

# Schraubverbindungen im Maschinen- und Stahlbau

## 1 Grundsätzliches

### 1.1 Einflussgrößen bei Schraubverbindungen

Die Funktionserfüllung einer Schraubverbindung wird ausser durch ihre Dimension bestimmt durch:

- Mechanische Größen (Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehnung, Reibzahl)
- Betriebsbedingungen (statisch, dynamisch, Wechselbeanspruchung)
- Umgebungseinflüsse (Temperatur, Korrosion, Erschütterungen)
- Montageart (Vorspannung, Anziehverfahren, Anziehmoment)

Die richtige Schraubenwahl ist somit von grosser Bedeutung für den Funktionserhalt.

### 1.2 Spannungs-Dehnungs-Diagramm

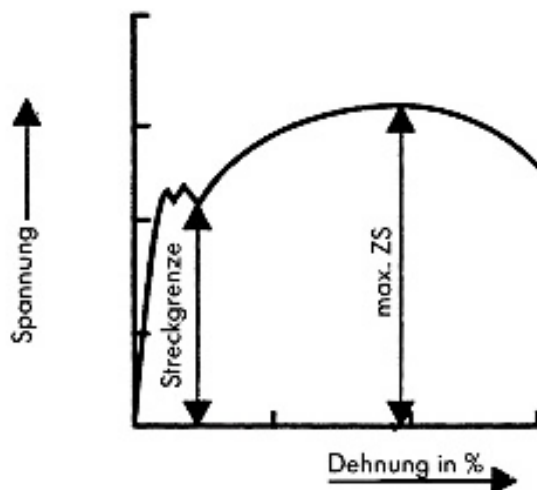


Abb. 1-1

Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Beim Anziehen einer Schraube steigt ihre innere Spannung zunächst steil an (Hookesche Gerade). Mit wenig Dehnung wird eine große Spannung erreicht, die Spannung steigt nicht weiter, sondern sinkt sogar noch ein oder zweimal. Hier ist bereits die **Streckgrenze  $R_e$**  erreicht.

Zieht man die Schraube weiter an, so gelangt man vom elastischen in den plastischen Bereich. Die Spannung erreicht dort irgendwann ihren Maximalwert resp. die **Zugfestigkeit  $R_m$** .

Bei noch weiterem Anziehen sinkt die Spannung und es kommt zum **Dehnungsbruch**.

1) Die (untere) **Streckgrenze** ist ein Parameter für die spezifische Zugspannung, bis zu welcher sich ein Werkstoff elastisch verhält und keine plastische Verformung aufweist.

- Wird ein Werkstoff bis zur unteren Streckgrenze belastet, so verformt er sich elastisch. Sobald die Zugkraft aufhört, nimmt er seine ursprüngliche Form wieder ein.
- Wird ein Werkstoff bis zur oberen Streckgrenze belastet, so verformt er sich bleibend (d.h. plastisch) um 0,2 %.
- Wird er darüber hinaus belastet, verformt er sich weiterhin plastisch. Er behält seine neue Form auch dann, wenn die Zugkraft nicht länger auf ihn einwirkt.

2) Die **Zugfestigkeit** ist ein Parameter für die maximale Zugspannung eines Werkstückes im

plastischen Bereich des Spannungs-Dehnungs-Diagrammes.

3) Wird der Werkstoff bis zur **Bruchgrenze** belastet, so kommt es unweigerlich zum Dehnungsbruch.

## 2 Vergütete Stahlschrauben

### 2.1 Werkstoffe

Für viele Anwendungen genügen oberflächenbehandelte und vergütete Schrauben. Im einfachsten Anwendungsfall sind es brünierte oder geschwärmte Schrauben aus Kohlenstoffstahl. Höherwertige Schrauben aus legiertem Vergütungsstahl enthalten Zusätze von Chrom, Nickel, Molybdän oder Vanadium.

