

● Technische Information



● Schrauben und Muttern aus „nichtrostenden“ Stählen

Die Schrauben sind in der DIN EN ISO 3506-1:2010 und die Muttern in der DIN EN ISO 3506-2:2010 genormt. Für Gewindestifte und ähnliche, nicht auf Zug beanspruchte Schrauben, gilt die DIN EN ISO 3506-3:1998 und die DIN EN ISO 3506-4:2003 für Blechschrauben.

Diese Betrachtung beschäftigt sich mit den Schrauben und Muttern nach ISO 3506-1 und 2. Maximaler Gewindenenddurchmesser nach Norm ist 39 mm.

In der Norm wird unterschieden zwischen austenitischen (A), martensitischen (C) und ferritischen Stählen (F). Hier werden nur die austenitischen Stähle betrachtet.

In der Vorgängernorm wurden die gängigen austenitischen Stähle in die 3 Stahlsorten A1, A2, und A4 eingeteilt. Diese Einteilung ähnelt der alten Krupp'schen Einteilung V2A und V4A. Mit Überarbeitung der Normung 1998 wurden die Stahlsorten A3 und A5 für die stabilisierten Stähle aufgenommen, das heißt, dass sie aus ihrer Gruppe aussortiert wurden. Das gilt für Stähle mit Titan (Ti) in der Legierung, wie z.B. 1.4541 und 1.4571. Weitere Stoffe zur Stabilisierung sind Niob (Nb) und/oder für Schraubenwerkstoffe unüblich Tantal (Ta).

Anwendung

A1 für spanende Bearbeitung, geringe Korrosionsbeständigkeit

A2 für Kücheneinrichtungen, chem. Apparate, ungeeignet für Schwimmbäder und Meerwasser

A3 stabilisierte Stähle mit Eigenschaften von A2

A4 Mo-legierte Stähle, säurebeständig, bedingte Chloridbeständigkeit, Lebensmittel, Werften

A5 stabilisierte Stähle mit Eigenschaften von A4

Mechanische Eigenschaften

Die Stähle werden in die Festigkeitsklassen 50 (weich), 70 (kaltverfestigt) und 80 (hochfest) eingeteilt. Die höheren Festigkeitsklassen werden durch Kaltverfestigung erreicht (Tab.1).

Tab.1: Mechanische Eigenschaften von Schrauben - Austenitische Stahlsorten			
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen			
Festigkeitsklasse	50	70	80
Durchmesserbereich	</= M39	</= M39*	</= M39*
Mindestzugfestigkeit R _m N/mm ²	500	700	800
Mindeststreckgrenze R _{p0,2} N/mm ²	210	450	600
Mindestbruchdehnung A mm	0,6d**	0,4d**	0,3d**
* es gab in den vorherigen Ausgaben folgende Fußnote: „für Schrauben größer M24 sind die mechanischen Eigenschaften zwischen Hersteller und Besteller zu vereinbaren, nach DIN EN 1515-4 ist eine maximale Größe ≤ M24 zulässig			
** d = Nenndurchmesser			

Kennzeichnung

Aus der Stahlsorte und der Festigkeitsklasse ergibt sich die Stempelung der Schraube, die neben dem Herstellerzeichen angebracht wird, z.B. A4-70. Dies kann z.B. ein V4A Stahl sein (Tabelle 1 der Norm), aber niemals mehr der von den Deutschen so geliebte 1.4571, denn der muss wegen seines Titananteiles A5-70 gestempelt sein. Die Schrauben mit der Stempelung A3 und A5 findet man so gut wie gar nicht am Markt, weil die Schrauben meist aus Asien importiert werden, wobei sich an den international üblichen ASTM- bzw. AISI-Werkstoffen orientiert wird. Beide Werkstoffe sind in der harmonisierten DIN EN 10269 nicht gelistet.

Bei den Muttern kann für die Stahlgruppe A2 und A4 auch eine Kerbung vorgesehen werden.

