

Technische Informationen zu Verbindungselementen

1 Verbindungselemente aus Stahl

- 1.1 Werkstoffe für Verbindungselemente
- 1.2 Mechanische Eigenschaften von Stahlschrauben
 - Begriffsdefinitionen
 - 1.2.1 Zugversuch
 - 1.2.2 Zugfestigkeit R_m (N/mm²)
 - 1.2.3 Streckgrenze R_e (N/mm²)
 - 1.2.4 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ (N/mm²)
 - 1.2.5 Festigkeitsklassen
 - 1.2.6 Bruchdehnung A_5 (%)
 - 1.2.7 Härte und Härteprüfverfahren
- 1.3 Festigkeitsklassen von Schrauben
 - 1.3.1 Prüfkräfte
 - 1.3.2 Eigenschaften von Schrauben bei erhöhten Temperaturen
- 1.4 Festigkeitsklassen von Mutter
- 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 ISO 898, Teil 2)
- 1.6 Anzugsdrehmoment und Vorspannkraft von metrischen Schrauben
 - 1.6.1 Anzugsdrehmoment und Vorspannkraft von
 - Sicherungsschrauben und Muttern
 - Flanschschrauben und Muttern
 - 1.6.2 Mechanische Eigenschaften von Gewindestiften (nach ISO 898, Teil 5)
- 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 Eigenschaften von Edelstahlschrauben bei erhöhten Temperaturen
 - 2.1.4 Anhaltswerte für Anzugsdrehmomente
- 2.2 Korrosionsbeständigkeit von A2 und A4
 - 2.2.1 Flächen- oder 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 DIN-ISO Informationen

4 Herstellung

- 4.1 Herstellung von Schrauben und Muttern
- 4.2 Spanlose Formung - Kaltformung
- 4.3 Spanlose Formung - Warmformung
- 4.4 Spanende Formung
- 4.5 Wärmebehandlung
 - 4.5.1 Vergüten
 - 4.5.2 Einsatzhärten
 - 4.5.3 Glühen

5 Oberflächenschutz von Stahlschrauben

- 5.1 Bezeichnungssystem nach DIN ISO 4042
- 5.2 Korrosionsbeständigkeit in Abhängigkeit der Schutzschichten
 - 5.2.1 Vergleich der Beständigkeit unterschiedlicher Passivierungen

6 Dimensionierung von metrischen Stahlverbindungen

7 Schrauben für den Stahlbau

- 7.1 Was heißt HV-Verbindung
- 7.2 Abmessungen und Klemmlängen
- 7.3 Atmosphärische Korrosion
- 7.4 Verbindungen nach DIN 18800 (Nov. 1990)
- 7.5 Montage / Vorspannen
- 7.6 Prüfen
- 7.7 Geregelte Bauprodukte der Bauregelliste A Teil 1
- 7.8 Hinweis zur Prüfbescheinigung 3.1 B
- 7.9 Sechskantschrauben nach DIN 7990

8 Blechschrauben und gewindefurchende Schrauben

- 8.1 Blechschraubenverbindungen
- 8.2 Gewinde für Blechschrauben
- 8.3 Schraubenverbindungen für Gewindefurchende Schrauben nach DIN 7500 (Gefu-1 und Gefu-2)
- 8.4 Direktverschraubung von Gefu-Schrauben in Metalle

9 ZEBRA Pias/Piasta Bohrschrauben, Flügelpias

- 9.1 Vorteil und Nutzen von Pias/Piasta Bohrschrauben
- 9.2 Auswahl der Bohrspitzenlänge
- 9.3 Auswahl des Schrauben-Werkstoffs
- 9.4 Beispiel zu Auswahl
 - 9.4.1 Zugbeanspruchung
 - 9.4.2 Scherbeanspruchung
- 9.5 Belastungswerte für Pias
- 9.6 Belastungswerte für Piasta
- 9.7 Flügelpias
 - 9.7.1 Funktionsprinzip von Flügelpias
 - 9.7.2 Einsatzbereich von Flügelpiasta

10 Niettechnik

- 10.1 Anwendungstechnik im Nietbereich
- 10.2 Begriffe und mechanische Kenngrößen
- 10.3 Trouble Shooting
- 10.4 ABC der Niettechnik

11 Konstruktionsempfehlungen

- 11.1 Innenantriebe für Schrauben
- 11.2 Richtwerte für den Anziehfaktor α_A
- 11.3 Berechnungsbeispiel (Vorspannkraft, Anziehdrehmoment)
- 11.4 Bauaufsichtliche Zulassung in Schwimmhallen-Atmosphäre
- 11.5 Paarung verschiedener Elemente / Kontaktkorrosion
- 11.6 Verschraubung von thermoplastischen Kunststoffen
- 11.7 Statische Scherkräfte für Spannstiftverbindungen

12 Vergleichstabellen

1 Verbindungselemente aus Stahl

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.

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

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

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

Festigkeitsklasse	Werkstoff und Wärmebehandlung	Chemische Zusammensetzung (Massenanteil in %) (Stückanalyse)				Anlasstemperatur °C	Die wichtigsten Stähle	
		C min.	C max.	P max.	S max.			B ^{a)} max.
3.6 ^{b)}	Kohlenstoffstahl	–	0,20	0,05	0,06	0,003	–	Q St 36-3,
4.6 ^{b)}		–	0,55	0,05	0,06		–	Q St 38-3
4.8 ^{b)}								
5.6		0,13	0,55	0,05	0,06		–	Cq22, Cq35
5.8 ^{b)}		–	0,55	0,05	0,06		–	Cq22, Cq35
6.8 ^{b)}								
8.8 ^{c)}	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,15 ^{d)}	0,40	0,035	0,035	425	19Mn B4, 22 B2, 35 B2, Cq45, 38 Cr2, 46 Cr2, 41 Cr4	
	Kohlenstoffstahl, abgeschreckt und angelassen	0,25	0,55	0,035	0,035			
9.8	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,15 ^{d)}	0,35	0,035	0,035	425		
	Kohlenstoffstahl, abgeschreckt und angelassen	0,25	0,55	0,035	0,035			
10.9 ^{e) f)}	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,15 ^{d)}	0,35	0,035	0,035	340	35 B2, 34 Cr4, 37 Cr4, 41 Cr4	
10.9 ^{f)}	Kohlenstoffstahl abgeschreckt und angelassen	0,25	0,55	0,035	0,035	425	35 B2, 34 Cr4, 37 Cr4, 41 Cr4	
	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,20 ^{d)}	0,55	0,035	0,035			
	legierter Stahl, abgeschreckt und angelassen ^{g)}	0,20	0,55	0,035	0,035			
12.9 ^{f) h) i)}	legierter Stahl, abgeschreckt und angelassen ^{g)}	0,28	0,50	0,035	0,035	380	Cr4, 41 Cr4, 34CrMo4, 42 Cr Mo4, 34 Cr Ni Mo 6, 30 Cr Ni Mo 8	

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

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

^{c)} Für Nenndurchmesser über 20 mm kann es notwendig sein, einen für die Festigkeitsklassen 10.9 vorgesehenen Werkstoff zu verwenden, um eine ausreichende Härte sicherzustellen.

^{d)} Bei Kohlenstoffstählen mit Bor als Zusatz und einem Kohlenstoffgehalt unter 0,25% (Schmelzanalyse) muss ein Mangengehalt von mindestens 0,60% für Festigkeitsklasse 8.8 und 0,70% für Festigkeitsklasse 9.8 und 10.9 vorhanden sein.

^{e)} Für Produkte aus diesen Stählen muss das Kennzeichen der Festigkeitsklasse unterstrichen sein (siehe Abschnitt 9). 10.9 muss alle in Tabelle 3 für 10.9 festgelegten Eigenschaften erreichen. Die geringere Anlasstemperatur bei 10.9 ergibt jedoch ein unterschiedliches Spannungsrelaxationsverhalten bei höheren Temperaturen.

^{f)} Der Werkstoff für diese Festigkeitsklassen muss ausreichend hartbar sein um sicherzustellen, dass im Gefüge des Kernes im Gewindeteil ein Martensitanteil von ungefähr 90% in gehärtetem 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 Kombination festgelegt sind und geringere Legierungsanteile haben, als oben angegeben, dann ist der für die Klassifizierung anzuwendende Grenzwert 70% der Summe der oben angegebenen Einzelsegmente für die zwei, drei oder vier betreffenden Elemente.

^{h)} Für die Festigkeitsklasse 12.9 ist eine metallographisch feststellbare, mit Phosphor angereicherte weiße Schicht an Oberflächen, die auf Zug beansprucht werden, nicht zulässig.

ⁱ⁾ Die chemische Zusammensetzung und die Anlasstemperatur werden zur Zeit untersucht.

Tab. 1: Auszug aus DIN EN ISO 898 Teil 1

Zusatz „-2“ zum Kennzeichnen der Festigkeitsklasse

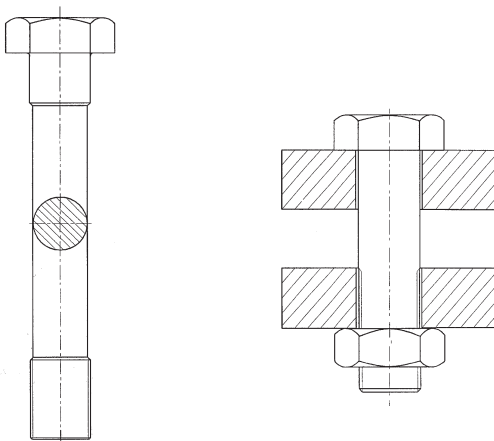
Durch den Zusatz **-2** (Festigkeitsklassen **4.6-2 / 5.6-2 / 5.2**) zum Kennzeichnen der Festigkeitsklasse ist Thomasstahl ausgeschlossen. Ferner ist bei Schrauben 4.6-2 Mindestkerbschlagarbeit von 25 Joule (ISO-Rundkerbprobe) vorgeschrieben (siehe auch DIN 267 Teil 13). Das Thomas-Verfahren ist ein Verfahren zur Stahlerzeugung – auch basisches Windfrischverfahren genannt.

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).



Zugversuch an abgedrehter Schraube

Abb. A

Zugversuch an ganzer Schraube

Abb. B

Bei rost- und säurebeständigen Schrauben mit der Stahlgruppe A1–A5 ist der Zugversuch nach DIN ISO 3506 an ganzen Schrauben durchzuführen.

1.2.2 Zugfestigkeit R_m (N/mm²)

Die Zugfestigkeit R_m gibt an, ab welcher Zugspannung es zu einem Bruch der Schraube kommen darf. Sie ergibt sich aus der Höchstkraft und dem entsprechenden Querschnitt. Der Bruch darf 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):

$$R_m = \text{maximale Zugkraft/Querschnittsfläche} = F/S_0 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

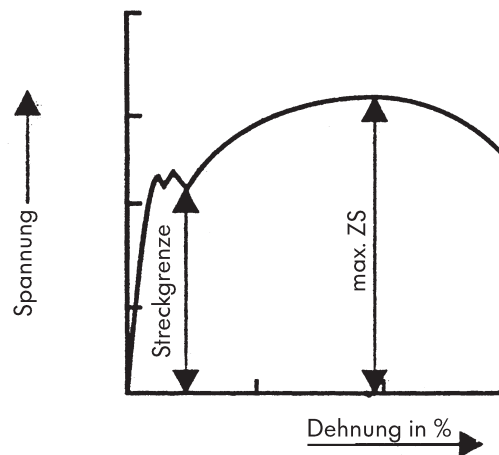
Zugfestigkeit bei Bruch im Gewinde:

$$R_m = \text{maximale Zugkraft/Spannungsquerschnitt} = F/A \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

A_s Spannungsquerschnitt

1.2.3 Streckgrenze R_e (N/mm²)

Nach DIN EN ISO 898 Teil 1 kann die genaue Streckgrenze nur an abgedrehten Proben ermittelt werden (Ausnahme: rost- und säurebeständige Schrauben, Stahlgruppe A1–A5). Die Streckgrenze gibt an, ab welcher Spannung trotz zunehmender Verlängerung die Zugkraft erstmalig gleichbleibt oder geringer wird. Sie stellt den Übergang zwischen dem elastischen in den plastischen Bereich dar. Der qualitative Verlauf einer 4.6-Schraube (weicher Stahl) im Spannungs-Dehnungs-Diagramm ist in Abbildung C dargestellt.

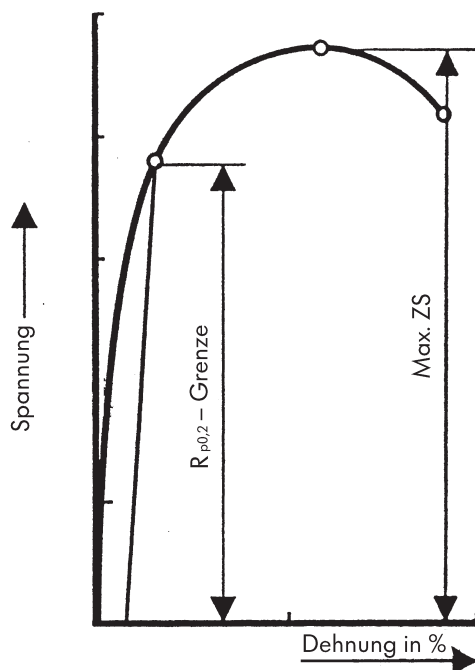


Spannungs-Dehnungs-Diagramm einer Schraube mit der Festigkeitsklasse 4.6 (qualitativ)

Abb. C

1.2.4 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ (N/mm²)

Dieser Kennwert wird für Schrauben mit einem stetigen Übergang vom elastischen in den plastischen Bereich benutzt (Schrauben mit hoher Festigkeit wie z. B. 10.9), da die Streckgrenze nur schwer bestimmt werden kann. 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 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

1. Bestimmung von R_m :

Die erste Zahl mit 100 multiplizieren.

$$\rightarrow R_m = 8 \times 100 = 800 \text{ N/mm}^2$$

2. 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 $R_{p0,2}$.

$$\rightarrow R_e = (8 \times 8) \times 10 = 640 \text{ N/mm}^2$$

1.2.6 Bruchdehnung A_5 (%)

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 bestimmt (Ausnahme: rost- und säurebeständige Schrauben, Stahlgruppe A1–A5). Die bleibende plastische Dehnung wird in Prozent angegeben und nach folgender Formel berechnet:

$$A_5 = (L_u - L_o) / L_o \times 100 \%$$

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

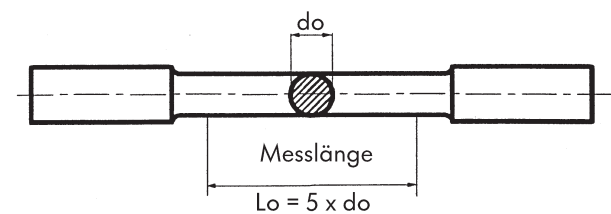


Abb. E

1.2.7 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

Das Prüfverfahren nach Härte Vickers umfasst für Schrauben den gesamten üblichen Härtebereich.

Vergleich von Härteangaben

Die folgende Grafik F gilt für Stähle und entspricht den Härtevergleichstabellen in DIN 50150. Diese sollen als Anhaltspunkt dienen, denn ein exakter Vergleich von

Ergebnissen ist nur mit dem gleichen Verfahren und unter den gleichen Bedingungen möglich.

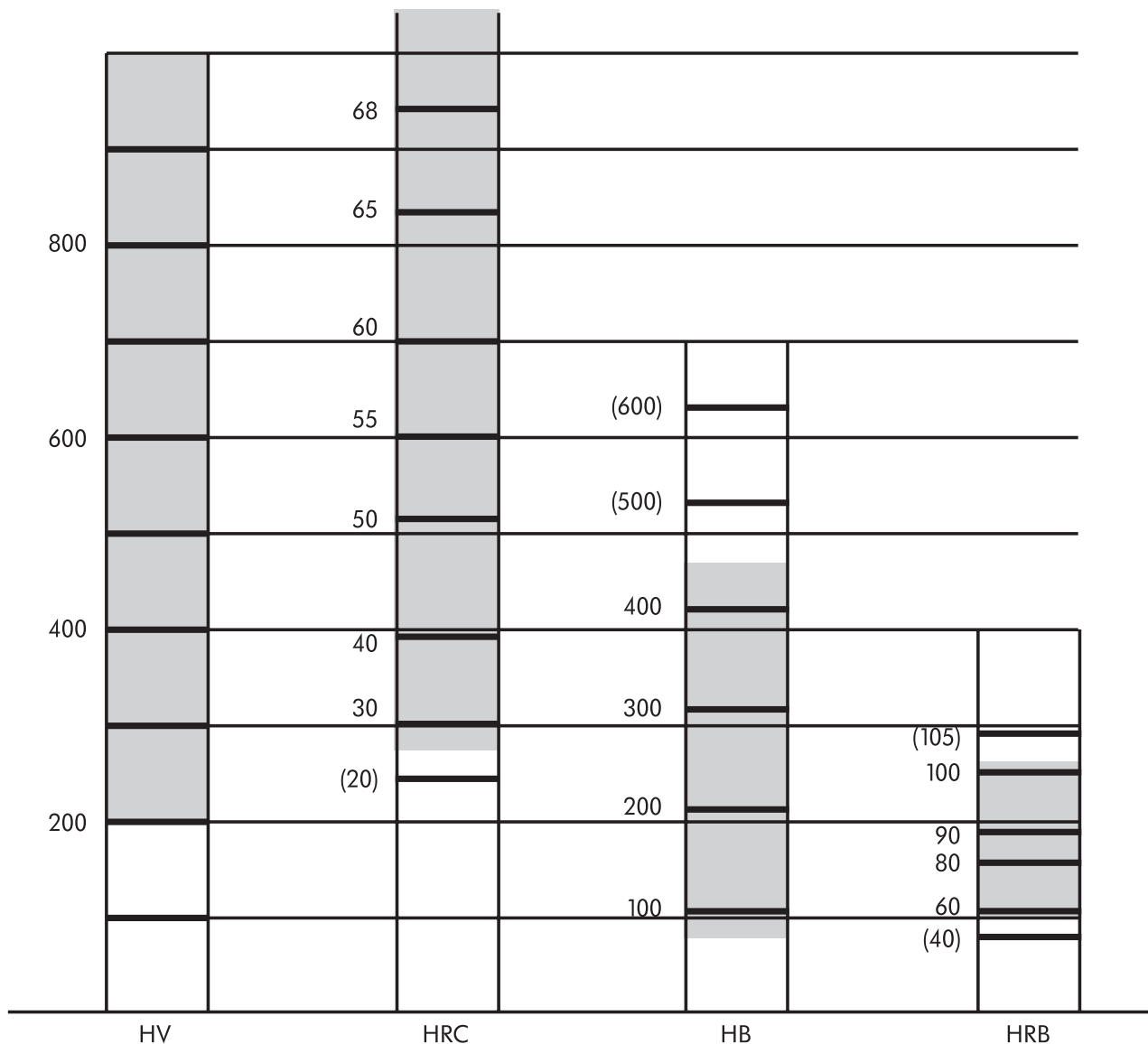


Abb. F: Vergleich von Härteangaben

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 unten-

stehender Tabelle 2 anhand von 10 Festigkeitsklassen, bei denen jeweils die Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Härte, Streckgrenze, Bruchdehnung usw. aufgeführt sind.

Ab-schnitt	Mechanische und physikalische Eigenschaft	Festigkeitsklasse												
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 ^a		9.8 ^b	10.9	12.9		
								d ≤ 16 mm ^c	d > 16 mm ^c					
5.1	Nennzugfestigkeit R _{m,Nenn} N/mm ²	300	400		500		600	800	800	900	1000	1200		
5.2	Nennzugfestigkeit R _{m,min} ^{d,e} N/mm ²	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220		
5.3	Vickershärte HV F ≥ 98 N	min.	95	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385	
		max.	220 ^f					250	320	335	360	380	435	
5.4	Brinellhärte HB F = 30 D ²	min.	90	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366	
		max.	209 ^f					238	304	318	342	361	414	
5.5	Rockwellhärte HR	min.	HRB	52	67	71	79	82	89	-	-	-	-	
			HRC	-	-	-	-	-	-	22	23	28	32	39
		max.	HRB	95,0 ^f					99,5	-	-	-	-	-
			HRC	-					-	32	34	37	39	44
5.6	Oberflächenhärte HV 0,3	max.	-					g						
5.7	untere Streckgrenze R _{eL} ^h in N/mm ²	Nennwert	180	240	320	300	400	480	-	-	-	-	-	
		min.	190	240	340	300	420	480	-	-	-	-	-	
5.8	0,2%-Dehngrenze R _{p 0,2} ⁱ in N/mm ²	Nennwert	-					640	640	720	900	1080		
		min.	-					640	660	720	940	1100		
5.9	Spannung unter Prüfkraft	S _p /R _{eL} oder S _p /R _{p 0,2}	0,94	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88	
		S _p	180	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970	
5.10	Bruchdrehmoment M _B	Nm min.	-					siehe ISO 898-7						
5.11	Bruchdehnung A in %	min.	25	22	-	20	-	-	12	12	10	9	8	
5.12	Brucheinschnürung Z	% min.	-					52		48	48	44		
5.13	Festigkeit unter Schrägzugbelastung ^e		Die Werte unter Schrägzugbelastung für ganze Schrauben (nicht Stiftschrauben) dürfen die in Abschnitt 5.2 angegebenen Mindestzugfestigkeiten nicht unterschreiten.											
5.14	Kerbschlagarbeit KU	J min.	-		25	-		30	30	25	20	15		
5.15	Kopfschlagzähigkeit		kein Bruch											
5.16	Mindesthöhe der nicht entkohlten Gewindezone E		-					1/2 H ₁		2/3 H ₁	3/4 H ₁			
	Maximale Tiefe der Auskohlung G	mm	-					0,015						
5.17	Härte nach Wiederanlassen		-					Härteabfall max. 20 HV						
5.18	Oberflächenzustand		in Übereinstimmung mit ISO 6157-1 oder ISO 6157-3, soweit zutreffend											

- ^a Bei Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 mit Gewindedurchmesser d ≤ 16 mm besteht ein erhöhtes Abstreifrisiko für Muttern, wenn die Schraubenverbindung über die Prüfkraft der Schraube hinaus angezogen wird. Die Norm ISO 898-2 wird zur Beachtung empfohlen.
- ^b Die Festigkeitsklasse 9.8 gilt nur für Gewinde-Nenn Durchmesser d ≤ 16 mm.
- ^c Für Stahlschrauben liegt die Grenze bei 12 mm.
- ^d Die Mindest-Zugfestigkeiten gelten für Schrauben mit Nennlängen l ≥ 2,5 d. Die Mindest-Härten gelten für Schrauben mit Nennlängen l < 2,5 d und für solche Produkte, die nicht im Zugversuch geprüft werden können (z. B. wegen der Kopfform).
- ^e Für die Prüfung an ganzen Schrauben müssen die Bruchkräfte, die zur Berechnung von R_m verwendet werden, mit den Werten in den Tabellen 6 und 8 übereinstimmen.
- ^f Ein Härtewert am Ende der Schraube darf höchstens 250 HV, 238 HB oder 99,5 HRB betragen.
- ^g Die Oberflächenhärte darf am jeweiligen Produkt 30 Vickerspunkte der gemessenen Kernhärte nicht überschreiten, wenn sowohl die Oberflächenhärte als auch die Kernhärte mit HV 0,3 ermittelt werden. Für die Festigkeitsklasse 10.9 darf eine Oberflächenhärte von 390 HV nicht überschritten werden.
- ^h Falls die untere Streckgrenze R_{eL} nicht bestimmt werden kann, gilt die 0,2%-Dehngrenze R_{p 0,2}. Für die Festigkeitsklassen 4.8, 5.8 und 6.8 sind die Werte für R_{eL} nur als Berechnungsgrundlage angegeben, sie werden nicht geprüft.
- ⁱ Das der Bezeichnung der Festigkeitsklasse entsprechende Streckgrenzenverhältnis und die Mindestspannung an der 0,2%-Dehngrenze R_{p 0,2} gelten für spanend bearbeitete Proben. Bei Prüfung von ganzen Schrauben variieren diese Werte aufgrund von Auswirkungen des Herstellverfahrens und der Größeneinflüsse.

Tab. 2: Auszug aus DIN EN ISO 898-1

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 Schraubenslänge 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	Nenn- Spannungs- querschnitt $A_{s, \text{Nenn}}^b$ mm ²	Festigkeitsklasse									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		Prüfkraft ($A_{s, \text{Nenn}} \cdot S_p$) in N									
M 3	5,03	910	1130	1560	1410	1910	2210	2920	3270	4180	4880
M 3,5	6,78	1220	1530	2100	1900	2580	2980	3940	4410	5630	6580
M 4	8,78	1580	1980	2720	2460	3340	3860	5100	5710	7290	8520
M 5	14,2	2560	3200	4400	3980	5400	6250	8230	9230	11800	13800
M 6	20,1	3620	4520	6230	5630	7640	8840	11600	13100	16700	19500
M 7	28,9	5200	6500	8960	8090	11000	12700	16800	18800	24000	28000
M 8	36,6	6590	8240	11400	10200	13900	16100	21200	23800	30400	35500
M 10	58,0	10400	13000	18000	16200	22000	25500	33700	37700	48100	56300
M 12	84,3	15200	19000	26100	23600	32000	37100	48900 ^c	54800	70000	81800
M 14	115	20700	25900	35600	32200	43700	50600	66700 ^c	74800	95500	112000
M 16	157	28300	35300	48700	44000	59700	69100	91000 ^c	102000	130000	152000
M 18	192	34600	43200	59500	53800	73000	84500	115000	–	159000	186000
M 20	245	44100	55100	76000	68600	93100	108000	147000	–	203000	238000
M 22	303	54500	68200	93900	84800	115000	133000	182000	–	252000	294000
M 24	353	63500	79400	109000	98800	134000	155000	212000	–	293000	342000
M 27	459	82600	103000	142000	128000	174000	202000	275000	–	381000	445000
M 30	561	101000	126000	174000	157000	213000	247000	337000	–	466000	544000
M 33	694	125000	156000	215000	194000	264000	305000	416000	–	570000	673000
M 36	817	147000	184000	253000	229000	310000	359000	490000	–	678000	792000
M 39	976	176000	220000	303000	273000	371000	429000	586000	–	810000	947000

^a Wenn in der Gewindebezeichnung keine Gewindesteigung angegeben ist, so gilt Regelgewinde (siehe ISO 261 und ISO 262).

