

Außenantriebsschrauben, rohe Schrauben (Sechskantschrauben)



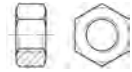
Innenantriebsschrauben (Innensechskantschrauben)



Gewindestangen, Stiftschrauben, Gewindestifte



Muttern



Zylinderstifte, Kegelstifte, Kerbstifte, Kerbnägel



reca sebS, Blechschrauben, Blechmuttern



Gewindeschrauben, Flügelschrauben, Flügelmuttern



Holzschrauben und Spanplattenschrauben



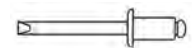
Scheiben und Sicherungselemente



Dübel und Dübelbefestigung



Nieten, Blindnieten, Blindnietmuttern



Verbindungselemente rostfrei



Verbindungselemente aus Messing und Kunststoff



Sonstige Befestigungstechnik und Verbindungselemente



Allgemeine technische Informationen zu Schrauben und Verbindungselementen

<Kein(e,r)>1. Befestigungstechnik 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 Muttern
- 1.5 Paarung von Schrauben und Muttern
 - 1.5.1 Hinweise für Muttern aus Stahl
 - 1.5.2 Abstreiffestigkeit für Muttern mit einer Nennhöhe $> 0,5 d$ und $< 0,8 d$ (nach DIN EN 20898, 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
- 1.9 Prüfbescheinigungen nach EN 10204

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 (Härten, Anlassen)
 - 4.5.2 Einsatzhärten
 - 4.5.3 Glühen (Tempern)

5. Oberflächenschutz von Stahlschrauben

- 5.1 Bezeichnungssystem nach EN 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 HV-Schrauben nach DIN 6914
- 7.3 Korrosionsarten im Stahlbau
 - 7.3.1 Atmosphärische Korrosion
 - 7.3.2 Wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion
- 7.4 Verbindungen nach DIN 18800 (Nov. 1990)
- 7.5 Montage/Vorspannen
- 7.6 Prüfen
- 7.7 Geregelt 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
- 8.4 Direktverschraubung in Metalle mit Gewindefurchenden Schrauben nach DIN 7500

9. Konstruktionsempfehlungen

- 9.1 Innenantriebe für Schrauben
- 9.2 Richtwerte für den Anziehungsfaktor α_A
- 9.3 Berechnungsbeispiel (Vorspannkraft, Anziehdrehmoment)
- 9.4 Paarung verschiedener Elemente/Kontaktkorrosion
- 9.5 Statische Scherkräfte für Spannstiftverbindungen

10. reca sebS/sebSta, reca Flügel-sebS

Technische Informationen und Anwendungshilfe

- 10.1 Vorteil und Nutzen von reca sebS
- 10.2 Auswahl der Bohrspitzenlänge
- 10.3 Auswahl des Schraubenwerkstoffes
- 10.4 Beispiel zur Auswahl einer reca sebS bei bekannten Belastungen
 - 10.4.1 Auslegung bei Zugbeanspruchung
 - 10.4.2 Auslegung bei Scherbeanspruchung
- 10.5 Belastungswerte für reca sebS
- 10.6 Belastungswerte für reca sebSta
- 10.7 reca Flügel-sebS
 - 10.7.1 Funktionsprinzip von reca Flügel-sebS
 - 10.7.2 Einsatzbereich von reca Flügel-sebSta

11. Niettechnik

- 11.1 Anwendungstechnik im Nietbereich
- 11.2 Begriffe und mechanische Kenngrößen
- 11.3 Trouble Shooting
- 11.4 ABC der Niettechnik

1. Befestigungstechnik 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 Verbindungselemente Teil 1: Schrauben

- DIN EN 20898 Teil 2 (ISO 898 Teil 2), Mechanische Verbindungselemente Teil 2: Muttern

Diese Normen legen den einzusetzenden Werkstoff, die Kennzeichnung, die Eigenschaften der fertigen Teile sowie auch 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		P	S	B ^{a)}			
		min.	max.	max.	max.	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)}		0,13	0,55	0,05	0,06		–	Cq22, Cq35	
5.6		–	0,55	0,05	0,06		–	Cq22, Cq35	
5.8 ^{b)}		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
6.8 ^{b)}			0,25	0,55	0,035		0,035		
8.8 ^{d)}	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,15 ^{d)}	0,35	0,035	0,035	425			
9.8		0,25	0,55	0,035	0,035				
10.9 ^{e)}	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 ^{d)}	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				
12.9 ^{f)}	Legierter Stahl, abgeschreckt und angelassen ^{g)}	0,20	0,55	0,035	0,035	380	Cr4, 41 Cr4, 34CrMo4, 42 Cr Mo4, 34 Cr Ni Mo 6, 30 Cr Ni Mo 8		
	Legierter Stahl, abgeschreckt und angelassen ^{g)}	0,28	0,50	0,035	0,035				

^{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 Härtebarkeit 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 Spannungsrelaxationsverfahren bei höheren Temperaturen.

^{f)} Der Werkstoff für diese Festigkeitsklassen muss ausreichend härtbar 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.

