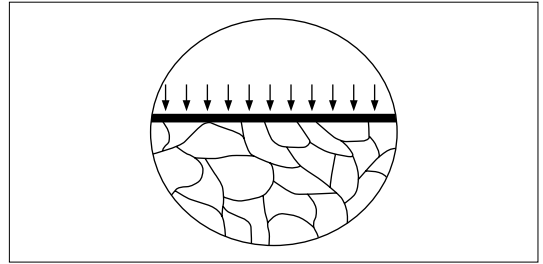
Korrosion ist unvermeidbar – vermeidbar sind jedoch Schäden durch Korrosion bei richtiger Planung geeigneter Korrosionsschutzmassnahmen.

Das „Korrosionssystem einer Schraubenverbindung“ sollte, unter Einsatzbedingungen, mindestens so korrosionsbeständig sein wie die zu verbindenden Teile.

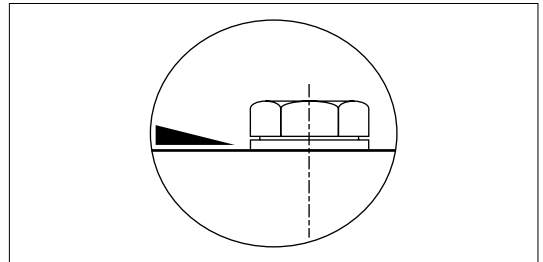
Es ist Aufgabe des Konstrukteurs, die erforderlichen Korrosionsschutzmassnahmen zu bestimmen. Hierbei ist der Abnutzungsvorrat eines Korrosionsschutzsystems sowie die Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen.

Die Erscheinungsformen, von Korrosion können sehr unterschiedlich sein. (Korrosionsarten siehe DIN 50900).

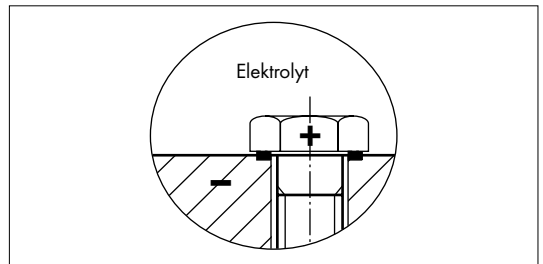
5.2 Korrosionsarten



Flächenkorrosion z.B. Rost



Spaltkorrosion



Kontaktkorrosion

Abtragungsraten, Richtwerte in μm pro Jahr

Medium	Zink unchromatiert	Messing Ms 63	Kupfer CuNi 1,5 Si	unlegierter Stahl ungeschützt
Landluft	1-3	≤ 4	≤ 2	≤ 80
Stadtluft	≤ 6	≤ 4	≤ 2	≤ 270
Industrieluft	6-20	≤ 8	≤ 4	≤ 170
Meeresluft	2-15	≤ 6	≤ 3	≤ 170

Tab. 1

5.3 Häufig verwendete Arten von Überzügen für Verbindungselemente

5.3.1 nichtmetallische Überzüge

Bezeichnung	Verfahren	Anwendung	Korrosionsbeständigkeit
Einölen	Werkstücke werden in Öl getaucht	Blanke Stahlteile Geignet für kurzzeitigen Korrosionsschutz z.B. beim Transport	undefiniert
Brünieren (DIN 50938)	Werkstücke werden in saure oder alkalische Lösungen getaucht Durch Reaktion entstehen Oxidschichten mit (braun)schwarzer Farbe Kein Schichtaufbau Zweck: Bilden eine schwache Schutzschicht auf der Oberfläche Keine Wasserstoffversprödung	Waffenteile Lehren und Messtechnik	Salzsprühnebeltest ca. 0,5 h Korrosionsschutzöl kann Beständigkeit steigern
Phosphatieren (DIN EN 12476)	Es wird unterschieden in Eisen-/Zink-/Manganphosphatierungen. Werkstücke werden in ein Metallphosphatbad getaucht. Schichtaufbau 2-15 μm (systemabhängig)	Kaltumformung von Stahl Verbindung mit Korrosionsschutzmitteln Verschleißminderung bei Manganphosphatierung Haftgrund für Lackschicht (verhindert unterrosten)	Salzsprühnebeltest: ca. 3 h Korrosionsschutzöl kann Beständigkeit steigern

Tab. 2

5.3.2 Metallische Überzüge

Bezeichnung	Verfahren	Anwendung	Korrosionsbeständigkeit
Galvanisch verzinken (ISO 4042, DIN 50979)	Metallabscheidung im galvanischen Bad Nachbehandlung durch Passivieren Optional mit Versiegelung	In Bereichen mit geringer bis mittlerer Korrosionsbeanspruchung z.B. allgemeiner Maschinenbau, Elektrotechnik - thermische Belastbarkeit systemabhängig 80 °C - 120 °C	Korrosionsbeständigkeit bis zu 200 h gegen Grundmetallkorrosion (Rotrost) im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS (ISO 9227) (Schichtdicken und Systemabhängig)
Galvanisch Zink-Legierungsschicht (Zink-Eisen) (Zink-Nickel) (ISO 4042, DIN 50979)	Metallabscheidung im galvanischen Bad Nachbehandlung durch Passivieren Optional mit Versiegelung	In Bereichen höchster Korrosionsbeanspruchung z.B. bei Bauteilen im Motorraum oder an Bremsen, wo sowohl durch große Wärme, als auch durch Streusalzeinfluss im Winter die normale galvanische Verzinkung überfordert ist	höchster kathodischer Korrosionsschutz - schon bei Schichtstärken ab 5 μm (Wichtig für Passungen) keine voluminösen Korrosionsprodukte bei Zink-Nickel) Korrosionsbeständigkeit bis zu 720 h gegen Grundmetallkorrosion (Rotrost) im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS (ISO 9227) (Schichtdicken und Systemabhängig)

Bezeichnung	Verfahren	Anwendung	Korrosionsbeständigkeit
Galvanisch vernickeln (DIN EN 12540)	Metallabscheidung im galvanischen Bad Optional mit Imprägnierung	In Bereichen sehr geringer Korrosionsbeanspruchung z.B. Dekorative Anwendungen im Innenbereich Bestandteil eines Mehrschichtsystems z.B. Kupfer-Nickel-Chrom	Nickel kann aufgrund seiner elektrochemischen Eigenschaften gegenüber dem Stahl nicht die Funktion einer Opferanode einnehmen.
Galvanisch verchromen (DIN EN 12540)	Metallabscheidung im galvanischen Bad Meist als Überzug auf vernickelte Oberflächen Dicke der Chromschicht meist zwischen 0,2 und 0,5µm	In Bereichen sehr geringer Korrosionsbeanspruchung z.B. Dekorative Anwendungen im Innenbereich Bestandteil eines Mehrschichtsystems z.B. Kupfer-Nickel-Chrom	Chrom kann aufgrund seiner elektrochemischen Eigenschaften gegenüber dem Stahl nicht die Funktion einer Opferanode einnehmen.
Mechanisch verzinken (DIN EN 12683)	Metallpulver wird auf die Bauteile aufgehämmert, Glasperlen dienen als „Aufprallmaterial“. Die Beschichtung erfolgt mittels eines chemisches Mediums, keine Anwendung von Strom Die Beschichtung erfolgt bei Raumtemperatur	Sicherungsscheiben hochfeste federnde Bauteile (keine Gefahr der Wasserstoffinduzierung während des Beschichtungsprozesses)	Korrosionsbeständigkeit bis 144 h gegen Grundmetallkorrosion (Rotrost) im Salzsprühnebel nach DIN 50021 SS (ISO 9227) (Schichtdicken und Systemabhängig)

Tab. 3

5.3.3 Sonstige Überzüge

Verfahren	Erläuterungen	Maximale Anwendungstemperatur
Verlasisieren	Spezielles Hartvernickeln.	
Vermessingen	Messingaufräge werden hauptsächlich für dekorative Zwecke angewendet. Außerdem werden Stahlteile vermessingt, um die Haftfestigkeit von Gummi auf Stahl zu verbessern.	
Verkupfern	Wenn notwendig, als Zwischenschicht vor dem Vernickeln, Verchromen und Versilbern. Als Deckschicht für dekorative Zwecke.	
Versilbern	Silberaufträge werden zu dekorativen und technischen Zwecken verwendet.	
Verzinnen	Die Verzinnung wird hauptsächlich zum Erzielen bzw. Verbessern der Lötbarkeit (Weißlot) angewendet. Dient gleichzeitig als Korrosionsschutz. Thermische Nachbehandlung nicht möglich.	
Eloxieren	Durch anodische Oxidation wird bei Aluminium eine Schutzschicht erzeugt, die als Korrosionsschutz wirkt und das Verflecken verhindert. Für dekorative Zwecke können praktisch alle Farbtöne erzielt werden.	
Ruspert	Hochwertige Zink-Aluminium-Lamellenbeschichtung, kann in den verschiedensten Farben hergestellt werden. Je nach Schichtdicke 500 h oder 1000 h in der Sprühnebelprüfung (DIN 50021).	
Brünieren (Schwärzen)	Chemisches Verfahren. Badtemperatur ca. 140 °C mit anschließendem Einölen. Für dekorative Zwecke, nur leichter Korrosionsschutz.	
Schwärzen (Rostfrei)	Chemisches Verfahren. Die Korrosionsbeständigkeit von A1 – A5 kann dadurch beeinträchtigt werden. Für dekorative Zwecke. Für Außenanwendung nicht geeignet.	70 °C
Polyseal	Nach herkömmlichem Tauchverfahren wird zuerst eine Zinkphosphatschicht aufgebracht. Danach erfolgt ein organischer Schutzüberzug, welcher bei ca. 200 °C ausgehärtet wird. Anschließend wird zusätzlich noch ein Rostschutzöl aufgebracht. Dieser Schutzüberzug kann in verschiedenen Farben ausgeführt werden (Schichtdicke ca. 12 µm).	
Imprägnieren	Vor allem bei vernickelten Teilen können durch eine Nachbehandlung in „dewatering fluid“ mit Wachsuzsatz die Mikroporen mit Wachs versiegelt werden. Wesentliche Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit. Der Wachsfilm ist trocken, unsichtbar.	

Tab. 4

5.4 Normung von galvanischen Korrosionsschutzsystemen

5.4.1 Bezeichnungssystem

nach DIN EN ISO 4042

Das Gebräuchlichste System zur Kurzbezeichnung von galvanischen Oberflächen auf Verbindungselementen ist die Norm DIN EN ISO 4042. Diese Norm legt in erster Linie die maßlichen Anforderungen an Verbindungselementen aus Stahl und Kupferlegierungen fest die mit einem galvanischen Überzug versehen werden sollen. Sie legt Schichtdicken fest und gibt Empfehlungen zur Verminderung der Wasserstoffversprödungsgefahr bei Verbindungselementen mit hoher Festigkeit oder Härte oder bei oberflächengehärteten Verbindungselementen

Die DIN EN ISO 4042 unterscheidet nicht in Chrom (VI)-haltige und Chrom (VI)-freie Oberflächenbeschichtungen.

Bezeichnungsbeispiel

Eine Oberflächenbezeichnung muss immer aus den Angaben von Kennbuchstabe Tabelle A + Kennzahl Tabelle B + Kennbuchstabe Tabelle C bestehen

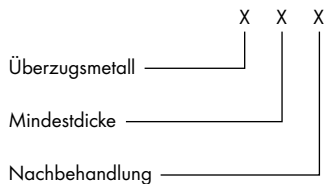


Tabelle A Überzugsmetall/-legierung

Überzugsmetall/-legierung		Kennbuchstabe
Kurzzeichen	Element	
Zn	Zink	A
Cd	Cadmium	B
Cu	Kupfer	C
CuZn	Kupfer-Zink	D
Ni b	Nickel	E
Ni b Cr r	Nickel-Chrom	F
CuNi b	Kupfer-Nickel	G
CuNi b Cr r	Kupfer-Nickel-Chrom	H
Sn	Zinn	J
CuSn	Kupfer-Zinn	K

Überzugsmetall/-legierung		Kennbuchstabe
Kurzzeichen	Element	
Ag	Silber	L
CuAg	Kupfer-Silber	N
ZnNi	Zink-Nickel	P
ZnCo	Zink-Kobalt	O
ZnFe	Zink-Eisen	R

Tab. 5: Auszug aus ISO 4042

Tabelle B Schichtdicken

Schichtdicke in µm		Kennzahl
Ein Überzugsmetall	Zwei Überzugsmetalle	
Keine Schichtdicke Vorgesprochen	-	0
3	-	1
5	2+3	2
8	3+5	3
10	4+6	9
12	4+8	4
15	5+10	5
20	8+12	6
25	10+15	7
30	12+18	8

Tab. 6: Auszug aus ISO 4042

Tabelle C Passivierung/Chromatierung

Glanzgrad	Passivieren durch chromatieren	Kennbuchstabe
matt	keine Farbe	A
	bläulich bis bläulich irisierend	B
	gelblich schimmernd bis gelbbraun irisierend	C
	olivgrün bis olivbraun	D
blank	keine Farbe	E
	bläulich bis bläulich irisierend	F
	gelblich schimmernd bis gelbbraun irisierend	G
	olivgrün bis olivbraun	H
glänzend	keine Farbe	J
	bläulich bis bläulich irisierend	K
	gelblich schimmernd bis gelbbraun irisierend	L
	olivgrün bis olivbraun	M

Glanzgrad	Passivieren durch chromatieren	Kennbuchstabe
hochglänzend	keine Farbe	N
beliebig	wie B,C oder D	P
matt	braunschwarz bis schwarz	R
blank	braunschwarz bis schwarz	S
glänzend	braunschwarz bis schwarz	T
Alle Glanzgrade	ohne chromatieren	U

Tab. 7: Auszug aus ISO 4042

5.4.2 Richtwerte für Korrosionsbeständigkeiten im Salzsprühnebeltest DIN 50021 SS (ISO 9227)

Verfahrensgruppe	Chromatierungsbezeichnung	Eigenfarbe der Chromatschicht	Bezeichnung Nach ISO 4042	Nenn-Schichtdicke	Weißrost h	Rotrost h
Passivierung farblos	A	transparent	A1A, A1E, A1J	3	2	12
			A2A, A2E, A2J	5	6	24
			A3A, A3E, A3J	8	6	48
Passivierung blau	B	blau irisierend	A1B, A1F, A1K	3	6	12
			A2B, A2F, A2K	5	12	36
			A3B, A3F, A3K	8	24	72
Chromatierung gelb	C	gelb irisierend	A1C, A1G, A1L	3	24	24
			A2C, A2G, A2L	5	48	72
			A3C, A3G, A3L	8	72	120
Chromatierung oliv	D	olivgrün	A1D, A1H, A1M	3	24	24
			A2D, A2H, A2M	5	72	96
			A3D, A3H, A3M	8	96	144
Chromatierung schwarz	BK	braunschwarz bis schwarz	A1R, A1S, A1T	3	12	36
			A2R, A2S, A2T	5	12	72
			A3R, A3S, A3T	8	24	96

Tab. 8

5.4.3 Bezeichnungssystem nach DIN 50979

Diese Norm gilt für galvanisch abgeschiedene und Cr(VI)-frei passivierte Zinküberzüge und Zinklegierungsüberzüge auf Eisenwerkstoffen. Die Zinklegierungsüberzüge enthalten als Legierungskomponenten Nickel oder Eisen (Zink/Nickel, Zink/Eisen).

Hauptzweck der Anwendung der Überzüge bzw. Überzugssysteme ist der Korrosionsschutz von Bauteilen aus Eisenwerkstoffen.

Diese Norm definiert für die nachfolgend angegebenen Überzugssysteme die Bezeichnungen und legt Mindestkorrosionsbeständigkeiten in beschriebenen Prüfverfahren sowie die hierfür erforderlichen Mindestschichtdicken fest.

5.4.4 Bezeichnung der galvanischen Überzüge

Die galvanischen Überzüge bestehen aus Zink oder Zink-Legierungen

Kurzzeichen	Definition
Zn	Zinküberzug ohne zugesetzten Legierungspartner
ZnFe	Zinklegierungsüberzug mit einem Massenanteil von 0,3% bis 1,0% Eisen
ZnNi	Zinklegierungsüberzug mit einem Massenanteil von 12% bis 16% Nickel

Tab. 9: Auszug aus DIN 50979

5.4.5 Passivierungen

Passivieren bezeichnet das Herstellen von Konversionsschichten durch Behandeln mit geeigneten, Cr(VI)-freien Lösungen, um die Korrosionsbeständigkeit der Überzüge zu verbessern. Einfärbungen sind möglich.

Passivierungs- bzw. Verfahrensgruppe	Kurzname	Aussehen der Oberfläche	Bemerkung
Transparent passiviert	An	Farblos bis farbig irisierend	Häufig als „Dünnschichtpassivierung“ bezeichnet
Irisierend passiviert	Cn	Farbig irisierend	Häufig als „Dickschichtpassivierung“ bezeichnet
Schwarz passiviert	Fn	Schwarz	

Tab. 10: Auszug aus DIN 50979

5.4.6 Versiegelungen

Versiegelungen erhöhen die Korrosionsbeständigkeit und haben üblicherweise eine Schichtdicke bis 2 µm. Versiegelungen bestehen aus Cr(VI)-freien organischen und/oder anorganischen Verbindungen.

Mit Kaltreiniger entfernbare Produkte, z.B. auf Öl-, Fett-, Wachsbasis, werden im Rahmen dieser Norm nicht als Versiegelungen betrachtet. Der Einfluss von Versiegelungen auf die Funktionseigenschaften des Bauteils wie z.B. Übergangswiderstand, Schweißbarkeit, Verträglichkeit mit Betriebsstoffen, Klebverbindungen ist bauteilspezifisch zu beurteilen. Bei besonderen Ansprüchen an die Oberflächenfunktionalität muss der Einsatz der Versiegelung sowie die Art des Versiegelungsmittels vereinbart werden, da die Bandbreite der möglichen Oberflächenmodifikationen durch Versiegelungen groß ist.

Meist werden durch Versiegelungen auch die durch Passivieren gebildeten Interferenzfarben (Irisierungen) beseitigt.

Kurzzeichen	Beschreibung
T0	Ohne Versiegelung
T2	Mit Versiegelung

Tab. 11: Auszug aus DIN 50979

5.4.7 Mindestschichtdicken und Prüfdauer

Art der Oberflächenschutzschicht	Ausführungsart	Verfahrensart	Ohne Überzugskorrosion	Mindestprüfdauer in h Ohne Grundwerkstoffkorrosion (In Abhängigkeit der Zn- oder Zn-Legierungs-Schichtdicke)		
				5µm	8µm	12µm
galv. Zinküberzug, transparent passiviert	Zn//An//T0	Trommel	8	48	72	96
		Gestell	16	72	96	120
galv. Zinküberzug, irisierend passiviert	Zn//Cn//T0	Trommel	72	144	216	288
		Gestell	120	192	264	336
galv. Zinküberzug, irisierend passiviert und versiegelt	Zn//Cn//T2	Trommel	120	192	264	360
		Gestell	168	264	360	480
galv. Zink Eisen-Legierungsüberzug, irisierend passiviert	ZnFe//Cn//T0	Trommel	96	168	240	312
		Gestell	168	240	312	384
galv. Zink Eisen-Legierungsüberzug, irisierend passiviert und versiegelt	ZnFe//Cn//T2	Trommel	144	216	288	384
		Gestell	216	312	408	528
galv. Zink Nickel-Legierungsüberzug, irisierend passiviert	ZnNi//Cn//T0	Trommel	120	480	720	720
		Gestell	192	600	720	720
galv. Zink Nickel-Legierungsüberzug, irisierend passiviert und versiegelt	ZnNi//Cn//T2	Trommel	168	600	720	720
		Gestell	360	720	720	720
galv. Zink Eisen-Legierungsüberzug, schwarz passiviert und versiegelt	ZnFe//Fn//T2	Trommel	120	192	264	360
		Gestell	168	264	360	480
galv. Zink Nickel-Legierungsüberzug, schwarz passiviert und versiegelt	ZnNi//Fn//T2	Trommel	168	480	720	720
		Gestell	240	600	720	720
galv. Zink Nickel-Legierungsüberzug, schwarz passiviert	ZnNi//Fn//T0	Trommel	48	480	720	720
		Gestell	72	600	720	720

Tab. 12: Auszug aus DIN 50979

Bezeichnungsbeispiele:

Zink/Nickel-Legierungsüberzug auf einem Bauteil aus Stahl (Fe), einer kleinsten örtlichen Schichtdicke von 8 µm (8) und irisierend passiviert (Cn), ohne Versiegelung (T0)
Fe//ZnNi8//Cn//T0

Zink/Eisen-Legierungsüberzug auf einem Bauteil aus Stahl (Fe), einer kleinsten örtlichen Schichtdicke von 5 µm (5) und schwarz passiviert (Fn), mit Versiegelung (T2)
Fe//ZnFe5//Fn//T2

5.5 Normung von nichtelektrolytisch aufgetragenen Korrosionsschutzsystemen

5.5.1 Zink-Lamellensysteme

Die zu beschichtenden Teile werden in einem Zentrifugenkorb in das Beschichtungsmedium getaucht. Durch Zentrifugation wird ein Teil der Beschichtungssubstanz

abgeschleudert. Dadurch entsteht eine weitgehend gleichmäßige Schicht. Die Beschichtung wird anschließend in einem Durchlaufofen bei 150–300 °C eingebrannt (systemabhängig). Um eine gleichmäßige und deckende Schicht zu bekommen ist es notwendig dass die zu beschichtenden Teile zwei Beschichtungsdurchgänge absolvieren. Größere Teile können auch durch Aufspritzen des Beschichtungsmediums beschichtet werden.

Dieses Verfahren ist für Gewindeteile ≤M6 und für Verbindungselemente mit kleinen Innenantrieben oder feinen Konturen ungeeignet. Hier ist mit nicht lehrenhaltigen Gewinden und nicht nutzbaren Innenantrieben zu rechnen.

Zink-Lamellensysteme eignen sich zum beschichten von hochfesten Bauteilen. Eine Wasserstoffinduzierung beim

Beschichtungsprozess ist, bei der Verwendung geeigneter Reinigungsverfahren, ausgeschlossen.

5.5.2 Normung von nichtelektrolytisch aufgetragten Korrosionsschutzsystemen

Bezeichnungen gemäß DIN EN ISO 10683

- **fIZn-480h** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden z.B. ZFSH, Geomet 500A, Geomet 321A, Dacromet 320A, Delta Tone/Seal
- **fIZnL-480h** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden, mit integriertem Schmiermittel z.B. Geomet 500A, Dacromet 500A
- **fIZn-480h-TL** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden, mit integriertem Schmiermittel in der Deckschicht z.B. ZFSHL, Geomet 321A+VL, Dacromet 320A+VL
- **fIZnnc-480h** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden, ohne Chromat z.B. ZFSH, Geomet 321A, Delta Protect, Delta Tone/Seal
- **fIZnyc-480h** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden, mit Chromat z.B. Dacromet 500A, Dacromet 320A

5.6 Normung der Feuerverzinkung von Schrauben gemäß DIN EN ISO 10684

5.6.1 Verfahren und Anwendungsbereich

Das Feuerverzinken ist ein Schmelztauchverfahren, bei dem die Verbindungselemente nach einem geeigneten Vorbehandlungsprozess in eine Metallschmelze eingetaucht werden. Danach wird überschüssiges Zink abgeschleudert, um die für den Korrosionsschutz nötige Zinkschichtdicke einzustellen. Anschließend werden die Verbindungselemente in der Regel im Wasserbad abgekühlt.