^b Berechnung von A_s siehe 8.2.

^c Für Stahlbauschrauben gilt 50700 N, 68800 N bzw. 94500 N.

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, Nenn} mm ²	Festigkeitsklasse									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		Prüfkraft (A _{s, Nenn} · S _p) in N									
M 8 x 1	39,2	7060	8820	12200	11000	14900	17200	22700	25500	32500	38000
M 10 x 1	64,5	11600	14500	20000	18100	24500	28400	37400	41900	53500	62700
M 10 x 1,25	61,2	11000	13800	19000	17100	23300	26900	35500	39800	50800	59400
M 12 x 1,25	92,1	16600	20700	28600	25800	35000	40500	53400	59900	76400	89300
M 12 x 1,5	88,1	15900	19800	27300	24700	33500	38800	51100	57300	73100	85500
M 14 x 1,5	125	22500	28100	38800	35000	47500	55000	72500	81200	104000	121000
M 16 x 1,5	167	30100	37600	51800	46800	63500	73500	96900	109000	139000	162000
M 18 x 1,5	216	38900	48600	67000	60500	82100	95000	130000	–	179000	210000
M 20 x 1,5	272	49000	61200	84300	76200	103000	120000	163000	–	226000	264000
M 22 x 1,5	333	59900	74900	103000	93200	126000	146000	200000	–	276000	323000
M 24 x 2	384	69100	86400	119000	108000	146000	169000	230000	–	319000	372000
M 27 x 2	496	89300	112000	154000	139000	188000	218000	298000	–	412000	481000
M 30 x 2	621	112000	140000	192000	174000	236000	273000	373000	–	515000	602000
M 33 x 2	761	137000	171000	236000	213000	289000	335000	457000	–	632000	738000
M 36 x 3	865	156000	195000	268000	242000	329000	381000	519000	–	718000	838000
M 39 x 3	1030	185000	232000	319000	288000	391000	453000	618000	–	855000	999000

° Wenn in der Gewindebezeichnung keine Gewindesteigung angegeben ist, so gilt Regelgewinde (siehe ISO 261 und ISO 262).

Tab. 4: Auszug aus DIN EN ISO 898-1, Prüfkräfte 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 Annahmeprüfung von Schrauben bestimmt.

Festigkeits- klasse	Temperatur				
	+ 20°C	+ 100°C	+ 200°C	+ 250°C	+ 300°C
	Untere Streckgrenze R _{eL} oder 0,2%-Dehngrenze R _{p0,2} N/mm ²				
4.6-2	240	210	190	170	140
5.6	300	250	210	190	160
8.8	640	590	540	510	480
10.9	940	875	790	745	705
12.9	1100	1020	925	875	825

Tab. 5: Warmstreckengrenzen

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 Prüfkräften in Tabelle 6 ist eine bedenkenlose Beanspruchung einer Schraube 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 N/mm²
600/100 = 6 → Festigkeitsklasse 6

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

Prüfkraft für Metrisches ISO-Regelgewinde (Muttern)

Gewinde	Gewinde- steigung	Nenn- spannungs- querschnitt des Prüfdorns A_s	Festigkeitsklasse										
			04	05	4	5	6	8	9	10	12		
			Prüfkraft ($A_s \times S_p$), N										
mm	mm ²	–	–	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 2	Typ 1	Typ 1	Typ 1	Typ 2	
M 3	0,5	5,03	1910	2500	–	2600	3000	4000	–	4500	5200	5700	5800
M 3,5	0,6	6,78	2580	3400	–	3550	4050	5400	–	6100	7050	7700	7800
M 4	0,7	8,78	3340	4400	–	4550	5250	7000	–	7900	9150	10000	10100
M 5	0,8	14,2	5400	7100	–	8250	9500	12140	–	13000	14800	16200	16300
M 6	1	20,1	7640	10000	–	11700	13500	17200	–	18400	20900	22900	23100
M 7	1	28,9	11000	14500	–	16800	19400	24700	–	26400	30100	32900	33200
M 8	1,25	36,6	13900	18300	–	21600	24900	31800	–	34400	38100	41700	42500
M 10	1,5	58,0	22000	29000	–	34200	39400	50500	–	54500	60300	66100	67300
M 12	1,75	84,3	32000	42200	–	51400	59000	74200	–	80100	88500	98600	100300
M 14	2	115	43700	57500	–	70200	80500	101200	–	109300	120800	134600	136900
M 16	2	157	59700	78500	–	95800	109900	138200	–	149200	164900	183700	186800
M 18	2,5	192	73000	96000	97900	121000	138200	176600	170900	176600	203500	–	230400
M 20	2,5	245	93100	122500	125000	154400	176400	225400	218100	225400	259700	–	294000
M 22	2,5	303	115100	151500	154500	190900	218200	278800	269700	278800	321200	–	363600
M 24	3	353	134100	176500	180000	222400	254200	324800	314200	324800	374200	–	423600
M 27	3	459	174400	229500	234100	289200	330500	422300	408500	422300	486500	–	550800
M 30	3,5	561	213200	280500	286100	353400	403900	516100	499300	516100	594700	–	673200
M 33	3,5	694	263700	347000	353900	437200	499700	638500	617700	638500	735600	–	832800
M 36	4	817	310500	408500	416700	514700	588200	751600	727100	751600	866000	–	980400
M 39	4	976	370900	488000	497800	614900	702700	897900	868600	897900	1035000	–	1171000

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

Der Nenn-Spannungsquerschnitt wird wie folgt berechnet:

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

Hierin bedeuten:

d_2 Flankendurchmesser des Außengewindes (Nennmaß)

d_3 Kerndurchmesser des Fertigungsprofils des Außengewindes (Nennmaß)

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

mit

d_1 Kerndurchmesser des Grundprofils des Außengewindes

H Höhe des Profildreiecks des Gewindes

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 vermeiden, müssen Schrauben und Muttern von derselben Festigkeitsklasse sein. 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).

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

Festigkeitsklasse der Mutter	Zugehörige Schraube			Mutter	
	Festigkeitsklasse	Gewindebereich		Typ 1	Typ 2
4	3.6 4.6 4.8	> M 16		> M 16	–
5	3.6 4.6 4.8	\leq M 16		\leq M 39	–
	5.6 5.8	\leq M 39			
6	6.8	\leq M 39		\leq M 39	–
8	8.8	\leq M 39		\leq M 39	> M 16 \leq M 39
9	9.8	\leq M 16		–	\leq M 16
10	10.9	\leq M 39		\leq M 39	–
12	12.9	\leq M 39		\leq M 16	\leq M 39

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 Prüfkräfte vor.

Eine eingeschränkte Belastbarkeit liegt auch für Muttern nach DIN 934 mit der Kennzeichnung I8I vor. Bei der Verwendung einer Schraube mit der Festigkeitsklasse 8.8 und einer Mutter nach DIN 934 (Nennhöhe ca. $0,8 \times d$) 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.

Festigkeitsklasse der Mutter	Prüfspannung der Mutter N/mm ²	Mindestspannung in der Schraube vor dem Abstreifen bei Paarung mit Schrauben der Festigkeitsklassen in 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

1.6 Anziehdrehmoment und Vorspannkraft für metrische Schafschrauben (bei 90%-iger Ausnutzung der 0,2% Dehngrenze/Streckgrenze)

Regelgewinde, Reibungszahl μ ges. = 0,14

Ab- messung x P	Vorspannkraft F_V [N]					Anziehdrehmoment M_A [Nm]				
	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
M 4 x 0,7	1.280	1.710	4.300	6.300	7.400	1,02	1,37	3,3	4,8	5,6
M 5 x 0,8	2.100	2.790	7.000	10.300	12.000	2,0	2,7	6,5	9,5	11,2
M 6 x 1,0	2.960	3.940	9.900	14.500	17.000	3,5	4,6	11,3	16,5	19,3
M 8 x 1,25	5.420	7.230	18.100	26.600	31.100	8,4	11	27,3	40,1	46,9
M 10 x 1,5	8.640	11.500	28.800	42.200	49.400	17	22	54	79	93
M 12 x 1,75	12.600	16.800	41.900	61.500	72.000	29	39	93	137	160
M 14 x 2,0	17.300	23.100	57.500	84.400	98.800	46	62	148	218	255
M 16 x 2,0	23.800	31.700	78.800	115.700	135.400	71	95	230	338	395
M 18 x 2,5	28.900	38.600	99.000	141.000	165.000	97	130	329	469	549
M 20 x 2,5	37.200	49.600	127.000	181.000	212.000	138	184	464	661	773
M 22 x 2,5	46.500	62.000	158.000	225.000	264.000	186	250	634	904	1.057
M 24 x 3,0	53.600	71.400	183.000	260.000	305.000	235	315	798	1.136	1.329
M 27 x 3,0	70.600	94.100	240.000	342.000	400.000	350	470	1.176	1.674	1.959
M 30 x 3,5	85.700	114.500	292.000	416.000	487.000	475	635	1.597	2.274	2.662
M 33 x 3,5	107.000	142.500	363.888	517.000	605.000	645	865	2.161	3.078	3.601
M 36 x 4,0	125.500	167.500	427.000	608.000	711.000	1.080	1.440	2.778	3.957	4.631
M 39 x 4,0	151.000	201.000	512.000	729.000	853.000	1.330	1.780	3.597	5.123	5.994

Tab. 9

Feingewinde, Reibungszahl μ ges. = 0,14

Ab- messung x P	Vorspannkraft F_V [N]			Anziehdrehmoment M_A [Nm]		
	8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M 8 x 1	19.700	28.900	33.900	29,2	42,8	50,1
M 9 x 1	25.900	38.000	44.400	42,6	62,6	73,3
M 10 x 1	32.900	48.300	56.500	60	88	103
M 10 x 1,25	30.800	45.200	52.900	57	83	98
M 12 x 1,25	46.800	68.700	80.400	101	149	174
M 12 x 1,5	44.300	65.100	76.200	97	143	167
M 14 x 1,5	63.200	92.900	108.700	159	234	274
M 16 x 1,5	85.500	125.500	146.900	244	359	420
M 18 x 1,5	115.000	163.000	191.000	368	523	613
M 18 x 2	107.000	152.000	178.000	348	496	581
M 20 x 1,5	144.000	206.000	241.000	511	728	852
M 22 x 1,5	178.000	253.000	296.000	692	985	1.153
M 24 x 1,5	214.000	305.000	357.000	899	1.280	1.498
M 24 x 2	204.000	290.000	339.000	865	1.232	1.442
M 27 x 1,5	276.000	393.000	460.000	1.304	1.858	2.174
M 27 x 2	264.000	375.000	439.000	1.262	1.797	2.103
M 30 x 2	331.000	472.000	552.000	1.756	2.502	2.927
M 33 x 2	407.000	580.000	678.000	2.352	3.350	3.921
M 36 x 2	490.000	698.000	817.000	3.082	4.390	5.137
M 39 x 2	581.000	828.000	969.000	3.953	5.631	6.589

Tab. 10

Wahl des richtigen Reibwertes

Zur genauen Bestimmung der Vorspannkraft und des Anziehdrehmoments ist die Kenntnis des Reibungskoeffizienten μ Voraussetzung. Es scheint allerdings fast unmöglich zu sein, für die Vielzahl der Oberflächen- und Schmierzustände gesicherte Werte für die Reibungskoeffizienten und vor allem deren Streuungen anzugeben. Hinzu kommen noch die Streuungen der verschiedenen

Anziehungsmethoden, die ebenfalls einen mehr oder weniger großen Unsicherheitsfaktor darstellen.

Aus diesem Grunde können lediglich Empfehlungen für die Wahl des Reibungskoeffizienten gegeben werden. Für Senkkopfschrauben gelten 80% der Werte im Anziehdrehmoment, aufgrund der Restbodendicke.

Bsp.: M 12, 10.9 = 125 Nm x 0,8 = 100 Nm.

1.6.1 Anziehdrehmoment und Vorspannkraft von – Sicherungsschrauben und Muttern – Flanschschrauben und Muttern (nach Herstellerangaben)

Bei einer neunzigprozentigen Ausnutzung der Dehngrenze $R_{p0,2}$

	Gegenwerkstoff	Vorspannkraft $F_{V,max}$ [N]							Anziehdrehmoment M_A [Nm]						
		M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Rippschrauben Festigkeits- klasse 100 und Muttern Festigkeits- klasse 10	Stahl $R_m < 800$ (N/mm ²)	9000	12600	23200	37000	54000	74000	102000	11	19	42	85	130	230	330
	Stahl $R_m = 800-1100$ (N/mm ²)	9000	12600	23200	37000	54000	74000	102000	10	18	37	80	120	215	310
	Grauguss	9000	12600	23200	37000	54000	74000	102000	9	16	35	75	115	200	300

Tab. 11

1.6.2 Mechanische Eigenschaften von Gewindestiften (nach 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	22H	33H	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.			33	45
	max.		30	44	53
Oberflächenhärte HV 0,3			320	450	580

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

Tab. 12

1.7 Kennzeichnung von Schrauben und Muttern

Sechskantschrauben:

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

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

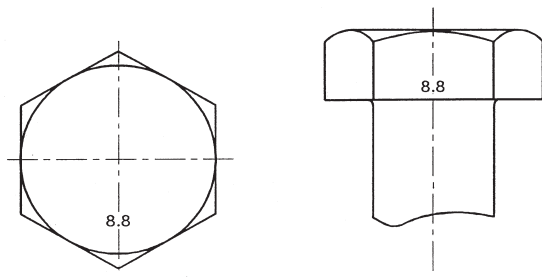


Abb. G: Beispiel für die Kennzeichnung von Sechskantschrauben

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.

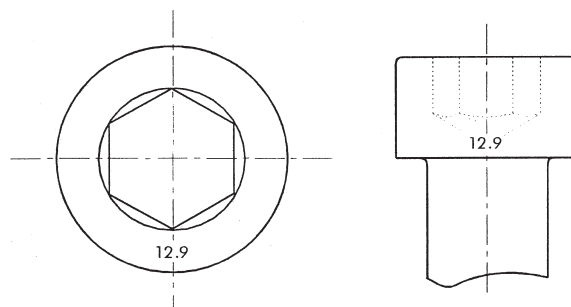


Abb. H: Beispiel für die Kennzeichnung von Zylinderschrauben mit Innensechskant

Kennzeichnung von Muttern nach DIN EN 20898 Teil 2

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

Tab. 13

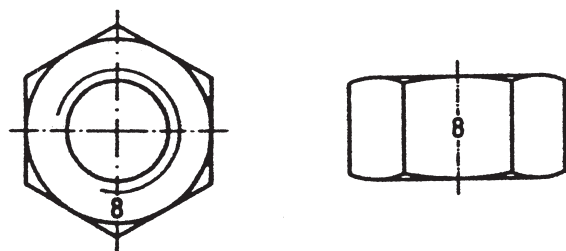


Abb. I: Beispiel für die Kennzeichnung mit der Kennzahl der Festigkeitsklasse

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 Umrechnungstabellen 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 Gewindgänge auf 1" UNC/UNF

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

Tab. 14

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 N/mm², kaltverfestigt

Das ISO-Bezeichnungssystem für die austenitische Stahlgruppe

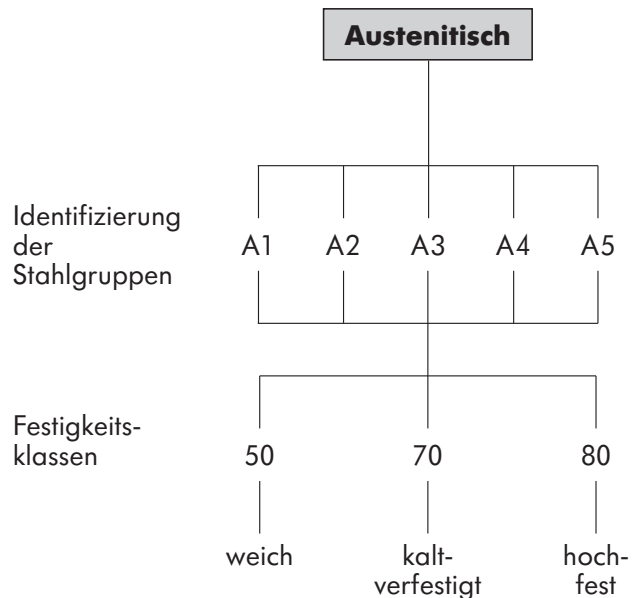


Abb. J

Die wichtigsten nichtrostenden Stähle und ihre Zusammensetzung

	Werkstoffbezeichnung	Werkstoff-Nr.	C %	Si ≤ %	Mn ≤ %	Cr %	Mo %	Ni %	Altri %
A 2	X 5 Cr Ni 1810	1.4301	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	–	8,5 ÷ 10,0	–
	X 2 Cr Ni 1811	1.4306	≤ 0,03	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	–	10 ÷ 12,5	–
	X 8 Cr Ni 19/10	1.4303	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 ÷ 20,0	–	10,5 ÷ 12	–
A 3	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
A 4	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	–
A 5	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

2.1.1 Festigkeitseinteilung von Edelstahlschrauben

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 Stahlgruppe A4 verwendet.

Für die Auslegung von Schraubenverbindungen aus austenitischem Stahl sind die mechanischen Festigkeitswerte der nachfolgenden Tabelle 17 zugrunde zu legen.

Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen der austenitischen Stahlgruppen

Stahlgruppe	Stahlsorte	Festigkeitsklasse	Durchmesserbereich	Schrauben		
				Zugfestigkeit $R_m^{1)}$ N/mm ² min.	0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}^{1)}$ N/mm ² min.	Bruchdehnung $A^{2)}$ mm min.
Austenitisch	A1, A2 A3, A4 und A5	50	≤ M 39	500	210	0,6 d
		70	≤ M 24 ³⁾	700	450	0,4 d
		80	≤ M 24 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

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.

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

Nenn-durchmesser	Streckgrenzlasten austenitischer Stähle nach DIN EN ISO 3506 A2 und A4 in N		
	Festigkeitsklasse	50	70
M 5		2980	6390
M 6		4220	9045
M 8		7685	16470
M 10		12180	26100
M 12		17700	37935
M 16		32970	70650
M 20		51450	110250
M 24		74130	88250
M 27		96390	114750
M 30		117810	140250

2.1.3 Eigenschaften von Edelstahlschrauben bei erhöhten Temperaturen

Für die Festigkeitsklasse 70 gelten die Werte der DIN 17440.

Nenn-durchmesser	Warmstreckgrenzen in N					
	Festigkeitsklasse 70	+ 20 °C	+ 100 °C	+ 200 °C	+ 300 °C	+ 400 °C
M 5		6.390	5.432	5.112	4.793	4.473
M 6		9.045	7.688	7.236	6.784	6.332
M 8		16.740	14.000	13.176	12.353	11.529
M 10		26.100	22.185	20.880	19.575	18.270
M 12		37.935	32.245	30.348	28.451	26.555
M 16		70.650	60.053	56.520	52.988	49.455
M 20		110.250	93.713	88.200	82.688	77.175
M 24		88.250	75.013	70.600	66.188	61.775
M 27		114.750	97.538	91.800	86.063	80.325
M 30		140.250	119.213	112.200	105.188	98.175

Tab. 18

2.1.4 Anhaltswerte für Anziehdrehmomente

Das für den einzelnen Verschraubungsfall benötigte Anziehdrehmoment in Abhängigkeit vom Nenndurchmesser und der Reibungszahl ist aus Tabelle 20 als Anhaltswert zu entnehmen.

Reibungszahl $\mu_{\text{ges.}} 0,10$

	Vorspannkkräfte $F_{V_{\text{max.}}}$ [kN]			Anziehdrehmoment M_A [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M 3	0,9	1	1,2	0,85	1	1,3
M 4	1,08	2,97	3,96	0,8	1,7	2,3
M 5	2,26	4,85	6,47	1,6	3,4	4,6
M 6	3,2	6,85	9,13	2,8	5,9	8
M 8	5,86	12,6	16,7	6,8	14,5	19,3
M 10	9,32	20	26,6	13,7	30	39,4
M 12	13,6	29,1	38,8	23,6	50	67
M 14	18,7	40	53,3	37,1	79	106
M 16	25,7	55	73,3	56	121	161
M 18	32,2	69	92	81	174	232
M 20	41,3	88,6	118,1	114	224	325
M 22	50	107	143	148	318	424
M 24	58	142	165	187	400	534
M 27	75			275		
M 30	91			374		
M 33	114			506		
M 36	135			651		
M 39	162			842		

Reibungszahl $\mu_{\text{ges.}} 0,20$

	Vorspannkkräfte $F_{V_{\text{max.}}}$ [kN]			Anziehdrehmoment M_A [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M 3	0,6	0,65	0,95	1	1,1	1,6
M 4	1,12	2,4	3,2	1,3	2,6	3,5
M 5	1,83	3,93	5,24	2,4	5,1	6,9
M 6	2,59	5,54	7,39	4,1	8,8	11,8
M 8	4,75	10,2	13,6	10,1	21,4	28,7
M 10	7,58	16,2	21,7	20,3	44	58
M 12	11,1	23,7	31,6	34,8	74	100
M 14	15,2	32,6	43,4	56	119	159
M 16	20,9	44,9	59,8	86	183	245
M 18	26,2	56,2	74,9	122	260	346
M 20	33,8	72,4	96,5	173	370	494
M 22	41	88	118	227	488	650
M 24	47	101	135	284	608	810
M 27	61			421		
M 30	75			571		
M 33	94			779		
M 36	110			998		
M 39	133			1300		

Reibungszahl $\mu_{\text{ges.}} 0,30$

	Vorspannkkräfte $F_{V_{\text{max.}}}$ [kN]			Anziehdrehmoment M_A [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M 3	0,4	0,45	0,7	1,25	1,35	1,85
M 4	0,9	1,94	2,59	1,5	3	4,1
M 5	1,49	3,19	4,25	2,8	6,1	8
M 6	2,09	4,49	5,98	4,8	10,4	13,9
M 8	3,85	8,85	11	11,9	25,5	33,9
M 10	6,14	13,1	17,5	24	51	69
M 12	9	19,2	25,6	41	88	117
M 14	12,3	26,4	35,2	66	141	188
M 16	17	36,4	48,6	102	218	291
M 18	21,1	45,5	60,7	144	308	411
M 20	27,4	58,7	78,3	205	439	586
M 22	34	72	96	272	582	776
M 24	39	83	110	338	724	966
M 27	50			503		
M 30	61			680		
M 33	76			929		
M 36	89			1189		
M 39	108			1553		

Tab. 19: Anhaltswerte für Anziehdrehmomente für Schrauben nach DIN EN ISO 3506

Reibungszahlen μ_G und μ_K von rost- und säurebeständigen Schrauben nach DIN 267 Teil 11

Schraube aus	Mutter aus	$\mu_{ges.}$ bei Schmierzustand	
		ohne Schmierung	MoS ₂ -Paste
A2 oder A4	A2 oder A4	0,23 – 0,5	0,10 – 0,20
A2 oder A4	AlMgSi	0,28 – 0,35	0,08 – 0,16

Tab. 20

Reibungszahlen $\mu_{ges.}$ setzen einen gleichen Reibungswert im Gewinde und unter dem Kopf resp. Mutterauflage voraus.

Schraube aus	Mutter aus	Schmiermittel		Nachgiebigkeit der Verbindung	Reibungszahl	
		im Gewinde	unter Kopf		im Gewinde μ_G	unter Kopf μ_K
A2	A2	ohne	ohne	sehr groß	0,26 bis 0,50	0,35 bis 0,50
		Spezierschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)			0,12 bis 0,23	0,08 bis 0,12
		Korrosionsschutzfett			0,26 bis 0,45	0,25 bis 0,35
		ohne	ohne	klein	0,23 bis 0,35	0,12 bis 0,16
	Spezierschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)		0,10 bis 0,16		0,08 bis 0,12	
		AlMgSi	ohne		sehr groß	0,32 bis 0,43
	Spezierschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)		0,28 bis 0,35	0,08 bis 0,11		

 Tab. 21: Reibungszahlen μ_G und μ_K für Schrauben und Muttern aus rost- und säurebeständigem Stahl nach DIN 267 Teil 11

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:

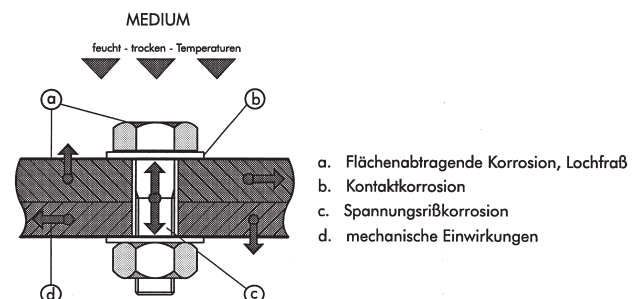


Abb. K: Darstellung der häufigsten Korrosionsarten bei Schraubenverbindungen

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 nadelstichtartigen 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.

