



Wegertseder.com

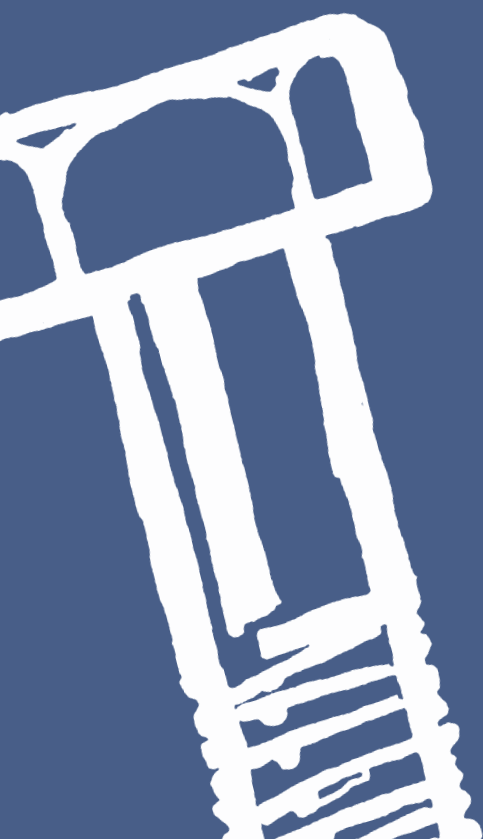
Schrauben, Werkzeug, Zubehör

Technische Daten (TD)

Gesamtausgabe als PDF

- Normung, Gewinde, Zoll
- Korrosionsschutz
- Festigkeiten
- Werkstoffe

2007



0.1 Inhaltsverzeichnis

0.2	Tabellenverzeichnis	4
0.3	Abbildungsverzeichnis	5
1	Normung	6
1.1	Sinn einer Normung	6
1.2	Institutionen zur Ausgabe von Normen	6
1.3	Was sagt eine DIN-Norm aus?	7
1.4	Normenänderung (DIN > EN > ISO)	8
1.4.1	Vergleich DIN-Norm zu neuer ISO-Norm	8
1.4.2	Vergleich ISO-Norm zu alter DIN-Norm	9
1.4.3	DIN → ISO (Sechskantschrauben, Muttern mit Vier- oder Sechskant)	10
1.4.4	DIN → ISO (Schlüsselweiten Schrauben und Muttern, Mutternhöhe)	11
1.4.5	DIN → ISO (Bolzen, Stifte, Gewindestifte und Scheiben für Bolzen)	12
1.4.6	DIN → ISO (Gewindeschrauben, Blechschrauben)	13
2	Kopfformen	15
2.1	Antriebsformen mit Vor- und Nachteilen	15
2.2	verschiedene Kopfformen von Schrauben	16
2.3	Lieferbare Kombinationen Antrieb / Kopfform	16
3	Werkstoffe - Stähle	18
3.1	Grundsätzliche Hinweise	18
3.2	Zusammensetzung von Stählen	19
3.3	Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehngrenze, Bruchdehnung	20
3.3.1	Definitionen und Begriffe	20
3.4	Mechanische Eigenschaften von Stahlschrauben	22
3.4.1	Anziehdrehmomente Stahlschrauben (Regelgewinde)	22
3.4.2	Anziehdrehmomente Stahlschrauben (Feingewinde)	22
3.4.3	Anziehdrehmomente für HV-Verbindungen	23
3.4.4	Reibungszahlen für Stahlschrauben/-muttern	24
3.4.5	Mindestbruchkräfte in (N)	25
3.4.6	Zusammenfassung (mech. Eigenschaften Stahlschrauben)	26
3.5	Mechanische Eigenschaften von Stahlmuttern	27
3.6	Kennzeichnung von Stahlschrauben	28
3.7	Kennzeichnung von Stahlmuttern	28
4	Werkstoffe - Edelstähle	29
4.1	Allgemeines	29
4.1.1	Übersicht von austenitischen Edelstählen	29
4.1.2	verschiedene Typen von Edelstählen	30
4.2	Zusammensetzung von Edelstahl	30
4.2.2	chemische Elemente in Edelstählen	31
4.3	Beständigkeit von Edelstahl	33
4.4	Mechanische Eigenschaften von Edelstahl	34
4.4.1	Anziehdrehmomente von Edelstahlschrauben	34
4.4.2	Festigkeit von Edelstahlschrauben	35
4.4.3	Strecklastgrenzen von Edelstahlschrauben	36
4.4.4	Mindestbruchgrenzen von Edelstahlschrauben	36
4.4.5	Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben	37
4.4.6	Reibungszahlen für Edelstahlschrauben/-Muttern	37



0. Inhaltsverzeichnis

zu den „Technischen Informationen“

5	Werkstoffe - Oberflächenbehandlung	39
5.1	Überblick.....	39
5.1.1	metallische Überzüge	39
5.1.2	anorganische Überzüge.....	40
5.1.3	organische Überzüge.....	40
5.2	galvanische Verzinkung	41
5.2.1	Allgemeines, Schichtdicken	41
5.2.2	Schichtdicken.....	42
5.2.3	Kontaktkorrosion	43
5.2.4	Jährliche Abtragswerte	43
5.3	Feuerverzinkung	44
6	Bitaufnahmen	46
6.1	Werkzeugaufnahmen für Außensechskant nach DIN / nach ISO.....	46
6.2	Werkzeugaufnahme für Innensechskant nach DIN	47
6.3	Bitaufnahmen für Torx	48
6.4	Bitaufnahmen für Kreuzschlitz (PH, PZ).....	49
6.5	Bitaufnahmen für Schlitz.....	50
7	Gewinde	51
7.1	Allgemeines, Messung von Gewinde.....	51
7.2	Arten von Gewinden	51
7.3	Oberflächenfehler und Beschädigungen.....	52
7.4	Gewindesteigungen und Kernlochgrößen	53
7.5	Gewindeherstellung.....	54
7.5.1	Grundlagen der Herstellung.....	54
7.5.2	Gewinde walzen.....	55
7.5.3	Gewinde rollen	56
7.5.4	Gewinde schneiden, bohren	56
7.6	Blechgewinde.....	57
7.6.1	Blechgewinde in Metalle	57
7.6.2	Blechgewinde in Kunststoffe.....	59
8	Zollmaße – Technische Maße.....	60
8.1	Umrechnung Metrisch ⇔ Zoll.....	60
8.2	Zollmaße – Amerikanische Gewinde.....	61
8.3	Zollmaße – Britische Gewinde.....	63
8.4	Technische Maße für Zollteile.....	65
9	Korrosion	73
9.1	Allgemeines, Korrosionsarten.....	73
9.2	Schutz gegen Korrosion	74
9.3	Kontaktkorrosion bei Metallpaarungen	75
9.4	Chrom-VI-Konformität	76
10	Blindniettechnik	77
10.1	Funktion und Montage.....	77
10.2	Formen, Typen und Unterscheidung von Blindniettechnik	78
10.3	Maße für Blindnieten.....	79
10.4	Bohrlochdurchmesser für Blindnieten u. Spezialblindnieten	79
10.5	Maße für Blindnietmuttern	80
11	Sicherung von Schraubverbindungen	81
11.1	Vergleich von Sicherungsmitteln	81
11.2	Einteilung von Sicherungsmitteln nach Ursache / Wirkung	82
11.3	Klebe- und Klemmverbindungen.....	82
11.4	Überblick über lieferbare Sicherungsmittel	83



0.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Normenübersicht	6
Tabelle 2: Beispiel DIN-Norm	7
Tabelle 3: Normenänderung DIN → ISO	8
Tabelle 4: Normenänderung ISO → DIN	9
Tabelle 5: Normenänderung DIN-ISO (Sechskant).....	10
Tabelle 6: Normenänderungen DIN-ISO (Schlüsselweite).....	11
Tabelle 7: Normenänderung DIN-ISO (Bolzen)	12
Tabelle 8: Norm-Änderungen DIN → ISO (Gewinde und Blechschrauben).....	13
Tabelle 9: Zylinderschrauben mit Schlitz	13
Tabelle 10: Sechskant-Blechschrauben.....	13
Tabelle 11: Senkschrauben mit Schlitz oder Kreuzschlitz	14
Tabelle 12: Flachkopfschrauben mit Schlitz.....	14
Tabelle 13: Flachkopfschrauben (Linsenschrauben) mit Kreuzschlitz.....	14
Tabelle 14: Antriebsformen	15
Tabelle 15: Kopfformen	16
Tabelle 16: lieferbare Kopf/Antriebsformen.....	17
Tabelle 17: Zusammensetzung von Stählen.....	19
Tabelle 18: Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehngrenze, Bruchdehnung.....	21
Tabelle 19: Regelgewinde (Anziehdrehmomente für Stahlschrauben)	22
Tabelle 20: Feingewinde (Anziehdrehmomente für Stahlschrauben).....	22
Tabelle 21: Vorspannkräfte und Anziehmomente nach Verfahren	24
Tabelle 22: Reibungszahlen bei Schmierung (Stahlschrauben).....	24
Tabelle 23: Mindestbruchkräfte für metrisches ISO-Regelgewinde.....	25
Tabelle 24: Mindestbruchkräfte für metrisches ISO-Feingewinde	25
Tabelle 25: Mechanische Eigenschaften von Schrauben	26
Tabelle 26: Typen von Edelstählen.....	30
Tabelle 27: Überblick über eine Vielzahl an Edelstählen	30
Tabelle 28: chem. Zusammensetzung Edelstahl	30
Tabelle 29: Kurzform (Edelstahlklasse A1-A5 - handelsüblich)	31
Tabelle 30: chem. Elemente von Edelstahl.....	32
Tabelle 31: chem. Beständigkeit von Edelstählen A2, A4.....	33
Tabelle 32: Anziehdrehmomente Edelstahl nach Reibungszahl μ	34
Tabelle 33: Anziehdrehmomente Edelstahl	35
Tabelle 34: Festigkeit von Edelstahl.....	35
Tabelle 35: Strecklastgrenzen für Edelstahlschrauben.....	36
Tabelle 36: Mindestbruchgrenzen von Edelstahlschrauben	36
Tabelle 37: Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben	37
Tabelle 38: Reibungszahlen für Edelstahlschrauben.....	37
Tabelle 39: Maximale Schichtdicken für Schrauben mit Außengewinde	42
Tabelle 40: Beanspruchung und passende Zink-Schichtdicken	42
Tabelle 41: Kontaktkorrosion bei galv. Verzinkung.....	43
Tabelle 42: Jährlich abgetragene Schichtdicke bei Zink, ebene Flächenkorrosion	43
Tabelle 43: Kontaktkorrosion bei Feuerverzinkung.....	44
Tabelle 44: Werkzeugaufnahmen für Sechskant	46
Tabelle 45: Werkzeugaufnahmen für ISK	47
Tabelle 46: Bitaufnahmen für Torx.....	48
Tabelle 47: Bitaufnahmen für Kreuzschlitz PH, PZ.....	49
Tabelle 48: Bitaufnahmen für Schlitz.....	50
Tabelle 49: Gewindearten	52
Tabelle 50: Gewindesteigungen.....	53
Tabelle 51: Blechgewinde in Metall.....	57
Tabelle 52: Blechgewinde in Kunststoff	59



0. Inhaltsverzeichnis

zu den „Technischen Informationen“

Tabelle 53: Zollumrechnung	60
Tabelle 54: Zoll amerikanisch - UNC	61
Tabelle 55: Zoll amerikanisch - UNF	61
Tabelle 56: Zoll amerikanisch - UNEF	61
Tabelle 57: Zoll amerikanisch - NPT	61
Tabelle 58: Zollübersicht Amerikanisch	62
Tabelle 59: Zoll britisch - BSW	63
Tabelle 60: Zoll britisch - BSF	63
Tabelle 61: Zoll britisch - BA	63
Tabelle 62: Zoll britisch - BSP	63
Tabelle 63: Zollübersicht Britisch	64
Tabelle 64: Korrosionsarten	73
Tabelle 65: Maßnahmen zum Korrosionsschutz	74
Tabelle 66: Kontaktkorrosion bei Metallpaarungen	75
Tabelle 67: Montage von Blindniettechnik	77
Tabelle 68: Typen von Blindniettechnik	78
Tabelle 69: Maße für Blindnieten	79
Tabelle 70: Bohrlochdurchmesser bei Blindnieten	79
Tabelle 71: Maße für Blindnietmuttern	80
Tabelle 72: Betrachtung von Sicherungsmitteln aus verschiedenen Aspekten	81
Tabelle 73: Einteilung von Sicherungsmitteln	82
Tabelle 74: Klebeverbindungen	82
Tabelle 75: lieferbare Sicherungsmittel	83

0.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zugfestigkeit	20
Abbildung 2: Streckgrenze	20
Abbildung 3: 0,2% Dehngrenze	21
Abbildung 4: Bruchdehnung	21
Abbildung 5: aust. Edelstähle	29
Abbildung 6: Oberflächenveredelungen	39
Abbildung 7: Gewindeschema	51
Abbildung 8: Prinzip Gewindewalzmaschine	55



1. Normung

Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

1.1 Sinn einer Normung

Der Vorteil von Normung als Form der Standardisierung liegt in der einfacheren Arbeit mit genormten Bauteilen, da diese untereinander austauschbar sind. Dazu ist es notwendig, dass die grundlegenden Eigenschaften von Normteilen von einer Zentralstelle festgelegt und von Herstellern und Handel verwendet werden.

1.2 Institutionen zur Ausgabe von Normen

Norm	Informationen
DIN – Norm	Herausgeber: Deutsches Institut für Normung = nationale, deutsche Norm DIN-Normen werden neben Verbindungselementen auch für elektrische Bausteine oder organisatorische Methoden vergeben. DIN-Normen sind in Deutschland immer noch „üblich“, wenngleich die Umstellung auf ISO-Normen sich durchsetzen wird. DIN-Normen werden weiter bestehen für Teile, welche nicht nach ISO-/EN- genormt sind oder kein Normungsbedarf vorliegt.
ISO – Norm	Herausgeber: ISO (Internationale Organisation für Standardisierung, engl. International Organization for Standardization). = internationale Norm Der Begriff „iso“ stammt vom griechischen Begriff für „gleich“ ab. ISO-Normen haben weltweit Gültigkeit und eignen sich daher zur Verwendung im Welthandel. Wenngleich die ISO-Normung immer mehr an Bedeutung gewinnt, war lange Zeit die Deutsche DIN Standard in Sachen Normung weltweit.
EN – Norm	Herausgeber: Europäisches Komitee für Normung, engl. = europäische Norm Sinn hinter der EN war die Schaffung „gleicher“ Voraussetzungen für den europäischen Binnenhandel. Anders als ISO-Normen haben EN-Normen nur Gültigkeit innerhalb der Europäischen Union. Das CEN versucht, Normenidentität zwischen der EN und ISO-Norm herzustellen. Grundsätzlich sollen vorhandene ISO-Normen unverändert als EN-Normen mit der ISO-Normnummer übernommen werden EN ISO. Gelingt das auf europäischer Normungsebene nicht, werden eigenständige EN-Normen mit von ISO abweichenden EN-Normnummern erstellt.
DIN-EN- Norm	= nationale deutsche Ausgabe einer unverändert übernommenen EN-Norm Ist eine Normenmischung, welche besagt, dass die Normennummer (z.B. 12345) das gleiche Objekt sowohl in der DIN-Norm, als auch der EN-Norm bezeichnet.
DIN-EN-ISO- Norm	= nationale deutsche Ausgabe einer unverändert von ISO übernommenen EN-Norm Ist eine Normenmischung, welche besagt, dass die Normennummer (z.B. 12345) das gleiche Objekt sowohl in der DIN-Norm, EN-Norm als auch der ISO-Norm bezeichnet
DIN-ISO-EN	nationale deutsche Ausgabe einer unverändert übernommenen ISO-Norm

Tabelle 1: Normenübersicht



1. Normung

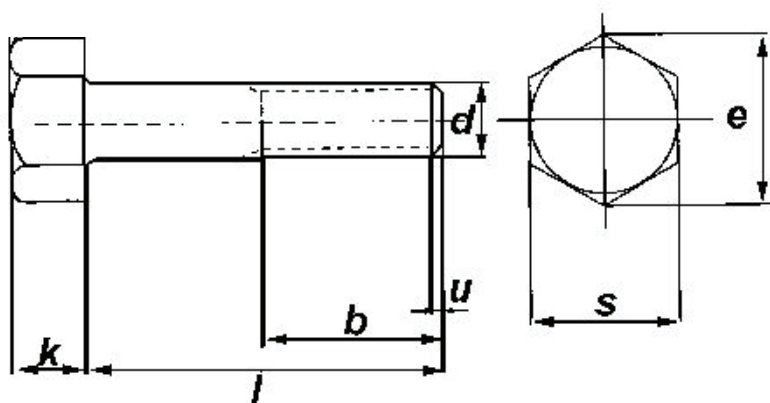
Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

1.3 Was sagt eine DIN-Norm aus?

Die DIN-Norm bringt, wie jede Normung, Einfachheit und Standardisierung mit sich. So reicht es, bei einer Bestellung „DIN 912, M6x16, A2-70“ anzugeben, um eine Vielzahl an Merkmalen festzulegen. Dadurch muss der Lieferant nicht jedes Mal seine Bestände mit der Bestellung des Kunden gegenprüfen und der Kunde kann sicher sein, dass er exakt die Ware erhält, welche er sich vorgestellt hat.