Tabelle 1 Werkstoffe für Maschinenschrauben		
Festigkeitsklasse	Werkstoff	Kohlenstoffgehalt [%]
8.8	Kohlenstoffstahl vergütet	0,25 – 0,55
	Kohlenstoffstahl vergütet, mit Zusätzen (Bor, Mangan, Chrom)	0,15 – 0,40
9.8	Kohlenstoffstahl vergütet	0,25 – 0,55
	Kohlenstoffstahl vergütet, mit Zusätzen (Bor, Mangan, Chrom)	0,15 – 0,35
10.9	Kohlenstoffstahl vergütet	0,25 – 0,55
	Kohlenstoffstahl vergütet mit Zusätzen (Bor, Mangan, Chrom)	0,15 – 0,35
	Legierter Stahl, vergütet mit Zusätzen (Chrom, Nickel, Molybdän oder Vanadium)	0,20 – 0,55
12.9	Legierter Stahl, vergütet mit Zusätzen (Chrom, Nickel, Molybdän oder Vanadium)	0,20 – 0,50

### 2.2 Kennzeichnung von vergüteten Stahlschrauben

Sechskant- und Inbusschrauben mit Nenndurchmesser  $\geq 5$  mm sind auf ihrem Kopf gekennzeichnet mit dem **Herstellerkurzzeichen** und der **Festigkeitsklasse**. Aus der Festigkeitsklasse einer Schraube lässt sich deren Zugfestigkeit und Streckgrenze ermitteln. Als Bezeichnung dienen zwei durch einen Punkt getrennte Zahlen.

Tabelle 2 Festigkeitsklassen von vergüteten Stahlschrauben										
Festigkeitsklasse	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
Zugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	300	400	400	500	500	600	800	900	1'000	1'200
Streckgrenze [N/mm <sup>2</sup> ]	180	240	320	300	400	480	640	720	900	1'080

Beispiel: **FS 8.8** Schraube mit Festigkeitsklasse 8.8 (Zugfestigkeit 800 N/mm<sup>2</sup>, Streckgrenze 640 N/mm<sup>2</sup>)

a) Die erste Zahl entspricht  $1/100$  der Zugfestigkeit  $R_m$ .

**Zugfestigkeit  $[N/mm^2] = \text{erste Zahl} \times 100$**

b) Die zweite Zahl wird zur Bestimmung der Streckgrenze  $R_e$  benötigt; dazu werden beide Zahlen miteinander multipliziert (1. Zahl  $\times$  2. Zahl =  $0.1 R_e$ )

**Streckgrenze  $[N/mm^2] = \text{erste Zahl} \times \text{zweite Zahl} \times 10$**

Muttern für Schraubverbindungen für volle Belastbarkeit werden durch eine einzelne Zahl gekennzeichnet (entsprechend der 1. Zahl bei hochfesten Schrauben).



**Abb. 2-1**  
Maschinenschraube  
mit Kennzeichnung

### Berechnungsbeispiel Schraube

Gegeben sei eine Schraube für den Stahlbau (Abb. 2-1). mit der Festigkeitsklasse **10.9**. Gesucht sind Zugfestigkeit und Streckgrenze.

**Zugfestigkeit  $R_m$  :**

$$1. \text{ Zahl} = 10 = R_m : 100 \rightarrow R_m = 10 \cdot 100 = \mathbf{1'000} [N/mm^2]$$

**Streckgrenze  $R_e$  :**

$$1. \text{ Zahl} \times 2. \text{ Zahl} = 10 \cdot 9 = R_e : 10 \rightarrow R_e = 90 \cdot 10 = \mathbf{900} [N/mm^2]$$

## 3 Verwendungszwecke von vergüteten Stahlschrauben

### 3.1 Maschinenbau allgemein

Für industrielle Schraubverbindungen werden standardmässig Schrauben der Klasse **8.8** verwendet. Im Aussenbereich sollten stückverzinkte Schraubgarnituren<sup>1</sup> verwendet werden. In normaler Atmosphäre im Innenbereich werden passivierte Schrauben eingesetzt. Bei Maschinen findet man gelegentlich geschwärmte und phosphatierte Schrauben und Muttern.

### 3.2 Automobilbau

Für sichere Verbindungen unter Wechselbelastung oder bei Kalt- und Warmwechsel werden sog. Dehnschrauben verwendet. Sie lassen sich nur mit stetigem Drehmoment sicher festziehen und benötigen zu ihrer Montage den Einsatz eines Drehmomentschlüssels.