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.

2.2.4 Spannungsrissskorrosion

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

Besonders empfindlich gegenüber Spannungsrissskorrosion 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.

Einteilung des Beständigkeitsgrades in verschiedene Gruppen

Beständigkeitsgrad	Beurteilung	Gewichtsverlust in g/m ² h
A	vollkommen beständig	< 0,1
B	praktisch beständig	0,1–1,0
C	wenig beständig	1,0–10
D	unbeständig	> 10

Tab. 22

Übersicht über die chemische Beständigkeit von A2 und A4 Schrauben

Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur in °C	Beständigkeitsgrad	
			A2	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

Tab. 23

Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur in °C	Beständigkeitsgrad	
			A2	A4
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
Meerwasser	–	20	A	A
Methylalkohol	alle	alle	A	A
Milchsäure	1,5%	alle	A	A
	10%	20 kochend	A C	A A
Natriumkarbonat	kalt gesättigt	alle	A	A
Natriumhydroxid	20%	20 kochend	A B	A B
	50%	120	C	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%	20 kochend	B C	A C
	50%	kochend	D	C
Petroleum	–	alle	A	A
Phenol	rein	kochend	B	A
Phosphorsäure	10%	kochend	A	A
	50%	20 kochend	A C	A B
	80%	20 kochend	B D	A C
	konz.	20 kochend	B D	A D
Quecksilber	–	bis 50	A	A
Quecksilbernitrat	–	alle	A	A
Salicylsäure	–	20	A	A
Salpetersäure	bis 40%	alle	A	A
	50%	20 kochend	A B	A B
	90%	20 kochend	A C	A C

Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur in °C	Beständigkeitsgrad	
			A2	A4
Salzsäure	0,2%	20	B	B
	2% bis 10%	50	C	B
		20	D	D
		50	D	D
1% Schwefelsäure	bis 70	B	A	B
	2,5%	kochend bis 70	B	A
		kochend	C	C
	5%	20	B	A
	10%	> 70	B	B
		20	C	B
60%	70	C	C	
	alle	D	D	
	Schwefelige Säure	wässrige Lösung	20	A
Schwefeldioxyd	–	100–500	C	A
		900	D	C
Teer	–	heiß	A	A
Wein	–	20 und heiß	A	A
Weinsäure	bis 10%	20	A	A
	über 10% bis 50% 75%	kochend	B	A
		20	A	A
		kochend kochend	C	C
Zitronensaft	–	20	A	A
Zitronensäure	bis 10% 50%	alle	A	A
		20	A	A
		kochend	C	B
Zuckerlösung	–	alle	A	A

Tab. 23 (Fortsetzung)

2.2.6 Entstehung von Fremdrost

Fremdrost 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.

Fremdrost 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.

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.

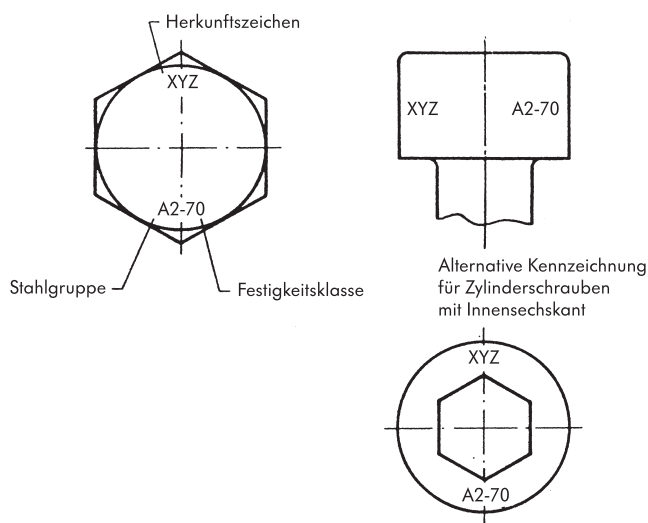


Abb. L: Auszug aus DIN EN ISO 3506-1

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.

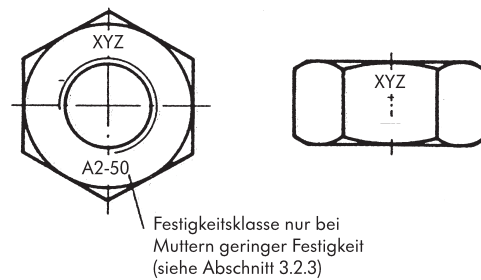


Abb. M: Auszug aus DIN EN ISO 3506-2

3 DIN-ISO Informationen

Technische Normung – Umstellung auf ISO

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.

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-M 12-8.

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 steht uns allerdings noch bevor. Nämlich die Schlüsselweiten bei allen Sechskantprodukten. Betroffen sind die Schrauben und Muttern der Abmessungen M 10, M 12 und M 14 (bei diesen werden die Schlüsselweiten um 1 mm reduziert) und M 22 (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 M 16 x 50-8.8 maßlich, wie auch in den technischen Eigenschaften, vollkommen gleich der ISO 4017 M 16 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.

DIN – ISO

(Vergleichende Gegenüberstellung)

DIN	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO
1	2339	916	4029	1481	8752
7	2338	931	4014	6325	8734
84	1207	933	4017	6914	7412
85	1580	934	4032	6915	7414
94	1234	934	8673	6916	7416
125	7089	937	7038	6921	8102
125	7090	960	8765	6923	4161
126	7091	961	8676	6924	7040
417	7435	963	2009	6925	7042
427	2342	964	2010	7343	8750
433	7092	965	7046	7343	8751
438	7436	966	7047	7344	8748
439	4035	971-1	8673	7346	8749
439	4036	971-2	8674	7971	1481
440	7094	980	7042	7972	1482
551	4766	980	10513	7973	1483
553	7434	982	7040	7976	1479
555	4034	982	10512	7977	8736
558	4018	985	10511	7978	8737
580	3266	1434	2341	7979	8733
601	4016	1440	8738	7979	8735
603	8677	1444	2341	7981	7049
660	1051	1471	8744	7982	7050
661	1051	1472	8745	7983	7051
911	2936	1473	8740	7985	7045
912	4762	1474	8741	7991	10462
913	4026	1475	8742	9021	7093
914	4027	1476	8746	11024	7072
915	4028	1477	8747		

ISO – DIN

(Vergleichende Gegenüberstellung)

ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	DIN
1051	660/661	4036	439	8673	934
1207	84	4161	6923	8673	971
1234	94	4762	912	8673	971-1
1479	7976	4766	551	8674	971-2
1481	7971	7038	937	8676	961
1482	7972	7040	982	8677	603
1483	7973	7040	6924	8733	7979
1580	85	7042	980	8734	6325
2009	963	7042	6925	8735	7979
2010	964	7045	7985	8736	7977
2338	7	7046	965	8737	7978
2339	1	7047	966	8738	1440
2341	1434	7049	7981	8740	1473
2341	1444	7050	7982	8741	1474
2342	427	7051	7983	8742	1475
2936	911	7072	11024	8744	1471
3266	580	7089	125	8745	1472
4014	931	7090	125	8746	1476
4016	601	7091	126	8747	1477
4017	933	7092	433	8748	7344
4018	558	7093	9021	8749	7346
4026	913	7094	440	8750	7343
4027	914	7412	6914	8751	7343
4028	915	7414	6915	8752	1481
4029	916	7416	6916	8765	960
4032	934	7434	553	10462	7991
4032	932	7435	417	10511	985
4034	555	7436	438	10512	982
4035	439	8102	6921	10513	980

6-kt.-Schlüsselweiten
DIN
ISO

M 10

17 mm

16 mm

M 12

19 mm

18 mm

M 14

22 mm

21 mm

M 22

32 mm

34 mm

Geplante Normenumstellung DIN/ISO, allgemeine Änderungen, nach Sachgebieten geordnet aktuell gültige Normenwerke – Stand: November 1997

Technische Lieferbedingungen und Grundnormen

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
267 Teil 20	–	DIN EN 493	Verbindungselemente, Oberflächenfehler, Muttern	keine
267 Teil 21	–	DIN EN 493	Verbindungselemente, Oberflächenfehler, Muttern	keine
DIN ISO 225	225	DIN EN 20225	Mech. Verbindungselemente, Schrauben u. Muttern, Bemaßung (ISO 225: 1991)	keine
DIN ISO 273	273	DIN EN 20273	Mech. Verbindungselemente Durchgangslöcher f. Schrauben (ISO 273: 1991)	keine
DIN ISO 898 Teil 1	898 1	DIN EN 20898 Teil 1	Mech. Eigenschaften v. Verbindungselementen, Schrauben (ISO 898-1: 1988)	keine
267 Teil 4	898 2	DIN ISO 898 Teil 2	Mech. Eigenschaften v. Verbindungselementen, Muttern m. festgel. Prüfkraften (ISO 898-2: 1992)	keine
DIN ISO 898 Teil 6	898 6	DIN EN 20898 Teil 6	Mech. Eigenschaften v. Verbindungselementen, Muttern m. festgel. Prüfkraften, Feingewinde (ISO 898-6: 1988)	keine
267 Teil 19	6157-1	DIN EN 26157 Teil 1	Verbindungselemente, Oberflächenfehler, Schrauben für allgemeine Anforderungen (ISO 6157-1: 1988)	keine
267 Teil 19	6157-3	DIN EN 26157 Teil 3	Verbindungselemente, Oberflächenfehler, Schrauben für allgemeine Anforderungen (ISO 6157-3: 1988)	keine
DIN ISO 7721	7721	DIN EN 27721	Senkschrauben; Gestaltung u. Prüfung von Senkköpfen (ISO 7721: 1983)	keine
267 Teil 9	–	DIN ISO 4042	Teile mit Gewinde – Galvanische Überzüge	keine
267 Teil 1	–	DIN ISO 8992	Allgemeine Anforderungen für Schrauben und Muttern	keine
267 Teil 5	–	DIN ISO 3269	Mechanische Verbindungselemente – Annahmeprüfung	keine
267 Teil 11	–	DIN ISO 3506	Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen – Technische Lieferbedingungen	keine
267 Teil 12	–	DIN EN ISO 2702	Wärmebehandelte Blechschrauben aus Stahl – Mechanische Eigenschaften	keine
267 Teil 18	8839	DIN EN 28839	Mech. Eigenschaften von Verbindungselementen, Schrauben und Muttern aus Nichteisenmetallen (ISO 8839: 1986)	keine

Tab. 24

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

Tab. 25

Stifte und Bolzen

DIN (alt)	ISO	DIN (neu) bzw. DIN EN	Titel	Änderungen
1	2339	DIN EN 22339	Kegelstifte; ungehärtet (ISO 2339: 1986)	Länge l inkl. Kuppen
7	2338	DIN EN 22338	Zylinderstifte; ungehärtet (ISO 2338: 1986)	Länge l 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 28739	Zylinderkerbstifte mit Einführende (ISO 8739: 1986)	erhöhte Scherkräfte
1471	8744	DIN EN 28744	Kegelkerbstifte (ISO 8744: 1986)	erhöhte Scherkräfte
1472	8745	DIN EN 28745	Passkerbstifte (KSO 8745: 1986)	erhöhte Scherkräfte
1473	8740	DIN EN 28740	Zylinderkerbstifte mit Fase (ISO 8740: 1986)	erhöhte Scherkräfte
1474	8741	DIN EN 28741	Steckerkerbstifte (ISO 8741: 1986)	erhöhte Scherkräfte
1475	8742	DIN EN 28742	Knebelkerbstifte – 1/3 der Länge gekerbt (ISO 8742: 1986)	erhöhte Scherkräfte
1476	8746	DIN EN 28746	Halbrundkerbnägel (ISO 8746: 1986)	nichts Nennenswertes
1477	8747	DIN EN 28747	Senkkerbnägel (ISO 8747: 1986)	nichts Nennenswertes
1481	8752	DIN EN 28752	Spannstifte; geschlitz (ISO 8752: 1987)	nichts Nennenswertes
6325	8734	DIN EN 28734	Zylinderstifte; gehärtet (ISO 8734: 1987)	nichts Nennenswertes
7977	8737	DIN EN 28737	Kegelstifte mit Gewindezapfen; ungehärtet (ISO 8737: 1986)	nichts Nennenswertes
7978	8736	DIN EN 28736	Kegelstifte mit Innengewinde; ungehärtet (ISO 8736: 1986)	nichts Nennenswertes
7979	8733	DIN EN 28733	Zylinderstifte mit Innengewinde; ungehärtet (ISO 8733: 1986)	nichts Nennenswertes
7979	8735	DIN EN 28735	Zylinderstifte mit Innengewinde; gehärtet (ISO 8735: 1987)	nichts Nennenswertes

Tab. 26

Blechschauben

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

Tab. 27

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
932	4032	DIN 932	Sechskantmutter	Mutternhöhe und 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

Tab. 28

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 Kegelkuppe (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 Kegelkuppe	nichts Nennenswertes
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

Tab. 29

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
M 1	2,5	–	–	0,55–0,8	–	–
M 1,2		3	–	–	0,75–1	–
M 1,4		3	–	–	0,95–1,2	–
M 1,6		3,2	–	–	1,05–1,3	1,05–1,3
M 2	4	–	–	1,35–1,6	1,35–1,6	
M 2,5	5	–	–	1,75–2	1,75–2	
M 3	5,5	–	–	–	2,15–2,4	2,15–2,4
(M 3,5)		6	–	–	2,55–2,8	2,55–2,8
M 4		7	–	–	2,9–3,2	2,9–3,2
M 5	8	–	3,4–4,6	4,4–5,6	3,7–4	4,4–4,7
M 6		10	4,4–5,6	4,6–6,1	4,7–5	4,9–5,2
(M 7)		11	–	–	5,2–5,5	–
M 8	13	–	5,75–7,25	6,4–7,9	6,14–6,5	6,44–6,8
M 10		16	7,25–8,75	8–9,5	7,64–8	8,04–8,4
M 12		18	9,25–10,75	10,4–12,2	9,64–10	10,37–10,8
(M 14)	22	21	–	12,1–13,9	10,3–11	12,1–12,8
M 16		24	12,1–13,9	14,1–15,9	12,3–13	14,1–14,8
(M 18)		27	–	15,1–16,9	14,3–15	15,1–15,8
M 20	30	–	15,1–16,9	16,9–19	14,9–16	16,9–18
(M 22)		34	17,1–18,9	18,1–20,2	16,9–18	18,1–19,4
M 24		36	17,95–20,05	20,2–22,3	17,7–19	20,2–21,5
(M 27)	41	–	20,95–23,05	22,6–24,7	20,7–22	22,5–23,8
M 30		46	22,95–25,05	24,3–26,4	22,7–24	24,3–25,6
(M 33)		50	24,95–27,05	27,4–29,5	24,7–26	27,4–28,7
M 36	55	–	27,95–30,05	28–31,5	27,4–29	29,4–31
(M 39)		60	29,75–32,25	31,8–34,3	29,4–31	31,8–33,4
M 42		65	32,75–35,25	32,4–34,9	32,4–34	32,4–34
(M 45)	70	–	34,75–37,25	34,4–36,9	34,4–36	34,4–36
M 48		75	36,75–39,25	36,4–38,9	36,4–38	36,4–38
(M 52)		80	40,75–43,25	40,4–42,9	40,4–42	40,4–42
M 56	85	–	43,75–46,25	43,4–45,9	43,4–45	43,4–45
(M 60)		90	46,75–49,25	46,4–48,9	46,4–48	46,4–48
M 64		95	49,5–52,5	49,4–52,4	49,1–51	49,1–51
> M 64	–	–	bis M 100 x 6	–	bis M 160 x 6	–/–
Mutternhöhenfaktor $\frac{m}{d}$ ca.	≤ M 4 M 5–M 39 ≥ M 42	–	–	–	0,8	0,8
		0,8	0,83–1,12	0,8	0,84–0,93	
		–	~ 0,8	–	0,8	
Produktklasse	C (grob)			≤ M 16 = A (mittel) > M 16 = B (mittelgrob)		
Gewinde-Toleranz	7 H			6 H		
Festigkeitsklasse Stahl	Kernbereich ~ M 5–39 > M 39	5 M 16 < d ≤ M 39 = 4,5			6, 8, 10 (ISO 8673 = Fkl. 10 ≤ M 16)	
		nach Vereinbarung			nach Vereinbarung	
Mechanische Eigenschaften nach Norm	DIN 267 Teil 4		ISO 898 Teil 2		DIN 267 Teil 4 ISO 898 Teil 2 (RG) Teil 6 (FG)	

Tab. 30

Sechskantschrauben und -muttern, allgemeine Änderungen

DIN	ISO (DIN ISO)	→ EN (DIN EN)	Abmessungsbereich ¹	Änderungen ²
558 931 933 960 961	4018 4014 4017 8765 8676	24018 24014 24017 28765 28676	∅ M 10, 12, 14, 22	neue ISO-Schlüsselweiten
			alle übrigen ∅	keine = DIN und ISO identisch
601 m. Mu 555	4016 m. Mu. 4034	24016 24034	∅ M 10, 12, 14, 22	Schrauben: neue ISO-Schlüsselweiten Muttern: neue ISO-SW + ISO-Höhen
28030 m. Mu. 555	4014 m. Mu. 4032	24014 24032	übrige ∅ bis M 39	Schrauben: keine = DIN und ISO identisch Muttern: neue ISO-Höhen
			übrige ∅ über M 39	keine = DIN und ISO identisch
561 564	– –	– –	∅ M 12, 16	neue ISO-Schlüsselweiten
			alle übrigen ∅	keine
609 610	– –	– –	∅ M 10, 12, 14, 22	neue ISO-Schlüsselweiten
			alle übrigen ∅	keine
7968 Mu 7990 Mu	Schrb: – Mu. n. ISO 4034	– 24034	M 12, 22	Schrauben: neue ISO-Schlüsselweiten Muttern: neue ISO-SW + ISO-Höhen
			alle übrigen ∅	Schrauben: keine Muttern: neue ISO-Höhen
186/261 525 529 603 604 605 607 608 7969 11014	Schrb: – Mu. n. ISO 4034	24034	∅ M 10, 12, 14, 22	Schrauben: keine Muttern: neue ISO-SW + ISO-Höhen
			alle übrigen ∅	Schrauben: keine Muttern: neue ISO-Höhen
439 T1 (A = ohne Fase)	4036	24036	∅ M 10, 12, 14, 22	neue ISO-Schlüsselweiten (keine Höhenveränderung)
439 Tz (B = mit Fase)	4035 = Regel-Gew. 8675 = Fein-Gew.	24035 28675	alle übrigen ∅	keine = DIN und ISO identisch (keine Höhenveränderung)
555	4034 (ISO-Typ 1)	24034	∅ M 10, 12, 14, 22	neue ISO-SW + neue ISO-Höhen
934 Rd. 6, 8, 10	4032 = Regel-Gew. (ISO-Typ 1)	24032		
Fkl. 12	4033 = Regel-Gew. (ISO-Typ 2)	24033	übrige ∅ bis M 39	neue ISO-Höhen (keine SW-Veränderung)
Fkl. 6, 8, 10	= Fein-Gew. (ISO-Typ 1)	28673	∅ über M 39	keine DIN und ISO identisch
557 917 935 986 1587	– – – – –	– – – – –	Δ M 10, 12, 14, 22	neue ISO-Schlüsselweiten
			alle übrigen ∅	keine

¹ Gegenüberstellung Schlüsselweiten und Mutternhöhen DIN: ISO siehe Tabelle C

² Zuordnung Normen, mechanische Eigenschaften für Muttern aus Stahl siehe Tabelle C

4 Herstellung

4.1 Herstellung von Schrauben und Muttern

Prinzipielle Herstellungsverfahren

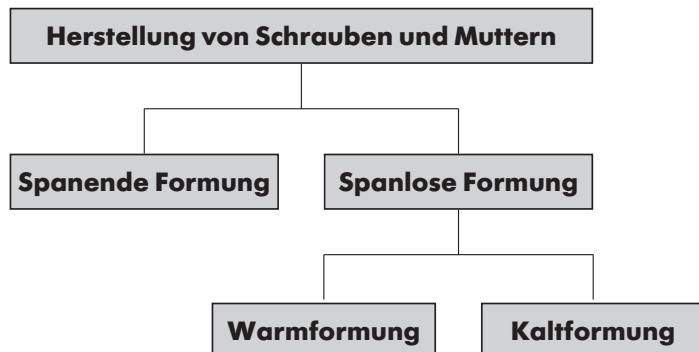


Abb. N: Übersicht über die verschiedenen Herstellungsverfahren

Es stehen prinzipiell mehrere Möglichkeiten der Herstellung von Verbindungselementen zur Verfügung. In der Praxis hat sich die Kaltumformtechnik durchgesetzt. Der überwiegende Teil wird auf diese Weise hergestellt. Dennoch haben die anderen Verfahren durchaus ihre Berechtigung, so wird die Warmformung in größeren Abmessungsbereichen eingesetzt und die spanende Formung bei Sonderschrauben und Zeichnungsteilen.

4.2 Spanlose Formung – Kaltformung

Dieses Verfahren wird eingesetzt bei:

- Großserienfertigung
- Abmessungen bis ca. M30
- kleinen und mittleren Stauchverhältnissen

4.3 Spanlose Formung – Warmformung

Dieses Verfahren wird eingesetzt bei:

- der Fertigung von großen Abmessungen. Hier werden die Umformkräfte so groß, dass es sinnvoller ist eine Warmumformung an Stelle einer Kaltumformung durchzuführen. Eine in der Praxis häufig eingesetzte Grenze liegt bei M30.
- großen Stauchverhältnissen. Hier kann die Kaltumformtechnik nicht eingesetzt werden, da durch die eintretende Kaltverfestigung das Umformverhältnis begrenzt wird. Diese Kaltverfestigung wird bei der Warmumformung verhindert.
- hohen Verformungswiderstand des Werkstoffes. Es wären somit sehr große Kräfte bei der Kaltformung notwendig.

4.4 Spanende Formung:

Dieses Verfahren wird wegen der Weiterentwicklung der spanlosen Umformung immer weiter zurückgedrängt. Es wird noch vor allem im hochfesten Bereich zum Schneiden der Innengewinde und zur Fertigbearbeitung eingesetzt.

4.5 Wärmebehandlung

Es gibt eine Reihe von verschiedenen Wärmebehandlungsverfahren. Diese werden auch für Verbindungselemente eingesetzt, damit diese den in der Praxis auftretenden Beanspruchungsarten überhaupt standhalten können. Die notwendigen mechanischen Eigenschaften, wie geforderte Zugfestigkeit und Streckgrenze, werden durch diese Verfahren erreicht.

Bei der Herstellung von Schrauben kommen vor allem die Wärmebehandlungsverfahren Vergüten, Einsatzhärten und Glühen zum Einsatz. Das Gefüge wird bei den jeweiligen Verfahren so verändert, dass die geforderten mechanischen Eigenschaften entstehen.

4.5.1 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 ab der Festigkeitsklasse 05, 8 (> M16) vorgeschrieben.

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

Härten:

Die Schraube wird u. a. 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.

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.

4.5.2 Einsatzhärten

Dieses Verfahren findet u. a. bei Blechschrauben, gewindefurchenden (Gefu-1 und Gefu-2) und selbstbohrenden (Pias) Schrauben Anwendung. Hierbei ist eine große Oberflächenhärte entscheidend, damit diese Schrauben in der Lage sind, ihr Gewinde selbsttätig herzustellen.

Es 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.

4.5.3 Glühen (Tempern)

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.

5 Oberflächenschutz von Stahlschrauben

Um die Oberflächen von Stahlschrauben gegen Korrosion schützen zu können, werden verschiedene Beschichtungen eingesetzt. Man spricht in diesem Fall auch von passivem Korrosionsschutz, da die eingesetzten Werkstoffe für die Verbindungselemente nicht in der Lage sind sich selbst zu schützen.

5.1 Bezeichnungssystem nach EN ISO 4042

Die Bezeichnung der verschiedenen metallischen Schutzschichten sowie deren Schichtdicken sind durch die genormte Codierung in der EN ISO 4042 eindeutig festgelegt. Der Aufbau des Schlüssel-systems für galvanische Überzüge ist folgender:

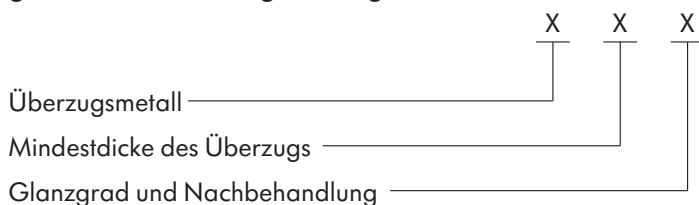


Abb. O: Auszug aus EN ISO 4042

In den Tabellen 32 bis 34 sind die einzelnen Elemente des Schlüssel-systems aufgeführt.