Eine Norm definiert mindestens eines der folgenden Merkmale:

- Kopfform (z.B. Außensechskant, Innensechskant, Linsensenkkopf)
- Gewindeart (z.B. Metrisches ISO-Regelgewinde M, Blechgewinde)
- Gewindelänge
- Gewindesteigung
- Werkstoff und Festigkeitsklasse
- mögliche Beschichtungen oder Festigkeitseigenschaften



- b = Gewindelänge bei Schrauben, deren Gewinde nicht bis annähernd zum Kopf reicht (Teilgewindeschrauben)
- d = Gewindedurchmesser in mm
- e = Eckmaß am Kopf
- k = Kopfhöhe
- l = Nennlänge der Schraube – sie zeigt zugleich an, wie die Länge einer Schraube gemessen wird.
- s = Schlüsselweite
- u = Gewindeloses Ende
- P = Gewindesteigung

Tabelle 2: Beispiel DIN-Norm

Ein **Beispiel** soll Ihnen erläutern, was durch die folgende Angabe ausgedrückt wird.

DIN 933, M 8 x 60, A2-70

- DIN 933 = Sechskantschraube mit Gewinde bis annähernd Kopf
- M = metrisches ISO-Gewinde
- 8 = d ... Gewindedurchmesser der Schraube von 8 mm
- x 60 = l ... Nennlänge in mm
- A2 = Werkstoffklasse, Rostfreier Stahl A2
- 70 = Festigkeitsklasse 70
- P die Gewindesteigung wird durch eine Zahl angegeben. Fehlt diese Zahl, so wird ein Regelgewinde bezeichnet. (M 8 x 60)
Nur bei Schrauben mit abweichendem Regelgewinde wird die Steigung angegeben.
z.B. M8x1 x 60 bezeichnet eine Feingewindeschraube mit einer Steigung von 1 mm



1. Normung

Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

1.4 Normenänderung (DIN > EN > ISO)

Die Normungen für Verbindungselemente und die Normung im Ganzen unterliegt im Moment einem Wandel. Während die früheren DIN-Normen als ausschließlich deutsche Normvorschriften galten, wurden nun mit der EN und der ISO-Norm eine Norm auf europäischer und weltweiter Ebene eingeführt. Bei vielen ISO-Normen waren die DIN-Normen Vorbild, viele Normen wurden jedoch erst mit der ISO-Norm eingeführt (z.B. ISO 7380). Die Umstellung im Handel erfolgt fließend, die Produktion von DIN und ISO-Artikeln erfolgt nebeneinander.

1.4.1 Vergleich DIN-Norm zu neuer ISO-Norm

Tabelle 3 zeigt einen Überblick über die „Umstellung“ der gängigsten DIN-Normen auf die neuen ISO-Normen.

- Produktnormen (a), welche die Maße von einzelnen Verbindungselementen beschreiben
- Gewinde-Normen (b), welche die Beschaffenheit der ISO-Gewinde beschreiben und
- Grund / Funktionsnormen (c), welche z.B. Oberflächenfehler oder Oberflächenformen behandeln.

a) Produkt-Normen		a) Produkt-Normen		a) Produkt-Normen		a) Produkt-Normen		a) Produkt-Normen		c) Grund/Funktions-Normen	
DIN	ISO DIN ISO DIN EN ISO	DIN	ISO DIN ISO DIN EN ISO	DIN	ISO DIN ISO DIN EN ISO	DIN	ISO DIN ISO DIN EN ISO	DIN	ISO DIN ISO DIN EN ISO	DIN	ISO DIN ISO DIN EN ISO
1	2339	830*	-	1587	-	(6925) RG	7042 (7719)	28030	-	66	7721 -1,2
7	2338	835	-	1592-1597	-	(6925) FG	10513	10513	-	69	273
39	-	906-910	-	1804	-	6926**	7043,12125	28152	-	74	-
84	1207	911	2936	1816	-	6927**	7044,12126	32500, 32501	13918	76 -1	3508, 4755
85	1580	912	4762	2093	-	6928	7053,10509	34800-34802	-	76 -2	228 -1
93*	-	913	4026	2507	(EN 1515)	7331	7337	34803, 34804	-	78	4753
94	1234	914	4027	2509	-	7337	15973-16585	34810-34816	-	101	1051
95,96,97	-	915	4028	251 0-1 ...8	-	7338-7340	-	3481 7-34819	-	267 -1	8992
98,99	-	916	4029	3015-3016	-	7341	1051	34820	-	267 -2	4759 -1
123,124	1051	917	-	3017	-	7343	8750,8751	46258,46320	-	267 -3	898 -1
125 -1,2	7089,7090	920-927	-	3220	-	7344	8748	46288	-	267 -4	898 -2
126,134*	7091	928,929	-	3319	-	7346	13337	58450	-	267 -5	3269 (16426)
127*, 128*	-	931 -1	4014	3404, 3405	-	7349	-	70613-70618	-	267 -6	4759 -1
137*	-	931 -2	-	3567	-	7500 -1	-	70851*	-	267 -7	898 -1
186,188	-	933	4017	3568	-	7504	15480-483	70852	-	267 -8	898 -2
258	-	934 RG	4032,4033	3570	-	7513	-	70951*	-	267 -9	4042
261	-	934 FG	8673,8674	3575	-	7516	-	70952	-	267 -10	10684
302	1051	935 -1	7035,7036	3670	-	7603	-	71412	-	267 -11	3506 -1,4
314-318	-	935 -3	7037	3870, 3872	-	7604	-	71752	-	267 -12	2702
319	-	936 RG/FG	4035 / 8675	5406	-	7642,7643	-	71 802-71 805	-	267 -13	-
338,340	-	937	7038	5417	-	7964	-	74361	-	267 -15	2320
388,390	-	938 - 940	-	5525, 5526	-	7965	-	80403	-	267 -18	8839
404	-	949 - 1,2	-	5586	-	7967*	-	80701	-	267 -19	6157 -1,3
417	7435	950 - 959	-	5903, 5906	-	7968	-	80704	-	267 -20	6157 -2 (EN 493)
427	2342	960	8765	5914	-	7969	-	80705	-	267 -21**	10484 (EN 493)
431	-	961	8676	6303	-	7971	1481	81698	-	267 -23	898 -6
432*	-	963	2009	6304-6307	-	7972	1482	82006-82010	-	267 -24	-
433 -1,2	7092	964	2010	6311,6332	-	7973	1483	82013	-	267 -25	898 -7
434-436	-	965	7046 -1, 2	6319	-	7976	1479	82101	-	267 -26-30	-
438	7436	966	7047	6324	-	7977	8737	-	-	475**	272 (EN 1660)
439 -1	4036	967,968	-	6325	8734	7978	8736	-	-	522	4759 -3
439 -2 RG/FG	4035,8675	(970)	4032	6330,6331	-	7979	8733,8735	-	-	918	1891
440	7094	(971 -1,2)	8673,8674	6334*	-	7980*	-	13 -1...1 1	724	946	-
442,443	-	(972)	4034	6335-6337	-	7981	7049	13 -12	261	962 (34803)	7378,8991
444	-	975	-	6340	-	7982	7050	13 -13	262,965 -2	969	-
462*, 463*	-	976 -1,2	-	6378	-	7983	7051	13 -14,15	965 -1, 2	-	-
464, 465*	-	977	-	6379	-	7984	-	13 -16...18	1502	974	-
466,467	-	979	7038	6791,6792	1051	7985	7045	13 -19	68-1	2510 -2,8	-
468,469	-	980 RG	7042 (7719)	6796	10670	7987*, 7988*	-	13 -20...26	-	7150-7152	286
471,472	-	980 FG	10513	6797*	-	7989-1,2	-	13 -27	965 -3	7154-7157	-
478-480	-	982 RG	7040	6798*	-	7990	-	13 -28	-	7160,7161	286
508	299	982 FG	10512	6799	-	7991	10642	13 -50...52	-	-	-
525,529	-	985 RG	10511	6881	-	7992	-	14	-	7168	2768,8015
546-548	-	985 FG	10512	6883,6884	2492	7993	-	103 -1	2901	7172,7182	286
551	4766	986	-	6885 -1,2	773	7095-7997	-	103 -2	2902	7184	1101
553	7434	987*	-	6885 -3	2491	7999	-	103 -3	2903	7337	14588-589
555	4034	988	-	6886,6887	774	8140	-	103 -4	2904	7500 -2/7504	- / 10666
557	1052	989	-	6888	3912	9021	7093	103 -5...9	-	7962	4757
558	4018	1433-1436	-	6889	-	9045*	-	202	-	7970	1478
561,564	-	1440	8738	6900	10644	9841	7379	2244	5408	7998	-
562	-	1441	-	6901	10510	11014	-	2510 -2	-	8140 -1-3	-
571	-	1443	2340	6902-6908	10669,10673	11023,11024	-	7952	-	9830	-
580, 582	-	1444	2341	6911	-	15058	-	7970	1478	18800**	-
601	4016	1445	-	6912	-	15237	-	7998	-	34803,34804	-
603	-	1469	-	6913*	-	16903	-	8140,8141	-	40080	2859 -1-3
604-608	-	1470	8739	6914-691 6**	-	18182	-	-	-	50049	EN 10204
609, 610*	-	1471	8744	6917-6918	-	21346	-	-	-	-	-
653	-	1472	8745	6921**	8100,8102	21547	-	-	-	-	-
660-662	1051	1473	8740	6922**	4162,8104	22424,22425	-	-	-	-	-
674,675	1051	1474	8741	6923**RG/FG	4161,10663	25192	-	-	-	-	-
703*, 705*	-	1475	8742/8743	(6924) RG/FG	7040 / 10512	25193	-	-	-	-	-
741 *	-	1476	8746	-	-	25195	-	-	-	-	-
787	299	1477	8747	-	-	251 97*	-	-	-	-	-
792	-	1478-1 480	-	-	-	25200-25203	-	-	-	-	-
797, 798*	-	1481	8752	-	-	26020	-	-	-	-	-

b) Gewinde-Normen		c) Grund/Funktions-Normen	
DIN	ISO DIN ISO DIN EN ISO	DIN	ISO DIN ISO DIN EN ISO
13 -1...1 1	724	522	4759 -3
13 -12	261	918	1891
13 -13	262,965 -2	946	-
13 -14,15	965 -1, 2	962 (34803)	7378,8991
13 -16...18	1502	969	-
13 -19	68-1	974	-
13 -20...26	-	2510 -2,8	-
13 -27	965 -3	7150-7152	286
13 -28	-	7154-7157	-
13 -50...52	-	7160,7161	286
14	-	7168	2768,8015
103 -1	2901	7172,7182	286
103 -2	2902	7184	1101
103 -3	2903	7337	14588-589
103 -4	2904	7500 -2/7504	- / 10666
103 -5...9	-	7962	4757
202	-	7970	1478
2244	5408	7998	-
2510 -2	-	8140 -1-3	-
7952	-	9830	-
7970	1478	18800**	-
7998	-	34803,34804	-
8140,8141	-	40080	2859 -1-3
-	-	50049	EN 10204

- ISO/EN-Norm noch nicht bekannt (Stand 03.05)
() Übergangs-Normen (Maße mit ISO identisch)
* ersatzlos zurückgezogene DIN-Norm, weil z. B. technisch überholt. (Bei Ausgabe von DIN EN- / DIN EN ISO-Normen erfolgt Widerruf der DIN-Normen)
** von ISO abweichende EN-Normung:
DIN 475 - 1 = EN/DIN EN 1660
DIN 6914-6916 = EN/DIN EN 14399
DIN 6921/6922 = EN/DIN EN (1662) 1665
DIN 6923 = EN/DIN EN 1661
DIN 6926 = EN/DIN EN 1663/1666
DIN 6927 = EN/DIN EN 1664/1667

Tabelle 3: Normenänderung DIN → ISO



1. Normung

Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

1.4.2 Vergleich ISO-Norm zu alter DIN-Norm

a) Produkt-Normen				a) Produkt-Normen				b) Gewinde-Normen			
ISO DIN ISO DIN EN ISO	EN DIN EN	DIN	Stichwort	ISO DIN ISO DIN EN ISO	EN DIN EN	DIN	Stichwort	ISO DIN ISO DIN EN ISO	EN DIN EN	DIN	Stichwort
-	1515	2507	Flansch-Verbindung	7090	-	125 -1,2	Scheiben, R, Form B	68	-	13 T 19	Gew.-Grundprofil
-	1661	6923	Flanschmuttern	7091	-	126	Scheiben, Regelausführ.	228 -1...3	-	259-1...3	Zyl.-Wv-Rohrgewinde G
-	(1662), 1665	6921,6922	Flanschschrauben	7092	-	433 -1,2	Scheiben, Reihe klein	261	-	13-12	Auswahl Steigungen RG/FG
-	1663,1664	6926,6927	Flanschmuttern	7093 -1,2	-	9021	Scheiben, Reihe groß	262	-	13-13	Gew.-Auswahlreihen
-	1666,1667FG	6926,6927FG	mit Klemmteil	7094	-	440	Scheiben, extra groß	724	-	13	ISO-Gew.:Grundmaße
-	1421 8,1 4219	-	Flanschschrb./Mu FG	7379	-	9841	Isk-Paßschrauben	965 -1...5	-	13-13...15,27	Grundlg./Grenzmaße
-	14399	6914-6916	HV-Verbindungen	7380	-	-	Isk-Flachrundschrauben	1478	-	7970	Blechschraben-Gewinde
299	-	508/787	T-Nuten/Mu/Schrauben	7411	781,782	6914	HV-Schrauben	1502	-	13-16...18	Gew.-Lehren
773	-	6885 -1,2	Paßfedern	7412-14,7417	780,783	6915	HV-Muttern	2901-2904	-	1031...4	Trapez-Gewinde
774	-	6886,6887	Nasenkeile	7415,7416	784,785	6916	HV-Scheiben	5408	-	2244	Gewinde: Begriffe
1051	-	660...7341	Niete,Nietstifte	7434	27434	553	Gewindestifte Sp	6410 -1...3	-	27	Gew.-Darstellung i. TZ
1207	-	84	Zylinderschrauben	7435	27435	417	Gewindestifte Za	c) Grund-/Funktions-Normen			
1234	-	94	Splinte	7436	27436	438	Gewindestifte Rs				
1479	-	7976	Sechsk.-Blechschraben	7719,7720	-	980,6925	Muttern mit Klemmteil	225	20225	-	MVE: Bemaßung
1481	-	7971	Zyl.-Blechschraben	8100,8102	1665	6921	Sechsk.-Flansch-Schr.	272	1660	475 - 1	Schlüsselweiten Sechsk.
1482	-	7972	Senk-Blechschraben	8104	1662	6922	Sechsk.-Flansch-Schr.	273	20273	69	Durchgangslöcher f. Schrb.
1483	-	7973	Liko-Blechschraben	8673	-	934,971 -1	Sechskant-Mu. Feingew.	286 -1,2	20286	7150-7182	ISO-Toleranzen/Passungen
1580	-	85	Flachkopfschrauben	8674	-	934,971 -2	Sechskant-Mu. Feingew.	885	-	-	Radlen unter Schrb.-Kopf
2009	-	963	Senkschrauben	8675	-	439 -2, 936	Muttern, niedrig, Feingew.	887	-	-	Flache Scheiben, Übers.
2010	-	964	Linsensenkschrauben	8676	-	961	Sechskant-Schrauben FG	888	-	-	Nennlängen Schrb./Gew.
2338	-	7	Zylinderstifte	8733	-	7979	Zyl.-Stifte, I-Gew.	898 -1	-	267 - 3,7	TL: MVE Schrauben
2339	22339	1	Kegelstifte	8734	-	6325	Zyl.-Stifte, geh.	898 -2	-	267 - 4,8	TL: MVE Muttern RG
2340	22340	1443	Bolzen ohne Kopf	8735	-	7979	Zyl.-Stifte, I-Gew.	898 -5	-	267 - 3	TL: MVE Gewindestifte
2341	22341	1444	Bolzen mit Kopf	8736	28736	7978	Kegel-Stifte, I-Gew.	898 -6	-	267 - 23	TL: MVE Muttern FG
2342	-	427	Schaftschrauben	8737	28737	7977	Kegel-Stifte, Gew.Za	898 -7	-	267 - 25	Torsionsversuch M 1-M 10
2491	-	6885 -3	Paßfedern	8738	-	1440	Scheiben für Bolzen	1051	-	101	Niete: Schaftdurchmesser
2492	-	6883,6884	Nasen-/Flachkeile	8739	28738	1470	Zylinderkerbstifte	1101	-	7184	Form-/Lage-Tolerierung
2936	-	911	Stiftschlüssel	8740	-	1473	Zylinderkerbstifte	1891	-	918	MVE: Benennungen
3912	-	6888	Scheibefedern	8741	-	1474	Steckkerbstifte	2320	-	267 - 15	TL: MVE Mu. m. Klemmteil
4014	-	931 -1	Sechskantschrauben	8742	-	1475	Knebelkerbst. kK	2702	-	267 - 12	TL: MVE Blechschraben
4016	-	601	Sechskantschrauben	8743	28743	1475	Knebelkerbst. IK	2768 -1...2	-	7168 -1,2	Allgemein-Toleranzen
4017	-	933	Sechskantschrauben	8744	-	1471	Kegelkerbstifte	2859	-	40080	Sichproben-Prüfungen
4018	-	558	Sechskantschrauben	8745	-	1472	Paßkerbstifte	3269	-	267 - 5	TL: MVE Annahmeprüfung
4026	-	913	Gew.-Stifte Isk-K	8746	-	1476	Halbrundkerbnägel	3506 -1...4	-	267 - 11	TL: MVE Nichtrostende
4027	-	914	Gew.-Stifte Isk-Sp	8747	-	1477	Senkkerbnägel	3508	-	76 - 1	Gew.-Ausläufe/Freistiche
4028	-	915	Gew.-Stifte Isk-Za	8748	-	7344	Spiralspannstifte S	4042	-	267 - 9	TL: galvanische Überzüge
4029	-	916	Gew.-Stifte Isk-Rs	8750	-	7343	Spiralspannstifte R	4753	-	78	Gew.-Enden/Überstände
4032	-	934,970	Sechsk.-Mu.I, RG	8751	-	7343	Spiralspannstifte L	4755	-	76 - 1	Gew.-Ausläufe/Freistiche
4033	-	934	Sechsk.-Mu.II, RG	8752	-	1481	Spannstifte S	4757	-	7962	Kreuzschlitze f. Schrb.
4034	-	555,972	Sechskantmuttern	8755	-	960	Sechskant-Schr. FG	4759 -1...3	-	267 - 2,6,522	Toleran. Schrb./Mu./Schr.
4035	-	439 -2, 936	Sechsk.-Mu.niedrig	10509	-	6928	Sechsk.-Flansch-Bls.	6157 -1...3	-	267 - 19	Oberflächenfehler Schrb.
4036	-	439 - 1	Sechsk.-Mu.niedrig	10510	-	6901	Kombi-Blechschraben	6157 -2	(493)	267 - 20,21	Oberflächenfehler Mu.
4161	1661	6923	Sechsk.-Flansch-Mu.	10511	-	985	Muttern m. Klemmteil	7085/7500-1	-	-	Gew.-furch. Schrauben
4162	1662, 1665	6922	Sechsk.-Flansch-Schr.	10512	-	982,6924	Muttern m. Klemmteil	7378	-	962	Splint-/Sicherungslöcher
4762	-	912	Isk-Zylinderschrauben	10513	-	980,6925	Muttern m. Klemmteil	7721	-	-	Senkköpfe: Gestaltung
4766	24766	551	Gewindestifte K	10642	-	7991	Isk-Senkschrauben	8749	-	-	Stifte:Scherversuch
4775	780,783	6915	HV-Muttern	10644	-	6900	Kombi-Schrauben	8839	28839	267 - 18	TL: MVE Nichteisen-Wst.
7035,7036	-	935 -1	Kronenmuttern	10663	1661	6923	Sechsk.-Flansch-Mu. FG	8991	-	962	Bezeichnungssystem MVE
7037	-	935 -3	Kronenmuttern	10669/673	-	6903/6902	Scheiben f. Kombischr.	8992	-	267 - 1	TL: Allgem. Anforderungen
7038	-	937/979	Kronenmuttern, flach	10670	-	6796	Spannscheiben	-	10204	50049	Prüfbescheinigungen
7040,7041	-	982,6924	Muttern mit Klemmteil	12125	-	6926	Flansch.-Mu m. Klemmteil	10484	(493)	267 - 21	Aufweitversuch Muttern
7042	-	980,6925	Muttern mit Klemmteil	12126	-	6927	Flansch.-Mu m. Klemmteil	10644	-	6900-1	Kombi-Schr. Härten
7043	1663/1666	6926	Flansch.-Mu m. Klemmteil	13337	-	7346	Spannstifte L	10664	-	-	Innensechsrund-Antrieb
7044	1664/1667	6927	Flansch.-Mu m. Klemmteil	13318	-	32500	Bolzen f. B-Schweißen	10666	-	7504	ME Bohrschrauben
7045	-	7985	Linsenzyl.-Schr. KS	14579...587	-	-	Innensechsrund-Schr.	10666	-	-	Zinklamellen-Überzüge
7046 -1,2	-	965	Senkschrauben KS	14588	-	7337	Blindniete, Begriffe	10683	-	267-10	Feuerverzinkung
7047	-	966	Linsensenkschr. KS	15071...073	-	-	Flansch. leichte R.	10684	-	-	Mech. Zinkplattieren
7048	-	-	Zylinderschr. KS	15480...483	-	7504	Bohrschrauben	12683	13811	-	Sheadsisieren
7049	-	7981	Liko-Blechschr. KS	15973...984	-	7337	Blindniete	14588...589	-	7337	Blindniete
7050	-	7982	Senk-Blechschr. KS	16582-585	-	7337	Blindniete	15330	-	-	Wasserstoffverspr.
7051	-	7983	Linsensenk-Bls. KS	21269	-	-	Zyl.schr.Isk FG	16048	-	-	Passivierung f. Niro-St.
7053	-	6928	Sechsk.-Bund-Bls.	21670	-	977	Schweißmuttern m. Flansch	16426	-	-	MVE: QS-System