Feuerverzinken ist bis zur Fertigungsstufe 10.9 zulässig. Die DIN EN ISO 10684 gibt Hinweise für Vorbehandlungs- und Verzinkungsprozesse, die das Risiko von Sprödbrüchen minimieren. Insbesondere bei Schrauben der Fertigungsstufe 10.9 sind weitergehende Vorgaben nötig, die in einer technischen Richtlinie des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e.V. (GAV) und des Deutschen Schraubenverbandes e.V. (DSV) beschrieben sind. Oberhalb der Gewindegröße M24 sollte lediglich das Verfahren der Normaltemperaturverzinkung angewandt werden.

Korrosionsbeständigkeiten nach DIN 50021 SS (ISO 9227) in Abhängigkeit der Schichtdicke

Prüfdauer in Stunden (Salzsprühnebelprüfung)	Mindestwerte der örtlichen Schichtdicke (falls vom Besteller vorgeschrieben)	
	Überzug mit Chromat (fIZnyc) µm	Überzug ohne Chromat (fIZnnc) µm
240	4	6
480	5	8
720	8	10
960	9	12

Falls das Schichtgewicht pro Flächeneinheit in g/m² vom Besteller vorgeschrieben ist, kann es folgendermaßen in die Schichtdicke umgerechnet werden:

- Überzug mit Chromat: 4,5 g/m² entsprechen einer Dicke von 1 µm
- Überzug ohne Chromat: 3,8 g/m² entsprechen einer Dicke von 1 µm

Der Besteller kann vorschreiben, ob er einen Überzug mit Chromat (fIZnyc) oder ohne Chromat (fIZnnc) wünscht; andernfalls gilt das Kurzzeichen fIZn.

Tab. 13: Auszug aus DIN EN ISO 10683

Bei Innengewindeteilen wie Muttern wird das Gewinde erst nach dem Verzinken geschnitten.

Bei Gewindegrößen kleiner M12 kann die Tragfähigkeit der gepaarten Gewinde eingeschränkt sein, da der Zinküberzug mit seiner Dicke von im Mittel mindestens 50 µm zu einer Verringerung der Gewindeüberlappung führt.

5.6.2 Gewindetoleranzen und Bezeichnungssystem

Um in der Gewindepaarung von Schraube und Mutter ausreichend Platz für den recht dicken Überzug zu schaffen, haben sich zwei unterschiedliche Vorgehensweisen bewährt. Ausgehend von der Nulllinie des Gewindetoleranzsystems wird der Platz für den Überzug entweder in das Schrauben- oder das Muttergewinde gelegt. Diese Vorgehensweisen dürfen nicht gemischt werden. Daher ist es sehr ratsam, feuerverzinkte, metrische Verbindungselemente als Garnitur zu beziehen. Im Bauwesen ist dies sogar durch Normen vorgeschrieben.

Eine Mischung der in Tabelle 15 dargestellten Vorgehensweisen 1 und 2 führt entweder zu einer Herabsetzung der Tragfähigkeit der Verbindung oder zu Montageproblemen.

	Gewindetoleranz der Mutter	Gewindetoleranz der Schraube vor dem Verzinken
Verfahren „1“	6AZ/6AX	6g/6h
Sonderkennzeichnung	„Z“ o. „X“	keine
Verfahren „2“	6H/6G	6az
Sonderkennzeichnung	keine	„U“

Tab. 14: Toleranzsysteme bei der Paarung feuerverzinkter Schrauben und Muttern

Die Sonderkennzeichnung ist nach der Kennzeichnung der Festigkeitsklasse anzubringen. In der Bestellbezeichnung wird die Feuerverzinkung durch den Zusatz „tZn“ ausgedrückt.

Beispiel:

Sechskantschraube ISO 4014 M12x80 - 8.8U - tZn

5.7 Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe

5.7.1 RoHS

Ab dem 1 Juli 2006 neu in Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte dürfen kein Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromiertes Biphenyl (PBB) bzw. polybromierten Diphenylether (PBDE) enthalten.

Ausnahmen u.A.

- Blei als Legierungselement in Stahl bis zu 0,35 Gewichtsprozent
- Blei als Legierungselement in Aluminium bis zu 0,4 Gewichtsprozent
- Blei als Legierungselement in Kupferlegierungen bis zu 4,0 Gewichtsprozent

Zulässig sind bis zu 0,1 Gewichtsprozent der o.G Stoffe (Cadmium 0,01 Gewichtsprozent) je homogenem Werkstoff.

Betroffen sind:

- Haushaltsgroß- und -kleingeräte
- Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik
- Geräte der Unterhaltungselektronik
- Beleuchtungskörper
- Elektrische und elektronische Werkzeuge, mit Ausnahme ortsfester industrieller Großwerkzeuge
- Spielzeug
- Sport- und Freizeitgeräte
- Medizinprodukte
- Überwachungs- und Kontrollinstrumente
- Automatische Ausgabegeräte

5.7.2 ELV

Richtlinie über Altfahrzeuge (bis 3,5 t zul. Gesamtgewicht)

Ab dem 1 Juli 2007 neu in Verkehr gebrachte Werkstoffe- und Bauteile für Fahrzeuge dürfen kein Blei, Quecksilber, Cadmium und sechswertiges Chrom enthalten.

Ausnahmen u.A.

- Blei als Legierungselement in Stahl
bis zu 0,35 Gewichtsprozent
- Sechswertiges Chrom in Korrosionsschutzschichten
(bis 01. Juli 2007)
- Blei als Legierungselement in Kupferlegierungen
bis zu 4,0 Gewichtsprozent

Zulässig sind bis zu 0,1 Gewichtsprozent der o.G. Stoffe (Cadmium 0,01 Gewichtsprozent) je homogenem Werkstoff, sofern Sie nicht absichtlich hinzugefügt werden.

Betroffen sind:

Alle Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5 t

5.8 Wasserstoffversprödung

Bei galvanisch beschichteten Bauteilen aus Stahl mit Zugfestigkeiten $R_m \geq 1000 \text{ Mpa}$ oder Härten $\geq 320 \text{ HV}$ die unter Zugspannung stehen besteht die Gefahr eines wasserstoffinduzierten Sprödbruchs.

Eine Temperbehandlung der Bauteile unmittelbar nach dem Beschichtungsprozess trägt zur Risikominimierung bei. Eine vollständige Beseitigung der Sprödbruchgefahr kann, nach derzeitigem Stand der Technik, jedoch nicht

garantiert werden. Wenn das Risiko eines wasserstoffinduzierten Sprödbruchs vermindert werden muss, sollten alternative Beschichtungssysteme bevorzugt werden.

Für sicherheitsrelevante Bauteile sollten Korrosionsschutz und Beschichtungssysteme gewählt werden die eine Wasserstoffinduzierung beim Beschichten verfahrensbedingt ausschließen, wie z.B. eine mechanische Verzinkung sowie Zink-Lamellenbeschichtungen.

Der Anwender von Verbindungselementen ist mit den jeweiligen Einsatzzwecken und den daraus resultierenden Anforderungen vertraut und muss das geeignetste Oberflächensystem auswählen.

6. DIMENSIONIERUNG VON METRISCHEN SCHRAUBENVERBINDUNGEN

Grundlegende Hinweise zur Dimensionierung insbesondere hochfester Schraubenverbindungen im Maschinenbau gibt die VDI-Richtlinie 2230 aus dem Jahre 2003

Die Berechnung einer Schraubenverbindung geht aus von der Betriebskraft F_{Br} , die von außen auf die Verbindung wirkt. Diese Betriebskraft und die durch sie verursachten elastischen Verformungen der Bauteile bewirken an der einzelnen Verschraubungsstelle eine axiale Betriebskraft F_{Av} , eine Querkraft F_{Qv} , ein Biegemoment M_b und gegebenenfalls ein Drehmoment M_T .

Bei der rechnerischen Ermittlung der erforderlichen Schraubenabmessung muss, ausgehend von den vorab bekannten Belastungsverhältnissen, berücksichtigt werden, dass ein Vorspannkraftverlust durch Setzvorgänge und Temperaturänderungen eintreten kann.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass in Abhängigkeit vom gewählten Montageverfahren und von den Reibungsverhältnissen die Montagevorspannkraft F_M in mehr oder weniger weiten Grenzen streuen kann.

Für eine erste Auswahl der geeigneten Schraubenabmessung reicht oft eine überschlägige Dimensionierung aus. Abhängig vom Anwendungsfall sind dann gemäß der VDI 2230 weitere Kriterien zu überprüfen.

6.1 Überschlägige Ermittlung der Dimension bzw. der Festigkeitsklassen von Schrauben (nach VDI 2230)

Aufgrund obengenannter Kenntnisse erfolgt im ersten Schritt eine Vordimensionierung der Schraube gem. untenstehender Tabelle

1	2	3	4
Kraft in N	Nenn Durchmesser in mm		
	Festigkeitsklasse		
	12.9	10.9	8.8
250			
400			
630			
1.000	M3	M3	M3
1.600	M3	M3	M3

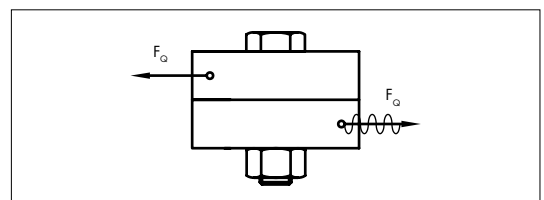
1	2	3	4
Kraft in N	Nenn Durchmesser in mm		
	Festigkeitsklasse		
	12.9	10.9	8.8
2.500	M3	M3	M4
4.000	M4	M4	M5
6.300	M4	M5	M6
10.000	M5	M6	M8
16.000	M6	M8	M10
25.000	M8	M10	M12
40.000	M10	M12	M14
63.000	M12	M14	M16
100.000	M16	M18	M20
160.000	M20	M22	M24
250.000	M24	M27	M30
400.000	M30	M33	M36
630.000	M36	M39	

Tab. 1

A Wähle in Spalte 1 die nächst größere Kraft zu der an der Verschraubung angreifenden Belastung. Wenn bei kombinierter Belastung (Längs- und Querkräfte $F_{Amax} < F_{Qmax} / \mu_{Tmin}$ gilt, dann ist nur F_{Qmax} zu verwenden.

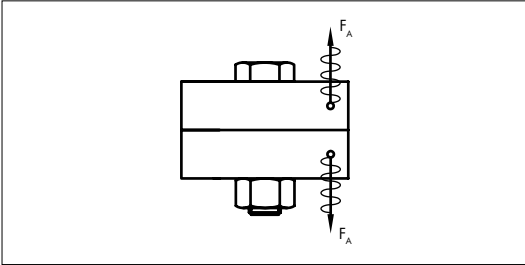
B Die erforderliche Mindestvorspannkraft F_{Mmin} ergibt sich, indem man von dieser Zahl um folgende Schritte weitergeht:

B1 Wenn mit F_{Qmax} zu entwerfen ist: Vier Schritte für statische oder dynamische Querkraft



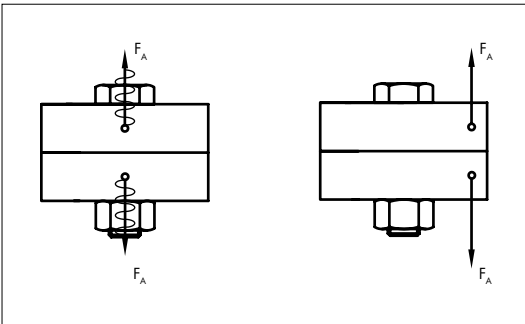
B2 Wenn mit F_{Amax} zu entwerfen ist: Zwei Schritte für dynamische und exzentrisch angreifende Axialkraft

oder



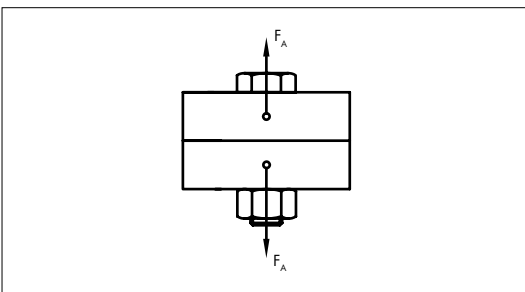
oder

Ein Schritt für dynamische und zentrisch oder statisch und exzentrisch angreifende Axialkraft



oder

Keine Schritte für statisch und zentrisch angreifende Axialkraft



C Die zu ertragende maximale Vorspannkraft F_{Mmax} ergibt sich, indem man von dieser Kraft F_{Mmin} weitergeht um:
Zwei Schritte für Anziehen der Schraube mit einfachem Drehschrauber, der über Nachziehmoment eingestellt wird

oder

Ein Schritt für Anziehen mit Drehmomentschlüssel oder Präzisionsschrauber, der mittels dynamischer Drehmomentmessung oder Längungsmessung der Schraube eingestellt wird

oder

Keine Schritte für Anziehen über Winkelkontrolle in den überelastischen Bereich oder mittels Streckgrenzkontrolle durch Computersteuerung

D Neben der gefundenen Zahl steht in Spalte 2 bis 4 die erforderliche Schraubenabmessung in mm für die gewählte Festigkeitsklasse der Schraube.

Beispiel:

Eine Verbindung wird dynamisch und exzentrisch durch eine axiale Kraft von 9.000 N (F_A) beaufschlagt. Die Festigkeitsklasse wurde zuvor schon mit FKL 10.9 festgelegt.

Die Montage erfolgt mit einem Drehmomentschlüssel. A 10.000 N ist die nächst größere Kraft in Spalte 1 für die Kraft F_A

B weitere zwei Schritte aufgrund exzentrisch und dynamisch wirkender Axialkraft

Ablesung: 25.000 N ($= F_{Mmin}$)

C ein weiterer Schritt weiter aufgrund des Anziehverfahrens mittels Drehmomentschlüssel

Ablesung: 40.000 N ($= F_{Mmax}$)

D Jetzt liest man für diese Kraft in Spalte 3 für FKL. 10.9 die Schraubengröße M12 ab.

6.2 Wahl des Anziehverfahrens und der Verfahrensdurchführung

Anziehfaktor α_A (Berücksichtigung der Anziehsicherheit)

Alle Anziehverfahren sind mehr oder weniger genau. Verursacht wird dies durch:

- den großen Streubereich der tatsächlich bei der Montage auftretenden Reibung (Reibungszahlen können für die Berechnung nur grob geschätzt werden)
- Unterschiede bei der Manipulation mit dem Drehmomentschlüssel (z.B. schnelles oder langsames Anziehen der Schraube)

Je nach dem, wie die oben erwähnten Einflüsse kontrolliert werden können, muss der Anziehungsfaktor α_A gewählt werden.

Eine Ermittlung erfolgt somit unter Beachtung der Anzieh- und Einstellverfahren sowie gegebenenfalls der Reibungszahlklassen gemäß unten aufgeführter Tabelle.

Richtwerte für den Anziehungsfaktor α_A

Anziehungsfaktor α_A	Streuung	Anziehverfahren	Einstellverfahren	Bemerkung	
1,05 bis 1,2	$\pm 2\%$ bis $\pm 10\%$	Längungsgesteuertes Anziehen mit Ultraschall	Schalllaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> • Kalibrierwerte erforderlich • bei $l_k/d < 2$ progressive Fehlerzunahme zu beachten. • kleinerer Fehler bei direkter mechanischer Ankopplung, größerer bei indirekter Ankopplung 	
1,1 bis 1,5	$\pm 5\%$ bis $\pm 20\%$	Mechanische Längenmessung	Einstellung über Längungsmessung	<ul style="list-style-type: none"> • Notwendig ist die genaue Ermittlung der axialen elastischen Nachgiebigkeit der Schraube. Die Streuung ist wesentlich abhängig von der Genauigkeit des Messverfahrens. • bei $l_k/d < 2$ progressive Fehlerzunahme zu beachten 	
1,2 bis 1,4	$\pm 9\%$ bis $\pm 17\%$	Streckgrenzgesteuertes Anziehen, motorisch oder manuell	Vorgabe des relativen Drehmoment-Drehwinkel-Koeffizienten	Die Vorspannkraftstreuung wird wesentlich bestimmt durch die Streuung der Streckgrenze im verbauten Schraubenlos. Die Schrauben werden hier für F_{Mmin} dimensioniert. Eine Auslegung der Schrauben für F_{Mmax} mit dem Anziehungsfaktor α_A entfällt deshalb für diese Anziehungsmethoden.	
1,2 bis 1,4	$\pm 9\%$ bis $\pm 17\%$	Drehwinkelgesteuertes Anziehen motorisch oder manuell	Versuchsmäßige Bestimmung von Voranziehmoment und Drehwinkel (Stufen)	Die Vorspannkraftstreuung wird wesentlich bestimmt durch die Streuung der Streckgrenze im verbauten Schraubenlos. Die Schrauben werden hier für F_{Mmin} dimensioniert. Eine Auslegung der Schrauben für F_{Mmax} mit dem Anziehungsfaktor α_A entfällt deshalb für diese Anziehungsmethoden.	
1,2 bis 1,6	$\pm 9\%$ bis $\pm 23\%$	Hydraulisches Anziehen	Einstellung über Längen- bzw. Druckmessung	<ul style="list-style-type: none"> • niedrigere Werte für lange Schrauben ($l_k/d \geq 5$) • höhere Werte für kurze Schrauben ($l_k/d \leq 2$) 	
1,4 bis 1,6	$\pm 17\%$ bis $\pm 23\%$	Drehmomentgesteuertes Anziehen mit Drehmomentschlüssel, Signal gebendem Schlüssel oder Drehschrauber mit dynamischer Drehmomentmessung	Versuchsmäßige Bestimmung der Sollanziehmomente am Originalverschraubungsteil, z.B. durch Längungsmessung der Schraube	Niedrigere Werte: große Zahl von Einstell- bzw. Kontrollversuchen (z.B. 20) erforderlich. Geringe Streuung des abgegebenen Momentes (z.B. $\pm 5\%$) nötig.	Niedrigere Werte für: Kleine Drehwinkel, d.h. relativ steife Verbindungen Relativ geringe Härte der Gegenlage Gegenlagen, die nicht zum „Fressen“ neigen, z.B. phosphatiert oder bei ausreichender Schmierung. Höhere Werte für: Große Drehwinkel, d.h. relativ nachgiebige Verbindungen sowie Feingewinde große Härte der Gegenlage, verbunden mit rauer Oberfläche.
1,6 bis 2,0 (Reibungszahl-Klasse B)	$\pm 23\%$ bis $\pm 33\%$	Drehmomentgesteuertes Anziehen mit Drehmomentschlüssel, Signal gebendem Schlüssel oder Drehschrauber mit dynamischer Drehmomentmessung	Bestimmung des Sollanziehmomentes durch Schätzen der Reibungszahl (Oberflächen- und Schmierverhältnisse)	Niedrigere Werte für: messende Drehmomentschlüssel bei gleichmäßigem Anziehen und für Präzisionsdrehschrauber Höhere Werte für: Signal gebende oder ausknickende Drehmomentschlüssel	Niedrigere Werte für: Kleine Drehwinkel, d.h. relativ steife Verbindungen Relativ geringe Härte der Gegenlage Gegenlagen, die nicht zum „Fressen“ neigen, z.B. phosphatiert oder bei ausreichender Schmierung. Höhere Werte für: Große Drehwinkel, d.h. relativ nachgiebige Verbindungen sowie Feingewinde große Härte der Gegenlage, verbunden mit rauer Oberfläche.
1,7 bis 2,5 (Reibungszahl-Klasse A)	$\pm 26\%$ bis $\pm 43\%$	Drehmomentgesteuertes Anziehen mit Drehmomentschlüssel, Signal gebendem Schlüssel oder Drehschrauber mit dynamischer Drehmomentmessung	Bestimmung des Sollanziehmomentes durch Schätzen der Reibungszahl (Oberflächen- und Schmierverhältnisse)	Niedrigere Werte für: messende Drehmomentschlüssel bei gleichmäßigem Anziehen und für Präzisionsdrehschrauber Höhere Werte für: Signal gebende oder ausknickende Drehmomentschlüssel	Niedrigere Werte für: Kleine Drehwinkel, d.h. relativ steife Verbindungen Relativ geringe Härte der Gegenlage Gegenlagen, die nicht zum „Fressen“ neigen, z.B. phosphatiert oder bei ausreichender Schmierung. Höhere Werte für: Große Drehwinkel, d.h. relativ nachgiebige Verbindungen sowie Feingewinde große Härte der Gegenlage, verbunden mit rauer Oberfläche.
2,5 bis 4	$\pm 43\%$ bis $\pm 60\%$	Anziehen mit Schlag-schrauber oder Impulsschrauber	Einstellen des Schraubers über Nachziehmoment, das aus Sollanziehmoment (für die geschätzte Reibungszahl) und einem Zuschlag gebildet wird.	Niedrigere Werte für: <ul style="list-style-type: none"> • große Zahl von Einstellversuchen (Nachziehmoment) • auf horizontalem Ast der Schraubercharakteristik • spielfreie Impulsübertragung 	

Tab. 2

Je nach Oberflächen- und Schmierzustand der Schrauben- oder Mutternaufgabe muss eine unterschiedliche Reibungszahl „ μ “ gewählt werden. Bei der Vielzahl von Oberflächen und Schmierzuständen ist es oftmals schwierig, die korrekte Reibungszahl festzustellen. Ist die Reibungszahl nicht exakt bekannt, ist mit der kleinsten anzunehmenden Reibungszahl zu rechnen, damit die Schraube nicht überbelastet wird.

