

0.1 Inhaltsverzeichnis

4	Werkstoffe - Edelstähle	29
4.1	Allgemeines	29
4.1.1	Übersicht von austenitischen Edelstählen	29
4.1.2	verschiedene Typen von Edelstählen	30
4.2	Zusammensetzung von Edelstahl	30
4.2.2	chemische Elemente in Edelstählen	31
4.3	Beständigkeit von Edelstahl	33
4.4	Mechanische Eigenschaften von Edelstahl	34
4.4.1	Anziehdrehmomente von Edelstahlschrauben	34
4.4.2	Festigkeit von Edelstahlschrauben	35
4.4.3	Strecklastgrenzen von Edelstahlschrauben.....	36
4.4.4	Mindestbruchgrenzen von Edelstahlschrauben.....	36
4.4.5	Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben	37
4.4.6	Reibungszahlen für Edelstahlschrauben/ -Muttern.....	37



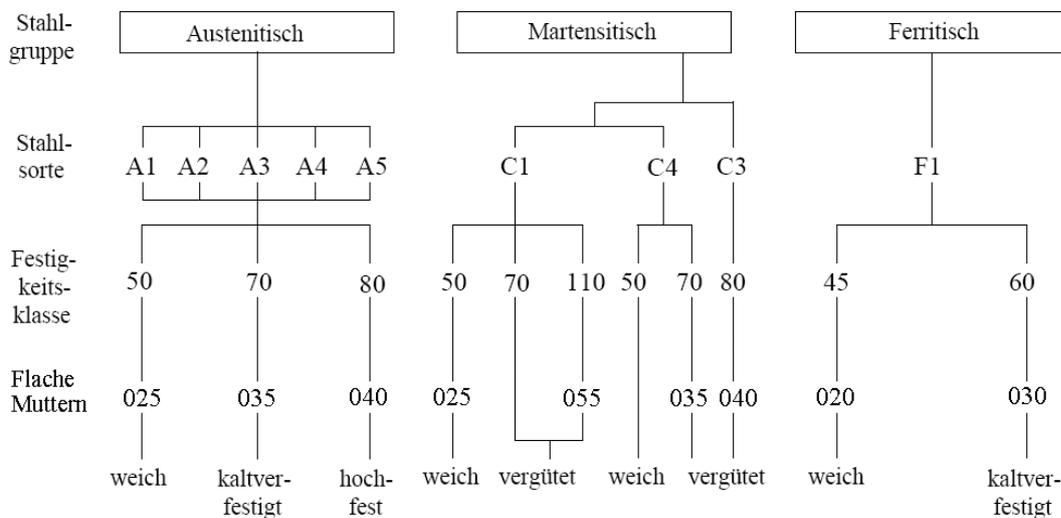
4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Übersicht von austenitischen Edelstählen

Der Begriff "Edelstahl Rostfrei" ist ein Oberbegriff für ca. 120 verschiedene Sorten von nicht-rostenden Stählen. Über Jahrzehnte wurde eine Vielzahl von verschiedenen Legierungen entwickelt, welche für die verschiedenen Anwendungen die jeweils besten Eigenschaften liefern. Diese Legierungen haben alle ein gemeinsames Merkmal: Sie benötigen durch das in der Legierung enthaltene Chrom keinen zusätzlichen Oberflächenschutz. Dieser Chromanteil bildet auf der Oberfläche eine farblose, transparente Oxydschicht, welche sich nach Beschädigung der Oberfläche mit Hilfe des in der Luft oder Wasser enthaltenen Sauerstoff selbsttätig schließt. Nichtrostende Stähle sind in der DIN 17440 und der DIN EN ISO 3506 zusammengefasst. Grundsätzlich werden Edelstahllegierungen nach ihrem kristallinen Gefüge in 4 verschiedene Hauptgruppen eingeteilt:



Nichtrostende Stähle mit niedrigem Kohlenstoffgehalt (von höchstens 0,03 %) dürfen zusätzlich mit dem Buchstaben „L“ gekennzeichnet werden (Beispiel: A4L – 80).

Abbildung 5 – aust. Edelstähle

Martensitische Edelstähle

Sind Stähle mit **10,5 - 13,0% Chromanteil und einem Kohlenstoffgehalt von 0,2 – 1,0%**

Es können weitere Elemente als Legierungsanteil zugefügt werden. Das Verhältnis zum Kohlenstoff muss eine Wärmebehandlung, das so genannte Vergüten, zulassen. Dadurch werden Festigkeitssteigerungen möglich.

Ferritische Edelstähle (sog. Chrom – Stähle)

Sind Stähle mit **12,0 – 18,0% Chromanteil und sehr geringem Kohlenstoffgehalt kleiner 0,2%**.

Diese sind nicht härtbar.