Tabelle 4: Normenänderung ISO → DIN

Zeichenerklärung zu Tabelle 4:

Isk	Innensechskant
K / KS	Kegelkuppe / Kreuzschlitz
ME	Mechanische Eigenschaften
MVE	Mechanische Verbindungselemente
RG / FG	Regelgewinde / Feingewinde
R / S / L	Regel- /Schwere- / Leichte Ausführung
Rs / Sp / Za	Ringschneide / Spitze / Zapfen
TL	Technische Lieferbedingungen
TZ	Technische Zeichnungen



1. Normung

Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

1.4.3 DIN → ISO (Sechskantschrauben, Muttern mit Vier- oder Sechskant)

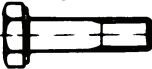

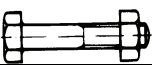
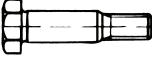

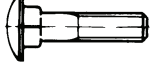



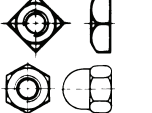
Artikelgruppe	vormals DIN	neu ISO DIN ISO DIN EN ISO	Abmessungen	Veränderungen
1. Sechskant-Schr. für die ISO-/EN-Normen vorliegen 	558 931 933 960 961	4018 4014 4017 8765 8676	M 10, 12, 14, 22 alle übrigen Ø	neue ISO-Schlüsselweiten keine = DIN und ISO identisch
	601 Mu m. Mu 555	4016 Mu m. Mu 4034	M 10,12,14,22	Schrauben: neue ISO-Schlüsselweiten Muttern: neue ISO-SW + ISO-Höhen
			übrige Ø bis M 39 übrige Ø über M 39	Schrauben: keine = DIN und ISO ident. Muttern: neue ISO-Höhen keine = DIN und ISO identisch
2. Sechskant-Schrauben, ohne ISO-/EN-Normen 	561 564 609 ~ 610	– – – –	Ø M 12, 16 alle übrigen Ø Ø M 10, 12, 14, 22 alle übrigen Ø	neue ISO-Schlüsselweiten keine neue ISO-Schlüsselweiten keine
	7968 Mu 7990 Mu m. Mu 555	Schrauben: – Mu n. ISO 4034	M 12, (22) alle übrigen Ø	Schrauben: neue ISO-Schlüsselweiten Muttern: neue ISO-SW + ISO-Höhen Schrauben: keine Muttern: neue ISO-Höhen
3. Schrauben ohne Werkzeugantrieb, ohne ISO-/EN-Normen – mit Sechskantmuttern, für die ISO-/EN-Normen vorliegen 	186/261 Mu 525 Mu 529 Mu 603 Mu 604 Mu 605 Mu 607 Mu 608 Mu 7969 Mu 11014 Mu	Schrauben: – Muttern nach ISO 4034	Ø M 10, 12, 14, 22 alle übrigen Ø	Schrauben: keine Muttern: neue ISO-SW + ISO-Höhen Schrauben: keine Muttern: neue ISO-Höhen
4. Sechskantmuttern, ohne ISO-/EN-Normen 	439-1 (A = ohne Fase)	4036	Ø M 10, 12, 14, 22	neue ISO-Schlüsselweiten (keine Höhenveränderung)
	439-2 (B = mit Fase)	4035 = Regel-Gewinde 8675 = Fein-Gewinde	alle übrigen Ø	keine = DIN und ISO identisch (keine Höhenänderung)
	555 934 Fkl. 6,8,10 Fkl. 12 Fkl.6,8,10	4034 (ISO-Typ 1) 4032 = Regel-Gewinde (ISO-Typ 1) 4033 = Regel-Gewinde (ISO-Typ 2) 8673 = Fein-Gewinde (ISO-Typ 1)	Ø M 10,12,14,22 übrige Ø M 5 – M 39 Ø unter M 5 Ø über M 39	neue ISO-SW + neue ISO-Höhen neue ISO-Höhen (keine SW-Veränderung) keine = DIN und ISO identisch
5. Muttern, für die keine ISO-/EN-Normen vorliegen 	557 917 935 986 1587	– – – – –	Ø M 10, 12, 14, 22 alle übrigen Ø	neue ISO-Schlüsselweiten keine

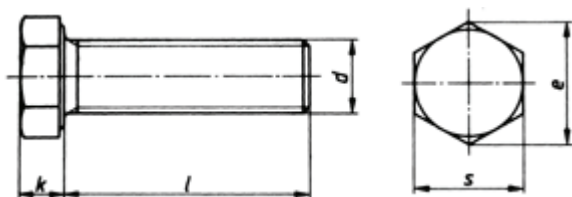
Tabelle 5: Normenänderung DIN-ISO (Sechskant)



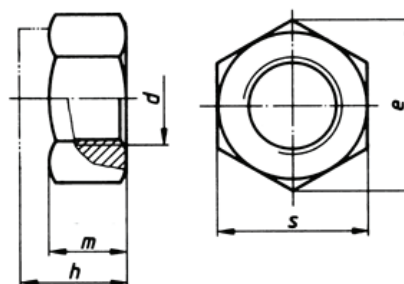
1. Normung

Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

1.4.4 DIN → ISO (Schlüsselweiten Schrauben und Muttern, Mutternhöhe)



s = Schlüsselweite bei Sechskantschrauben



s = Schlüsselweite bei Sechskantmuttern

Nennmaß d (möglichst zu vermeidende Größen)	Schlüsselweite s		Mutternhöhe m min-max				
	DIN	ISO	DIN 555	ISO 4034	DIN 934	ISO 4032 (Regelgewinde) 8673 (Feingewinde) ISO-Typ 1	ISO 4033 (Regelgewinde) ISO-Typ 2
				ISO-Typ 1			
M 1		2,5	–	–	0,55 – 0,8	–	–
M 1,2		3	–	–	0,75 – 1,0	–	–
M 1,4		3	–	–	0,95 – 1,2	–	–
M 1,6		3,2	–	–	1,05 – 1,30	1,05 – 1,3	–
M 2		4	–	–	1,35 – 1,60	1,35 – 1,6	–
M 2,5		5	–	–	1,75 – 2,00	1,75 – 2,0	–
M 3		5,5	–	–	2,15 – 2,40	2,15 – 2,4	–
(M 3,5)		6	–	–	2,55 – 2,80	2,55 – 2,8	–
M 4		7	–	–	2,90 – 3,20	2,90 – 3,2	–
M 5		8	3,4 – 4,6	4,4 – 5,6	3,70 – 4,00	4,40 – 4,7	4,8 – 5,1
M 6		10	4,4 – 5,6	4,6 – 6,1	4,70 – 5,00	4,90 – 5,2	5,4 – 5,7
(M 7)		11	–	–	5,20 – 5,50	–	–
M 8		13	5,75 – 7,25	6,4 – 7,9	6,14 – 6,50	6,44 – 6,8	7,14 – 7,5
M 10	17	16	7,25 – 8,75	8 – 9,5	7,64 – 8,00	8,04 – 8,4	8,94 – 9,3
M 12	19	18	9,25 – 10,75	10,4 – 12,2	9,64 – 10,00	10,37 – 10,8	11,75 – 12
(M 14)	22	21	–	12,1 – 13,9	10,3 – 11	12,1 – 12,8	13,4 – 14,1
M 16		24	12,1 – 13,9	14,1 – 15,9	12,3 – 13	14,1 – 14,8	15,7 – 16,4
(M 18)		27	–	15,1 – 16,9	14,3 – 15	15,1 – 15,8	–
M 20		30	15,1 – 16,9	16,9 – 19	14,9 – 16	16,9 – 18	19 – 20,3
(M 22)	32	34	17,1 – 18,9	18,1 – 20,2	16,9 – 18	18,1 – 19,4	–
M 24		36	17,95 – 20,05	20,2 – 22,3	17,7 – 19	20,2 – 21,5	22,6 – 23,9
(M 27)		41	20,95 – 23,05	22,6 – 24,7	20,7 – 22	22,5 – 23,8	–
M 30		46	22,95 – 25,05	24,3 – 26,4	22,7 – 24	24,3 – 25,6	27,3 – 28,6
(M 33)		50	24,95 – 27,05	27,4 – 29,5	24,7 – 26	27,4 – 28,7	–
M 36		55	27,95 – 30,05	28 – 31,5	27,4 – 29	29,4 – 31	33,1 – 34,7
(M 39)		60	29,75 – 32,25	31,8 – 34,3	29,4 – 31	31,8 – 33,4	–
M 42		65	32,75 – 35,25	32,4 – 34,9	32,4 – 34	32,4 – 34	–
(M 45)		70	34,75 – 37,25	34,4 – 36,9	34,4 – 36	34,4 – 36	–
M 48		75	36,75 – 39,25	36,4 – 38,9	36,4 – 38	36,4 – 38	–
(M 52)		80	40,75 – 43,25	40,4 – 42,9	40,4 – 42	40,4 – 42	–
M 56		85	43,75 – 46,25	43,4 – 45,9	43,4 – 45	43,4 – 45	–
(M 60)		90	46,75 – 49,25	46,4 – 48,9	46,4 – 48	46,4 – 48	–
M 64		95	49,5 – 52,5	49,4 – 52,4	49,1 – 51	49,1 – 51	–
> M 64	–	–	bis M 100 x 6	–	bis M 160 x 6	– / –	–

Tabelle 6: Normenänderungen DIN-ISO (Schlüsselweite)



1. Normung

Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

1.4.5 DIN → ISO (Bolzen, Stifte, Gewindestifte und Scheiben für Bolzen)

Die wichtigsten Veränderungen sind in der Tabelle aufgeführt. Die Umstellung erfolgt in angemessener Übergangszeit.



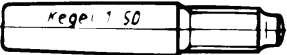


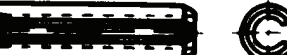


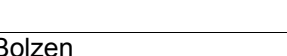
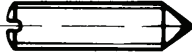
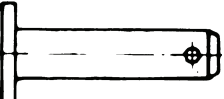

Artikelgruppe	<u>vormals</u> DIN	<u>neu</u> ISO DIN ISO DIN EN ISO	Die wichtigsten Änderungen
Kegelstifte, Zylinderstifte   	1	2339	– Länge L neu nach ISO inkl. Kuppen (bisher nach DIN exkl. Kuppen)
	7	2338	– Länge L neu nach ISO inkl. Kuppen (bisher nach DIN exkl. Kuppen) – Formen A, B, C (Form A/Tol. m 6 neu m. Kuppe/Fase)
	6325	8734	– Neu: Form A mit Fase/Kuppe, durchgehärtet (weitgehend identisch mit DIN 6325) Form B mit Fase, einsatzgehärtet
	7977 7978 7979/D	8737 8736 8733, 8735	– Keine gravierenden Änderungen (DIN 7979/C ~ ISO 8733 [ungehärtet] DIN 7979/D ~ ISO 8735/A [durchgehärtet])
Kerbstifte, Kerbnägel  	1470 1471 1472 1473 1474 1475	8739 8744 8745 8740 8741 8742	– Länge L neu nach ISO inkl. Kuppen (bisher nach DIN exkl. Kuppen)
	–	8743	– Neu: Knebelkerbstift, halbe Länge gekerbt
	1476 1477	8746 8747	– Form A = keine gravierenden Änderungen – Zusätzlich Form B mit Einführende
	1481	8752	– Form A = Regelausführung bis $\varnothing \leq 12$ mm mit 2 Fasen (bisher bis $\varnothing \leq 6$ mm) – zusätzlich Form B = nicht verhakend
Spannstifte, Spiral-Spannstifte    	7343 7344 7346	8750 8748 13337	– Keine größeren Änderungen
	– –	8749 8751	– Neu: Stifte, Kerbstifte: Scherversuch – Neu: Spiral-Spannstifte, leichte Ausführung
Gewindestifte mit Schlitz 	417 438 551 553	7435 7436 4766 7434	– Keine größeren Änderungen – DIN und ISO nahezu identisch
Bolzen 	1443 1444	2340 2341	– Teilweise andere Nennlängen – Längentoleranzen geändert
	1433 1434 1435 1436	– – – –	– DIN-Normen wurden zurückgezogen ISO-Normen sind nicht vorgesehen
Scheiben für Bolzen 	1440	8738	– Einige Außen- \varnothing und Dicken geändert (hindert allgemein Austausch nicht)
	1441	–	– Keine ISO-Norm vorgesehen

Tabelle 7: Normenänderung DIN-ISO (Bolzen)



1. Normung

Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

1.4.6 DIN → ISO (Gewindeschrauben, Blechschrauben)

ISO-Normen für Gewinde- und Blechschrauben enthalten gegenüber DIN-Normen folgende Änderungen:

- neuer Senkwinkel für Blechschrauben mit Senk-/Linsensenkkopf = 90° nach DIN 66 / ISO 7721 (bisher 80°)
- Wegfall des Durchmessers ST 3,9 bei Blechschrauben
- teilweise geringfügige Änderung der Kopfmaße d_k = allgemein, keine Gefährdung beim Austausch, da die Änderungen vorwiegend innerhalb der alten Toleranzen liegen
- teilweise größere Änderung der Kopfmaße d_k