6.3 Zuordnung von Reibungszahlklassen mit Richtwerten zu verschiedenen Werkstoffen/ Oberflächen und Schmierzuständen bei Schraubenverbindungen (nach VDI 2230)

Reibungszahlklasse	Bereich für μ_e und μ_k	Auswahl typischer Beispiele für	
		Werkstoff/Oberfläche	Schmierstoffe
A	0,04 bis 0,10	metallisch blank vergütungsschwarz phosphatiert galv. Überzüge wie Zn, Zn/Fe, Zn/Ni Zink-Lamellen-Überzüge	Festschmierstoffe wie MoS ₂ , Graphit, PTFE, PA, PE, Plin Gleitlacken, als Top-Coats oder in Pasten; Wachsschmelzen; Wachsdispersionen
B	0,08 bis 0,16	metallisch blank vergütungsschwarz phosphatiert galv. Überzüge wie Zn, Zn/Fe, Zn/Ni Zinklamellenüberzüge Al- und Mg-Legierungen	Festschmierstoffe wie MoS ₂ , Graphit, PTFE, PA, PE, Plin Gleitlacken, als Top-Coats oder in Pasten; Wachsschmelzen; Wachsdispersionen; Fette, Öle, Anlieferzustand
		feuerverzinkt	MoS ₂ ; Graphit; Wachsdispersionen
		organische Beschichtung	mit integriertem Festschmierstoff oder Wachsdispersion
		austenitischer Stahl	Festschmierstoffe, Wachse, Pasten
C	0,14 bis 0,24	austenitischer Stahl	Wachsdispersionen, Pasten
		metallisch blank, phosphatiert	Anlieferungszustand (leicht geölt)
		galv. Überzüge wie Zn, Zn/Fe, Zn/Ni Zinklamellenüberzüge Klebstoff	ohne
D	0,20 bis 0,35	austenitischer Stahl	Öl
		galv. Überzüge wie Zn, Zn/Fe feuerverzinkt	ohne
E	$\geq 0,30$	galv. Überzüge wie Zn/Fe, Zn/Ni austenitischer Stahl, Al-, Mg-Legierungen	ohne

Tab. 3

Es sollte die Reibungszahlklasse B angestrebt werden, damit eine möglichst hohe Vorspannkraft bei gleichzeitiger geringer Streuung aufgebracht werden kann. (Die Tabelle gilt für Raumtemperatur)

6.4 Montagevorspannkraft $F_{M,Tab}$ und Anziehdrehmomente M_A bei 90%iger Ausnutzung der Schraubenstreckgrenze R_{el} bzw. 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ für **Schaftschrauben mit metrischem Regelgewinde nach DIN ISO 262; Kopfabmessungen von Sechskantschrauben nach DIN EN ISO 4014 bis 4018, Schrauben mit Aussensechsrund nach DIN 34800 bzw. Zylinderschrauben nach DIN EN ISO 4762 und Bohrung „mittel“ nach DIN EN 20 273 (nach VDI 2230)**

Regelgewinde

Abm.	Fest-Klasse	Montagevorspannkraft F _{M,Tab} in kN für $\mu_G =$							Anziehdrehmomente M _A in Nm für $\mu_K = \mu_G =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M4	8.8	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	3,9	3,7	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,1	4,5
	10.9	6,8	6,7	6,5	6,3	6,1	5,7	5,4	3,3	3,9	4,6	4,8	5,3	6,0	6,6
	12.9	8,0	7,8	7,6	7,4	7,1	6,7	6,3	3,9	4,5	5,1	5,6	6,2	7,0	7,8
M5	8.8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,4	6,0	4,4	5,2	5,9	6,5	7,1	8,1	9,0
	10.9	11,1	10,8	10,6	10,3	10,0	9,4	8,8	6,5	7,6	8,6	9,5	10,4	11,9	13,2
	12.9	13,0	12,7	12,4	12,0	11,7	11,0	10,3	7,6	8,9	10,0	11,2	12,2	14,0	15,5
M6	8.8	10,7	10,4	10,2	9,9	9,6	9,0	8,4	7,7	9,0	10,1	11,3	12,3	14,1	15,6
	10.9	15,7	15,3	14,9	14,5	14,1	13,2	12,4	11,3	13,2	14,9	16,5	18,0	20,7	22,9
	12.9	18,4	17,9	17,5	17,0	16,5	15,5	14,5	13,2	15,4	17,4	19,3	21,1	24,2	26,8
M7	8.8	15,5	15,1	14,8	14,4	14,0	13,1	12,3	12,6	14,8	16,8	18,7	20,5	23,6	26,2
	10.9	22,7	22,5	21,7	21,1	20,5	19,3	18,1	18,5	21,7	24,7	27,5	30,1	34,7	38,5
	12.9	26,6	26,0	25,4	24,7	24,0	22,6	21,2	21,6	25,4	28,9	32,2	35,2	40,6	45,1
M8	8.8	19,5	19,1	18,6	18,1	17,6	16,5	15,5	18,5	21,6	24,6	27,3	29,8	34,3	38,0
	10.9	28,7	28,0	27,3	26,6	25,8	24,3	22,7	27,2	31,8	36,1	40,1	43,8	50,3	55,8
	12.9	33,6	32,8	32,0	31,1	30,2	28,4	26,6	31,8	37,2	42,2	46,9	51,2	58,9	65,3
M10	8.8	31,0	30,3	29,6	28,8	27,9	26,3	24,7	36	43	48	54	59	68	75
	10.9	45,6	44,5	43,4	42,2	41,0	38,6	36,2	53	63	71	79	87	100	110
	12.9	53,3	52,1	50,8	49,4	48,0	45,2	42,4	62	73	83	93	101	116	129
M12	8.8	45,2	44,1	43,0	41,9	40,7	38,3	35,9	63	73	84	93	102	117	130
	10.9	66,3	64,8	63,2	61,5	59,8	56,3	52,8	92	108	123	137	149	172	191
	12.9	77,6	75,9	74,0	72,0	70,0	65,8	61,8	108	126	144	160	175	201	223
M14	8.8	62,0	60,6	59,1	57,5	55,9	52,6	49,3	100	117	133	148	162	187	207
	10.9	91,0	88,9	86,7	84,4	82,1	77,2	72,5	146	172	195	218	238	274	304
	12.9	106,5	104,1	101,5	98,8	96,0	90,4	84,8	171	201	229	255	279	321	356
M16	8.8	84,7	82,9	80,9	78,8	76,6	72,2	67,8	153	180	206	230	252	291	325
	10.9	124,4	121,7	118,8	115,7	112,6	106,1	99,6	224	264	302	338	370	428	477
	12.9	145,5	142,4	139,0	135,4	131,7	124,1	116,6	262	309	354	395	433	501	558
M18	8.8	107	104	102	99	96	91	85	220	259	295	329	360	415	462
	10.9	152	149	145	141	137	129	121	314	369	421	469	513	592	657
	12.9	178	174	170	165	160	151	142	367	432	492	549	601	692	769
M20	8.8	136	134	130	127	123	116	109	308	363	415	464	509	588	655
	10.9	194	190	186	181	176	166	156	438	517	592	661	725	838	933
	12.9	227	223	217	212	206	194	182	513	605	692	773	848	980	1.092
M22	8.8	170	166	162	158	154	145	137	417	495	567	634	697	808	901
	10.9	242	237	231	225	219	207	194	595	704	807	904	993	1.151	1.284
	12.9	283	277	271	264	257	242	228	696	824	945	1.057	1.162	1.347	1.502
M24	8.8	196	192	188	183	178	168	157	529	625	714	798	875	1.011	1.126
	10.9	280	274	267	260	253	239	224	754	890	1.017	1.136	1.246	1.440	1.604
	12.9	327	320	313	305	296	279	262	882	1.041	1.190	1.329	1.458	1.685	1.877
M27	8.8	257	252	246	240	234	220	207	772	915	1.050	1.176	1.292	1.498	1.672
	10.9	367	359	351	342	333	314	295	1.100	1.304	1.496	1.674	1.840	2.134	2.381
	12.9	429	420	410	400	389	367	345	1.287	1.526	1.750	1.959	2.153	2.497	2.787
M30	8.8	313	307	300	292	284	268	252	1.053	1.246	1.428	1.597	1.754	2.031	2.265
	10.9	446	437	427	416	405	382	359	1.500	1.775	2.033	2.274	2.498	2.893	3.226
	12.9	522	511	499	487	474	447	420	1.755	2.077	2.380	2.662	2.923	3.386	3.775
M33	8.8	389	381	373	363	354	334	314	1.415	1.679	1.928	2.161	2.377	2.759	3.081
	10.9	554	543	531	517	504	475	447	2.015	2.322	2.747	3.078	3.385	3.930	4.388
	12.9	649	635	621	605	589	556	523	2.358	2.799	3.214	3.601	3.961	4.598	5.135
M36	8.8	458	448	438	427	415	392	368	1.825	2.164	2.482	2.778	3.054	3.541	3.951
	10.9	652	638	623	608	591	558	524	2.600	3.082	3.535	3.957	4.349	5.043	5.627
	12.9	763	747	729	711	692	653	614	3.042	3.607	4.136	4.631	5.089	5.902	6.585
M39	8.8	548	537	525	512	498	470	443	2.348	2.791	3.208	3.597	3.958	4.598	5.137
	10.9	781	765	748	729	710	670	630	3.345	3.975	4.569	5.123	5.637	6.549	7.317
	12.9	914	895	875	853	831	784	738	3.914	4.652	5.346	5.994	6.596	7.664	8.562

Tab. 5

Montagevorspannkkräfte $F_{M,Tab}$ und Anziehdrehmomente M_A bei 90%iger Ausnutzung der Schraubenstreckgrenze R_{el} bzw. 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ für **Schaftschrauben** mit **metrischem Feingewinde** nach DIN ISO 262; Kopfabmessungen von Sechskantschrauben nach DIN EN ISO 4014 bis 4018, Schrauben mit Aussensechsrund nach DIN 34800 bzw. Zylinderschrauben nach DIN EN ISO 4762 und Bohrung „mittel“ nach DIN EN 20 273 (nach VDI 2230)

Feingewinde

Abm.	Fest-Klasse	Montagevorspannkkräfte $F_{M,Tab}$ in kN für $\mu_g =$							Anziehdrehmomente M_A in Nm für $\mu_k = \mu_g =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M8 x 1	8.8	21,2	20,7	20,2	19,7	19,2	18,1	17,0	19,3	22,8	26,1	29,2	32,0	37,0	41,2
	10.9	31,1	30,4	29,7	28,9	28,1	26,5	24,9	28,4	33,5	38,3	42,8	47,0	54,3	60,5
	12.9	36,4	35,6	34,7	33,9	32,9	31,0	29,1	33,2	39,2	44,9	50,1	55,0	63,6	70,8
M9 x 1	8.8	27,7	27,2	26,5	25,9	25,2	23,7	22,3	28,0	33,2	38,1	42,6	46,9	54,4	60,7
	10.9	40,7	39,9	39,0	38,0	37,0	34,9	32,8	41,1	48,8	55,9	62,6	68,8	79,8	89,1
	12.9	47,7	46,7	45,6	44,4	43,3	40,8	38,4	48,1	57,0	65,4	73,3	80,6	93,4	104,3
M10 x 1	8.8	35,2	34,5	33,7	32,9	32,0	30,2	28,4	39	46	53	60	66	76	85
	10.9	51,7	50,6	49,5	48,3	47,0	44,4	41,7	57	68	78	88	97	112	125
	12.9	60,4	59,2	57,9	56,5	55,0	51,9	48,8	67	80	91	103	113	131	147
M10 x 1,25	8.8	33,1	32,4	31,6	30,8	29,9	28,2	26,5	38	44	51	57	62	72	80
	10.9	48,6	47,5	46,4	45,2	44,0	41,4	38,9	55	65	75	85	92	106	118
	12.9	56,8	55,6	54,3	52,9	51,4	48,5	45,5	65	76	87	98	107	124	138
M12 x 1,25	8.8	50,1	49,1	48,0	46,8	45,6	43,0	40,4	66	79	90	101	111	129	145
	10.9	73,6	72,1	70,5	68,7	66,9	63,2	59,4	97	116	133	149	164	190	212
	12.9	86,2	84,4	82,5	80,4	78,3	73,9	69,5	114	135	155	174	192	222	249
M12 x 1,5	8.8	47,6	46,6	45,5	44,3	43,1	40,6	38,2	64	76	87	97	107	123	137
	10.9	70,0	68,5	66,8	65,1	63,3	59,7	56,0	95	112	128	143	157	181	202
	12.9	81,9	80,1	78,2	76,2	74,1	69,8	65,6	111	131	150	167	183	212	236
M14 x 1,5	8.8	67,8	66,4	64,8	63,2	61,5	58,1	45,6	104	124	142	159	175	203	227
	10.9	99,5	97,5	95,2	92,9	90,4	85,3	80,2	153	182	209	234	257	299	333
	12.9	116,5	114,1	111,4	108,7	105,8	99,8	93,9	179	213	244	274	301	349	390
M16 x 1,5	8.8	91,4	89,6	87,6	85,5	83,2	78,6	74,0	159	189	218	244	269	314	351
	10.9	134,2	131,6	128,7	125,5	122,3	115,5	108,7	233	278	320	359	396	461	515
	12.9	157,1	154,0	150,6	146,9	143,1	135,1	127,2	273	325	374	420	463	539	603
M18 x 1,5	8.8	122	120	117	115	112	105	99	237	283	327	368	406	473	530
	10.9	174	171	167	163	159	150	141	337	403	465	523	578	674	755
	12.9	204	200	196	191	186	176	166	394	472	544	613	676	789	884
M18 x 2	8.8	114	112	109	107	104	98	92	229	271	311	348	383	444	495
	10.9	163	160	156	152	148	139	131	326	386	443	496	545	632	706
	12.9	191	187	182	178	173	163	153	381	452	519	581	638	740	826
M20 x 1,5	8.8	154	151	148	144	141	133	125	327	392	454	511	565	660	741
	10.9	219	215	211	206	200	190	179	466	558	646	728	804	940	1.055
	12.9	257	252	246	241	234	222	209	545	653	756	852	941	1.100	1.234
M22 x 1,5	8.8	189	186	182	178	173	164	154	440	529	613	692	765	896	1.006
	10.9	269	264	259	253	247	233	220	627	754	873	985	1.090	1.276	1.433
	12.9	315	309	303	296	289	273	257	734	882	1.022	1.153	1.275	1.493	1.677
M24 x 1,5	8.8	228	224	219	214	209	198	187	570	686	796	899	995	1.166	1.311
	10.9	325	319	312	305	298	282	266	811	977	1.133	1.280	1.417	1.661	1.867
	12.9	380	373	366	357	347	330	311	949	1.143	1.326	1.498	1.658	1.943	2.185
M24 x 2	8.8	217	213	209	204	198	187	177	557	666	769	865	955	1.114	1.248
	10.9	310	304	297	290	282	267	251	793	949	1.095	1.232	1.360	1.586	1.777
	12.9	362	355	348	339	331	312	294	928	1.110	1.282	1.442	1.591	1.856	2.080
M27 x 1,5	8.8	293	288	282	276	269	255	240	822	992	1.153	1.304	1.445	1.697	1.910
	10.9	418	410	402	393	383	363	342	1.171	1.413	1.643	1.858	2.059	2.417	2.720
	12.9	489	480	470	460	448	425	401	1.370	1.654	1.922	2.174	2.409	2.828	3.183

Abm.	Fest.-Klasse	Montagevorspannkkräfte $F_{M,Tab}$ in kN für $\mu_c =$							Anziehdrehmomente M_A in Nm für $\mu_k = \mu_c =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M27 x 2	8.8	281	276	270	264	257	243	229	806	967	1.119	1.262	1.394	1.630	1.829
	10.9	400	393	384	375	366	346	326	1.149	1.378	1.594	1.797	1.986	2.322	2.605
	12.9	468	460	450	439	428	405	382	1.344	1.612	1.866	2.103	2.324	2.717	3.049
M30 x 2	8.8	353	347	339	331	323	306	288	1.116	1.343	1.556	1.756	1.943	2.276	2.557
	10.9	503	494	483	472	460	436	411	1.590	1.912	2.216	2.502	2.767	3.241	3.641
	12.9	588	578	565	552	539	510	481	1.861	2.238	2.594	2.927	3.238	3.793	4.261
M33 x 2	8.8	433	425	416	407	397	376	354	1.489	1.794	2.082	2.352	2.605	3.054	3.435
	10.9	617	606	593	580	565	535	505	2.120	2.555	2.965	3.350	3.710	4.350	4.892
	12.9	722	709	694	678	662	626	591	2.481	2.989	3.470	3.921	4.341	5.090	5.725
M36 x 2	8.8	521	512	502	490	478	453	427	1.943	2.345	2.725	3.082	3.415	4.010	4.513
	10.9	742	729	714	698	681	645	609	2.767	3.340	3.882	4.390	4.864	5.711	6.428
	12.9	869	853	836	817	797	755	712	3.238	3.908	4.542	5.137	5.692	6.683	7.522
M39 x 2	8.8	618	607	595	581	567	537	507	2.483	3.002	3.493	3.953	4.383	5.151	5.801
	10.9	880	864	847	828	808	765	722	3.537	4.276	4.974	5.631	6.243	7.336	8.263
	12.9	1.030	1.011	991	969	945	896	845	4.139	5.003	5.821	6.589	7.306	8.585	9.669

Tab. 6

6.5 Anziehdrehmoment und Vorspannkraft von

- Sicherungsschrauben mit Muttern
- Flanschschrauben mit Muttern

Bei einer 90%iger Ausnutzung der Schraubenstreckgrenze R_{el} bzw. 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ (nach Herstellerangaben)

	Gegenwerkstoff	Vorspannkkräfte $F_{V,max}$ (N)							Anziehdrehmoment M_A (Nm)						
		M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Rippschrauben-Festigkeitsklasse 100 und Muttern Festigkeitsklasse 10	Stahl $R_m < 800$ MPa	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	11	19	42	85	130	230	330
	Stahl $R_m = 800 - 1.100$ MPa	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	10	18	37	80	120	215	310
	Grauguss	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	9	16	35	75	115	200	300

Richtwerte

6.6 Anhaltswerte für Anziehdrehmomente für austenitische Schrauben nach DIN EN ISO 3506

Das für den einzelnen Verschraubungsfall benötigte Anziehdrehmoment in Abhängigkeit vom Nenndurchmesser, Reibungszahl und der Festigkeitsklasse (FK) ist aus untenstehenden Tabellen als Anhaltswert zu entnehmen.

Reibungszahl μ_{ges} 0,10

	Vorspannkkräfte $F_{Vmax.}$ [KN]			Anziehdrehmoment M_A [Nm]		
	FK 50	FK 70	FK 80	FK 50	FK 70	FK 80
M3	0,90	1,00	1,20	0,85	1,00	1,30
M4	1,08	2,97	3,96	0,80	1,70	2,30
M5	2,26	4,85	6,47	1,60	3,40	4,60
M6	3,2	6,85	9,13	2,80	5,90	8,00
M8	5,86	12,6	16,7	6,80	14,5	19,3
M10	9,32	20,0	26,6	13,7	30,0	39,4
M12	13,6	29,1	38,8	23,6	50,0	67,0
M14	18,7	40,0	53,3	37,1	79,0	106,0
M16	25,7	55,0	73,3	56,0	121,0	161,0
M18	32,2	69,0	92,0	81,0	174,0	232,0
M20	41,3	88,6	118,1	114,0	224,0	325,0
M22	50,0	107,0	143,0	148,0	318,0	424,0
M24	58,0	142,0	165,0	187,0	400,0	534,0
M27	75,0			275,0		
M30	91,0			374,0		
M33	114,0			506,0		
M36	135,0			651,0		
M39	162,0			842,0		

Reibungszahl μ_{ges} 0,20

	Vorspannkkräfte $F_{Vmax.}$ [KN]			Anziehdrehmoment M_A [Nm]		
	FK 50	FK 70	FK 80	FK 50	FK 70	FK 80
M3	0,60	0,65	0,95	1,00	1,10	1,60
M4	1,12	2,40	3,20	1,30	2,60	3,50
M5	1,83	3,93	5,24	2,40	5,10	6,90
M6	2,59	5,54	7,39	4,10	8,80	11,8
M8	4,75	10,2	13,6	10,1	21,4	28,7
M10	7,58	16,2	21,7	20,3	44,0	58,0
M12	11,1	23,7	31,6	34,8	74,0	100,0
M14	15,2	32,6	43,4	56,0	119,0	159,0
M16	20,9	44,9	59,8	86,0	183,0	245,0
M18	26,2	56,2	74,9	122,0	260,0	346,0
M20	33,8	72,4	96,5	173,0	370,0	494,0
M22	41,0	88,0	118,0	227,0	488,0	650,0
M24	47,0	101,0	135,0	284,0	608,0	810,0
M27	61,0			421,0		
M30	75,0			571,0		
M33	94,0			779,0		
M36	110,0			998,0		
M39	133,0			1.300		

Reibungszahl μ_{ges} 0,30

	Vorspannkkräfte $F_{Vmax.}$ [KN]			Anziehdrehmoment M_A [Nm]		
	FK 50	FK 70	FK 80	FK 50	FK 70	FK 80
M3	0,40	0,45	0,70	1,25	1,35	1,85
M4	0,90	1,94	2,59	1,50	3,00	4,10
M5	1,49	3,19	4,25	2,80	6,10	8,00
M6	2,09	4,49	5,98	4,80	10,4	13,9
M8	3,85	8,85	11,0	11,9	25,5	33,9
M10	6,14	13,1	17,5	24,0	51,0	69,0
M12	9,00	19,2	25,6	41,0	88,0	117,0
M14	12,3	26,4	35,2	66,0	141,0	188,0
M16	17,0	36,4	48,6	102,0	218,0	291,0
M18	21,1	45,5	60,7	144,0	308,0	411,0
M20	27,4	58,7	78,3	205,0	439,0	586,0
M22	34,0	72,0	96,0	272,0	582,0	776,0
M24	39,0	83,0	110,0	338,0	724,0	966,0
M27	50,0			503,0		
M30	61,0			680,0		
M33	76,0			929,0		
M36	89,0			1.189		
M39	108,0			1.553		

Tab. 8

6.7 Ein Beispiel für den Umgang mit den Tabellen der Vorspannkkräfte und Anziehdrehmomente!

Folgende Vorgehensweise:

A) Festlegung der Gesamtreibungszahl $\mu_{\text{ges.}}$:

Je nach Oberflächen- und Schmierzustand der Schrauben bzw. Muttern, muss mit unterschiedlichen Reibungszahlen „ μ “ gerechnet werden. Die Auswahl erfolgt nach Tabelle 3 Kapitel 6.

Beispiel:

Wahl für die Schraube und Mutter mit Oberflächenzustand galvanisch verzinkt transparent passiviert, ohne Schmiermittel:

$$\mu_{\text{ges.}} = 0,14$$

(Hinweis: für die Dimensionierung der Schraube ist mit dem kleinsten zu erwartenden Reibwert zu rechnen, damit keine Überbelastung der Schraube entstehen kann)

B) Anziehmoment M_A max.

Das maximale Anziehmoment liegt bei einer 90%-igen Ausnutzung der 0,2%-Dehngrenze ($R_{p0,2}$) bzw. der Streckgrenze (R_{e1}).