Austenitische Edelstähle (sog. Chrom – Nickel / Chrom – Nickel - Molybdän Stähle)

Die austenitischen Chrom-Nickel Stähle bieten eine besonders **günstige Kombination von Verarbeitbarkeit, mechanischen Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit**. Sie eignen sich daher für viele Anwendungsmöglichkeiten und sind die wichtigste Gruppe nichtrostender Stähle. Die wichtigste Eigenschaft dieser Stahlguppe ist die hohe Korrosionsbeständigkeit, die mit zunehmendem Legierungsgehalt, besonders an Chrom und Molybdän, gesteigert wird. Wie bei den ferritischen Stählen, ist auch bei den austenitischen Stählen zum Erreichen guter technologischer Eigenschaften ein feinkörniges Gefüge notwendig.

Als abschließende Wärmebehandlung wird ein Lösungsglühen bei Temperaturen zwischen 1000° C und 1150° C mit anschließender Abkühlung in Wasser oder Luft durchgeführt, um die Ausbildung von Ausscheidungen zu vermeiden. Austenitische Stähle sind im Gegensatz zu martensitischen Stählen nicht härtbar. Das hohe Dehnungsvermögen der austenitischen Stähle garantiert eine gute Kaltumformbarkeit.



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.1.2 verschiedene Typen von Edelstählen

Typ	Werkstoff-Nr.	Beschreibung	Beständigkeit		Festigkeit	Schweisbarkeit
			gegen Rost	gegen Säure		
A1	1.4300 1.4305	= klassischer Drehstahl + einfache Bearbeitung	mittel	gering	gering Klasse 50	gering
A2	1.4301 1.4303 1.4306	= klassischer Edelstahl	hoch	gering	mittel Klasse 70	gut
A3	1.4306 1.4550 1.4590		hoch	mittel	mittel Klasse 70	gut
A4	1.4401 1.4404 1.4306	= Edelstahl für Hochsäureumgebungen	hoch	hoch	mittel Klasse 70 Klasse 80 mögl.	gut
A5	1.4436 1.4571 1.4580	= Edelstahl mit besonderer Härte, nur gegen Anfrage.	hoch	hoch	hoch	gut

Tabelle 26: Typen von Edelstählen

4.2 Zusammensetzung von Edelstahl

4.2.1 chemische Zusammensetzung von Edelstahl

Tabelle 27: Überblick über eine Vielzahl an Edelstählen

(Chemische Zusammensetzung in % nach ISO 3506 / EN 10088-3.)

Stahl- gruppe Material	Für Schrauben/Muttern übliche Werkstoffe		Cr**	Ni**	Mo**	C**	Si**	Mn**	P**	S**	Sonstige Zusätze Anmerkungen
	Werkstoff-Nr. (AISI-Nr.)	Werkstoff-Kurzname n. EN 10088-3/DIN 17006, 17440									
A 1	1.4305 (303)	X8CrNiS 18-9	16-19	5-10	≤ 0,7	0,12	1,0	6,5	0,20	0,15-0,35	Cu, – Schwefel darf durch Selen ersetzt werden
A 2	1.4301 (304) 1.4303 (305)	X5CrNi 18-10 X4CrNi 18-12	15-20	8-19	*	0,10	1,0	2,0	0,05		* Mo zulässig
A 3	1.4541 (321)	X6CrNiTi 18-10	17-19	9-12	*	0,08			0,045	0,03	* Mo zulässig – muss zur Stabilisierung Ti oder Nb oder Ta enthalten
A 4	1.4401 (316)	X5CrNiMo 17-12-2	16-18,5	10-15	2,0-3,0	0,08	1,0	2,0	0,045	0,03	Muss zur Stabilisierung Ti oder Nb oder Ta enthalten
A 5	1.4571 (316 Ti)	X6CrNiMoTi 17-12-2		10,5-14							
A –	1.4439	X2CrNiMoN 17-13-5	16,5-18,5	12,5-14,5	4,0-	0,03	1,0	2,0	0,045	0,015	Austenitische / austenitisch-ferritische Stähle mit besonderer Beständigkeit gegen chlorinduzierte Spannungsrisskorrosion – z.B. in Hallenschwimmbädern
A –	1.4539	X1NiCrMoCu 25-20-5	19-21	24-26	5,0	0,02	0,5	1,0	0,030	0,010	
A –	1.4529	X1NiCrMoCuN 25-20-7			6,0-7,0						
A/F –	1.4462	X2CrNiMoN 22-5-3	21-23	4,5-6,5	2,5-3,5	0,03	1,0	2,0	0,035	0,015	
C –	1.4034 (420)	X46Cr 13	12,5-14,5			0,43-0,50	1,0	1,0	0,040	0,03	Werkstoffe für federnde Teile – z.B. nach DIN 127, 128, 471, 472, 2093, 6797, 6798, 6799, 7967, 7980
C –	1.4122	X39CrMo 17-1	15,5-17,5	≤ 1,0	0,80-1,30	0,33-0,45	1,0	1,5	0,040	0,03	
A –	1.4310 (301)	X10CrNi 18-8	16-18	6-9,5	≤ 0,8	0,05-0,15	2,0	2,0	0,045	0,015	(Achtung: reduzierte Federkräfte gegenüber Federstahl)
C –	1.4568 (301)	X7GNiAl 17-7	16-18	6,5-7,8		0,09	0,7	1,0	0,040	0,015	Al 0,70-1,5