Tabelle 1: Auszug aus DIN EN ISO 898 Teil 1

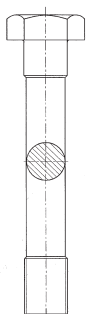
1.2 Mechanische Eigenschaften von Stahlschrauben

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.

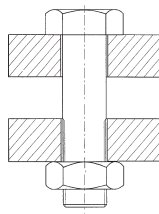
1.2.1 Zugversuch

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):

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

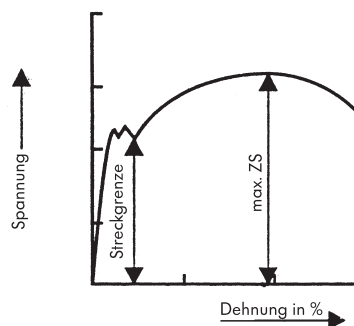
Zugfestigkeit bei Bruch im Gewinde:

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

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.

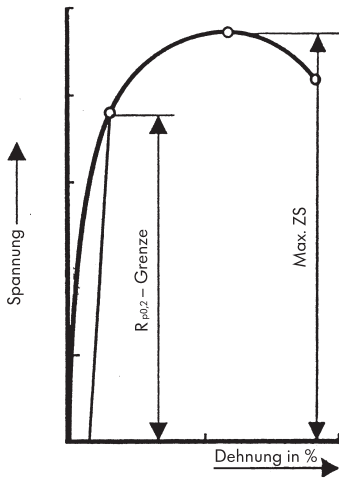


Spannungs-Dehnungs-Diagramm einer Schraube mit der Güte 4.6 (qualitativ)

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 Güte 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.

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

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 $R_{p0,2}$.

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

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:

$$A_5 = (L_u - L_0) / L_0 \times 100$$

L_0 definierte Länge vor dem Zugversuch $l_0 = 5 \times d_0$
 L_u Länge nach dem Bruch
 d_0 Schaftdurchmesser vor dem Zugversuch

Beispiel eines Proportionalstabes

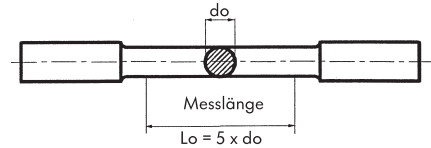


Abb. E

1.2.7 Härte und Härteprüfverfahren

Das ist der Widerstand, den ein Werkstoff dem Eindringen eines anderen Stoffes entgegensetzt.

Die wichtigsten Härteprüfverfahren in der Praxis sind:

Prüfverfahren	Härte Vickers HV ISO 6507	Härte Brinell HB ISO 6506	Härte Rockwell HRC 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.

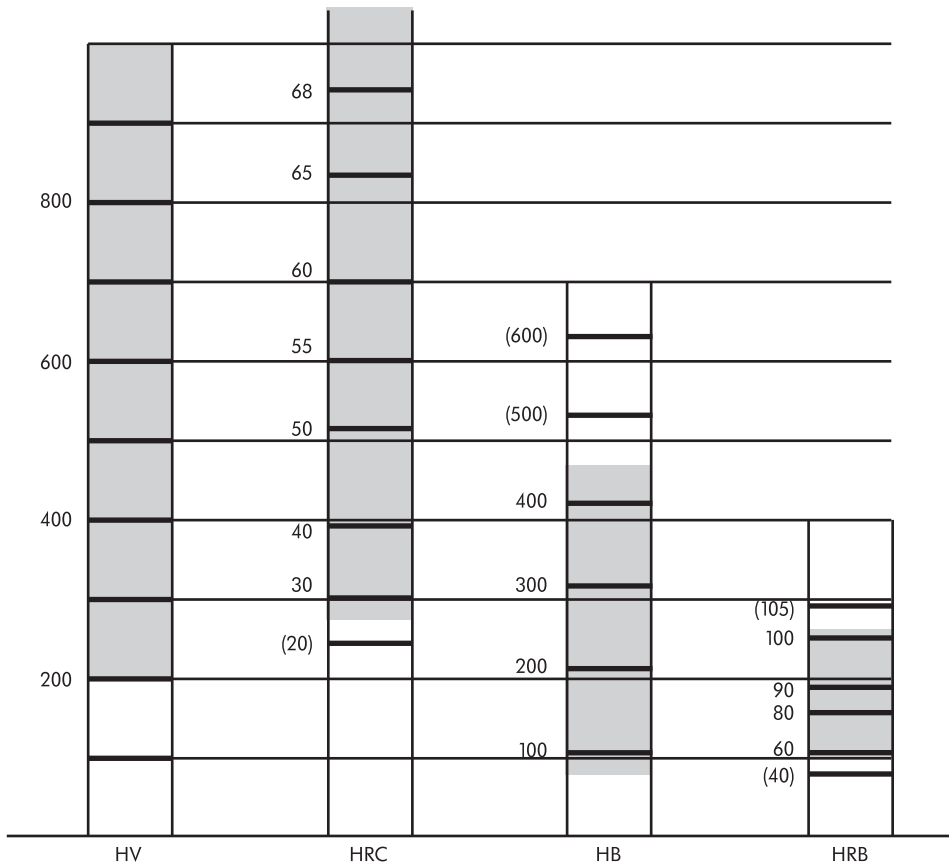


Abb. F: Vergleich von Härteangaben

1.3 Festigkeitsklassen von Schrauben

Mit Hilfe der Festigkeitsklassen werden die Eigenschaften von Schrauben und Muttern beschrieben. Dies erfolgt in untenstehender Tabelle 3 anhand von 10 Festigkeits-