Überzugsmetall

Überzugsmetall / -legierung		Kennbuchstabe
Kurzzeichen	Element	
Zn	Zink	A
Cd ^{a)}	Cadmium	B
Cu	Kupfer	C
CuZn	Kupfer-Zink	D
Ni ^{b)}	Nickel	E
Ni b Cr r ^{b)}	Nickel-Chrom	F
CuNi ^{b)}	Kupfer-Nickel	G
CuNi b Cr r ^{b)}	Kupfer-Nickel-Chrom ^{c)}	H
Sn	Zinn	J
CuSn	Kupfer-Zinn	K
Ag	Silber	L
CuAg	Kupfer-Silber	N
ZnNi	Zink-Nickel	P
ZnCo	Zink-Kobalt	Q
ZnFe	Zink-Eisen	R

^{a)} Die Verwendung von Cadmium ist in bestimmten Ländern eingeschränkt.
^{b)} Der ISO-Klassifizierungscode ist in ISO 1456 festgelegt.
^{c)} Dicke der Chromschicht = 0,3 µm.

Tab. 32: Auszug aus EN ISO 4042

Schichtdicken (Gesamtschichtdicke)

ein Überzugsmetall	Schichtdicke, µm		Kennzahl
	ein Überzugsmetall	zwei Überzugsmetalle ^{a)}	
keine Schichtdicke vorgeschrieben	–	–	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

^{a)} Die für das erste und das zweite Überzugsmetall festgelegten Dicken gelten für alle Kombinationen von Überzügen mit der Ausnahme, dass Chrom die oberste Schicht ist, die immer eine Dicke von 0,3 µm hat.

Tab. 33: Auszug aus EN ISO 4042

Nachbehandlung und Passivieren durch Chromatieren

Glanzgrad	Passivieren durch Chromatieren ^{a)} Eigenfarbe	Kennbuchstabe
matt	keine Farbe	A
	bläulich bis bläulich irisierend ^{b)}	B
	gelblich schimmernd bis gelbbraun, irisierend	C
	olivgrün bis olivbraun	D
blank	keine Farbe	E
	bläulich bis bläulich irisierend ^{b)}	F
	gelblich schimmernd bis gelbbraun, irisierend	G
	olivgrün bis olivbraun	H
glänzend	keine Farbe	J
	bläulich bis bläulich irisierend ^{b)}	K
	gelblich schimmernd bis gelbbraun, irisierend	L
	olivgrün bis olivbraun	M
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 ^{c)}	U

^{a)} Passivieren ist nur bei Zink- oder Cadmiumüberzügen möglich.
^{b)} Gilt nur für Zinküberzüge.
^{c)} Beispiele für einen soliden Überzug.

Tab. 34: Auszug aus EN ISO 4042

Bezeichnungsbeispiel:

Gegeben: Sechskantschraube nach ISO 4014
 – M12 x 40 – 8.8, galvanischer Zinküberzug, Mindestschichtdicke 5 µm,
 Glanzgrad „glänzend“ und gelblich chromatiert

Bezeichnung nach EN ISO 4042:

Sechskantschraube ISO 4014
 – M12 x 40 – 8.8 A2L

Chromatieren (Passivieren) erfolgt unmittelbar nach dem Verzinken durch kurzes Eintauchen in Chromsäurelösungen. Der Chromatierungsprozess erhöht den Korrosionsschutz und verhindert Anlaufen und Verfärben der Zinkschicht. Die Schutzwirkung der Chromatschicht ist je nach Verfahrensgruppe unterschiedlich (siehe Tabelle).

5.2 Korrosionsbeständigkeit in Abhängigkeit der Schutzschichten

Für die Korrosionsbeständigkeit einer Schraubenverbindung ist der jeweilige Anwendungsfall maßgebend. Einen Überblick für allgemeine Anwendungsfälle über die jeweils zu wählende Beschichtung in Abhängigkeit der Anwendungsumgebung und der Temperatur ist in Tabelle 35 aufgeführt. Die Angaben verstehen sich als ungefähre Richtwerte. In Zweifelsfällen ist eine Zusammenarbeit mit dem Lieferanten sinnvoll.

Galvanische Beschichtungsverfahren

Verfahren	Erläuterungen	Maximale Anwendungstemperatur
Vernickeln	Dient sowohl dekorativen Zwecken als auch dem Korrosionsschutz. Wegen der harten Schicht Anwendung im Elektroapparatebau sowie in der Telefonindustrie. Speziell bei Schrauben kein Abrieb des Überzuges. Vernickelte Eisenteile sind in Außenatmosphären nicht zu empfehlen. Verbesserung des Korrosionsschutzes durch Imprägnierung – siehe folgende Tabelle.	250°C
Verzinken	Spezielles Hartvernickeln.	
Verchromen	Meistens nach dem Vernickeln, Schichtdicke ca. 0,4 µm. Chrom wirkt dekorativ, erhöht die Anlaufbeständigkeit vernickelter Werkstücke und verbessert den Korrosionsschutz. Glanzverchromt: hoher Glanz. Mattverchromt: matter Glanz (Seidenglanz). Poliert-verchromt: schleifen, bürsten und polieren der Oberfläche vor dem galvanischen Überzug (Handarbeit). Glanzverchromt als Überzug. Trommelverchromung nicht möglich.	
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 (Weichlot) 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.	

Tab. 35

Weitere Oberflächenbehandlungen

Verfahren	Erläuterungen	Maximale Anwendungstemperatur
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).	
Feuerverzinken	Tauchen in Zinkbad, dessen Temperatur bei ca. 440°C – 470°C liegt. Schichtdicken min. 40 µm. Oberfläche matt und rau, Verfleckungen nach relativ kurzer Zeit möglich. Sehr guter Korrosionsschutz. Anwendbar für Gewindeteile ab M8. Gewindegängigkeit durch geeignete Maßnahmen (spanabhebende Vor- oder Nachbearbeitung) gewährleistet.	250°C
Phosphatieren (Bondem, Bonderisieren, Antoxieren, Parkerisieren, Atramentieren)	Nur leichter Korrosionsschutz. Guter Haftgrund für Farben. Aussehen grau bis grauschwarz. Durch nachträgliches Einölen besserer Korrosionsschutz.	70°C
Brünieren (Schwärzen)	Chemisches Verfahren. Badtemperatur ca. 140°C mit anschließendem Einölen. Für dekorative Zwecke, nur leichter Korrosionsschutz.	
Färben	Nach Farbmuster.	
Schwärzen (Rostfrei)	Chemisches Verfahren. Die Korrosionsbeständigkeit von A1 – A5 kann dadurch beeinträchtigt werden. Für dekorative Zwecke. Für Außenanwendung nicht geeignet.	70°C
Thermische Nachbehandlung	Alle Stahlteile mit hoher Zugfestigkeit (ab 1000 N/mm ²) können durch eine Wasserstoffaufnahme während der Beiz- oder Galvanikbehandlung verspröden (Wasserstoffinduzierte Versprödung). Je kleiner der Materialquerschnitt, umso größer ist die Versprödungsgefahr. Durch eine thermische Nachbehandlung (unterhalb der Anlasstemperatur) kann der Wasserstoff zum Teil beseitigt werden. Nach dem heutigen Stand der Technik bietet dieses Verfahren keine 100%-ige Gewähr. Die thermische Nachbehandlung muss unmittelbar nach der galvanischen Behandlung erfolgen.	
Dacromet (Anorganische Zinkbeschichtung)	Hervorragende hoch zinkhaltige Beschichtung (silbergraue Farbe) für Teile mit Zugfestigkeit Rm ≥ 1000 N/mm ² (Festigkeitsklassen ≥ 10.9, Härte ≥ 300 HV). Bei diesem Beschichtungsverfahren wird eine wasserstoffinduzierte Versprödung verfahrenstechnisch ausgeschlossen. Anwendbar für Gewinde ≥ M4.	300°C
Mechanisches Verzinken (Mechanical Plating)	Chemo-mechanischer Beschichtungsprozess. Entfettete Teile werden zusammen mit einer speziellen Glaskugelmischung und Zinkpulver in eine Platingstrommel gegeben. Die Glaskugeln wirken als Träger der Zinkpulverkörner und bringen diese an die Werkstückoberfläche, wo sie durch Kaltverschweißung haften bleiben.	
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 Wachszusatz die Mikroporen mit Wachs versiegelt werden. Wesentliche Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit. Der Wachsfilm ist trocken, unsichtbar.	

Tabelle 36

5.2.1 Vergleich der Beständigkeit unterschiedlicher Passivierungen anhand der Salzsprühnebelprüfung (DIN 50021)

Erstes Erscheinen von Rostrot

- | | | |
|------|---------|---------|
| gelb | oliv | farblos |
| blau | schwarz | |

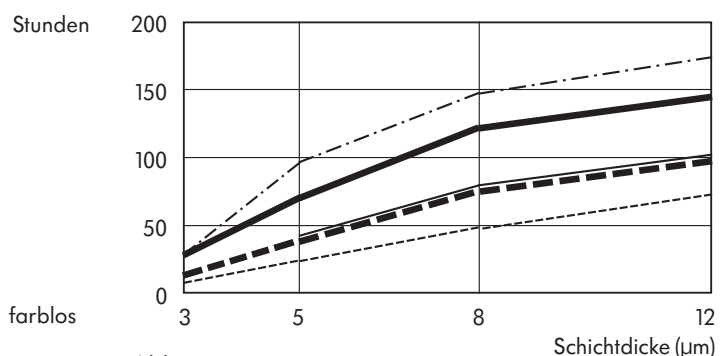


Abb. P

6 Dimensionierung von metrischen Stahlverbindungen

Eine **exakte** Schraubenberechnung verlangt vom Konstrukteur genaue Kenntnisse über die auszulegende Schraubenverbindung und deren Anwendung und ist daher für jeden Anwendungsfall verschieden. In die Schraubenberechnung gehen eine Reihe von Faktoren wie Reibungszahlen, gewähltes Anziehverfahren, Anzahl

der Trennungsfugen und natürlich die mechanischen Eigenschaften von Schrauben und Muttern ein. Aus diesem Grund wurde an dieser Stelle darauf verzichtet. Eine überschlägige Vorauswahl von Schrauben kann für den Anwender mit folgender Tabelle schnell und einfach getroffen werden.

Kraft F_B bzw. F_Q in KN je Schraube für verschiedene Belastungsfälle			Nenn Durchmesser der Schaftschraube ¹⁾ in Abhängigkeit der Festigkeitsklasse und der Belastung					
statisch axial	dynamisch axial	statisch und/oder dynamisch quer zur Achsrichtung	4.6	4.8 5.6	5.8 6.8	8.8	10.9	12.9
1,6	1	0,32	6	5	4	4	–	–
2,5	1,6	0,5	8	6	5	5	4	4
4	2,5	0,8	10	8	6	6	5	5
6,3	4	1,25	12	10	8	8	6	5
10	6,3	2	16	12	10	8	8	8
16	10	3,15	20	16	12	10	10	8
25	16	5	24	20	14	14	12	10
40	25	8	27	24	18	16	14	12
63	40	12,5	33	30	22	20	16	16
100	63	20	–	–	27	24	20	20
160	100	31,5	–	–	–	30	27	24
250	160	50	–	–	–	–	30	30

¹⁾ Bei exzentrisch angreifender Betriebskraft F_B oder Dehnschrauben sind diejenigen Abmessungen zu wählen, die der nächsthöheren Laststufe entsprechen.

Tab. 37

7. Schrauben für den Stahlbau

7.1 Was heißt HV-Verbindung

HV ist die Kennzeichnung einer Verbindung mit hochfesten Schrauben.

H bedeutet dabei Hochfest (Materialqualität der Schraube). V leitet sich ursprünglich von Vorgespannt (Zustand der Schraube) ab, aber die Weiterentwicklung der Schrauben hat auch zur Verwendung von hochfesten Schrauben geführt, die nicht oder nur teilweise ohne nachträgliche Überprüfung vorgespannt werden.

Die Verbindungen mit nicht oder nur teilweise vorgespannten hochfesten Schrauben machen heute im Stahlhochbau einen Anteil bis zu 90% aus. Sie dürfen jedoch nur für Bauteile mit vorwiegend ruhender Beanspruchung benutzt werden, wie zum Beispiel für Hallen, Bühnen, und Skelettkonstruktionen. Diese Verbindung wird, nach der Art der Beanspruchung, als Scher-/Lochleibungsverbindung (SL-Verbindung) bezeichnet.

Die Kraftübertragung erfolgt durch die Beanspruchung auf Abscheren auf die Schraube und Flächenpressung (Lochleibung) zwischen Schraubenschaft und Lochrand.

Lochleibung entsteht, wenn die Belastungskraft F den Schraubenschaft gegen die Lochwand presst. Durch ein teilweises Vorspannen der Schraube erhöht sich der zulässige Lochleibungsdruck.

Von Abscheren spricht man, wenn die Bauteile auf den Schraubenschaft wie Schneiden von Scheren wirken.

Wirkungsweise der SL-Verbindung

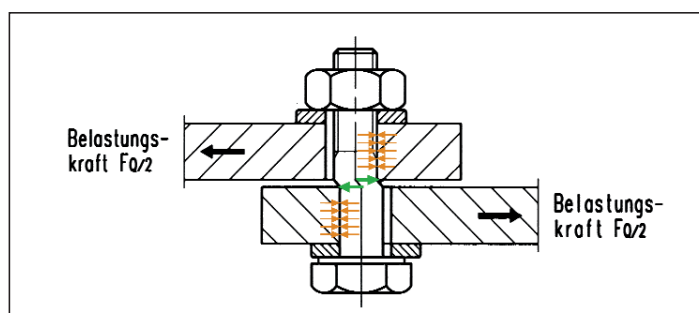


Abb. Q

Bei nicht vorwiegend ruhender, d.h. dynamischer Beanspruchung, die z.B. bei Kranbahnen, Eisenbahnbrücken, besonders auch bei Baggern auftreten kann, besteht die Forderung, die Schrauben voll vorzuspannen. Die Kraftübertragung erfolgt bei dieser Verbindung durch Reibung zwischen den Berührungsflächen der Bauteile. Damit kein Gleiten der Verbindung, d.h. Anlegen der Schrauben auf Lochleibung gegen den Schaft statt-

findet, müssen die Berührungsflächen durch Strahlen oder zugelassenen gleitfeste Anstriche gleitfest gemacht werden. Durch das Anziehen der Schrauben werden Kräfte senkrecht zur Schraubenrichtung übertragen (planmäßiges Vorspannen der Schrauben) und es entsteht eine gleitfeste Verbindung.

Wirkungsweise der GV-Verbindung

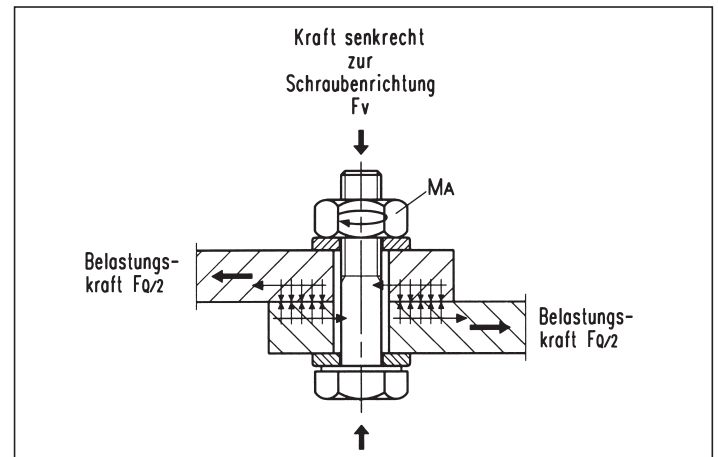


Abb. R

Oberflächenbehandlung der Würth HV-Garnituren

Die Oberflächenbehandlung spielt gerade bei HV-Schrauben eine bedeutsame Rolle. Ihr Sinn liegt darin, den einzelnen Verbindungselementen mit Hilfe eines Überzuges besondere Oberflächeneigenschaften zu verleihen. Dies wäre ein ausreichender Korrosionsschutz, erreicht durch Feuerverzinken und ein definierter Reibwert durch MoS_2 behandelte Muttern.

Die Zinkschichtdicke soll laut DIN 267 Teil 10 mind. $40 \mu\text{m}$ betragen. Bei Würth HV-Schrauben wird durch thermisches Verzinken eine Schichtdicke von ca. $60 - 80 \mu\text{m}$ erreicht. Je nach Angriffsmedium (siehe Diagramm 7.3) stellt dies einen wirksamen Schutz für die Funktionsfähigkeit der Schraubenverbindung dar.

Den Korrosionsschutz im unverzinkten Muttergewinde übernimmt nach der Montage der Zinküberzug des Bolzens, der mit dem Gewinde in unmittelbarem Kontakt steht. Die Zinkschichtdicke ist mit den Gewindetoleranzen von Schraube und Mutter abgestimmt, welche die Gewindegängigkeit gewährleistet.

Entsprechend der DIN 18800, Teil 1 sind nur komplette Garnituren (Schraube, Mutter, Scheibe) eines Herstellers zu verwenden!

7.2 HV-Schrauben nach DIN 6914

Abmessungen und Klemmlängen

Schraubengröße	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30
Gewinde-Ø d	12	16	20	22	24	27	30
Schaft-Ø d _s	= Gewinde-Ø d						
Kopfhöhe k	8	10	13	14	15	17	19
Mutterhöhe m	10	13	16	18	19	22	24
Art.-Nr. Mutter	0079 01 12	0079 01 16	0079 01 20	0079 01 22	0079 01 24	0079 01 27	0079 01 30
Schlüsselweite s	22	27	32	36	41	46	50
Eckenmaß min e	23,91	29,56	35,03	39,55	45,20	50,85	55,37
Scheibenaußen-Ø d ₁	24	30	37	39	44	50	56
Scheibeninnen-Ø d ₂	13	17	21	23	25	28	31
Scheibendicke t	3	4	4	4	4	5	5
Art.-Nr. Scheibe	0079 02 12	0079 02 16	0079 02 20	0079 02 22	0079 02 24	0079 02 27	0079 02 30

Nennlänge l	Klemmlängenbereich						
30	6 – 10						
	0079 12 30						
35	11 – 15	5 – 9					
	0079 12 35	0079 16 35					
40	16 – 20	10 – 14	5 – 9				
	0079 12 40	0079 16 40	0079 20 40				
45	21 – 23	15 – 19	10 – 14				
	0079 12 45	0079 16 45	0079 20 45				
50	24 – 28	20 – 24	15 – 19	14 – 18	12 – 16		
	0079 12 50	0079 16 50	0079 20 50	0079 22 50	0079 24 50		
55	29 – 33	25 – 29	20 – 24	19 – 23	17 – 21		
	0079 12 55	0079 16 55	0079 20 55	0079 22 55	0079 24 55		
60	34 – 38	30 – 34	25 – 29	24 – 28	22 – 26	18 – 22	
	0079 12 60	0079 16 60	0079 20 60	0079 22 60	0079 24 60	0079 27 60	
65	39 – 43	35 – 39	30 – 34	29 – 33	27 – 31	23 – 27	
	0079 12 65	0079 16 65	0079 20 65	0079 22 65	0079 24 65	0079 27 65	
70	44 – 48	40 – 44	35 – 39	34 – 38	32 – 36	28 – 32	24 – 28
	0079 12 70	0079 16 70	0079 20 70	0079 22 70	0079 24 70	0079 27 70	0079 30 70
75	49 – 53	45 – 47	40 – 44	39 – 43	37 – 41	33 – 37	29 – 33
	0079 12 75	0079 16 75	0079 20 75	0079 22 75	0079 24 75	0079 27 75	0079 30 75
80	54 – 58	48 – 52	45 – 49	44 – 48	42 – 46	38 – 42	34 – 38
	0079 12 80	0079 16 80	0079 20 80	0079 22 80	0079 24 80	0079 27 80	0079 30 80
85	59 – 63	53 – 57	50 – 54	49 – 53	47 – 51	43 – 47	39 – 43
	0079 12 85	0079 16 85	0079 20 85	0079 22 85	0079 24 85	0079 27 85	0079 30 85
90	64 – 68	58 – 62	55 – 57	54 – 56	52 – 53	48 – 52	44 – 48
	0079 12 90	0079 16 90	0079 20 90	0079 22 90	0079 24 90	0079 27 90	0079 30 90
95	69 – 73	63 – 67	58 – 62	57 – 61	54 – 58	53 – 57	49 – 53
	0079 12 95	0079 16 95	0079 20 95	0079 22 95	0079 24 95	0079 27 95	0079 30 95
100	74 – 78	68 – 72	63 – 67	62 – 66	59 – 63	58 – 60	54 – 56
	0079 12 100	0079 16 100	0079 20 100	0079 22 100	0079 24 100	0079 27 100	0079 30 100
105	79 – 83	73 – 77	68 – 72		64 – 68	61 – 65	57 – 61
	0079 12 105	0079 16 105	0079 20 105		0079 24 105	0079 27 105	0079 30 105
110	84 – 88	78 – 82	73 – 77	72 – 76	69 – 73	66 – 70	62 – 66
	0079 12 110	0079 16 110	0079 20 110	0079 22 110	0079 24 110	0079 27 110	0079 30 110
115	89 – 93	83 – 87	78 – 82		74 – 78	71 – 75	67 – 71
	0079 12 115	0079 16 115	0079 20 115		0079 24 115	0079 27 115	0079 30 115
120	94 – 98	88 – 92	83 – 87	82 – 86	79 – 83	76 – 80	72 – 76
	0079 12 120	0079 16 120	0079 20 120	0079 22 120	0079 24 120	0079 27 120	0079 30 120
125		93 – 97	88 – 92		84 – 88	81 – 85	77 – 81
		0079 16 125	0079 20 125		0079 24 125	0079 27 125	0079 30 125
130		98 – 102	93 – 97		89 – 93	86 – 90	82 – 86
		0079 16 130	0079 20 130		0079 24 130	0079 27 130	0079 30 130
135		103 – 107	98 – 102		94 – 98	91 – 95	87 – 91
		0079 16 135	0079 20 135		0079 24 135	0079 27 135	0079 30 135
140		108 – 112	103 – 107		99 – 103	96 – 100	92 – 96
		0079 16 140	0079 20 140		0079 24 140	0079 27 140	0079 30 140
145			108 – 112				97 – 101
			0079 20 145				0079 30 145
150		118 – 125	113 – 117		109 – 113	106 – 110	102 – 106
		0079 16 150	0079 20 150		0079 24 150	0079 27 150	0079 30 150
155							107 – 111
							0079 30 155
160		130 – 134	126 – 131		119 – 123	116 – 120	112 – 116
		0079 16 160	0079 20 160		0079 24 160	0079 27 160	0079 30 160
165							117 – 121
							0079 30 165
170		140 – 144					122 – 126
		0079 16 170					0079 30 170
180		150 – 154	146 – 151		139 – 143	136 – 140	132 – 136
		0079 16 180	0079 20 180		0079 24 180	0079 27 180	0079 30 180
190			157 – 160		149 – 153		142 – 146
			0079 20 190		0079 24 190		0079 30 190
200		170 – 174	167 – 170		159 – 163	156 – 160	152 – 156
		0079 16 200	0079 20 200		0079 24 200	0079 27 200	0079 30 200

Die Klemmlängen wurden unter Berücksichtigung der Längentoleranzen berechnet.

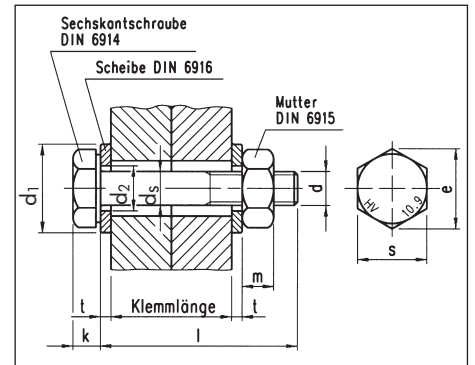


Abb. S

7.3 Atmosphärische Korrosion von Zink (ohne spezielle aggressive Medien)

Zinkschichtdicke in μm

Beispiel:

Zinkabtrag (in Jahren) bei Schichtdicke 50 μm	
Industrie-Atmosphäre	7 Jahre
Großstadt-Atmosphäre	9 Jahre
Meeres-Atmosphäre	27 Jahre
Normale-Land-Atmosphäre	45 Jahre

**Korrosionsschutz
(Schichtdicke von ca. 60-80 μm)**
Wirksamer Schutz auch in aggressiver Atmosphäre.

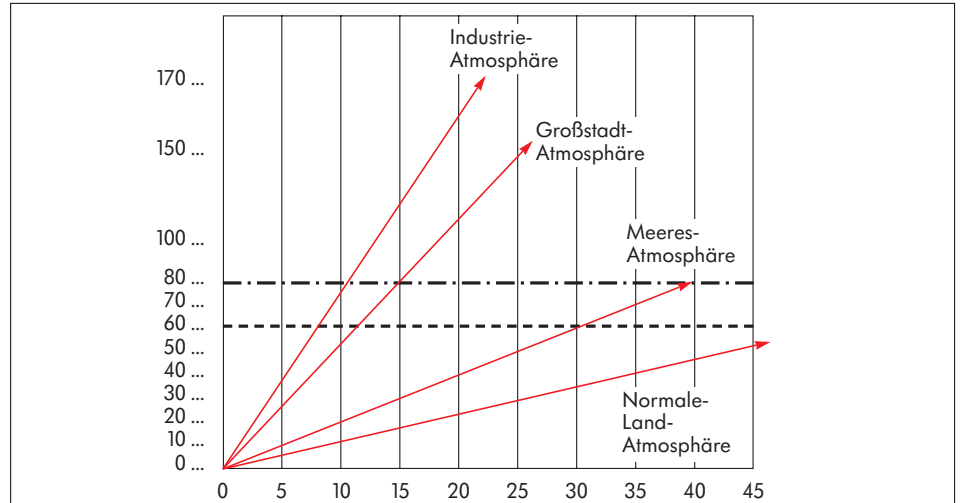


Abb. T

7.4 Verbindungen nach DIN 18800 (Nov. 1990)

Rand- und Lochabstände

Für die Abstände der Schrauben gilt Tabelle 38. Die Abstände werden von der Lochmitte aus gemessen.