### 3.2 Stahlbau

Für vorspannbare Schraubverbindungen (HV-Garnituren<sup>2</sup>) im Stahlbau werden hochfeste Schrauben der Klasse **10.9** eingesetzt.<sup>3</sup> Feuerverzinkte HV-Schraubverbindungen müssen mit einem Schmiermittel ausgestattet sein. Bei aus deutscher Produktion stammenden Garnituren ist in der Regel die Mutter eingeschmiert.

<sup>1</sup> Schraubgarnitur, bestehend aus Schraube, Mutter und Unterlegscheibe.

<sup>2</sup> HV = H für hochfest, V für vorgespannt.

<sup>3</sup> Die Ausführung von HV-Schraubverbindungen ist in DIN 18800-7 EN V 1090 geregelt. HV-Schrauben nach DIN 6914 dürfen nur mit Sechskantmutter nach DIN 6915 und mit Scheiben nach DIN 6916, 6917 oder 6918 verwendet werden.

Das bei der Montage aufgebrachte Anzugsmoment erzeugt in der Schraube eine Vorspannkraft, welche die Bauteile gegeneinander verspannt und damit in allen Trennfugen einen Reibschluss hervorruft. Bei einer richtig ausgelegten Schraubverbindung ist die Vorspannkraft gross genug, damit es bei Belastungen nicht zu einer Relativbewegung zwischen den Bauteilen kommt. Andererseits darf die Vorspannkraft nicht zu gross gewählt werden, da sonst die zulässige Zugspannung überschritten wird. Folglich müssen definierte Anziehdrehmomente eingehalten werden. Die erforderlichen Werte sind Tabellen oder den Angaben des Herstellers zu entnehmen.

Tabelle 3 Vorspannkraften und verfahrensabhängige Anziehdrehmomente <sup>4</sup>									
1	2	3		4	5	6	7		8
Maße	Regel- Vorspannkraft $F_V$	Drehmomentverfahren		Drehimpulsverfahren	Drehwinkelverfahren	Kombiniertes Verfahren			
		Aufzubringendes Anziehmoment $M_A$ zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft $F_V$		Einzustellende Vorspannkraft $K_V \cdot D_1^{**}$ zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft $F_V$	Voranziehmoment $M_{VA} \cdot D_W^*$	Voranziehmoment $M_{VA} \cdot K_V$			
gemessen in	kN	Nm		kN	Nm	Nm		Nm	
Oberflächenzustand									
		Feuerverzinkt u. geschmiert*	wie hergestellt und leicht geölt	Wie in Spalte 3 oder 4**		Wie in Spalte 3 oder 4**		Wie in Spalte 3*   4	
M 12	50	100	120			10		75	90
M 16	100	250	350	60		50		190	260
M 20	160	450	600	110		50		340	450
M 22	190	650	900	175		100		490	680
M 24	220	800	1100	210		100		600	825
M 27	290	1250	1650	240		200		940	1240
M 30	350	1650	2200	320		200		1240	1650
M 36	510	2800	3800	390		200		2100	2850
M 39	610	3500	Durch Verfahrens- prüfung zu ermitteln.	560					
M 42	710	4500							
M 45	820	5500							
M 48	930	6500							

\* Muttern mit Molybdändisulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt.  
 \*\* Unabhängig von der Schmierung des Gewindes und der Auflagefläche von Mutter und Schraube.

Um berechnete oder aus Tabellenwerken entnommene Vorspannungen zu erzielen, sind in praxi unterschiedliche Montageverfahren bekannt.

<sup>4</sup> <https://www.wegertseder.com/InfoAndService/Technik.aspx>

- Drehmomentverfahren
- Drehimpulsverfahren
- Drehwinkelverfahren
- Kombiniertes Vorspannverfahren

#### 4 Oberflächenveredelung von Stahlschrauben

Blanke Stahlschrauben neigen an der Luft zum „Rosten“. Ohne Oberflächenbehandlung (Veredelung) wäre die Lebensdauer somit in vielen Fällen beeinträchtigt. Als Schutzverfahren bieten sich metallische, anorganische oder organische Überzüge an.

1) **Metallische Überzüge** werden vielfach auf galvanischem Wege als schützende Schicht aus Zink aufgetragen. Verzinkung mit anschließender Blau-Passivierung ist Standard. Für „wetterfeste“ Schrauben eignet sich die im Schmelztauchverfahren erfolgende Feuerverzinkung.