klassen, 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		9.8 ^a	10.9	12.9		
								d ≤ 16 mm ^{d)}	d > 16 mm ^{d)}					
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
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 ^{j)}	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						
5.10	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- Nenndurchmesser d ≤ 16 mm.

^{c)} Für Stahlbauschrauben 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. 3: Auszug aus EN ISO 898-1

1.3.1 Prüfkräfte

Die Prüfkraft nach den Tabellen 4 und 5 wird im Zugversuch axial auf die Schraube aufgebracht und 15 s gehalten. Der Versuch gilt als bestanden, wenn die Schraubenlänge nach Messung mit der Länge vor dem Versuch übereinstimmt. Hier-

bei gilt eine Toleranz von ± 12,5 µm. 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, Nenn} mm ² ^{b)}	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 3	5,03	910	1 130	1 560	1 410	1 910	2 210	2 290	3 270	4 180	4 880
M 3,5	6,78	1 220	1 530	2 100	1 900	2 580	2 980	3 940	4 410	5 630	6 580
M 4	8,78	1 580	1 980	2 720	2 460	3 340	3 860	5 100	5 710	7 290	8 520
M 5	14,2	2 560	3 200	4 400	3 980	5 400	6 250	8 230	9 230	11 800	13 800
M 6	20,1	3 620	4 520	6 230	5 630	7 640	8 840	11 600	13 100	16 700	19 500
M 7	28,9	5 200	6 500	8 960	8 090	11 000	12 700	16 800	18 800	24 000	28 000
M 8	36,6	6 590	8 240	11 400	10 200	13 900	16 100	21 200	23 800	30 400	35 500
M 10	58,0	10 400	13 000	18 000	16 200	22 000	25 500	33 700	37 700	48 100	56 300
M 12	84,3	15 200	19 000	26 100	23 600	32 000	37 100	48 900 ^{c)}	54 800	70 000	81 800
M 14	115	20 700	25 900	35 600	32 200	43 700	50 600	66 700 ^{c)}	74 800	95 500	112 000
M 16	157	28 300	35 300	48 700	44 000	59 700	69 100	91 000 ^{c)}	102 000	130 000	152 000
M 18	192	34 600	43 200	59 500	53 800	73 000	84 500	115 000	–	159 000	186 000
M 20	245	44 100	55 100	76 000	68 600	93 100	108 000	147 000	–	203 000	238 000
M 22	303	54 500	68 200	93 900	84 800	115 000	133 000	182 000	–	252 000	294 000
M 24	353	63 500	79 400	109 000	98 800	134 000	155 000	212 000	–	293 000	342 000
M 27	459	82 600	103 000	142 000	128 000	174 000	202 000	275 000	–	381 000	445 000
M 30	561	101 000	126 000	174 000	157 000	213 000	247 000	337 000	–	466 000	544 000
M 33	694	125 000	156 000	215 000	194 000	264 000	305 000	416 000	–	570 000	673 000
M 36	817	147 000	184 000	253 000	229 000	310 000	359 000	490 000	–	678 000	792 000
M 39	976	176 000	220 000	303 000	273 000	371 000	429 000	586 000	–	810 000	947 000

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

^{b)} Berechnung von A_s siehe 8.2.

^{c)} Für Stahlbauschrauben gilt 50 700 N, 68 800 N bzw. 94 500 N.

Tab. 4: Auszug aus EN ISO 898-1, Prüfkräfte für metrisches ISO-Regelgewinde

Metrisches ISO-Feingewinde

Gewinde d x P ^{a)}	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	7 060	8 820	12 200	11 000	14 900	17 200	22 700	25 500	32 500	38 000
M 10 x 1	64,5	11 600	14 500	20 000	18 100	24 500	28 400	37 400	41 900	53 500	62 700
M 10 x 1,25	61,2	11 000	13 800	19 000	17 100	23 300	26 900	35 500	39 800	50 800	59 400
M 12 x 1,25	92,1	16 600	20 700	28 600	25 800	35 000	40 500	53 400	59 900	76 400	89 300
M 12 x 1,5	88,1	15 900	19 800	27 300	24 700	33 500	38 800	51 100	57 300	73 100	85 500
M 14 x 1,5	125	22 500	28 100	38 800	35 000	47 500	55 000	72 500	81 200	104 000	121 000
M 16 x 1,5	167	30 100	37 600	51 800	46 800	63 500	73 500	96 900	109 000	139 000	162 000
M 18 x 1,5	216	38 900	48 600	67 000	60 500	82 100	95 000	130 000	–	179 000	210 000
M 20 x 1,5	272	49 000	61 200	84 300	76 200	103 000	120 000	163 000	–	226 000	264 000
M 22 x 1,5	333	59 900	74 900	103 000	93 200	126 000	146 000	200 000	–	276 000	323 000
M 24 x 2	384	69 100	86 400	119 000	108 000	146 000	169 000	230 000	–	319 000	372 000
M 27 x 2	496	89 300	112 000	154 000	139 000	188 000	218 000	298 000	–	412 000	481 000
M 30 x 2	621	112 000	140 000	192 000	174 000	236 000	273 000	373 000	–	515 000	602 000
M 33 x 2	761	137 000	171 000	236 000	213 000	289 000	335 000	457 000	–	632 000	738 000
M 36 x 3	865	156 000	195 000	268 000	242 000	329 000	381 000	519 000	–	718 000	838 000
M 39 x 3	1030	185 000	232 000	319 000	288 000	391 000	453 000	618 000	–	855 000	999 000