Kennzeichnung von Sechskant-, Innensechskantschrauben und Muttern

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Zusatzkennzeichnung

- für Schrauben erlaubte Kennzeichnung
- für passivierte Oberfläche besserer Korrosionsschutz = „P“
- für Stahlsorte A2 und A4 mit Kohlenstoffgehalt < 0,03% = „L“

Herstellerzeichen

Werkstoffgruppe/ Festigkeitsklasse

- A2 bzw. A4 für übliche Werkstoffe
- A3 bzw. A5 für stabilisierte Werkstoffe (z.B. 1.4541, 1.4571)
- 50 für $R_{p0,2}$ min. 210 MPa
- 70 für $R_{p0,2}$ min. 450 MPa
- 80 für $R_{p0,2}$ min. 600 MPa*

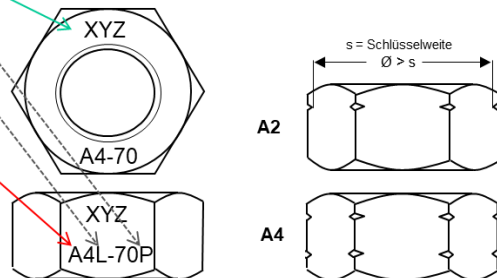
* Anwendung in Druckgeräten nicht zulässig

- für flache Muttern $0,5D \leq m_{\min} \leq 0,8D$
- Zusatzkennzeichnung „0“ und Festigkeitsklasse wird halbiert z.B. 70 => 35 => „035“

Kennzeichnung von Schrauben



Kennzeichnung von Muttern



Einsatz in Druckgeräten

Schrauben und Muttern müssen der DIN EN 1515-4 entsprechen und zur Rückverfolgbarkeit mit der Nummer des Herstellungsloses, Charge oder Chargenkurzzeichen versehen werden. Der verwendete Werkstoff muss der DIN EN 10269 entsprechen. Erfüllt der Hersteller die Anforderungen der Druckgeräterichtlinie, so kann er die Schrauben und Muttern als „eines der wichtigsten drucktragenden Teile“ mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 belegen, ansonsten ist ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 erforderlich. Werden die Schrauben und Muttern als „andere drucktragende Teile“ eingesetzt, genügt ein Werkszeugnis 2.2 als „nicht drucktragende Teile“ eine Werksbescheinigung 2.1.

Weitere Werkstoffe

Für Schrauben größerer Durchmesser haben sich Werkstoffe, wie z.B. 1.4986 (Stempelung S) und 1.4980 (Stempelung SD) bewährt. Sie zeichnen sich durch eine hohe Mindeststreckgrenze $R_{p0,2}$ aus. Der 1.4986 bringt 490 N/mm² und der 1.4980 sogar 600 N/mm².

Temperatur

Die minimale Einsatztemperatur für Schrauben aus nichtrostenden Stählen ergibt sich aus Tabelle F.2 der ISO 3506-1. Schrauben der Stahlsorte A2 und A3 können bei sehr niedrigen Temperaturen bis -200°C eingesetzt werden. Bei der Stahlsorte A4 und A5 dürfen Schrauben mit Kopf bis -60°C und Gewindebolzen bis -200°C Einsatz finden. Ursache für die höhere Minimaltemperatur ist der Molybdänanteil (Mo). Dieser führt durch den hohen Umformungsgrad beim Formen des Schraubenkopfes zur Erhöhung der Werte. Bei Verwendung des Werkstoff 1.4980 ist eine Verwendung nach Tabelle 10 der EN 10269 bis -270°C möglich.

Für hohe Temperaturen ist 400°C die maximale Einsatzgrenze, die bei erforderlicher Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion auf maximal 300°C gesenkt werden sollte. Bei Einsatz in hohen Temperaturen ist der Abfall der Streckgrenze zu beachten.

Der 1.4986 und der 1.4980 sind nach Tabelle 6 der EN 10269 bis 650°C zugelassen.

Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

In der zurückgezogenen DIN 17440 von 1996 wurde in Abschnitt 7.4, Korrosionstechnische Eigenschaften, das Folgende geschrieben:

Zitat: Für die Beständigkeit der ferritischen und austenitischen Stähle gegen interkristalline Korrosion bei Prüfung nach DIN 50 gelten die Angaben in den Tabellen 3 und 5.

ANMERKUNG: Das Verhalten der nichtrostenden Stähle gegen Korrosion kann durch Versuche im Laboratorium nicht eindeutig gekennzeichnet werden. Es empfiehlt sich daher, auf vorliegende Betriebserfahrungen zurückzugreifen. Hinweise über das Verhalten unter bestimmten Korrosionsbedingungen sind z. B. in den DECHEMA-Werkstofftabellen zu finden. Zitatende

Die Tabellen 3 und 5 der DIN 17440 geben eine Bewertung nach DIN 50914 für die einzelnen Werkstoffe für den Lieferzustand und den geschweißten Zustand ab.