Beispiel:

Sechskantschraube DIN 933, M12 x 50, Festigkeitsklasse 8.8, verzinkt, blau passiviert:

Suchen Sie in Tabelle 5 Kapitel 6 in der Spalte für $\mu_G = 0,14$ die Zeile für M12 mit der Festigkeitsklasse 8.8 Entnehmen Sie aus dem Bereich „Anziehdrehmoment M_A [Nm]“ den gewünschten Wert.

$$M_{A \text{ max}} = 93 \text{ Nm}$$

C) Anziehungsfaktor α_A

(Berücksichtigung der Anziehsicherheit)

Alle Anziehverfahren sind mehr oder weniger genau, verursacht wird dies durch:

- den großen Streubereich der tatsächlich bei der Montage auftretenden Reibung
(Wenn Reibungszahlen für die Berechnung nur geschätzt werden können)

- Unterschiede bei der Manipulation mit dem Drehmomentschlüssel
(z.B. schnelles oder langsames Anziehen der Schraube)
- die Streuung des Drehmomentschlüssels selbst.

Je nach dem, wie die oben erwähnten Einflüsse kontrolliert werden können, muss der Anziehungsfaktor α_A gewählt werden.

Beispiel:

Wird mit einem handelsüblichen Drehmomentschlüssel mit elektronischer Anzeige angezogen, muss mit einem Anziehungsfaktor

$$\alpha_A = 1,4 - 1,6 \text{ gerechnet werden.}$$

Gewählt wird:

$$\alpha_A = 1,4 \text{ (Siehe Tabelle 2 Kapitel 6 „Richtwerte für den Anziehungsfaktor ...“)}$$

D) Vorspannkraft $F_{V \text{ min}}$

Beispiel:

Entnehmen Sie aus Tabelle 5 Kapitel 6 in Spalte $\mu_G = 0,14$ und der Zeile M12 und Festigkeitsklasse 8.8 im Bereich „Montagevorspannkkräfte“ den Wert für die maximale Vorspannkraft

$$F_{V \text{ max}} = 41,9 \text{ KN}$$

Die Mindestvorspannkraft $F_{V \text{ min}}$ erhält man, indem man $F_{V \text{ max}}$ durch den Anziehungsfaktor α_A dividiert.

$$\text{Vorspannkraft } F_{V \text{ min}} = \frac{41,9 \text{ KN}}{1,4}$$

$$F_{V \text{ min}} = 29,92 \text{ KN}$$

E) Ergebnis-Kontrolle

Folgende Fragen sollten Sie sich stellen!

- Reicht die Restklemmkraft aus?
- Reicht die minimal zu erwartende Vorspannkraft $F_{V \text{ min}}$ für die in der Praxis auftretenden Maximalkräfte aus?

6.8 Paarung verschiedener Elemente/Kontaktkorrosion

Zur Vermeidung von Kontaktkorrosion gilt die Regel:

Verbindungselemente müssen im jeweiligen Anwendungsfall mindestens die gleiche Korrosionsbeständigkeit aufweisen wie die zu verbindenden Teile. Falls keine gleichwertigen Verbindungselemente gewählt werden können, müssen sie höherwertiger sein als die zu verbindenden Teile.

Paarung verschiedener Verbindungselemente-/Bauteilewerkstoffe hinsichtlich Kontaktkorrosion

Werkstoff/Oberfläche der Bauteile*	Edelstahl A2/A4	Aluminium	Kupfer	Messing	Stahl, vz., schwarz pass.	Stahl, vz., gelb chrom.	Stahl, vz., blau pass.	Stahl, blank
Werkstoff/Oberfläche des Verbindungselements								
Edelstahl A2/A4	+++	+++	++	++	++	++	++	++
Aluminium	++	+++	++	++	+	+	+	+
Kupfer	+	+	+++	++	+	+	+	+
Messing	+	+	++	+++	+	+	+	+
Stahl, vz., schwarz passiviert	-	-	-	-	+++	++	++	+
Stahl, vz., gelb chromatiert	--	--	--	--	+	+++	++	+
Stahl, vz., blau passiviert	--	--	--	--	+	+	+++	+
Stahl, blank	---	---	---	---	--	--	--	+++

+++ Paarung sehr empfehlenswert
 ++ Paarung empfehlenswert
 + Paarung mäßig empfehlenswert
 - Paarung wenig empfehlenswert
 -- Paarung nicht empfehlenswert
 --- Paarung unter keinen Umständen empfehlenswert
 * Diese Annahme gilt bei einem Flächenverhältnis (Bauteilverhältnis von Verbindungselement zu verbindendem Teil zwischen 1:10 und 1:40

Tabelle 9

6.9 Statische Scherkräfte für Spannstiftverbindungen

Spannstifte (Spannhülsen) schwere Ausführung nach ISO 8752 (DIN 1481)

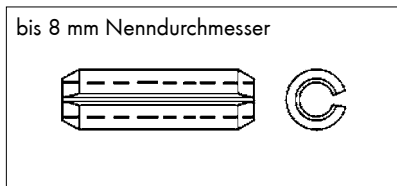


Abb. AU

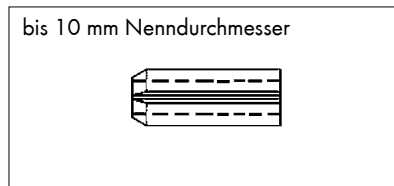


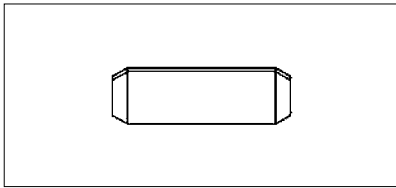
Abb. AV

Werkstoff:
Federstahl vergütet
auf 420 bis 560 HV

Nenndurchmesser [mm]	1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 6 8 10 12 13 14 16 18 20																		
	Abscherkraft min. [kN]	einschnittig	0,35	0,79	1,41	2,19	3,16	4,53	5,62	7,68	8,77	13	21,3	35	52	57,5	72,3	85,5	111,2
	zweischneittig	0,7	1,58	2,82	4,38	6,32	9,06	11,2	15,4	17,5	26	42,7	70,1	104,1	115,1	144,1	171	222,5	280,6

Tab. 10

Spiral-Spannstifte, Regelausführung nach ISO 8750 (DIN 7343)



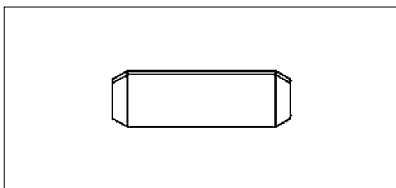
Werkstoff:
Federstahl vergütet
auf 420 bis 520 HV

Abb. AW

Nenndurchmesser [mm]		0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	16
Abscherkraft min. [kN]	einschnittig	0,21	0,3	0,45	0,73	1,29	1,94	2,76	3,77	4,93	7,64	11,05	19,6	31,12	44,85	61,62	76,02
	zweischneittig	0,40	0,6	0,90	1,46	2,58	3,88	5,52	7,54	9,86	15,28	22,1	39,2	62,24	89,7	123,2	152

Tab. 11

Spiral-Spannstifte, schwere Ausführung nach ISO 8748 (DIN 7344)



Werkstoff:
Federstahl vergütet
auf 420 bis 520 HV

Abb. AX

Nenndurchmesser [mm]		1,5	2	2,5	3	4	5	6
Abscherkraft min. [kN]	einschnittig	0,91	1,57	2,37	3,43	6,14	9,46	13,5
	zweischneittig	1,82	3,14	4,74	6,86	12,2	18,9	27

Tab. 12

Spannstifte (Spannhülsen) leichte Ausführung nach ISO 13337 (DIN 7346)

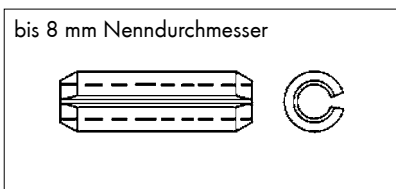


Abb. AY

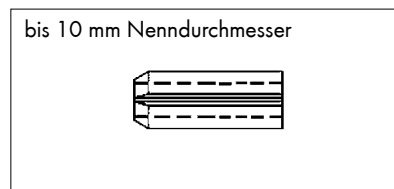


Abb. AZ

Werkstoff:
Federstahl vergütet
auf 420 bis 560 HV

Nenndurchmesser [mm]		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	18	20
Abscherkraft min. [kN]	einschnittig	0,75	1,2	1,75	2,3	4	4,4	5,2	9	10,5	12	20	22	24	33	42	49	63	79
	zweischneittig	1,5	2,4	3,5	4,6	8	8,8	10,4	18	21	24	40	44	48	66	84	98	126	158

Tab. 13

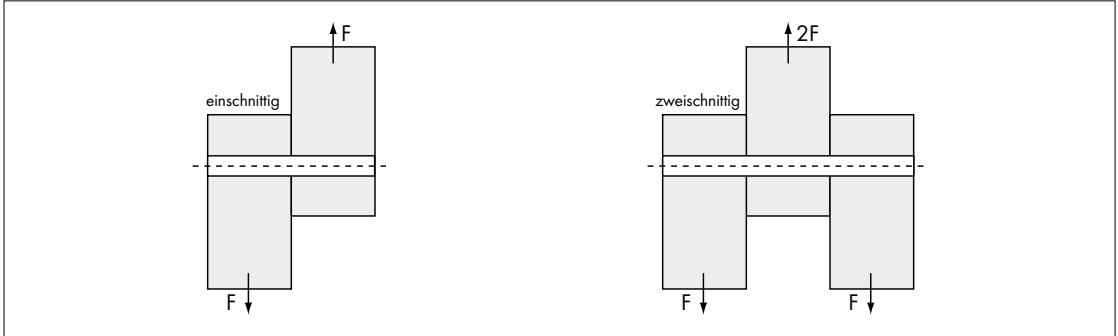


Abb. BA

6.10 Konstruktionsempfehlungen

Innenantriebe für Schrauben

Der technische Fortschritt und wirtschaftliche Überlegungen bewirken weltweit eine fast völlige Ablösung der Geradschlitzschrauben durch Innenantriebe.

AW-Antrieb

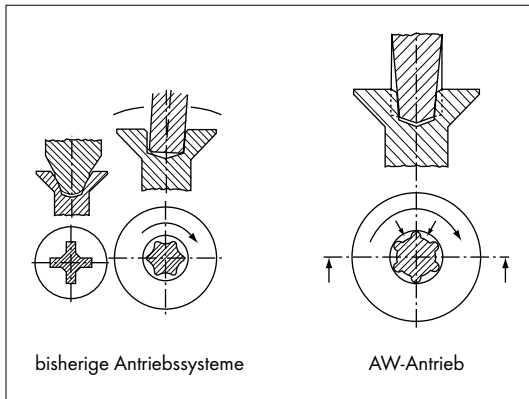


Abb. AR

AW-Antriebssystem

Vorteile gegenüber den bisherigen Antriebssystemen:

- Bessere Kraftübertragung durch den konischen Vielzahn.
- Höhere Standzeit durch optimale Passung.
- Optimale Zentrierung durch den konischen Verlauf des Bits.
- Größtmögliche Anlagefläche des Bit im Schraubenantrieb → Auswurfkräfte.
- Auswurfkräfte (Comeout) gleich Null. Die gleichmäßige Kraftverteilung vermeidet Beschädigungen der Oberfläche.

chenschutzschicht und gewährleistet somit eine höhere Korrosionsbeständigkeit.

Innensechskant

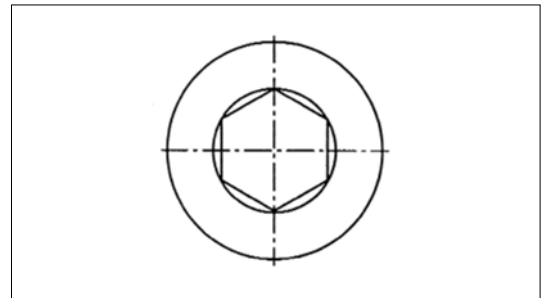


Abb. AS

Gute Kraftübertragung durch mehrere Kraftangriffspunkte. Innensechskant-Schrauben haben kleinere Schlüsselweiten als Außensechskant-Schrauben, das heißt auch wirtschaftlichere Konstruktionen durch kleinere Abmessungen.

Kreuzschlitz Z (Poqidriv) nach ISO 4757

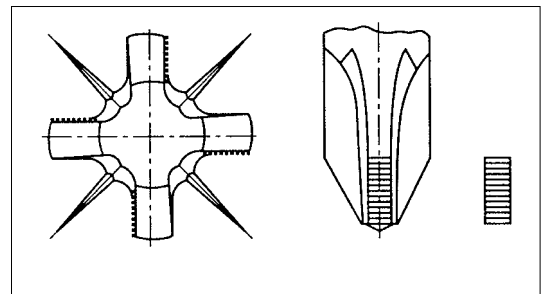


Abb. AT

Die vier „Anzugswände“ im Kreuzschlitz, an denen der Schraubendreher beim Eindrehen der Schraube anliegt, sind senkrecht. Die restlichen Wände und Rippen sind schräg. Dies kann bei optimal gefertigten Kreuzschlitzten die Montierbarkeit etwas verbessern. Der Pozidriv-Schraubendreher hat rechteckige Flügelenden.

Kreuzschlitz H (Phillips) nach ISO 4757

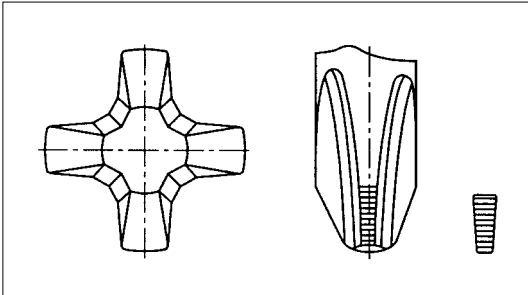


Abb. AU

Normaler Kreuzschlitz, bei dem alle Wände und Rippen schräg geneigt sind, wobei der Schraubendreher trapezförmige Flügelenden aufweist.

6.11 Montage

Drehmomentverfahren

Die erforderliche Vorspannkraft wird durch ein messbares Drehmoment M_v erzeugt. Die verwendeten Anziehgeräte (z.B. Drehmomentschlüssel) müssen eine Unsicherheit von weniger als 5% aufweisen.

Drehimpulsverfahren

Die Verbindungen werden mit Hilfe eines Impuls- oder Schlagschraubers mit einer Unsicherheit von weniger als 5% angezogen. Die Anziehgeräte sind dabei in geeigneter Weise (z.B. Nachziehmethode oder Längenmessmethode) möglichst an der Originalverschraubung einzustellen.

Nachziehmethode: Die Verbindung wird zunächst mit dem Schrauber angezogen und danach mit einem Präzisionsdrehmomentschlüssel nachgezogen/geprüft. Längenmessmethode: Es wird die verursachte Verlängerung der Schraube geprüft (Messbügel), wobei die Verlängerung der Schraube vorher auf einem Schraubenprüfstand kalibriert worden sein muss.

Drehwinkelverfahren

Voraussetzung ist eine weitgehend flächige Anlage der zu verbindenden Teile.

Das Aufbringen des Voranziehmomentes erfolgt mit einem der beiden vorher beschriebenen Verfahren. Kennzeichnung der Lage der Mutter relativ zu Schraubenschaft und Bauteil eindeutig und dauerhaft, so dass der anschließend aufgebrauchte Weiterdrehwinkel der Mutter leicht ermittelt werden kann. Der erforderliche Weiterdrehwinkel muss durch eine Verfahrensprüfung an den jeweiligen Originalverschraubungen ermittelt werden (z.B. mittels Schraubenverlängerung).



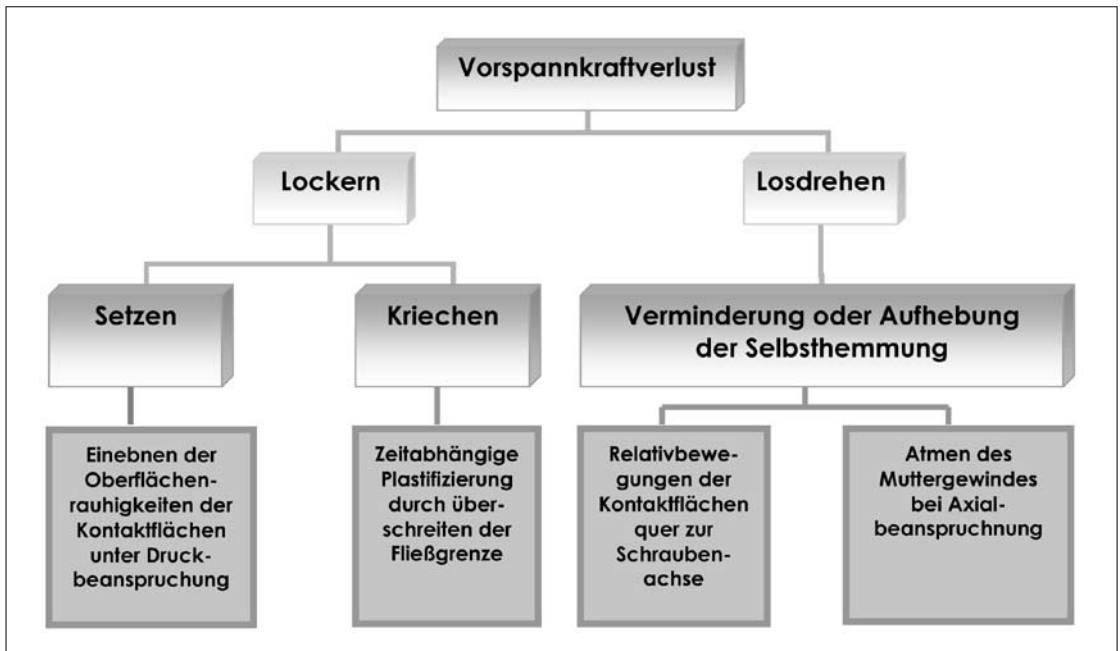
Abb. W

7. SICHERUNGSELEMENTE

7.1 Allgemein

Zur Auswahl des geeigneten Sicherungselementes ist es notwendig die Schraubverbindung im gesamten zu betrachten. Insbesondere die Härte der zu verspannenden Materialien und mögliche auf die Schraubverbindungen einwirkende dynamische Belastungen müssen bei der Auswahl eines Sicherungselementes beachtet werden.

7.2 Ursachen des Vorspannkraftverlustes



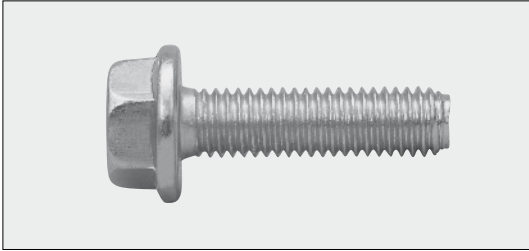
7.3 Funktionsweisen

7.3.1 Sicherung gegen Lockern

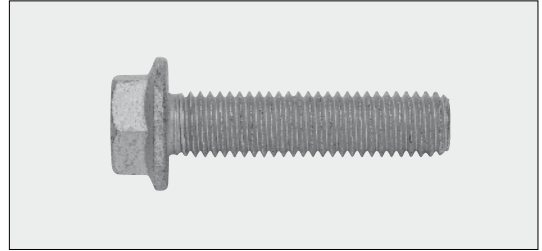
Das Lockern von Schraubverbindungen kann durch geeignete konstruktive Maßnahmen verhindert werden. Dies kann der Einsatz von Dehnschrauben oder langen Schrauben ebenso sein, wie die Steigerung der Vorspannkraft durch Schrauben mit höherer Festigkeit. Insbesondere im letzteren Fall muss der Flächenpressung an der Auflage besondere Beachtung geschenkt werden. Eine Flanschschraube oder das Unterwalzen oder Unterlegen einer geeigneten harten Scheibe reduziert die Flächenpressung und verhindert das Lockern.



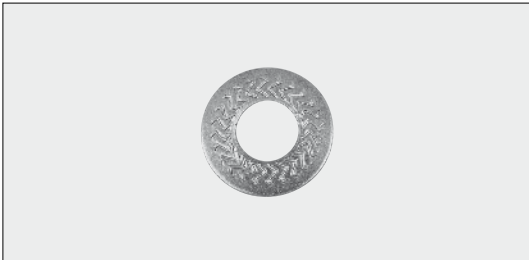
Kombischraube



Flanschschraube



Rippschraube



Sperrkantscheibe



Sperrzahnschraube

7.3.2 Sicherung gegen Losdrehen

Losdrehsicherungen verhindern unter strengsten dynamischen Belastungen wirkungsvoll das selbsttätige Losdrehen. Bis auf geringe unvermeidliche Setzbeiträge bleibt die Vorspannkraft in der Verbindung erhalten. Bei den Losdrehverbindungen unterscheidet man das Sichern durch

- Verriegelung an der Auflage
- Verklebung im Gewinde

Beim Verriegeln an der Auflage sichert man durch Verriegelungszähne, die sich durch Steilkanten in Losdrehrichtung der Schraube ins Auflagematerial eingraben, oder durch symmetrische Sicherungsrippen, die auf harten und weichen Werkstoffen wirkungsvoll die Vorspannkraft erhalten.

Beim Verkleben im Gewinde gibt es die Möglichkeit, mit anaerob aushärtendem Flüssigkunststoff – Sicherungen zu arbeiten, oder aber Schrauben mit mikroverkapselten Klebstoffen einzusetzen. Schrauben mit mikroverkapselter Vorbeschichtung sind nach DIN 267/Teil 27 genormt.



Keilsicherungsscheibe



Mikroverkapselung



Flüssigklebstoffe

7.3.3 Sicherung gegen Verlieren

Zu der Gruppe der Verliersicherungen werden Produkte gezählt, die zwar zunächst ein selbsttätiges Losdrehen nicht verhindern können, jedoch nach einem mehr oder weniger großen Vorspannkraftverlust ein vollkommenes Losdrehen und somit ein auseinanderfallen der Verbindung vermeiden.



Ganzmetall Sicherungsmutter



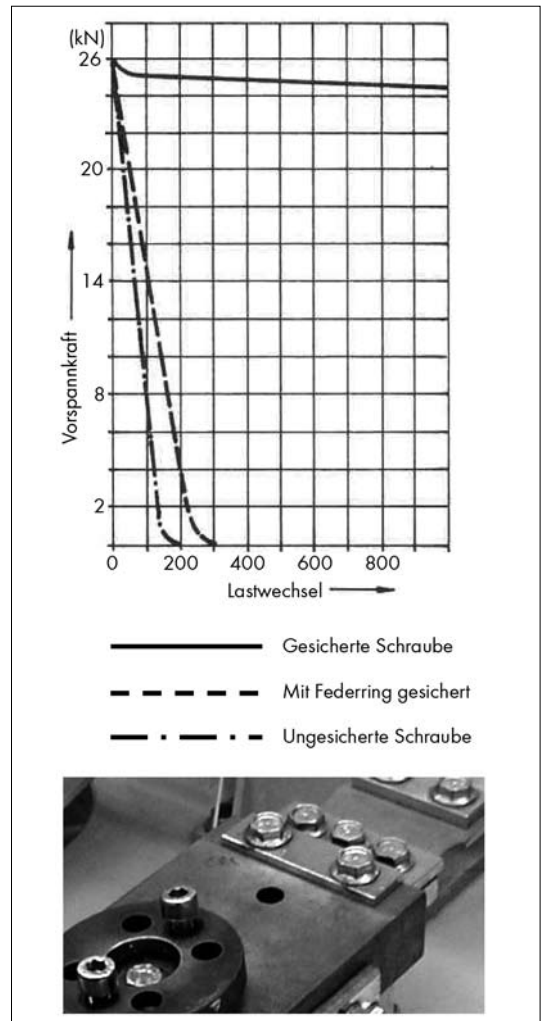
Sicherungsmutter mit Kunststoffring



Gewindeinsatz Optisert

7.4 Wirkweise von Sicherungselementen

Die Wirkung eines Sicherungselementes kann auf einem Rüttelprüfstand (Junkerstest) getestet werden.