Tabelle 28: chem. Zusammensetzung Edelstahl

**Chrom, Nickel, Molybdän, Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor, Schwefel
(Details siehe Kapitel 4.2.2 chemische Elemente von Edelstahl)



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

Tabelle 29: Kurzform (Edelstahlklasse A1-A5 - handelsüblich)

Stahlgruppe	Stahlsorte	Chemische Zusammensetzung (Massenanteil in %) ¹⁾									
		C*	Si*	Mn*	P*	S*	Cr*	Mo*	Ni*	Cu*	Anmerkungen
Austenitisch	A1	0,12	1	6,5	0,2	0,15 bis 0,35	16 bis 19	0,7	5 bis 10	1,75 bis 2,25	2), 3) 4)
	A2	0,1	1	2	0,05	0,03	15 bis 20	⁻⁵⁾	8 bis 19	4	6), 7), 8)
	A3	0,08	1	2	0,045	0,03	17 bis 19	⁻⁵⁾	9 bis 12	1	6), 9)
	A4	0,08	1	2	0,045	0,03	16 bis 18,5	2 bis 3	10 bis 15	1	10), 8)
	A5	0,08	1	2	0,045	0,03	16 bis 18,5	2 bis 3	10,5 bis 15	1	9), 10)

Bitte beachten Sie folgende Anmerkungen:

- (1) Maximalwerte, soweit nicht andere Angaben gemacht sind.
- (2) Schwefel darf durch Selen ersetzt werden.
- (3) Falls der Massenanteil an Nickel unter 8% liegt, muss der Massenanteil an Mangan mindestens 5% betragen.
- (4) Für den Massenanteil an Kupfer gibt es keine Mindestgrenze, sofern der Massenanteil an Nickel mehr als 8% beträgt.
- (5) Molybdän ist nach Wahl des Herstellers zulässig. Falls dennoch für bestimmte Anwendungen eine Einschränkung des Molybdängehaltes notwendig ist, muss dies vom Kunden bei der Bestellung festgelegt werden.
- (6) Molybdän ist nach Wahl des Herstellers ebenfalls zulässig.
- (7) Falls der Massenanteil an Chrom unter 17% liegt, sollte der Massenanteil an Nickel mindestens 12% betragen.
- (8) Bei austenitischen Stählen mit einem Massenanteil an Kohlenstoff von max. 0,03% darf Stickstoff bis max. 0,22% enthalten sein.
- (9) Muss zur Stabilisierung Titan $\Delta 5 \times C$ bis max. 0,8% enthalten und entsprechend nach dieser Tabelle gekennzeichnet sein, oder muss zur Stabilisierung Niob und/oder Tantal $\Delta 10 \times C$ bis max. 1% enthalten und entsprechend nach dieser Tabelle gekennzeichnet sein.
- (10) Der Kohlenstoffgehalt darf nach Wahl des Herstellers höher liegen, soweit dies bei größeren Durchmesser zum Erreichen der festgelegten mechanischen Eigenschaften erforderlich ist, jedoch bei austenitischen Stählen nicht über 0,12%.

* Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor, Schwefel, Chrom, Molybdän, Nickel, Kupfer
(Details siehe Kapitel 4.2.2 chemische Elemente von Edelstahl)

4.2.2 chemische Elemente in Edelstählen

Edelstähle können folgende Elemente beinhalten:

Name, Symbol, Ordnungszahl	Beschreibung
Aluminium Al (13)	Aluminium wirkt stark desoxidierend und denitrierend. Die Bildung von harten Al-Nitriden reduziert die Alterungsanfälligkeit von Stahl. Bei ferritischen Chromstählen führt die Beigabe von Aluminium neben verbesserter Zunderbeständigkeit zu einer verringerten Empfindlichkeit gegenüber interkristalliner Korrosion.
Chrom Cr (24)	Chrom erhöht die Zugfestigkeit durch Bildung von Mischkristallstrukturen und reduziert die kritische Abkühlgeschwindigkeit. Dadurch steigen Zunderbeständigkeit und Einhärtetiefe. Bei ferritischen- (Klasse C) und austenitischen Stählen (Klasse A) ab einem Anteil von von 13% korrosionshemmend. Grund ist die die Bildung einer resistenten Chromoxid-Schicht auf der Oberfläche.
Cobalt Co (27)	Cobalt verbessert die Anlassbeständigkeit und steigert die Warmfestigkeit von Stählen.
Kohlenstoff C (6)	Kohlenstoff erhöht bei Stählen die Härte und Festigkeit. Ein zu hoher Kohlenstoffanteil bewirkt jedoch eine starke Reduktion der Kaltformbarkeit.
Mangan Mn (25)	Mangan erhöht bei Stählen die Zähigkeit und Festigkeit. Durch die Bindung von Schwefel als Mangansulfid reduziert es bei hoher Konzentration die Verformungsfähigkeit senkrecht zur Walzrichtung.