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

Tab. 5: Auszug aus 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 Minde-
rung der Streckgrenzen bei Schrauben, die unter

erhöhten Temperaturen geprüft werden. Sie sind nicht für die
Annahmepfung 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 _{p 0,2} 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. 6: Auszug aus EN ISO 898-1

1.4 Festigkeitsklassen für Muttern

Bei Muttern wird in der Praxis die Prüfspannung und die dar-
aus 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 7 ist
eine bedenkenlose Beanspruchung einer Schraube auf Zug
möglich. Die Festigkeitsklasse einer Mutter wird durch die auf
einen gehärteten Prüforn bezogene Prüfspannung beschrie-
ben 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: $F_p = A_s \times S_p$

Prüfkräfte für Metrisches ISO-Regelgewinde (Muttern)

Gewinde	Gewinde- steigung mm	Nenn- spannungs- querschnitt des Prüfdorns A_s mm ²	Festigkeitsklasse									
			04	05	4	5	6	8	9	10	12	
			Prüfkraft ($A_s \times S_p$), N									
M 3	0,5	5,03	1 910	2 500	–	2 600	3 000	4 000	4 500	5 200	5 800	
M 3,5	0,6	6,78	2 580	3 400	–	3 550	4 050	5 400	6 100	7 050	7 800	
M 4	0,7	8,78	3 340	4 400	–	4 550	5 250	7 000	7 900	9 150	10 100	
M 5	0,8	14,2	5 400	7 100	–	8 250	9 500	12 140	13 000	14 800	16 300	
M 6	1	20,1	7 640	10 000	–	11 700	13 500	17 200	18 400	20 900	23 100	
M 7	1	28,9	11 000	14 500	–	16 800	19 400	24 700	26 400	30 100	33 200	
M 8	1,25	36,6	13 900	18 300	–	21 600	24 900	31 800	34 400	38 100	42 500	
M 10	1,5	58,0	22 000	29 000	–	34 200	39 400	50 500	54 500	60 300	67 300	
M 12	1,75	84,3	32 000	42 200	–	51 400	59 000	74 200	80 100	88 500	100 300	
M 14	2	115	43 700	57 500	–	70 200	80 500	101 200	109 300	120 800	136 900	
M 16	2	157	59 700	78 500	–	95 800	109 900	138 200	149 200	164 900	186 800	
M 18	2,5	192	73 000	96 000	97 900	121 000	138 200	176 600	176 600	203 500	230 400	
M 20	2,5	245	93 100	122 500	125 000	154 400	176 400	225 400	225 400	259 700	294 000	
M 22	2,5	303	115 100	151 500	154 500	190 900	218 200	278 800	278 800	321 200	363 600	
M 24	3	353	134 100	176 500	180 000	222 400	254 200	324 800	324 800	374 800	423 600	
M 27	3	459	174 400	229 500	234 100	289 200	330 500	422 300	422 300	486 500	550 800	
M 30	3,5	561	213 200	280 500	286 100	353 400	403 900	516 100	516 100	594 700	673 200	
M 33	3,5	694	263 700	347 000	353 900	437 200	499 700	638 500	638 500	735 600	832 800	
M 36	4	817	310 500	408 500	416 700	514 700	588 200	751 600	751 600	866 000	980 400	
M 39	4	976	370 900	488 000	497 800	614 900	702 700	897 900	897 900	1 035 000	1 171 000	

Tab. 7: Auszug aus EN ISO 20898-2, Prüfkräfte 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
				Gewindebereich	
4	3.6	4.6	4.8	> M 16	–
5	3.6	4.6	4.8	\leq M 16	–
	5.6		5.8	\leq M 39	
6		6.8		\leq M 39	–
8		8.8		\leq M 39	> M 16 \leq M 39
9		9.8		–	\leq M 16
10		10.9		\leq M 39	–
12		12.9		\leq M 39	\leq M 39

Tab. 8: Auszug aus EN ISO 20898 Teil 2

1.5.1 Hinweise für Muttern aus Stahl

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

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

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.

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).