Randabstände			Lochabstände		
Kleinsten Randabstand	In Krafrichtung e_1	$1,2 d_L$	Kleinsten Lochabstand	In Krafrichtung e	$2,2 d_L$
	⊥ zur Krafrichtung e_2	$1,2 d_L$		⊥ zur Krafrichtung e_3	$2,4 d_L$
Größter Randabstand	In und ⊥ zur Krafrichtung e_1 bzw. e_2	$3 d_L$ oder $6 t^1)$	Größter Lochabstand e bzw. e_3	Zur Sicherung gegen lokales Beulen	$6 d_L$ oder $12 t$
				Wenn lokale Beulgefahr nicht besteht	$10 d_L$ oder $20 t$

Bei gestanzten Löchern sind die kleinsten Randabstände $1,5 d_L$, die kleinsten Lochabstände $3 d_L$. Die Rand- und Lochabstände dürfen vergrößert werden, wenn keine lokale Beulgefahr besteht und wenn ein ausreichender Korrosionsschutz durch besondere Maßnahmen sichergestellt ist.
¹⁾ maximal $8 t$, wenn der freie Rand durch die Querschnittsform versteift wird.

Tab. 38

Beispiele für die Versteifung freier Ränder im Bereich von Stößen und Anschlüssen. Dabei ist t die Dicke des dünnsten der außenliegenden Teile der Verbindung.

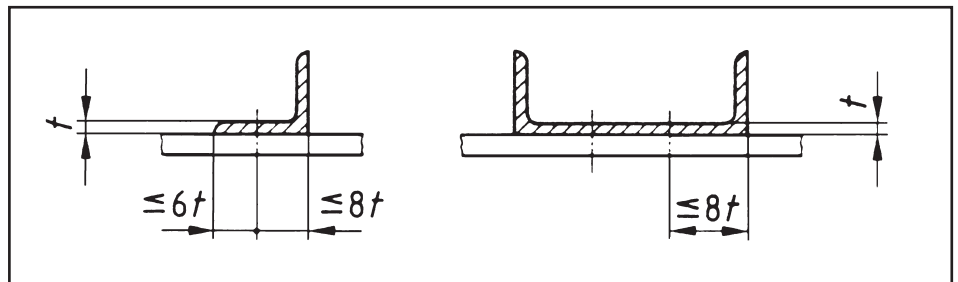


Abb. U

Theoretische Konstruktionsmaße

für Schrauben mit einem Lochspiel von $\Delta d = 1 \text{ mm}$ und $\Delta d = 2 \text{ mm}$.

HV-Schraube →		M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30
HV-Schraube DIN 6914 mit $\Delta d = 1 \text{ mm}$	$d_L \rightarrow$	13	17	21	23	25	28	31
	$1,2 d_L$	15,6	20,4	25,2	27,6	30	33,6	37,2
	$1,5 d_L$	19,5	25,5	31,5	34,5	37,5	42	46,5
	$2,2 d_L$	28,6	37,4	46,2	50,6	55	61,6	68,2
	$2,4 d_L$	31,2	40,8	50,4	55,2	60,0	67,2	74,4
	$3,0 d_L$	39	51	63	69	75	84	93
	$3,5 d_L$	45,5	59,5	73,5	80,5	87,5	98	108,5
	$6,0 d_L$	78	102	126	138	150	168	186
$10 d_L$	130	170	210	230	250	280	310	
HV-Schraube DIN 6914 mit $\Delta d = 2 \text{ mm}$	$d_L \rightarrow$	14	18	22	24	26	29	32
	$1,2 d_L$	16,8	21,6	26,4	28,8	31,2	34,8	38,4
	$1,5 d_L$	21	27	33	36	39	43,5	48
	$2,2 d_L$	30,8	39,6	48,4	52,8	57,2	63,8	70,4
	$2,4 d_L$	33,6	43,2	52,8	57,6	62,4	69,6	76,8
	$3,0 d_L$	42	54	66	72	78	87	96
	$3,5 d_L$	49	63	77	84	91	101,5	112
	$6,0 d_L$	84	108	132	144	156	174	192
$10 d_L$	140	180	220	240	260	290	320	

Tab. 39

Grenzlochleibungskräfte

Die Beanspruchbarkeit auf Lochleibung ist von den gewählten Rand- und Lochabständen abhängig. Die Tabellenwerte sind mit der für die jeweilige Krafrichtung maßgebende Blechdicke $\sum t$ (in cm) zu multiplizieren. Die maximale Beanspruchbarkeit auf Lochleibung ergibt sich bei einem Lochabstand $e = 3,5 d_L$ bzw. einen Randabstand $e_1 = 3d_L$. Das Zeichen „ \downarrow “ am Spaltenende bedeutet, dass es sich bei

Nennlochspiel $\Delta d = 1 \text{ mm}$

Voraussetzung: Abstände senkrecht zur Krafrichtung
 $e_2 \geq 1,5 d_L$ und $e_3 \geq 3 d_L$

HV-Schraube DIN 6914	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	
Grenzlochleibungskräfte in kN für $t = 10 \text{ mm}$ und S 235 (St 37)								
Abstand in mm	$V_{l,R,d}$							
$e = 30$	45,09							
35	55,97							
Lochabstand in Krafrichtung	40	66,84	61,83					
	45	77,72	72,92					
	50	78,81	84,01	78,61				
	55	78,81	95,10	89,83	87,01	84,10		
	60	\downarrow	105,1	101,0	98,27	95,41		
	65		105,1	112,3	109,5	106,7	102,3	
	70		\downarrow	123,5	120,8	118,0	113,7	109,2
	75			131,3	132,1	129,3	125,1	120,6
	80			131,3	143,4	140,6	136,4	132,0
	85			\downarrow	144,5	152,0	147,8	143,4
90				144,5	157,6	159,1	154,8	
95				\downarrow	157,6	170,5	166,2	
100					\downarrow	177,3	177,6	
105						177,3	189,0	
110						\downarrow	197,0	
115							197,0	
120							\downarrow	
125								
130								
135								
Randabstand in Krafrichtung	$e_1 = 20$	36,45						
	25	47,53	46,00					
	30	58,61	57,29	55,48	54,47	53,41		
	35	69,68	68,59	66,91	65,95	64,93	63,33	
	40	78,55	79,88	78,34	77,43	76,45	74,90	73,27
	45	78,55	91,17	89,77	88,90	87,97	86,47	84,88
	50	\downarrow	102,5	101,2	100,4	99,49	98,04	96,49
	55		104,7	112,6	111,9	111,0	109,6	108,1
	60		104,7	124,1	123,3	122,5	121,2	119,7
	65		\downarrow	130,9	134,9	134,1	132,8	131,3
70			130,9	144,0	145,6	144,3	142,9	
75			\downarrow	144,0	157,1	155,9	154,6	
80				\downarrow	157,1	167,5	166,2	
85					\downarrow	176,7	177,8	
90						176,7	189,4	
95						\downarrow	196,4	
100							\downarrow	
105								
110								
115								
Grenzabscherkräfte in kN je Scherfuge								
$V_{a,R,d} \rightarrow$	56,50	100,5	157,0	190,0	226,0	286,5	353,5	
Grenzzugkräfte in kN								
$N_{R,d} \rightarrow$	61,31	114,2	178,2	220,4	256,7	333,8	408,0	

Tab. 40

der davor angegebenen Grenzlochleibungskraft um max. $V_{l,R,d}$ handelt, die auch für größere Abstände anzunehmen ist. Beim Nachweis darf die Grenzlochleibungskraft einer Schraube nicht größer angenommen werden als deren Grenzabscherkraft. Für die Stahlsorte St 52 (S 355) können die Tabellenwerte mit dem Faktor 1,5 umgerechnet werden.

Nennlochspiel $\Delta d = 2 \text{ mm}$

Voraussetzung: Abstände senkrecht zur Krafrichtung
 $e_2 \geq 1,5 d_L$ und $e_3 \geq 3 d_L$

HV-Schraube DIN 6914	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	
Grenzlochleibungskräfte in kN für $t = 10 \text{ mm}$ und S 235 (St 37)								
Abstand in mm	$V_{l,R,d}$							
$e = 30$								
35	50,53							
Lochabstand in Krafrichtung	40	60,63	56,90					
	45	70,73	67,37					
	50	78,81	77,85	73,51				
	55	78,81	88,32	84,22	81,84			
	60	\downarrow	98,79	94,93	92,64	90,19		
	65		105,1	105,6	103,4	101,1	97,24	
	70		105,1	116,4	114,2	111,9	108,2	
	75		\downarrow	127,1	125,0	122,8	119,2	115,3
	80			131,3	135,8	133,7	130,1	126,3
	85			131,3	144,5	144,6	141,1	137,4
90			\downarrow	144,5	155,4	152,1	148,4	
95				\downarrow	157,6	163,1	159,5	
100					157,6	174,0	170,5	
105					\downarrow	177,3	181,6	
110						177,3	192,6	
115						\downarrow	197,0	
120							\downarrow	
125								
130								
135								
Randabstand in Krafrichtung	$e_1 = 20$	33,29						
	25	43,57	42,86					
	30	53,86	53,53	52,36	51,60			
	35	64,15	64,19	63,27	62,60	61,83	60,53	
	40	74,43	74,86	74,18	73,60	72,91	71,71	70,36
	45	78,55	85,53	85,09	84,60	83,98	82,88	81,61
	50	78,55	96,19	96,00	95,60	95,06	94,05	92,86
	55	\downarrow	104,7	106,9	106,6	106,1	105,2	104,1
	60		104,7	117,8	117,6	117,2	116,4	115,4
	65		\downarrow	128,7	128,6	128,3	127,6	126,6
70			130,9	139,6	139,4	138,7	137,9	
75			130,9	144,0	150,4	149,9	149,1	
80			\downarrow	144,0	157,1	161,1	160,4	
85				\downarrow	157,1	172,3	171,6	
90					\downarrow	176,7	182,9	
95					\downarrow	176,7	194,1	
100						\downarrow	196,4	
105							196,4	
110							\downarrow	
115								
Grenzabscherkräfte in kN je Scherfuge								
$V_{a,R,d} \rightarrow$	56,50	100,5	157,0	190,0	226,0	286,5	353,5	
Grenzzugkräfte in kN								
$N_{R,d} \rightarrow$	61,31	114,2	178,2	220,4	256,7	333,8	408,0	

Tab. 41

7.5 Montage

Wichtig: HV-Schrauben nur komplett als Garnitur von einem Hersteller verwenden.

Jede Schraube mit Unterlegscheiben unter Kopf und Mutter montieren. Dabei beachten, dass die Anfasung der Unterlegscheiben nach außen zeigt. Sie dient zur Aufnahme des Ausrundungsradius zwischen Schaft und Kopf.

Auf der nicht gedrehten Seite (Kopf) ist ein kleiner Scheibenstapel von bis zu 3 Scheiben zulässig. Die Mutter wird vor dem Anziehen in ganzer Höhe von Hand aufgeschraubt.

Hinweis: Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben sind vor ihrer Verwendung geschützt zu lagern.

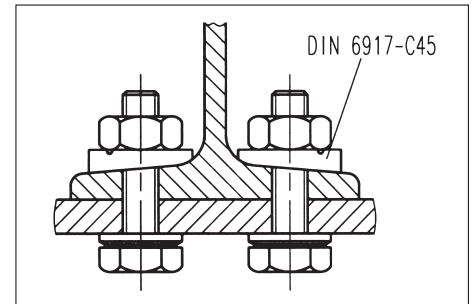
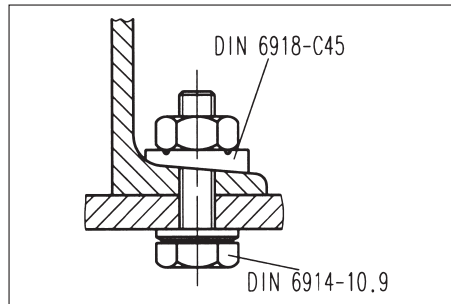
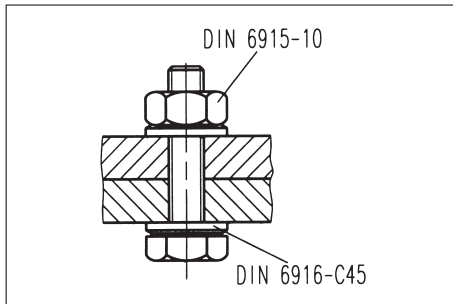


Abb. V

Vorbereitung von GV-Verbindungen

Die Kontaktflächen von GV-Verbindungen sind zur Erzielung einer Reibungszahl $\mu \geq 0,5$ mit im Stahlbau üblichen Strahlmitteln und Korngrößen zu strahlen. Gestrahlte Kontaktflächen dürfen mit einem Zink-Silikat-System beschichtet werden, wenn der Hersteller des Beschichtungstoffes die erforderliche Reibungszahl $\mu \geq 0,5$ nach BN 918 300, Blatt 85 durch ein 3.1.B Abnahmeprüfzeugnis belegen kann.

Vorspannen

Vor Beginn der Verschraubungsarbeiten von planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen (für nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Verbindungen) ist eine Ausführungsanweisung zu erstellen und deren Einhaltung zu dokumentieren.

Würth HV-Schrauben werden durch Anziehen der Mutter vorgespannt. Das Vorspannen kann nach dem Drehmoment-, Drehimpuls-, Drehwinkel- oder kombinierten Verfahren erfolgen.

Wichtig: Würth HV-Muttern nach DIN 6915 sind mit Molybdändisulfid beschichtet. Eine zusätzliche Schmierung aller oder einzelner Verbindungselemente verändert die Vorspannwerte.

Drehmomentverfahren

Die erforderliche Vorspannkraft wird durch ein messbares Drehmoment M_v (siehe Tab. 42.1, Spalte 3) 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 auf die Werte der Tab. 42.1, Spalte 4 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 (Tab. 42.1, Spalte 5) 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 aufgebrachte 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

Kombiniertes Verfahren

Aufbringen des Voranziehmomentes (Tab. 42.1, Spalte 6) mit einem der Drehmoment-Anziehgeräte. Kennzeichnung der Lage der Mutter relativ zu Schraubenschaft und Bauteil

eindeutig und dauerhaft, so dass der anschließend aufgebraachte Weiterdrehwinkel (aus Tab. 42.2) der Mutter leicht ermittelt werden kann.

Vorspannkraft und Anziehmomente für Drehmoment-, Drehimpuls-, Drehwinkel- und kombiniertes Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9

	1	2	3	4	5	6
	Maße	Regel-Vorspannkraft F_V kN	Drehmomentverfahren Aufzubringendes Anziehmoment M_A zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V Nm	Drehimpulsverfahren Einzustellende Vorspannkraft $F_{V,DI}$ zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V kN	Drehwinkelverfahren Voranziehmoment $M_{VA,DW}$ Nm	Kombiniertes Verfahren Voranziehmoment $M_{VA,KV}$ Nm
			Oberflächenzustand: Feuerverzinkt und geschmiert (Muttern mit Molybdänsulfid oder gleichwertigem Schmierstoff)			
1	M12	50	100	60	10	75
2	M16	100	250	110	50	190
3	M20	160	450	175	50	340
4	M22	190	650	210	100	490
5	M24	220	800	240	100	600
6	M27	290	1250	320	200	940
7	M30	350	1650	390	200	1240
8	M36	510	2800	560	200	2100

Tab. 42.1 (Auszug aus der DIN 18800-7)

Erforderliche Weiterdrehwinkel ϑ bzw. -umdrehungsmaße V für das kombinierte Vorspannverfahren an Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9

	1	2	3
	Gesamte Nenndicke l_k der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Unterlegscheiben)	Weiterdrehwinkel ϑ	Weiterumdrehungsmaß V
1	$l_k < 2d$	45	1/8
2	$2d \leq l_k < 6d$	60	1/6
3	$6d \leq l_k < 10d$	90	1/4
4	$10d < l_k$	keine Empfehlung	keine Empfehlung

Tab. 42.2 (Auszug aus der DIN 18800-7)

Zum Anziehen von **nicht planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen** genügt ein handfestes Anziehen der Verbindungen. Um das handfeste Anziehen mit Hilfe einer objektiven Drehmomentkontrolle quantifizieren zu können und damit in eine Arbeitsanweisung umsetzen zu können, sollten die Anziehdrehmomente der Tabelle 42.3 verwendet werden. Eine Überbeanspruchung der Schraubenverbindung ist damit ausgeschlossen.

Empfohlene „Handfest-Anziehdrehmomente“

Schraube	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
$M_{A,handfest}$ [Nm]	15	35	60	90	110	165	220	350

Tab. 42.3 (Auszug aus „Ausführungen von Stahlbauten“)

7.6 Prüfen

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 mindestens 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) grundsätzlich durch Weiteranziehen (der Mutter) zu prüfen. Das Prüfgerät muss dabei dem Anziehgerät entsprechen.

- Drehmomentverfahren: Einstellen des Prüfgerätes auf einen 10% höheren Wert der Tabelle 42.1, Spalte 3
- Drehimpulsverfahren: gleicher Wert (Tabelle 42.1, Spalte 4) wie beim Anziehen
- Drehwinkelverfahren: Prüfen der Markierung (Dokumentation) der Schraubengarnituren

Je nachdem, welche Weiterdrehwinkel bei der Prüfung auftreten, ist nach Tabelle 43 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 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

Tab. 43

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

Grenzgleitkräfte für nicht zugbeanspruchte Schrauben

Grenzgleitkraft in kN je Scherfuge für N = 0 und $\mu = 0,5$							
Schraube DIN 6914	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30
$V_{g;R,d}$	21,74	43,48	69,57	82,61	95,65	126,1	152,2

Tab. 44

N = 0 → bedeutet keine anteilig auf die Schraube anfallende Zugbeanspruchung

$\mu = 0,5$ → Haftreibungszahl, erreicht durch eine besondere Behandlung der Berührungsflächen

7.7 Geregelte Bauprodukte der Bauregelliste A Teil 1

Würth HV-Garnituren sind geregelte Bauprodukte gemäß Bauregelliste A, Teil 1, Fall ÜZ. Geregelte Bauprodukte entsprechen den in der Bauregelliste A Teil 1 bekanntgemachten technischen Regeln oder weichen von ihnen nicht wesentlich ab. Ihre Verwendbarkeit ergibt sich aus der Übereinstimmung der bekanntgemachten Regeln und tragen deshalb das Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen).

Auszug aus Anlage 1 Revision 1, vom 30.09.1999 zum Überwachungsvertrag zwischen August Friedberg GmbH und RWTÜV Anlagentechnik GmbH



Produkt	Nr. der „Bauregelliste“*	Technische Regel	Abmessungen	Festigkeit
Sechskantschrauben mit großen Schlüsselweiten	4.8.2	DIN 6914; 1989-10	M 12 bis M 36	10.9
Sechskantmuttern mit großen Schlüsselweiten	4.8.10	DIN 6915; 1989-10	M 12 bis M 36	10
Garnituren aus Sechskantschrauben für HV-Verbindungen	4.8.55	DIN 6914; 1989-10 DIN 6915; 1989-10	M 12 bis M 36	10.9 / 10

*) Teil 1 Ausgabe 99/1 oder in der die zum Überwachungszeitpunkt der regelmäßigen Fremdüberwachung jeweils gültigen Ausgabe, solange das aufgeführte Bauprodukt mit dem in der Ausgabe 99/1 genannten übereinstimmt.

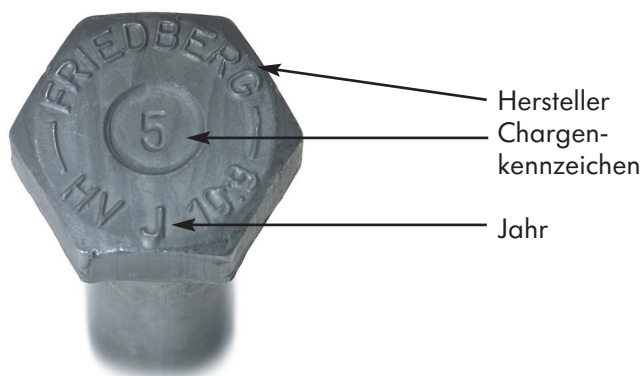
Tab. 45

7.8 Hinweis zur Prüfbescheinigung 3.1B für Stahlbauschrauben der Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9

Auszug aus der DIN 18800-7:2002-09 (Kapitel: Kennzeichnung und Bezeichnungen)

(526) Sofern bei einer Verbindung nur ein einziges Verbindungsmittel verwendet wird und dessen Versagen das Versagen der gesamten Tragkonstruktion zu Folge haben kann, sind die Festigkeitseigenschaften durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1B nach DIN EN 10204:1995-08 zu belegen. Bei Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 sind die Festigkeitseigenschaften stets durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1B nach DIN EN 10204:1995-08 zu belegen.

(527) Falls Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 **ein Chargenkennzeichen tragen** und der Hersteller damit jederzeit auf Grund der werkseigenen Produktionskontrolle auf ermittelte Kennwerte zurückgreifen kann, **darf auf das Abnahmeprüfzeugnis 3.1B nach DIN EN 10204:1995-08 verzichtet werden.**



HV-Schrauben von Würth tragen ein Chargenkennzeichen!

Abb. X

7.9 Sechskantschrauben nach DIN 7990

mit Sechskantmuttern EN ISO 4034 oder 4032, thermisch verzinkt = feuerverzinkt

Abmessungen und Klemmlängen

Schraubengröße	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27	
(b) Hilfsmaß	17,25	21	23,5	26	29	
d _s	Nennmaß	12	16	20	24	27
	min.	11,3	15,3	19,16	23,16	26,16
	max.	12,7	16,7	20,84	24,48	27,84
k	Nennmaß	8	10	13	15	17
	min.	7,55	9,25	12,1	14,1	16,1
	max.	8,45	10,75	13,9	15,9	17,9
s	Nennmaß = max.	19	24	30	36	41
	min.	18,48	23,16	29,16	35	40
d ₁	Innen-Ø Scheibe	14	18	22	26	30
d ₂	Außen-Ø Scheibe	24	30	37	44	50
Art.-Nr. Scheibe	0074 02 12	0074 02 16	0074 02 20	0074 02 24	0074 02 27	

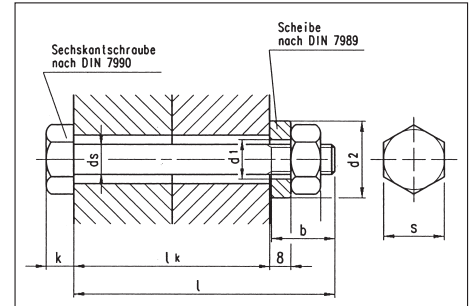


Abb. Y

Nennlänge l	Klemmlängenbereich l _k				
30	5 – 9				
	0074 12 30				
35	10 – 14	6 – 10			
	0074 12 35	0074 16 35			
40	15 – 19	11 – 15	8 – 12		
	0074 12 40	0074 16 40	0074 20 40		
45	20 – 24	16 – 20	13 – 17		
	0074 12 45	0074 16 45	0074 20 45		
50	25 – 29	21 – 25	18 – 22	14 – 18	
	0074 12 50	0074 16 50	0074 20 50	0074 24 50	
55	30 – 34	26 – 30	23 – 27	19 – 23	
	0074 12 55	0074 16 55	0074 20 55	0074 24 55	
60	35 – 39	31 – 35	28 – 32	24 – 28	
	0074 12 60	0074 16 60	0074 20 60	0074 24 60	
65	40 – 44	36 – 40	33 – 37	29 – 33	
	0074 12 65	0074 16 65	0074 20 65	0074 24 65	
70	45 – 49	41 – 45	38 – 42	34 – 38	31 – 35
	0074 12 70	0074 16 70	0074 20 70	0074 24 70	0074 27 70
75	50 – 54	46 – 50	43 – 47	39 – 43	
	0074 12 75	0074 16 75	0074 20 75	0074 24 75	
80	55 – 59	51 – 55	48 – 52	44 – 48	41 – 45
	0074 12 80	0074 16 80	0074 20 80	0074 24 80	0074 27 80
85	60 – 64	56 – 60	53 – 57	49 – 53	
	0074 12 85	0074 16 85	0074 20 85	0074 24 85	
90	65 – 69	61 – 65	58 – 62	54 – 58	51 – 55
	0074 12 90	0074 16 90	0074 20 90	0074 24 90	0074 27 90
95	70 – 74	66 – 70	63 – 67	59 – 63	
	0074 12 95	0074 16 95	0074 20 95	0074 24 95	
100	75 – 79	71 – 75	68 – 72	64 – 68	61 – 65
	0074 12 100	0074 16 100	0074 20 100	0074 24 100	0074 27 100
110	85 – 89	81 – 85	78 – 82	74 – 78	71 – 75
	0074 12 110	0074 16 110	0074 20 110	0074 24 110	0074 27 110
120	95 – 99	91 – 95	88 – 92	84 – 88	
	0074 12 120	0074 16 120	0074 20 120	0074 24 120	

Anziedrehmomente für feuerverzinkte Schrauben-Garnituren

Gewinde-durchmesser	Richtwerte für ein aufzubringendes Anziehmoment* in Nm
M 12	25
M 16	70
M 20	120
M 24	215
M 27	330

* Richtwerte für ein Anziehmoment zur Erzielung einer nur teilweisen Vorspannung (rd. 0,3 RmAs). Schraubengarnitur nicht definiert geschmiedet.