4. Werkstoffe - Edeltähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

Molybdän Mo (42)	Eine Molybdänkonzentration von über 0,2 % erhöht die Durchhärbarkeit von Stählen. Zudem wird Anlassversprödung reduziert. Molybdän wirkt bei hohen Temperaturen gefügestabilisierend und wird daher meist in Stählen für hohe Betriebstemperaturen verwendet.
Nickel Ni (28)	Nickel ist Hauptbestandteil und gewichtiger Preisfaktor in der Legierung von nichtrostenden Stählen der Klasse A (austenitischer Stähle: A1, A2, A3, A4, A5). Nickel bewirkt sehr hohe Zähigkeit, auch bei niedrigen Temperaturen. Es ist besonders für die Vergütung großer Querschnitte geeignet, da hier hohe Festigkeits- und optimale Zähigkeitswerte erzielt werden. Eine alleinige Anwendung von Nickel ist nicht vorteilhaft, da es anlassversprödend wirkt. Daher wird Nickel meist zusammen mit Molybdän verwendet.
Niob Nb (41)	Niob wird bei austenitischen Stählen (z.B. A3 oder A5) zur Verbesserung der Stabilität beigefügt.
Phosphor P (15)	Phosphor bewirkt Kaltsprödigkeit und Empfindlichkeit gegen Schlagbeanspruchung. Zudem reduziert es die Zähigkeit von Stählen. Ziel ist ein minimaler Phosphorgehalt.
Schwefel S (16)	Als Nachbarelement von Phosphor gilt es auch, den Schwefelanteil in Stählen möglichst gering zu halten. Die Bildung von Mangansulfid erhöht den Schmelzpunkt des Stahl, was die Rot- und Heißbruchgefahr reduziert. Bei manchen Automatenstählen wird Schwefel beigesetzt, um kurzbrüchige Späne zu erreichen.
Silizium Si (14)	Silizium erhöht die Zunderbeständigkeit und trägt zur Stahlberuhigung bei, wodurch es die Alterungsbeständigkeit und Zähigkeit von Stählen erhöht.
Stickstoff N (7)	Die Beigabe von Stickstoff stabilisiert das Austenitgefüge. Durch Nitridausscheidungen wird dadurch die Festigkeit erhöht und zudem verbessert man die mechanischen Eigenschaften bei hoher Temperatur. Jedoch kann die Nitridabgabe zu Alterung und Reduktion der Zähigkeit führen. Bei unlegierten und geringlegierten Stählen erhöht sich die Empfindlichkeit gegenüber interkristalliner Korrosion.
Tantal Ta (73)	Tantal wird bei austenitischen Stählen (z.B. A3 oder A5) zur Verbesserung der Stabilität beigefügt.
Titan Ti (22)	Titan wirkt denitrierend, desoxidierend, schwefelbindend und erzeugt Karbid. Dadurch hemmt Titan bei nichtrostenden Stählen die interkristalline Korrosion.
Vanadium V (23)	Vanadium verbessert die Zähigkeit von Stählen. Grund ist die Bildung von Karbiden, welche bereits bei einem Anteil von 0,1% Vanadium im Werkstoff die Anlassversprödung reduzieren.
Wasserstoff H (1)	Wasserstoff gelangt während der Herstellung und Oberflächenbehandlung in den Stahl und schädigt diesen durch Wasserstoffversprödung. Temperung bewirkt ein Austreten des Wasserstoffs aus dem Stahl.

Tabelle 30: chem. Elemente von Edelstahl



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.3 Beständigkeit von Edelstahl

Chemische Beständigkeit von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen A 2 und A 4

Die Beständigkeitsangaben können sich in der Praxis verändern; selten wirken die reinen Agenzien, oft verstärken oder schwächen Beimengungen den Angriff. Auch Rückstände am Teil können die Bedingungen verändern. Der sicherste Weg ist die Untersuchung unter Betriebsbedingungen.

