Inhaltsverzeichnis

Normenumstellung von DIN auf ISO **7/003**
Gegenüberstellung der Produktnormen 7/008

Mechanische Verbindungselemente **7/010**
Allgemeine Anforderungen für Schrauben und Muttern
Auszug aus DIN ISO 8992

Mechanische Verbindungselemente **7/012**
Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen
aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl nach ISO 898

Teil 1: Schrauben
Auszug aus DIN EN ISO 898-1 ..... 7/012

Teil 2: Muttern - Regelgewinde
Auszug aus DIN EN ISO 898-2 ..... 7/015

Teil 5: Gewindestifte und ähnliche Verbindungselemente
Auszug aus DIN EN ISO 898-5 ..... 7/019

Mechanische Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen **7/021**

Chemische Schraubensicherungen **7/024**

Annahmeprüfung / Prüfbescheinigungen / Erstbemusterung **7/025**

Korrosionsschutz für Verbindungselemente **7/028**

Vorspannen von HV-Schrauben **7/032**

Polyamid 6.6 ..... **7/034**
mechanische und thermische Eigenschaften

BSK-Schraubenwähler **7/035**

Berechnung des Anziehdrehmoments **7/046**

Fachwörterverzeichnis **7/049**

Normenumstellung von DIN auf ISO

1. Grundsätze der europäischen Normenumstellung von DIN auf ISO
Die angestrebte Vollendung des gemeinsamen Europäischen Marktes führt zu einer beschleunigten Harmonisierung der in Europa bestehenden nationalen Normenwerke. In vielen Fällen bedeutet dies die Übernahme von für alle Länder verbindlichen Europäischen Normen (EN) in das jeweilige nationale Regelwerk. Im Gegensatz zu ISO-Normen müssen EN-Normen von allen EG- und EFTA-Ländern übernommen werden. Widersprechende nationale Normen müssen zurückgezogen werden. Grundsätzlich sollen vorhandene internationale Normen als europäische EN-Normen übernommen werden.
Nach Veröffentlichung einer EN-Norm müssen nationale Normen zum selben Gegenstand innerhalb von 6 Monaten zurückgezogen und für ungültig erklärt werden (in Deutschland DIN EN). Europäische Normen, die in der Regel die vollständige Übernahme einer ISO-Norm darstellen, sehen die Bestellung dieser Produkte nach ISO vor, also **nicht** DIN EN ISO 4017, sondern ISO 4017.

Normenarten, Zusammenhänge und Produktbezeichnungen

DIN	Nationale deutsche Norm (**D**eutsches **I**nstitut für **N**ormung, Berlin/Köln) **Produktbezeichnung: DIN** – z.B. DIN 7984
ISO	Internationale Norm (**I**nternational **S**tandardization **O**rganisation) **Produktbezeichnung: ISO** – z.B. ISO 7380
DIN ISO	Nationale deutsche Ausgabe einer unverändert übernommenen ISO-Norm **Produktbezeichnung: ISO** – z.B. ISO 2936
EN	Europäische Norm (CEN = **C**omité **E**uropéen de **N**ormalisation) Eigenständige EN-Normen werden dann erstellt, wenn auf ISO-Ebene keine Norm oder kein Normungsbedarf besteht oder die Übernahme bestehender ISO-Normen nicht möglich ist. **Produktbezeichnung: EN** – z.B. EN 1661
DIN ISO	Nationale deutsche Ausgabe einer unverändert übernommenen EN-Norm **Produktbezeichnung: EN** – z.B. EN 1667
EN ISO	Europäische Ausgabe einer unverändert übernommenen ISO-Norm, EN- und ISO-Normnummer sind identisch **Produktbezeichnung: ISO** – z.B. ISO 4017
DIN EN ISO	Nationale deutsche Ausgabe einer unverändert von ISO übernommenen EN-Norm **Produktbezeichnung: ISO** – z.B. ISO 4762

2. Produktbereiche
Die betroffenen Produkte werden in folgende Pakete zusammengefasst:
- Sechskantprodukte
- Gewindestifte, Stifte und Bolzen
- Kleinschrauben (Schlitzschrauben, Kreuzschlitzschrauben, Blech- und Bohrschrauben, gewindefurchende Schrauben, gewindeschneidende Schrauben und Kombischrauben)
- Scheiben
- Innensechskantschrauben
- HV-Schrauben

3. Umstellungspaket I: Sechskantprodukte
Wesentliche Änderungen DIN – ISO:

Schlüsselwerte	M10	M12	M14	M22
DIN	17	19	22	32
ISO	16	18	21	34

3.1. Sechskantschrauben

3.1.1. Bereits zurückgezogene DIN-Normen für Sechskantschrauben

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 558	Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf, Produktklasse C	ISO 4018
DIN 601 *)	Sechskantschrauben mit Schaft, Produktklasse C	ISO 4016
DIN 931 Teil 1 DIN 931 Teil 2	Sechskantschrauben mit Schaft, Produktklassen A und B Produktklasse B	ISO 4014
DIN 933	Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf, Produktklassen A und B	ISO 4017
DIN 960	Sechskantschrauben mit Schaft, Produktklassen A und B, metr. Feingewinde	ISO 8765
DIN 961	Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf, Produktklassen A und B, metr. Feingewinde	ISO 8676

* Bei Kombination mit einer ISO-Mutter muss dieses auf dem Etikett vermerkt sein.

3.2. Muttern

3.2.1. Zurückgezogene DIN-Normen für Sechskant-Muttern

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 555	Sechskantmuttern, Produktklasse C	ISO 4034
DIN 934	Sechskantmuttern Typ 1, Produktklassen A und B bis Klasse 10	ISO 4032
DIN 934	Sechskantmuttern Typ 2, Produktklassen A und B Regelgewinde, Festigkeitsklasse 12	ISO 4033
DIN 934	Sechskantmuttern Typ 1, Produktklassen A und B Feingewinde, bis Festigkeitsklasse 8	ISO 8673
DIN 934 Typ 2	Sechskantmuttern Typ 2, Produktklassen A und B bis Festigkeitsklasse 10	ISO 8674

3.2.2. Zurückgezogene DIN-Normen für Sechskantmuttern ohne volle Belastbarkeit (niedrige Form)

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 439 Teil 1	Sechskantmuttern mit niedriger Form, ohne Fase	ISO 4036
DIN 439 Teil 2 *)	Sechskantmuttern mit niedriger Form, mit Fase	ISO 4035
DIN 439 Teil 2 *)	Sechskantmuttern mit niedriger Form, mit Fase, Feingewinde	ISO 8675

*) es ist vorgesehen, dass DIN 936 durch DIN 439 T2 ersetzt werden soll.

4. Umstellungspaket II: Stifte, Gewinde, Bolzen

4.1. Spiralspannstifte – bereits zurückgezogene DIN-Normen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 7343	Spiralspannstifte, Regelausführung	ISO 8750
DIN 7344	Spiralspannstifte, schwere Ausführung	ISO 8748

Die ISO-Produkte sind mit den DIN-Produkten nahezu identisch. Die Austauschbarkeit ist gegeben.

4.2. Kerbstifte - bereits zurückgezogene DIN-Normen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 1470	Zylinderkerbstifte mit Einführende	ISO 8739
DIN 1471	Kegelkerbstifte	ISO 8744
DIN 1472	Passkerbstifte	ISO 8745
DIN 1473	Zylinderkerbstifte mit Fase	ISO 8740
DIN 1474	Steckkerbstifte	ISO 8741
DIN 1475	Knebelkerbstifte	ISO 8742
DIN 1476	Halbrundkerbnägel	ISO 8746
DIN 1477	Senkkerbnägel	ISO 8747

Die ISO-Produkte sind mit den DIN-Produkten nahezu identisch. Die Austauschbarkeit ist im einzelnen Anwendungsfall zu überprüfen.

4.3. Zylinder- und Kegelstifte

4.3.1. Bereits zurückgezogene DIN-Normen ohne Änderungen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 6325	Zylinderstifte, gehärtet	ISO 8734
DIN 7979-C	Zylinderstifte mit Innengewinde, ungehärtet	ISO 8733
DIN 7979-D	Zylinderstifte mit Innengewinde, gehärtet	ISO 8735
DIN 7977	Kegelstifte mit Gewindezapfen (konst. Zapfenl.)	ISO 8737
DIN 7978	Kegelstifte mit Innengewinde, ungehärtet	ISO 8736

4.3.2. Bereits zurückgezogene DIN-Normen mit Änderungen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 1	Kegelstifte, ungehärtet	ISO 2339
DIN 7	Zylinderstifte, ungehärtet	ISO 2338

Die ISO-Produkte unterscheiden sich von den ISO-Produkten.
Nennlänge l: nach DIN exkl. Kuppen – nach ISO inkl. Kuppen.

4.4. Gewindestifte mit Längsschlitz - bereits zurückgezogene DIN-Normen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 417	Gewindestifte mit Schlitz und Zapfen	ISO 7435
DIN 438	Zylinderstifte mit Schlitz und Ringschneide	ISO 7436
DIN 551	Gewindestifte mit Schlitz und Kegelkuppe	ISO 4766
DIN 553	Gewindestifte mit Schlitz und Spitze	ISO 7434

Die ISO-Produkte sind mit den DIN-Produkten nahezu identisch. Die Austauschbarkeit ist im einzelnen Anwendungsfall zu überprüfen.

5. Bolzen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 1443	Bolzen ohne Kopf	ISO 2340
DIN 1444	Bolzen mit Kopf	ISO 2341

Die ISO-Produkte sind mit den DIN-Produkten nahezu identisch. Die Austauschbarkeit ist im einzelnen Anwendungsfall zu überprüfen.

6. Umstellungspaket III: Kleinschrauben

6.1. Schlitzschrauben – bereits zurückgezogene DIN-Normen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 84	Zylinderschrauben mit Schlitz	ISO 1207
DIN 85	Flachkopfschrauben mit Schlitz	ISO 1580
DIN 963	Senkschrauben mit Schlitz	ISO 2009
DIN 964	Linsen-Senkschrauben mit Schlitz	ISO 2010

Die ISO-Produkte sind mit den DIN-Produkten nahezu identisch. Die Austauschbarkeit ist im einzelnen Anwendungsfall zu überprüfen, speziell bei Verwendung von automatischen Zuführ- und Verschraubungssystemen.

6.2. Kreuzschlitzschrauben – bereits zurückgezogene DIN-Normen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 7985	Linsenschrauben mit Kreuzschlitz	ISO 7045
DIN 965	Senkschrauben mit Kreuzschlitz	ISO 7046-1
DIN 965	Senkschrauben mit Kreuzschlitz	ISO 7046-2
DIN 966	Linsen-Senkschrauben mit Kreuzschlitz	ISO 7047

Die ISO-Produkte sind mit den DIN-Produkten nahezu identisch. Die Austauschbarkeit ist im einzelnen Anwendungsfall zu überprüfen, speziell bei Verwendung von automatischen Zuführ- und Verschraubungssystemen.

6.3. Blechschrauben – bereits zurückgezogene DIN-Normen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 7976	Sechskant-Blechschrauben	ISO 1479
DIN 7971	Zylinder-Blechschrauben mit Schlitz	ISO 1481
DIN 7972	Senk-Blechschrauben mit Schlitz	ISO 1482
DIN 7973	Linsensenk-Blechschrauben mit Schlitz	ISO 1483
DIN 7981	Linsen-Blechschrauben mit Kreuzschlitz	ISO 7049
DIN 7982	Senk-Blechschrauben mit Kreuzschlitz	ISO 7050
DIN 7983	Linsensenk-Blechschrauben mit Kreuzschlitz	ISO 7051

Bei Blechschrauben mit aufliegenden Köpfen sind ISO-Produkte mit den DIN-Produkten nahezu identisch. Gravierender Unterschied bei Senk- und Linsensenk-Blechschrauben ist die Änderung des Senkwinkels von 80° bei DIN-Produkten auf 90° bei ISO-Produkten. Die Austauschbarkeit ist im einzelnen Anwendungsfall zu überprüfen, speziell bei Verwendung von automatischen Zuführ- und Verschraubungssystemen.

7. Scheiben - bereits zurückgezogene DIN-Normen

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 125-A	Scheiben ohne Fase	ISO 7089
DIN 125-B	Scheiben mit Fase	ISO 7090
DIN 126	Scheiben	ISO 7091
DIN 433	Scheiben	ISO 7092
DIN 440	Scheiben	ISO 7094
DIN 9021	Scheiben Produktklasse A	ISO 7093-1
DIN 9021	Scheiben Produktklasse C	ISO 7093-2

Die ISO-Produkte sind gegenüber den DIN-Produkten teilweise maßlich geändert. Die Austauschbarkeit ist im einzelnen Anwendungsfall zu überprüfen.

8. Innensechskantschrauben

8.1. Bereits zurückgezogene DIN-Normen für Kopfschrauben mit Innensechskant

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 912	Zylinderschrauben mit Innensechskant	ISO 4762
DIN 7991	Senkschrauben mit Innensechskant	ISO 10642

DIN 912 / ISO 4762 bei Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9 identisch, DIN 7991 bei Kopfhöhen und Kopfdurchmessern von ISO 10642 abweichend.

8.2. Gewindestifte mit Innensechskant – Zurückziehung der DIN-Normen in Vorbereitung

Zurückgezogene Normen	Titel	Produktbezeichnung nach ISO
DIN 913	Gewindestifte mit Innensechskant und Kegelkuppe	ISO 4026
DIN 914	Gewindestifte mit Innensechskant und Spitze	ISO 4027
DIN 915	Gewindestifte mit Innensechskant und Zapfen	ISO 4028
DIN 916	Gewindestifte mit Innensechskant und Ringschneide	ISO 4029

Die ISO-Produkte sind mit den DIN-Produkten nahezu identisch. Die Austauschbarkeit ist gegeben.