Für spezielle Anwendungen wird das Werkstück plattiert, d.h. mit einer Schicht eines edleren Metalles überzogen. Es soll eine möglichst unlösliche Verbindung (Plaqué) entstehen. Mögliche Verbindungen sind z. B. Kupfer auf Stahl und Silber auf Messing. Weitere galvanische Beschichtungsverfahren für Werkstücke aus Stahl sind Vernickeln, Verchromen und Verkupfern.

Beim **galvanischen Verzinken** wird das Material in einen Zinkelektrolyten eingetaucht. Die Schichtdicke verhält sich proportional zur Stärke und Dauer des Stromflusses und beträgt 3 - 8  $\mu\text{m}$ .

Beim **Feuerverzinken** wird das Objekt in ein heisses Zinkbad (Temperatur ca. 450 °C) eingetaucht. Es gibt zwei Varianten:

- a) Stückverzinken ermöglicht Schichtdicken von 50 - 150  $\mu\text{m}$ .
- b) Bandverzinken (Sendzimir-Verfahren) ergibt Schichten von 5 - 40  $\mu\text{m}$ .

**Passivieren** (Chromatieren) folgt unmittelbar an das Verzinken durch kurzes Eintauchen in Chromsäurelösungen. Die Chromatierung erhöht den Korrosionsschutz und verhindert ein Anlaufen und Verfärben der Zinkschicht. Der Fachmann unterscheidet zwischen Blau-, Gelb-, Oliv- und Schwarz-Chromatierung.

2) **Anorganische Überzüge** wie Oxidbeschichtung (Brünierung, Schwärzung) und Phosphatierung bieten in trockener Raumluft einen hinreichend guten Korrosionsschutz. Manchmal wird Zink oder Aluminium aufgesprüht. Korrosionsfest erweisen sich nur eingebrannte Zink-Aluminium-Lamellen (Handelsbezeichnungen Dacromet, Delta Tone, Termosil).

Beim **Brünieren** wird ein meist eisenhaltiges Werkstück in Essigsäure oder Natronlauge eingetaucht; dadurch bildet sich eine schwarze Oxidschicht von 1 bis 2  $\mu\text{m}$  aus  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Edelrost). Der Korrosionsschutz ist gering, lässt sich aber durch beölen oder befetten steigern.

Beim **Schwärzen** wird das Werkstück mit Leinöl bestrichen und über einer dunkelroten Glut erhitzt. Bei genügender hoher Temperatur brennt das Öl rauchend ab. Als Alternative eignet sich das Abschrecken in altem Motorenöl.

Beim **Phosphatieren** bildet sich auf der Werkstückoberfläche – abhängig vom gewählten Verfahren – eine schwerlösliche Schicht aus Eisen-, Zink- oder Manganphosphat.

3) **Organische Überzüge** benutzen Gummi, Kunststoff, Lacke und Farbstoffe als Beschichtungen. Die Gefahr der Wasserstoffversprödung besteht nicht, solange keine Beizung vorgenommen wird.

Das **Beizen** dient der Entfernung einer dünnen Schicht aus einer metallischen Oberfläche mittels geeigneter Säuregemische. Leichtere bei einer Wärmebehandlung sich bildende Verzunderungen lassen sich so entfernen. Zum Beizen nichtrostender Stähle wird meist eine Kombination aus Salpeter- und Flußsäure (!) verwendet, um die durch Schweißung entstandenen Anlauffarben zu eliminieren.

**Wasserstoffversprödung** durch Einlagerung von Wasserstoff im Metallgitter bewirkt eine Zunahme der Sprödigkeit und führt zu Rissbildung. Um Wasserstoff aus Stählen auszuschleiden, werden diese einer mehrstündigen Wärmebehandlung (Tempern) unterzogen.

Die Beschaffenheit der Oberflächenveredelung wird mit einer zusätzlichen Angabe (Tabelle 4) deklariert. Die Kurzbezeichnung **A2F** auf einer Schraube der Festigkeitsklasse 8.8 bspw. bedeutet, dass es sich um eine verzinkte Schraube (A) mit bläulicher Farbgebung (F) handelt, deren Schichtdicke 5 µm (2) beträgt.