1 – beständig (Substanzverlust weniger als 0,1 g/m² x h) 3 – wenig beständig (Substanzverlust von 1,0 bis 10,0 g/m² x h)
 2 – bedingt beständig (Substanzverlust von 0,1 bis 1,0 g/m² x h) 4 – unbeständig (Substanzverlust über 10,1 g/m² x h)

Agenzien	Beständigkeitsgrad		Agenzien	Beständigkeitsgrad	
	A 2	A 4		A 2	A 4
Abwässer ohne Schwefelsäure	1	1	Latex	1	1
Aceton, alle Konz.	1	1	Leimöl	1	1
Aethyläther, kochend	1	1			
Aethylacetat	1	1	Magnesiumsulfat	1	1
Aethylalkohol, alle Konz.	1	1	Maleisäure	1	1
Alaun (10 %), kalt	1	1	Melasse	1	1
gesättigte Lösung, kochend	2	1	Methylalkohol	1	1
Aluminiumacetat	1	1	Milchsäure, kalt	1	1
Aluminiumsulfat (10 %), kalt	1	1	Milchsäure, alle Konz., kochend	3	2
gesättigt, kalt	2	1			
Ameisensäure, kalt	1	1	Natriumaluminat	1	1
Ammoniumkarbonat	1	1	Natriumbisulfat, kochend	1	1
Ammoniumnitrat	1	1	Natriumbisulfid, kochend	1	1
Ammoniumsulfat, kalt	1	1	Natriumkarbonat (Soda)	1	1
Ammoniumsulfid	1	1	Natriumhydroxyd, kalt	1	1
Anilin	1	1	Natriumnitrat	1	1
			Natriumperchlorat	1	1
Benzin	1	1	Natriumphosphat	1	1
Benzoessäure	1	1	Natriumsulfat	1	1
Benzol	1	1	Natriumsulfid	1	1
Bier	1	1	Natriumsulfid	1	1
Blausäure	1	1	Nickelsulfat	1	1
Borsäure	1	1	Nitrosensäure	2	1
Butylacetat	1	1			
			Öle (Schmier- und vegetabilische Öle)	1	1
Calziumbisulfid, kalt	1	1	Oxalsäure, 5 %, kalt	1	1
kochend	3	1			
Calziumhydroxyd (10–50 %), kalt	1	1	Phenol, kochend	2	1
Calziumnitrat	1	1	Phosphorsäure bis 70 %, kalt	1	1
Chlor, trocken	1	1	Photograph. Entwickler/Fixierbad	1	1
Chloroform, wasserfrei	1	1	Pottasche	1	1
Chlorschwefel, wasserfrei	1	1			
Chromsäure (10 %), kalt	1	1	Quecksilber	1	1
kochend	3	2	Quecksilberamalgame	1	1
Cyankalium	1	1	Quecksilbernitrat	1	1
Eisennitrat	1	1	Salicylsäure	1	1
Eisensulfat	1	1	Salmiakgeist	1	1
Entwickler (Foto)	1	1	Salpetersäure bis 60 %, kalt	1	1
Essigsäure, kalt	1	1	Schwefel (geschmolzen)	1	1
			Schwefeldioxyd	1	1
Fettsäure, 150°C	1	1	Schwefelkohlenstoff	1	1
Flüssige Gase (Propan, Butan)	1	1	Schwefelwasserstoff	1	1
Formalin	1	1	Schweflige Säure, gesättigt, 20° C	1	1
Fruchtsäfte	2	1	Seife	1	1
Gerbsäure	1	1	Teer	1	1
Glyzerin	1	1	Tetrachlorkohlenstoff, wasserfrei	1	1
			Trichloräthylen, wasserfrei	1	1
Kaliumbichromat (25 %)	1	1			
Kaliumbitartrat, kalt	1	1	Viskose	1	1
Kaliumchlorat	1	1			
Kaliumhydroxyd (Kalilauge)	1	1	Wasserglas	1	1
Kaliumnitrat	1	1	Wasserstoffsperoxyd	1	1
Kaliumpermanganat	1	1	Wein	1	1
Kalkmilch	1	1	Weinsäure	1	1
Kaliumsulfat	1	1			
Kampfer	1	1	Zinksulfat	1	1
Kohlendioxyd	1	1	Zitronensäure, gesättigt, kalt	1	1
Kreosot	1	1	Zitronensäure, 50 %, kochend	4	1
Kupferacetat	1	1	Zuckerlösung	1	1
Kupferarsenit	1	1			
Kupfernitrat	1	1			
Kupfersulfat	1	1			

Tabelle 31: chem. Beständigkeit von Edelstählen A2, A4



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.4 Mechanische Eigenschaften von Edelstahl

4.4.1 Anziehdrehmomente von Edelstahlschrauben

Anziehmomente für Schrauben und Muttern aus A 2/A 4

Bei Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen sind die Reibungswerte im Gewinde und an den Auflageflächen wesentlich größer als bei vergüteten Stahlschrauben – auch der Streubereich der Reibungswerte ist hier viel größer (bis über 100 %!). Zur endgültigen Bestimmung des richtigen Drehmomentes ist ein Versuch unter Einsatzbedingungen angeraten.