Gegenüberstellung Produktnormen

DIN - ISO/EN

DIN	ISO/EN
1	2339
7	2338
84	1207
85	1580
94	1234
125-A	7089
125-B	7090
126	7091
417	7435
427	2342
433	7092
438	7436
439-B	4035
440	7094
551	4766
553	7434
601	4016
911	2936
912	4762
913	4026
914	4027
915	4028
916	4029
931	4014
933	4017
934	4032
960	8765
961	8676
963	2009
964	2010
965	7046
966	7047
980	7042
982	7040
985	10511

DIN	ISO/EN
1440	8738
1444	2341
1471	8744
1472	8745
1473	8740
1474	8741
1475	8742
1476	8746
1477	8747
1481	8752
2093	16983
6325	8734
6921	1665
6923	1661
6924	7040
6925	7042
7343	8750
7344	8748
7346	13337
7504-K	15480
7504-N	15481
7504-P	15482
7971	1481
7972	1482
7973	1483
7976	1479
7977	8737
7978	8736
7979	8735
7981	7049
7982	7050
7983	7051
7985	7045
7991	10642
9021	7093

ISO/EN - DIN

ISO/EN	DIN
1207	84
1234	94
1479	7976
1481	7971
1482	7972
1483	7973
1580	85
1665	6921
1661	6923
2009	963
2010	964
2338	7
2339	1
2341	1444
2342	427
2936	911
4014	931
4016	601
4017	933
4026	913
4027	914
4028	915
4029	916
4032	934
4035	439-B
4762	912
4766	551
7040	982
7040	6924
7042	980
7042	6925
7045	7985
7046	965
7047	966
7049	7981

ISO/EN	DIN
7050	7982
7051	7983
7089	125-A
7090	125-B
7091	126
7092	433
7093	9021
7094	440
7434	553
7435	417
7436	438
8676	961
8734	6325
8735	7979
8736	7978
8737	7977
8738	1440
8740	1473
8741	1474
8742	1475
8744	1471
8745	1472
8746	1476
8747	1477
8748	7344
8750	7343
8752	1481
8765	960
10511	985
10642	7991
13337	7346
15480	7504-K
15481	7504-N
15482	7504-P
16983	2093

Mechanische Verbindungselemente

Allgemeine Anforderungen für Schrauben und Muttern

Auszug aus DIN ISO 8992
September 2005

1. Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die allgemeinen Anforderungen für genormte Schrauben und Muttern fest, deren Anwendung auch bei nicht genormten Schrauben und Muttern empfohlen wird. Sie bezieht sich auf Internationale Normen über Toleranzen, mechanische und funktionelle Eigenschaften, geometrische Merkmale, Oberflächenfehler, Oberflächenüberzüge und Qualitätsaspekte.

3. Festlegungen und zugehörige Internationale Normen

Siehe Tabellen 1 und 2.

Tabelle 1 – Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde

Werkstoff	**Kohlenstoffstahl Legierter Stahl**	**nichtrostender Stahl**	**Nichteisenmetall**
Toleranzen	ISO 4759-1		
Mechanische und funktionelle Eigenschaften	ISO 898-1, ISO 898-2, ISO 898-5, ISO 898-6, ISO 898-7, ISO 2320, ISO 7085	ISO 3506-1 ISO 3506-2 ISO 3506-3	ISO 8839
Geometrische Merkmale			
– Gewinde	ISO 965-1, ISO 965-2, ISO 965-3, ISO 965-4, ISO 965-5		
– Antriebsformen	ISO 272, ISO 4757, ISO 10664		
– Schraubenenden	ISO 4753		
– Senkköpfe	ISO 7721		
– Andere	ISO 885, ISO 888, ISO 3508, ISO 4755, ISO 7378		
Oberflächenfehler	ISO 6157-1 ISO 6157-2 ISO 6157-3	–	–
Oberflächen-überzüge	ISO 4042 ISO 10683 ISO 10684	ISO 16048	ISO 4042
Qualitätsaspekte	ISO 3269, ISO 16426		

Tabelle 2 – Verbindungselemente mit Blechschraubengewinde

Werkstoff	**Stahl**	**Nichtrostender Stahl**
Toleranzen	ISO 4759-1	
Mechanische und funktionelle Eigenschaften	ISO 2702 ISO 10666	ISO 3506-4
Geometrische Merkmale – Gewinde – Antriebsformen – Schraubenenden – Senkkopf	 ISO 1478 ISO 4757, ISO 10664 ISO 1478 ISO 7721	
Oberflächen-überzüge	ISO 4042 ISO 10683 ISO 10684	ISO 16048
Qualitätsaspekte	ISO 3269, ISO 16426	

4. Allgemeine Anforderungen

Genormte Schrauben und Muttern werden durch folgende Angaben festgelegt:

- Mechanische Eigenschaften (Festigkeitsklasse, Werkstoff)
- Produktklasse (Toleranzen)
- Genormte geometrische Merkmale (falls zutreffend)
- Oberflächenüberzug (wenn gefordert)
- Spezielle Anforderungen (wenn vereinbart)

Alle Angaben beziehen sich auf das fertige Produkt. Besondere Herstellverfahren werden nicht gefordert, sofern sie nicht in den einzelnen Normen festgelegt sind oder zwischen Besteller und Lieferer vereinbart wurden.

Die Produkte müssen vollflächig, vollkantig und, in Übereinstimmung mit dem gewählten Herstellverfahren, gratfrei sein. Es ist nicht grundsätzlich erforderlich, kleine Grate, die durch Vorgänge wie Schlitzen, Schmieden, Pressen oder Abgraten entstehen, zu entfernen. Grate, die die Verwendbarkeit des Produktes beeinflussen oder die eine Verletzungsgefahr darstellen, müssen jedoch entfernt werden.

Stanzgrate unterhalb der Auflageflächen von Schrauben sind nicht zulässig.

Zentrierbohrungen bei Schrauben sind zulässig, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Falls kein Oberflächenüberzug vereinbart wurde, gilt für die Oberfläche der Produkte

- wie hergestellt bei Produkten aus Stahl
- blank bei Produkten aus nichtrostenden Stählen oder aus Nichteisenmetallen

Schrauben und Muttern sind in sauberem Zustand und leicht geölt zu liefern, sofern nichts anderes vereinbart wurde.

Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1:2013)

Auszug aus DIN EN ISO 898-1
Mai 2013

6. Werkstoffe

Tabelle 2 legt die Grenzwerte für die chemische Zusammensetzung von Stählen und Mindestanlasstemperaturen für die unterschiedlichen Festigkeitsklassen von Schrauben fest. Die chemische Zusammensetzung muss in Übereinstimmung mit den entsprechenden Internationalen Normen ermittelt werden.

ANMERKUNG: Nationale Bestimmungen zur Beschränkung oder zum Verbot bestimmter chemischer Elemente sind in den jeweils betroffenenen Ländern oder Regionen ebenfalls zu berücksichtigen.

Für Schrauben, die feuerverzinkt werden sollen, gelten die zusätzliche Werkstoffanforderungen in ISO 10684.

Tabelle 2 – Stähle

Festigkeitsklasse	Werkstoff und Wärmebehandlung	Chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse in %)[a]					Anlasstemperatur
		C		P	S	B[b]	°C
		min.	max.	max.	max.	max.	min.
4.6 [c,d]	Kohlenstoffstahl oder Kohlenstoffstahl mit Zusätzen	–	0,55	0,050	0,060	nicht festgelegt	–
4.8 [d]							
5.6 [c]		0,13	0,55	0,050	0,060		
5.8 [d]		–	0,55	0,050	0,060		
6.8 [d]		0,15	0,55	0,050	0,060		
8.8 [f]	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr), gehärtet und angelassen oder Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen oder Legierter Stahl, gehärtet und angelassen[g]	0,15[e]	0,40	0,025	0,025	0,003	425
		0,25	0,55	0,025	0,025		
		0,20	0,55	0,025	0,025		
9.8 [f]	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr), gehärtet und angelassen oder Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen oder Legierter Stahl, gehärtet und angelassen[g]	0,15[e]	0,40	0,025	0,025	0,003	425
		0,25	0,55	0,025	0,025		
		0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9 [f]	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), gehärtet und angelassen oder Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen oder Legierter Stahl, gehärtet und angelassen[g]	0,20[e]	0,55	0,025	0,025	0,003	425
		0,25	0,55	0,025	0,025		
		0,20	0,55	0,025	0,025		
12.9 [f, h, i]	Legierter Stahl, gehärtet und angelassen [g]	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9 [f, h, i]	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr oder Molybdän), gehärtet und angelassen	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

[a] Im Schiedsfall gilt die Produktanalyse.
[b] Der Bor-Gehalt darf 0,005 % erreichen, vorausgesetzt, dass das nicht wirksame Bor durch Zusätze von Titan und/oder Aluminium kontrolliert wird.
[c] Bei kalt umgeformten Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 kann eine Wärmebehandlung des für das Kaltumformen verwendeten Drahtes oder der kalt umgeformten Schraube notwendig werden, um die gewünschte Duktilität zu erreichen.

[d] Für diese Festigkeitsklassen ist Automatenstahl mit folgenden maximalen Schwefel-, Phosphor- und Bleianteilen zulässig: Schwefel 0,34 %; Phosphor 0,11 %; Blei 0,35 %.

[e] Bei einfachem Kohlenstoffstahl mit Bor als Zusatz und einem Kohlenstoffgehalt unter 0,25 % (Schmelzenanalyse) muss ein Mangangehalt von mindestens 0,6 % für die Festigkeitsklasse 8.8 und 0,7 % für die Festigkeitsklassen 9.8 und 10.9 vorhanden sein.

[f] Werkstoffe dieser Festigkeitsklassen müssen ausreichend härtbar sein, um sicherzustellen, dass im Gefüge des Kernes im Gewindeteil ein Martensitanteil von ungefähr 90 % im gehärteten 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 Kombinationen festgelegt sind und geringere Legierungsanteile haben als oben angegeben, dann ist der für die Klassifizierung anzuwendende Grenzwert 70 % der Summe der oben angegebenen Einzelgrenzwerte für die zwei, drei oder vier betreffenden Elemente.

[h] Schrauben aus phosphatiertem Rohmaterial müssen vor der Wärmebehandlung entphosphatiert werden, wobei das Nichtvorhandensein einer mit Phosphor angereicherten weißen Schicht mit einem geeigneten Prüfverfahren nachgewiesen werden muss.

[i] Bei einem vorgesehenen Einsatz der Festigkeitsklassen 12.9/12.9 ist Vorsicht geboten. Dabei sollten die Eignung des Schraubenherstellers, die Montage und die Einsatzbedingungen berücksichtigt werden. Durch spezielle Umgebungsbedingungen kann es sowohl bei unbeschichteten als auch bei beschichteten Schrauben zu Spannungsrisskorrosion kommen.

7. Mechanische und physikalische Eigenschaften

Schrauben der festgelegten Festigkeitsklassen müssen bei Umgebungstemperatur[2)] alle zutreffenden mechanischen und physikalischen Eigenschaften nach den Tabellen 3 bis 7 erfüllen, unabhängig von den Prüfungen, die während der Fertigung und der Ausgangskontrolle durchgeführt werden.

Die Anwendbarkeit der Prüfverfahren zum Nachweis, dass Schrauben unterschiedlicher Art und Abmessung die Eigenschaften aus Tabelle 3 und den Tabellen 4 bis 7 erfüllen, ist in Abschnitt 8 festgelegt.

ANMERKUNG 1: Selbst wenn die Stahleigenschften der Schrauben alle relevanten Anforderungen der Tabellen 2 und 3 erfüllen, haben einige Arten von Schrauben wegen ihrer Abmessungen eine verminderte Belastbarkeit (siehe 8.2, 9.4 und 9.5).

ANMERKUNG 2: Nicht alle der in diesem Teil von ISO 898 aufgeführten Festigkeitsklassen gelten grundsätzlich für alle Arten von Schrauben. Weitere Hinweise für die Anwendung bestimmter Festigkeitsklassen sind in den entsprechenden Produktnormen enthalten. Bei nicht genormten Schrauben wird empfohlen, sich so eng wie möglich an die für ähnliche genormte Schrauben erfolgte Auswahl anzulehnen.