Durch die Prüfung ergeben sich drei Kategorien.

7.4.1 Unwirksame Sicherungselemente

Die nachfolgend aufgeführten Produkte besitzen keinerlei Sicherungswirkung, weder in Bezug auf das Lockern, noch in Bezug auf das Losdrehen. Von einer Verwendung mit Schrauben der Festigkeitsklasse ≥ 8.8 muss abgeraten werden.

- Federringe DIN 127, DIN 128, DIN 6905, DIN 7980
- Federscheiben DIN 137, DIN 6904
- Zahnscheiben DIN 6797, DIN 6906
- Fächerscheiben DIN 6798, DIN 6907
- Scheiben mit Außennase bzw. 2 Lappen DIN 432, DIN 463
- Kronenmuttern DIN 935, DIN 937 mit Splinten DIN 94

7.4.2 Verliersicherungen

Zu der Kategorie der Verliersicherungen werden Produkte gezählt, die zunächst ein selbsttätiges Losdrehen nicht verhindern können, jedoch nach einem unbestimmt großen Vorspannkraftverlust ein vollkommenes Losdrehen und somit ein Auseinanderfallen der Verbindung verhindern. Zu dieser Kategorie zählen beispielsweise Muttern mit Polyamid-Ringeinlage (Stopmutter), Ganzmetall-Sicherungsmuttern oder Schrauben mit Klemmteil nach DIN 267/Teil 28.

7.5 Maßnahmen zur Schraubensicherung

7.5.1 Lockern

Sicherungsart	Funktionsart	Sicherungselement	Anwendungshinweise		
			Schrauben/Muttern	Scheiben	
Lockerungs-sicherung			Festigkeitsklasse	Härteklasse	
				200 HV	300 HV
	mitverspannt Flächenpressung herabsetzend	Scheibe nach DIN EN ISO 7089 DIN EN ISO 7090 DIN 7349 DIN EN ISO 7092 DIN EN ISO 7093-1	8.8/8 10.9/10 A2-70/A2-70	Ja Nein Ja	Ja Ja Nein
	mitverspannt federnd	Spannscheibe nach DIN 6796, profilierte Spannscheibe Kontaktscheibe gezahnt	zur Reduzierung von Setzbeiträgen max. 20 μm Federkraft muss auf die Vorspannkraft abgestimmt sein.		

Ebenfalls zur Gruppe der Verliersicherungen zählen die gewindefurchende Schrauben.

7.4.3 Losdrehsicherungen

Losdrehsicherungen verhindern unter dynamischen Belastung, wirkungsvoll das selbsttätige Losdrehen. Bis auf geringe unvermeidliche Setzbeiträge bleibt die Vorspannkraft in der Verbindung erhalten. Bei den Losdrehverbindungen unterscheidet man das Sichern durch

- Verriegelung an der Auflage
- Verklebung im Gewinde

Beim Verriegeln an der Auflage sichert man durch Verriegelungszähne, die sich durch Steilkanten in Losdrehrichtung der Schraube ins Auflagematerial eingraben, oder durch symmetrische Sicherungsrippen, die auf harten und weichen Werkstoffen wirkungsvoll die Vorspannkraft erhalten.

Beim Verkleben im Gewinde gibt es die Möglichkeit, mit anaerob aushärtendem Flüssigkunststoff - Sicherungen zu arbeiten, oder aber Schrauben mit mikroverkapselten Klebstoffen einzusetzen. Schrauben mit mikroverkapselter Vorbeschichtung sind nach DIN 267/Teil 27 genormt.

7.5.2 Selbsttätiges Losdrehen

Sicherungsart	Funktionsart	Sicherungselement	Anwendungshinweise
Losdreh-Sicherung	sperrend, z.T. Mitverspannt	Rippschraube, Rippmuttern	anzuwenden, wo hoch vorgespannte Schraubenverbindungen wechselnden Querbelastungen ausgesetzt sind. Nicht auf gehärteten Oberflächen. Härte der Auflagefläche muss niedriger als die der Auflagefläche von Schraube und Mutter bzw. der mitverspannten Elemente sein. Sicherungselemente sind nur wirksam, wenn sie direkt unter dem Schraubenkopf und der Mutter angeordnet sind. Für elektrische Anwendungen.
		profilierte Spannscheiben Keilscheibenpaar Sperrkantscheibe Profiling (Werkstoff A2)	
	klebend	mikroverkapselter Klebstoff entsprechend DIN 267-27	anzuwenden, wo hoch vorgespannte Schraubenverbindungen wechselnden Querbelastungen ausgesetzt sind und gehärtete Oberflächen den Einsatz sperrender Verbindungselemente nicht erlauben. Temperaturabhängig. Einsatz bei elektrischen Anwendungen nicht empfehlenswert. Bei Einsatz von Klebstoffen dürfen die Gewinde nicht geschmiert werden.
Flüssigklebstoff		Die Temperaturgrenzen für die zur Anwendung kommenden Kleber sind unbedingt zu beachten. Einsatz bei elektrischen Anwendungen nicht empfehlenswert. Bei Einsatz von Klebstoffen dürfen die Gewinde nicht geschmiert werden.	
Verlier-Sicherung	klemmend	Muttern mit Klemnteil DIN EN ISO 7040, DIN EN ISO 7042, Gewindeinsätze DIN 8140 Schrauben mit Kunststoff-Beschichtung im Gewinde nach DIN 267-28	Dort einzusetzen, wo es bei Schraubenverbindungen primär darum geht, eine restliche Vorspannkraft zu erhalten und die Verbindung gegen Auseinanderfallen zu sichern. Für Muttern und Schrauben mit Kunststoffeinsatz ist die Temperaturabhängigkeit zu beachten. Bei elektrischen Anwendungen darf es zu keiner Spannbildung durch Ganzmetallmuttern kommen.

8. STAHLBAU

8.1 HV-Verbindungen für den Stahlbau

„HV“ ist die Kennzeichnung einer Schraubenverbindung im Stahlbau mit hochfesten Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9. „H“ steht dabei für hochfest, entsprechend den Anforderungen für die Festigkeitsklasse 10.9 und „V“ für „vorgespannt“, d.h. die Möglichkeit, die Verbindung mit standardisierten Verfahren auf eine definierte Vorspannkraft zu bringen.

Zwar ist bei über 90% der Stahlbauverbindungen ein Vorspannen aus rechnerischen Gründen nicht nötig, da die Verbindungen nicht gleitfest ausgelegt sind, oft ist es in solchen Fällen aber üblich und sinnvoll die Verbindungen vorzuspannen, um Spalten zu schließen, den Widerstand gegen dynamische Belastungsanteile zu erhöhen oder die Verformung des Gesamtbauwerkes zu begrenzen.

HV-Verbindungen sind daher für die Ausführung aller nachfolgend dargestellten im Stahlbau üblichen Verbindungen ohne Einschränkung geeignet.

Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SL) übertragen die von außen angreifende Kraft quer zur Schraubenachse durch direkte Kraftübertragung von der Bohrungswand auf den Schaft der Schraube (Abb. 1) Die Bauteile wirken auf den Schraubenschaft dabei wie Schneiden von Scheren. Diese Verbindungsart kann auch vorgespannt (SLV) oder mit Paßschrauben (SLP) oder beides (SLVP) ausgeführt werden. Insbesondere bei dynamischen Lasten in Schraubenlängsachse ist das Vorspannen der Verbindung erforderlich.

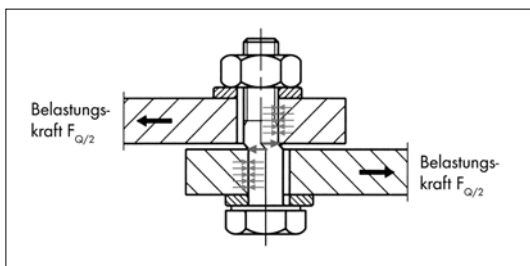


Abb. 1

Grundsätzlich anders ist die Wirkungsweise gleitfest vorgespannter Verbindungen (GV), die in Einzelfällen,

wie im Brückenbau, auch mit Schrauben mit Passschaft (GVP) ausgeführt werden. Die Kraftübertragung erfolgt hierbei durch Reibung zwischen den Kontaktflächen der verspannten Bauteile. Dazu müssen die Kontaktflächen durch Strahlen oder zugelassene gleitfeste Anstriche gleitfest gemacht werden. Durch das Anziehen der Schrauben werden dann Betriebskräfte senkrecht zur Schraubenachse übertragen, wie in Abb. 2 dargestellt.

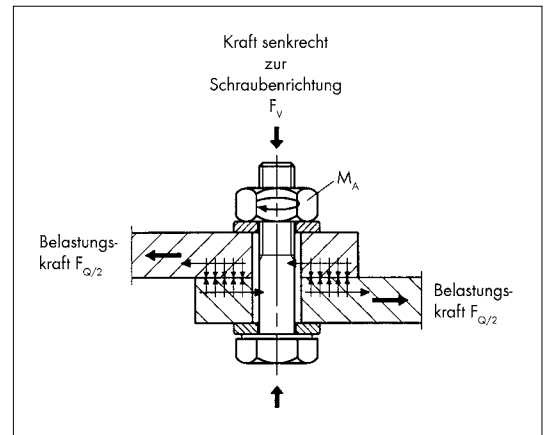


Abb. 2

Für alle im Stahlbau üblichen Verbindungen sind selbstverständlich auch Betriebskräfte in Schraubenlängsachse zulässig und über entsprechende Berechnungsformeln beispielsweise der DIN 18800-1 einem Festigkeitsnachweis zugänglich.

Würth-HV-Garnituren haben einen guten und hochwertigen Korrosionsschutz durch eine Feuerverzinkung mit einer Zinkschichtdicke von 60–80 µm. Dadurch wird auch in aggressiver Atmosphäre ein langjähriger Korrosionsschutz erreicht. (Abb. 3)

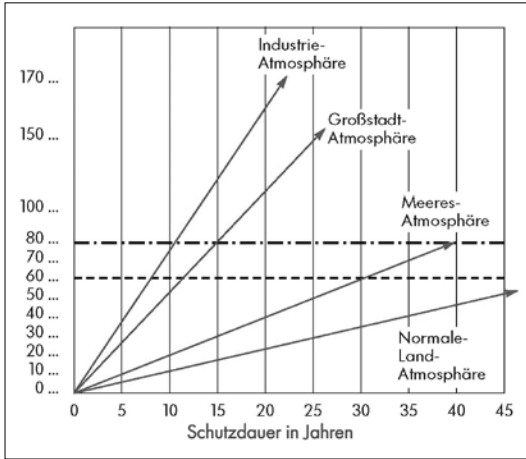


Abb.3

Die Verzinkung erfolgt gemäß der DIN EN ISO 10684 unter Berücksichtigung darüber hinausgehender Festlegungen die dem derzeitigen Stand der Technik zur Herstellung feuerverzinkter Schrauben entsprechen. Das Schneiden des Muttergewindes und die Schmierung der Muttern unter Prozessbedingungen erfolgt nach der Feuerverzinkung, um die Passfähigkeit des Gewindes sicherzustellen und durch spezielle Schmierung ein einheitliches Anziehverhalten zu gewährleisten. Den Korrosionsschutz des dann unverzinkten Muttergewindes übernimmt nach der Montage der Zinküberzug des Schraubenbolzens durch kathodischen Korrosionsschutz. Aus diesen Gründen sind nur komplette Garnituren (Schraube, Mutter und Scheiben) eines Herstellers zu verwenden.

8.2 HV-Schrauben, Muttern und Scheiben

Im Zuge der Umsetzung der europäischen Bauproduktenrichtlinie wurden für Verbindungselemente im Stahl- und Metallbau harmonisierte europäische Normen erarbeitet, die die früheren deutschen DIN Normen zum Großteil abgelöst haben. Nur für untergeordnete Produkte wie HV-Keilscheiben nach DIN 6917 und DIN 6918 blieben die deutschen Normen erhalten. Für diese gilt auch weiterhin das Übereinstimmungsnachweisverfahren nach der Bauregelleiste A, d.h. die Produkte sind mit dem sog. Ü-Zeichen marktfähig. Eine Übersicht über die Umstellung der Normen gibt Tabelle 1.

	DIN	DIN EN
Berechnung Gestaltung	DIN 18 800-1	DIN EN 1993-1-8 DIN EN 1993-1-9
Ausführung	DIN 18 800-7	DIN EN 1090-2
Produkte	DIN 7968, DIN 7969 DIN 7990 DIN EN ISO 4014/4017 DIN 6914, DIN 6915, DIN 6916 DIN 7999	DIN EN 15048-1/-2 + techn. Produktspez. (DIN EN ISO 4014) DIN EN 14399-1/-2 DIN EN 14399-4 DIN EN 14399-6 DIN EN 14399-8

Tab. 1: Umstellung auf europäische Normen

Für die Berechnung und Gestaltung der Verbindungen gilt zukünftig die DIN EN 1993-1-8 sowie für den Ermüdungsnachweis die DIN EN 1993-1-9, wobei natürlich während einer Übergangszeit die alten DIN Normen weiter angewendet werden dürfen. Für die Ausführung gilt zukünftig die DIN EN 1090-2, wobei ebenfalls Übergangsfristen greifen. Für nicht vorgespannte, niederfeste Verbindungselemente wurde die europäische Norm DIN EN 15048 geschaffen, die die Vorgehensweise und die Anforderungen zur Erlangung des CE-Zeichens beschreibt. Die dazu gehörigen technischen Beschreibungen können beispielsweise die bereits vorhandenen Normen für Sechskantschrauben wie die DIN EN ISO 4014 sein.

Für hochfeste Verbindungselemente wurde die harmonisierte Norm DIN EN 14399 erarbeitet. In ihren Teilen 1 und 2 beschreibt diese ebenfalls lediglich die Anforderungen und die Vorgehensweise zur Erlangung des CE-Zeichens. Für CE-gekennzeichnete Produkte dürfen in Europa keine Handelshemmnisse bestehen oder aufgebaut werden. Die in Deutschland gebräuchlichen HV-Schrauben und die zugehörigen Muttern und Scheiben sowie HV-Paßschrauben finden sich in den Teilen 4, 6 und 8 dieser Norm wieder. Die DIN Produkte wurden dabei weitgehend übernommen, so dass sich nur wenige Änderungen ergeben, auf die nachfolgend gesondert eingegangen wird.

- HV-Muttern sind nach der europäischen Norm unabhängig vom aufgebrachtten Korrosionsschutz immer mit einem speziellen Schmiermittel behandelt. Bei einer Vorspannung der Verbindungen nach der DIN 18800-7 mit Hilfe des Drehmomentverfahrens sind also immer die gleichen Anziehmomente anwendbar, was eine Vereinfachung gegenüber dem alten Stand darstellt.

- Die in der Norm enthaltene Klemmlängentabelle definiert die Klemmlänge **einschließlich der verwendeten Scheiben** (Tabelle 2a und 2b). Darüber hinaus wurden die Kriterien zur Berechnung der Klemmlänge gemäß spezieller Forderungen der DIN EN 1993-1-8 geringfügig verändert, so dass sich weitere geringfügige Unterschiede ergeben. Wenn allerdings ein Bauwerk nach DIN 18800 geplant wurde, können die dort eingeplanten HV-Garnituren nach DIN durch solche gleicher Nennlänge nach DIN EN ersetzt werden, ohne dass eine Neuordnung für die Verschraubungsstellen erfolgen muss. Grund dafür ist die Tatsache, dass die DIN 18800, die oben erwähnte spezielle Forderung der DIN EN 1993-1-8 nicht enthält.

Maße für HV- und HVP-Schrauben ¹⁾									
Nennmaß		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
p ¹⁾		1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
c	min.	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	max.	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
d _a	max.	15,2	19,2	24	26	28	32	35	41
d _s	nom.	12	16	20	22	24	27	30	36
	min.	11,3	15,3	19,16	21,16	23,16	26,16	29,16	35
	max.	12,7	16,7	20,84	22,84	24,84	27,84	30	37
d _w ²⁾	min.	20,1	24,9	29,5	33,3	38,0	42,8	46,6	55,9
e	min.	23,91	29,56	35,03	39,55	45,20	50,85	55,37	66,44
k	nom.	8	10	13	14	15	17	19	23
	min.	7,55	9,25	12,1	13,1	14,1	16,1	17,95	21,95
	max.	8,45	10,75	13,9	14,9	15,9	17,9	20,05	24,05
k _w	min.	5,28	6,47	8,47	9,17	9,87	11,27	12,56	15,36
r	min.	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	2	2	2
s	max.	22	27	32	36	41	46	50	60
	min.	21,16	26,16	31	35	40	45	49	58,8
h	nom.	3	4	4	4	4	5	5	6
	min.	2,7	3,7	3,7	3,7	3,7	4,4	4,4	5,4
	max.	3,3	4,3	4,3	4,3	4,3	5,6	5,6	6,6
m	nom. = max.	10	13	16	18	20	22	24	29
	min.	9,64	12,3	14,9	16,9	18,7	20,7	22,7	27,7

Anmerkung: Für feuerverzinkte Schrauben, Scheiben und Muttern gelten die Maße vor dem Verzinken
¹⁾ P = Gewindesteigung (Regelgewinde)
²⁾ d_{w,MAX.} = s_{WZ}

Tab. 2a

Nennlänge l	Klemmlänge $\Sigma_{\min.}$ und $\Sigma_{\max.}$ für HV- und HVP-Schrauben ¹⁾							
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
30	11- 16							
35	16- 21	12- 17						
40	21- 26	17- 22						
45	26- 31	22- 27	18- 23					
50	31- 36	27- 32	23- 28	22- 27				
55	36- 41	32- 37	28- 33	27- 32				
60	41- 46	37- 42	33- 38	32- 37	29- 34			
65	46- 51	42- 47	38- 43	37- 42	34- 39			
70	51- 56	47- 52	43- 48	42- 47	39- 44	36- 41		
75	56- 61	52- 57	48- 53	47- 52	44- 49	41- 46	39- 44	
80	61- 66	57- 62	53- 58	52- 57	49- 54	46- 51	44- 49	
85	66- 71	62- 67	58- 63	57- 62	54- 59	51- 56	49- 54	43- 48
90	71- 76	67- 72	63- 68	62- 67	59- 64	56- 61	54- 59	48- 53
95	76- 81	72- 77	68- 73	67- 72	64- 69	61- 66	59- 64	53- 58
100	81- 86	77- 82	73- 78	72- 77	69- 74	66- 71	64- 69	58- 63
105	86- 91	82- 87	78- 83	77- 82	74- 79	71- 76	69- 74	63- 68
110	91- 96	87- 92	83- 88	82- 87	79- 84	76- 81	74- 79	68- 73
115	96-101	92- 97	88- 93	87- 92	84- 89	81- 86	79- 84	73- 78
120	101-106	97-102	93- 98	92- 97	89- 94	86- 91	84- 89	78- 83
125	106-111	102-107	98-103	97-102	94- 99	91- 96	89- 94	83- 88
130	111-116	107-112	103-108	102-107	99-104	96-101	94- 99	88- 93
135	116-121	112-117	108-113	107-112	104-109	101-106	99-104	93- 98
140	121-126	117-122	113-118	112-117	109-114	106-111	104-109	98-103
145	126-131	122-127	118-123	117-122	114-119	111-116	109-114	103-108
150	131-136	127-132	123-128	122-127	119-124	116-121	114-119	108-113
155	136-141	132-137	128-133	127-132	124-129	121-126	119-124	113-118
160	141-146	137-142	133-138	132-137	129-134	126-131	124-129	118-123
165	146-151	142-147	138-143	137-142	134-139	131-136	129-134	123-128
170	151-156	147-152	143-148	142-147	139-144	136-141	134-139	128-133
175	156-161	152-157	148-153	147-152	144-149	141-146	139-144	133-138
180	161-166	157-162	153-158	152-157	149-154	146-151	144-149	138-143
185			158-163	157-162	154-159	151-156	149-154	143-148
190			163-168	162-167	159-164	156-161	154-159	148-153
195			168-173	167-172	164-169	161-166	159-164	153-158
200			173-178	172-177	169-174	166-171	164-169	158-163
210			183-188	182-187	179-184	176-181	174-179	168-173
220			193-198	192-197	189-194	186-191	184-189	178-183
230			203-208	202-207	199-204	196-201	194-199	188-193
240			213-218	212-217	209-214	206-211	204-209	198-203
250			223-228	222-227	219-224	216-221	214-219	208-213
260			233-238	232-237	229-234	226-231	224-229	218-223

¹⁾ Klemmlänge Σ , umfasst auch die beiden Scheiben

Tab. 2b

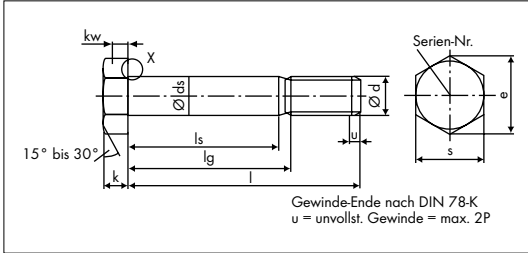


Abb. 4

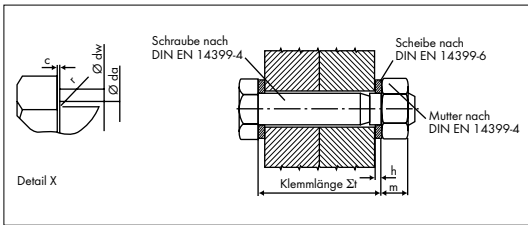


Abb. 5

8.3 Konstruktionshinweise und Nachweise für HV-Verbindungen nach DIN 18800-1 und DIN EN 1993-1-8.

8.3.1 HV-Verbindungen nach DIN 18800-1 (2008)

Die Bemessungswerte der Abscherbeanspruchung V_a dürfen die nach der DIN 18800-1:2008-11 Grenzabscherkräfte $V_{a,R,d}$ nicht überschreiten.

$$\frac{V_a}{V_{a,R,d}} \leq 1 \text{ Die Grenzabscherkraft } V_{a,R,d} \text{ ist}$$

$$V_{a,R,d} = A \cdot \tau_{a,R,d} = A \cdot \alpha_a \cdot \frac{f_{u,b,k}}{Y_M}$$

A Schaftquerschnitt A_{sch} , wenn der glatte Schaft in der Scherfuge liegt.