Durch Verwendung von Spezialschmiermitteln können zwar die Reibungszahlen μ verringert werden – aber der sehr große Streubereich bleibt erhalten.

Die Tabelle enthält unverbindliche Richtwerte für verschiedene Reibungszahlen, gültig für Schrauben und Muttern nach DIN 912, 931, 933 und 934 / ISO 4762, 4014, 4017, 4032 aus nichtrostenden Stählen A2 und A4, in der Festigkeitsklasse –70 (kaltverfestigt = Kaltpressfertigung) bis zu Nennlängen $8 \times d$, bei Raumtemperatur (ca. + 20 °C) und einer Dehngrenzen-Ausnutzung von $R_p 0,2 = 90 \%$.

Die in der folgenden Tabelle genannten Anziehmomente können **nur als sehr grobe und unverbindliche Richtwerte** verstanden werden – **siehe VDI 2230!**

Anziehmomente M_A /Nm für A 2, A 4 –70 (–50**)

Reibungs- zahl μ	–70 = $R_p 0,2$ min. 450 N/mm ²								**–50 = $R_p 0,2$ min. 210 N/mm ²		
	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27	M 30
0,10	1,7	3,4	5,9	14,5	30	50	121	244	234	328	445
0,12	2,0	3,8	6,7	16,3	33	56	136	274	264	371	503
0,14	2,2	4,2	7,4	17,8	36	62	150	303	290	410	556
0,16	2,3	4,6	7,9	19,3	39	66	162	328	314	444	602
0,18	2,5	4,9	8,4	20,4	41	70	173	351	336	475	643
0,20	2,6	5,1	8,8	21,5	44	74	183	370	355	502	680
0,30	3,0	6,1	10,4	25,5	51	88	218	439	421	599	809
0,40	3,3	6,6	11,3	27,6	56	96	237	479	458	652	881

Tabelle 32: Anziehdrehmomente Edelstahl nach Reibungszahl μ

Sechskantmuttern mit Klemmteil aus nicht-rostenden Stählen neigen manchmal wegen des hohen Gewindeflankendruckes beim Einformen des Bolzengewindes in das Klemmteil zum Festfressen. Hier hilft in der Regel die Behandlung des Bolzengewindes mit einem reibungsmindernden Mittel. Die veränderten Reibwerte sind beim Anziehen der Verbindung entsprechend zu berücksichtigen.



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

Die nachfolgenden Tabellen für die Werkstoffklassen A2 und A4 berücksichtigen eine Reibungszahl für $\mu = 0,12$ für handelsübliche Schrauben und Muttern ohne Schmierung.

!! Zusätzliche Schmierung der Gewinde verändert die Reibungszahl erheblich und führt zu nicht bestimmbar Anziehverhältnissen !. (vgl. Kapitel 4.4.6 Reibungszahlen bei Schmierung) **!!**

- Klasse 50: für A2-50 und A4-50 ohne Längenbegrenzung (in der Regel gedrehte Teile)
- Klasse 70: für A2-70 und A4-70 (handelsüblich) aber nur für Längen mit 8 x Gewindedurchmesser
- Klasse 80: für A2-80 und A4-80 (stark kaltverfestigt) aber nur für Längen mit 8 x Gewindedurchmesser

Gewinde	Festigkeitsklasse 50 „z.B. Drehteile“		Festigkeitsklasse 70 „Standard A2-70, A4-70“		Festigkeitsklasse 80 „z.B. A4-80“	
	Vorspannkraft in N	Anziehdreh- moment in Nm	Vorspannkraft in N	Anziehdreh- moment in Nm	Vorspannkraft in N	Anziehdreh- moment in Nm
M 5	M 5	1,7	3.000	3,5	4.750	4,7
M 6	M 6	3	6.200	6	6.700	8,0
M 8	M 8	7,1	12.200	16	13.700	22
M 10	M 10	14	16.300	32	22.000	43
M 12	M 12	24	24.200	56	32.000	75
M 16	M 16	59	45.000	135	60.000	180
M 20	M 20	114	71.000	280	95.000	370
M 24	M 24	198	105.000	455	140.000	605
M 30	M 30	393	191.000	1050	255.000	1400

Tabelle 33: Anziehdrehmomente Edelstahl

4.4.2 Festigkeit von Edelstahlschrauben

Mechanische Eigenschaften für Verbindungselemente der Stahlgruppen A 1 - A 5 bei ca. + 20° C.