[2)] Die Kerbschlagarbeit wird bei einer Temperatur von -20 °C geprüft (sieht 9.14)

Tabelle 3 – Mechanische und physikalische Eigenschaften von Schrauben

Nr.	Mechanische oder physikalische Eigenschaft		Festigkeitsklasse										
			4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9/ 12.9
								d ≤ 16mm[a]	d > 16mm[b]	d ≤ 16mm		
1	Zugfestigkeit, $R_{m'}$ MPa	nom.[c]	400		500		600	800		900	1000	1200
		min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
2	Untere Streckgrenze, R_{eL}[d], MPa	nom.[c]	240	–	300	–	–	–	–	–	–	–
		min.	240	–	300	–	–	–	–	–	–	–
3	0,2%-Dehngrenze, $R_{p0,2}$, MPa	nom.[c]	–	–	–	–	–	640	640	720	900	1080
		min.	–	–	–	–	–	640	660	720	940	1100
4	0,004 8 *d* Dehngrenze für ganze Schrauben, R_{pf}, MPa	nom.[c]	–	320	–	400	480	–	–	–	–	–
		min.	–	340[e]	–	420[e]	480[e]	–	–	–	–	–
5	Spannung unter Prüfkraft, S_p[f], MPa	nom.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
	Prüffestigkeits-Verhältnis $S_{p,nom}/R_{eL\,min}$ oder $S_{p,nom}/R_{p0,2\,min}$ oder $S_{p,nom}/R_{pf\,min}$		0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
6	Prozentuale Bruchdehnung einer abgedrehten Probe, *A*, %	min.	22	–	20	–	–	12	12	10	9	8
7	Prozentuale Brucheinschnürung einer abgedrehten Probe, *Z*, %	min.	–					52		48	48	44
8	Bruchverlängerung einer ganzen Schraube, A_f, (siehe auch Anhang C)	min.	–	0,24	–	0,22	0,20	–	–	–	–	–
9	Kopfschlagzähigkeit		Kein Bruch									
10	Vickershärte, HV $F \geq 98$ N	min.	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
		max.	220[g]				250	320	335	360	380	435
11	Brinellhärte, HBW $F = 30\,D^2$	min.	114	124	147	152	181	245	250	286	316	380
		max.	209[g]				238	316	331	355	375	429
12	Rockwellhärte, HRB	min.	67	71	79	82	89	–				
		max.	95,0[g]				99,5	–				
	Rockwellhärte, HRC	min.	–					22	23	28	32	39
		max.	–					32	34	37	39	44
13	Oberflächenhärte, HV 0,3	max.	–					-			390	435
14	Ohne Aufkohlung, HV 0,3	max.	–					h			h	h
15	Höhe der nichtentkohlten Gewindezone, *E*, mm	min.	–					$^1/_2\,H_1$			$^2/_3\,H_1$	$^3/_4\,H_1$
	Tiefe der Auskohlung im Gewinde, *G*, mm	max.	–					0,015				
16	Härteabfall nach Wiederanlassen (Härten), HV	max.	–					20				
17	Bruchdrehmoment, M_B, Nm	min.	–					nach ISO 898-7				
18	Kerbschlagarbeit, K_V[i,j], J	min.	–		27	–		27	27	27	27	k
19	Oberflächenzustand nach		ISO 6157-1[l]									ISO 6157-3

[a] Werte gelten nicht für Stahlbauschrauben.
[b] Für Stahlbauschrauben $d \geq$ M12.
[c] Nennwerte sind nur für das Bezeichnungssystem der Festigkeitsklassen festgelegt. Siehe Abschnitt 5.
[d] Falls die untere Streckgrenze R_{eL} nicht bestimmt werden kann, ist die Ermittlung der 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ zulässig.
[e] Für die Festigkeitsklassen 4.8, 5.8 und 6.8 werden die Werte für $R_{pf,min}$ untersucht. Die zur Zeit der Veröffentlichung dieses Teiles von ISO 898 geltenden Werte sind nur zur Berechnung des Prüfspannungsverhältnisses angegeben. Sie sind keine Prüfwerte.
[f] Prüfkräfte sind in den Tabellen 5 und 7 festgelegt.
[g] Die am Ende einer Schraube bestimmte Härte darf maximal 250 HV, 238 HB bzw. 99,5 HRB betragen.
[h] Die Oberflächenhärte darf an der jeweiligen Schraube 30 Vickerspunkte der gemessenen Härte des Grundmetalls nicht überschreiten, wenn sowohl die Oberflächenhärte als auch die Härte des Grundmetalls mit HV 0,3 ermittelt werden (siehe 9.11).
[i] Die Werte werden bei einer Prüftemperatur von –20 °C bestimmt (siehe 9.14).
[j] Gilt für $d \geq 16$ mm.
[k] Werte für K_V werden untersucht.
[l] Anstatt ISO 6157-1 darf ISO 6157-3 nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Kunden gelten.

Bestellen Sie auch online in unserem Webshop auf https://shop.schrauben-gross.com
Weitere Informationen finden Sie unter www.schrauben-gross.de

Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl - Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen - Regelgewinde und Feingewinde

Auszug aus DIN EN ISO 898-2
August 2012

5. Gestaltung von Schraubenverbindungen

Erläuterungen zu den bei der Gestaltung von Muttern zu beachtenden Grundsätzen und zur Belastbarkeit von geschraubten Verbindungen sind in Anhang A angegeben. Normale Muttern (Typ 1) und hohe Muttern (Typ 2) müssen mit Verbindungselementen mit Außengewinde nach Tabelle 2 gepaart werden. Jedoch dürfen Muttern einer höheren Festigkeitsklasse Muttern einer niedrigeren Festigkeitsklasse ersetzen.

Tabelle 2: Paarung normaler Muttern (Typ 1) und hoher Muttern (Typ 2) mit den entsprechenden Schraubenfestigkeitsklassen

Festigkeitsklasse der Mutter	Höchste Festigkeitsklasse der Paarungsschraube
5	5.8
6	6.8
8	8.8
9	9.8
10	10.9
12	12.9/12.9

6. Werkstoffe

Tabelle 3 legt die Werkstoffe und die Wärmebehandlung für Muttern verschiedener Festigkeitsklassen fest.

Muttern mit Regelgewinde und den Festigkeitsklassen 05, 8 (normale Muttern [Typ 1] mit D > M16), 10 und 12 müssen vergütet werden.

Muttern mit Feingewinde und den Festigkeitsklassen 05, 6 (mit D > M16), 8 (normale Muttern [Typ 1]), 10 und 12 müssen vergütet werden.

Die chemische Zusammensetzung muss den einschlägigen Internationalen Normen entsprechend beurteilt werden.

Tabelle 3: Stähle

Gewinde	Festigkeitsklasse		Werkstoff und Wärmebehandlung der Mutter	Grenzwert der chemischen Zusammensetzung (Schmelzanalyse %)[a]			
				C max.	Mn min.	P max.	S min.
Regelgewinde	04[b]		Kohlenstoffstahl [d]	0,58	0,25	0,060	0,150
	05[c]		Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,30	0,048	0,058
	5[b]		Kohlenstoffstahl [d]	0,58	-	0,060	0,150
	6[b]		Kohlenstoffstahl [d]	0,58	-	0,060	0,150
	8	Hohe Mutter (Typ 2)	Kohlenstoffstahl [d]	0,58	0,25	0,060	0,150
	8[c]	Normale Mutter (Typ 1) $D \leq$ M16	Kohlenstoffstahl [d]	0,58	0,25	0,060	0,150
	8[c]	Normale Mutter (Typ 1) $D >$ M16	Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,30	0,048	0,058
	9		Kohlenstoffstahl [d]	0,58	0,25	0,060	0,150
	10[c]		Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,30	0,048	0,058
	12[c]		Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,45	0,048	0,058
Feingewinde	04[b]		Kohlenstoffstahl [d]	0,58	0,25	0,060	0,150
	05[c]		Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,30	0,048	0,058
	5[b]		Kohlenstoffstahl [d]	0,58	-	0,060	0,150
	6[b]	$D \leq$ M16	Kohlenstoffstahl [d]	0,58	-	0,060	0,150
	6[b]	$D >$ M16	Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,30	0,048	0,058
	8	Hohe Mutter (Typ 2)	Kohlenstoffstahl [d]	0,58	0,25	0,060	0,150
	8[c]	Normale Mutter (Typ 1)	Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,30	0,048	0,058
	10[c]		Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,30	0,048	0,058
	12[c]		Kohlenstoffstahl, QT[e]	0,58	0,45	0,048	0,058

QT = Vergütete Muttern.
„-“ Kein Grenzwert festgelegt.
[a] In Schiedsfällen gilt die Produktanalyse.
[b] Muttern dieser Festigkeitsklassen dürfen nach Vereinbarung zwischen Kunde und Hersteller aus Automatenstahl hergestellt werden; in diesem Fall ist die Verwendung von Schwefel, Phosphor und Blei in folgenden Höchstanteilen zulässig: S: 0,34 %; P: 0,11 %; Pb: 0,35 %.
[c] Es dürfen weitere Legierungselemente hinzugesetzt werden, sofern die in Abschnitt 7 festgelegten Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften erfüllt werden.
[d] Darf nach Wahl des Herstellers vergütet werden.
[e] Bei Verwendung von Werkstoffen dieser Festigkeitsklassen muss eine ausreichende Härtbarkeit gegeben sein, um ein Gefüge aus ungefähr 90 % Martensit im gehärteten Zustand vor der Vergütung im Gewindebereich der Mutter gemäß Bild 3 sicherzustellen.

7. Mechanische Eigenschaften

Bei der Prüfung nach den in Abschnitt 9 festgelegten Verfahren müssen die Muttern der festgelegten Festigkeitsklasse bei Umgebungstemperatur die Anforderungen an die Prüfkraft (siehe Tabellen 4 und 5) und an die Härte (siehe Tabellen 6 und 7) unabhängig davon erfüllen, welche Prüfungen während der Fertigung oder der Endabnahme durchgeführt werden.

Tabelle 6: Härteeigenschaften von Muttern mit Regelgewinde

Gewinde *D*	Festigkeitsklasse															
	04		05		5		6		8		9		10		12	
	Vickershärte, HV															
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M5 ≤ *D* ≤ M16	188	302	272	353	130	302	150	302	200	302	188	302	272	353	295[b]	353
M16 < *D* ≤ M39					146		170		233[a]	353[b]					272	
	Brinellhärte, HB															
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M5 ≤ *D* ≤ M16	179	287	259	336	124	287	143	287	190	287	179	287	259	336	280[c]	336
M16 < *D* ≤ M39					139		162		221[a]	336[b]					259	
	Rockwellhärte, HRC															
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M5 ≤ *D* ≤ M16	—	30	26	36	—	30	—	30	—	30	—	30	26	36	29[c]	36
M16 < *D* ≤ M39									—	36[b]					26	
Der Oberflächenzustand muss ISO 6157-2 entsprechen. Die Härteprüfung nach Vickers ist die Schiedsprüfung für die Annahme (siehe 9.2.4).																
[a] Mindestwert für hohe Muttern (Typ 2): 180 HV (171 HB). [b] Maximalwert für hohe Muttern (Typ 2): 302 HV (287 HB; 30 HRC). [c] Mindestwert für hohe Muttern (Typ 2): 272 HV (259 HB; 26 HRC).																

Tabelle 7: Härteeigenschaften von Muttern mit Feingewinde

Gewinde *D*	Festigkeitsklasse													
	04		05		5		6		8		10		12	
	Vickershärte, HV													
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M8x1 ≤ *D* ≤ M16x1,5	188	302	272	353	175	302	188	302	250[a]	353[b]	295[b]	353	295	353
M16x1,5 < *D* ≤ M39x3					190		233		295	353	260		—	—
	Brinellhärte, HB													
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M8x1 ≤ *D* ≤ M16x1,5	179	287	259	336	166	287	179	287	238[a]	336[b]	280[c]	336	280	336
M16x1,5 < *D* ≤ M39x3					181		221		280	336	247		—	—
	Rockwellhärte, HRC													
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M8x1 ≤ *D* ≤ M16x1,5	—	30	26	36	—	30	—	30	22,2[a]	36[b]	29[c]	36	29	36
M16x1,5 < *D* ≤ M39x3					—		—		29,2[a]	36	24		—	—
Der Oberflächenzustand muss ISO 6157-2 entsprechen. Die Härteprüfung nach Vickers ist die Schiedsprüfung für die Annahme (siehe 9.2.4).														
[a] Mindestwert für hohe Muttern (Typ 2): 195 HV (185 HB). [b] Maximalwert für hohe Muttern (Typ 2): 302 HV (287 HB; 30 HRC). [c] Mindestwert für hohe Muttern (Typ 2): 250 HV (238 HB; 22,2 HRC).														

A.1 Grundsätze für die Mutterngestaltung

Eine Schraubverbindung besteht grundsätzlich aus zwei Arbeitsstücken, die mit Hilfe eines mit einem Außengewinde versehenen Teils (Schraube) auf der einen Seite und eines mit einem Innengewinde versehenen Teils oder einer Mutter auf der anderen Seite miteinander verbunden werden.

Eine optimierte Schraubverbindung, die aus einer Schraube einer gegebenen Festigkeitsklasse nach ISO 898-1 mit einer normalen oder hohen Mutter der für die Paarung geeigneten Festigkeitsklasse nach diesem Teil von ISO 898 besteht, kann bei vollständiger Ausnutzung der Festigkeit der Schraube eine maximale Vorspannung liefern. Bei übermäßig starkem Anziehen kommt es zum Bruch im beanspruchten Gewindeteil der Schraube, was einen offensichtlichen Hinweis auf Versagen durch zu starkes Anziehen ergibt.

Bei Zugbeanspruchung entspricht die Versagensart von Schraubenverbindungen dem Kleinstwert der folgenden drei Kräfte:

a) Abstreiffestigkeit des Muttergewindes;

b) Abstreiffestigkeit des Schraubengewindes;

c) Bruchkraft in der Schraube (der Bruch der Schraube ist die für Schraubenverbindungen im Fall der Überbeanspruchung vorgesehene Versagensart).

Diese drei Kräfte hängen in erster Linie ab von:

- der Härte, der Höhe, der wirksamen Höhe des Vollgewindes, dem Durchmesser, der Steigung und der Gewindetoleranzklasse der Mutter,

- der Härte, dem Durchmesser, der Steigung und der Gewindetoleranzklasse der Schraube.

Darüber hinaus sind diese drei Kräfte miteinander verbunden. Beispielsweise kann eine Zunahme der Härte der Schraube eine Zunahme der Gewindeabstreifkraft der Mutter zur Folge haben. Die Härte ist eine der wichtigsten mechanischen Eigenschaften der Mutter mit Einfluss auf die Abstreiffestigkeit. Die Härte bestimmt auch die Widerstandsfähigkeit der Mutter im Gebrauch, und deshalb ist für jede Festigkeitsklasse eine Obergrenze festgelegt.