Die Tabellen zeigen Normnummernänderung DIN-ISO (Tabelle 8) und Kopfmaßänderungen DIN-ISO (Tabelle 9-13)

Tabelle 8: Norm-Änderungen DIN → ISO (Gewinde und Blechschrauben)

Gewindeschrauben		Blechschrauben	
DIN	ISO	DIN	ISO
Produktnormen:			
84	1207	7971	1481
85	1580	7972	1482
963	2009	7973	1483
964	2010	7976	1479
965	7046-1, 2	7981	7049
966	7047	7982	7050
7985	7045	7983	7051
–	7048		
Grundnormen:			
267-2	4759-1	267-12	2702
267-3	898-1	7962	4757 / 7721-2
		7970	1478

Tabelle 9: Zylinderschrauben mit Schlitz

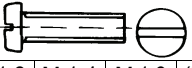
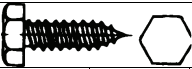
Angaben in mm								Metrische Schrauben								ISO 1207 DIN 84	
	Gewinde	M 1	M 1,2	M 1,4	M 1,6	(M 1,8)	M 2	M 2,5	M 3	(M 3,5)	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10		
max.	ISO (neu)	–	–	–	3	–	3,8	4,5	5,5	6	7	8,5	10	13	16		
Kopfdurchmesser	DIN (alt)	2	2,3	2,6	3	3,4	3,8	4,5	5,5	6	7	8,5	10	13	16		
max.	ISO (neu)	–	–	–	1,1	–	1,4	1,8	2	2,4	2,6	3,3	3,9	5	6		
Kopfhöhe	DIN (alt)	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,6	2	2,4	2,6	3,3	3,9	5	6		

Tabelle 10: Sechskant-Blechschrauben

Angaben in mm						Blechschrauben				ISO 1479 DIN 7976		
	Gewinde	ST 2,2	ST 2,9	ST 3,5	(ST 3,9)	ST 4,2	ST 4,8	(ST 5,5)	ST 6,3	ST 8	ST 9,5	
max.	ISO (neu)	1,6	2,3	2,6	–	3	3,8	4,1	4,7	6	7,5	
Kopfhöhe	DIN (alt)	1,42	1,62	2,42	2,42	2,92	3,12	4,15	4,95	5,95	–	



1. Normung

Sinn, Institutionen, Aussage einer Norm, Normenumstellung (DIN-ISO)

Tabelle 11: Senkschrauben mit Schlitz oder Kreuzschlitz


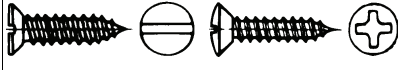
Angaben in mm		 Metrische Schrauben ISO 2009, 2010, 7046, 7047 DIN 963, 964, 965, 966									
	Gewinde	M 1,6	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10
max.	ISO (neu)	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3
Kopfdurchmesser	DIN (alt)	3	3,8	4,7	5,6	6,5	7,5	9,2	11	14,5	18
max.	ISO (neu)	1	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5
Kopfhöhe	DIN (alt)	0,96	1,2	1,5	1,65	1,93	2,2	2,5	3	4	5
		 Blechschraben ISO 1482, 1483, 7050, 7051 (≤ 90°) DIN 7972, 7973, 7982, 7983 (≤ 80°)									
	Gewinde	ST 2,2	ST 2,9	ST 3,5	ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5
max.	ISO (neu)	3,8	5,5	7,3	–	8,4	9,3	10,3	11,3	15,8	18,3
Kopfdurchmesser	DIN (alt)	4,3	5,5	6,8	7,5	8,1	9,5	10,8	12,4	–	–
max.	ISO (neu)	1,1	1,7	2,35	–	2,6	2,8	3	3,15	4,65	5,25
Kopfhöhe	DIN (alt)	1,3	1,7	2,1	2,3	2,5	3	3,4	3,8	–	–

Tabelle 12: Flachkopfschrauben mit Schlitz

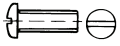

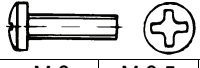

Angaben in mm						Metrische Schrauben ISO 1580 DIN 85					
	Gewinde	M 1,6	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10
max.	ISO (neu)	3,2	4	5	5,6	7	8	9,5	12	16	20
Kopfdurchmesser	DIN (alt)	–	–	–	6	7	8	10	12	16	20
max.	ISO (neu)	1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4	3	3,6	4,8	6
Kopfhöhe	DIN (alt)	–	–	–	1,8	2,1	2,4	3	3,6	4,8	6
						Blechschraben ISO 1481 DIN 7971					
	Gewinde	ST 2,2	ST 2,9	ST 3,5	ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5
max.	ISO (neu)	4	5,6	7	–	8	9,5	11	12	16	20
Kopfdurchmesser	DIN (alt)	4,2	5,6	6,9	7,5	8,2	9,5	10,8	12,5	–	–
max.	ISO (neu)	1,3	1,8	2,1	–	2,4	3	3,2	3,6	4,8	6
Kopfhöhe	DIN (alt)	1,35	1,75	2,1	2,25	2,45	2,8	3,2	3,65	–	–

Tabelle 13: Flachkopfschrauben (Linsenschrauben) mit Kreuzschlitz

Angaben in mm						Metrische Schrauben ISO 7045 DIN 7985					
	Gewinde	M 1,6	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10
max.	ISO (neu)	3,2	4	5	5,6	7	8	9,5	12	16	20
Kopfdurchmesser	DIN (alt)	3,2	4	5	6	7	8	10	12	16	20
max.	ISO (neu)	1,3	1,6	2,1	2,4	2,6	3,1	3,7	4,6	6	7,5
Kopfhöhe	DIN (alt)	1,3	1,6	2	2,4	2,7	3,1	3,8	4,6	6	7,5
						Blechschraben ISO 7049 DIN 7981					
	Gewinde	ST 2,2	ST 2,9	ST 3,5	ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5
max.	ISO (neu)	4	5,6	7	–	8	9,5	11	12	16	20
Kopfdurchmesser	DIN (alt)	4,2	5,6	6,9	7,5	8,2	9,5	10,8	12,5	–	–
max.	ISO (neu)	1,6	2,4	2,6	–	3,1	3,7	4	4,6	6	7,5
Kopfhöhe	DIN (alt)	1,8	2,2	2,6	2,8	3,05	3,55	3,95	4,55	–	–



2. Kopf- und Antriebsformen

Antriebsformen, Kopfformen, lieferbare Kombinationen

Für die technisch wie wirtschaftlich richtige Wahl von Kopfform und Kraftübertragungsflächen bieten wir vom Längsschlitz für einfache Verschraubungen über Innensechsrund-(TORX)-Ausführungen für die Übertragung großer Drehmomente in hochbeanspruchten Verbindungen bis zu Sonderformen für diebstahlhemmende Befestigungen. Hier einige Beispiele:

2.1 Antriebsformen mit Vor- und Nachteilen













Bezeichnung	Abbildung	Vorteile	Nachteile
1. Allgemeine Antriebe			
Längsschlitz		+ einfaches Werkzeug + günstige Beschaffung	- Abrutschen wegen fehlender Führung - geringe Kraftübertragung möglich - schlechte Zentrierbarkeit
Außensechskant		+ preisgünstig in Beschaffung + hohe übertragbare Drehmomente + kein Werkzeugwechsel für Schraube und Mutter gleicher Größe	- Größe des Werkzeugs - Seitlicher Platzbedarf um den Kopf herum notwendig (Schlüssel oder Stecknuss)
Innensechskant		+ Zugang von oben reicht (Lochmontage) + kleine Werkzeuge	- Geringere übertragbare Drehmomente als bei Außensechskant
2. Schnellmontage-Antriebe			
Kreuzschlitz Philipps „PH“		+ gute Zentrierbarkeit + höheres Drehmoment als Längsschlitz + Zugang von oben, kleines Werkzeug	- Gefahr des seitlichen Herausrutschens des Bit-Einsatzes - Geringere Kraftübertragung als bei Torx - Leichtes „Ausdrehen“ des Kopfes
Kreuzschlitz Pozidrive „PZ“		+ gute Zentrierbarkeit + höheres Drehmoment als Längsschlitz + Zugang von oben, kleines Werkzeug + erhöhter seitlicher Halt als PH-Kreuzschlitz	- Geringere Kraftübertragung als bei Torx
3. Kraft-Antriebe			
Innensechsrund (Torx)		+ sehr hohe Drehmomentübertragung + sehr guter Seitenhalt des Einsatzes + Zugang von oben, kleines Werkzeug + fast gleiche Kosten wie z.B. PZ oder PH	- Kleine Größen (TX 10, 15, 20) sind ggf. schlecht einzuführen - leichteres „Ausdrehen“ der Zähne im Kopf
Außensechsrund			
4. Sonder-Antriebe			
Vierkant			- höhere Kosten als Außensechskant - Größe des Werkzeugs - Platzbedarf um den Kopf herum notwendig
5. Sicherheits-Antriebe			
Einwegantrieb		+ sicherer Schutz vor Öffnen da der Kopf abreißt, wenn er in die Gegenrichtung gedreht wird	- vergleichsweise teure Beschaffung - Rausdrehen zur Korrektur der Schraube nur mit deren Zerstörung möglich
Sicherheits-PIN Torx Innensechskant		+ mittelsicherer Schutz durch eingehämmerten Zapfen + mit normalem Werkzeug zu verarbeiten	- vergleichsweise teure Beschaffung- - Korrektur nur durch Rausbohren des Zapfens möglich
TORX mit Innenloch		+ vergleichsweise günstige Beschaffung	- geringer Schutz, mit Werkzeug zu öffnen - Werkzeuge sind handelsüblich zu kaufen
Zweilochantrieb		+ vergleichsweise günstige Beschaffung + sicherer Halt beim Eindrehen	- geringer Schutz, mit handelsüblichen Werkzeug zu öffnen
Abreißkopf		+ sicherer Schutz vor Öffnen da der Einschraubkopf abgerissen wird + mit normalem Werkzeug zu verarbeiten	- vergleichsweise teure Beschaffung - Korrektur nach Abreißen des Kopfes nicht möglich

Tabelle 14: Antriebsformen



2.2 verschiedene Kopfformen von Schrauben














Bezeichnung	Abbildung	Bezeichnung	Abbildung
Zylinderkopf		Rändelkopf	
Sechskantkopf		Vierkantkopf	
Sechskantkopf mit Flansch		Flügelkopf	
Linsenkopf*, Flachkopf		Flachrundkopf* ähnlich Linsenkopf, nur breiter gezogen	
Senkkopf		Halbrundkopf ähnlich Linsenkopf, nur niedriger, Halbkugel	
Linsensenkkopf		Dreikantkopf	
		Hakenkopf	

Tabelle 15: Kopfformen

* alternativ auch mit angespresster Scheibe bzw. Flansch lieferbar







2.3 Lieferbare Kombinationen Antrieb / Kopfform

Legende:

M = lieferbar mit metrischen Gewinde

H = lieferbar mit Holzgewinde

B = lieferbar mit Blechgewinde

Bezeichnung	Abbildung	Zylinderkopf	Sechskant	Linsenkopf	Senkkopf	Linsensenkkopf	Flachrundkopf
1. Allgemeine Antriebe							
Längsschlitz			M	M, H, B	M, H, B	M, H, B	M (Becherschraube)
Außensechskant			M, H, B				
Innensechskant		M, H, B			M		M (ULS-Schraube)
2. Schnellmontage-Antriebe							
Kreuzschlitz Phillips „PH“				M, H, B	M, H, B	M, H, B	
Kreuzschlitz Pozidrive „PZ“				M, H, B	M, H, B	M, H, B	
3. Kraft-Antriebe							
Innensechsrund (Torx)				M, H, B	M, H, B	M, H, B	
Außensechsrund							



2. Kopf- und Antriebsformen

Antriebsformen, Kopfformen, lieferbare Kombinationen






Bezeichnung	Abbildung	 Zylinderkopf	 Sechskant	 Linsenkopf	 Senkkopf	 Linsensenkkopf	 Flachrundkopf
4. Sonder-Antriebe							
Vierkant		lieferbar nur als Vierkantkopf					
Dreikant							
5. Sicherheits-Antriebe							
Einwegantrieb							
Sicherheits-PIN Torx Innensechskant				M, H, B	M, B	M, B	
TORX mit Innenloch							
Zweilochantrieb				M, B	M, B		
Abreißkopf							

Tabelle 16: lieferbare Kopf/Antriebsformen



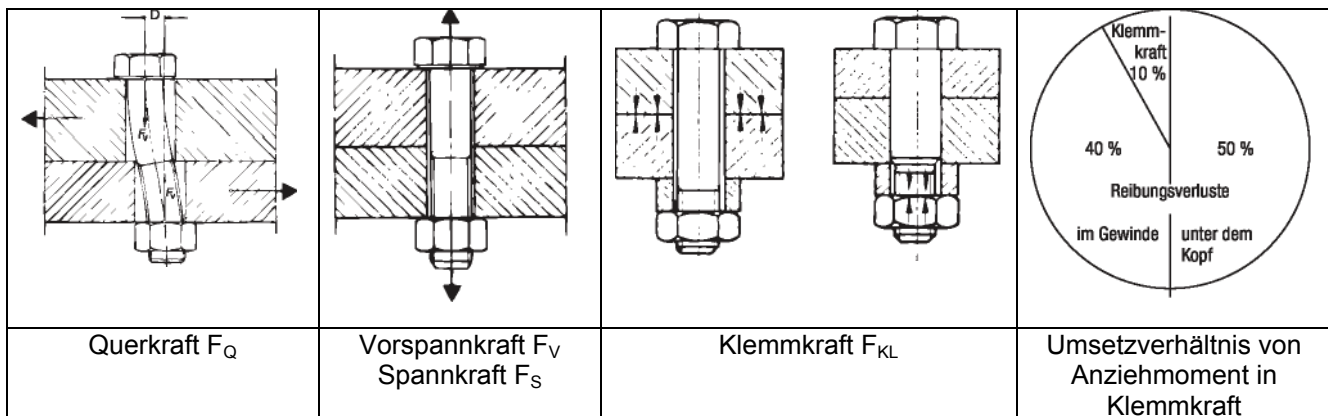
3.1 Grundsätzliche Hinweise

Funktionserfüllung und Dauerhaltbarkeit von Schraubenverbindungen werden hauptsächlich bestimmt durch die Faktoren

- mechanische Eigenschaften (Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehnung)
- Betriebsbedingungen (statisch/dynamisch...)
- Beanspruchungen (Temperatur, Korrosion)
- Dimensionierung (Durchmesser, Länge)
- ggf. Sicherung gegen Lockern oder Losdrehen
- Montage (Anziehverfahren, Vorspann-/ Klemmkraften, Anziehmoment...)

Es ist Aufgabe der konstruktiven Planung, in Kenntnis aller Anforderungen die geeigneten Verbindungselemente zu bestimmen, mit den genormten Bezeichnungen zu definieren und die notwendigen Montageanweisungen vorzugeben. Für die „Systematische Berechnung hoch beanspruchter Schraubenverbindungen“ steht als anerkanntes Standardwerk die VDI-Richtlinie 2230 zur Verfügung.

Schraubenverbindungen sollen so berechnet und montiert sein, dass aufgrund ausreichend bleibender Klemmkraft unter Betriebsbelastungen keine Scherkräfte (F_Q) quer zur Schraubenachse zur Wirkung kommen können. Hierbei sind auch Klemmkraftverluste infolge von Setzträgen zu berücksichtigen. Sind die Querkraften größer als die Klemmkraft führt dies zum Lockern – und schließlich zum Versagen – der Verbindung.



Die jeweils erforderliche Klemmwirkung wird bei der Montage durch Einbringen einer dem Durchmesser und der Streckgrenze des Verbindungselementes entsprechenden Vorspannung F_V (= vor Betriebsbeanspruchung) über das Anziehen der Gewindeteile erreicht.

Der **Genauigkeitsgrad** für das Erreichen der erforderlichen Vorspannkraft wird beeinflusst durch

- die Art des Verschraubungsfalles (hart oder weich/kurz oder lang)
- das Anziehverfahren und dessen Streuung
- die Oberflächenzustände und daraus resultierende Reibungsverhältnisse
- spezielle Verschraubungskomponenten (z. B. Dichtungen, Federelemente...)



3. Werkstoffe - Stähle

Zusammensetzung, Zugfestigkeit, Anziehdrehmomente, Kennzeichnung

3.2 Zusammensetzung von Stählen

Festigkeits- klasse	Werkstoff und Wärmebehandlung	chem. Zusammensetzung (Massenanteil in %)				Anlass- Temperatur °C
		Kohlenstoff	P	S		min.
		min.	max.	max.	max.	min.
3.6 ¹⁾	Kohlenstoffstahl		0,20	0,05	0,06	-
4.6 ¹⁾			0,55	0,05	0,06	-
			0,15	0,55	0,05	
5.6 ¹⁾			0,55	0,05	0,06	
8.8 ²⁾	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,15 ³⁾	0,40	0,035	0,035	425
	Kohlenstoffstahl, abgeschreckt und angelassen	0,25	0,55	0,035	0,035	
9.8	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,15 ³⁾	0,35	0,035	0,035	425
	Kohlenstoffstahl, abgeschreckt und angelassen	0,25	0,55	0,035	0,035	
10.9 ⁴⁾	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,15 ³⁾	0,35	0,035	0,035	340
10.9 ⁶⁾	Kohlenstoffstahl, abgeschreckt und angelassen	0,25	0,55	0,035	0,035	425
	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor, Mn oder Cr), abgeschreckt und angelassen	0,20 ³⁾	0,55	0,035	0,035	
	Legierter Stahl, abgeschreckt und angelassen ⁵⁾	0,20	0,55	0,035	0,035	
12.9 ^{6) 7)}	Legierter Stahl, abgeschreckt und angelassen ⁵⁾	0,20	0,50	0,035	0,035	380

Tabelle 17: Zusammensetzung von Stählen

¹⁾ zulässiger Automatenstahl mit folgenden maximalen Phosphor-, Schwefel- und Bleianteilen: Schwefel 0,34%, Phosphor 0,11%, Blei 0,35%

²⁾ Für Nenndurchmesser über 20 mm kann es notwendig sein, einen für die Festigkeitsklassen 10.9 vorgesehenen Werkstoff zu verwenden, um eine ausreichende Härtebarkeit sicherzustellen.