<b>Tabelle 4</b>			
Kennzeichnungssystem oberflächenveredelter Schrauben			
<b>1) Überzugsmaterial</b>			
A	=	Zn	= Zink
B	=	Cd	= Cadmium
C	=	Cu	= Kupfer
D	=	CuZn	= Messing
E	=	Ni	= Nickel
F	=	NiCr	= Nickel-Chrom
G	=	CuNi	= Kupfer-Nickel
H	=	CuNiCr	= Kupfer-Nickel-Chr.
J	=	Sn	= Zinn
		<b>2) Schichtdicke (galv. Zn)</b>	
1	=	3 µm	
2	=	5 µm	(2 + 3) handelsüblich
3	=	8 µm	(3 + 5)
4	=	12 µm	(4 + 8)
5	=	15 µm	(5 + 10)
6	=	20 µm	(8 + 12)
tzn		40 µm	Feuerverzinkt
<b>3) Aussehen bei Passivierung / Chromatierung</b>			
	Glanzgrad	Verfahrens- gruppe	Farbe
A=		A	farblos
B=	mt	B	bläulich
C=		C*	gelblich*
D=	(matt)	D*	oliv*
E=		A	farblos
F=	bk	B	bläulich
G=		C*	gelblich*
H=	(blank)	D*	oliv*
J=		A	farblos
K=	gl	B	bläulich
L=		C*	gelblich*
M=	(glänzend)	D*	oliv*
P/U		wie B, C	ohne
=	beliebig	oder D	Chromatg.
R=	mt (matt)	F/Bk	schwarz*
S=	bk (blank)	F/Bk	
T=	gl (glänz.)	F/Bk	

## 5 Nichtrostende und korrosionsbeständige Stahlschrauben

### 5.1 Klassifizierung

Für Anwendungen in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, in der chemischen und pharmazeutischen Industrie oder für Anlagen und Apparate, die permanent einer wässrigen Umgebung, Laugen oder säurehaltigen Medien ausgesetzt sind, müssen nichtrostende oder säurebeständige Stahlsorten eingesetzt werden.

#### 1) Austenitische Stahlsorten (A)<sup>5</sup>

- Nichtrostend (A2)
- nichtrostend und säurebeständig (A4)
- im Auslieferungszustand unmagnetisch
- Schweissbar, kaltumformbar

#### 2) Martensitische Stahlsorten (C)

- begrenzte Korrosionsbeständigkeit
- ferromagnetisch
- hohe Härte
- hohe Festigkeit
- bedingt schweisssbar

#### 3) Ferritische Stahlsorten (F)

- nichtrostend
- korrosionsbeständig in chlorhaltiger Umgebung
- ferromagnetisch
- nicht härtbar
- bedingt schweisssbar

#### 4) Ferritisch-Austenitische Stahlsorten (FA)

Sog. Duplex-Stähle (z.B. 1.4462 oder 1.4362), welche die Vorteile von A4 und F1 verbinden.

- bessere Festigkeit als austenitische Stähle
- grössere Beständigkeit gegen Loch- und Risskorrosion als A4

Beachte: Bei korrosions- und/oder säurebeständigen Stahlschrauben besteht beim Anziehen die Gefahr einer Kaltverschweissung. Um diesem Übel vorzubeugen, sollten die Schrauben mit einem druckfesten Schmiermittel (Molykote, Kupferpaste) ausgestattet werden. Es sollte kein Schlag-schrauber verwendet werden.

---

<sup>5</sup> Die A-Qualitäten werden umgangssprachlich noch immer mit den von KRUPP geprägten Werksbezeichnungen V2A und V4A benannt.