Tab. 46

8 Blechschrauben und gewindefurchende Schrauben

8.1 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.

Übersicht über Blechschraubenverbindungen

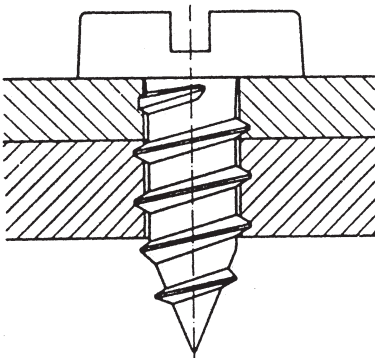


Bild 1: Einfache Verschraubung (zwei Kernlöcher)

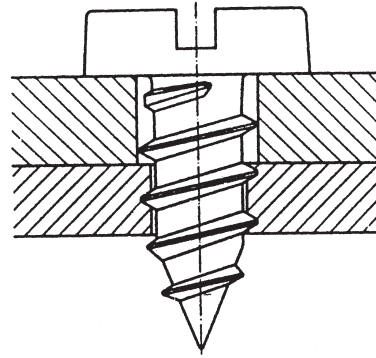


Bild 2: Einfache Verschraubung mit Durchgangsloch

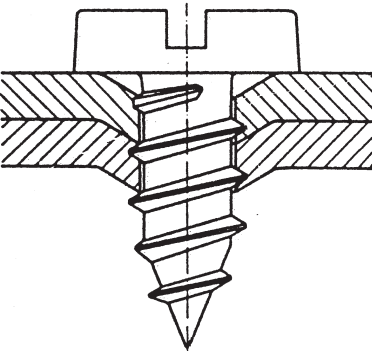


Bild 3: Kernloch aufgedornt (dünne Bleche)

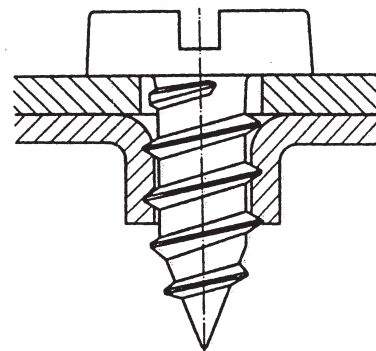


Bild 4: Kernloch durchgezogen (dünne Bleche)

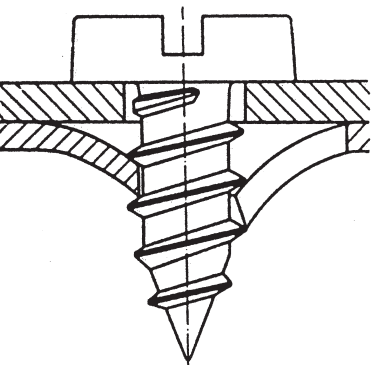


Bild 5: Presslochverschraubung

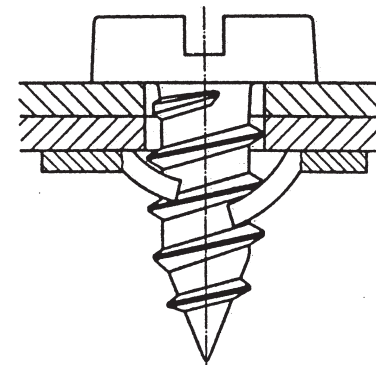


Bild 6: Verschraubung mit Klemm-Mutter

Abb. Z: Auszug aus DIN 7975

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 werden.

Richtwerte für den Kernlochdurchmesser

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_b 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
0,9	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	1,8
1,1	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
1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	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	1,9
1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	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
1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	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

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_b 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
1,2	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
1,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4
1,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	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
1,8	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	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
2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	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

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_b 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
1,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8
1,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9
1,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9
1,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9
1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9
1,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	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
2,2	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	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
2,8	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_b 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
1,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1
1,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2
1,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	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	3,3
1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	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
2,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
2,2	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4
2,5	3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,3	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
3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5

Tab. 47

Blechdicke s	Kernlochdurchmesser d_b 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
1,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4
1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4
1,7	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4
1,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5
1,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5
2,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5
2,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6
2,5	3,2	3,2	3,4	3,4	3,5	3,5	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
3,0	3,2	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7
3,5	3,3	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7

Blechdicke 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	4,3
4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3

Blechdicke 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

Blechdicke 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

Blechdicke 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

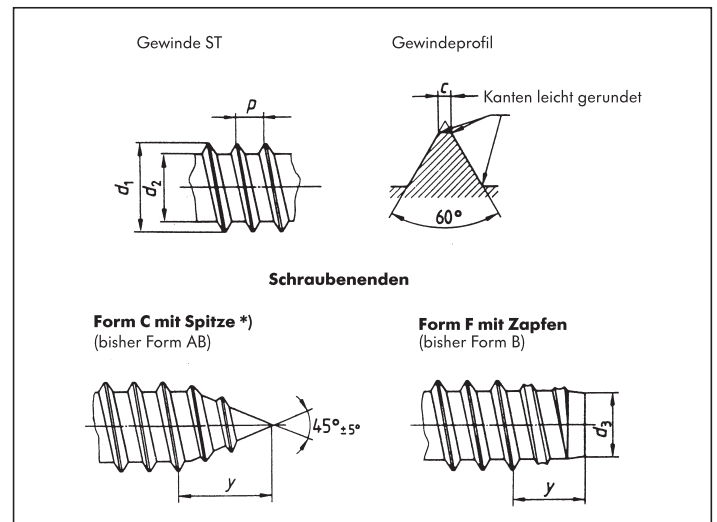
zu Tab. 47

8.2 Gewinde für Blechschrauben

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

Blechschrauben mit Gewindegrößen von ST 1,5 bis ST 9,5

*) Bei der Form C darf durch das Aufwalzen des Gewindes kein überstehender Grat (Gewindeüberstand) an der Spitze entstehen. Eine leichte Rundung oder Abstumpfung der Spitze sollte vorgesehen werden.



Tab. AA

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
d ₁	max.	1,52	1,90	2,24	2,57	2,90	3,30	3,53
	min.	1,38	1,76	2,1	2,43	2,76	3,12	3,35
d ₂	max.	0,91	1,24	1,63	1,90	2,18	2,39	2,64
	min.	0,84	1,17	1,52	1,80	2,08	2,29	2,51
d ₃	max.	0,79	1,12	1,47	1,73	2,01	2,21	2,41
	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

Abmaße von Blechschraubengewinden

Gewindegröße		ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5
P	≈	1,3	1,4	1,6	1,8	1,8	2,1	2,1
d ₁	max.	3,91	4,22	4,8	5,46	6,25	8	9,65
	min.	3,73	4,04	4,62	5,28	6,03	7,78	9,43
d ₂	max.	2,92	3,10	3,58	4,17	4,88	6,20	7,85
	min.	2,77	2,95	3,43	3,99	4,70	5,99	7,59
d ₃	max.	2,67	2,84	3,30	3,86	4,55	5,84	7,44
	min.	2,51	2,69	3,12	3,68	4,34	5,64	7,24
c	max.	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
y	Form C	3,5	3,7	4,3	5	6	7,5	8
Hilfsmaß 1)	Form F	2,7	2,8	3,2	3,6	3,6	4,2	4,2
Nummer 2)		7	8	10	12	14	16	20

1) Länge des unvollständigen Gewindes.

2) Nur zur Information.

Auszug aus DIN EN ISO 1478

Tab. 48

8.3 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 kaltverformbare Materialien in Abhängigkeit der Einschraublänge

Gewinde d	M 3			M 4			M 5			M 6		
	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		4,60		5,5	5,45	5,45
5,5		2,75		3,7	3,65	3,65		4,60			5,5	
6,0		2,75		3,7	3,65	3,65		4,60			5,5	
6,3								4,65			5,5	
6,5								4,65			5,5	
7,0								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												

Tab. 48

Gefu-2: Die empfohlenen Kernlöcher für duktile Materialien

Gewinde d	M 5			M 6			M 8		
	Werkstoffdicke			empfohlenes Toleranzfeld					
	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
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

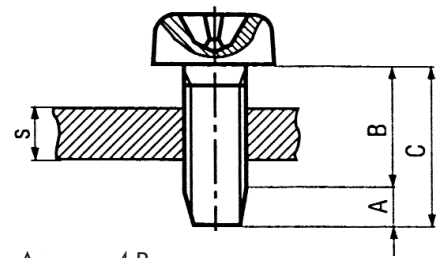
Tab. 49

8.4 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 Bruchdrehmoments							
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 gestanzt							
2 und kleiner	1,8	2,25	2,7	3,15	3,6	4,5	5,4	7,25
4	1,85	2,3	2,75	3,2	3,65	4,5	5,45	7,3
6		2,35	2,8	3,25	3,7	4,6	5,5	7,35
8				3,3	3,75	4,65	5,55	7,4
10						4,7	5,6	7,45
12							5,65	7,5
14								7,5
16								7,55

Tab. 50

Kernlöcher für Druckguss

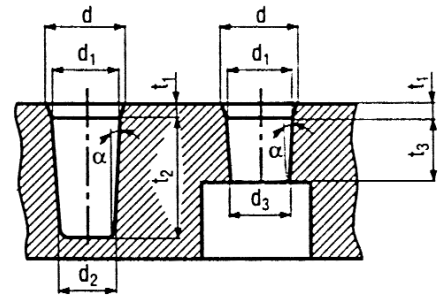
Alle Empfehlungen sind immer durch praxisnahe Montageversuche zu überprüfen.

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°

$\alpha = \max. 1^\circ$



Sackloch

Durchgangsloch

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	
d_1	[mm]	2,36	2,86	3,32	3,78	4,77	5,69	7,63	
d_2	[mm]	2,2	2,67	3,11	3,54	4,5	5,37	7,24	
d_3	[mm]	2,27	2,76	3,23	3,64	4,6	5,48	7,35	
für d_1, d_2, d_3	Toleranz +	[mm]	0	0	0	0	0	0	
	Toleranz -	[mm]	0,06	0,06	0,075	0,075	0,075	0,075	0,09
t_1	[mm]	variabel, minimum 1x Gewindesteigung P							
t_2	[mm]	5,3	6	6,9	7,8	9,2	11	14	
für t_2	Toleranz +	[mm]	0,2	0,2	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
	Toleranz -	[mm]	0	0	0	0	0	0	0
t_3	[mm]	2,5	3	3,5	4	5	6	8	

Tab. 51

9 ZEBRA *pias*/*piasta* Bohrschrauben, ZEBRA Flügel-*pias* Technische Informationen und Anwendungshinweise

9.1 Vorteil und Nutzen von ZEBRA *pias* Bohrschrauben

Vorteil: Zeitersparnis

Das Verbinden von Blechen durch Blechschrauben gehört seit über 50 Jahren zu den modernen, rationalen und deshalb täglich millionenfach angewandten Verfahren der Verbindungstechnik.

In den letzten Jahren hingegen setzt sich jedoch immer häufiger der Einsatz von Bohrschrauben zum Befestigen von Blechverbindungen durch. ZEBRA *pias* Bohrschrauben bieten eine erhebliche Zeitersparnis,

da man nicht mehr ankörnen und mit einem Spiralbohrer vorbohren muss. Die Verringerung der Montagezeit beträgt, im Vergleich zur herkömmlichen Blechschraubenverbindung, mindestens 50%!

Vorteil: Geringer Arbeitsmitteleinsatz

Im Gegensatz zur herkömmlichen Methode entsteht durch die Verwendung von ZEBRA *pias* eine beachtliche Reduzierung der Kosten für den Arbeitsmitteleinsatz:

Körner + Bohrer + Schraube



= Zebra *pias*

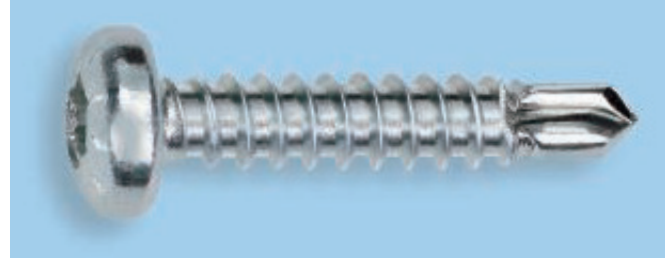


Abb. AD

9.2 Auswahl der Bohrspitzenlänge

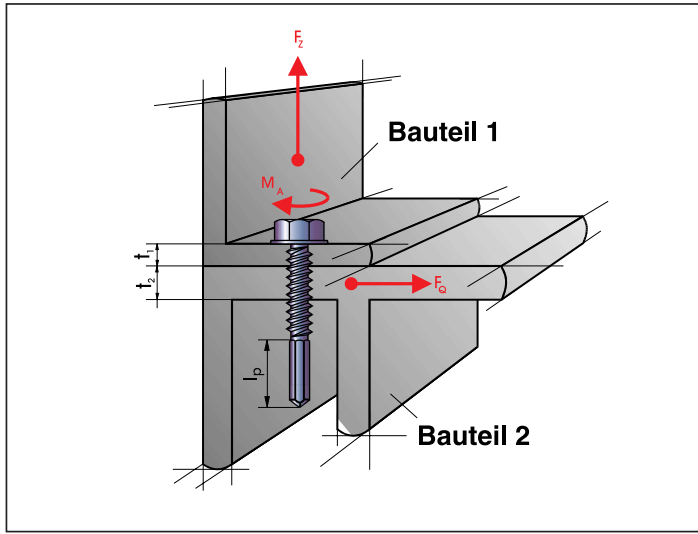


Abb. AE

Trotz der einfachen Handhabung von plus Bohrschrauben gibt es einige Punkte, die bei der Verarbeitung zu beachten sind:

- F_Z : Zugkraft [N], welche die Verbindung axial zur Schraubenachse belastet.
- F_Q : Scherkraft [N], welche die Verbindung senkrecht zur Schraubenachse belastet.
- M_A : Anzugsdrehmoment [Nm] der Schraube.
- t_1 : Materialdicke [mm] von Bauteil 1.
- t_2 : Materialdicke [mm] von Bauteil 2.
- l_p : Länge [mm] der Bohrspitze.

Richtige Länge der Bohrspitze in Abhängigkeit der maximalen Bohrdrücke wählen.

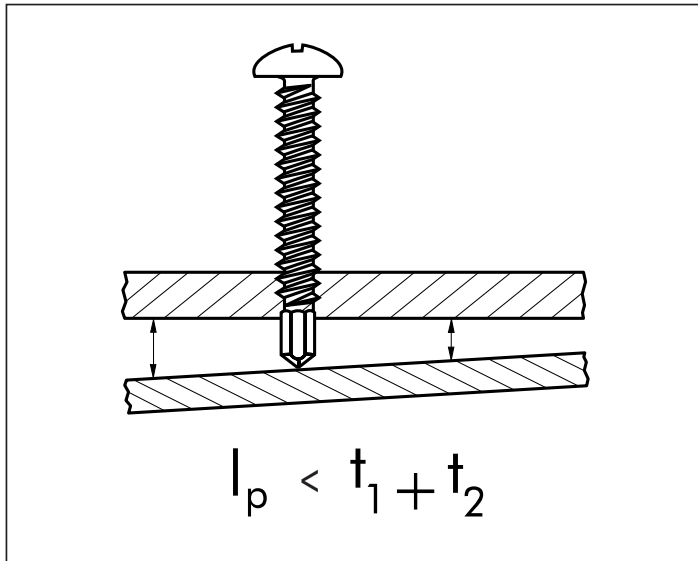


Abb. AF

Falsch

Wird die Bohrspitze zu kurz gewählt, entsteht ein Zwangsvorschub – keine sachgerechte Verbindung.

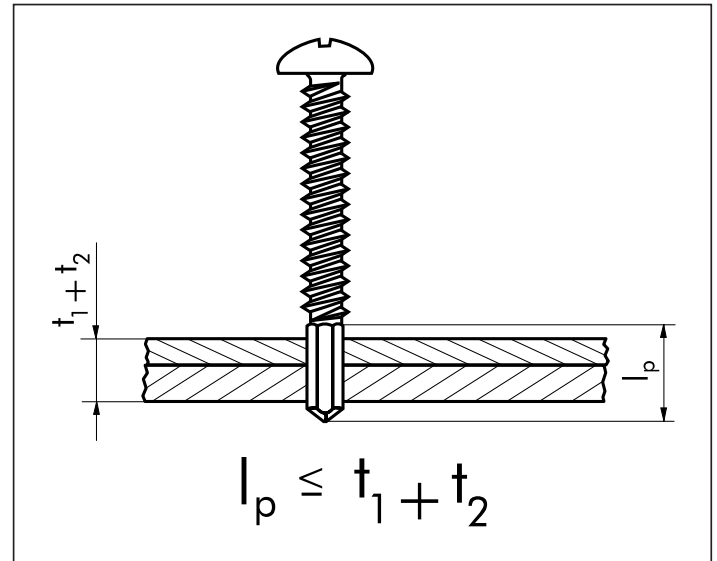


Abb. AG

Richtig

Um eine sachgerechte Verbindung herzustellen, muss die Bohrspitze länger sein als die zu verarbeitende Blechdicke.

9.3 Auswahl des Schraubenwerkstoffes

Die Wahl des Schraubenwerkstoffes für die entsprechende Verbindung hängt entscheidend vom Werkstoff der zu verbindenden Bauteile ab:

Grundwerkstoff der Verbindung	Einzusetzende <i>pias</i> -Bohrschraubengüte
St 12, St 13, St 14 St 33, St 37 USt 37, RSt 37 St 44 St 50, St 52 sonst. unlegierte Stähle bis zu einer Zugfestigkeit von $R_m = 510 \text{ N/mm}^2$	Stahl, verzinkt Stahl, verzinkt, schwarz passiviert <i>piasta</i> , Ruspert beschichtet
Al 99 AlMn 1 AlMg 1, AlMg 3 AlMg 5 AlMgSi 1	Edelstahl A2 <i>piasta</i> , Ruspert beschichtet Stahl, verzinkt Stahl, verzinkt, schwarz passiviert
Edelstahlbleche A2 und A4	ZEBRA <i>piasta</i> können nach erfolgreichen Vorversuchen ggf. bei Dünoblechen (A2 und A4) bis 1 mm Blechstärke eingesetzt werden.

Tab. 52

Drehzahlen und Drehmomente zum Verarbeiten von *pias* Bohrschrauben.

Das sachgerechte Setzen von *pias* Bohrschrauben hängt neben der richtigen Schraubengütenwahl entscheidend von der Verarbeitungsdrehzahl und dem Anzugsdrehmoment ab.

Zu hoch gewählte Drehzahl	→	Bohrspitze glüht aus und erzeugt keine Bohrung.
Zu niedrig gewählte Drehzahl	→	Bohrschraube erreicht keine optimale Bohrleistung.
Zu hoch gewähltes Drehmoment	→	Schraubenkopf kann beim Anziehen der Schraube abreißen.
Zu niedrig gewähltes Drehmoment	→	Schraube erzeugt keine optimale Verbindung.

Entsprechende Drehzahlen in Abhängigkeit vom Nenndurchmesser erhalten Sie auf der betreffenden Produkt-Infoseite der *pias* Bohrschrauben.

9.4 Beispiel zur Auswahl einer ZEBRA pias Bohrschraube bei bekannten Belastungen

Auf den folgenden Infoseiten finden Sie mechanische Kennwerte von pias Bohrschrauben, welche Ihnen die Auswahl für einen bestimmten Belastungsfall einer Verbindung ermöglichen soll.

Die angegebenen Zug- und Scherwerte gelten mit der Annahme, dass nicht die Schraube innerhalb der Verbindung versagt, sondern dass sich das Blech (in der Regel Bauteil 2) über das Blechtreibgewinde ausknüpft und somit zum Versagen der gesamten pias-Verbindung führt.

Im Folgenden sollen zur Vorauslegung einer pias-Schraubenverbindung jeweils ein Beispiel zur Zugbeanspruchung und ein Beispiel zur Auslegung auf Scherung gegeben werden.

9.4.1 Auslegung bei Zugbeanspruchung:

Es soll eine Profilschiene (35 x 20 x 2 mm) aus St 37 an ein Vierkantrohr (35 x 35 x 2 mm) aus St 37 mit einer pias Bohrschraube mit Sechskantkopf und Bund (Art.-Vornr. 0214) befestigt werden. In der Profilschiene soll ein Rollenträger geführt werden. Die Schraube ist ausschließlich in axialer Richtung belastet und die Zugkraft pro Schraube wurde mit $F_z = 1250 \text{ N}$ ermittelt.

Materialdicke Profilschiene $t_1 = 2 \text{ mm}$

Materialdicke Vierkantrohr $t_2 = 2 \text{ mm}$

Ermittelte Zugkraft pro Schraube $F_z = 1250 \text{ N}$, ergibt sich beim Schraubendurchmesser $d = 6,3 \text{ mm}$ eine zulässige Zugkraft von $F_{z,zul} = 1350 \text{ N}$ (siehe Tab. 53 im Kapitel 9.5).

Da die Bedingung $F_z \leq F_{z,zul}$ erfüllt ist, kann die Verbindung mit einer pias-Bohrschraube mit Sechskantkopf und Bund (Art.-Vornr. 214), Nenndurchmesser 6,3 mm, ausgeführt werden.

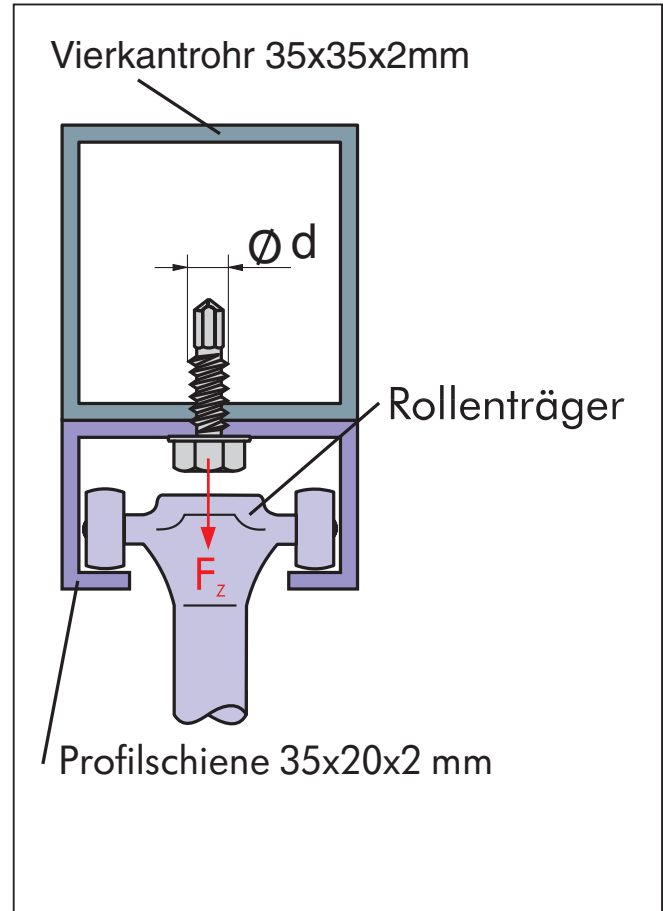


Abb. AH

9.4.2 Auslegung bei Scherbeanspruchung:

Nebenstehende Stoßblechverbindung soll mit einer *pias*-Bohrschraube Linsenkopf mit AW-Antrieb (Art.-Vornr. 0206) verschraubt werden. Das Deckblech (Bauteil 1) hat eine Materialdicke von $t_1 = 1$ mm, das Grundblech (Bauteil 2) $t_2 = 1,5$ mm. Beide Bleche sind aus St 37.

Die Querkraftbeanspruchung pro Schraube wird mit $F_Q = 950$ N angegeben.

Der geeignete Schraubendurchmesser d ergibt sich nach Wertetabelle 53 im Kapitel 9.5 mit den Vorgaben:

Materialdicke Deckblech $t_1 = 1,0$ mm

Materialdicke Grundblech $t_2 = 1,5$ mm

Ermittelte Querkraft pro Schraube $F_Q = 950$ N, mit $d = 4,2$ mm mit einer zulässigen Scherkraft von $F_{Q,zul} = 1400$ N. Da die Bedingung $F_Q \leq F_{Q,zul}$ erfüllt ist, kann die Verbindung mit einer *pias*-Bohrschraube Linsenkopf mit AW-Antrieb (Art.-Vornr. 0206), Nenn- \emptyset 4,2 mm, ausgeführt werden.