³⁾ Bei Kohlenstoffstählen mit dem Zusatz von Bor und einem Kohlenstoffgehalt unter 0,25% muss ein Mangangehalt von min. 0,6% für Festigkeitsklasse 8.8 und 0,7% für Festigkeitsklasse 9.8 und 10.9 vorhanden sein.

⁴⁾ Für Produkte aus diesen Stählen muss das Kennzeichen der Festigkeitsklasse unterstrichen sein.

⁵⁾ Legierter Stahl muss mindestens einen der Legierungsbestandteile Chrom, Nickel, Molybdän oder Vanadium enthalten.

⁶⁾ Der Werkstoff für diese Festigkeitsklassen muss ausreichend härtebar sein um sicherzustellen, dass im Kernbereich des Gewindeteils nach dem Härten vor dem Anlassen ein Martensitanteil von ungefähr 90% vorhanden ist.

⁷⁾ Für die Festigkeitsklasse 12.9 ist eine metallographisch feststellbare, mit Phosphor angereicherte weiße Schicht an Oberflächen, die auf Zug beansprucht werden, nicht zulässig.



3.3 Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehngrenze, Bruchdehnung

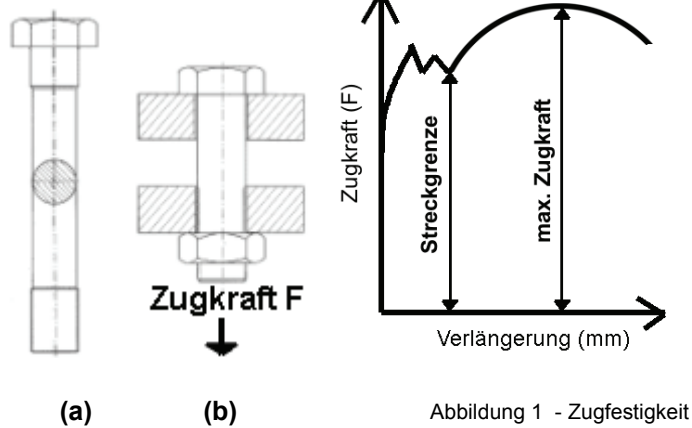
Die Zugfestigkeit von Schrauben oder Verbindungselementen ist ein Bestandteil der Festigkeitsangabe der Schraube. Beispielsweise steht die Festigkeitsangabe 8.8 für eine Schraube, welche im Zug mit 800 N belastet werden kann, eine Schraube mit 10.9 hingegen kann mit 1000 N im Zug belastet werden

Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Begriffe zum Thema Zugfestigkeit definiert und beispielhaft ausgeführt.

3.3.1 Definitionen und Begriffe

1) Zugfestigkeit

R_m N/mm²



Zugversuch bei abgedrehter (a) und kompletter (b) Schraube

Die Zugfestigkeit R_m definiert, ab welcher Zugspannung eine Schraube brechen darf. Der Bruch darf nur im Schaft oder Gewinde und nicht bei deren Übergang auftreten.

Zugfestigkeit bei Gewindebruch

$$R_m = \frac{\text{max. Zugkraft } F}{\text{Spannungsquerschnitt } A_s} \quad \text{Einheit: } \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Zugfestigkeit bei Schaftbruch (im zylindrischen Schaft)

$$R_m = \frac{\text{max. Zugkraft } F}{\text{Querschnittsfläche } S_0} \quad \text{Einheit: } \frac{N}{\text{mm}^2}$$

2) Streckgrenze

R_e N/mm²

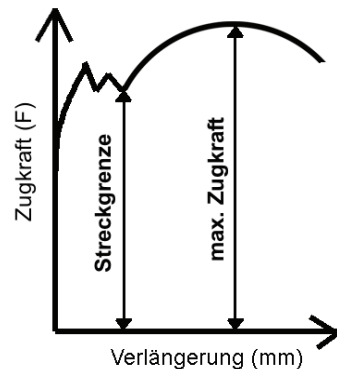


Abbildung 2 - Streckgrenze

Die Streckgrenze gibt an, ab welcher Spannung trotz steigender Verlängerung der Schraube die Zugkraft das erste Mal konstant ist oder sinkt. Die genaue Streckgrenze kann nur bei abgedrehten Schrauben ermittelt werden (Ausnahme: rost- und säurebeständige Schrauben, Stahlgruppe A1–A5). vgl. DIN EN ISO 898 Teil 1.



3. Werkstoffe - Stähle

Zusammensetzung, Zugfestigkeit, Anziehdrehmomente, Kennzeichnung

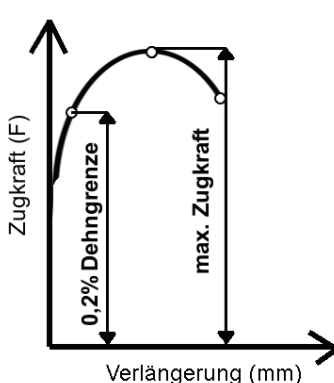
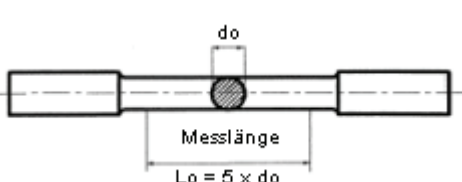
<p>3) 0,2% Dehngrenze $R_{P=0,2}$ N/mm²</p>  <p>Abbildung 3 – 0,2% Dehngrenze</p>	<p>Die 0,2% Dehngrenze gibt an, welche Spannung notwendig ist, um eine dauerhafte Dehnung von 0,2 % der Schraube zu erreichen. Der Spannungsverlauf wird in folgender Abbildung 3 skizziert. Der Wert wird für hochfeste Schrauben (z.B. 10.9 oder 12.9) benutzt.</p>
<p>4) Bruchdehnung A_5 1/100 (%)</p>  <p>Abbildung 4 - Bruchdehnung</p>	<p>Die Bruchdehnung ist ein Indikator für die Verformbarkeit eines Werkstoffes. Sie wird an abgedrehten Schrauben mit festgelegtem Schaft bestimmt. (außer bei rost- und säurebeständigen Schrauben, Stahlgruppe A1–A5).</p>

Tabelle 18: Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehngrenze, Bruchdehnung



3. Werkstoffe - Stähle

Zusammensetzung, Zugfestigkeit, Anziehdrehmomente, Kennzeichnung

3.4 Mechanische Eigenschaften von Stahlschrauben

3.4.1 Anziehdrehmomente Stahlschrauben (Regelgewinde)

Vorspannkkräfte und Anziehmomente für Schaftschrauben aus Stahl mit Kopfauflagemaßen wie DIN 912, 931, 933, 934 / ISO 4762, 4014, 4017, 4032 ...*

In den Tabellenwerten für MA sind berücksichtigt:

- Reibungszahl $\mu_{ges} = 0,14^*$
- Ausnutzung der Mindest-Streckgrenze = 90 %
- Torsionsmoment beim Anziehen (* Die Reibungszahl von $\mu_{ges} = 0,14$ wird allgemein für Schrauben und Muttern in handelsüblicher Lieferausführung angenommen.)

***Zusätzliche Schmierung der Gewinde verändert die Reibungszahl erheblich und führt zu unbestimmten Anziehverhältnissen! In folgendem Beispiel wird mit einer Reibungszahl von $\mu_{ges} = 0,14$ gerechnet. Je nach Anziehmethode und Werkzeug ergeben sich unterschiedliche Reibungszahlen oder Streuungen. Alle Angaben unverbindliche Richtwerte. (vgl. Kapitel 3.4.4 Reibungszahlen bei Schmierung)**

Tabelle 19: Regelgewinde

Abmessung	P**	Spannungs- querschnitt in As / mm ²	Vorspannkraft Fv (N)					** Regelsteigung Anziehmoment MA (Nm)				
			4.6	5.6	8.8	10.9	12.9	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
M 4	0,7	8,78	1 280	1710	4300	6300	7 400	1,02	1,37	3,3	4,8	5,6
M 5	0,8	14,2	2 100	2790	7 000	10300	12 000	2,0	2,7	6,5	9,5	11,2
M 6	1,0	20,1	2 960	3940	9 900	14500	17 000	3,5	4,6	11,3	16,5	19,3
M 8	1,25	36,6	5 420	7230	18 100	26600	31 100	8,4	11	27,3	40,1	46,9
M 10	1,5	58,0	8 640	11500	28 800	42200	49 400	17	22	54	79	93
M 12	1,75	84,3	12 600	16800	41 900	61500	72 000	29	39	93	137	160
M 14	2,0	115	17 300	23100	57 500	84400	98 800	46	62	148	218	255
M 16	2,0	157	23 800	31700	78 800	115700	135 400	71	95	230	338	395
M 18	2,5	193	28 900	38600	99 000	141000	165 000	97	130	329	469	549
M 20	2,5	245	37 200	49600	127 000	181000	212 000	138	184	464	661	773
M 22	2,5	303	46 500	62000	158 000	225000	264 000	186	250	634	904	1 057
M 24	3,0	353	53 600	71400	183 000	260000	305 000	235	315	798	1136	1 329
M 27	3,0	459	70 600	94100	240 000	342000	400 000	350	470	1176	1 674	1 959
M 30	3,5	561	85 700	114500	292 000	416000	487 000	475	635	1597	2274	2662
M 33	3,5	694	107 000	142500	363 000	517000	605 000	645	865	2161	3078	3601
M 36	4,0	817	125 500	167500	427 000	608000	711 000	1080	1440	2778	3957	4631
M 39	4,0	976	151 000	201000	512 000	729000	853 000	1330	1780	3597	5123	5994

3.4.2 Anziehdrehmomente Stahlschrauben (Feingewinde)

Tabelle 20: Feingewinde

Abmessung x P	Spannungs- querschnitt in As / mm ²	Vorspannkraft Fv (N)			Anziehmoment MA (Nm)		
		8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M 8 x 1	39,2	19 700	28 900	33 900	29,2	42,8	50,1
M 10 x 1,25	61,2	30 800	45 200	52 900	57	83	98
M 12 x 1,25	92,1	46 800	68 700	80 400	101	149	174
M 12 x 1,5	88,1	44 300	65 100	76 200	97	143	167
M 14 x 1,5	125	63 200	92 900	108 700	159	234	274
M 16 x 1,5	167	85 500	125 500	146 900	244	359	420
M 18 x 1,5	216	115 000	163 000	191 000	368	523	613
M 20 x 1,5	272	144 000	206 000	241 000	511	728	852
M 22 x 1,5	333	178 000	253 000	296 000	692	985	1 153
M 24 x 2	384	204 000	290 000	339 000	865	1 232	1 442
M 27 x 2	496	264 000	375 000	439 000	1 262	1 797	2 103
M 30 x 2	621	331 000	472 000	552 000	1 756	2 502	2 927



3. Werkstoffe - Stähle

Zusammensetzung, Zugfestigkeit, Anziehdrehmomente, Kennzeichnung

3.4.3 Anziehdrehmomente für HV-Verbindungen

Vorspannkkräfte und Anziehmomente für HV-Schraubverbindungen DIN 6914/7999/6915-10.9/10

Die Ausführung von HV-Schraubenverbindungen ist in DIN 18800-7 geregelt. (Zukünftig: EN V 1090) HV-Schrauben DIN 6914 dürfen nur mit Sechskantmutter nach DIN 6915 und mit Scheiben nach DIN 6916, 6917 oder 6918 verwendet werden.

Feuerverzinkte HV-Schraubenverbindungen müssen mit Schmiermittel versehen sein – aus deutscher Produktion erfolgt die Lieferung in der Regel einbaufertig geschmiert (Mutter sind in Schmiermittel getaucht). Zusätzliche Behandlungen verändern das Anziehverhalten – hierfür müssen passende Werte ermittelt werden!

Montageverfahren: Für eine planmäßige Vorspannung sind HV-Schrauben-Garnituren auf die Regel-Vorspannkraft F_V nach Tabelle 21, Spalte 2, vorzuspannen. Für das Vorspannen – im Regelfall durch Drehen der Mutter – sind folgende Verfahren anzuwenden:

- **Drehmoment-Verfahren**
Für die Erzeugung der Regel-Vorspannkraft F_V nach Tabelle 21, Spalte 2 müssen in Abhängigkeit vom Oberflächenzustand die in den Spalten 3 oder 4 der Tabelle 21 angegebenen Anziehmomente M_A aufgebracht werden. Dieses Verfahren ermöglicht ein stufenweise Vorspannen in Anschlüssen mit vielen Schrauben sowie ein Nachziehen als Kontrolle oder zum Ausgleich von Vorspannkraftverlusten nach wenigen Tagen.
- **Drehimpuls-Verfahren**
Die erforderliche Vorspannkraft wird durch Drehimpulse erzeugt. Soll auf die Regel-Vorspannkraft F_V vorgespannt werden, muss der Impuls- oder Schlagschrauber auf den um 10% höheren Vorspannkraftwert $F_{V,D}$ nach Spalte 5 von Tabelle 21 mit geeigneten Messeinrichtungen eingestellt werden.
- **Drehwinkel-Verfahren**
Die Anwendung des Verfahrens setzt voraus, dass im Bereich der Verschraubung bereits vor dem Vorspannen eine weitgehend flächige Auflage der zu verbindenden Bauteile vorliegt. Das Vorspannen erfolgt zunächst durch ein Voranziehmoment M_{VA} , D_W und anschließend durch Weiterdrehen der Mutter um einen erforderlichen Weiterdrehwinkel. Dieser muss sicherstellen, dass mindestens die in Spalte 2 von Tabelle 21 angegebene Regel-Vorspannkraft F_V erreicht wird. Der erforderliche Weiterdrehwinkel ist durch eine Verfahrensprüfung an der jeweiligen Originalverschraubung zu ermitteln (z.B. Messung der Schraubenverlängerung).
- **Kombiniertes Vorspann-Verfahren**
Zuerst ist das erhöhte Voranziehmoment M_{VA} , K_V in Abhängigkeit des Oberflächenzustandes der Schrauben nach Spalte 7 oder 8 von Tabelle 21 aufzubringen. Ist damit eine weitgehend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile erreicht worden, darf das endgültige Vorspannen der Verbindung auf die Regel-Vorspannkraft F_V durch Weiterdrehen der Mutter erfolgen.

Wichtiger Hinweis:

Montagewerkzeuge (z.B. Schraub-/Stecknüsse) können beim Aufsetzen die Korrosionsschutzbeschichtung an Scheiben und Werkstücken zerstören! Dagegen schützt ein Tiefenbegrenzungseinsatz in der Stecknuss (z.B. Hartgummi- oder Kunststofftring).