<b>Tabelle 5</b>						
Nichtrostende und säurebeständige Verbindungselemente <sup>6</sup>						
<b>Stahlgruppe</b>	<b>Sorte</b>	<b>Eigenschaften</b>	<b>Festigkeit</b>			
<b>Austenitisch</b>	<b>A1</b> 1.4305 1.4300	CrNi-Stähle für die spanende Bearbeitung; Infolge des hohen Schwefelgehaltes reduzierte Korrosionsbeständigkeit und bedingt Schweißbarkeit	50	weich		
	<b>A2</b> 1.4301 1.4303	CrNi-Stähle für für Innenanwendungen ohne Säuren oder chlorhaltige Medien				
	<b>A3</b> 1.4541 1.4550	Stabilisierte Stähle mit Eigenschaften wie A2			70	kaltverfestigt
	<b>A4</b> 1.4401 1.4435	Säurebeständige CrNiMo-Stähle für die Chemische Industrie, Zellstoffindustrie, Off-shore-Anlagen usw.			80	hochfest
	<b>A5</b> 1.4571 1.4580	Stabilisierte Stähle mit Eigenschaften wie A4				
<b>Martensitisch</b>	<b>C1</b> 1.4006 1.4021	Begrenzte Korrosionsbeständigkeit	50	Weich		
	<b>C3</b> 1.4057	Bessere Korrosionsbeständigkeit als C1	70 110	Vergütet		
	<b>C4</b> 1.4104	Für spanende Bearbeitung; ansonsten wie C1	80	Vergütet		
			50	Weich		
			70	Vergütet		
<b>Ferritisch</b>	<b>F1</b> 1.4016 1.4113	In chlorhaltige Umgebung	45	weich		
			60	kaltverfestigt		

<sup>6</sup> SFS unimarket, Technische Information (INOX-Befestigungstechnik).



## 5.2 Werkstoffe für INOX-Schrauben

Zu korrosionsbeständigen Schrauben verarbeitet werden austenitische, martensitische und ferritische Stähle. Als Empfehlung gilt: Schrauben vom Typ A2 (1.4301) für Innenanwendungen und Binnenklima (saubere Umgebungsluft). Schrauben A4 (1.4401) für Industrieumgebung und Küstenklima (salz- oder schwefelhaltige Medien). Im Off-shore-Bereich oder in chlorhaltiger Umgebung kommen stickstoffberuhigte und molybdänlegierte CrNi-Schrauben aus X2CrNiMoN17-13-5 (1.4439) und X2CrNiMoN22-5-3 (1.4462) zum Einsatz.

Die handelsübliche Qualität von Stahlschrauben im Durchmesserbereich M 5 bis M 24 und mit Längen bis zum 8-fachen Gewinde-Neendurchmesser ist:

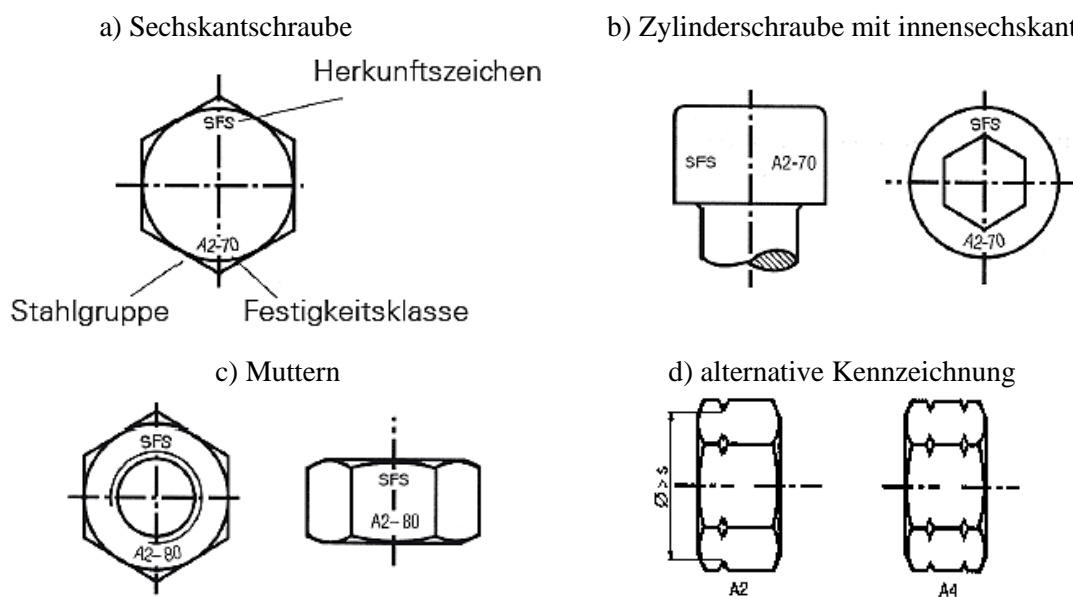
- **A2-70** für nichtrostende Schrauben
- **A4-70** für säurebeständige Schrauben

Grössere oder längere Schrauben besitzen handelsüblich die Festigkeitsklasse 50.