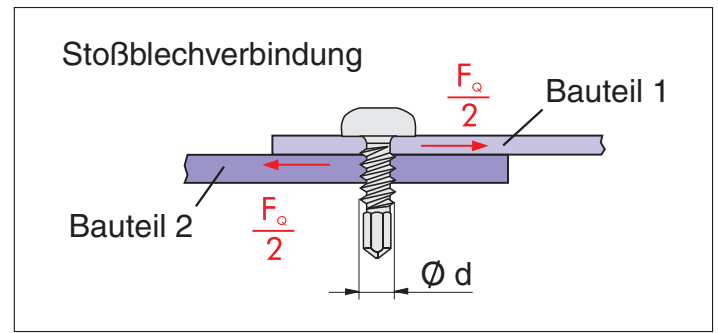


Abb. A1

Kombinierte Scher-Zugbeanspruchung

Bei kombinierter Beanspruchung, d.h. gleichzeitigem Wirken der Scher- und Zugkräfte, sind alle angegebenen zulässigen Kräfte nach den nachfolgenden Formeln abzumindern:

$$\text{Zulässige reduzierte Scherkraft } F_{Q,red} = \frac{F_{Q,zul}}{1 + \frac{F_Z}{F_Q} \cdot \frac{F_{Q,zul}}{F_{Z,zul}}}$$

$$\text{Zulässige reduzierte Zugkraft } F_{Z,red} = \frac{F_{Z,zul}}{1 + \frac{F_Q}{F_Z} \cdot \frac{F_{Z,zul}}{F_{Q,zul}}}$$

F_Z, F_Q : aus Beanspruchung der Verbindung resultierende Kräfte.

$F_{Z,zul}, F_{Q,zul}$: zulässige Beanspruchung resultierend aus Materialdicken und Anordnung der Bauteile (Angaben auf Produkt-Info).

9.5 Belastungswerte für Zebra *pias* (Sechskantkopf mit Bund)

Technische Daten:

d mm	t ₁ mm	M _A * [Nm]	Bauteil 1, t ₁													
			zul. Scherkraft F _{Q,zul} [N]							zul. Zugkraft F _{Z,zul} [N]						
			0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
4,2	0,75	2,0	700	750	800	700				300	300	300	300			
	1,0	2,5	950	1100	1150	1100				500	500	500	500			
	1,5	3,0	1250	1400	1850					850	850	850				
	2,0		1400	1700						1000	1200					
4,8	0,75	2,0	750	900	1000	750	750			250	250	250	250	250		
	1,0	2,5	950	1150	1500	1150	1150			500	500	500	500	500		
	1,5	3,0	1250	1550	2250	2250	2250			850	850	850	850			
	2,0		1500	1850	2500	2500				1150	1250	1250	1250			
	3,0		1500	2050						1150	1250	1250				
5,5	0,75	3,0	800	900	1000	800	800	800		250	250	250	250	250	250	
	1,0	4,0	900	1100	1350	1100	1100	1100		400	400	400	400	400	400	
	1,5		1250	1500	2150	2150	2150			750	750	750	750	750		
	2,0	5,0	1400	1800	2550	2550	2550			1150	1200	1200	1200	1200		
	3,0		1450	1950	3150	3150				1150	1650	2400	2400			
	4,0	6,0	1450	2100						1150	1650					
6,3	0,75	2,5	650	800	1000	650	650	650	650	350	350	350	350	350	350	350
	1,0	3,0	900	1050	1400	1050	1050	1050	1050	500	500	500	500	500	500	500
	1,5	3,5	1300	1700	2300	2300	2300	2300		950	950	950	950	950	950	
	2,0	5,0	1600	2000	2900	2900	2900	2900		1350	1350	1350	1350	1350	1350	
	3,0		1600	2400	3850	3850	3850			1500	2150	2350	2350	2350	2350	
	4,0	6,0	1600	2400	4250	4250				1500	2150	3300	3300			
	5,0		1600	2400						1500	2150	2150				

Tab. 53

Zellen ohne Angaben bedeuten, dass die max. Materialdicke überschritten wird.
* M_A Anzugsdrehmoment als Richtwert empfohlen.

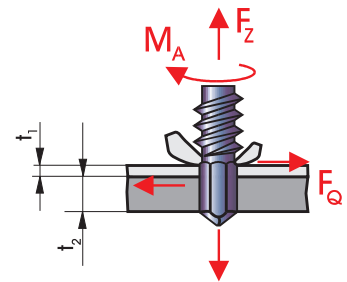
Zug- und Scherwerte:

Die in oben stehender Tabelle aufgeführten Kennwerte sind Anhaltswerte für die Vorauslegung einer Verbindung mit *pias* 6-Kt., Stahl verzinkt (Art.-Vornr. 0214).

Angegebene Werte gelten für Verbindungen (Bauteil 1 + 2) aus dem Material St 37.

Verarbeitungshinweise:

Nenn-Ø mm	Materialdicken t ₁ + t ₂ mm	Verarbeitungs- leerlaufdrehzahl* n (min ⁻¹)
3,5	0,7 – 2,25	1700–2500
4,2	1,75 – 3,0	
4,8	1,75 – 4,4	
5,5	1,75 – 5,25	1200–1800
6,3	2,0 – 6,0	



* Anpressdruck: 100 N, ggf. mit Tiefenanschlag verarbeiten.

Tab. 54

9.6 Belastungswerte für Zebra *piasta* (Sechskantkopf mit Bund)

Technische Daten:

d mm	t ₁ mm	M _A * [Nm]	Bauteil 1, t ₁													
			zul. Scherkraft F _{Q,zul} [N]							zul. Zugkraft F _{Z,zul} [N]						
			0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
4,2	2,0	0,75	550	600	750	550					300	300	300	300		
		1,0	700	850	1050	850					500	500	500	500		
		1,5	1000	1300	1800						850	850	850			
		2,0	1200	1650							1200	1200				
4,8	2,0	0,75	650	750	800	650	650				250	250	250	250	250	
		1,0	900	1000	1150	1100	1100				400	400	400	400	400	
		1,5	1250	1450	1700	1700	1700				800	800	800	800		
		2,0	1300	1500	2000	2000					1250	1250	1250	1250		
		3,0	1350	1700							1700	2300	2300			
5,5	2,0	0,75	700	800	950	700	700	700			200	200	200	200	200	200
		1,0	950	1150	1450	1150	1150	1150			450	450	450	450	450	450
		1,5	1200	1450	1850	1850	1850				800	800	800	800	800	
		2,0	1300	1550	2050	2050	2050				1200	1200	1200	1200	1200	
		3,0	1500	1850	2500	2500					1750	1950	2150	2150		
		4,0	1700	2150							1750	1950				
6,3	2,0	0,75	700	800	900	700	700	700	700		350	350	350	350	350	350
		1,0	950	1150	1300	1150	1150	1150	1150		500	500	500	500	500	500
		1,5	1200	1550	2000	2000	2000	2000			850	850	850	850	850	850
	3,0	2,0	1600	1900	2500	2500	2500	2500			1050	1050	1050	1050	1050	1050
		3,0	1800	2250	3150	3150	3150				1900	2300	2300	2300	2300	
		4,0	1950	2600	3500	3500					1900	2450	3300	3300		
		5,0	1950	2600							1900	2450	2450			

Tab. 55

Zellen ohne Angaben bedeuten, dass die max. Materialdicke überschritten wird.
* M_A Anzugsdrehmoment als Richtwert empfohlen.

Zug- und Scherwerte:

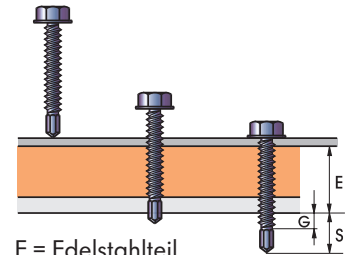
Die in oben stehender Tabelle aufgeführten Kennwerte sind Anhaltswerte für die Vorauslegung einer Verbindung mit *piasta* 6-Kt. (Art.-Vornr. 0214 81). Angegebene Werte gelten für Verbindungen (Bauteil 1 + 2) aus dem Material St 37. Zebra *piasta* sind bis zu einer Stahlgüte von St 52 einsetzbar. Die Verarbeitung in Edelmateriale ist im Einzelfall möglich. Hierzu sollten Eigenversuche vorgenommen werden.

Verarbeitungshinweis:

Zebra *piasta* müssen immer soweit eingeschraubt werden, bis nur noch die Gewindegänge des Edelmateriale (E) im Eingriff sind. Der gehärtete Kohlenstoffanteil (S) muss vollständig in das Profil geschraubt werden. Der gehärtete Gewindeteil (G) formt das Gewinde im Stahlprofil vollständig aus.

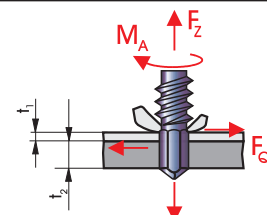
Vorteile durch Ruspert-Beschichtung:

- Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit
- Verhindert die Kaltverschweißneigung von Edelmateriale



E = Edelmateriale
S = Kohlenstoffstahlanteil
G = Gehärteter Gewindeteil
Abb. AJ

Nenn-Ø mm	Materialdicken t ₁ + t ₂ mm	Verarbeitungs- leerlaufdrehzahl* n (min ⁻¹)
4,2	1,75 – 3,0	1700 – 2500
4,8	1,75 – 4,4	
5,5	1,75 – 5,25	1200 – 1800
6,3	2,0 – 6,0	



* Anpressdruck: 100 N, ggf. mit Tiefenanschlag verarbeiten.

Tab. 56

9.7 Zebra Flügel-pias

Selbstbohrende Schraube, zum Verbinden von Hart- und Weichholz auf Stahlunterkonstruktionen. Besonders geeignet für die Verschraubung von Hartholz- und Pressmaterialbeplankungen.

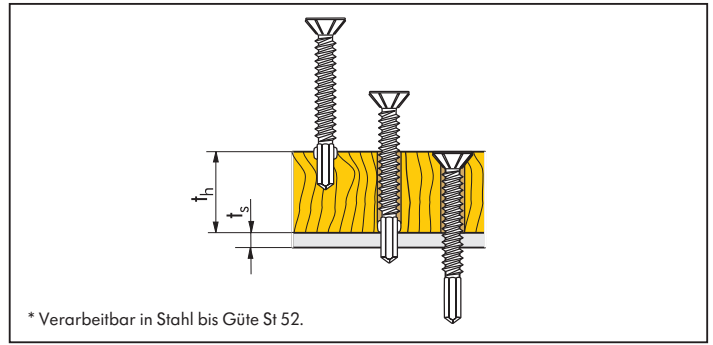
9.7.1 Funktionsprinzip von Flügel-pias:

Die Bohrspitze bohrt das Holz entsprechend dem Außendurchmesser der Flügel auf. Dadurch wird ein Zwangsvorschub der Schraube vermieden.

Nach dem Durchbohren des Holzes trifft die Bohrspitze auf die Stahlunterkonstruktion und beginnt das Kernloch für das Gewinde zu bohren. Die Flügel brechen beim Auftreffen auf die Stahlunterkonstruktion ab.

Ist die Bohrspitze durch das Metall*, wird von den ersten Gewindegängen das Gewinde geschnitten. Die Schraube dreht sich in das selbstgeschnittene Gewinde ein und verbindet Holz und Metall.

Bei Schrauben mit Fräsrippen (für Hartholz) erfolgt ein selbsttätiges Versenken des Schraubenkopfes.



* Verarbeitbar in Stahl bis Güte St 52.

Abb. AK

Nenn-Ø mm	Länge l mm	Materialstärke Holz		Materialstärke Stahl*	
		Min. t _h mm	Max. t _h mm	Min. t _s mm	Max. t _s mm
5,5	38	6	22	1,75	5
	45		29		
	50		34		
	55	12	39		
	60		44		
70	16	54			
6/6,3	32	6	12	1,75	6
	45		24		
	50		11		
	55	34			
	60	17	39		
	65	22	44		
	70		49		
	80	24	59		
	85		64		
100	34	79			
8,0	50	9	13	4	8
	65		25		
	80	15	40		
	100	38	60		

Tab. 57

9.7.2 Einsatzbereich von Flügel-piasta:

Die selbstbohrende Bimetallschraube aus Edelstahl und gehärtetem Stahl, für die korrosionsbeständige Montage von Holz und Metall.

Die spezielle Oberflächenbeschichtung Ruspert (Zink-Aluminium-Lamellenbeschichtung) schützt die Stahlspitze vor Korrosion und verhindert gleichzeitig die Kaltverschweißung des Edelstahlgewindes mit dem Grundmaterial.

Die Verarbeitung in Edelstahlmaterialien ist im Einzelfall möglich. Um eine sachgerechte Montage zu gewährleisten, sollten im Vorfeld Eigenversuche vorgenommen werden.

Nenn-Ø mm	Länge l mm	Materialstärke Holz		Materialstärke Stahl*	
		Min. t _h mm	Max. t _h mm	Min. t _s mm	Max. t _s mm
3,9	25	6	16	1,5	2,5
	28	6	18	1,5	2,5
4,2	32	6	19	1,75	3,0
	38	6	27	1,75	3,0
4,8	32	6	20	1,75	4,0
	38	6	26	1,75	4,0
	44	6	32	1,75	4,0
	50	6	37	1,75	4,0
5,5	38	6	24	1,75	5,25
	45	6	32	1,75	5,25
	50	6	36	1,75	5,25
	55	6	42	1,75	5,25
	65	6	52	1,75	5,25
6,3	90	6	76	1,75	5,25
	65	6	49	2,0	6,0

Tab. 58

10 Niettechnik

10.1 Anwendungstechnik im Nietbereich

Wenn eine spritzwasserdichte Verbindung verlangt wird, sollte man auf Becherblindniete zurückgreifen.

Für diesen Anwendungsfall empfehlen wir die Artikelnr.: 0937...; 0940...

Ist ein gerades Ansetzen des Nietwerkzeuges nicht möglich, kann alternativ der Niet von der gegenüberliegenden Seite aus gezogen werden.

- ✗ weniger geeignet als Verbindung
- ✓ optimale Verbindungsart

Verbindung von harten mit weichen Materialien:

Weich- und Hartteile werden manchmal 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 Softkrallenblindniete, Blindniete mit gerilltem Nietschaft, Allzweckniete (Presslaschenniete).

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.

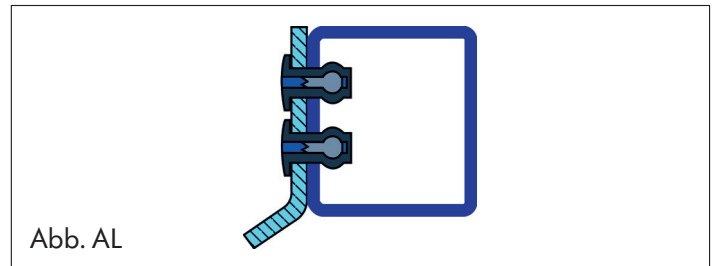


Abb. AL

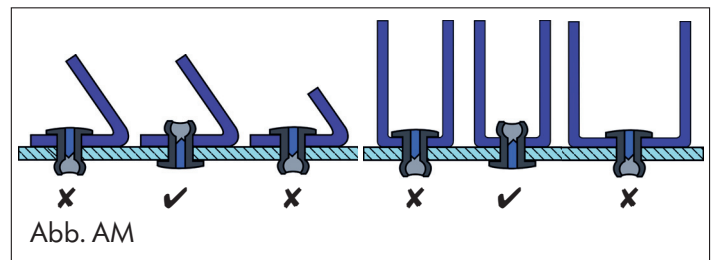


Abb. AM

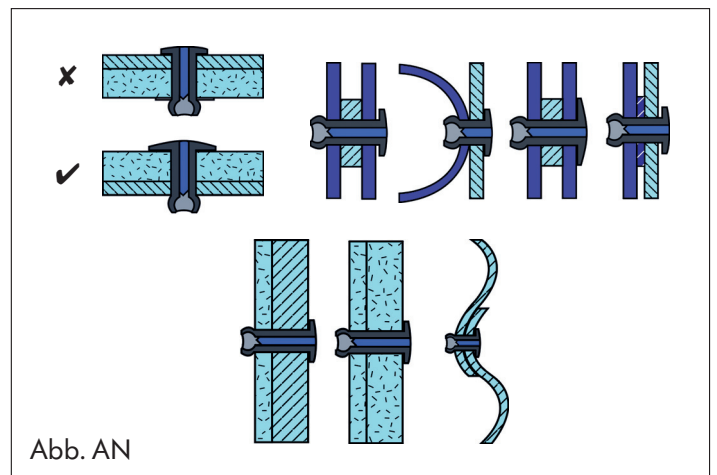


Abb. AN

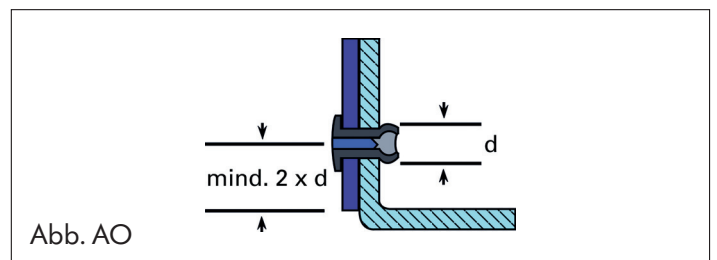
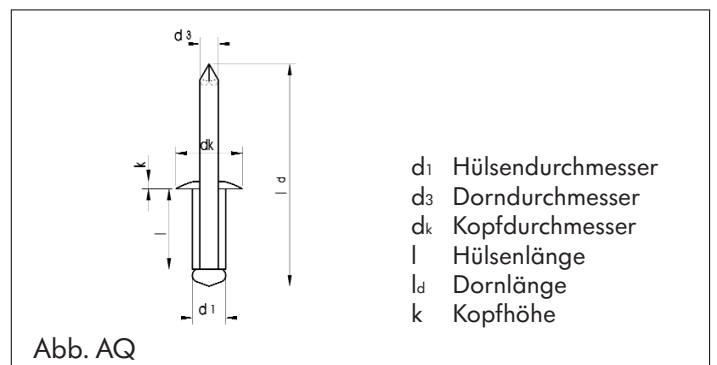
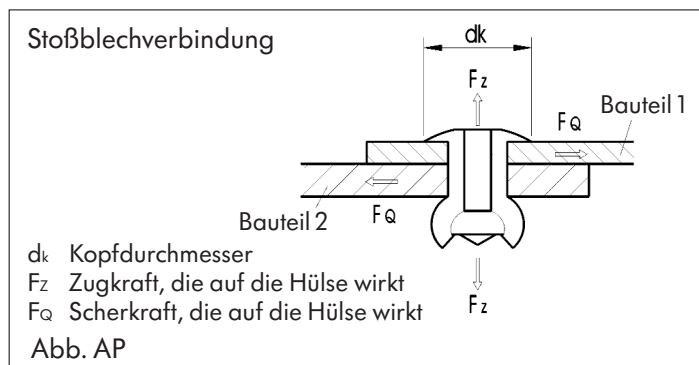


Abb. AO

10.2 Begriffe und mechanische Kenngrößen bei Blindnieten bzw. Nietverbindungen



10.3 Trouble Shooting

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.

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.

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.

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.

10.4 ABC der Niettechnik

Becher-Blindniet:

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

Klemmbereich:

Der Bereich, in dem ein Blindniet mit einer vorgegebenen Niethülslänge seine Nietaufgabe einwandfrei erfüllt. Der Klemmbereich der Bauteile ist die Summe aller zu verbindenden Bauteile.

Mehrbereichsblindniet:

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

Niethülsendurchmesser:

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

Niethülslänge:

Bei der Blindnietausführung mit Flachrundkopf ist die Niethülslänge bis zum Anfang des Flachrundkopfes zu messen. Bei der Senkkopfausführung ist die Niethülslänge die Gesamtlänge einschließlich des Senkkopfes und der Hülse.

Schließkopf:

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

Setzkopf:

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

Sollbruchstelle:

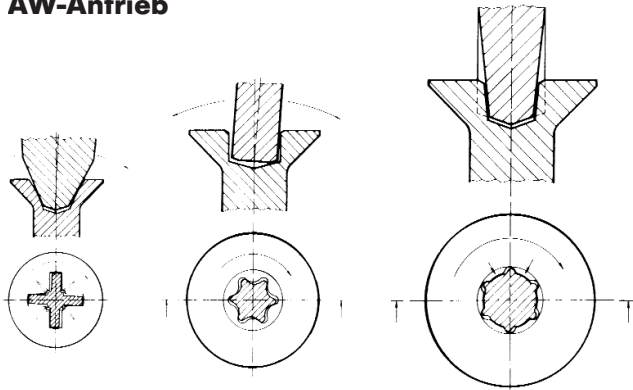
Jeder Dorn besitzt Einkerbungen, an denen er bei maximaler Verformung der Niethülse abreißt.

11 Konstruktionsempfehlungen

11.1 Innenantriebe für Schrauben

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

AW-Antrieb



bisherige Antriebssysteme

AW-Antrieb

Abb. AR

Innensechskant

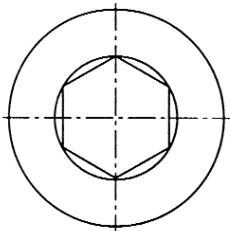


Abb. AS

Kreuzschlitz Z (Pozidriv) nach ISO 4757

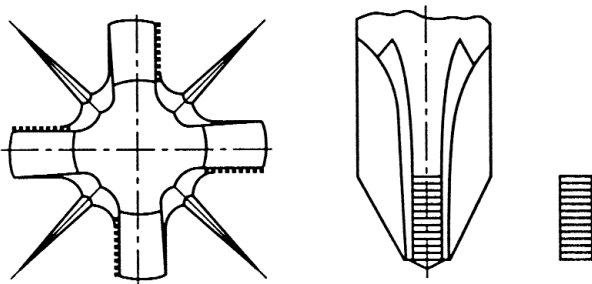


Abb. AT

Kreuzschlitz H (Phillips) nach ISO 4757

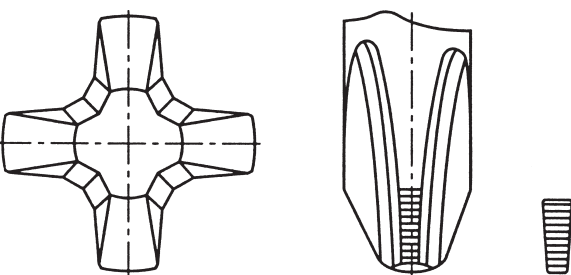


Abb. AU

AW®-Antrieb

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 Oberflächenschutzschicht und gewährleistet somit eine höhere Korrosionsbeständigkeit.

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

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 Kreuzschlitz die Montierbarkeit etwas verbessern. Der Pozidriv-Schraubendreher hat rechteckige Flügelenen.

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

11.2 Richtwerte für den Anziehfaktor α_A bzw. die prozentuale Streuung der verschiedenen Anziehfaktoren nach VDI 2230

Hat der Schrauber eine bestimmte Toleranz in der Drehmomentbegrenzung, so muss die Schraube auf das max. mögliche Anziehdrehmoment ausgelegt werden, d.h. größer.

Der Anziehfaktor α_A ist ein Kennwert für die Genauigkeit des angewendeten Anziehverfahrens.

Je ungenauer das kontrollierte Anziehen der Schrauben erfolgt, umso größer ist α_A .

Anziehverfahren mit $\alpha_A = 1$ sind sehr aufwendig.

Anwendung z. B. im Motorenbau.

$$\alpha_A = \frac{\text{max. Montagevorspannkraft } F_{V\text{max.}}}{\text{min. nötige Montagevorspannkraft } F_{V\text{min.}}} \cong \frac{M_{A\text{max.}}}{M_{A\text{min.}}}$$

Um die im Minimum nötige Vorspannkraft $F_{V\text{min.}}$ zu erhalten, benötigt man eine minimale Schraubendimension, die mit einem Schrauber auf ein min. nötiges Anziehdrehmoment $M_{A\text{min.}}$ anzuziehen ist.