In der direkten Nachfolgenorm DIN EN 10269 findet man im Abschnitt 8.3, Chemische Zusammensetzung nur folgenden Hinweis:

Zitat: 8.3.3 Für die austenitischen Stähle ist das Auftreten interkristalliner Korrosion möglich.

ANMERKUNG Die Korrosionsbeständigkeit der nichtrostenden Stähle hängt stark von der Art der Umgebung ab und kann daher nicht immer eindeutig durch Versuche im Laboratorium gekennzeichnet werden. Es empfiehlt sich daher, auf vorliegende Erfahrungen bei der Verwendung der Stähle zurückzugreifen. Zitatende

Schaut man in die Historie erhält man einen Eindruck, wie sich diesem Thema genähert wurde. Die in der DIN EN zugelassenen Stähle sind **fett** gedruckt.

1912 Krupp erschmelzt den 1.4300 und der Bezeichnung V2A. Es ist der Vorgänger der heutigen Sorten **1.4301**, **1.4307** und 1.4305. V2A steht für „Versuchsschmelze 2 Austenit“. Heute steht V2A für „rostbeständig“ und V4A für „säurebeständig“ (1.4404 und ursprünglich 1.4571)

1920/30 Einführung des mit Titan (Ti) stabilisierten 1.4571 in der chemischen Industrie, an dieser wird heute, trotz besserer Erkenntnisse hartnäckig, festgehalten.

- 1950 Bis dahin war die Legierung mit Niob (Nb) oder Titan (Ti) die einzige Möglichkeit den Kohlenstoff im Stahl zu binden. Die entstanden Werkstoffe sind für V2A der 1.4550 und 1.4541 und für V4A der 1.4571 und 1.4580. Des Weiteren entstehen der **1.4980** und **1.4986**. Dies entspricht der außer in Deutschland, Österreich und Osteuropa üblichen Vorgehensweise. Der 1.4571 hat z. B. keinen vergleichbaren Stahl nach AISI oder ASME. Deren Weg ist der 316L mit reduzierten Kohlenstoffgehalt (C), also der **1.4404**.
- 1960/70 Durch verbesserte Schmelztechnologie konnte der Kohlenstoffgehalt (C) auf unter 0,03% reduziert werden. Dies ermöglicht den **1.4307** und den **1.4404**. und entspricht der internationalen Vorgehensweise.
- 1999 Für die Schraubenstähle für hohe und tiefe Einsatztemperaturen wird die harmonisierte DIN EN 10269 mit dem **1.4404** veröffentlicht. Temperatureinsatzgrenze nach Tabelle 6 bis 550 °C. Die titanstabilisierten 1.4541 (A3) und 1.4571 (A5) sind nicht mehr enthalten.
- 2002 Einführung der EN 10312 für Trinkwasserrohre und erstmalige Aufnahme des **1.4404**.
- 2020 ... Das AD 2000-Regelwerk vom Verband der TÜV e.V. (VdTÜV) ist im Sinne der Leitlinie I-05 (ex. 9/5) zur Richtlinie 2014/68/EU (ex.97/23/EG) ein privates technisches Dokument*. Es lässt im AD 2000-Merkblatt W 2 in Abschnitt 2.3 nach wie vor die Verwendung von 1.4541 und 1.4571, trotz derer Entfernung aus der harmonisierten Norm EN 10269 für Stähle von Schrauben und Muttern und der harmonisierten EN 1515-4 für die Auswahl von Schrauben und Muttern, zu.

* Bis 2002 war der Herausgeber die in der BRD amtliche, bzw. amtlich anerkannte Prüforganisation und das von ihr herausgegebene AD-Regelwerk eine Regel der Technik.

Man kann feststellen, dass die Industrie den oft hohen Aufwand für die Einführung verbesserter Technologien ⇔ „Stand der Technik“, wegen des Aufwandes und der Kosten für die Änderung von Dokumentationen zu scheuen scheint.