Die analytische Basis für die Berechnung der verschiedenen Abstreiffestigkeiten ist in der Veröffentlichung von Alexander ausgearbeitet. Die von Alexander entwickelte Theorie wurde in umfangreichen experimentellen Untersuchungen durch praktische Ergebnisse belegt. Aktuelle Studien, einschließlich Berechnungen auf der Grundlage der Finite-Elemente-Methode, haben die Gültigkeit der Alexander-Theorie bestätigt.

Die drei verschiedenen Mutterntypen unterscheiden sich durch ihre Höhen. Dies gibt dem Hersteller für bestimmte Festigkeitsklassen die Möglichkeit, einen Vergütungsprozess mit geringerem Materialaufwand zu wählen, um die geforderten Eigenschaften zu erzielen, oder ohne zusätzliche Wärmebehandlung einen höheren Materialaufwand in Kauf zu nehmen.

Auszug aus **DIN EN ISO 898-5**
September 2012

Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl Teil 5: Gewindestifte und ähnliche nicht auf Zug beanspruchte Verbindungselemente

1. Anwendungsbereich

Verbindungselemente nach diesem Teil von ISO 898 werden in festgelegte Härteklassen eingeteilt und sind nur zum Einsatz unter Druckbelastung vorgesehen.

5. Bezeichnungssystem

Die Härteklassen werden nach Tabelle 1 bezeichnet.
Die Zahl in der Bezeichnung entspricht 1/10 der Mindesthärte nach Vickers.
Der Buchstabe H steht für Härte.

Tabelle 1: Bezeichnung der Härteklassen in Bezug auf die Vickershärte

Härteklassebezeichnung	14H	22H	33H	45H
Vickershärte $HV_{min.}$	140	220	330	450

6. Werkstoffe

Tabelle 2 legt die Grenzwerte für die chemische Zusammensetzung von Stählen für die unterschiedlichen Härteklassen von Verbindungselementen fest. Die chemische Zusammensetzung muss in Übereinstimmung mit den entsprechenden Internationalen Normen ermittelt werden.

ANMERKUNG: Es können nationale Bestimmungen gelten, die eine Beschränkung oder ein Verbot bestimmter chemischer Elemente auferlegen, deren Berücksichtigung in den jeweils betroffenen Ländern oder Regionen erwartet wird.

Tabelle 2: Festlegungen für Stähle

Härte-klasse	Werkstoff	Wärme-behandlung	Grenzwert für chemische Zusammensetzung (Schmelzanalyse, %) [b]			
			C		P	S
			max.	min.	max.	min.
14H	Kohlenstoffstahl [c]	-	0,50	-	0,11	0,15
22H	Kohlenstoffstahl [c]	gehärtet und angelassen	0,50	0,19	0,05	0,05
33H	Kohlenstoffstahl [c]	gehärtet und angelassen	0,50	0,19	0,05	0,05
45H	Kohlenstoffstahl [d, e]	gehärtet und angelassen	0,50	0,45	0,05	0,05
	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen[d] (z. B. Bor oder Mn oder Cr)	gehärtet und angelassen	0,50	0,28	0,05	0,05
	Legierter Stahl [d, f]	gehärtet und angelassen	0,50	0,30	0,05	0,05

[a] Einsatzhärten ist nicht zulässig.
[b] Im Schiedsfall gilt die Stückanalyse.
[c] Für diese Festigkeitsklassen ist Automatenstahl mit folgenden maximalen Blei-, Phosphor- und Schwefelanteilen zulässig: Blei 0,35 %; Phosphor 0,11 %; Schwefel 0,34 %.
[d] Stahl mit einem Bleigehalt von maximal 0,35 % ist zulässig.
[e] Nur für d ≤ M16.
[f] 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 Kombinationen festgelegt sind und geringere Legierungsanteile haben als oben in dieser Fußnote angegeben, dann ist der für die Klassifizierung anzuwendende Grenzwert 70 % der Summe der oben in dieser Fußnote angegebenen Einzelgrenzwerte für die zwei, drei oder vier betreffenden Elemente.

7. Mechanische und physikalische Eigenschaften

Verbindungselemente der festgelegten Härteklassen müssen bei Umgebungstemperatur alle zutreffenden mechanischen und physikalischen Eigenschaften nach den Tabellen 3 bis 5 erfüllen, unabhängig von den während der Fertigung und der Ausgangskontrolle durchgeführten Prüfungen.

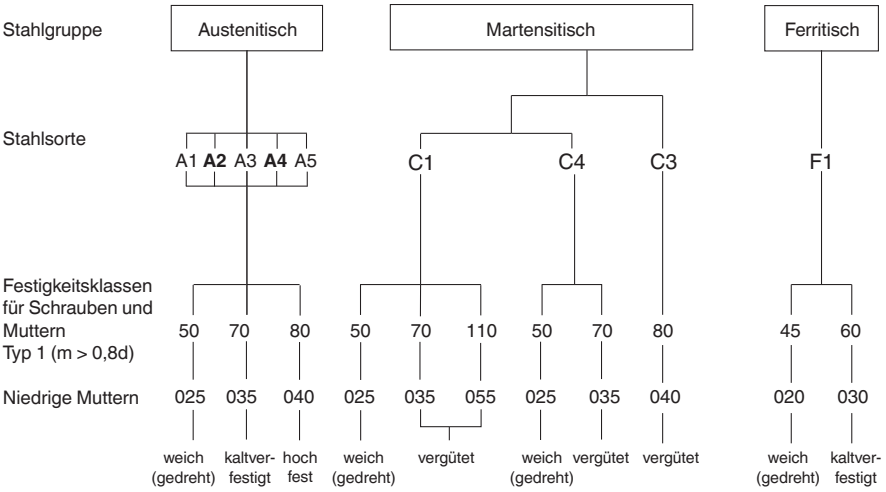
Tabelle 3: Mechanische und physikalische Eigenschaften

Nr	Mechanische und physikalische Eigenschaften				Härteklasse			
					14H	22H	33H	45H
1	Funktionshärte (siehe 9.1.2)							
	1.1	Vickershärte HV10		min.	140	220	330	450
				max.	290	300	440	560
	1.2	Brinellhärte HBW, F=30 D^2		min.	133	209	314	428
				max.	276	285	418	532
	1.3	Rockwellhärte	HRB	min.	75	95	-	-
				max.	105	[a]	-	-
			HRC	min.	-	[a]	33	45
				max.	-	30	44	53
2	Torsionsfestigkeit				-	-	-	siehe Tabelle 5
3	Höhe der nichtentkohlten Gewindezone, E, mm			min.	-	$^1/_2\ H_1$	$^2/_3\ H_1$	$^3/_4\ H_1$
4	Tiefe der Auskohlung, G, mm			max.	-	0,015	0,015	
5	Oberflächenhärte HV 0,3 (siehe 9.1.3)			max.	-	320	450	580
6	keine Aufkohlung (Härteanstieg durch Aufkohlung), HV 0,3			max.		[c]	[c]	[c]
7	Oberflächenzustand nach				ISO 6157-1			

[a] Für die Härteklasse 22H ist der Mindestwert nach HRB und der Höchstwert nach HRC zu prüfen, wenn die Rockwellhärte geprüft wird.
[b] Für die Härteklasse 45H ist Auskohlung nicht zulässig.
[c] Die Oberflächenhärte darf 30 Vickerspunkte der gemessenen Grundmetallhärte der Verbindungselements nicht überschreiten, wenn sowohl die Oberflächenhärte als auch die Grundmetallhärte mit HV 0,3 ermittelt werden (siehe Bild 3).

Mechanische Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen

Bezeichnungssystem für Schrauben und Muttern nach DIN EN ISO 3506



Chemische Zusammensetzung der Stahlsorten A1 – A5 (in %)

Stahlsorte	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Anmerkung
A1	0,12	0,12	6,5	0,20	0,15-0,35	16-19	0,7	5-10	1,75-2,25	
A2	**0,1**	**1**	**2**	**0,05**	**0,03**	**15-20**	**-**	**8-19**	**4**	
A3	0,08	1	2	0,045	0,03	17-19	-	9-12	1	muss zur Stabilisierung gegen interkristalline Korrosion Ti, Nb, Ta enthalten
A4	**0,08**	**1**	**2**	**0,045**	**0,03**	**16-18,5**	**2-3**	**10-15**	**1**	
A5	0,08	1	2	0,045	0,03	16-18,5	2-3	10,5-14	1	muss zur Stabilisierung gegen interkristalline Korrosion Ti, Nb, Ta enthalten

Die Auswahl geeigneter Stähle innerhalb der vereinbarten Stahlsorte bleibt dem Hersteller überlassen. Typische Werkstoffe sind z. B.:

Stahlgruppe	Werkstoff-Nr.	Werkstoff-Bezeichnung	Hinweise
A1	1.4305	X 8 Cr Ni S 18-8	Durch Schwefelzusatz gute Zerspanbarkeit, geringere Korrosionsbeständigkeit wie A2
A2	1.4301 1.4303	X 5 Cr Ni 18-10 X 4 Cr Ni 18-12	Standard-Stahlgruppe für normale Anforderungen, rostbeständig
A3	1.4541	X 6 Cr Ti 18-11	
A4	1.4401 1.4404	X 5 Cr Ni Mo 17-12 X 2 Cr Ni Mo 17-12	Standard-Stahlgruppe für höhere Anforderungen, überwiegend säurebeständig
A5	1.4571	X 6 Cr Ni Mo Ti 17-12-2	

Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus austenitischen Stahlsorten

Schrauben					
Stahlsorte	Festigkeits-Klasse	Durchmesser-bereich d	Zugfestigkeit R_m N/mm² min.	0,2%-Dehngrenze $R_{p\,0,2}$ N/mm² min.	Bruchdehnung A mm min.
A1, A2, A3, A4, A5	50	≤ M 39	500	210	0,6 d
	70	≤ M 24	700	450	0,4 d
	80	≤ M 24	800	600	0,3 d

Muttern					
Stahlsorte	Festigkeitsklasse		Durchmesser-bereich d	Prüfspannung S^p N/mm² min.	
	Muttern Typ 1 (m > 0,8 d)	Niedrige Muttern 0,5 d ≤ m < 0,8 d	mm	Muttern Typ 1 (m > 0,8 d)	Niedrige Muttern 0,5 d ≤ m < 0,8 d
A1, A2, A3, A4, A5	50	025	≤ M 39	500	250
	70	035	≤ M 24	700	350
	80	040	≤ M 24	800	400

Alle Werte gelten bei Raumtemperatur +15°C bis +26°C. Für Schrauben und Muttern mit Gewinde-Nenndurchmesser > M24 sind die mechanischen Eigenschaften für die Festigkeitsklassen -70 und -80 zwischen Besteller und Hersteller zu vereinbaren.

Technische Hinweise zu Verbindungselementen aus austenitischen Stahlsorten

Kennzeichnungsvorschrift für:

- Sechskant- und Zylinderschrauben mit Innensechskant ≥ M5
- Sechskantmuttern ≥ M5
- Stiftschrauben ≥ M6

mit Stahlsorte, Festigkeitsklasse und Herstellerzeichen

Magnetismus (Permeabilität)

Verbindungselemente aus austenitischen Stählen sind im Allgemeinen nicht magnetisch. Nach der Kaltumformung sowie ggf. weiterer Bearbeitungsvorgänge wie z.B. Stanzen kann eine gewisse Magnetisierbarkeit vorliegen.

Temperaturbereiche

Verbindungselemente der Stahlgruppen A2 und A4 sind entsprechend DIN 267-13 geeignet für den Einsatz bei tiefen Temperaturen:
A2 bis -200°C
A4 bis -60°C
Die Anwendung bei höheren Temperaturen beeinflusst maßgeblich die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit.

Montage

Die Festigkeit austenitischer Stähle kann nicht durch eine Wärmebehandlung beeinflusst werden – sie erfolgt ausschließlich über die Kaltumformung.
Dadurch ist bei Verschraubungen gleicher Werkstoffpaarung, insbesondere bei Verwendung von Sechskantmuttern mit Klemmteil aus nichtrostendem Stahl, die Gefahr der Kaltverschweißung („Fressen“) gegeben.

Gegenmaßnahmen dazu sind

- fachgerecht kontrolliertes Anziehen
- ggf. Behandlung mit Gleitmitteln
- sorgfältige Reinigung vor der Montage

Detaillierte technische Angaben und Hinweise sind den Normen

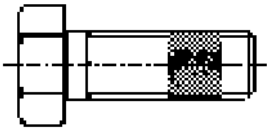
- DIN EN ISO 3506 T1 – 3
- DIN 267-13
- AD-Merkblatt W2 und W10

zu entnehmen.

Chemische Schraubensicherungen

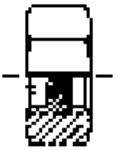
Vorbeschichtete, einbaufertige Verbindungselemente nach Norm und Zeichnung

Kopfschrauben



Gewindestifte

Muttern



entsprechend dem jeweiligen Anwendungsfall mit ...

• Klebender Beschichtung (Mikroverkapselung)

Anforderungen nach DIN 267-27
nach System

- 3 M Scotch Grip 2353, blau
- Precote 30, gelb
- Precote 80, rot
- Precote 85, türkis

• Klemmender Beschichtung

Anforderungen nach DIN 267-28
nach System

- Tuf Lok - Fleck/Rundum, blau
- Polyamid - Fleck/Rundum, blau/rot
- Long-Lok
- Clemm-Loc, braun
- Keil Stop
- VC3-Vibratite

• Dichtender Beschichtung

nach System

- Precote 4/5/6, weiß

Ausführliche technische Unterlagen und Preise auf Anfrage.