Spannungsquerschnitt A_{sp} , wenn der Gewindeteil des Schaftes in der Scherfuge liegt.

α_a 0,55 für HV-Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9, wenn der glatte Schaft in der Scherfuge liegt.
0,44 für HV-Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9, wenn der Gewindeteil in der Scherfuge liegt.

$f_{u,b,k}$ charakteristische Zugfestigkeit des Schraubenmaterials, bei HV-Schrauben:
1.000 N/mm²

$Y_M = 1,1$ Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand

Nach DIN 18800-1:2008-11 dürfen die Bemessungswerte der Lochleibungsbeanspruchungen V_l die Grenzlochleibungskräfte $V_{l,R,d}$ nicht überschreiten.

$$\frac{V_l}{V_{l,R,d}} \leq 1$$

Die Grenzlochleibungskraft $V_{l,R,d}$ ist

$$\begin{aligned} V_{l,R,d} &= t \cdot d_{sch} \cdot \sigma_{l,R,d} \\ &= t \cdot d_{sch} \cdot \alpha_l \cdot \frac{f_{y,k}}{Y_M} \end{aligned}$$

Mit t Dicke des Bauteils

d_{sch} Schaftdurchmesser der Schraube

α_l Faktor zur Ermittlung der Lochleibungsbeanspruchbarkeit, abhängig vom Lochbild

$f_{y,k}$ charakteristische Streckgrenze des Bauteilmaterials
 $Y_M = 1,1$ Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand

Der Faktor α_l ist hierbei abhängig von der Geometrie des gesamten Schraubenanschlusses, insbesondere von den Abständen der Schrauben zu den Bauteilrändern und untereinander. Zu Berechnungszwecken stehen hier meist Tabellenwerke oder entsprechende Software zur Verfügung.

Für die Berechnung der Grenzzugkraft unter reiner Zugbelastung der Schrauben macht die DIN 18800-1 eine Fallunterscheidung. Aufgrund des Streckgrenzenverhältnisses der Festigkeitsklasse 10.9 ist für HV-Schrauben das Versagen im Gewinde maßgeblich. Die Grenzzugkraft berechnet sich daher zu:

$$N_{R,d} = \frac{A_{sp} \cdot f_{u,b,k}}{1,25 \cdot Y_M}$$

A_{sp} Spannungsquerschnitt

$f_{u,b,k}$ für FK 10.9 = 1.000 N/mm²

1,25 = Beiwert zur erhöhten Absicherung gegen Zugfestigkeit

$Y_M = 1,1$

Wenn auf eine Schraube gleichzeitig eine Zug- und eine Scherkraft einwirkt ist zusätzlich ein Interaktionsnachweis gemäß den Vorgaben der DIN 18800-1 zu führen.

Für gleitfeste Verbindungen (GV und GVP) dürfen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die Beanspruchungen V_g die Grenzgleitkräfte $V_{g,R,d}$ nicht überschreiten.

$$\frac{V_g}{V_{g,R,d}} \leq 1$$

8.3.2 HV-Verbindungen nach DIN EN 1993-1-8

Die europäische Norm teilt die Schraubenverbindungen gemäß Tabelle 3 ein und trifft eine grundsätzliche Unterscheidung abhängig von der Richtung der äußeren Kraft.

Scher-/Lochleibungs- und gleitfeste Verbindungen			
Kategorie	Anmerkung	Verglichen mit DIN 18800-1	
		GdG	GdT
A Scher-/Lochleibungs-Verbindung	Keine Vorspannung erforderlich, jedoch in den meisten Fällen von Vorteil, Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9	SL bzw. SLP	SL bzw. SLP
B Gleitfeste Verbindung (GdG)	Hochfeste Schrauben FK 8.8 oder 10.9 vorgespannt	GV bzw. GVP	SL bzw. SLP
C Gleitfeste Verbindung (GdT)	Hochfeste Schrauben FK 8.8 oder 10.9 vorgespannt.	GV bzw. GVP	GV bzw. GVP (Netto)
Zugbeanspruchte Verbindungen			
Kategorie	Anmerkung	Verglichen mit DIN 18800-1	
D Nicht vorgespannt	Keine Vorspannung erforderlich, Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9	Nicht klassifiziert, jedoch Nachweiskriterium angegeben	
E Vorspannt	Hochfeste Schrauben FK 8.8 oder 10.9		

Tab. 3

Die Grenzgleitkraft $V_{g,R,d}$ ist

$$V_{g,R,d} = \frac{\mu \cdot F_v}{(1,15 \cdot Y_M)}, \text{ wenn keine äußere Zugkraft auf die}$$

HV-Schraube einwirkt,

$$V_{g,R,d} = \frac{\mu \cdot F_v \cdot \left(1 - \frac{N}{F_v}\right)}{(1,15 \cdot Y_M)}, \text{ wenn eine äußere Zugkraft auf}$$

die HV-Schraube einwirkt.

Dabei ist

μ die Reibungszahl nach Vorbehandlung der Reibflächen nach DIN 18800-7

F_v die Vorspannkraft nach DIN 18800-7

N die anteilig auf die Schraube entfallende Zugkraft

$$Y_M = 1,0$$

Darüber hinaus ist für GV- und GVP-Verbindungen ein Tragsicherheitsnachweis wie für SL- und SLP-Verbindungen zu führen.

Der Nachweis auf Lochleibung unterscheidet sich hier im Ansatz vom Vorgehen nach der DIN 18 800-1 so dass eine Übertragung von Berechnungsergebnissen oder Tabellenwerten nicht möglich ist. Hier ist eine Neuberechnung gemäß den Vorgaben der DIN EN 1993-1-8 erforderlich. In vielen Fällen ist die Beanspruchbarkeit nach der EN höher als nach DIN.

Der Nachweis auf Abscheren der Schrauben nach EN unterscheidet sich nur geringfügig und ist vom theoretischen Ansatz her gleich aufgebaut. Wenn sich der Schaft in der Scherfuge befindet sind die Beanspruchbarkeiten annähernd gleich. Bei Gewinde in der Scherfuge sind sie gleich.

Für HV-Schrauben unter Zugbelastung in Schraubenlängsachse unterscheidet sich der Berechnungsansatz kaum von dem nach der DIN und die Ergebnisse sind annähernd gleich.

Für den einfachen Fall gleitfester Verbindungen ohne äußere Zugbelastung sind die Ansätze nach DIN und EN ebenfalls ähnlich, allerdings muß an dieser Stelle auf ei-

nen bedeutsamen Unterschied eingegangen werden, der auch Auswirkungen auf das anzuwendende Vorspannverfahren hat.

Die DIN EN 1993-1-8 sieht für gleitfeste Verbindungen (und nur für diese) ein höheres Vorspannkraftniveau vor als für vorgespannte HV-Verbindungen nach DIN 18 800-7 üblich. Die Vorspannkraft soll 70% der Zugfestigkeit der Schraube betragen:

$$F_{p,c} = 0,7 f_{yb} A_s$$

Dieses Vorspannkraftniveau ist auf Grund von Reibungsstreuungen mit dem Drehmomentverfahren nicht mehr

Schraubenverbindungen nach der DIN EN 1993-1-8, die nicht gleitfest vorgespannt werden mit dem für Schraubenverbindungen üblichen Drehmomentverfahren vorgespannt werden dürfen. Die Montagewerte können der DIN 18800-7 entnommen werden und sind im Kapitel 8.4 dargestellt.

8.4 Montage

8.4.1 Montage und Prüfung nach DIN 18 800-7

Für das Vorspannen ist bevorzugt das Drehmomentverfahren anzuwenden. Die Regelvorspannkraft nach Tabelle 4 entspricht 70% der Schraubenstreckgrenze und wird durch Aufbringen eines Anziehmoments M_A erzeugt.

Maße		Regel-Vorspannkraft F_v [kN] (entspricht $F_{p,c}^* = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_s$)	Drehmomentverfahren
			Aufzubringendes Anziehmoment M_A zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_v [Nm] Oberflächenzustand: feuerverzinkt und geschmiert ^a und wie hergestellt und geschmiert ^a
1	M12	50	100
2	M16	100	250
3	M20	160	450
4	M22	190	650
5	M24	220	800
6	M27	290	1250
7	M30	350	1650
8	M36	510	2800

^a Mutttern im Anlieferungszustand herstellereitig mit Molybdänsulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt. Im Gegensatz zu früheren Regelungen ist das Anziehmoment unabhängig vom Lieferzustand immer gleich.

Tab. 4: Vorspannen durch Drehmoment

sicher erreichbar, so dass hier alternative Verfahren angewendet werden müssen, die den Einfluss der Reibung verringern.

Für alle Schraubenverbindungen allerdings, die nicht gleitfest berechnet werden und aus anderen Gründen vorgespannt werden sollen, wie zum Beispiel zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit ist auch ein niedrigeres Vorspannkraftniveau $F_{p,c}^*$ zulässig. Dies kann beispielsweise das Vorspannkraftniveau nach der DIN 18800-7 sein.

$$F_{p,c}^* = 0,7 f_{yb} A_s$$

D.h. die Vorspannkraft beträgt 70% der Schraubenstreckgrenze. Das bedeutet, dass auch alle vorgespannten

Dabei ist das Anziehmoment für alle Oberflächenzustände der Verbindungselemente gleich.

Schraubenverbindungen, die mit Hilfe des Drehmomentverfahrens vorgespannt wurden sind in recht einfacher Weise durch Aufbringen eines gegenüber dem Anziehmoment um 10% erhöhten Prüfdrehmomentes einer Überprüfung zugänglich.

Für nicht planmäßig vorgespannte Verbindungen werden keine Überprüfungsmaßnahmen gefordert. Für planmäßig vorgespannte Verbindungen werden bei nicht vorwiegend ruhend beanspruchten Verbindungen mindestens 10% der Garnituren des ausgeführten Anschlusses geprüft und bei vorwiegend ruhend beanspruchten Verbindungen mindes-

tens 5% der Garnituren des ausgeführten Anschlusses (bei Anschlüssen mit weniger als 20 Schrauben mindestens 2 Verbindungen bzw. 1 Verbindung). Die Garnitur ist nach der Markierung (Lage der Mutter relativ zu Schraubenschaft) von der Seite, von der aus angezogen wurde, zu überprüfen.

Je nachdem, welche Weiterdrehwinkel bei der Prüfung auftreten, ist nach Tabelle 5 zu verfahren. Falls eine zweifelsfreie Prüfung nicht möglich ist (Verwendung anderer Verfahren), muss die Arbeitsweise an mindestens 10% der Verbindungen überwacht werden. Werden dabei Abweichungen von den in der jeweiligen Verfahrensprüfung festgelegten Vorgaben festgestellt, ist nach Korrektur die gesamte Ausführung des gesamten Anschlusses zu überwachen.

Überprüfen der Vorspannung bei Regelvorspannkraften

Weiterdrehwinkel	Bewertung	Maßnahme
< 30°	Vorspannung war ausreichend	Keine
30° bis 60°	Vorspannung war bedingt ausreichend	Garnitur belassen und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen
> 60°	Vorspannung war nicht ausreichend	Garnitur auswechseln ¹ und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen

¹ Lediglich bei vorwiegend ruhend beanspruchten SLV- oder SLVP-Verbindungen ohne zusätzliche Zugbeanspruchung dürfen diese überprüften Verbindungsmittel in der Konstruktion belassen werden.

Tabelle 5

Weitere in der Norm genannte Verfahren sind das Drehimpulsverfahren, das Drehwinkelverfahren sowie ein kombiniertes Verfahren, die hier nur erwähnt werden, da sie nur selten Verwendung finden. Nötigenfalls ist hier der Normtext heranzuziehen.

8.4.2 Montage nach DIN EN 1090-2

Für alle vorgespannten Verbindungen, die nicht gleitfest ausgelegt wurden ist die Vorspannung auf 70% der Schraubenstreckgrenze und damit das Drehmomentverfahren nach DIN 18800-7 ohne Einschränkung EN-konform anwendbar. In den Fällen, in denen die Verbindung gleitfest ausgelegt wurde, ist nach der DIN EN 1993-1-8 eine Vorspannung auf:

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$$

vorgesehen. Dies macht die Anwendung anderer Verfahren erforderlich, wobei hier das kombinierte Verfahren praktikabel erscheint. Dabei werden die Verbindungen mit einem Voranziehmoment angezogen, das vom Schraubenhersteller empfohlen wird oder mit

$$M_{t,1} = 0,13 d F_{p,C}$$

abgeschätzt werden kann wenn keine Herstellerempfehlung vorliegt. Danach werden die Verbindungen um jeweils in der Norm festgelegte Weiterdrehwinkel angezogen. Tabelle 6 gibt die Anziehparameter für das kombinierte Verfahren nach DIN EN 1090-2 an.

8.5 Besondere Hinweise bei der Verwendung von HV-Garnituren

- HV- Schrauben, Muttern und Scheiben sind bei der Lagerung vor Korrosion und Verschmutzung zu schützen.
- Bei Vorspannen durch Drehen des Schraubenkopfes ist eine geeignete kopfseitige Schmierung aufzubringen und eine Verfahrensprüfung durchzuführen.
- Wird eine vorgespannte Garnitur später gelöst ist sie auszubauen und durch eine neue zu ersetzen.
- Nach dem Anziehen muss das Schraubengewinde in der Regel einen vollständigen Gewindegang über die Mutter hinausragen.
- Zum Ausgleich der Klemmlänge sind auf der Seite der Garnitur, die nicht gedreht wird bis zu drei Scheiben mit einer Gesamtdicke von 12 mm zulässig.

Kombiniertes Verfahren								
Maße	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Vorspannkraft $F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$ [kN]	59	110	172	212	247	321	393	572
Voranziehmoment M_A [Nm] ¹⁾	75	190	340	490	600	940	1240	2100
Weiterdrehwinkel bzw. -umdrehungsmaß für Klemmlänge Σ								
	Gesamtnennndicke „t“ der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Scheiben) d = Schraubendurchmesser		Weiterdrehwinkel			Weiterumdrehungsmaß		
1	t < 2d		60			1/6		
2	2d ≤ t ≤ 6d		90			1/4		
3	6d ≤ t ≤ 10d		120			1/3		
Anmerkung: Ist die Oberfläche unter dem Schraubenkopf oder der Mutter (unter Berücksichtigung von gegebenenfalls eingesetzten Keilscheiben) nicht senkrecht zur Schraubenachse, sollte der erforderliche Weiterdrehwinkel durch Versuche bestimmt werden.								
¹⁾ beispielhafte Herstellerempfehlung								

Tab. 6: Vorspannen mit dem kombinierten Verfahren

9. DIREKTVERSCHRAUBUNG IN KUNSTSTOFFE UND METALLE

9.1 Direktverschraubung in Kunststoffe

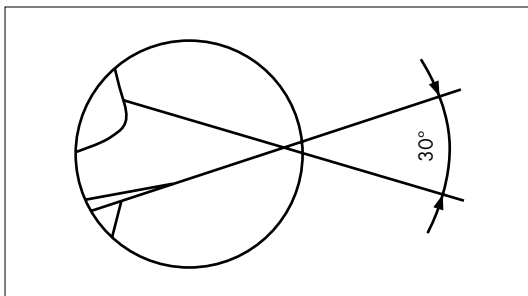
Der Einsatz von Kunststoffen gewinnt durch neue Anwendungsmöglichkeiten zunehmend an Bedeutung.

Vorteile hierbei liegen unter anderem in den Bereichen Gewichtsreduzierung, erhöhter chemischer Beständigkeit sowie im Recycling der Bauteile.

Die Direktverschraubung von Kunststoffen mit gewindeformenden Metallschrauben bietet durch ihre wirtschaftliche Montagemöglichkeit, Wiederlösbarkeit und kostengünstige Beschaffung Vorteile gegenüber anderen Verbindungsverfahren. Speziell für die Verschraubung in Kunststoffen konstruierte Verbindungselemente ermöglichen durch ihren geringeren Flankenwinkel und größerer Gewindesteigung eine höhere Prozesssicherheit gegenüber anderen Schraubentypen.

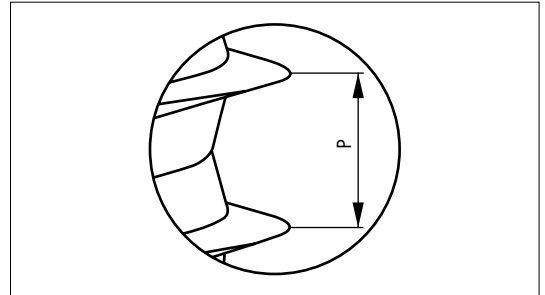
Mit der WÜPLAST®-Produktlinie bietet die Würth Industrie Service GmbH & Co. KG ihren Kunden ein lagerhaltiges Sortiment gewindeformender Metallschrauben zur Verarbeitung in Kunststoffen an. Die Fertigung der über 150 verschiedenen Abmessungen erfolgt nach Standards der Automobilindustrie.

Gewindegeometrie 30° Winkel



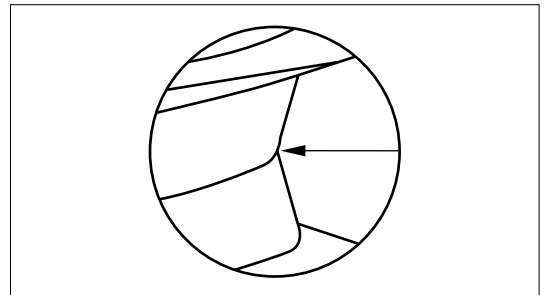
- Verringerung von Radialspannungen
Konstruktion dünner Wandstärken möglich
Einsparung an Kosten und Gewicht
Keine Beschädigung des Schraubendoms
- Größere Überdeckung zwischen Gewindeflanken und Werkstoff
höhere Ausreißkräfte erhöhen die Prozesssicherheit.

Optimierte Gewindesteigung



- Hohe Selbsthemmung
Selbstständiges Lösen der Verbindung wird reduziert
- Materialschonend
höhere Belastbarkeit der Schraubverbindung

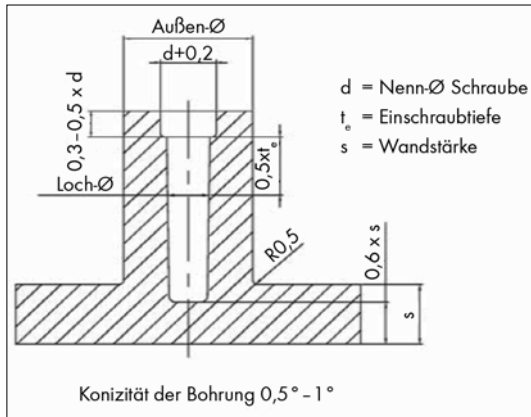
Optimierter Kerndurchmesser



- Kein Materialstau/besserer Materialfluss
keine Materialschädigung und somit Erhöhung der Montagesicherheit
- Geringere Einschraubdrehmomente
Sichere Verschraubung aufgrund größerer Differenz zwischen Einschraub- und Überdrehmoment

Durch die Kombination dieser Merkmale wird die prozesssichere Mehrfachverschraubung der WÜPLAST®-Produkte sichergestellt.

Tubegestaltung:



Bauweise:

Die Eigenschaften der WÜPLAST®-Schraube ermöglichen eine dünnwandige und flache Bauweise des Tubus.

Entlastungsbohrung:

Die Entlastungsbohrung am oberen Ende des Bohrlochs vermindert Spannungsüberlagerungen und verhindert somit ein Aufplatzen des Tubus.

Zusätzlich dient sie zur Führung der Schraube beim Montagevorgang.

Die Tubusgeometrie ist den unterschiedlichen Werkstoffen anzupassen.

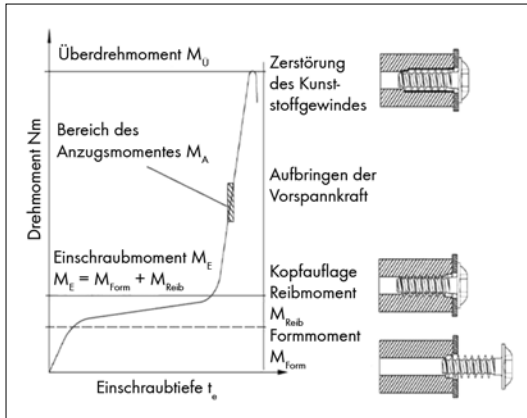
Werkstoff		Loch-Ø mm	Außen-Ø mm	Empfohlene Einschraubtiefe mm e
ABS	Acrylnitril/Butadien/Styrol	0,8x d	2x d	2x d
ASA	Acrylnitril/Styrol/Acrylester	0,78x d	2x d	2x d
PA 4.6	Polyamid	0,73x d	1,85x d	1,8x d
PA 4.6-GF30	Polyamid	0,78x d	1,85x d	1,8x d
PA 6	Polyamid	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PA 6-GF30	Polyamid	0,8x d	2x d	1,8x d
PA 6.6	Polyamid	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PA 6.6-GF30	Polyamid	0,82x d	2x d	1,8x d
PA 30GV	Polyamid	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PBT	Polybutylenterephthalat	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PBT-GF30	Polybutylenterephthalat	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PC	Polycarbonat	0,85x d	2,5x d	2,2x d*
PC-GF30	Polycarbonat	0,85x d	2,2x d	2,2x d*
PE (weich)	Polyethylen	0,7x d	2x d	2x d
PE (hart)	Polyethylen	0,75x d	1,8x d	1,8x d
PET	Polyethylenterephthalat	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PET-GF30	Polyethylenterephthalat	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PETP	Polyethylenterephthalat	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PETP 30GV	Polyethylenterephthalat	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PMMA	Polymethylmethacrylat	0,85x d	2x d	2x d
POM	Polyoxymethylen	0,75x d	1,95x d	2x d
PP	Polypropelen	0,7x d	2x d	2x d
PP-TV20	Polypropelen	0,72x d	2x d	2x d
PPO	Polyphenylenoxid	0,85x d	2,5x d	2,2x d**
PS	Polystyrol	0,8x d	2x d	2x d
PVC (hart)	Polyvinylchlorid	0,8x d	2x d	2x d
SAN	Styrol/Acrylnitril	0,77x d	2x d	1,9x d

* TnP-Test

** TnBP-Test spannungsrissempfindliche Werkstoffe

Montagehinweise

Schematischer Kurvenverlauf des Einschraubvorganges



Anzugsdrehmoment:

Voraussetzung für eine prozesssichere Verschraubung ist eine große Differenz zwischen Einschraub- und Überdrehmoment.

Das erforderliche Anziehmoment lässt sich mit nachfolgender Formel theoretisch bestimmen:

$$M_A = M_E + 1/3 \dots 1/2 (M_U - M_E)$$

Einschraub- und Überdrehmoment sind experimentell zu ermitteln.

Eine sichere Kunststoffdirektverschraubung kann nur mit drehmoment- und drehwinkelgesteuerten Montagegeräten durchgeführt werden. Die Einschraubgeschwindigkeit ist zwischen 300 U/min und 800 U/min zu wählen.