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

**1.6 Anzugsdrehmoment und Vorspannkraft von metrischen 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	12.900	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

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

INFO

Wahl des richtigen Reibwertes

Zur genauen Bestimmung der Vorspannkraft und des Anziehdrehmoments ist die Kenntnis des Reibungskoeffizienten 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 Anziehmethode, 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.: $M\ 12, 10,9 = 125\ \text{Nm} \times 0,8 = 100\ \text{Nm}$.

1.6.1 Anzugsdrehmoment und Vorspannkraft von

- Sicherungsschrauben und Muttern
- Flanschschrauben und Muttern (nach Herstellerangaben)

Bei einer neunzigprozentigen Ausnutzung der Dehngrenze $R_{p\ 0,2}$

	Gegenwerkstoff	Vorspannkraft $F_{V,max}$ [N]								Anziehdrehmoment M_A [Nm]							
		M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16		
reca Lock-Schrauben Güte 10.9 und Muttern Güte 10	Stahl $R_m < 800$ (N/mm ²)	9000	12 600	23 200	37 000	54 000	74 000	102 000	11	19	42	85	130	230	330		
	Stahl $R_m = 800-1100$ (N/mm ²)	9000	12 600	23 200	37 000	54 000	74 000	102 000	10	18	37	80	120	215	310		
	Grauguss	9000	12 600	23 200	37 000	54 000	74 000	102 000	9	16	35	75	115	200	300		

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

1.7 Kennzeichnung von Schrauben und Muttern

Sechskantschrauben:

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

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

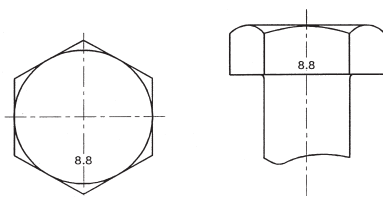


Abb. G: Beispiel für die Kennzeichnung von Sechskantschrauben

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.

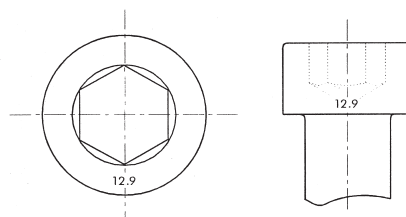


Abb. G: Beispiel für die Kennzeichnung von Zylinderschrauben mit Innensechskant

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

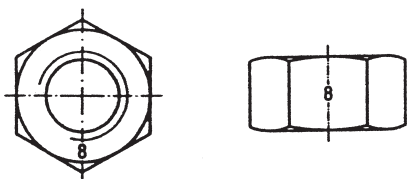


Abb. H: Beispiel für die Kennzeichnung mit der Kennzahl der Festigkeitsklasse

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 Gewindegänge auf 1" UNC/UNF

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

1.9 Prüfbescheinigungen nach EN 10204:

Für besondere Anforderungen und/oder sicherheitsrelevante Einsatzfälle können zusätzliche artikel- oder einsatzspezifische Prüfungen - werkseitig oder durch Beauftragte werksunabhängige Sachverständige oder Prüfinstitute - durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Extraprüfungen werden in einer Prüfbescheinigung dokumentiert.

Art und Umfang dieser zusätzlichen Prüfungen und wer diese durchführen und dokumentieren soll, hat der Verwender auf-

grund seiner Kenntnisse über Einsatz und besonderer Anforderungen zu bestimmen und spätestens entsprechend bei Bestellung vorzugeben. Kosten für zusätzliche Prüfungen sind im Produktpreis nicht enthalten.

Über Arten von Prüfbescheinigungen, die sich als Vorgabe für Schrauben, Muttern und ähnliche Form- und Zubehörteile bewährt und durchgesetzt haben, sind:

Norm-Bezeichnung	Bescheinigung	Inhalt der Bescheinigung	Bestätigung der Bescheinigung durch
2.1	Werksbescheinigung	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung	Hersteller
2.2	Werkszeugnis	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen nichtspezifischer Prüfung	Hersteller
3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers
3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers und den vom Besteller beauftragten Abnahmebeauftragten oder den in den amtlichen Vorschriften genannten Abnahmebeauftragten

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

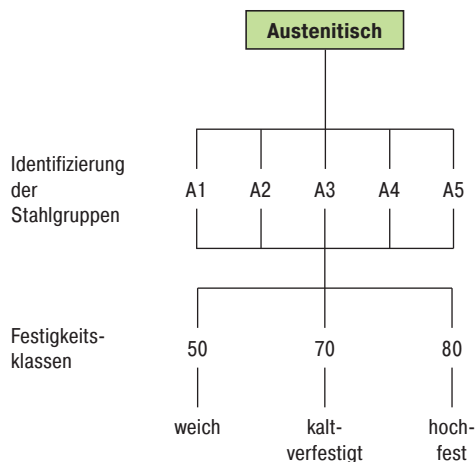


Abb. I

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. 11: Gängige nichtrostende Stähle und ihre chemische Zusammensetzung

2.1.1 Festigkeitseinteilung von Edelstahlschrauben

In der DIN 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 12 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 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. 12: Auszug aus EN ISO 898-1, Prüfkräfte für metrisches ISO-Regelgewinde

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 13 sind Streckgrenzlasten für Schaftschrauben nach DIN EN ISO 3506 zu entnehmen.