Richtwerte für den Anziehfaktor α_A

Anziehfaktor α_A	Streuung $\frac{\Delta F_M}{2 \cdot F_{Mm}} = \frac{\alpha_A - 1}{\alpha_A + 1}$	Anziehverfahren	Einstellverfahren	Bemerkungen
1,05 bis 1,2	±2% bis ±10%	Längungsgesteuertes Anziehen mit Ultraschall	Schallaufzeit	<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	±5% bis ±20%	Mechanische Längungsmessung	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	±9% bis ±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 $F_{M\text{min.}}$ dimensioniert; eine Auslegung der Schrauben für $F_{M\text{max.}}$ mit dem Anziehfaktor α_A entfällt deshalb für diese Anziehmethode.
1,2 bis 1,4	±9% bis ±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 $F_{M\text{min.}}$ dimensioniert; eine Auslegung der Schrauben für $F_{M\text{max.}}$ mit dem Anziehfaktor α_A entfällt deshalb für diese Anziehmethode.
1,2 bis 1,6	±9% bis ±23%	Hydraulisches Anziehen	Einstellen 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	±17% bis ±23%	Drehmomentgesteuertes Anziehen mit Drehmomentschlüssel, Signal gebendem Schlüssel oder Drehschrauber mit dynamischer Drehmomentmessung	Versuchsmäßige Bestimmung der Sollanziehmomente am Original-Verschraubungsteil, z. B. durch Längungsmessung der Schraube	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Niedrigere Werte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● große Zahl von Einstell- bzw. Kontrollversuchen (z. B. 20) erforderlich; ● geringe Streuung des abgegebenen Momentes (z. B. ±5%) nötig </div> <div style="width: 45%;"> <p>Niedrigere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● kleine Drehwinkel, d.h. relativ steife Verbindungen ● relativ geringe Härte der Gegenlage¹⁾ ● Gegenlagen, die nicht zum „Fressen“ neigen, z. B. phosphatiert oder bei ausreichender Schmierung <p>Höhere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● große Drehwinkel, d.h. relativ nachgiebige Verbindungen sowie Feingewinde ● große Härte der Gegenlage, verbunden mit rauer Oberfläche </div> </div>
1,6 bis 2,0 (Reibungszahlklasse B)	±23% bis ±33%	Drehmomentgesteuertes Anziehen mit Drehmomentschlüssel, Signal gebendem Schlüssel oder Drehschrauber mit dynamischer Drehmomentmessung	Bestimmung des Sollanziehmomentes durch Schätzen der Reibungszahl (Oberflächen- und Schmierverhältnisse)	<p>Niedrigere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● messende Drehmomentschlüssel bei gleichmäßigem Anziehen und für Präzisionsdrehschrauber <p>Höhere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Signal gebende oder ausknickende Drehmomentschlüssel
1,7 bis 2,5 (Reibungszahlklasse A)	±26% bis ±43%	Drehmomentgesteuertes Anziehen mit Drehmomentschlüssel, Signal gebendem Schlüssel oder Drehschrauber mit dynamischer Drehmomentmessung	Bestimmung des Sollanziehmomentes durch Schätzen der Reibungszahl (Oberflächen- und Schmierverhältnisse)	<p>Niedrigere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● messende Drehmomentschlüssel bei gleichmäßigem Anziehen und für Präzisionsdrehschrauber <p>Höhere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Signal gebende oder ausknickende Drehmomentschlüssel
2,5 bis 4	±43% bis ±60%	Anziehen mit Schlag-schrauber oder Impulsschrauber	Einstellen des Schraubers mit Nachziehmoment, das aus Sollanziehmoment (für geschätzte Reibungszahl) und einem Zuschlag gebildet wird.	<p>Niedrigere Werte für:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● große Zahl von Einstellversuchen (Nachziehmoment) ● auf horizontalem Ast der Schraubercharakteristik ● spielfreie Impulsübertragung

¹⁾ Gegenlage: Verspanntes Teil, dessen Oberfläche mit dem Anziehelement der Verbindung (Schraubenkopf oder Mutter) im Kontakt steht.

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

Folgende Vorgehensweise:

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

Je nach Oberflächen- und Schmierungs Zustand der Schrauben- oder Mutternaufgabe, muss eine unterschiedliche Reibungszahl „ μ “ gewählt werden. Bei der Vielzahl von Oberflächen und Schmierungs Zuständen ist es sehr schwierig, die korrekte Reibungszahl festzustellen. Zur Vereinfachung geht man bei Schrauben, die keine Nachbehandlung mehr erfahren haben von einem $\mu_{ges.}$ -Wert von 0,14 aus.

Beispiel:

Wahl für die Schraube und Mutter mit Oberflächenzustand leicht geölt, verzinkt-blau:

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

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_{el}).

Beispiel:

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

Suchen Sie im Kapitel 1.6 (Regelgewinde $\mu_{ges.} = 0,14$) M 12. Entnehmen Sie aus der Zone „Anziehdrehmoment M_A [Nm]“ unter „Festigkeitsklasse 8.8“ und der Zeile bei M 12 x 1,75 den gewünschten Wert.

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

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 (Reibungszahlen können für die Berechnung nur grob geschätzt werden)
- 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 $\alpha_A = 1,4$ – $1,6$ gerechnet werden. Siehe Kapitel 11.2 Tabelle 59 „Richtwerte für den Anziehungsfaktor ...“

$$\alpha_A = 1,4$$

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

Beispiel:

Entnehmen Sie im Kapitel 1.6 Tabelle 9 (Regelgewinde $\mu_{ges.} = 0,14$) aus der Spalte „Abmessung“ bei M 12 x 1,75 in der Zone „Vorspannkraft“ unter „Festigkeitsklasse 8.8“ den Wert.

$$\text{max. Vorspannkraft} \quad F_{V \max.} = 41900 \text{ N}$$

$$\text{min. zu erwartende Vorspannkraft} \quad F_{V \min.} = \frac{F_{V \max.}}{\alpha_A} = \frac{41900}{1,4}$$

$$F_{V \min.} \approx 29929 \text{ N}$$

E) Ergebnis-Kontrolle

Folgende Fragen sollten Sie sich stellen!

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

11.4 Bauaufsichtliche Zulassung in Schwimmhallen-Atmosphäre

Tragende Bauteile in chloridhaltiger Atmosphäre

Die Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e.V. und der Bundesfachverband öffentliche Bäder e.V. haben in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) und der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER) planungs- und ausführungstechnische Aussagen für die Einsatzmöglichkeiten nichtrostender Stähle in Schwimmhallen-Atmosphäre erarbeitet.

Gegenüber der früheren Zulassung Z-30.3-3 wurde die Einsatzbandbreite von Edelstahl Rostfrei für statisch beanspruchte Bauteile aufgrund neuer Erkenntnisse definiert und erweitert. Die neue Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6 „Bauteile und Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen“ vom 03.08.1999 regelt den Einsatz nichtrostender Stähle für **tragende Bauteile** z. B. Deckenabhängungen (Bauteile unter Zugspannung), speziell in Schwimmhallenatmosphäre wie folgt:

- Bei Wasser nach Trinkwasserverordnung ($\text{Cl} \leq 2,5 \text{ mg/l}$) kann der Stahl mit der Werkstoffnummer 1.4539 verwendet werden.
- Bei chloridsalzreichen Wässern (z. B. Solewasser) sind die Stähle mit den Werkstoffnummern 1.4565, 1.4529, 1.4547 zugelassen.

Bauteile in Schwimm- und Badebeckenwasser (mit regelmäßiger Reinigung)

Für die Anwendung in Schwimm- und Badebeckenwässern sind aufgrund der insgesamt steigenden korrosiven Beanspruchungen die Werkstoffe Nr. 1.4401/1.4404 und 1.4571 weit verbreitet (mindestens A4 und A5)

Die molybdänfreien Stähle 1.4301, 1.4306, 1.4541 (A2 und A3 Stähle) eignen sich nur bedingt für den Einsatz im Beckenwasser. Die Chloridionenkonzentration des Wassers darf 200 mg/l nicht übersteigen.

Das heißt, **im Schwimm- und Badebeckenwasser** (mit regelmäßiger Reinigung) sollten nur Verbindungselemente der Werkstoffgruppe A4, oder höher, eingesetzt werden.

Reinigung:

Die Korrosionsbelastung wird in der Praxis von den vorliegenden Angriffsmedien und deren Belastungsintensität bestimmt. Dabei kann auch durch den Einsatz von säurehaltigen Reinigungsmitteln aggressive Beanspruchung auf Konstruktions- und Einrichtungsteilen auftreten.

Bei Bauteile aus Edelstahl Rostfrei, die vom Schwimmbadwasser nicht ständig umspült werden, wie Geländerbefestigungen, Gitterroste, kann es bei wiederholtem Antrocknen von Schwimmbadwasser zur örtlichen Anreicherung von Chloriden kommen. Dies kann bei unsachgemäßer Reinigung schließlich zu Lochkorrosion führen.

Je glatter die Oberfläche, desto leichter ist die Reinigung.

Bei Fragen zur Edelstahlpflege wenden Sie sich bitte an unseren Außendienstmitarbeiter.

Quelle: Merkblatt 831 Edelstahl Rostfrei in Schwimmbädern

11.5 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* Werkstoff/Oberfläche des Verbindungselements	Edelstahl A2/A4	Aluminium	Kupfer	Messing	Stahl, vz., schwarz passiviert	Stahl, vz., gelb passiviert	Stahl, vz., blau passiviert	Stahl, blank
Edelstahl A2/A4	+++	+++	++	++	++	++	++	++
Aluminium	++	+++	++	++	+	+	+	+
Kupfer	+	+	+++	++	+	+	+	+
Messing	+	+	++	+++	+	+	+	+
Stahl, vz., schwarz passiviert	-	-	-	-	+++	++	++	+
Stahl, vz., gelb passiviert	--	--	--	--	+	+++	++	+
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 verbindenden Teilen) zwischen 1:10 und 1:40

Tab. 60

11.6 Verschraubung von thermoplastischen Kunststoffen

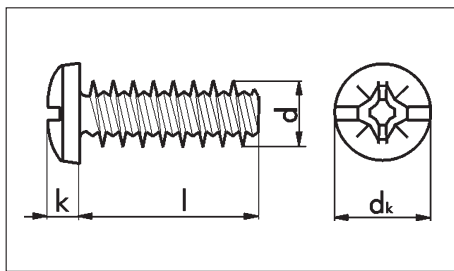


Abb. AR

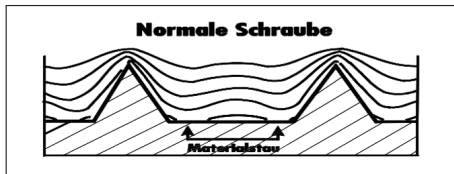
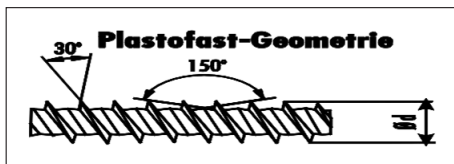
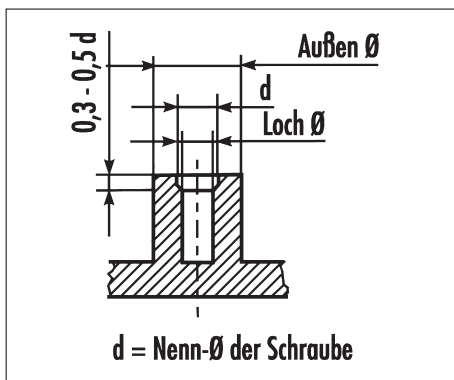


Abb. AS



Die Schrauberdrehzahl sollte $400-800 \text{ min}^{-1}$ betragen.
Wir empfehlen, mit Erstmustern drehzahlabhängige Kontroll-Verschraubungen durchzuführen.
Bei anderen Werkstoffen sind die idealen Durchmesser zu ermitteln.

Abb. AT

Die Plastofast-Schraube formt beim Einsatz in vorgefertigte Löcher ihr Gewinde span- und toleranzfrei.

Durch die Gewindeform mit Zapfen zwischen dem schneidenden Gewinde ergeben sich Vorteile bei der Verarbeitung:

- leichtes und schnelles Ansetzen der Schraube
- geringes Einschraubdrehmoment
- hohes Überdrehmoment
- hohes Losdrehmoment
- hohe Ausreiβfestigkeit
- keine Materialbeschädigung
- größere Belastbarkeit
- unterstützt den natürlichen Materialverlauf

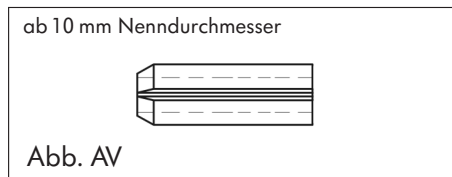
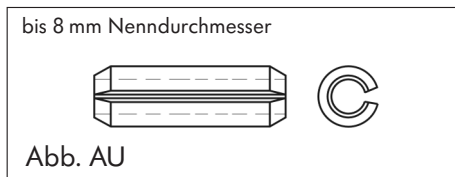
Werkstoff		Loch- Ø mm	Außen- Ø mm	empfohlene Einschraub- tiefe mm
ABS	Acrylnitril/ Butadien/ Styrol	0,8x d	2x d	2x d
ABS/PC Blend		0,8x d	2x d	2x d
ASA	Acrylnitril/ Styrol/ Acrylester	0,78x d	2x d	2x d
PA 4.6	Polyamid	0,73x d	1,85x d	1,8x d
PA 4.6-GF30	Polyamid	0,78x d	1,85x d	1,8x d
PA 6	Polyamid	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PA 6-GF30	Polyamid	0,8x d	2x d	1,9x 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

Tab. 61

* TnP-Test ** TnBP-Test Spannungsriβempfindliche Werkstoffe

11.7 Statische Scherkräfte für Spannstiftverbindungen

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

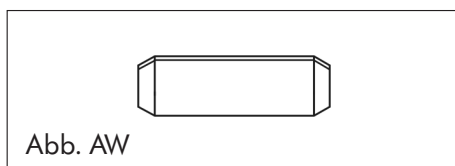


Werkstoff: Federstahl vergütet
auf 420 bis 560 HV

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 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	140,3
min. [kN] zweischnittig	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. 62

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

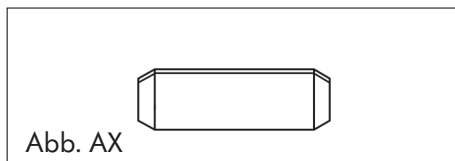


Werkstoff: Federstahl vergütet
auf 420 bis 520 HV

Nenndurchmesser [mm]	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	16
Abscherkraft 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
min. [kN] zweischnittig	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. 63

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

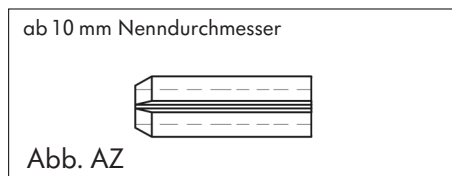
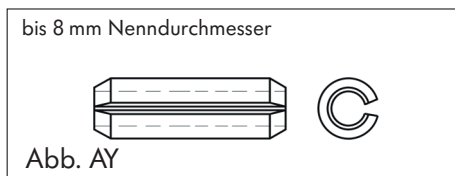


Werkstoff: Federstahl vergütet
auf 420 bis 520 HV

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

Tab. 64

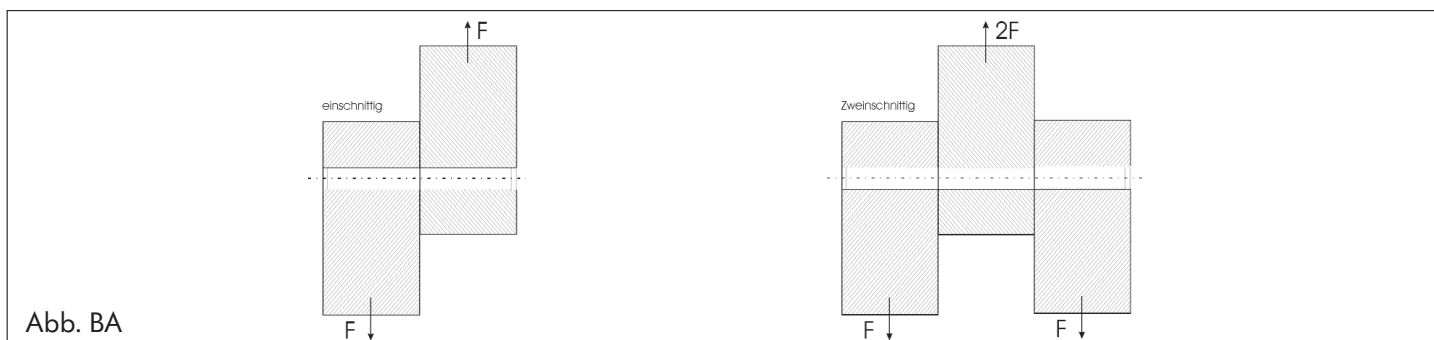
Spannstifte (Spannhülsen) leichte Ausführung nach ISO 13337 (DIN 7346)



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 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
min. [kN] zweischnittig	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. 65



11.8 Empfohlene Anzugsdrehmomente Keilsicherungs-scheiben (NORD-LOCK-Scheiben)

Artikelnummer 0401 700 ... und 0404 701 ...

Keilsicherungs-scheibe verzinkt, gelb passiviert mit Schraube 8.8 verzinkt, gelb passiviert

Gewinde	Gewinde- steigung [mm]	MoS2 auf Oberfläche		Öl auf Oberfläche		Trockene Oberfläche	
		$\mu_g = 0,11$ Moment [Nm]	$G_F = 0,75$ Klemm- kraft [kN]	$\mu_g = 0,12$ Moment [Nm]	$G_F = 0,75$ Klemm- kraft [kN]	$\mu_g = 0,15$ Moment [Nm]	$G_F = 0,62$ Klemm- kraft [kN]
M 3	0,5	1,2	2,4	1,3	2,4	1,3	2
M 4	0,7	2,7	4,2	3	4,2	3	3,5
M 5	0,8	5,3	6,8	5,9	6,8	5,8	5,6
M 6	1,0	9,3	9,6	10,3	9,6	10,2	8
M 8	1,25	22	17,6	25	17,6	24,5	14,5
M 10	1,5	42	28	47	28	46,6	23
M 12	1,75	75	40	84	40	82,9	33
M 14	2	119	55	133	55	131,8	46
M 16	2	183	75	204	75	202,5	62
M 18	2,5	255	92	284	92	282	76
M 20	2,5	357	118	399	118	396,4	97
M 22	2,5	497	145	554	145	549,5	120
M 24	3	616	169	687	169	683,2	140
M 27	3	896	220	1000	220	997,2	182
M 30	3,5	1220	269	1360	269	1361	223
M 33	3,5	1640	333	1830	333	1834	275
M 36	4	2110	392	2360	392	2364	324
M 39	4	2720	468	3040	468	3053	387
M 42	4,5	3428	546	3837	546	3803	451

Tab. 66

Keilsicherungs-scheibe verzinkt, gelb passiviert mit unbehandelter Schraube 12.9

Gewinde	Gewinde- steigung [mm]	MoS2 auf Oberfläche		Öl auf Oberfläche	
		$\mu_g = 0,15$ Moment [Nm]	$G_F = 0,75$ Klemm- kraft [kN]	$\mu_g = 0,14$ Moment [Nm]	$G_F = 0,71$ Klemm- kraft [kN]
M 3	0,5	2	4,1	1,9	3,9
M 4	0,7	4,6	7,1	4,4	6,7
M 5	0,8	9,1	11,5	8,7	10,9
M 6	1,0	15,8	16,3	15,1	15,4
M 8	1,25	38	30	36	28
M 10	1,5	71	47	68	44
M 12	1,75	129	68	123	65
M 14	2	205	93	195	88
M 16	2	314	127	299	120
M 18	2,5	438	156	417	147
M 20	2,5	614	198	585	188
M 22	2,5	853	245	812	232
M 24	3	1060	286	1010	271
M 27	3	1540	372	1470	352
M 30	3,5	2090	454	1990	430
M 33	3,5	2820	562	2690	532
M 36	4	3640	662	3470	626
M 39	4	4690	791	4470	748
M 42	4,5	5905	921	5620	872

Tab. 68

μ_g = Gewindereibungskoeffizient

G_F = Vorspannungsgrad

(Angaben von Schraubenherstellern über die Ausnutzung der Schraubenstreckgrenze)

- Die empfohlenen Anzugsdrehmomentwerte, in Verbindung mit Keilsicherungs-scheiben, ergeben bei einem genauen Drehmoment-anzug die Maximalwerte für die Vorspannkraft. Diese empfohlenen Anzugsdrehmomente sind nur dann anzuwenden, wenn durch die hohe Ausnutzung der Schraube nicht andere Konstruktionsteile wie Flansche, Dichtungen usw. beschädigt werden.

Keilsicherungs-scheibe verzinkt, gelb passiviert mit unbehandelter Schraube 10.9

Gewinde	Gewinde- steigung [mm]	MoS2 auf Oberfläche		Öl auf Oberfläche	
		$\mu_g = 0,14$ Moment [Nm]	$G_F = 0,75$ Klemm- kraft [kN]	$\mu_g = 0,14$ Moment [Nm]	$G_F = 0,71$ Klemm- kraft [kN]
M 3	0,5	1,7	3,4	1,7	3,2
M 4	0,7	3,9	5,9	3,8	5,6
M 5	0,8	7,6	9,6	7,5	9,1
M 6	1,0	13,2	13,6	13	12,8
M 8	1,25	32	25	31	23
M 10	1,5	60	39	59	37
M 12	1,75	108	57	106	54
M 14	2	172	78	169	73
M 16	2	263	106	259	100
M 18	2,5	367	130	361	123
M 20	2,5	515	165	506	157
M 22	2,5	715	205	703	194
M 24	3	888	238	873	226
M 27	3	1290	310	1270	293
M 30	3,5	1750	379	1730	358
M 33	3,5	2360	468	2330	443
M 36	4	3050	551	3000	522
M 39	4	3930	659	3870	624
M 42	4,5	4946	767	4871	727

Tab. 67

Keilsicherungs-scheibe rostfreier Stahl mit Schraube A2 rostfreier Stahl

Gewinde	Gewinde- steigung [mm]	A4-70 MoS2		A4-80 MoS2	
		$\mu_g = 0,14$ Moment [Nm]	$G_F = 0,65$ Klemm- kraft [kN]	$\mu_g = 0,14$ Moment [Nm]	$G_F = 0,65$ Klemm- kraft [kN]
M 3	0,5	0,8	1,5	1	2
M 4	0,7	1,8	2,6	2,4	3,4
M 5	0,8	3,6	4,2	4,8	5,5
M 6	1,0	6,2	5,9	8,3	7,8
M 8	1,25	14,9	10,7	19,8	14,3
M 10	1,5	28	17	38	23
M 12	1,75	50	25	67	33
M 14	2	80	34	107	45
M 16	2	123	46	164	61
M 18	2,5	171	56	229	75
M 20	2,5	241	72	321	96
M 22	2,5	334	89	445	118
M 24	3	415	103	553	138
M 27	3	604	134	805	179
M 30	3,5	820	164	1090	219
M 33	3,5	1100	203	1470	271
M 36	4	1430	239	1900	319
M 39	4	1840	285	2450	381
M 42	4,5	2316	333	3089	443

Tab. 69

Berechnung der Auflagefläche

Die Auflagefläche [mm²] der Sicherungs-scheiben muss größer sein als die Klemmkraft [N] dividiert durch die Streckgrenze des Materials [N/mm²]

$$\text{Auflagefläche [mm}^2\text{]} > \frac{\text{Klemmkraft [N]}}{\text{Streckgrenze [N/mm}^2\text{]}}$$

12 Vergleichstabellen

12.1 Härtevergleichstabelle nach DIN 50510

Die Umwertungstabelle ist nur gültig für unlegierte, niedrig legierte Stähle und Stahlguss im warmumgeformten, wärmebehandelten Zustand.

Bei hochlegierten und/oder kaltverfestigten Stählen (z. B. 6.8, A2–A4) sind erhebliche Abweichungen zu erwarten.

Zugfestigkeit N/mm ²	Vickershärte [F ≥ 98 N]	Brinellhärte ¹⁾	Rockwellhärte	
			HRB	HRC
255	80	76		
270	85	80,7	41	
285	90	85,5	48	
305	95	90,2	52	
320	100	95	56,2	
335	105	99,8		
350	110	105	62,3	
370	115	109		
385	120	114	66,7	
400	125	119		
415	130	124	71,2	
430	135	128		
450	140	133	75	
465	145	138		
480	150	143	78,7	
495	155	147		
510	160	152	81,7	
530	165	156		
545	170	162	85	
560	175	166		
575	180	171	87,1	
595	185	176		
610	190	181	89,5	
625	195	185		
640	200	190	91,5	
660	205	195	92,5	
675	210	199	93,5	
690	215	204	94	
705	220	209	95	
720	225	214	96	
740	230	219	96,7	
755	235	223		
770	240	228	98,1	20,3
785	245	233		21,3
800	250	238	99,5	22,2
820	255	242	(101)	23,1
835	260	247		24
850	265	252	(102)	24,8
865	270	257		25,6
880	275	261	(104)	26,4

Tab. 70

Zugfestigkeit N/mm ²	Vickershärte [F ≥ 98 N]	Brinellhärte ¹⁾	Rockwellhärte	
			HRB	HRC
900	280	268		27,1
915	285	271	(105)	27,8
930	290	276		28,5
950	295	280		29,2
965	300	285		29,8
995	310	295		31
1030	320	304		32,2
1060	330	314		33,3
1095	340	323		34,3
1125	350	333		35,5
1155	360	342		36,6
1190	370	352		37,7
1220	380	361		38,8
1255	390	371		39,8
1290	400	380		40,8
1320	410	390		41,8
1350	420	399		42,7
1385	430	409		43,6
1420	440	418		44,5
1455	450	428		45,3
1485	460	437		46,1
1520	470	447		46,9
1555	480	(465)		47,7
1595	490	(466)		48,4
1630	500	(475)		49,1
1665	510	(485)		49,8
1700	520	(494)		50,5
1740	530	(504)		51,1
1775	540	(513)		51,7
1810	550	(523)		52,3
1845	560	(532)		53
1880	570	(542)		53,6
1920	580	(561)		54,1
1955	590	(561)		54,7
1995	600	(570)		55,2
2030	610	(580)		56,7
2070	620	(589)		56,3
2105	630	(599)		56,8
2145	640	(608)		57,3
2180	650	(618)		57,8

Die eingeklammerten Zahlen sind Härtewerte, die außerhalb des Definitionsbereichs der genormten Härteprüfverfahren liegen, praktisch jedoch vielfach als Näherungswerte benutzt werden. Darüber hinaus gelten die eingeklammerten Brinellhärtewerte nur dann, wenn mit einer Hartmetallkugel gemessen wird.

¹⁾ Errechnet aus: HB = 0,96 · HV