Festigkeitsklasse	Durchmes- serbereich	Schrauben			Bruchdehnung A in mm, min	Muttern	
		Zugfestigkeit R_m N/mm ² min	0,2 % Dehngrenze R_p N/mm ² min	Untere Streck- grenze R_{el} oder 0,2% - Dehn- grenze $R_{p0,2}$ bei 100 °C = 85 % bei 200 °C = 80 % bei 300 °C = 75 % bei 400 °C = 70 %		Prüfspannung S_p / N/mm ² min	
						$m \geq 0,8 d$	$0,5 \leq m < 0,8 d$
50 weich (gedreht)	≤ M 39	500	210	0,6 d	500	250 (Fkl. - 025)	
70 kaltverfestigt* (gepresst)	≤ M 24	700	450	0,4 d	700	350 (Fkl. - 035)	
80 stark kaltverfestigt*	≤ M 24	800	600	0,3 d	800	400 (Fkl. - 040)	

Tabelle 34: Festigkeit von Edelstahl

* Diese Werte gelten nur für Verbindungselemente (Schrauben) mit Längen bis 8 x Gewinde-Neendurchm. (8 x d) !

Für Sechskant-, Innensechskant-, Schlitz- und Kreuzschlitzschrauben ist die Festigkeitsklasse – 70 der Regelfall und handelsüblich. Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen sind kaltzäh und gut geeignet für den Einsatz bei tiefen Temperaturen (A 2 bis –200 °C, A 4 bis –60 °C nach DIN 267-13).

Austenitische Werkstoffe sind nicht durch Wärmebehandlung härtbar – Verbindungselemente aus austenitischen Werkstoffen (A 1 – A 5) haben daher ein anderes Montageverhalten als vergütete Stahlschrauben. Unsachgemäße Montage kann zum Versagen (Kaltverschweißung/Fressen/Bruch) führen.

Magnetische Eigenschaften von Edelstahl

Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen sind im allgemeinen nicht magnetisierbar – durch die Fertigung kann eine Magnetisierbarkeit eintreten; wenn besondere Anforderungen an die Magnetisierbarkeit gestellt werden, muss dies entsprechend vereinbart werden.

Oberflächen von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen müssen sauber und metallisch blank sein. (Passivierung → ISO 16048)



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.4.3 Strecklastgrenzen von Edelstahlschrauben

Strecklastgrenzen für Schafschrauben

Edelstähle vom Typ „A“ sind nicht härtbar. Jedoch kann durch Kaltverfestigung eine höhere Streckgrenze bewirkt werden. Angaben gem. DIN EN ISO 3506

Durchmesser	Strecklastgrenzen in (Nm) für Festigkeitsklasse	
	50 (z.B. A2-50)	70 (z.B. A2-70)
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

Tabelle 35

4.4.4 Mindestbruchgrenzen von Edelstahlschrauben

Gewinde	Mindestbruchdrehmoment (B_{\min}) in Nm für Festigkeits-Klasse		
	50	70	80
M 1,6	0,15	0,2	0,24
M 2	0,3	0,4	0,48
M 2,5	0,6	0,9	0,96
M 3	1,1	1,6	1,8
M 4	2,7	3,8	4,3
M 5	5,5	7,8	8,8
M 6	9,3	13	15
M 8	23	32	37
M 10	46	65	74
M 12	80	110	130
M 16	210	290	330

Tabelle 36



4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.4.5 Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben

Durchmesser	Warmstreckgrenzen, gemessen in N				
	+ 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

Tabelle 37: Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben

4.4.6 Reibungszahlen für Edelstahlschrauben/ -Muttern

Durch Schmierung kann die Reibungszahl, und damit die wichtigste Variable für das Anzugsdrehmoment sehr stark verändern. Grundsätzlich gilt, dass die Reibungszahl μ sinkt, wenn ein Schmiermittel verwendet wird. Daher kann bei Schmierung leichter ein „Abreißen“ der Edelstahlschrauben eintreten, wenn mit gleicher Kraft wie bei einer ungeschmerten Verbindung angezogen wird.

Es gilt:

Schmiermitteleinsatz >> Reibungszahl μ sinkt >> weniger Anzugsdrehmoment („weniger Kraft“) ist nötig

Schrauben und Gegenlage aus	Mutter aus	Schmiermittel		Nachgiebigkeit der Verbindung	Reibungszahlen		
		unter Kopf	im Gewinde		unter Kopf μ_k	im Gewinde μ_G	
A2 oder A4	A2 oder A4	ohne	ohne	sehr groß	0,35 - 0,50	0,26 - 0,50	
		Schmiermittel (z.B. Chlorparaffin-Basis)			0,08 - 0,12	0,12 - 0,23	
		Schutzfett gegen Korrosion			0,25 - 0,35	0,26 - 0,45	
	A2 oder A4	A2 oder A4	ohne	ohne	klein	0,08 - 0,12	0,23 - 0,35
			Schmiermittel (z.B. Chlorparaffin-Basis)			0,08 - 0,12	0,10 - 0,16
A2 oder A4	AlMgSi		ohne	sehr groß	0,08 - 0,11	0,32 - 0,43	
		Schmiermittel (z.B. Chlorparaffin-Basis)			0,08 - 0,11	0,32 - 0,43	
					0,08 - 0,11	0,28 - 0,35	