Annahmeprüfung / Prüfbescheinigungen / Erstbemusterung

1. Annahmeprüfung ISO 3269

Diese internationale Norm gilt stets bei Bestellungen von mechanischen Verbindungselementen (Schrauben, Muttern, Stifte, Scheiben, Niete usw.) nach Norm und andere Verbindungselemente, die nicht bestimmt sind für

- automatische Verschraubungen
- besondere Anwendungen und Anforderungen
- besondere Fertigungsprüfungen
- besondere Rückverfolgbarkeit und Dokumentation

Für solche Verbindungselemente sind entsprechende Vereinbarungen bereits bei der Anfrage, spätestens bei der Bestellung zwischen Besteller und Lieferer zu treffen.

Aus wirtschaftlichen Gründen kann bei der Massenfertigung von Normteilen für allgemeine Anwendungen nicht von einer grundsätzlichen „0-Fehlerlieferung“ ausgegangen werden.

ISO 3269 legt deshalb Anforderungen für die Stichproben-Eingangsprüfung beim Besteller fest, deren wichtigste Kennwerte sind:

AQL	–	annehmbare Qualitätsgrenzlage
Ac	–	max. Anzahl von fehlerhaften Teilen in der Stichprobe, bei der das Prüflos noch angenommen wird
n	–	Anzahl der Verbindungselemente in der Stichprobe

Die Zuordnung der AQL-Werte erfolgt in Abhängigkeit von

- Produktgruppen (Verbindungselemente mit Gewinde, Scheiben, Stifte und Bolzen, Niete)
- Produktklassen A, B, C (Toleranzklassen)
- Maße für Hauptmerkmale AQL 1,0 – 1,5 (z.B. Schlüsselweite)
- Maße für Nebenmerkmale AQL 1,5 – 4,0 (z.B. Mutternhöhe)
- Mechanische Eigenschaften AQL 0,65 – 1,5

Beispiel für Stichprobenanweisung pro Merkmal

Ac	AQL				
	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0
	n				
0	8	5	3	-	-
1	50	32	20	13	8
2	125	80	50	32	20
3	200	125	100	50	32
4	315	200	125	80	50
5	400	250	160	100	-

Detaillierte Angaben sind der Norm DIN EN ISO 3269 zu entnehmen.

2. Prüfbescheinigungen EN 10204 (vormals DIN 50049)

Auf besondere Anforderung des Bestellers können mechanische Verbindungselemente mit einer zusätzlichen Prüfbescheinigung geliefert werden.

EN 10204 steht in engem Zusammenhang zu bestehenden Produktnormen und technischen Lieferbedingungen und hat sich daher als Standard für Prüfbescheinigungen zu Schrauben, Muttern und Zubehörteilen durchgesetzt und bewährt.

Art und Umfang der erforderlichen und zu dokumentierenden Prüfungen sind vom Besteller aufgrund seiner Kenntnisse über Einsatz und spezieller Anforderungen bereits bei der Anfrage, spätestens jedoch bei der Bestellung dem Lieferer vorzugeben.

Wichtigste Unterscheidungsmerkmale dabei sind

- nicht spezifische oder spezifische Prüfung
- werksseitige oder werksunabhängige Prüfung

Norm-Bezeichnung	Bescheinigung	Spezifische Prüfung	Angabe von Prüfergebnissen	Inhalt der Bescheinigung	Bestätigung der Bescheinigung durch:
2.1	Werksbescheinigung	Nein	Nein	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung in Textform	den Hersteller
2.2	Werkszeugnis	Nein	Ja	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung auf Grundlage laufender Serienaufzeichnungen	den Hersteller
3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	Ja	Ja	Bestätigung der Übereinstimmung mit den Bestellvorschriften, ggf. auch nach amtlichen Vorschriften und technischen Regeln	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers
3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	Ja	Ja	Bestätigung der Übereinstimmung mit den Bestellvorschriften, ggf. auch nach amtlichen Vorschriften	wie 3.1 **und** dem vom Besteller beauftragten Sachverständigen

Bestellbeispiel:

1000 Stück Sechskantschrauben ISO 4014-8.8 M12x100
mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204 - 3.1

Grundsätzlich gilt:

- Die durch zusätzliche Prüfungen ermittelten und in Prüfbescheinigungen nach EN 10204 dokumentierten Werte sind keine „zugesicherten Eigenschaften“ im Sinne § 459.2 / § 463 BGB und entbinden den Besteller (Abnehmer) nicht von einer ordnungsgemäßen Wareneingangsprüfung entsprechend § 377 HGB.
- Händler dürfen eigene Bescheinigungen nach EN 10204 nicht ausstellen. Dies ist ausschließlich dem Hersteller bzw. dem beauftragten Sachverständigen vorbehalten.
- Die Kosten für die geforderten zusätzlichen Prüfungen und für die Dokumentation der Prüfbescheinigungen nach EN 10204 sind im Produktpreis nicht enthalten und werden dem Besteller aufwandsbezogen in Rechnung gestellt.

3. Erstbemusterung VDA 2

Die Erstbemusterung hat den Zweck, vor Serienbeginn den Nachweis zu erbringen, dass die in den Zeichnungen und/oder Spezifikationen vereinbarten Qualitätsanforderungen erfüllt werden.

Nach den Anforderungen des VDA 2 müssen Erstmuster vollständig mit serienmäßigen Betriebsmitteln unter serienmäßigen Bedingungen hergestellt werden.

Die Erstmuster sind zusammen mit dem einheitlichen Formblatt „Erstmusterprüfbericht VDA“, in dem die Prüfergebnisse der zu prüfenden Merkmale wie z.B.

- Maßprüfung
- Werkstoffprüfung
- Oberfläche

dokumentiert sind, dem Besteller zur Gegenprüfung und Entscheidung vorzulegen.

Bestandteil der Erstbemusterung ist ferner die Eingabe der Inhaltsstoffe ins Internationale Material Daten System (IMDS).

Wird eine Erstbemusterung gefordert, ist dies vom Besteller bereits bei der Anfrage dem Lieferer vorzugeben. Die Kosten für diesen zusätzlichen Aufwand sind im Produktpreis nicht enthalten und werden dem Besteller getrennt in Rechnung gestellt.

Korrosionsschutz für Verbindungselemente

Nichtmetallische Überzüge

- brünieren
- phosphatieren
- chromatieren (Cr(VI)-haltig)

Metallische Überzüge

- galvanische Überzüge nach DIN EN ISO 4042
- mechanisches Verzinken (3M-Mechanical-Plating)
- Feuerverzinken nach DIN EN ISO 10684
- chemisches Vernickeln
- Zinklamellenüberzüge nach DIN EN ISO 10683

WARNHINWEIS

Bei galvanischen Überzügen auf hochfesten/einsatzgehärteten Teilen mit Zugfestigkeiten ab ca. 1000 N/mm^2 (Kern- oder Oberflächenhärten über 320 HV) und federharten Teilen mit Härten über 390 HV ist bei den bekannten Verfahren die Gefahr einer Wasserstoffversprödung nicht mit Sicherheit auszuschließen; sie kann durch Tempern vermindert, aber nicht ausgeschlossen werden (siehe DIN EN ISO 4042, Abs. 6 / Anhang A, DIN EN ISO 15330).

Deshalb werden derartige Teile nur auf ausdrücklichen Wunsch und auf Risiko des Bestellers mit galvanischen Überzügen versehen!

Alternative Überzugsverfahren, bei denen die Gefahr der Wasserstoffversprödung mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen wird, sind z.B. Zinklamellenbeschichtungen wie:

- Geomet
- Delta Protect

Cr(VI)-freie Überzüge

Die EU – Richtlinien

2000/53/EG (ELV)	Inkrafttreten 01.07.2007
2002/95/EG (RoHS)	Inkrafttreten 01.07.2006
2002/96/EG (WEEE)	Inkrafttreten 01.07.2006

fordern die Vermeidung bzw. Einschränkung von gefährlichen Inhaltsstoffen wie Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom - Cr(VI) - und anderen.

Die von uns gelieferten Produkte (Schrauben, Muttern und Zubehörteile) sind dabei nahezu ausschließlich von der Reduzierung von Cr(VI) betroffen, das teilweise in Korrosionsschutz-Oberflächenbeschichtungen enthalten ist, wie in

- galvanischen Oberflächen mit
  - Gelb-Chromatierung
  - Oliv-Chromatierung
  - Schwarz-Chromatierung
- Zinklamellenüberzüge Dacromet 320/500

Auf der Basis des Prüfverfahrens DIN 50993-1 (2005-05) wurden Verbindungselemente mit blauer / transparenter Chromatierung als Cr(VI)-frei und damit als RoHS-konform eingestuft.

Als Ersatz für die Cr(VI)-haltigen Überzüge werden heute von der Galvanikindustrie folgende Systeme angeboten:

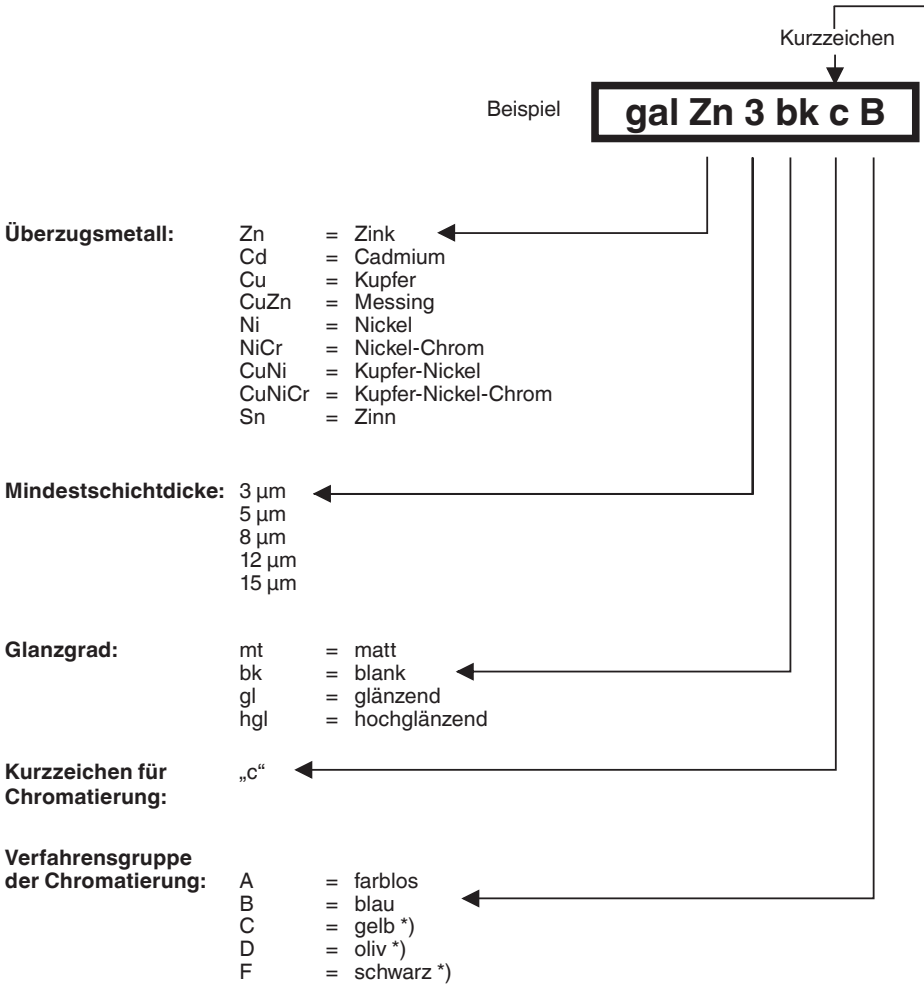
- **Galvanische Systeme**
  - Überzugsmetall Zink
    - mit Dünnschichtpassivierung (DÜSP)
    - mit Dickschichtpassivierung (DISP)
    - ggf. mit zusätzlicher Versiegelung (Topcoat)

  bei höheren Korrosionsschutzanforderungen
  - Zinklegierungsüberzüge (ZnFe, ZnNi)
    - mit Dickschichtpassivierung (DISP)
    - ggf. mit zusätzlicher Versiegelung (Topcoat)

- **Zinklamellenüberzüge**

wie zum Beispiel
- Geomet 321 PLUS VL
- Delta Tone + Delta Seal
- Delta Protekt

Galvanische Überzüge



*) Cr(VI)-haltig

Bezeichnungen wahlweise als Kurzzeichen oder Schlüsselnummer

A	=	Zn
B	=	Cd
C	=	Cu
D	=	CuZn
E	=	Ni
F	=	NiCr
G	=	CuNi
H	=	CuNiCr
J	=	Sn

1	=	3 µm
2	=	5 µm
3	=	8 µm
4	=	12 µm
5	=	15 µm

A	=	Glanzgrad „mt“	Chromatierung „A“
B	=	Glanzgrad „mt“	Chromatierung „B“
C	=	Glanzgrad „mt“	Chromatierung „C“ *)
D	=	Glanzgrad „mt“	Chromatierung „D“ *)
E	=	Glanzgrad „bk“	Chromatierung „A“
F	=	Glanzgrad „bk“	Chromatierung „B“
G	=	Glanzgrad „bk“	Chromatierung „C“ *)
H	=	Glanzgrad „bk“	Chromatierung „D“ *)
J	=	Glanzgrad „gl“	Chromatierung „A“
K	=	Glanzgrad „gl“	Chromatierung „B“
L	=	Glanzgrad „gl“	Chromatierung „C“ *)
M	=	Glanzgrad „gl“	Chromatierung „D“ *)
R	=	Glanzgrad „mt“	Chromatierung „F“ *)
S	=	Glanzgrad „bk“	Chromatierung „F“ *)
T	=	Glanzgrad „gl“	Chromatierung „F“ *)

*) Cr(VI)-haltig

Vorspannen von HV-Schrauben

Wichtig: Anziehmomente für feuerverzinkte Schrauben sind abweichend von denen für schwarze Schrauben. Siehe Tabelle unten.