Nenn-durchmesser	Streckgrenzlasten austenitischer Stähle nach DIN ISO 3506 A2 und A4 in N	
	50	70
M 5	2.980	6.390
M 6	4.220	9.045
M 8	7.685	16.470
M 10	12.180	26.100
M 12	17.700	37.935
M 16	32.970	70.650
M 20	51.450	110.250
M 24	74.130	88.250
M 27	96.390	114.750
M 30	117.810	140.250

Tab. 13:
Streckgrenzlasten für Schaftschrauben nach DIN ISO 3506

2.1.3 Eigenschaften von Edelstahlschrauben bei erhöhten Temperaturen

Für die Festigkeitsklasse 50 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

2.1.4 Anhaltswerte für Anzugsdrehmomente

Die für den einzelnen Verschraubungsfall benötigten Anzugsdrehmomente in Abhängigkeit von Nenndurchmesser und Reibungszahl sind aus Tabelle 14 als Anhaltswerte zu entnehmen.

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

	Vorspannkkräfte $F_{V \max.}$ [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 $\mu_{ges.}$ 0,20

	Vorspannkkräfte $F_{V \max.}$ [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 $\mu_{ges.}$ 0,30

	Vorspannkkräfte $F_{V \max.}$ [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. 14: Anhaltswerte für Anzugsdrehmomente für Schrauben nach DIN EN ISO 3506

INFO

Reibungszahl μ_G und μ_K von rost- und säurebeständigen Schrauben nach VDI 2230

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

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
		Spezialschmiermittel (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
	Spezialschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)		0,10 bis 0,16		0,08 bis 0,12	
	AlMgSi	AlMgSi	ohne	Spezialschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)	sehr groß	0,32 bis 0,43
Spezialschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)			0,28 bis 0,35			0,08 bis 0,11

Tab. 15: 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.

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:

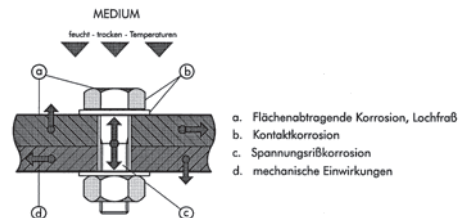


Abb. J: Darstellung der häufigsten Korrosionsarten bei Schraubenverbindungen

2.2.1 Flächen- oder abtragende Korrosion

Bei der gleichmäßigen Flächenkorrosion, auch abtragende Korrosion genannt, wird die Oberfläche gleichmäßig und allmählich vom Korrosionsangriff abgetragen. Diese Korrosionsart kann durch 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 elektrolytischem Wirkmedium.

2.2.4 Spannungsrisskorrosion

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

Besonders empfindlich gegen Spannungsrisskorrosion sind austenitische Stähle in Chloridlösungen. 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

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: trockenes Gas	–	20	A	A
feuchtes Gas	–	alle	D	D
Chloroform	alle	alle	A	A
Chromsäure	10% rein	20 kochend	A C	A B
	50% rein	20 kochend	B D	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. 16

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% 10%	alle 20 kochend	A A C	A A A
Natriumkarbonat	kalt gesättigt	alle	A	A
Natriumhydroxid	20% 50%	20 kochend 120	A B C	A B C
Natriumnitrat	–	alle	A	A
Natriumperchlorat	10%	alle	A	A
Natriumsulfat	kalt gesättigt	alle	A	A
Obst	–	–	A	A
Öle (mineral. u. pflanzl.)	–	alle	A	A
Oxalsäure	10% 50%	20 kochend kochend	B C D	A C C
Petroleum	–	alle	A	A
Phenol	rein	kochend	B	A
Phosphorsäure	10% 50% 80% konz.	kochend 20 kochend 20 kochend 20 kochend	A A C B D B D	A A B A C A D
Quecksilber	–	bis 50	A	A
Quecksilbernitrat	–	alle	A	A
Salicylsäure	–	20	A	A
Salpetersäure	bis 40% 50% 90%	alle 20 kochend 20 kochend	A A B A C	A A B A C

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
20		D	D	
Schwefelsäure	1%	bis 70 kochend	B	A
	2,5%	bis 70 kochend	B	A
		20	C	C
	5%	20	B	A
		> 70	B	B
	10%	20	C	B
60%	70	C	C	
	alle	D	D	
Schwefelige Säure	wässrige Lösung	20	A	A
Schwefeldioxyd	–	100–500 900	C D	A C
Teer	–	heiß	A	A
Wein	–	20 und heiß	A	A
Weinsäure	bis 10% über 10% bis 50% 75%	20	A	A
		kochend	B	A
		20	A	A
		kochend kochend	C C	C C
Zitronensaft	–	20	A	A
Zitronensäure	bis 10% 50%	alle 20 kochend	A A C	A A B
Zuckerlösung	–	alle	A	A

Tab. 16 (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 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.