Tabelle 38: Reibungszahlen für Edelstahlschrauben

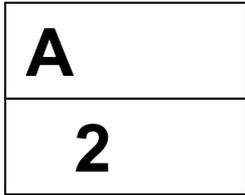


4. Werkstoffe - Edelstähle

Typen, Zusammensetzung, chem. Beständigkeit, Mechanische Eigenschaften, Festigkeit, Kennzeichnung

4.5 Kennzeichnung von Edelstahl

Klassifizierung von Edelstahl, z.B. A2-70 (Standard-Edelstahl)



Kennzeichen Werkstoffgruppe

A = Austenitischer Edelstahl (Chrom-Nickel-Stahl)

Kennzeichen Stahlgruppe

1 = Automatenstahl

2 = Kaltstachstahl legiert mit Chrom und Nickel (klassischer Edelstahl)

3 = Kaltstachstahl mit Chrom und Nickel legiert und gehärtet mit Titan, Niob und Tantal

4 = Kaltstachstahl mit Chrom, Nickel und Molybdän (hochsäurebeständig)

5 = Kaltstachstahl mit Chrom, Nickel und Molybdän (hochsäurebeständig) und gehärtet mit Titan, Niob und Tantal



Festigkeitsangabe: Zugfestigkeit

50 = 1/10 der Zugfestigkeit (mindestens 500 N/mm²)

70 = 1/10 der Zugfestigkeit (mindestens 700 N/mm²)

80 = 1/10 der Zugfestigkeit (mindestens 800 N/mm²)

Regelzugfestigkeit für

A1

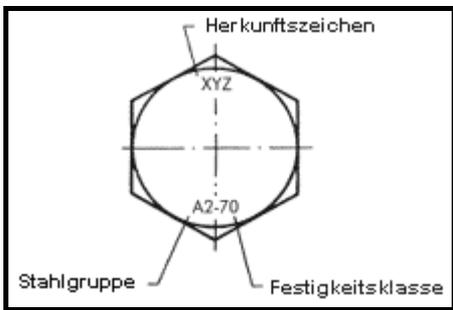
A2, A4 (Standard)

A4-80, A5

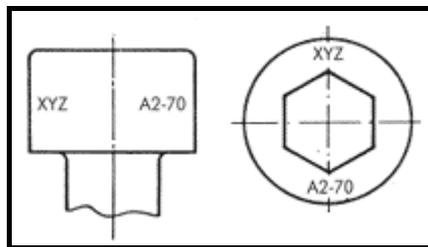
Kennzeichnung von Edelstahlteilen

Die Normung geht bei Produkten aus nichtrostenden Stählen von einer Kennzeichnungspflicht aus, welche Schrauben ab 5 mm Durchmesser betrifft und Stahlgruppe, Festigkeitsklasse und Herkunftszeichen enthalten muss.

bei Sechskantschrauben

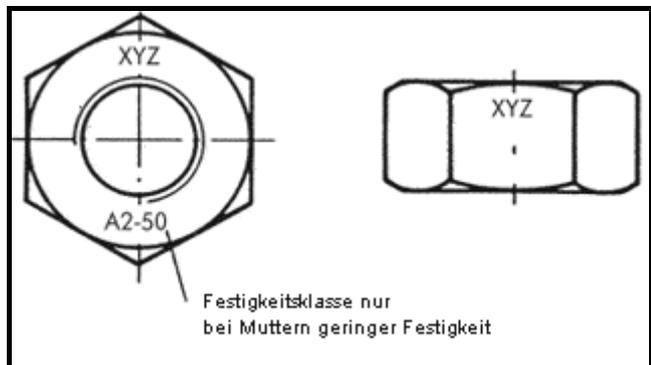
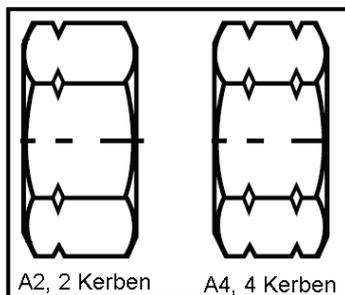


bei Zylinderschrauben mit Innensechskant



bei Muttern

Muttern ab Durchmesser 5 mm müssen nach dem Bezeichnungssystem gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung muss auf mindestens einer Seite oder der Schlüsselfläche angebracht werden. Die Kennzeichnung durch Einkerbung verliert an Bedeutung, da dieses Verfahren die Ränder der Muttern verletzt. Zwei Kerben stehen für A2, vier Kerben für A4.



Ist lediglich A2 aufgeprägt, gilt die Festigkeit A2-70, bei A4 die Festigkeit A4-70.

Nicht gekennzeichnete Muttern oder Schrauben erfüllen meist nur die Festigkeitsklasse 50.