Das Vorspannen erfolgt durch Anziehen in der Regel an der Mutter. Hierfür können Drehmomentschlüssel, Schlagschrauber oder ähnliche Geräte verwendet werden. Das Anziehen am Bolzenkopf erfordert Bewegungsfreiheit im Schaftbereich, damit keine zusätzliche Reibung entsteht.

Beim Anziehen mit Drehmomentschlüsseln wird die erforderliche Vorspannkraft durch das gemessene Drehmoment erzeugt.

Die verwendeten Schlüssel müssen gut einstellbar sein oder ein zuverlässiges Ablesen des erforderlichen Moments ermöglichen.

Beim Einstellen und Ablesen darf die max. Abweichung + 0,1M_a betragen. Die Überprüfung muss vor der Verwendung des Momentenschlüssels, während des Einsatzes, mindestens aber halbjährlich erfolgen.

Bei Verwendung der Schrauben M 12 und M 20 mit neuen Schlüsselweiten SW 21 bzw. SW 34 verändern sich die Anziehmomente.

Tabelle 11

Erforderliche Vorspannkräfte und Anziehmomente				
Schrauben-Nenndurchmesser	Erforderliche Vorspannkraft F_v in der Schraube (Drehmoment-verfahren) [kN] (Mp)	Auszubringende Vorspannkraft beim Anziehen mit masch. Schlag-schraubern [kN] (Mp)	Auszubringende Anziehmomente Ma	
			Schraube (feuerverz.) Mo S2 – geschmiert [Nm] (kpm)	Schraube leicht geölt [Nm] (kpm)
M 12	50 (5)	60 (6)	100 (10)	120 (12)
M 16	100 (10)	110 (11)	250 (25)	350 (35)
M 20	160 (16)	175 (17,5)	450 (45)	600 (60)
M 22	190 (19)	210 (21)	650 (65)	900 (90)
M 24	220 (22)	240 (24)	800 (80)	1100 (110)
M 27	290 (29)	320 (32)	1250 (125)	1650 (165)
M 30	350 (35)	390 (39)	1650 (165)	2200 (220)
M 33 *	430 (43)	480 (48)	2200 (220)	2700 (270)
M 36	510 (51)	560 (56)	2800 (280)	3800 (380)

* nach eigener Werknorm

Beim Anziehen mit Schlagschraubern ist anhand einer genügenden Anzahl der für den Einbau vorgesehenen Schrauben mit geeigneten Vorrichtungen, z.B. Tensimeter, auf die vorgeschriebene Vorspannkraft einzustellen.

Es ist darauf zu achten, dass die Größe des Schlagschraubers der geforderten Vorspannung entspricht. Eingesetzt werden dürfen nur typengeprüfte Schlagschrauber.

Das Vorspannen der Schrauben nach dem Drehwinkelverfahren erfolgt durch Voranziehen und anschließendes Weiterdrehen um den Winkel ϕ. Die hierfür erforderlichen Werte sind den DASt-Richtlinien 010 zu entnehmen.

Überprüfung der Vorspannung

Die Überprüfung erfasst 5% aller Schrauben und erfolgt ausschließlich durch Weiteranziehen. Dabei werden handangezogene Schrauben mit dem Handschlüssel und maschinell angezogene Schrauben mit dem Schlagschrauber geprüft.

a) Die Handschlüssel werden zur Prüfung um 10% höher eingestellt.
b) Bei den auf F_v geeichten Schlagschraubern genügt ein Wiederaufbringen der eingestellten Vorspannkraft.
c) Schrauben, die nach dem Drehwinkelverfahren angezogen wurden, können je nach dem verwendeten Gerät nach a) oder b) geprüft werden.

Tabelle 12

Weiterdrehwinkel der Schraube (Mutter) bis zum Erreichen des eingestellten Prüfwertes entspr. a) – c)	Zustand der Verbindung
< 30°	Schraube in Ordnung.
30° . . . 60°	Schraube in Ordnung. Zusätzlich zwei weitere Verbindungen im gleichen Stoß prüfen.
> 60°	Schraube auswechseln. Zusätzlich zwei weitere Schrauben im gleichen Stoß prüfen.

Polyamid 6.6

Mechanische und thermische Eigenschaften

Schrauben und Muttern aus Polyamid 6.6 bringen Ihnen in vielen Fällen sichere und einfache Lösungen für zahlreiche mechanische und elektrische Probleme auf Grund nachstehender physikalischer, chemischer, thermischer und elektrischer Eigenschaften:

- leichtes Gewicht
- hohe mechanische Festigkeit
- temperaturbeständig bis 100°
- chemisch sehr gut beständig
- hohe dielektrische Werte
- widerstandsfähig gegenüber Witterungseinflüssen
- vibrationsfrei (Federringe erübrigen sich)

Mechanische Eigenschaften	**Einheit**	**Daten**	**DIN Prüfvorschrift**
Rohdichte	g/cm^3	1,12 - 1,15	53479
Streckspannung - trocken - luftfeucht	N/mm^2	 85 60	53455
Reissdehnung - trocken - luftfeucht	%	 30 - 60 120 - 220	53455
Grenzbiegespannung - trocken	N/mm^2	 130 - 135	53452
Kerbschlagzähigkeit - trocken - luftfeucht	kJ/m^2	 3 - 5 15 - 20	53453 s. Prüfmethoden
Elastizitätsmodul - trocken - luftfeucht	N/mm^2	 26 - 2900 17 - 2000	

Thermische Eigenschaften	**Einheit**	**Daten**	**DIN Prüfvorschrift**
Schmelztemperatur	°C	250 – 255	
Wärmeleitfähigkeit	W/mk	0,23	
Spezifische Wärmekapazität	kJ/kgk	1,67	
Max. Gebrauchstemperatur - dauernd - kurzzeitig	°C	 80 - 100 150 - 170	

Anziehdrehmoment Ncm – Richtwerte bei 20 °C

Gewinde	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20
Schrauben	10	20	50	100	200	300	400	600	750	850	1000
Muttern	10	30	60	150	300	400	500	750	900	1000	1200

BSK®- Schraubenwähler

Dieser BSK® - Schraubenwähler soll dem Konstrukteur eine Hilfe bei der überschlägigen Dimensionierung von Schraubenverbindungen unter Berücksichtigung der wichtigsten Einflussgrößen sein. Außerdem enthält er Hinweise für die Wahl des jeweils richtigen Anziehdrehmoments bei verschiedenen Oberflächen- und Schmierzuständen. In übersichtlicher Form sind die Anziehdrehmomente und Vorspannkräfte für metrische Regel- und Feingewinde, für Schaft- und Dehnschrauben angegeben, wobei verschiedene Reibungskoeffizienten μ_{ges} zugrunde gelegt wurden. Die Tabellen enthalten Angaben für die Festigkeitsklassen 8.8, 10.9 und 12.9, es werden jedoch auch Hinweise auf die Umrechnung für andere Festigkeitsklassen gegeben.

Überschlägige Dimensionierung von Schraubverbindungen

Welchen Gewindedurchmesser muss z.B. eine Schaftschraube haben, wenn sie eine axiale schwellende Betriebskraft von F_A = 40 000 N aufnehmen soll?

Überschlägig erhält man aus Tabelle I folgende Dimensionen:

8.8 : M 20 10.9 : M 16 12.9 : M 16

Unter Berücksichtigung aller Randbedingungen, wie Anzahl und Rauhigkeit der Trennfugen, Klemmlänge, Krafteinleitung und Anzugsbedingungen, ergibt der exakte nach dem Handbuch „Schrauben Vademecum“ durchgeführte Rechnungsgang folgende Dimensionen:

8.8 : M 18 10.9 : M 14 12.9 : M 12

Damit liegt man mit der überschlägigen Dimensionierung nach Tabelle I auf der sicheren Seite.

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

Aus diesem Grunde können lediglich Empfehlungen für die Wahl des Reibungskoeffizienten gegeben werden. Tabelle 2 enthält Richtwerte für verschiedene Oberflächen- und Schmierzustände, wobei die fett gedruckten Mindestwerte als Nennwerte bei der Dimensionierung und Wahl des Anziehdrehmoments anzusehen sind.

Sicherungsschrauben mit Verriegelungszähnen oder Rippen an der Kopfauflagefläche haben infolge des größeren Unterkopfreibwertes einen größeren Reibungskoeffizienten μ_{ges}. Für die Verwendung von Sicherungsschrauben verweisen wir auf Anziehdrehmomente und Vorspannkräfte in unserer Druckschrift VFM 34.

Betriebskraft pro Schraube						
Statisch in Achsrichtung	Dynamisch in Achsrichtung	Statisch und/oder dynamisch senkrecht zur Achsrichtung	Vorspannkraft [1]	Nenndurchmesser [1] (mm)		
				8.8	10.9	12.9
F_A (N)	F_A (N)	F_Q (N)	F_V (N)			
1 600	1 000	320	2 500	4	-	-
2 500	1 600	500	4 000	5	4	4
4 000	2 500	800	6 300	6	5	5
6 300	4 000	1 250	10 000	7[2]	6	5
10 000	6 300	2 000	16 000	8	7[2]	7[2]
16 000	10 000	3 150	25 000	10	9[2]	8
25 000	16 000	5 000	40 000	14	12	10
40 000	25 000	8 000	63 000	16	14	12
63 000	40 000	12 500	100 000	20	16	16
100 000	63 000	20 000	160 000	24	20	20
160 000	100 000	31 500	250 000	30	27	24
250 000	160 000	50 000	400 000	-	30	30

[1] Die angegebenen Nenndurchmesser und Vorspannkräfte gelten für Schaftschrauben; bei Dehnschrauben ist wegen des verringerten Taillenquerschnitts diejenige Abmessung zu wählen, die der nächsthöheren Laststufe entspricht

[2] Abmessungen M 7 und M 9 nur in Sonderfällen verwenden.

Beim Sichern durch Verkleben im Gewinde wird in den meisten Fällen der Reibwert μ_{ges} beeinflusst. Während bei den üblichen FK-Sicherungen der Reibungskoeffizient stark ansteigt, ändert sich bei INBUS-PLUS®- und VERBUS-PLUS®-Schrauben (mit mikroverkapseltem Klebstoff beschichtete Schrauben) der Reibwert μ_{ges} nicht gegenüber normal geölten Schrauben. Lediglich bei der Wiederverwendung dieser Sicherungsschrauben empfehlen wir in unserer Druckschrift VFM 34 etwas höhere Anziehdrehmomente.

Oberflächenzustand μ_{ges} bei Schmierzustand				
Schraube	Mutter	ungeschmiert	geölt	MoS_2-Paste
Ohne Nachbehandlung	Ohne Nachbehandlung	**0,14** - 0,18	**0,14** - 0,17	
Mn-phosphatiert		**0,14** - 0,18	**0,14** - 0,15	**0,10** - 0,12
Zn-phosphatiert		**0,14** - 0,21	**0,14** - 0,17	**0,10** - 0,11
galv. verzinkt ca. 8 µm		**0,12** - 0,18	**0,12** - 0,17	**0,10** - 0,12
galv. verkadmet ca. 7 µm		**0,08** - 0,12	**0,08** - 0,11	
galv. verzinkt ca. 8 µm	galv. verzinkt ca. 5 µm	**0,12** - 0,17	**0,14** - 0,19	
galv. verkadmet ca. 7 µm	galv. verkadmet ca. 6 µm	**0,08** - 0,12	**0,10** - 0,15	

Bei nicht galvanisch oberflächenbehandelten Schrauben bewirkt eine zusätzliche Schmierung mit Öl einen niedrigeren Mittelwert des Reibungskoeffizienten und einen verringerten Streubereich gegenüber der trockenen Oberfläche. Noch deutlicher werden Reibwert und Streubereich bei Verwendung von MoS_2-Paste vermindert. Verzinkte Schrauben mit verzinkten Muttern gepaart (bzw. verkadmete Schrauben mit verkadmeten Muttern) führen zu höheren Reibungskoeffizienten und größeren Streubereichen. In ungünstigen Fällen können solche Verbindungen zum Fressen und somit zu unkontrollierbaren Anziehverhältnissen neigen.