Höhere Drehzahlen führen aufgrund der Wärmeeinwirkung zu einer Schädigung des Kunststoffes sowie einer überproportionalen Abnahme der Vorspannkraft.

Sowohl die Tubusgestaltung als auch das Anzugsdrehmoment sind in der Praxis am Bauteil zu überprüfen.

9.2 Direktverschraubung in Metalle

Unter gewindefurchenden Schrauben für Metalle versteht man furchende Schrauben mit metrischem Gewinde und Blechschrauben. Diese Schrauben furchen ihr Gegengewinde selbst ohne dabei einen Span zu erzeugen. Sie können in duktilen Metallen wie z.B. Stahl oder Leicht-

baustoffen bis zu 140 HV10 oder entsprechend einer Zugfestigkeit von 450 MPa eingesetzt werden.

9.2.1 Metrische gewindefurchende Schrauben

Diese Schrauben werden in Durchgangslöchern und sehr häufig in gegossenen Kernlöchern (Aluminium oder Zinkdruckguss) angewendet.

Die DIN 7500 ist hier die älteste und weit verbreitetste Ausführung und definiert das Gewinde und die technischen Lieferbedingungen. Aber auch Schrauben wie Taptite, Duo-Taptite oder Taptite 2000 sind heute am Markt sehr gängig.

Die Schrauben furchen beim Eindrehen spanlos ein normales metrisches Muttergewinde, in welches eine konventionelle Schraube eingedreht werden kann.

In der Regel sind diese Schrauben einsatzgehärtet was bedeutet, dass die Oberfläche extrem hart und der Schraubenkern weich bzw. zäh ist.

Zur Erleichterung beim Gewindefurchen sind die Schraubenquerschnitte auf der ganzen Länge oder auch nur am Schraubenende speziell (trilobular) geformt.

Zum Ansetzen im Kernloch ist das Schraubengewinde gemäß DIN 7500 über max. 4 x P Gewindesteigung konisch.

Die gegenüber Blechschrauben kleinerer Gewindesteigung und die hohe Gewindeüberdeckung geben den Schrauben eine gewisse Sicherheit gegen selbsttätiges Lösen.

9.2.2 Schraubenverbindungen für Gewindefurchende Schrauben nach DIN 7500 (Gefu-1 und Gefu-2)

Der ideale Bohrdurchmesser für die Kernlöcher ist durch Versuche festzulegen. Gute Anhaltspunkte geben die folgenden zwei Tabellen.

Gefu-1: Die empfohlenen Kernlöcher für kalt verformbare Materialien in Abhängigkeit der Einschraublänge

Gewinde d	M3			M4			M5			M6		
	empfohlenes Toleranzfeld											
Werkstoffdicke der Einschraublänge	St	Al	Cu	St	Al	Cu	St	Al	Cu	St	Al	Cu
1,0		2,7										
1,2		2,7										
1,5		2,7			3,6			4,5				
1,6		2,7			3,6			4,5				
1,7		2,7			3,6			4,5				
1,8	2,75	2,7			3,6			4,5				
2,0	2,75	2,7	2,7		3,6			4,5			5,4	
2,2		2,75			3,6			4,5			5,4	
2,5		2,75		3,65	3,6	3,6		4,5			5,4	
3,0		2,75		3,65	3,6	3,6		4,5			5,45	
3,2		2,75		3,65	3,6	3,6	4,55	4,5	4,5		5,45	
3,5		2,75			3,6			4,55			5,45	
4,0		2,75			3,6			4,55		5,5	5,45	5,45
5,0		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6		5,5	5,45	5,45
5,5		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6			5,5	
6,0		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6			5,5	
6,3		2,75						4,65			5,5	
6,5		2,75						4,65			5,5	
7,0		2,75						4,65		5,55	5,5	5,5
7,5								4,65		5,55	5,5	5,5
8 bis ≤ 10								4,65			5,55	
>10 bis ≤ 12												
>12 bis ≤ 15												

Gefu-2: Die empfohlenen Kernlöcher für duktile Materialien

Gewinde d	M5			M6			M8		
	empfohlenes Toleranzfeld								
Werkstoffdicke der Einschraublänge	St	Al	Cu	St	Al	Cu	St	Al	Cu
1,0									
1,2									
1,5	4,5	4,5	4,5						
1,6	4,5	4,5	4,5						
1,7	4,5	4,5	4,5						
1,8	4,5	4,5	4,5						
2,0	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4			
2,2	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4	7,25	7,25	7,25
2,5	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4	7,25	7,25	7,25
3,0	4,5	4,5	4,5	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25
3,2	4,55	4,5	4,5	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25
3,5	4,55	4,55	4,55	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25

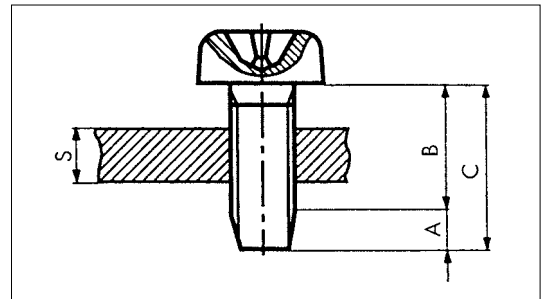
Gewinde d	M5			M6			M8		
	empfohlenes Toleranzfeld								
Werkstoffdicke der Einschraublänge	St	Al	Cu	St	Al	Cu	St	Al	Cu
4,0	4,55	4,55	4,55	5,5	5,45	5,45	7,3	7,3	7,3
5,0	4,6	4,6	4,6	5,5	5,45	5,45	7,4	7,3	7,3
5,5	4,6	4,6	4,6	5,5	5,5	5,5	7,4	7,3	7,3
6,0	4,6	4,6	4,6	5,5	5,5	5,5	7,4	7,3	7,3
6,3	4,65	4,65	4,65	5,5	5,5	5,5	7,4	7,35	7,35
6,5	4,65	4,65	4,65	5,5	5,5	5,5	7,4	7,35	7,35
7,0	4,65	4,65	4,65	5,55	5,5	5,5	7,5	7,4	7,4
7,5	4,65	4,65	4,65	5,55	5,5	5,5	7,5	7,4	7,4
8 bis ≤ 10	4,65	4,65	4,65	5,55	5,55	5,55	7,5	7,4	7,4
>10 bis ≤ 12							7,5	7,5	7,5
>12 bis ≤ 15							7,5	7,5	7,5

9.2.3 Direktverschraubungen in Metalle mit gewindefurchenden Schrauben nach DIN 7500

Schrauben DIN 7500 furchen beim Eindrehen ihr Gegengewinde spanlos durch plastische Verformung des Grundmaterials (Stahl, HB max. 135, Leichtmetalle, Buntmetalle). Schrauben aus A2 können normalerweise nur in Leichtmetalle eingedreht werden.

Festigkeitseigenschaften, Kernlochgeometrie

Bei der Wahl der Schraubenlänge ist die Länge des nicht tragenden konischen Schraubenendes zu berücksichtigen! Bei härterem Material sind die Lochdurchmesser experimentell zu ermitteln.



- A = max. 4 P
- B = mögliche tragende Gewindelänge
- C = Gesamtlänge, Toleranz js 16
- s = Materialstärke

Abb. AB

Technische Angaben	Gewinde Nenndurchmesser							
	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
Gewindesteigung P [mm]	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25
Anziehdrehmoment max.	ca. 80% des Bruchdrehmomentes							
Bruchdrehmoment min. [Nm]	0,5	1	1,5	2,3	3,4	7,1	12	29
Zugkraft min. [kN]	1,7	2,7	4	5,4	7	11,4	16	29
Materialstärke s [mm]	Kernlochdurchmesser d – H11 für Stahl, HB max. 135; gebohrt und gestanz							
2 und kleiner	1,8	2,25	2,7	3,15	3,6	4,5	5,4	7,25
4,0	1,85	2,3	2,75	3,2	3,65	4,5	5,45	7,3
6,0		2,35	2,8	3,25	3,7	4,6	5,5	7,35
8,0				3,3	3,75	4,65	5,55	7,4
10,0						4,7	5,6	7,45
12,0							5,65	7,5
14,0								7,5
16,0								7,55

Kernlöcher für Druckguss

Alle Empfehlungen sind immer durch praxisnahe Montageversuche zu überprüfen.

Allgemeines

t_1 [mm]: Oberer Lochbereich, mit verstärkter Konizität für gießtechnisch vorteilhafte Ausrundungen, Verstärkung des Dornes, Schraubenzentrierung, Verhinderung von Materialstauchung und Anpassung an kostengünstige Schraubennormlängen.

t_2/t_3 [mm]: Tragender Kernlochbereich, Anzugswinkel maximal 1°

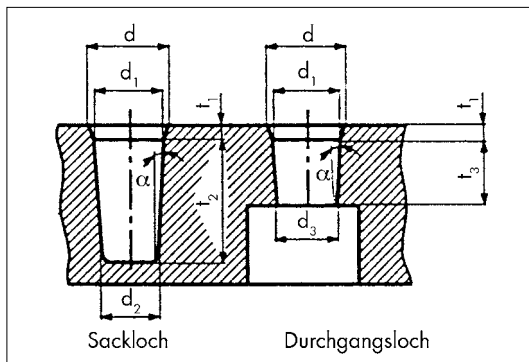


Abb. AC

Gewinde Nenndurchmesser	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
dH12 [mm]	2,7	3,2	3,7	4,3	5,3	6,4	8,4
d1 [mm]	2,36	2,86	3,32	3,78	4,77	5,69	7,63
d2 [mm]	2,2	2,67	3,11	3,54	4,5	5,37	7,24
d3 [mm]	2,27	2,76	3,23	3,64	4,6	5,48	7,35
Toleranzen für d1, d2, d3 in [mm]	+0 -0,06	+0 -0,06	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,09
t1 [mm]	variabel, minimum 1x Gewindesteigung P						
t2 [mm]	5,3	6	6,9	7,8	9,2	11	14
Toleranzen für t2 in [mm]	+0,2 -0,0	+0,2 -0,0	+0,6 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0
t3 [mm]	2,5	3	3,5	4	5	6	8

9.3 Blechschrauben

9.3.1 Blechschraubenverbindungen

Die folgenden Beispiele für Schraubenverbindungen gelten für Blechschrauben mit Gewinde nach DIN EN ISO 1478. Blechschrauben der Form C mit Spitze (auch Suchspitze genannt) werden vorzugsweise verwendet. Dies gilt besonders beim Verschrauben mehrerer Bleche, bei denen mit Lochversatz gerechnet werden muss.

Mindestwert der Gesamtdicke der zu verschraubenden Bleche

Die Blechdicken der zu verschraubenden Teile müssen zusammen größer sein, als die Steigung des Gewindes der gewählten Schraube, da sonst wegen des Gewindeauslaufes unter dem Schraubenkopf ein hinreichend großes Anziehdrehmoment nicht aufgebracht werden kann. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so können Blechschraubenverbindungen entsprechend den Bildern 3 bis 6 angewendet werden.

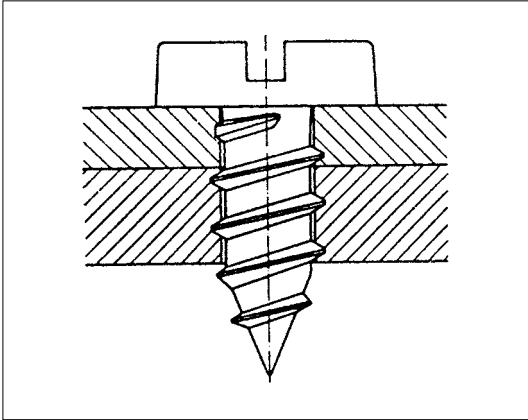


Bild 1: Einfache Verschraubung (zwei Kernlöcher)

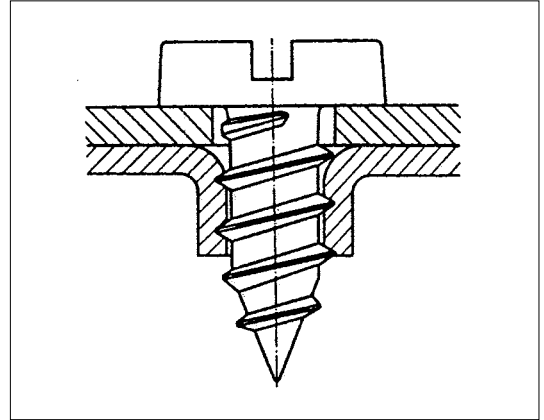


Bild 4: Kernloch durchgezogen (dünne Bleche)

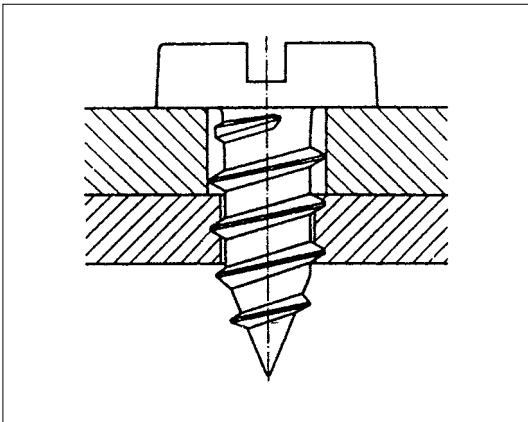


Bild 2: Einfache Verschraubung mit Durchgangsloch

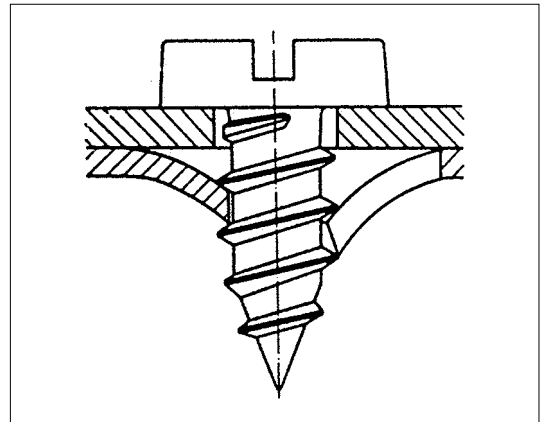


Bild 5: Presslochverschraubung

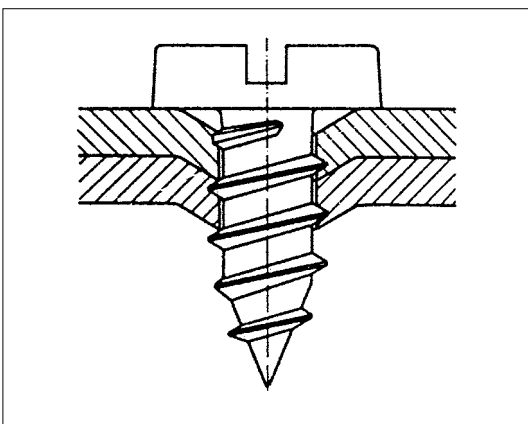


Bild 3: Kernloch aufgedornt (dünne Bleche)

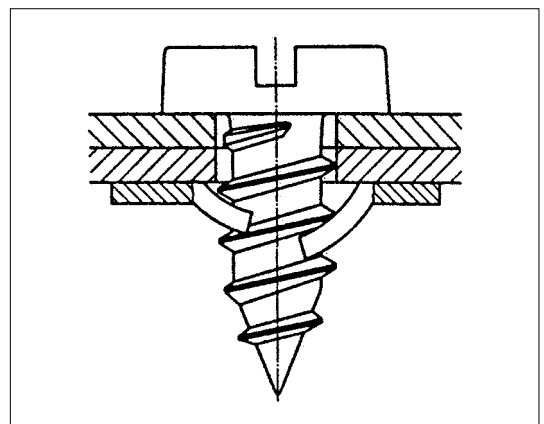


Bild 6: Verschraubung mit Klemmutter

Kernlochdurchmesser

Die in den folgenden Tabellen angegebenen Kernlochdurchmesser gelten unter folgenden Voraussetzungen:

- Einfache Blechschraubenverbindung entsprechend Abbildung Z
- Kernloch gebohrt
- Blechschraube einsatzvergütet und unbeschichtet
- Einschraubdrehmoment $\leq 0,5 \times$ Mindestbruchmoment
- Verschraubung nur in Stanzrichtung
- Gestanzte Löcher evtl. 0,1–0,3 mm größer wählen

Bei anderen Schrauben- oder Blechwerkstoffen sollten eigene Vorversuche durchgeführt

Richtwerte für den Kernlochdurchmesser

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_k für Gewindegröße ST 2,2									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
0,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
0,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
1,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
1,1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8
1,2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9
1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9
1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_k für Gewindegröße ST 2,9									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
1,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
1,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
1,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4
1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
1,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
1,8	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5
1,9	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5
2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_k für Gewindegröße ST 3,5									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,3	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8
1,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8
1,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9
1,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9
1,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9
1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9
1,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0
2,0	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
2,2	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2,5	2,7	2,7	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
2,8	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_k für Gewindegröße ST 3,9									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1
1,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1
1,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2
1,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2
1,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3
1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3
1,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3
2,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3
2,2	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4
2,5	3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4
2,8	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_k für Gewindegröße ST 4,2									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,4	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4
1,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4
1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4
1,7	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
1,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5
1,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5
2,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5
2,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6
2,5	3,2	3,2	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6
2,8	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
3,0	3,2	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7
3,5	3,3	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7

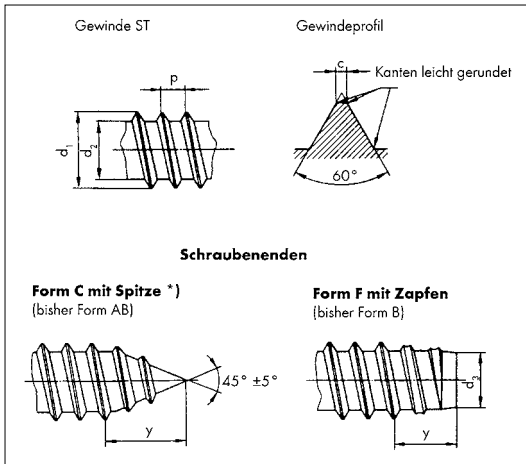
Blechedicke s	Kernlochdurchmesser d_b für Gewindegröße ST 4,8									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	
1,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	
1,8	3,6	3,6	3,6	3,6	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	
1,9	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	
2,0	3,6	3,6	3,6	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	
2,2	3,6	3,6	3,7	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	
2,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	
2,8	3,6	3,8	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	
3,0	3,7	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	
3,5	3,8	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	
4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	

Blechedicke s	Kernlochdurchmesser d_b für Gewindegröße ST 8									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
2,1	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	
2,2	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,8	6,8	6,9	7,0	
2,5	6,3	6,3	6,5	6,7	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1	
2,8	6,3	6,4	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	
3,0	6,3	6,5	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	
3,5	6,4	6,8	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	
4,0	6,7	6,9	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	
4,5	6,8	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,4	
5,0	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	
5,5	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	
6,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	
6,5	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	

Blechedicke s	Kernlochdurchmesser d_b für Gewindegröße ST 5,5									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,8	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	
1,9	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	
2,0	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	
2,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	
2,5	4,2	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	
2,8	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	
3,0	4,2	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	
3,5	4,4	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	
4,0	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	
4,5	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	5,0	

Blechedicke s	Kernlochdurchmesser d_b für Gewindegröße ST 6,3									
	Werkstoff-Festigkeit R_m N/mm ²									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,4	
1,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	
2,0	4,9	4,9	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	
2,2	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	
2,5	4,9	5,0	5,2	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,6	
2,8	4,9	5,2	5,3	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	
3,0	4,9	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	
3,5	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	
4,0	5,3	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	
4,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
5,0	5,5	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	

9.3.2 Gewinde für Blechschrauben



Die Abmaße für Blechschrauben wie Steigung und Durchmesser sind für ST 1,5 bis ST 9,5 in Tabelle 48 abgebildet.

Gewindegröße		ST 1,5	ST 1,9	ST 2,2	ST 2,6	ST 2,9	ST 3,3	ST 3,5
P	«	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,3
	max.	1,52	1,90	2,24	2,57	2,90	3,30	3,53
¹ min.		1,38	1,76	2,1	2,43	2,76	3,12	3,35
	max.	0,91	1,24	1,63	1,90	2,18	2,39	2,64
d ₂ min.		0,84	1,17	1,52	1,80	2,08	2,29	2,51
	max.	0,79	1,12	1,47	1,73	2,01	2,21	2,41
d ₃ min.		0,69	1,02	1,37	1,60	1,88	2,08	2,26
c	max.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
y	Form C	1,4	1,6	2	2,3	2,6	3	3,2
Hilfsmaß ¹⁾	Form F	1,1	1,2	1,6	1,8	2,1	2,5	2,5
Nummer ²⁾		0	1	2	3	4	5	6

Gewindegröße		ST 1,5	ST 1,9	ST 2,2	ST 2,6	ST 2,9	ST 3,3	ST 3,5
P	«	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,3
	max.	1,52	1,90	2,24	2,57	2,90	3,30	3,53
¹ min.		1,38	1,76	2,1	2,43	2,76	3,12	3,35
	max.	0,91	1,24	1,63	1,90	2,18	2,39	2,64
d ₂ min.		0,84	1,17	1,52	1,80	2,08	2,29	2,51
	max.	0,79	1,12	1,47	1,73	2,01	2,21	2,41
d ₃ min.		0,69	1,02	1,37	1,60	1,88	2,08	2,26
c	max.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
y	Form C	1,4	1,6	2	2,3	2,6	3	3,2
Hilfsmaß ¹⁾	Form F	1,1	1,2	1,6	1,8	2,1	2,5	2,5
Nummer ²⁾		0	1	2	3	4	5	6

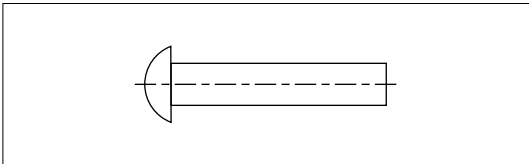
10. NIETTECHNIK

10.1 Niettypen

10.1.1 Vollniete

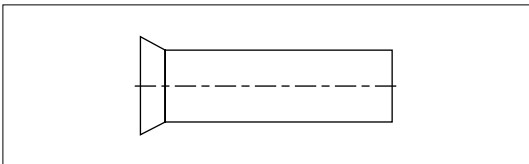
Vollniete werden immer weniger eingesetzt. Sie sind vielfach durch das Schweißen oder auch durch das Kleben ersetzt worden.

Die gebräuchlichste Kopfform ist der Halbrundkopf (DIN 660 (bis 8 mm), DIN 124 (ab 10 mm)), der gelegentlich noch im Stahlbau eingesetzt wird. Auch hier wird jedoch das Nieten vielfach durch Verschrauben mit HV-Elementen ersetzt.