3. Werkstoffe - Stähle

Zusammensetzung, Zugfestigkeit, Anziehdrehmomente, Kennzeichnung

Vorspannkraft und Anziehmomente für Drehmoment-, Drehimpuls-, Drehwinkel- und kombiniertes Vorspann-Verfahren für HV-Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9

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

Tabelle 21: Vorspannkraft und Anziehmomente nach Verfahren

* Muttern mit Molybdändisulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt

** Unabhängig von der Schmierung des Gewindes und der Auflagefläche von Mutter und Schraube

3.4.4 Reibungszahlen für Stahlschrauben/ -muttern

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

Es gilt:

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

Oberflächenzustand		Reibungszahl μ_{ges} bei Zustand		
bei Schrauben	bei Muttern	ungeschmied	geölt	MoS ₂ -Paste
ohne Nachbehandlung (schwarz)	ohne Nachbehandlung (schwarz)	0,12 - 0,18	0,10 - 0,17	0,06 - 0,12
Mn-phosphatiert		0,14 - 0,18	0,14 - 0,15	0,06 - 0,11
Zn-phosphatiert		0,14 - 0,21	0,14 - 0,17	0,06 - 0,12
galvanisch verzinkt 5 – 8 μ m		0,12 - 0,20	0,10 - 0,18	
galvanisch verkadmet 5 – 8 μ m	galvanisch verzinkt 3 – 5 μ m	0,08 - 0,14	0,08 - 0,11	
galvanisch verzinkt 5 – 8 μ m		0,12 - 0,20	0,10 - 0,18	
galvanisch verkadmet 5 – 8 μ m		0,12 - 0,16	0,12 - 0,14	

Tabelle 22:
Reibungszahlen bei Schmierung (Stahlschrauben)



3. Werkstoffe - Stähle

Zusammensetzung, Zugfestigkeit, Anziehdrehmomente, Kennzeichnung

3.4.5 Mindestbruchkräfte in (N)

Tabelle 23: Mindestbruchkräfte für metrisches ISO-Regelgewinde

Gewinde	Nenn-Spannungs- querschnitt A _s [mm]	Festigkeitsklassen									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
M 3	5,03	1660	2010	2110	2510	2620	3020	4020	4530	5230	6140
M 3,5	6,78	2240	2710	2850	3390	3530	4070	5420	6100	7050	8270
M 4	8,78	2900	3510	3690	4390	4570	5270	7020	7900	9130	10700
M 5	14,2	4690	5680	5960	7100	7380	8520	11350	12800	14800	17300
M 6	20,1	6630	8040	8440	10000	10400	12100	16100	18100	20900	24500
M 7	28,9	9540	11600	12100	14400	15000	17300	23100	26000	30100	35300
M 8	36,6	12100	14600	15400	18300	19000	22000	29200	32900	38100	44600
M 10	58,0	19100	23200	24400	29000	30200	34800	46400	52200	60300	70800
M 12	84,3	27800	33700	35400	42200	42800	50600	67400 ¹	75900	87700	103000
M 14	115	38000	46000	48300	57500	59800	69000	92000 ¹	104000	120000	140000
M 16	157	51800	62800	65900	78500	81600	94000	125000 ¹	141000	163000	192000
M 18	192	63400	76800	80600	96000	99800	115000	159000	-	200000	234000
M 20	245	80800	98000	103000	122000	127000	147000	203000	-	255000	299000
M 22	303	100000	121000	127000	152000	158000	182000	252000	-	315000	370000
M 24	353	116000	141000	148000	176000	184000	212000	293000	-	367000	431000
M 27	459	152000	184000	193000	230000	239000	275000	381000	-	477000	560000
M 30	561	185000	224000	236000	280000	292000	337000	466000	-	583000	684000
M 33	694	229000	278000	292000	347000	361000	416000	576000	-	722000	847000
M 36	817	270000	327000	343000	408000	425000	490000	678000	-	850000	997000
M 39	976	322000	390000	410000	488000	508000	586000	810000	-	1020000	1200000

¹Für Stahlbauschrauben gilt 70000, 95500 bzw. 130000 N.

Tabelle 24: Mindestbruchkräfte für metrisches ISO-Feingewinde

Gewinde	Nenn-Spannungs- querschnitt A _s [mm]	Festigkeitsklassen									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
M 8 x 1	39,2	12 900	15 700	16 500	19 600	20 400	23 500	31 360	35 300	40 800	47 800
M 10 x 1	64,5	21 300	25 800	27 100	32 300	33 500	38 700	51 600	58 100	67 100	78 700
M 10 x 1,25	61,2	20 200	24 500	25 700	30 600	31 800	36 700	49 000	55 100	63 600	74 700
M 12 x 1,25	92,1	30 400	36 800	38 700	46 100	47 800	55 300	73 700	82 900	95 800	112 400
M 12 x 1,5	88,1	29 100	35 200	37 000	44 100	45 800	52 900	70 800	79 300	91 600	107 500
M 14 x 1,5	125	41 200	50 000	52 500	62 500	65 000	75 000	100 000	112 000	130 000	152 000
M 16 x 1,5	167	55 100	66 800	70 100	83 500	86 800	100 000	134 000	150 000	174 000	204 000
M 18 x 1,5	216	71 300	86 400	90 700	108 000	112 000	130 000	179 000	-	225 000	264 000
M 20 x 1,5	272	89 800	109 000	114 000	136 000	141 000	163 000	226 000	-	283 000	332 000
M 22 x 1,5	333	110 000	133 000	140 000	166 000	173 000	200 000	276 000	-	346 000	406 000
M 24 x2	384	127 000	154 000	161 000	192 000	200 000	230 000	319 000	-	399 000	469 000
M 27 x2	496	164 000	194 000	208 000	248 000	258 000	298 000	412 000	-	516 000	605 000
M 30 x 2	621	205 000	248 000	261 000	310 000	323 000	373 000	515 000	-	646 000	758 000
M 33 x 2	761	251 000	304 000	320 000	380 000	396 000	457 000	632 000	-	791 000	928 000
M 36 x3	865	285 000	346 000	363 000	432 000	450 000	519 000	718 000	-	900 000	1055 000
M 39 x 3	1030	340 000	412 000	433 000	515 000	536 000	618 000	855 000	-	1070 000	1260 000



3. Werkstoffe - Stähle

Zusammensetzung, Zugfestigkeit, Anziehdrehmomente, Kennzeichnung

3.4.6 Zusammenfassung (mech. Eigenschaften Stahlschrauben)

Bezeichnungssystem der Festigkeitsklassen

Die wichtigsten mechanischen Eigenschaften werden bei Schrauben aus Stahl durch eine zweistellige Zahlenkombination benannt. Die erste Zahl gibt 1/100 der Mindestzugfestigkeit in N/mm ² Spannungsquerschnitt an.		Die zweite Zahl gibt das 10fache des Verhältnisses der unteren Streckgrenze (R_{el} bzw. $R_{p=0,2}$) zur Nennzugfestigkeit R_m (Streckgrenzenverhältnis) an. Multiplikation beider Zahlen ergibt 1/10 der Mindeststreckgrenze in N/mm ² .
Zugfestigkeit 8 x 100 = 1000 N/mm ²	8.8	Streckgrenze 8 x 8 x 10 = 640 N/mm ²
Zugfestigkeit 10 x 100 = 1000 N/mm ²	10.9	Streckgrenze 10 x 9 x 10 = 900 N/mm ²
Zugfestigkeit 12 x 100 = 1200 N/mm ²	12.9	Streckgrenze 12 x 9 x 10 = 1080 N/mm ²

Achtung: Bei Schrauben mit Senkköpfen gelten reduzierte Werte!

Tabelle 25: Mechanische Eigenschaften von Schrauben

Eigenschaften		Festigkeitsklassen		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		10.9	12.9
										≤ M 16*	> M 16*		
Zugfestigkeit ** in N/mm ²	Nennwert			300	400		500		600	800		1000	1200
	min.			330	400	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Streckgrenze in N/mm ²	Nennwert			180	240	320	300	400	480	–	–	–	–
	min.			190	240	340	300	420	480	–	–	–	–
0,2 % Dehngrenze **	Nennwert			–						640	640	900	1080
	min.			–						640	660	940	1100
Untere Streckgrenze R_{el} / 0,2 – Dehngrenze $R_{p 0,2}$ bei erhöhten Temperaturen in N/mm² (ISO 898-1, Tab. A1)	+ 100 °C			–	–	–	270	–	–	590		875	1020
	+ 200 °C			–	–	–	230	–	–	540		790	925
	+ 250 °C			–	–	–	215	–	–	510		745	875
	+ 300 °C			–	–	–	195	–	–	480		705	825
Bruchdehnung A in % **	min			25	22	–	20	–	–	12		9	8
Härte Vickers (F ≤ 98 N) **	HV min-max ***			95-220 250	120-220 250	130-220 250	155-220 250	160-220 250	190-250	250-320	255-335	320-380	385-435
Härte Brinell (F = 30 D2) **	HB min-max ***			90-209 238	114-209 238	124-209 238	147-209 238	152-209 238	181-238	238-304	242-318	304-361	366-414
Härte Rockwell **	HRB min-max ***			52-95 99,5	67-95 99,5	71-95 99,5	79-95 99,5	82-95 99,5	89-99,5 –	– 22-32	– 23-34	– 32-39	– 39-44
	HRC min-max			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

* Stahlbauschrauben ≤ M 12 / > M 12

** Werte gelten bei Raumtemperatur ca. + 20° C. (Definitionen der Begriffe: Kap. 3.3.1)

*** Max.-Wert am Schraubenende

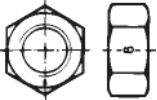
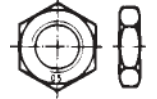
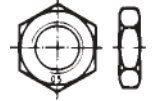
Lesen Sie auch: Kapitel 3.3.1 - Definition von Zugfestigkeit, Streckgrenze, 0,2% Dehngrenze



3.5 Mechanische Eigenschaften von Stahlmuttern

Die DIN-Produkt- und Funktionsnormen für Muttern werden auf ISO-Normen umgestellt. In der Übergangszeit werden demzufolge Normen für bisherige DIN- und für neue ISO-Mutterausführungen nebeneinander im Markt sein. Informationen über Veränderungen, die die Umstellung auf internationale Normen mit sich bringt, siehe unter: „Normenumstellung DIN → ISO“ (Kapitel 1.4).

Muttern werden nach drei Belastungsgruppen unterschieden – jeder Belastungsgruppe ist ein gesondertes Bezeichnungssystem für die Festigkeitsklasse zugeordnet, das die Belastungsgruppe klar erkennbar macht.

1. Muttern mit Nennhöhe 0,8 D (D = Nennmaß) (mit v o l l e r Belastbarkeit)	
 8 8	<p>1.1 Muttern mit Nennhöhe ~ 0,8 D z. B. Muttern DIN 555, 934... Prüfkräfte DIN 267-4</p> <p>1.2 Muttern mit Nennhöhe 0,8 D z. B. Muttern ISO 4032, 8673... Prüfkräfte ISO 898-2</p> <p>Kennzeichnung/Erkennung: eine Zahl, z. B. (8 = 1/100 der Prüfspannung in N/mm² – x = Markierung für DIN-Muttern)</p> <p>Diese Muttern müssen in einer Verbindung mit Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 die volle Ausnutzung der Vorspannung an der Streckgrenze aushalten.</p>
2. Muttern mit Nennhöhe ≥ 0,5 D und < 0,8 D (mit e i n g e s c h r ä n k t e r Belastbarkeit)	
 05	<p>Mindestmutternhöhe = 0,5D – bis 0,8D</p> <p>Hierzu gehören z.B. Muttern ISO 4035, 8675, DIN 439-2. Festgelegte Prüfkräfte ISO 898-2</p> <p>Kennzeichnung/Erkennung: Kennzahl für 1/100 der Prüfspannung mit vorgesetzter 0, z. B. Die vorgesetzte 0 zeigt an, dass Muttern dieser Gruppe die Kraft einer Schraube wegen geringer Bauhöhe nicht oder nur eingeschränkt aushalten können.</p>
3. Muttern mit Nennhöhe < 0,5 D (o h n e f e s t g e l e g t e Belastbarkeit)	
 17H	<p>Mindestmutternhöhe = unter 0,5D</p> <p>In diese Gruppe fallen Muttern für leichte Verbindungen oder Befestigungen ohne festgelegte Belastungswerte (z.B. DIN 562)</p> <p>Aussage der Bezeichnung, z.B. 17H: 1/10 der Mindesthärte nach Vickers</p>

Hinweis: D steht für den Durchmesser, z.B. Mutter Durchmesser 10 mm, falls Mutternhöhe = (0,8 * D) = 8 mm liegt eine Normalhöhe nach Ziffer 1 vor.

Kennzeichnung zur Identifizierung

Sechskantmuttern der Belastungsgruppen 1 und 2 ab Gewindedurchmesser M 5 sind außer dem Herkunftszeichen mit einem Festigkeitsklassen-Kennzeichen zu versehen – entweder mit Zahlen entsprechend obigen Beispiel oder mit Strichsymbolen im Uhrzeigersystem. (→ ISO 898-2 / Tab. 8) Eine Kennzeichnung von Muttern der Belastungsgruppe 3 ist nicht vorgesehen.



3. Werkstoffe - Stähle

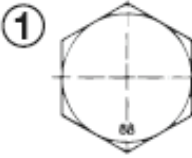
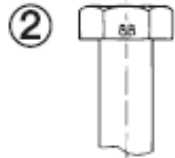
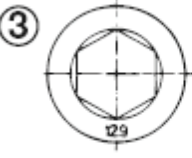
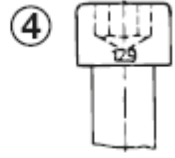
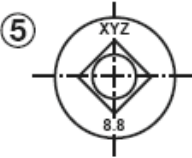
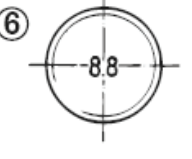
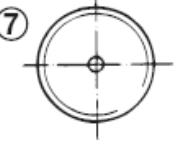
Zusammensetzung, Zugfestigkeit, Anziehdrehmomente, Kennzeichnung

3.6 Kennzeichnung von Stahlschrauben

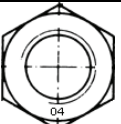
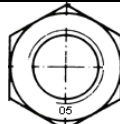
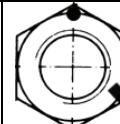
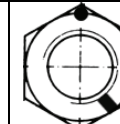
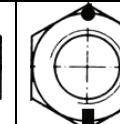
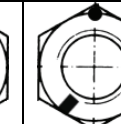
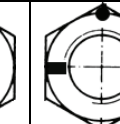
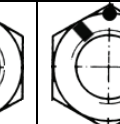
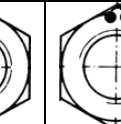
Nach Norm sind Schrauben ab Gewindedurchmesser M 5 mit einem Herkunfts-Kennzeichen und mit dem Festigkeitsklassen-Kennzeichen wie folgt zu versehen. Aus Platzgründen darf eine Kennzeichnung im Uhrzeigersinn angewandt werden (→ ISO 898-1/11.99, Tabelle 15):

z.B. 8.8 = Festigkeit | XYZ = Produzent



 	Sechskantschrauben und Schrauben mit Außensechskant in allen Festigkeitsklassen möglichst auf dem Kopf, erhöht (1) oder eingeschlagen (2)
  	Zylinderschrauben mit Innensechskant und mit Innensechsrund sowie Flachrundschrauben DIN 603 ab Festigkeitsklasse 8.8 möglichst auf dem Kopf (3, 4) erhöht oder eingeschlagen (5)
 	Stiftschrauben 5.6 und ab Festigkeitsklasse 8.8 auf dem Schaft (6) oder auf der Kuppe des Mutternendes (7) eingeschlagen. Bei Platzmangel können Symbole eingeschlagen werden, und zwar für 5.6 = –, 8.8 = ●, für 10.9 = ■ und für 12.9 = ▲

3.7 Kennzeichnung von Stahlmuttern

Festigkeit	04	05	4	5	6	8	9	10	12
Einprägen der Festigkeitsklasse	04	05	4	5	6	8	9	10	12
oder Prägung im Uhrzeigersinn									



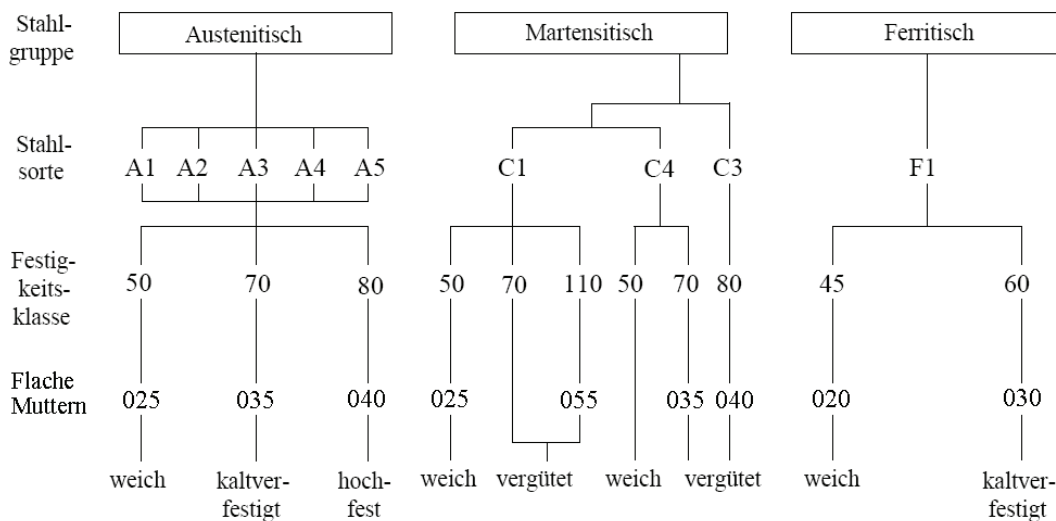
4. Werkstoffe - Edelstähle

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

4.1 Allgemeines

4.1.1 Übersicht von austenitischen Edelstählen

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



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

Abbildung 5 – aust. Edelstähle

Martensitische Edelstähle

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

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

Ferritische Edelstähle (sog. Chrom – Stähle)

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

Diese sind nicht härtbar.