Kraft an der Mindest-Streckgrenze

Steigung, Spannungsquerschnitt und Kernquerschnitt

Schaftschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung (mit Steigung P)	Spannungs-querschnitt As (mm^2)	Kern-querschnitt A3 (mm^2)	**Kraft an der Mindest-Streckgrenze $F_{0,2}$** ermittelt mit dem Spannungsquerschnitt		
			8.8 (N)	**10.9 (N)**	**12.9 (N)**
M 4 x 0,7	8,78	7,75	5 600	8 250	9 650
M 5 x 0,8	14,20	12,70	9 100	13 300	15 600
M 6 x 1	20,10	17,90	12 900	18 900	22 100
M 8 x 1,25	36,60	32,80	23 400	34 400	40 300
M 10 x 1,5	58,00	52,30	37 100	54 500	64 000
M 12 x 1,75	84,30	76,20	54 000	79 000	92 500
M 14 x 2	115,00	105,00	73 500	108 000	127 000
M 16 x 2	157,00	144,00	100 000	148 000	173 000
M 18 x 2,5	192,00	175,00	127 000	180 000	211 000
M 20 x 2,5	245,00	225,00	162 000	230 000	270 000
M 22 x 2,5	303,00	282,00	200 000	285 000	333 000
M 24 x 3	353,00	324,00	233 000	332 000	388 000
M 27 x 3	459,00	427,00	303 000	431 000	505 000
M 30 x 3,5	561,00	519,00	370 000	527 000	617 000

Schaftschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung (mit Steigung P)	Spannungs-querschnitt As (mm^2)	Kern-querschnitt A3 (mm^2)	**Kraft an der Mindest-Streckgrenze $F_{0,2}$** ermittelt mit dem Spannungsquerschnitt		
			8.8 (N)	**10.9 (N)**	**12.9 (N)**
M 8 x 1	39,20	36,00	25 100	36 800	43 100
M 10 x 1,25	61,20	56,30	39 200	57 500	67 500
M 12 x 1,25	92,10	86,00	59 000	86 500	101 000
M 12 x 1,5	88,10	81,10	56 500	83 000	97 000
M 14 x 1,5	125,00	116,00	80 000	118 000	138 000
M 16 x 1,5	167,00	157,00	107 000	157 000	184 000
M 18 x 1,5	216,00	205,00	143 000	203 000	238 000
M 20 x 1,5	272,00	259,00	180 000	256 000	299 000
M 22 x 1,5	333,00	319,00	220 000	313 000	366 000
M 24 x 2	384,00	365,00	253 000	361 000	422 000
M 27 x 2	496,00	473,00	327 000	466 000	546 000
M 30 x 2	621,00	596,00	410 000	584 000	683 000

Dehnschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung (mit Steigung P)	Taillen-durchmesser d_T h13 (mm)	Taillen-querschnitt $A_{T\,min}$ (mm^2)	Kern-querschnitt A3 (mm^3)	**Kraft an der Mindest-Streckgrenze $F_{0,2}$** ermittelt mit dem Taillenquerschnitt		
				8.8 (N)	**10.9 (N)**	**12.9 (N)**
M 4 x 0,7	2,7	5,07	7,75	3 250	4 750	5 600
M 5 x 0,8	3,5	8,40	12,70	5 400	7 900	9 250
M 6 x 1	4,1	12,10	17,90	7 750	11 400	13 300
M 8 x 1,25	5,6	23,10	32,80	14 800	21 700	25 400
M 10 x 1,5	7,0	37,10	52,30	23 700	34 900	40 800
M 12 x 1,75	8,5	55,00	76,20	35 200	51 500	60 500
M 14 x 2	10,0	75,60	105,00	48 400	71 000	83 000
M 16 x 2	12,0	106,00	144,00	68 000	99 500	117 000
M 18 x 2,5	13,0	129,00	175,00	85 000	121 000	142 000
M 20 x 2,5	15,0	168,00	225,00	111 000	158 000	185 000
M 22 x 2,5	16,5	212,00	282,00	140 000	199 000	233 000
M 24 x 3	18,0	243,00	324,00	160 000	228 000	267 000
M 27 x 3	20,5	322,00	427,00	213 000	303 000	354 000
M 30 x 3,5	22,5	392,00	519,00	259 000	368 000	431 000

Dehnschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung (mit Steigung P)	Taillen-durchmesser d_T h13 (mm)	Taillen-querschnitt $A_{T\,min}$ (mm^2)	Kern-querschnitt A3 (mm^3)	**Kraft an der Mindest-Streckgrenze $F_{0,2}$** ermittelt mit dem Taillenquerschnitt		
				8.8 (N)	**10.9 (N)**	**12.9 (N)**
M 8 x 1	5,9	25,7	36,0	16 400	24 200	28 300
M 10 x 1,25	7,4	40,5	56,3	25 900	38 100	44 600
M 12 x 1,25	9,2	63,2	86,0	40 400	59 500	69 500
M 12 x 1,5	8,9	59,0	81,1	37 800	55 500	65 000
M 14 x 1,5	10,5	85,0	116,0	54 500	80 000	93 500
M 16 x 1,5	12,5	117,0	157,0	75 000	110 000	129 000
M 18 x 1,5	14,5	155,0	205,0	102 000	146 000	171 000
M 20 x 1,5	16,0	196,0	259,0	129 000	184 000	216 000
M 22 x 1,5	18,0	244,0	319,0	161 000	229 000	268 000
M 24 x 2	19,0	275,0	365,0	182 000	259 000	303 000
M 27 x 2	21,5	360,0	473,0	238 000	338 000	396 000
M 30 x 2	24,5	458,0	596,0	302 000	431 000	504 000

Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente für Schrauben mit metrischen Gewinden und Kopfauflagemaßen wie in DIN 912, 931, 934 ...

Reibungszahl μ_{ges} = 0,08

Schaftschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	4 400	6 450	7 550	2,1	3,1	3,6
M 5	7 150	10 500	12 300	4,2	6,1	7,2
M 6	10 100	14 900	17 400	7,3	11,0	12,0
M 8	18 600	27 300	31 900	17,0	26,0	30,0
M 10	29 500	43 400	50 500	34,0	51,0	59,0
M 12	43 000	63 000	74 000	59,0	87,0	100,0
M 14	59 000	86 500	101 000	95,0	140,0	165,0
M 16	81 000	119 000	139 000	145,0	215,0	250,0
M 18	102 000	145 000	170 000	210,0	300,0	350,0
M 20	131 000	186 000	218 000	295,0	420,0	490,0
M 22	163 000	232 000	272 000	395,0	560,0	660,0
M 24	188 000	268 000	313 000	510,0	720,0	840,0
M 27	247 000	352 000	412 000	740,0	1 050,0	1 250,0
M 30	300 000	428 000	501 000	1 000,0	1 450,0	1 700,0

Schaftschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	20 300	29 700	34 800	18	27	32
M 10 x 1,25	31 600	46 500	54 500	36	53	62
M 12 x 1,25	48 200	71 000	83 000	64	93	110
M 12 x 1,5	45 600	67 000	78 500	62	90	105
M 14 x 1,5	65 000	95 500	112 000	100	150	175
M 16 x 1,5	88 000	129 000	151 000	155	225	260
M 18 x 1,5	118 000	168 000	197 000	230	325	380
M 20 x 1,5	149 000	212 000	248 000	315	450	530
M 22 x 1,5	183 000	261 000	305 000	420	600	700
M 24 x 2	210 000	299 000	350 000	540	760	900
M 27 x 2	272 000	387 000	453 000	780	1 100	1 300
M 30 x 2	342 000	487 000	570 000	1 100	1 550	1 800

Dehnschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0,9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	2 400	3 500	4 100	1,1	1,7	2,0
M 5	4 100	6 000	7 050	2,4	3,5	4,1
M 6	5 650	8 300	9 700	4,0	5,9	6,9
M 8	11 000	16 100	18 900	10,0	15,0	18,0
M 10	17 300	25 400	29 700	20,0	30,0	35,0
M 12	26 000	38 100	44 600	36,0	53,0	62,0
M 14	36 400	53 500	62 500	59,0	86,0	100,0
M 16	53 500	78 500	92 000	96,0	140,0	165,0
M 18	64 000	91 000	107 000	130,0	190,0	220,0
M 20	87 500	124 000	145 000	195,0	280,0	330,0
M 22	107 000	152 000	178 000	260,0	370,0	430,0
M 24	127 000	180 000	211 000	340,0	485,0	570,0
M 27	165 000	236 000	276 000	495,0	710,0	830,0
M 30	199 000	283 000	331 000	670,0	950,0	1 100,0

Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente für Schrauben mit metrischen Gewinden und Kopfauflagemaßen wie in DIN 912, 931, 934 ...

Dehnschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	12 700	18 600	21 800	12	17	20
M 10 x 1,25	20 000	29 300	34 300	23	33	39
M 12 x 1,25	31 900	46 900	55 000	42	62	72
M 12 x 1,5	29 300	43 000	50 500	40	58	68
M 14 x 1,5	41 100	60 500	70 500	63	93	110
M 16 x 1,5	60 000	88 000	103 000	105	150	180
M 18 x 1,5	84 500	120 000	141 000	165	230	270
M 20 x 1,5	104 000	147 000	173 000	220	315	365
M 22 x 1,5	133 000	189 000	221 000	305	430	510
M 24 x 2	145 000	207 000	242 000	370	530	620
M 27 x 2	188 000	267 000	313 000	540	770	900
M 30 x 2	246 000	351 000	411 000	780	1 100	1 300

Reibungszahl μ_{ges} = 0,10

Schaftschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	4 250	6 200	7 250	2,4	3,6	4,2
M 5	6 900	10 200	11 900	4,8	7,1	8,3
M 6	9 700	14 300	16 800	8,3	12,0	14,0
M 8	17 900	26 300	30 700	20,0	30,0	35,0
M 10	28 500	41 800	48 900	40,0	59,0	69,0
M 12	41 500	61 000	71 500	69,0	100,0	120,0
M 14	57 000	83 500	98 000	110,0	160,0	190,0
M 16	78 500	115 000	135 000	170,0	250,0	290,0
M 18	98 000	140 000	164 000	245,0	345,0	405,0
M 20	126 000	180 000	210 000	340,0	490,0	570,0
M 22	158 000	224 000	263 000	460,0	660,0	770,0
M 24	182 000	259 000	303 000	590,0	840,0	980,0
M 27	239 000	340 000	398 000	870,0	1 250,0	1 450,0
M 30	291 000	414 000	484 000	1 200,0	1 700,0	1 950,0

Schaftschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	19 600	28 700	33 600	22	32	37
M 10 x 1,25	30 600	44 900	52 500	42	62	72
M 12 x 1,25	46 600	68 500	80 000	75	110	130
M 12 x 1,5	44 000	64 500	75 500	72	105	125
M 14 x 1,5	63 000	92 500	108 000	120	175	200
M 16 x 1,5	85 500	125 000	147 000	180	265	310
M 18 x 1,5	114 000	163 000	191 000	270	385	450
M 20 x 1,5	144 000	206 000	241 000	375	530	620
M 22 x 1,5	178 000	253 000	296 000	500	710	830
M 24 x 2	203 000	290 000	339 000	630	900	1 050
M 27 x 2	264 000	375 000	439 000	920	1 300	1 550
M 30 x 2	332 000	472 000	553 000	1 300	1 850	2 150

Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente für Schrauben mit metrischen Gewinden und Kopfauflagemaßen wie in DIN 912, 931, 934 ...

Dehnschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	2 250	3 300	3 850	1,3	1,9	2,2
M 5	3 900	5 700	6 650	2,7	4,0	4,6
M 6	5 350	7 850	9 200	4,6	6,7	7,9
M 8	10 500	15 300	18 000	12,0	17,0	20,0
M 10	16 400	24 100	28 200	23,0	34,0	40,0
M 12	24 700	36 300	42 500	41,0	60,0	70,0
M 14	34 700	51 000	59 500	67,0	98,0	115,0
M 16	51 000	75 000	88 000	110,0	165,0	190,0
M 18	61 000	87 000	102 000	150,0	215,0	250,0
M 20	83 500	119 000	139 000	225,0	325,0	375,0
M 22	102 000	145 000	170 000	300,0	425,0	495,0
M 24	121 000	172 000	202 000	390,0	560,0	650,0
M 27	158 000	225 000	264 000	570,0	820,0	960,0
M 30	190 000	271 000	317 000	770,0	1 100,0	1 300,0

Dehnschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	12 100	17 700	20 800	13	19	23
M 10 x 1,25	19 100	28 000	32 800	26	38	45
M 12 x 1,25	30 600	44 900	52 500	49	72	84
M 12 x 1,5	27 900	41 000	48 000	45	67	78
M 14 x 1,5	39 300	57 500	67 500	73	110	125
M 16 x 1,5	57 500	84 000	98 500	120	175	210
M 18 x 1,5	81 000	116 000	135 000	190	270	320
M 20 x 1,5	99 500	142 000	166 000	260	365	430
M 22 x 1,5	127 000	182 000	212 000	355	510	600
M 24 x 2	139 000	198 000	232 000	435	620	720
M 27 x 2	180 000	256 000	300 000	630	900	1 050
M 30 x 2	237 000	338 000	395 000	920	1 300	1 550

Reibungszahl μ_{ges} = 0,12

Schaftschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	4 050	5 950	7 000	2,4	4.0	4,7
M 5	6 650	9 800	11 400	5,4	7,9	9,2
M 6	9 350	13 800	16 100	9,3	14,0	16,0
M 8	17 200	25 300	29 600	23,0	33,0	39,0
M 10	27 400	40 300	47 100	45,0	66,0	77,0
M 12	40 000	58 500	68 500	77,0	115,0	135,0
M 14	54 500	80 500	94 000	125,0	180,0	210,0
M 16	75 500	111 000	130 000	190,0	280,0	330,0
M 18	94 500	134 000	157 000	275,0	390,0	455,0
M 20	121 000	172 000	201 000	385,0	550,0	640,0
M 22	152 000	216 000	253 000	530,0	750,0	880,0
M 24	175 000	250 000	292 000	660,0	950,0	1 100,0
M 27	230 000	328 000	384 000	980,0	1 400,0	1 650,0
M 30	280 000	399 000	467 000	1 350,0	1 900,0	2 200,0

Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente für Schrauben mit metrischen Gewinden und Kopfauflagemaßen wie in DIN 912, 931, 934 ...

Schaftschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	18 900	27 700	32 500	24	36	42
M 10 x 1,25	29 500	43 300	50 500	47	69	81
M 12 x 1,25	45 000	66 000	77 500	84	125	145
M 12 x 1,5	42 400	62 500	73 000	81	120	140
M 14 x 1,5	61 000	89 500	105 000	135	195	230
M 16 x 1,5	82 000	121 000	141 000	205	300	350
M 18 x 1,5	110 000	157 000	184 000	305	435	510
M 20 x 1,5	140 000	199 000	233 000	430	610	710
M 22 x 1,5	172 000	245 000	286 000	580	830	960
M 24 x 2	196 000	280 000	327 000	720	1 050	1 200
M 27 x 2	255 000	363 000	425 000	1 050	1 500	1 750
M 30 x 2	321 000	457 000	534 000	1 450	2 100	2 450

Dehnschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	2 150	3 150	3 650	1,4	2,1	2,4
M 5	3 700	5 400	6.300	3,0	4,4	5,1
M 6	5 050	7 450	8 700	5,0	7,4	8,7
M 8	9 900	14 600	17 100	13	19	22
M 10	15 600	22 900	26 800	25	37	44
M 12	23 500	34 500	40 300	45	67	78
M 14	33 000	48 400	56 500	74	110	125
M 16	48 800	71 500	84 000	125	180	215
M 18	58 000	82 500	96 500	170	240	280
M 20	79 500	113 000	133 000	255	360	425
M 22	97 000	138 000	162 000	340	480	560
M 24	115 000	164 000	192 000	435	620	730
M 27	151 000	215 000	252 000	640	910	1 050
M 30	181 000	258 000	302 000	860	1 250	1 450

Dehnschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	11 500	16 900	19 800	15	22	26
M 10 x 1,25	18 100	26 600	31 200	29	43	51
M 12 x 1,25	29 100	42 800	50 000	55	80	96
M 12 x 1,5	26 600	39 100	45 700	51	75	89
M 14 x 1,5	37 400	55 000	64 500	82	120	145
M 16 x 1,5	54 500	80 500	94 000	135	200	240
M 18 x 1,5	77 500	111 000	129 000	215	310	370
M 20 x 1,5	95 000	136 000	159 000	290	415	500
M 22 x 1,5	122 000	174 000	204 000	410	590	690
M 24 x 2	133 000	189 000	222 000	490	700	840
M 27 x 2	182 000	259 000	303 000	750	1 050	1 200
M 30 x 2	227 000	324 000	379 000	1 050	1 500	1 800

Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente für Schrauben mit metrischen Gewinden und Kopfauflagemaßen wie in DIN 912, 931, 934 ...

Reibungszahl μ_{ges} = 0,14

Schaftschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	3 900	5 750	6 700	3,0	4,4	5,1
M 5	6 400	9 400	11 000	5,9	8,7	10
M 6	9 000	13 200	15 500	10	15	18
M 8	16 500	24 300	28 400	25	36	43
M 10	26 300	38 700	45 200	49	72	84
M 12	38 400	56 500	66 000	85	125	145
M 14	52 500	77 500	90 500	135	200	235
M 16	72 500	107 000	125 000	210	310	365
M 18	91 000	129 000	152 000	300	430	500
M 20	117 000	166 000	195 000	425	610	710
M 22	146 000	208 000	244 000	580	820	960
M 24	168 000	240 000	281 000	730	1 050	1 220
M 27	222 000	316 000	369 000	1 100	1 550	1 800
M 30	269 000	384 000	449 000	1 450	2 100	2 450

Schaftschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	18 100	26 600	31 200	27	39	46
M 10 x 1,25	28 300	41 600	48 700	52	76	90
M 12 x 1,25	43 300	63 500	74 500	93	135	160
M 12 x 1,5	40 800	60 000	70 000	89	130	155
M 14 x 1,5	58 500	86 000	100 000	145	215	255
M 16 x 1,5	79 500	116 000	136 000	225	330	390
M 18 x 1,5	106 000	152 000	177 000	340	485	570
M 20 x 1,5	134 000	191 000	224 000	475	680	790
M 22 x 1,5	166 000	236 000	276 000	630	900	1 050
M 24 x 2	189 000	270 000	315 000	800	1 150	1 350
M 27 x 2	246 000	350 000	409 000	1 150	1 650	1 950
M 30 x 2	309 000	440 000	515 000	1 650	2 350	2 750

Dehnschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13
$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	2 000	2 950	3 450	1,5	2,3	2,6
M 5	3 500	5 100	6 000	3,2	4,7	5,5
M 6	4 800	7 050	8 250	5,4	8,0	9,4
M 8	9 400	13 800	16 200	14	21	24
M 10	14 800	21 700	25 400	28	40	47
M 12	22 300	32 700	38 300	49	72	85
M 14	31 300	46 000	54 000	81	120	140
M 16	46 500	68 500	80 000	135	200	230
M 18	55 000	78 500	92 000	180	260	305
M 20	75 500	108 000	126 000	275	395	460
M 22	92 500	132 000	154 000	365	520	610
M 24	110 000	157 000	183 000	480	680	800
M 27	144 000	205 000	240 000	700	1 000	1 150
M 30	173 000	246 000	288 000	940	1 350	1 550

Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente für Schrauben mit metrischen Gewinden und Kopfauflagemaßen wie in DIN 912, 931, 934 ...

Dehnschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	10 900	16 100	18 800	16	24	28
M 10 x 1,25	17 300	25 300	29 700	32	47	55
M 12 x 1,25	27 800	40 800	47 700	60	88	105
M 12 x 1,5	25 300	37 200	43 500	55	81	95
M 14 x 1,5	35 600	52 500	61 000	90	130	155
M 16 x 1,5	52 000	76 500	90 000	150	220	255
M 18 x 1,5	74 000	106 000	124 000	240	340	395
M 20 x 1,5	91 000	129 000	151 000	320	460	540
M 22 x 1,5	117 000	166 000	195 000	450	640	750
M 24 x 2	127 000	181 000	212 000	540	770	900
M 27 x 2	165 000	234 000	274 000	790	1 100	1 300
M 30 x 2	217 000	310 000	362 000	1 150	1 650	1 900

Reibungszahl μ_{ges} = 0,20

Schaftschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	3 450	5 050	5 900	3,6	5,3	6,1
M 5	5 650	8 250	9 650	7,1	10	12
M 6	7 950	11 700	13 600	12	18	21
M 8	14 600	21 400	25 100	30	44	52
M 10	23 200	34 100	39 900	60	87	100
M 12	33 900	49 800	58 000	105	151	177
M 14	46 500	68 500	80 000	165	240	285
M 16	64 000	94 000	110 000	260	380	445
M 18	80 500	114 000	134 000	365	520	610
M 20	103 000	147 000	172 000	520	740	870
M 22	129 000	184 000	216 000	710	1 000	1 200
M 24	149 000	212 000	248 000	890	1 250	1 500
M 27	196 000	279 000	327 000	1 350	1 900	2 200
M 30	238 000	339 000	397 000	1 800	2 550	3 000

Schaftschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	16 000	23 500	27 600	33	48	56
M 10 x 1,25	25 100	36 800	43 100	64	93	110
M 12 x 1,25	38 400	56 500	66 000	115	170	200
M 12 x 1,5	36 100	53 000	62 000	110	160	185
M 14 x 1,5	52 000	76 000	89 000	180	265	310
M 16 x 1,5	70 500	103 000	121 000	280	410	480
M 18 x 1,5	94 500	135 000	157 000	420	600	700
M 20 x 1,5	119 000	170 000	199 000	590	840	980
M 22 x 1,5	147 000	210 000	245 000	790	1 150	1 300
M 24 x 2	168 000	239 000	280 000	990	1 400	1 650
M 27 x 2	218 000	311 000	364 000	1 450	2 100	2 450
M 30 x 2	275 000	391 000	458 000	2 050	2 900	3 400

Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente für Schrauben mit metrischen Gewinden und Kopfauflagemaßen wie in DIN 912, 931, 934 ...

Dehnschrauben mit metrischem **Regelgewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 4	1 700	2 500	2 950	1,8	2,6	3,1
M 5	2 950	4 350	5 100	3,8	5,5	6,5
M 6	4 100	6 000	7 050	6,4	9,3	11
M 8	8 050	11 800	13 800	17	24	28
M 10	12 600	18 500	21 700	32	47	56
M 12	19 100	28 000	32 800	58	85	100
M 14	26 800	39 400	46 100	95	140	165
M 16	40 000	59 000	69 000	160	235	275
M 18	47 300	67 500	79 000	215	305	360
M 20	65 500	93 000	109 000	330	470	550
M 22	79 500	113 000	133 000	435	620	720
M 24	94 500	135 000	158 000	570	810	950
M 27	124 000	177 000	207 000	840	1 200	1 400
M 30	149 000	212 000	248 000	1 100	1 600	1 850

Dehnschrauben mit metrischem **Feingewinde** nach DIN 13, Blatt 13

$d_T = 0{,}9\ d_3$

Abmessung	Vorspannkraft F_V (N)			Anziehdrehmoment M_A (Nm)		
	8.8	**10.9**	**12.9**	**8.8**	**10.9**	**12.9**
M 8 x 1	9 400	13 800	16 100	19	28	33
M 10 x 1,25	14 800	21 700	25 500	38	55	65
M 12 x 1,25	23 900	35 100	41 100	72	105	125
M 12 x 1,5	21 700	31 900	37 400	66	96	115
M 14 x 1,5	30 600	44 900	52 500	105	155	185
M 16 x 1,5	45 100	66 000	77 500	180	265	310
M 18 x 1,5	64 500	91 500	107 000	290	410	480
M 20 x 1,5	78 500	112 000	131 000	390	550	650
M 22 x 1,5	102 000	145 000	169 000	540	780	910
M 24 x 2	110 000	156 000	183 000	650	930	1 100
M 27 x 2	142 000	203 000	237 000	950	1 350	1 600
M 30 x 2	189 000	269 000	315 000	1 400	2 000	2 350

Berechnung des Anziehdrehmoments

Für andere, nicht in diesem Schraubenwähler aufgeführte Festigkeitsklassen können ohne großen Aufwand das Anziehdrehmoment und die Vorspannkraft errechnet werden, indem die bekannten Werte für Anziehdrehmoment und Vorspannkraft mit dem Verhältnis der Streckgrenzen der gesuchten und der bekannten Festigkeitsklasse multipliziert werden.

Beispiel:

Für die Abmessung M 10 in der Festigkeitsklasse 8.8 beträgt M_A = 49 [Nm], die 0,2% - Dehngrenze Rp 0,2 = 640 [Nmm²]. Gesucht wird das Anziehdrehmoment für M 10 in der Festigkeitsklasse 5.6 (Mindeststreckgrenze R_{eL} = 300 [Nmm²]).

$$M_{A/5.6} = \frac{R_{eL/5.6}}{R_{p0,2/8.8}} \cdot M_{A/8.8}$$

$$M_{A/5.6} = \frac{300}{640} \cdot 49 = 23 \text{ [Nm]}$$

Ebenso ist es möglich, hinreichend genau die Anziehdrehmomente und Vorspannkräfte für weitere, nicht in diesem Schraubenwähler enthaltene Abmessungen zu berechnen:

Die Vorspannkraft einer Schraube beträgt bei μ_{ges} = 0,14 unter der Voraussetzung, dass die Gesamtbeanspruchung durch Vorspannkraft und Torsion bei 90% der Mindeststreckgrenze liegt (auf dieser Grundlage wurden unsere Tabellen errechnet), ungefähr:

- für Schaftschrauben: $FV = 0,7 \cdot R_{p0,2} \cdot AS$
- für Dehnschrauben: $FV = 0,7 \cdot R_{p0,2} \cdot AT$

Die Mindeststreckgrenze $R_{p\,0,2}$ ist aus DIN ISO 898 Teil 1 bekannt. Der Spannungsquerschnitt beträgt

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

Hier sind der Flankendurchmesser d_2 und der Kerndurchmesser d_3 als Nennmaße aus DIN 13 Bl. 13 zu entnehmen. Der Taillenquerschnitt A_T ergibt sich aus der Zeichnung der Schraube. Das Anziehdrehmoment kann dann mit folgender Formel berechnet werden:

$$M_A = F_V \left(0{,}16 \cdot P + \mu_{ges} \left[0{,}58 \cdot d_2 + \frac{D_m}{2} \right] \right)$$

Hier bedeuten

P	=	Steigung in mm
μ_{ges}	=	Gesamtreibungskoeffizient (=0,14)
d_2	=	Flankendurchmesser in mm (DIN 13 Bl. 13)
D_{km}	=	$\frac{d_h + d_w}{2}$ = mittlerer Reibungsdurchmesser der Kopf- oder Mutternauflage in mm
d_h	=	Durchmesser der Durchgangsbohrung in mm (DIN ISO 273)
d_w	=	Außendurchmesser der Kopf- bzw. Mutternauflage in mm aus Zeichnung bzw. Schraubennorm
d_3	=	Kerndurchmesser in mm (DIN 13-13)

Beispiel:

Berechnung des Anziehdrehmoments für eine Schraube M 10 DIN 912 – 10.9.

$$F_V = 0{,}7 \cdot R_{p\,0{,}2} \cdot A_S = 0{,}7 \cdot 940 \cdot 58$$

$$F_V = 38.200\,[N]$$

$$M_A = F_V \left(0{,}16 \cdot P + \mu_{ges} \left[0{,}58 \cdot d_2 + \frac{D_{km}}{2} \right] \right)$$

darin ist

$$D_{km} = \frac{d_h + d_w}{2} = \frac{11 + 16}{2} = 13{,}5\,[mm]$$

$$M_A = 38.200 \left(0{,}16 \cdot 1{,}5 + 0{,}14 \left[0{,}58 \cdot 9{,}026 + \frac{13{,}5}{2} \right] \right)$$

$$M_A = 73.264\,[Nmm] \approx 73\,[mm]$$

Der Tabellenwert im Schraubenwähler beträgt $M_A = 72$ [Nm], der Fehler ist also vernachlässigbar klein.

Wenn es feststeht, dass diese Schraube z.B. mit MoS_2 geschmiert wird, dass also von einem Reibwert $\mu_{ges} = 0{,}1$ auszugehen ist, empfiehlt es sich, das errechnete Anziehdrehmoment um 20% zu reduzieren, da die Schraube sonst überdehnt wird. Die Vorspannkraft liegt dennoch um ca. 10% höher.