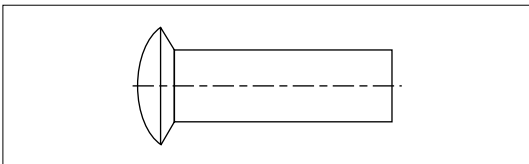
Halbrundkopf

Senkniete DIN 661 (bis 8 mm), DIN 302 (ab 10 mm) werden überall dort eingesetzt, wo der Nietkopf nicht vorstehen darf. Die Verbindung ist jedoch weniger hoch belastbar.



Senkkopf

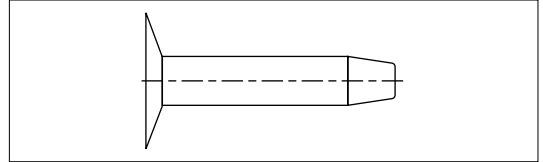
Linsenniete (DIN 662) werden noch vielfach bei Stufen, Trittfächern und Laufgängen eingesetzt, wenn die Oberfläche griffig und ohne Unfallgefahr begehbar sein soll.



Linsensenkopf

Flachsenknie (DIN 675) werden dem großen Senkwinkel von 140° wegen, sehr oft zum Verbinden von wei-

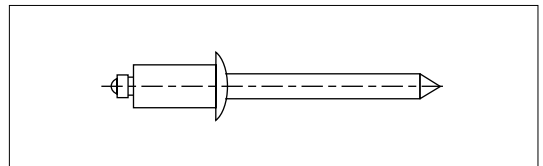
chen Materialien wie Leder, Filz, Gummi (kein Ausreißen) eingesetzt.



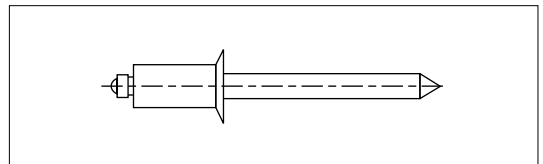
Flachsenknie

10.1.2 Hohlните

Im Gegensatz zu Vollnieten sind Hohlните nach wie vor gefragt. Vor allem die Blindniete haben im letzten Jahrzehnt enormen Aufschwung genommen, da sie relativ einfach zu verarbeiten sind.



Blindniet Halbrundkopf



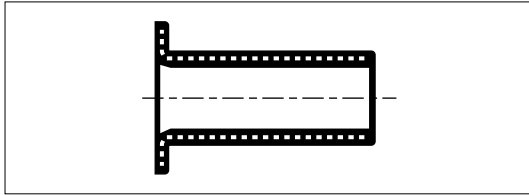
Blindniet Senkkopf

Nietstifte sind einfache zylindrische Stahlstifte, deren Stirnfläche auf 120° versenkt oder mit einer kurzen Bohrung versehen sind. Die Stirnflächen werden nur etwas aufgetrieben, um die Stifte vor dem Herausfallen zu sichern. Deshalb ist auch nur eine Belastung auf Abschneiden zulässig.

10.1.3 Rohrните

Rohrniete (DIN 7339 (aus Band), 7340 (aus Rohr)) sind zylindrische Hülsen, die an einem Ende einen flachen Rand besitzen. Das andere Ende wird beim Verarbeiten mit einem speziellen Werkzeug umgebördelt. Diese Art von Niet wird häufig zur Verbindung von Metallteilen mit empfindlichen Werkstoffen (Leder, Karton, Kunststoffe) in

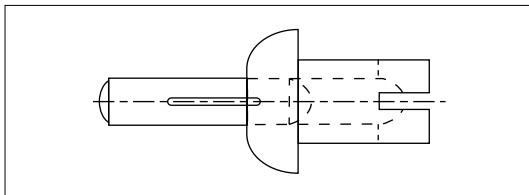
der Elektrotechnik und der Spielwarenindustrie verwendet. Ein weiterer Vorteil dieser Rohrniete: Durch den sehr sauberen Hohlraum können Kabel geführt werden.



Hohlriet einteilig

10.1.4 Spreizniete

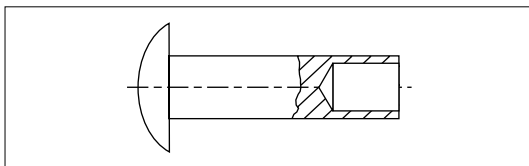
Spreizniete (Hammerschlagniete). Bei diesen Nieten ist kein besonderes Werkzeug erforderlich. Mit einem Hammer wird ein angespresster Kerbstift oder ein geriffelter Spreizdorn in den Hohlkörper eingeschlagen. Dadurch entsteht eine feste Vernietung mit guten Eigenschaften gegen Vibrationen.



Spreizriet

10.1.5 Halbhohlriete

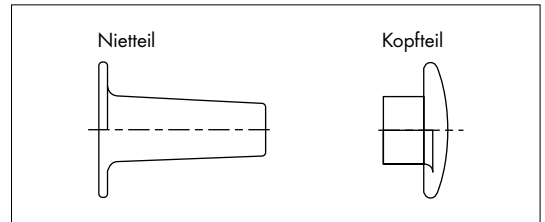
Diese Nietart (DIN 6791 und DIN 6792) zeichnet sich dadurch aus, dass nur noch das Nietende verarbeitet werden muss. Gleicher Einsatz wie Nietstifte.



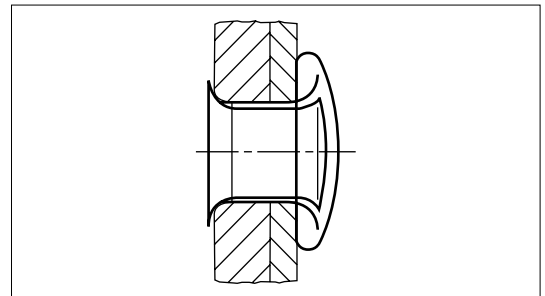
Halbrundkopf
Halbhohlriet

10.1.6 Zweiteiliger Hohlriet

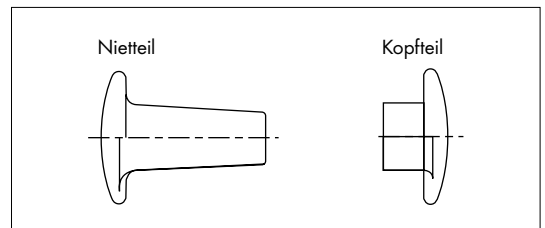
Diese Nietart wird sehr häufig für untergeordnete Zwecke verwendet. Es wird unterschieden nach der Form des Nietteils:



Form A Nietteil offen



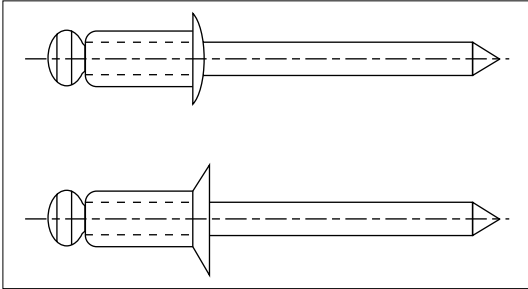
Verarbeitet



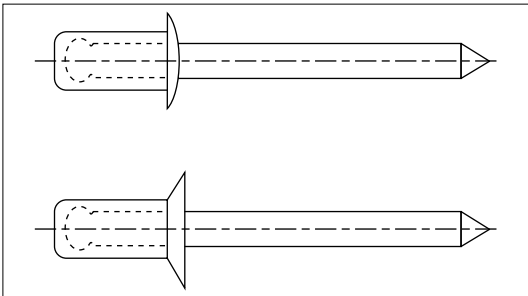
Form B Nietteil geschlossen

10.1.7 Blindniete

Diese Nietart hat sehr stark an Bedeutung zugenommen, besonders beim Verbinden von dünnwandigen Blechen oder bei Hohlprofilkonstruktionen. Der große Vorteil liegt außerdem darin, dass der Niet von einer Seite her setzbar ist, also blind montiert wird. Der Niet besteht aus der Niethülse und einem Dorn. Grundsätzlich werden zwei Formen unterschieden: Geschlossene Blindniete (Becherblindniete) eignen sich zur Herstellung von Spritzwasserdichten Verbindungen.



Blindniet offen (Standardform)

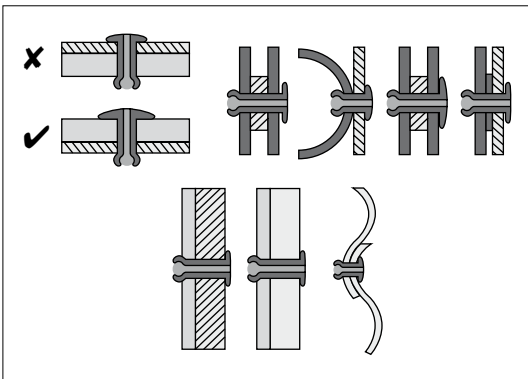


Blindniet geschlossen (Becherblindniet)

10.2 Verarbeitungshinweise

10.2.1 Verbindung von harten mit weichen Materialien

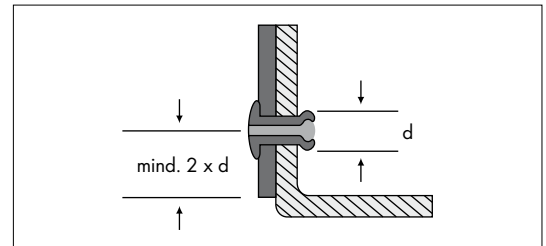
Weich- und Hartteile werden oft mit Hilfe einer zusätzlichen Unterlegscheibe am Hülsenkopf, die gegen das weiche Material gedrückt wird, befestigt. Eine weitaus bessere Methode ist, wenn man einen Niet mit einem großen Flachrundkopf benutzt und den Hülsenkopf gegen das harte Material setzt.



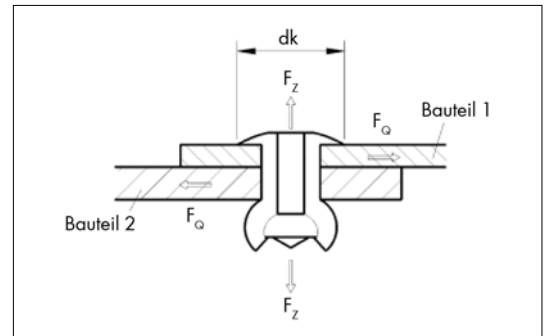
Zu empfehlen sind für diesen Anwendungsfall Softkralenblindniete, Blindniete mit gerilltem Nietschaft, Allzweckniete (Presslaschenniete).

10.2.2 Eckabstände bei Verbindungen:

Für eine größtmögliche Verbindungsfestigkeit sollte der Abstand von der Mittelachse des Niets zur Kante des Werkstückes nicht weniger als den doppelten Hülsendurchmesser betragen.



10.3 Begriffe und mechanische Kenngrößen

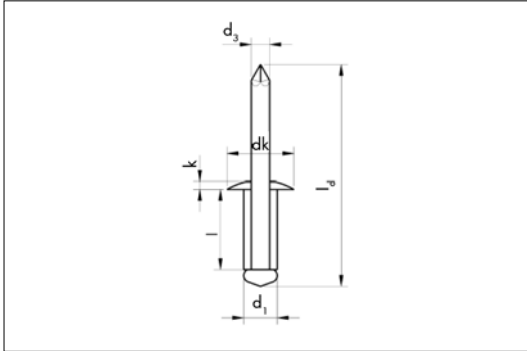


d_k Kopfdurchmesser

F_z Zugkraft, die auf die Hülse wirkt

F_Q Scherkraft, die auf die Hülse wirkt

Stoßblechverbindung



- d_1 Hülsendurchmesser
- d_3 Dorndurchmesser
- d_k Kopfdurchmesser
- l Hülslänge
- l_d Dornlänge
- k Kopfhöhe

10.4 Verarbeitung von Blindnieten

Der Niet wird mit dem Nietdorn in das Mundstück des Verarbeitungswerkzeuges und mit der Niethülse in das Bohrloch eingeführt. Beim Betätigen des Werkzeuges greifen die Spannbacken den Dorn und ziehen ihn zurück. (Bild 1)

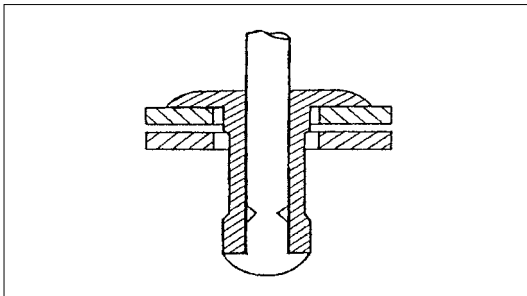


Bild 1

Durch die Zugbewegung beginnt der Nietkopf die Hülse umzuformen, dadurch entsteht gleichzeitig ein festes Zusammenpressen der zu verbindenden Werkstücke. (Bild 2)

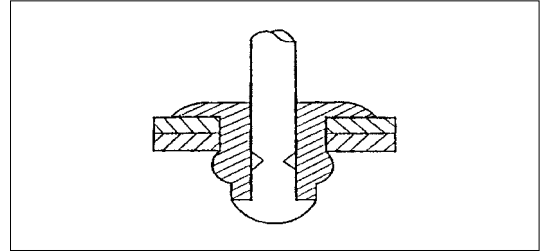


Bild 2

Innerhalb der Materialbohrung wird die Hülse an die Lochwandung gepresst und zugleich von der „Blindseite“ weiter zum Schließkopf ausgeformt. Der Dorn reißt an der vorbestimmten Sollbruchstelle ab, während der in der Niethülse verbleibende Restnietdorn fest von der Niethülse verschlossen wird. (Bild 2)

Die Nietverbindung ist hergestellt und bedarf keiner Nachbearbeitung. (Bild 3)

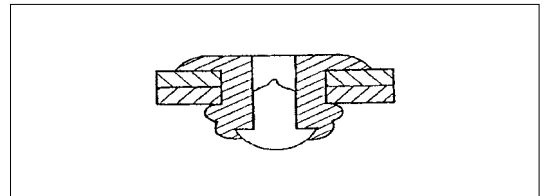
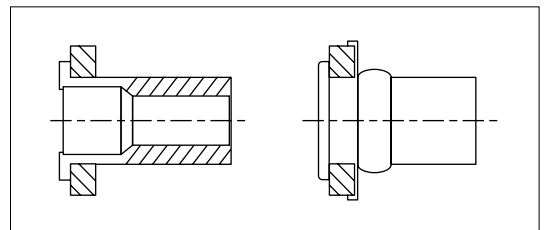


Bild 3

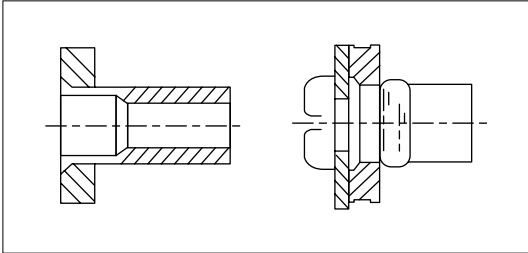
10.5 Einnietmuttern

Diese Muttern werden hauptsächlich bei Hohlkörpern eingesetzt, weil sie nur von einer Seite her gesetzt werden können (Blindmontage). Der sehr universelle Bereich liegt bei Materialdicken von 0,5–7,5 mm.



Blindnietmutter Flachkopf

Einnietmuttern kombinieren 2 Befestigungsarten: Blindnietverbindung und eine zusätzliche Schraubverbindung.



Blindnietmutter Senkkopf

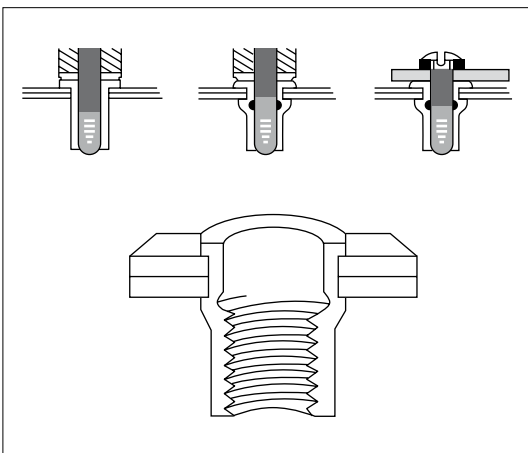
Dadurch besteht vor allem die Möglichkeit, Schraubverbindungen in relativ dünnwandigen Konstruktionselementen einzusetzen.

10.5.1 Verarbeitung von Einnietmuttern

Die Verarbeitung von Blindnietmuttern erfolgt ähnlich wie bei Blindnieten.

Die Blindnietmutter wird auf den Gewindedorn des Verarbeitungswerkzeuges aufgeschraubt.

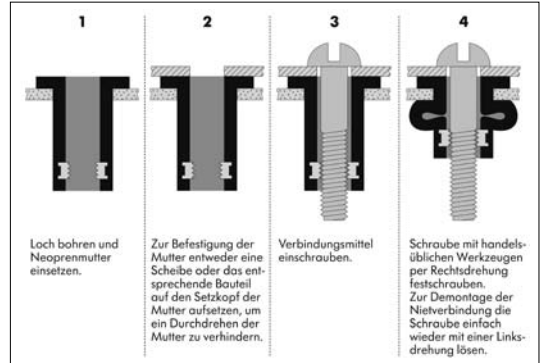
Anschließend wird die Mutter in die Vorbereitete Bohrung eingeführt. Beim betätigen des Werkzeugs wird der Gewindedorn zurückgezogen. Durch die Zugbewegung beginnt der Gewindedorn die Hülse umzuformen, dadurch entsteht gleichzeitig ein festes Zusammenpressen der zu verbindenden Werkstücke.



10.5.2 Sonderformen von Einnietmuttern

Neopren-Einnietmutter

Lösbare, elektrisch isolierende Nietverbindung mit schwingungs- und geräuschhemmender Funktion für die Befestigung von Metall- und Kunststoffverbindungen.



Verarbeitungsvorgang

Ausführung: Flachrundkopf.

Material: Nietkörper aus Neopren (EPDM) mit Messinginsatz.

Härte: 60 Shore.

Vorteile: Verarbeitung in Blind- oder Sacklochbohrungen. Doppelfunktion als Gewindeträger oder Befestiger. Luft- und feuchtigkeitsdichte Verbindung. Ideal für unterschiedliche Materialien.

Mögliche Verarbeitungstemperaturen: -30°C bis $+80^{\circ}\text{C}$. Ozonbeständig.

Anwendungsgebiete:

Elektronikbau, Fahrzeugbau, Anhängerbau, Schilderbau, Stahlbau, Anlagenbau, Klima- und Kältetechnik, Agrartechnik

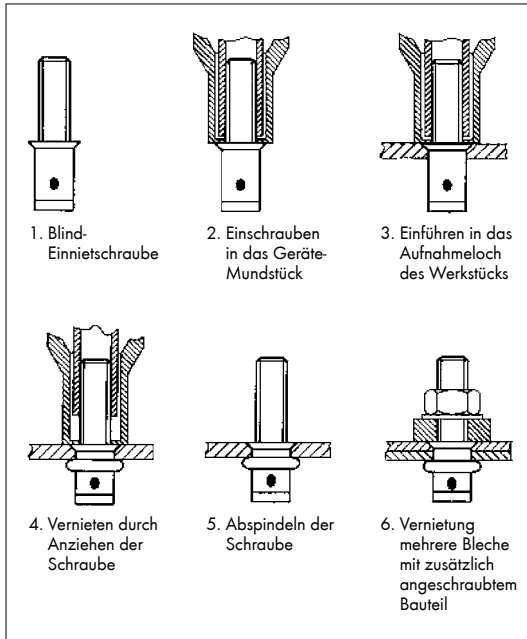
10.6 Einnietschrauben

Die Verarbeitung von Einnietschrauben erfolgt analog den Einnietmuttern. Die Einnietschraube wird in die Gewindehülse des Verarbeitungswerkzeuges eingeschraubt. Anschließend wird die Nietenhülse in die vorbereitete Bohrung eingeführt.

Beim Betätigen des Werkzeugs wird die Gewindehülse zurückgezogen. Durch die Zugbewegung beginnt der Gewindedorn die Hülse umzuformen, dadurch entsteht

gleichzeitig ein festes zusammenpressen der zu verbindenden Werkstücke.

Diese Verbindungsart ergibt hochbelastbare Schraubgewinde in dünnwandigen Materialien.



Verarbeitungsvorgang

10.7 Trouble Shooting

10.7.1 Klemmbereich zu groß gewählt:

- Der Dorn reißt nicht an der Sollbruchstelle ab, somit kann es vorkommen, dass der Dorn noch nach der Verarbeitung aus der gezogenen Hülse heraussteht.
- Die Verbindung weist nur geringe oder keine Zug- bzw. Scherfestigkeiten auf.

10.7.2 Klemmbereich zu klein:

- Die Verbindung weist Schwachpunkte im Bereich der Zug- und Scherfestigkeit auf.
- Der Nietdorn reißt zwar an der Sollbruchstelle ab, steht aber aus der Hülse heraus.

10.7.3 Bohrung zu groß:

- Niet kann zwar eingeführt werden, es entsteht aber keine hohe Verbindungsfestigkeit, da das Material der Hülse nicht ausreicht, um das Bohrloch auszufüllen.

10.7.4 Bohrung zu klein:

- Die Niethülse kann nicht ins Material eingeführt werden, da der Niethülsendurchmesser größer als das vorhandene Bohrloch ist.

Weitere Montagefehler können bei der falschen Auswahl des Mundstückes oder des Verarbeitungswerkzeuges auftreten.

10.8 Begriffserklärung

10.8.1 Becher-Blindniet:

Auch Dichtblindniet genannt. Seine Blindniethülse ist mit dem Kopf Becherförmig verbunden und weist gegenüber offenen Blindnieten Spritzwasserfestigkeit auf.

10.8.2 Klemmbereich:

Der Bereich, in dem ein Blindniet mit einer vorgegebenen Niethüslenlänge seine Nietaufgabe einwandfrei erfüllt.

Der Klemmbereich der Bauteile ist die Summe aller zu verbindenden Bauteile.

10.8.3 Mehrbereichsblindniet:

Blindniet, der mehrere Klemmbereiche in einem Niet vereinigt (Klemmbereich bis 20 mm möglich).

10.8.4 Niethülsendurchmesser:

Der Außendurchmesser der Niethülse. Wird häufig auch als Schaftdurchmesser bezeichnet.

10.8.5 Niethüslenlänge:

Bei der Blindnietausführung mit Flachrundkopf ist die Niethüslenlänge bis zum Anfang des Flachrundkopfes zu messen.

Bei der Senkkopfausführung ist die Niethüslenlänge die Gesamtlänge einschließlich des Senkkopfes und der Hülse.

10.8.6 Schließkopf:

Der Teil der Blindniethülse, der nach der Verarbeitung durch den Kopf des Nietdornes verformt wird.

10.8.7 Setzkopf:

Der werkseitig angeformte Kopf an der Blindniethülse, der nicht verformt wird. Er wird als Rund- oder als Senkkopf ausgeführt.

10.8.8 Sollbruchstelle:

Jeder Dorn besitzt Einkerbungen, an denen er bei maximaler Verformung der Niethülse abreißt.