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

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

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



4. Werkstoffe - Edelstähle

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

4.1.2 verschiedene Typen von Edelstählen

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

Tabelle 26: Typen von Edelstählen

4.2 Zusammensetzung von Edelstahl

4.2.1 chemische Zusammensetzung von Edelstahl

Tabelle 27: Überblick über eine Vielzahl an Edelstählen

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

Stahl- gruppe	Für Schrauben/Muttern übliche Werkstoffe		Cr**	Ni**	Mo**	C**	Si**	Mn**	P**	S**	Sonstige Zusätze Anmerkungen	
Material	Werkstoff-Nr. (AISI-Nr.)	Werkstoff-Kurzname n. EN 10088-3/DIN 17006, 17440				max.	max.	max.	max.	max.	(Details siehe ISO 3506, Tab. 1)	
A 1	1.4305 (303)	X8CrNiS 18-9	16-19	5-10	≤ 0,7	0,12	1,0	6,5	0,20	0,15-0,35	Cu, – Schwefel darf durch Selen ersetzt werden	
A 2	1.4301 (304) 1.4303 (305)	X5CrNi 18-10 X4CrNi 18-12	15-20	8-19	*	0,10	1,0	2,0	0,05		* Mo zulässig	
A 3	1.4541 (321)	X6CrNiTi 18-10	17-19	9-12	*	0,08			0,045	0,03	* Mo zulässig – muss zur Stabilisierung Ti oder Nb oder Ta enthalten	
A 4	1.4401 (316)	X5CrNiMo 17-12-2	16-18,5	10-15	2,0-3,0	0,08	1,0	2,0	0,045	0,03		
A 5	1.4571 (316 Ti)	X6CrNiMoTi 17-12-2		10,5-14							Muss zur Stabilisierung Ti oder Nb oder Ta enthalten	
A –	1.4439	X2CrNiMoN 17-13-5	16,5-18,5	12,5-14,5	4,0-	0,03	1,0	2,0	0,045	0,015	Austenitische / austenitisch-ferritische Stähle mit besonderer Beständigkeit gegen chloridinduzierte Spannungsrisskorrosion – z.B. in Hallenschwimmbädern	
A –	1.4539	X1NiCrMoCu 25-20-5	19-21	24-26	5,0	0,02	0,7	0,030	0,010			
A –	1.4529	X1NiCrMoCuN 25-20-7			6,0-7,0		0,5			1,0		
A/F –	1.4462	X2CrNiMoN 22-5-3	21-23	4,5-6,5	2,5-3,5	0,03	1,0	2,0	0,035	0,015		
C –	1.4034 (420)	X46Cr 13	12,5-14,5			0,43-0,50	1,0	1,0	0,040	0,03	Werkstoffe für federnde Teile – z.B. nach DIN 127, 128, 471, 472,	
C –	1.4122	X39CrMo 17-1	15,5-17,5	≤ 1,0	0,80-1,30	0,33-0,45	1,0	1,5	0,040	0,03	2093, 6797, 6798, 6799, 7967, 7980	
A –	1.4310 (301)	X10CrNi 18-8	16-18	6-9,5	≤ 0,8	0,05-0,15	2,0	2,0	0,045	0,015	(Achtung: reduzierte Federkräfte gegenüber Federstahl)	
C –	1.4568 (301)	X7GNiAl 17-7	16-18	6,5-7,8		0,09	0,7	1,0	0,040	0,015	Al 0,70-1,5	

Tabelle 28: chem. Zusammensetzung Edelstahl

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



4. Werkstoffe - Edelstähle

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

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

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

Bitte beachten Sie folgende Anmerkungen:

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

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

4.2.2 chemische Elemente in Edelstählen

Edelstähle können folgende Elemente beinhalten:

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



4. Werkstoffe - Edelstähle

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

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

**Tabelle 30: chem. Elemente
von Edelstahl**



4. Werkstoffe - Edelstähle

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

4.3 Beständigkeit von Edelstahl

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

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

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

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

Tabelle 31: chem. Beständigkeit von Edelstählen A2, A4



4. Werkstoffe - Edelstähle

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

4.4 Mechanische Eigenschaften von Edelstahl

4.4.1 Anziehdrehmomente von Edelstahlschrauben

Anziehmomente für Schrauben und Muttern aus A 2/A 4

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

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

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

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

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

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

Tabelle 32: Anziehdrehmomente Edelstahl nach Reibungszahl μ

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



4. Werkstoffe - Edelstähle

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

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



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



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

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

Tabelle 33: Anziehdrehmomente Edelstahl

4.4.2 Festigkeit von Edelstahlschrauben

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

Festigkeitsklasse	Durchmes- serbereich	Schrauben			Bruchdehnung A in mm, min	Muttern	
		Zugfestigkeit R _m N/mm ² min	0,2 % Dehngrenze R _p N/mm ² min	Prüfspannung S _p / N/mm ² min			
				m ≥ 0,8 d		0,5 ≤ m < 0,8 d	
50 weich (gedreht)	≤ M 39	500	210	Untere Streck- grenze Rel oder 0,2% - Dehn- grenze Rp 0,2 bei 100 °C = 85 % bei 200 °C = 80 % bei 300 °C = 75 % bei 400 °C = 70 %	0,6 d	500	250 (Fkl. - 025)
70 kaltverfestigt* (gepresst)	≤ M 24	700	450		0,4 d	700	350 (Fkl. - 035)
80 stark kaltverfestigt*	≤ M 24	800	600		0,3 d	800	400 (Fkl. - 040)

Tabelle 34: Festigkeit von Edelstahl

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

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

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

Magnetische Eigenschaften von Edelstahl

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

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



4. Werkstoffe - Edelstähle

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

4.4.3 Strecklastgrenzen von Edelstahlschrauben

Strecklastgrenzen für Schachtschrauben

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

Durchmesser	Strecklastgrenzen in (Nm) für Festigkeitsklasse	
	50 (z.B. A2-50)	70 (z.B. A2-70)
M 5	2.980	6.390
M 6	4.220	9.045
M 8	7.685	16.470
M 10	12.180	26.100
M 12	17.700	37.935
M 16	32.970	70.650
M 20	51.450	110.250
M 24	74.130	88.250
M 27	96.390	114.750
M 30	117.810	140.250

Tabelle 35

4.4.4 Mindestbruchgrenzen von Edelstahlschrauben

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

Tabelle 36



4. Werkstoffe - Edelstähle

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

4.4.5 Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben

Durchmesser	Warmstreckgrenzen, gemessen in N				
	+ 20 °C	+ 100 °C	+ 200 °C	+ 300 °C	+ 400 °C
M 5	6.390	5.432	5.112	4.793	4.473
M 6	9.045	7.688	7.236	6.784	6.332
M 8	16.740	14.000	13.176	12.353	11.529
M 10	26.100	22.185	20.880	19.575	18.270
M 12	37.935	32.245	30.348	28.451	26.555
M 16	70.650	60.053	56.520	52.988	49.455
M 20	110.250	93.713	88.200	82.688	77.175
M 24	88.250	75.013	70.600	66.188	61.775
M 27	114.750	97.538	91.800	86.063	80.325
M 30	140.250	119.213	112.200	105.188	98.175

Tabelle 37: Hochtemperatur-Eigenschaften von Edelstahlschrauben

4.4.6 Reibungszahlen für Edelstahlschrauben/ -Muttern

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

Es gilt:

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

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

Tabelle 38: Reibungszahlen für Edelstahlschrauben

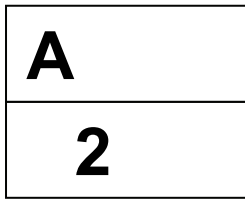


4. Werkstoffe - Edelstähle

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

4.5 Kennzeichnung von Edelstahl

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



Kennzeichen Werkstoffgruppe

A = Austenitischer Edelstahl (Chrom-Nickel-Stahl)

Kennzeichen Stahlgruppe

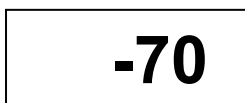
1 = Automatenstahl

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

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

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

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



Festigkeitsangabe: Zugfestigkeit

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

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

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

Regelzugfestigkeit für

A1

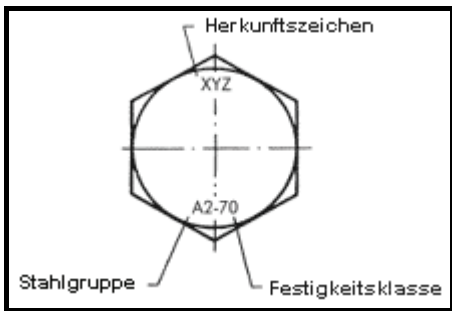
A2, A4 (Standard)

A4-80, A5

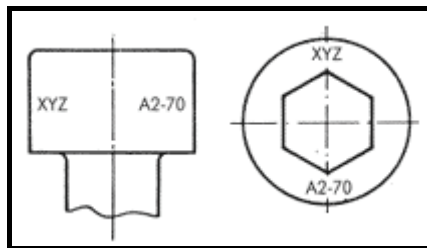
Kennzeichnung von Edelstahlteilen

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

bei Sechskantschrauben

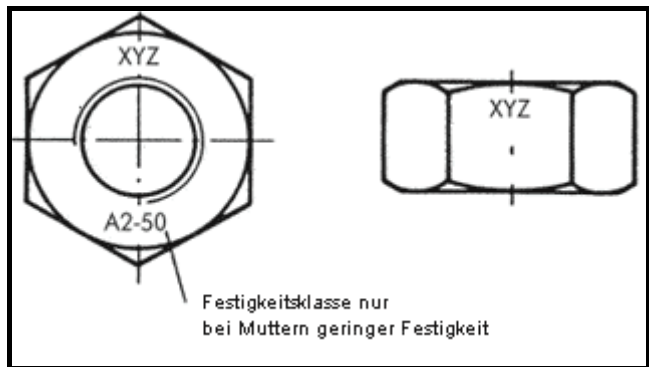
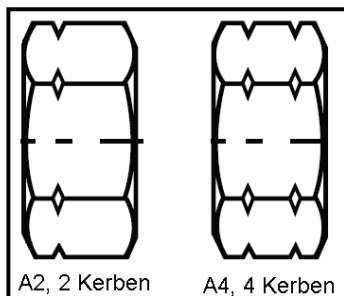


bei Zylinderschrauben mit Innensechskant



bei Muttern

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



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

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



5.1 Überblick

Die Methoden der Oberflächenbehandlung beziehen sich auf „blanken“ Schrauben, welche aufgrund der Wasserstoffversprödung (Korrosion) zum „Rosten“ neigen. Oberflächenveredelung bezweckt, die Schrauben mit einer Schutzschicht zu versehen, welche je nach Art der Oberfläche besseren oder schlechteren Schutz bietet. Oberflächenbehandlungen können die Korrosion nur verlangsamen. Zur Verhinderung von Korrosion sollten Schrauben aus rostfreien Stählen (z.B. A2) verwendet werden, sofern die geringere Festigkeit keine Rolle spielt.

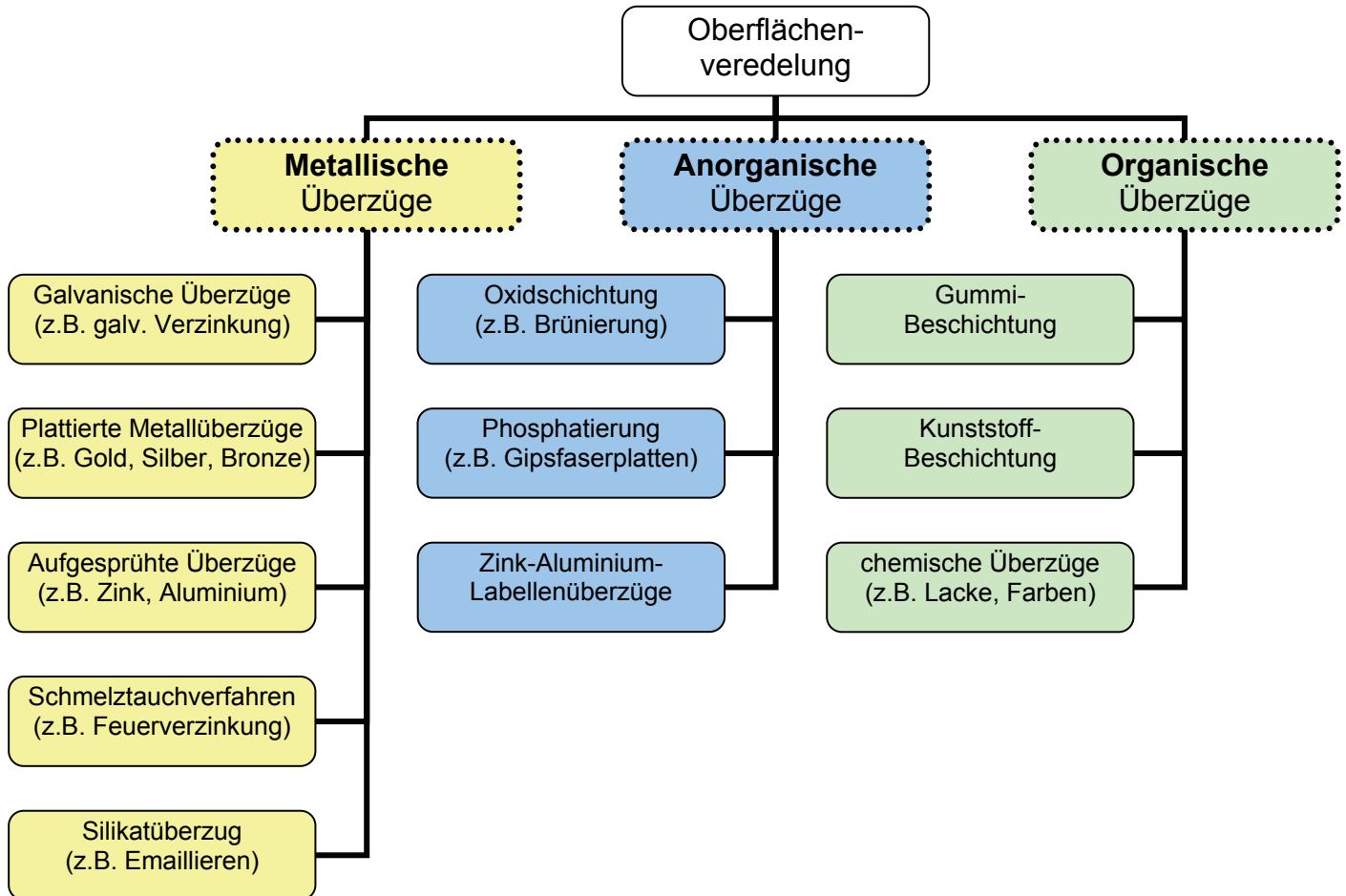


Abbildung 6 - Oberflächenveredelungen

5.1.1 metallische Überzüge

Bei metallischen Überzügen herrschen meist in galvanischen Verfahren aufgebraachte Zink- oder Zinklegierungsschichten vor. Der Korrosionsschutz metallischer Überzüge gegenüber anorganischen Überzügen ist deutlich geringer. Durch die Versiegelung mit organischen Beschichtungen kann der Effekt jedoch verstärkt werden.

Bei galvanisch aufgebraachten Beschichtungen besteht die Gefahr der Wasserstoffversprödung aufgrund der Wasserstoffaufnahme bei der Vorbehandlung (z.B. Beizen) und des Verzinkungsprozesses. Um dieser Gefahr entgegenzuwirken, sollen derartige Produkte einer zusätzlichen Wärmebehandlung unterzogen werden. Nähere Angaben hierzu finden Sie in DIN EN ISO 4042 "Galvanische Überzüge für Verbindungselemente". Der durch Wasserstoff verursachte Spröbruch ist ein spontaner, immer zeitverzögert auftretender sowie verformungsloser Bruch.



5. Werkstoffe - Oberflächenbehandlung

Verschiedene Verfahren, galvanische Verzinkung, Feuerverzinkung

Man unterteilt zwei Brucharten:

- fertigungsbedingter Sprödbbruch
entsteht aufgrund der galvanischen Oberflächenbehandlung bzw. Vorbehandlung
- anwendungsbedingter Sprödbbruch
entsteht durch Korrosion, d.h. der Wasserstoff bildete sich aus Chloriden eines vergangenen Korrosionsangriffs

Wie lässt sich Wasserstoffversprödung bei hochfesten und gehärteten Schrauben reduzieren?

- Vermeidung und Verringerung von Wasserstoffquellen (z.B. Wasserdämpfe vermeiden)
- Einsatz von Schrauben aus nichtrostenden Stählen (z.B. A2)
- Vermeidung von Spannungskonzentrationen
- Nicht Beizen
- industrielle Nachverarbeitung
 - Nachträgliche Wärmebehandlung (Tempern)
 - Einsatz organischer und/oder anorganischer Beschichtung
 - Galvanische Nachbehandlung hochfester oder gehärteter Teile vermeiden

5.1.2 anorganische Überzüge

Die geläufigsten Handelsmarken bei anorganischen Überzügen sind „Dacromet“, „Delta Tone“ sowie „Termosil“. Diese Beschichtungsarten bestehen aus einer Mischung von Zink- und Aluminiumlamellen, die unter hoher Temperatur eingebrannt werden. Diese Verfahren haben wegen der hohen Korrosionsbeständigkeit eine steigende Bedeutung.

Anorganische Überzüge vermeiden Wasserstoffversprödung, da kein Beizprozess durchgeführt wird. Details zu diesen Beschichtungsarten finden Sie in DIN EN ISO 10683 unter dem Begriff "Nichtelektrolytisch aufgetragene Zinklamellenüberzüge". Diese sind auszugsweise:

- Eindiffusion von Nichtmetallen
- Effusion von Nichtmetallen
- Eindiffusion von Metallen
- Eindiffusion von Metallen und Nichtmetallen
- Effusion von Metallen und Nichtmetallen

5.1.3 organische Überzüge

Diese Form des Überzugs ermöglicht eine nur teilweise Beschichtung mit fast unendlicher Farbauswahl. Die Basis bilden dabei Naturprodukte. Diese Überzüge haben teilweise eine hohe permanente Temperaturbeständigkeit und sind elektrisch nicht leitend. Die Gefahr der Wasserstoffversprödung besteht nicht, solange die Materialien nicht mit Beize behandelt werden.

Wird die Beschichtung entfernt, besteht kein kathodischer Korrosionsschutz mehr. Die Korrosionsbeständigkeit ist im Anlieferungszustand relativ hoch.



5.2 galvanische Verzinkung

5.2.1 Allgemeines, Schichtdicken

Beispiel für Kurzbezeichnung der gewünschten galvanischen Oberflächenbehandlung.