Der 1.4404 hat seine Vorteile in der Verarbeitbarkeit, weil er keine Titananteile hat und kann deshalb mit höherem Reinheitsgrad hergestellt werden. Entscheidende Vorteile des 1.4404 sind die geringere Neigung zu Lochfrasskorrosion und die bessere Beständigkeit gegen chlorinduzierte Spannungsrisskorrosion. Zusätzlich haben geschweißte Profile eine höhere Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion.

Stand der Technik und folgen der Nichtanwendung

Hinweise zum Stand der Technik und die Folgen für die Nichteinhaltung (Bußgeld, Geld- oder Haftstrafe):

Immerhin drohen, als Ordnungswidrigkeit, wenn der Stand der Technik nicht eingehalten wird Bußgelder bis 100.000 €. Bei Vorsatz und Wiederholung können Geldstrafen oder Haftstrafen bis zu einem Jahr ausgesprochen werden.

Vergleich der gängigen Schrauben- und Mutternwerkstoffe

Die folgende Tabelle (Tab.2) zeigt einen Vergleich der gängigen Schrauben-/Mutternwerkstoffe.

Auch diese Tabelle bestätigt die deutlich bessere Qualität des **1.4404**. Dieser Werkstoff hat, neben dem geringen Korrosionsneigung, keine Neigung zu interkristalliner Korrosion. Für die Schrauben und Muttern nach den Festigkeitsklassen A2 und A4 hat er mit dem **1.4401** die höchsten Streckgrenzen.

Tab.2: Übliche nichtrostende (nr) und säurebeständige (nr+sb) Stähle für Verbindungselemente für Druckgeräte

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Stahl nach harmonisierter EN 10269, Tabelle 4		Korrosionsrelevante Legierungsbestandteile													
Nummer	Name	Wärmebehandlungszustand ^{a)}	Durchmesser		Dehngrenze		interkristalline Korrosion ^{b)}				Korrosionsfestigkeit – Wirksumme (PREN) ^{b)}				
			d	R _{p0,2} min	Titan (Ti)	Niob (Nb)	C	Korrosionsneigung	Chrom (Cr)		Molybdän (Mo)		Stickstoff (N)	PREN	
									%min	%max	%min	%max		%max	min
mm	MPa	%	%	%											
1.4301 (nr)	X5CrNi18-10	+AT	≤ 160	190	-	-	-	ja	17,0	19,5			0,1	17	21
		+C700	≤ 35	350											
1.4303 (nr)	X4CrNi18-10	+AT	≤ 160	190	-	-	-	ja	17,0	19,0			0,1	17	21
		+C700	≤ 35	350											
1.4307 (nr)	X2CrNi18-9	+AT	≤ 160	175	-	-	≤ 0,03	-	17,5	19,5			0,1	18	21
		+C700	≤ 35	250											
1.4401 (nr+sb)	X5CrNiMo 17-12-2	+AT	≤ 160	200	-	-	-	ja	16,5	18,5	2,0	2,5	0,1	23	28
		+C700	≤ 35	350											
1.4404 (nr+sb)	X2CrNiMo 17-12-2	+AT	≤ 160	200	-	-	≤ 0,03	-	16,5	18,5	2,0	2,5	0,1	23	28
		+C700	≤ 35	350											
1.4980 (nr)	X6CrNiTiMoV B25-15-2	+AT+P	≤ 160	600	1,9 bis 2,3	-	-	-	13,5	16	1,0	1,5		14	21
1.4980 (nr)	X7NiMoBNb 16-16	+WWW+ P	≤ 100	500	-	0,4 bis 1,2	-	-	15,5	17,5	1,6	2,0		16	24

^{a)} +AT = lösungsgeglüht, +C700 = kaltverfestigt, +P = ausscheidungsgehärtet, +WWW = warmverfestigt
^{b)} Werte der korrosionsmindernden Legierungsbestandteile aus EN 10269, Tabelle 1

Lediglich bei Bedarf für Nenndurchmesser ≥ M36 für Schrauben und ≥ M30 für Muttern sowie, vor allen Dingen, einer höheren Festigkeit für mehr Schraubenkraft überzeugen die Werkstoffe **1.4980** und **1.4986**.

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf unserer Internet-Seite www.thomsen-bremen.de.

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Stuhr-Varrel
Peter Thomsen

Haftungsausschluss:

Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Peter Thomsen. D-28816 Stuhr-Varrel

Stand 15.02.2023