Anm.: Bei nicht stabilisierten Stählen (A2, A4) ist der niedrige C-Gehalt relevant, weil sonst Chromkarbid entsteht (besonders bei erhöhten Temperaturen), wodurch die Korrosionsbeständigkeit vermindert wird. Bei stabilisierten Stählen (A3, A5) binden die Elemente Titan, Niob oder Tantal den Kohlenstoff, so dass in vollem Umfang Chromoxid (welches für die Bildung der schützenden Passivschicht verantwortlich ist) erzeugt wird. Low-Carbon-Sorten A2L, A4L sind empfohlen, wenn die Gefahr einer interkristallinen Korrosion besteht.

## 5.3 Kennzeichnung von INOX-Schrauben

Für Schrauben aus nichtrostendem Stahl werden Qualität und Festigkeitsklasse auf dem Schraubenkopf angegeben. Die Kennzeichnung besteht aus zwei Teilen, die durch einen Bindestrich getrennt sind. Der alphanumerische Teil zeigt Stahlgruppe und Stahlsorte, der numerische Teil die Festigkeitsklasse an. Ferner findet sich das Herstellerkurzzeichen (z.B. SFS).



**Abb. 5-1**

Kennzeichnung von nichtrostenden und säurebeständigen Schrauben und Muttern<sup>7</sup>

<sup>7</sup> SFS unimarket, Technische Information (INOX-Befestigungstechnik).

Bedeutung der Kennzeichnung nach nach EN ISO 3506:

- ▶ **Stahlgruppe** → **A** (austenitisch)    **C** (martensitisch)    **F** (ferritisch)
- ▶ **Sorten** → **1 bis 5**
- ▶ **Festigkeitsklasse** → **50** (weich)    **70** (kaltverfestigt)    **80** (hochfest)  
die Zahl entspricht  $1/10$  der Mindestzugfestigkeit

Beispiel 1: **NBN A2-70** Inox-Schraube aus nichtrostendem und kaltverfestigtem austenitischem Stahl (Zugfestigkeit 700 N/mm<sup>2</sup>).

Beispiel 2: **SFS C4-80** Inox-Schraube aus nichtrostendem und vergütetem martensitischem Stahl (Zugfestigkeit 800 N/mm<sup>2</sup>).

## 5.4 Festigkeitsklasse und Dehngrenze

- a) A1-, A2-, A4-**50** hat eine Dehngrenze welche etwa der Festigkeitsklasse **3.6** entspricht.
- b) A2-, A4-**70** hat eine Dehngrenze welche etwa der Festigkeitsklasse **6.8** entspricht.
- c) A2-, A4-**80** hat eine Dehngrenze welche etwa der Festigkeitsklasse **8.8** entspricht.

<b>Tabelle 6</b> Festigkeitsklassen von Inox-Schrauben							
Werkstoffgruppe	Stahlgruppe	Festigkeitsklasse	Durchmesserbereich	Schrauben			Muttern
				Zugfestigkeit $R_m$ <sup>1)</sup> N/mm <sup>2</sup> min.	0,2%- Dehngrenze $R_{p0,2}$ <sup>1)</sup> N/mm <sup>2</sup> min.	Verlängerung nach dem Bruch $A_L$ <sup>2)</sup> min.	Prüfspannung $S_p$ N/mm <sup>2</sup>
Austenitisch	A 1, A 2 und A 4	50	≤ M39	500	210	0,6 <i>d</i>	500
		70	≤ M24	700	450	0,4 <i>d</i>	700
		80	≤ M24	800	600	0,3 <i>d</i>	800

## 6 Quellenverzeichnis

### 6.1 Fachliteratur

- Tabellenbuch Metall (Europa-Lehrmittel).
- Decker: Maschinenelemente (Hanser).
- Rolof, Matek: Maschinenelemente (Vieweg + Teubner).

### 6.2 Weblinks

- <http://www.schrauben-lexikon.de/>
- <http://www.konstruktionsatlas.de/>