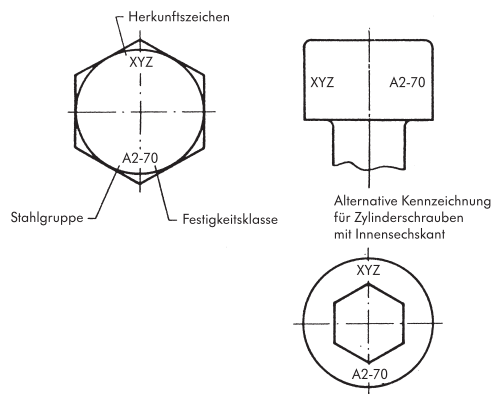


Abb. K: Auszug aus DIN EN ISO 3506-1

Kennzeichnung von Muttern nach DIN EN ISO 3506-2

Muttern mit Nenndurchmesser ab M5 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.

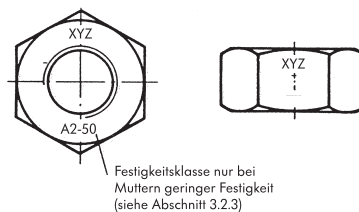


Abb. L: Auszug aus DIN EN ISO 3506-2

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 unübersichtlich 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	8737
558	4018	985	10511	7978	8736
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	1444	7049	7981	8740	1473
2342	427	7050	7982	8741	1474
2936	911	7051	7983	8742	1475
3266	580	7072	11024	8744	1471
4014	931	7089	125	8745	1472
4016	601	7090	125	8746	1476
4017	933	7091	126	8747	1477
4018	558	7092	433	8748	7344
4026	913	7093	9021	8749	7346
4027	914	7094	440	8750	7343
4028	915	7412	6914	8751	7343
4029	916	7414	6915	8752	1481
4032	934	7416	6916	8765	960
4032	932	7434	553	10462	7991
4034	971	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

INFO

Geplante Normenumstellung DIN/ISO, allgemeine Änderungen, nach Sachgebieten geordnet

aktuell gültige Normenwerke - Stand: November 1997

Technische Lieferbedingungen

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 Nichtfermetallen (ISO 8839: 1986)	keine

Tab. A

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. B

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; geschlitzt (ISO 8752: 1987)	nichts Nennenswertes
6325	8734	DIN EN 28734	Zylinderstifte; gehärtet (ISO 8734: 1987)	nichts Nennenswertes
7977	8737	DIN EN 28737	Kegelstifte mit Gewindepapfen; 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. C

INFO

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, Linsensenkopf	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, Linsensenkopf	teilweise Kopfhöhe und -durchmesser

Tab. D

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. E

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. F

INFO

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	17	16	7,25–8,75	8–9,5	7,64–8	8,04–8,4
M 12	19	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)	32	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	m ca. d	≤ M 4	–	–	–	0,8
		M 5–M 39	0,8	0,83–1,12	0,8	0,84–0,93
		≥ M 42	–	~ 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		5 M 16 < d ≤ M 39 = 4,5		6, 8, 10 (ISO 8673 = Fkl. 10 ≤ M 16)	
	> M 39		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. G

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 alle übrigen ∅	neue ISO-Schlüsselweiten 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 übrige ∅ über M 39	Schrauben: keine = DIN und ISO identisch Muttern: neue ISO-Höhen keine = DIN und ISO identisch
561	–	–	∅ M 12, 16	neue ISO-Schlüsselweiten
564	–	–	alle übrigen ∅	keine
609	–	–	∅ M 10, 12, 14, 22	neue ISO-Schlüsselweiten
610	–	–	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 Fkl. 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	8673 = Fein-Gew. (ISO-Typ 1)	28673	∅ über M 39	keine DIN und ISO identisch
557 917 935 986 1587	– – – – –	– – – – –	∅ M 10, 12, 14, 22 alle übrigen ∅	neue ISO-Schlüsselweiten keine

¹⁾ Gegenüberstellung Schlüsselweiten und Mutterhöhen DIN: ISO siehe Tabelle C
²⁾ Zuordnung Normen, mechanische Eigenschaften für Muttern aus Stahl siehe Tabelle C

Tab. H

4. Herstellung

4.1 Herstellung von Schrauben und Muttern

Prinzipielle Herstellungsverfahren

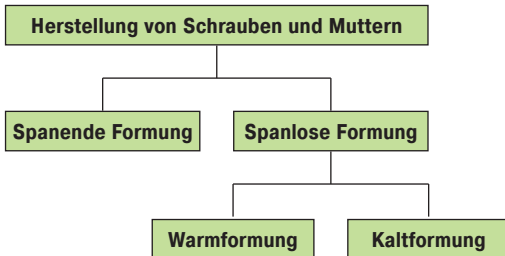


Abb. M: Übersicht über die verschiedenen Herstellungsverfahren

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 Sonder-schrauben 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.
- hohem 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 Blech- und Bohrschrauben, gewindefurchenden und selbstbohrenden 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 EN-ISO 4042 eindeutig festgelegt. Der Aufbau des Schlüssel-systems für galvanische Überzüge ist folgender:

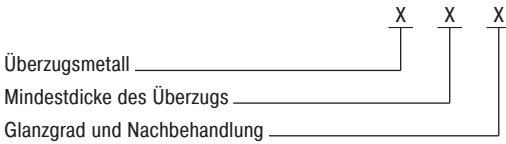


Abb. Q: Auszug aus EN ISO 4042

In den Tabellen 23 bis 25 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 ^{b)}	Nickel	E
Ni b Cr r ^{b)}	Nickel-Chrom	F
CuNi b ^{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. 23: 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	–	3
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. 24: 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 eine soliden Überzug: ASU

Tab. 25: 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 chromatisiert

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).

INFO

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 26 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
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.	

Weitere Oberflächenbehandlungen

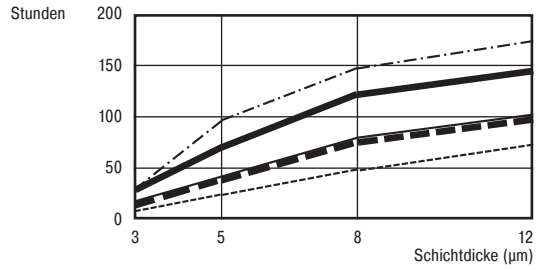
Verfahren	Erläuterungen	Maximale Anwendungstemperatur
Ruspert	Hochwertige Zink-Aluminium-Lamellenbeschichtung, kann in den verschiedensten Farben hergestellt werden. Je nach Schichtdicke 500 h oder 1000 h in der Sprühnebelprüfung (DIN 50021).	
Feuerverzinken	Tauchen in Zinkbad, dessen Temperatur bei ca. 440°C – 470°C liegt. Schichtdicken min. 40 my. 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 (Bondern, 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.	
Anorganische Zinkbeschichtung (Dacromet, Geomet)	Diese Schicht wird mittels einer wässrigen Dispersion von chromatierten Zinklamellen (mit geringem Alu-Anteil) auf die zu beschichtenden Teile aufgetragen. Beim anschließenden Trocknungs- und Einbrennprozess wandeln spezifische, wasserlösliche, organische Bestandteile in einer Art Sinterprozess die Schicht in eine anorganische, festhaftende Beschichtung aus Zink- und Aluminiumlamellen in eine Chromatverbindung um. Die Oberfläche hat dann ein silberfarbenedes, technisches Aussehen. Die Teile werden als Trommel- oder Gestellware je nach gewünschter Schichtdicke in zwei- oder mehrfachem Durchgang beschichtet. Ausbildung der Schutzschicht durch Einbrennen bei über 280°C Objekttemperatur. Die Korrosionsbeständigkeit ist proportional der aufgetragenen Schichtmenge. In der Praxis werden die Schichtdicken entsprechend dem gewünschten Korrosionsschutzgrad ausgewählt.	300°C
Mechanisches Verzinken	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 einer Entwässerungslösung mit Wachszusatz die Mikroporen mit Wachs versiegelt werden. Wesentliche Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit. Der Wachsfilm ist trocken, unsichtbar.	
Delta Tone	Delta Tone ist eine nicht elektrolytisch aufgebraute Zink- Lamellenbeschichtung ähnlich Dacromet, jedoch Chrome VI frei aus dem Hause Dörken. Aufgrund der Chrome VI-Freiheit benötigt Delta Tone bei gleichen Korrosionsschutzforderungen etwas höhere Schichtdicken. Beide Verfahren, Delta Tone sowie Dacromet sind mittlerweile genormt in DIN EN ISO 10683. Bei Delta-Tone-Verfahren werden die gereinigten und mechanisch entzunderteten Teile in eine lösungsmittelhaltige, chromsäurefreie Dispersion von Zinkflocken getaucht. Nach dem Zentrifugieren wird der Überzug bei ca. 200°C eingebrannt, wobei eine anorganische, aluminiumhaltige Zinkbeschichtung mit einer beschränkten elektrischen Leitfähigkeit entsteht. Die geringere Einbrenntemperatur im Vergleich zu Dacromet kann bei vergüteten, hochfesten Schrauben vorteilhaft sein. Die Beschichtung ist nicht chromatiert und hat eine silbrige Grundfarbe. Die Schichtdicke beträgt nach zwei Tauch- und Einbrennrunden im Normalfall 8 - 12 µm. Durch Wiederholung können dickere Schichten erzielt werden, Reibbeiwert 0,10 - 0,12. Andere Farben sind durch eine Zusatzbeschichtung mit Delta Seal möglich. Delta Tone hat dasselbe Anwendungsgebiet wie die Dacromet-Beschichtung. Ohne zusätzliche Delta-Seal-Beschichtung ist die Korrosionsbeständigkeit etwas schlechter.	

INFO

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

Erstes Erscheinen von Rostrot

— gelb - - - - - oliv - - - - - farblos
- - - - - blau — schwarz



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			Nenndurchmesser 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. 27