⚡ Nicht zu verwechseln mit der Bezeichnung von Edelstählen (z.B. A2-70) ⚡

Kurzzeichen für galv. Oberflächen

z.B. A 2 F

A

1) Kennbuchstabe für Überzugsmaterial

A = Zink (Zn)

2

2) Kennzahl für Schichtdicke in µm

2 = 5 µm

F

3) Kennbuchstabe für den Glanzgrad und die Nachbehandlung (Chromatierung)

F = blank, Farbe bläulich

3) Aussehen bei Passivierung / Chromatierung

	Glanzgrad	Verfahrensgruppe	Farbe
A	=	A	farblos
B	= mt	B	bläulich
C	= (matt)	C*	gelblich*
D	=	D*	oliv*
E	=	A	farblos
F	= bk	B	bläulich
G	= (blank)	C*	gelblich*
H	=	D*	oliv*
J	=	A	farblos
K	= gl	B	bläulich
L	= (glänzend)	C*	gelblich*
M	=	D*	oliv*
P/U	= beliebig	wie B, C oder D	ohne Chromatg.
R	= mt (matt)	F/Bk	
S	= bk (blank)	F/Bk	schwarz*
T	= gl (glänzend)	F/Bk	

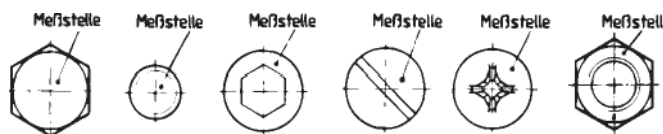
1) Überzugsmaterial

A	=	Zn	= Zink
B	=	Cd	= Cadmium
C	=	Cu	= Kupfer
D	=	CuZn	= Messing
E	=	Ni	= Nickel
F	=	NiCr	= Nickel-Chrom
G	=	CuNi	= Kupfer-Nickel
H	=	CuNiCr	= Kupfer-Nickel-Chr.
J	=	Sn	= Zinn

2) Schichtdicke (galv. Zn)

1	=	3 µm	
2	=	5 µm	(2 + 3) handelsüblich
3	=	8 µm	(3 + 5)
4	=	12 µm	(4 + 8)
5	=	15 µm	(5 + 10)
6	=	20 µm	(8 + 12)
tzn	=	40 µm	Feuerverzinkt

Für Prüfungen gilt die Schichtdicke an der Messstelle



*** ACHTUNG! Chrom-VI-haltig.**

Die Gewindetoleranzen gelten **vor** dem Aufbringen der galvanischen Überzüge – mit Überzug darf die Nulllinie beim Bolzengewinde nicht überschritten bzw. beim Mutterngewinde nicht unterschritten werden. Das Bolzengewinde mit Überzug kann also zwischen dem oberen Abmaß des Toleranzfeldes und der Nulllinie liegen. Im Interesse der Schraubbarkeit ist die Schichtdicke für Gewindeteile mit dem üblichen Toleranzspiel 6 g/6 H logischerweise begrenzt. Bei Prüfung auf Schraubbarkeit ist ISO 6157-1 (DIN 267-1 9, Abs. 2.7) zu beachten.

Bei hochfesten Teilen mit Zugfestigkeiten ab ca. 1000 N/mm² (z. B. 10.9 ... 12.9) und gehärteten Teilen mit Härten ab ca. 320 HV ist bei galvanischen Überzügen mit den bekannten Verfahren die Gefahr einer Wasserstoffversprödung nicht mit Sicherheit auszuschließen (ISO 4042 Abs. 6 / Anhang A / ISO 15330). Diese Teile werden daher nur bei ausdrücklicher Kennzeichnung und auf Verantwortung des Bestellers mit galvanischen Überzügen versehen!



5.2.2 Schichtdicken

Tabelle 39: Maximale Schichtdicken für Schrauben mit Außengewinde

Gewindesteigung		P	0,2-0,4	0,45-1	1,25	1,5-2	2,5	3	3,5	4-5	5,5	6
Regelgewinde		M	M1 - M2	M2,5 - M7	M8	M10 - M16	M18 - M22	M24 - M27	M30 - M33	M36 - M52	M56 - M60	M64
Schichtdicke max./µm	(a)		3	5	5	8	10	12	12	15	15	20
	(b)		3/3	3/3	5/3	5/5	8/5	8/8	10/8	12/10	15/12	15/12
	(c)		–	3/(3)	5/3	5/3	(8)/5	8/5	8/8	10/8	12/10	12/10

(a) rechnerischer Grenzwert nach ISO 4042, Tab. 2, für kleine Längen bis 5d
 (b) für Längen 5d–10d / 10d–15d
 (c) empfohlene Grenzwerte aus der Praxis für Längen bis 5d / 5d–15d unter Berücksichtigung fertigungs- und verfahrensbedingter Beschädigungen nach ISO 61 57-2 / EN 493 (DIN 267-19, Abs. 2.7)

Tabelle 40: Beanspruchung und passende Zink-Schichtdicken

Beanspruchung		Zink-Schichtdicke in µm	Bezeichnungen z.B.
0	„sehr mild“ (Dekorative Anwendung ohne Beanspruchung)	3 - 5 (a)	„verzinkt“ A 1 A / B / F A 2 A / B / F Fe / Zn 3 / 5
1	„mild“ (Innenraum in warmer, trockener Atmosphäre)	5 - 8 (a)	„verzinkt“ A 2 C / D A 3 A / B / F Fe / Zn 5 / 8
2	„mäßig“ (Innenraum, in dem Kondensation auftreten darf)	8 - 12 (b)	A 3 C / D Fe / Zn 12 A / F Fe / Zn 8 / 12
3	„stark“ (Freibewitterung unter gemäßigten Bedingungen)	12 - 25 (b)	A 4 C / D A 5-6 / B-G A 7 A / F Fe / Zn 12-25
4	„sehr stark“ (Freibewitterung unter schweren korrosiven Bedingungen – z. B. See-/Industrieklima)	25 (c)	A 7 C / D Fe / Zn 25 c 2 C / D

(a) Entspricht allgemein üblicher lagerhaltiger Handelsware
 (b) Maximale Schichtdicken nach Tabelle „Schichtdicken bei Gewinde“ beachten
 (b), (c) Gewinde Ab-/Aufmaß erforderlich, eventuell Feuerverzinkung wählen

Auszug aus EN 1403, 12329 – Die Schutzwirkung des Überzugs kann in der Realität von diesen Werten abweichen!



5.2.3 Kontaktkorrosion

S = starke Korrosion des betrachteten Werkstoffs
M = mäßige Korrosion des betrachteten Werkstoffs (in sehr feuchter Atmosphäre)
G = geringfügige oder keine Korrosion des betrachteten Werkstoffs

Hinsichtlich Kontakt-korrosion betrachteter Werkstoff	Fächen-Verhältnis*	Magnesium-legierung	Zink	Feuerverzinkter Stahl	Aluminium-Legierung	Cadmium-Überzug	Baustahl	Niedriglegierter Stahl	Stahlguß	Chromstahl	Blei	Zinn	Kupfer	nichtrostender Stahl
Magnesium-legierung	klein gross		S M	S M	S M	S M	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S
Zink	klein gross	M G		G G	M G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Feuerverzinkter Stahl	klein gross	M G	G G		M G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Aluminium-Legierung	klein gross	M G	G M	G M		G G	M G	G G	S M	M M	S S	S S	S S	S M
Cadmium-Überzug	klein gross	G M	G G	G M	G G		S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Baustahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G		M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Niedriglegierter Stahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G		G G	S G	S G	S G	S G	S G
Stahlguß	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M G		S G	S G	S G	S G	S G
Chromstahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G			M G	M G	S G	S G
Blei	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G M	G G		G G	G G	G G
Zinn	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G M	G G			
Kupfer	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M M	M M	S M		G G
nichtrostender Stahl	klein gross	G G	G G	G M	G G	G G	G G	G G	G G	M M	G M	G M	G G	

Tabelle 41: Kontaktkorrosion bei galv. Verzinkung

*) Verhältnis der Oberfläche des „betrachteten“ Werkstoffs zur Oberfläche des „Paarungswerkstoffs“ (Quelle: Beratungsstelle „FEUERVERZINKEN“)

5.2.4 Jährliche Abtragswerte

Tabelle 42: Jährlich abgetragene Schichtdicke bei Zink, ebene Flächenkorrosion

Beanspruchung	µm/Ø
Innenräume	1,0 – 2,0
Landluft*	1,3 – 2,5
Stadtluft*	1,9 – 5,6
Industrieluft*	6,4 – 19
Meeresluft*	2,2 – 7,2
* In der Praxis ist mit Mischklima zu rechnen	



5.3 Feuerverzinkung

Lesen Sie ergänzend auch „Oberflächenbehandlung – galvanische Verzinkung“

Die nach der Norm geforderte Mindestdicke an der Messstelle von 40 mm erfordert ein Untermaß im Gewinde; Dieses Untermaß befindet sich in der Regel im Bolzengewinde – das Bolzengewinde mit Feuerverzinkung darf die Nulllinie nicht überschreiten. Ein Nachschneiden des Bolzengewindes ist nicht zulässig. Bei HV-Verbindungen DIN 6914/6915 wird ein Aufmaß in die Mutter gelegt (= Z/X/AZ/AX) – das Bolzengewinde mit Feuerverzinkung liegt daher über der Nulllinie. Muttergewinde werden nachträglich in feuerverzinkte Rohlinge eingeschnitten.

Schichtdicke (galv. Zn)			
1	=	3 µm	
2	=	5 µm	(2 + 3) handelsüblich
3	=	8 µm	(3 + 5)
4	=	12 µm	(4 + 8)
5	=	15 µm	(5 + 10)
6	=	20 µm	(8 + 12)
tn		40 µm	Feuerverzinkt

Der Korrosionsschutz erfolgt durch die Zinkauflage des Bolzengewindes (kathodischer Fernschutz). Bei feuerverzinkten Schrauben ist mit einer verminderten Belastbarkeit (wegen der verminderten Flankenüberdeckung im Gewinde) gegenüber Schrauben ohne Feuerverzinkung zu rechnen – entsprechend reduzierte Prüf-/Bruchkräfte siehe ISO 10684 (DIN 267-10).

Bei der Montage feuerverzinkter Schrauben und Muttern – insbesondere bei zusätzlicher Schmierung des Gewindes – ist mit veränderten Reibwerten und Anziehmomenten zu rechnen. Für feuerverzinkte HV-Verbindungen ist DIN 18800-7/EN V 1090-1 zu beachten!

Kontaktkorrosion bei zinkhaltigen Werkstoffen (gelb)

S = starke Korrosion des betrachteten Werkstoffs
 M = mäßige Korrosion des betrachteten Werkstoffs (in sehr feuchter Atmosphäre)
 G = geringfügige oder keine Korrosion des betrachteten Werkstoffs

Hinsichtlich Kontaktkorrosion betrachteter Werkstoff	Fächen-Verhältnis*	Magnesium-legierung	Zink	Feuerverzinkter Stahl	Aluminium-Legierung	Cadmium-Überzug	Baustahl	Niedriglegierter Stahl	Stahlguß	Chromstahl	Blei	Zinn	Kupfer	nichtrostender Stahl
Magnesium-legierung	klein gross		S M	S M	S M	S M	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S
Zink	klein gross	M G		G G	M G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Feuerverzinkter Stahl	klein gross	M G	G G		M G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Aluminium-Legierung	klein gross	M G	G M	G M		G G	M G	G	S M	M	S S	S S	S S	S M
Cadmium-Überzug	klein gross	G M	G G	G M	G		S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Baustahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G		M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Niedriglegierter Stahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G	G		G	S G	S G	S G	S G	S G
Stahlguß	klein gross	G G	G G	G G	G G	G	G	M G		S G	S G	S G	S G	S
Chromstahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G	G	G			M G	M G	S	S G
Blei	klein gross	G G	G G	G G	G G	G	G	G	G M	G G		G G	G	G
Zinn	klein gross	G G	G G	G G	G G	G	G	G	G	M G	G			
Kupfer	klein gross	G G	G G	G G	G G	G	G	G	G	M G	M G	S M		G
nichtrostender Stahl	klein gross	G G	G G	G M	G	G	G	G	G	M	M	G	G	

Tabelle 43: Kontaktkorrosion bei Feuerverzinkung

*) Verhältnis der Oberfläche des „betrachteten“ Werkstoffs zur Oberfläche des „Paarungswerkstoffs“ (Quelle: Beratungsstelle „FEUERVERZINKEN“)



5. Werkstoffe - Oberflächenbehandlung

Verschiedene Verfahren, galvanische Verzinkung, Feuerverzinkung

Jährlich abgetragene Schichtdicke bei Zink, ebene Flächenkorrosion

Beanspruchung	µm/Ø
Innenräume	1,0 – 2,0
Landluft*	1,3 – 2,5
Stadtluft*	1,9 – 5,6
Industrieluft*	6,4 – 19
Meeresluft*	2,2 – 7,2
* In der Praxis ist mit Mischklima zu rechnen	



6. Bitaufnahmen

Sechskant, Innensechskant, TORX, Schlitz, Kreuzschlitz PZ & PH

6.1 Werkzeugaufnahmen für Außensechskant nach DIN / nach ISO

Folgende Tabelle listet Richtwerte über den Durchmesser einer Schraube und der vorhandenen Außensechskant-Größe auf. Dieses Merkmal ist, anders als z.B. bei der Torxgröße, in der Normung enthalten und daher bei allen Außensechskantschrauben nach Norm gleich. Normalerweise entsprechen die ISO-Schlüsselweiten den DIN-Schlüsselweiten, wenn abweichend sind ISO-Schlüsselweiten blau unterstrichen dargestellt.







Schlüsselweite in mm 	Metrische Schrauben, Verschlusschrauben im mm			Holzschrauben	Blechschraben
	DIN 931 	DIN 933 	DIN 910 	DIN 571 	DIN 7976 
2,5	M 1	M 1			
3	M 1,2 / 1,4	M 1,2 / 1,4			
3,2	M 1,6	M 1,6			
4	M 2	M 2			
5	M 2,5	M 2,5			2,9 mm
5,5	M 3	M 3			3,5 mm
6	M 3,5	M 3,5			
7	M 4	M 4			3,9 mm, 4,2 mm
8	M 5	M 5		5 mm	4,8 mm, 5,5 mm
10	M 6	M 6	M 10	6 mm	6,3 mm
13	M 8	M 8	M 12, M 14	8 mm	
16	<u>M 10 (ISO)</u>	<u>M 10 (ISO)</u>			
17	M 10	M 10	M 16, M 18	10 mm	
18	<u>M 12 (ISO)</u>	<u>M 12 (ISO)</u>			
19	M 12	M 12	M 20, M 22	12 mm	
21	<u>M 14 (ISO)</u>	<u>M 14 (ISO)</u>			
22	M 14	M 14	M 24		
24	M 16	M 16	M 26, M 30	16 mm	
27	M 18	M 18	M 36		
30	M 20	M 20	M 42, 48, 52		
32	M 22				
34	<u>M 22 (ISO)</u>	<u>M 22 (ISO)</u>			
36	M 24	M 24			
41	M 27	M 27			
46	M 30	M 30			
50	M 33	M 33			
55	M 36	M 36			
60	M 39	M 39			
65	M 42	M 42			
70	M 45	M 45			
75	M 48	M 48			
80	M 52	M 52			
85	M 56	M 56			

Tabelle 44: Werkzeugaufnahmen für Sechskant



6. Bitaufnahmen

Sechskant, Innensechskant, TORX, Schlitz, Kreuzschlitz PZ & PH

6.2 Werkzeugaufnahme für Innensechskant nach DIN

Folgende Tabelle listet Richtwerte über den Durchmesser einer Schraube und der vorhandenen Innensechskant-Größe auf. Beachten Sie dabei, dass die Innensechskant-Größe nicht Bestandteil der Normung ist, weshalb es letztendlich jedem Hersteller selbst überlassen ist, welche Innensechskant -Größe er für seine Schrauben verwendet. Die folgende Tabelle enthält jedoch die Werte, welche „üblicherweise“ verwendet werden.


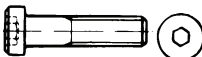



Größe in mm	Metrische Schrauben, Verschlusschrauben im mm				Gewindestifte
	DIN 912 	DIN 7984 	DIN 7991 	DIN 908 	DIN 913, 914 DIN 915, 916 
0,7					M 1,4/1,6/1,8
0,9					M 2
1,3	M 1,4				M 2,5
1,5	M 1,6 / M 2,0				M 3
2,0	M 2,5	M 3	M 3		M 4
2,5	M 3	M 4	M 4		M 5
3,0	M 4	M 5	M 5		M 6
4,0	M 5	M 6	M 6		M 8
5,0	M 6	M 8	M 8	M 10	M 10
6,0	M 8	M 10	M 10	M 12 / M 14	M 12 / M 14
8,0	M 10	M 12	M 12	M 16 / M 18	M 16
10,0	M 12	M 14	M 14 / M 16	M 20 / M 22	M 18 / M 20
12,0	M 14	M 16 / M 18	M 18 / M 20	M 24 / M 26	M 22 / M 24

Tabelle 45: Werkzeugaufnahmen für ISK











6. Bitaufnahmen

Sechskant, Innensechskant, TORX, Schlitz, Kreuzschlitz PZ & PH

6.3 Bitaufnahmen für Torx

Folgende Tabelle listet Richtwerte über den Durchmesser einer Schraube und der vorhandenen TORX-Größe auf. Beachten Sie dabei, dass die TORX-Größe nicht Bestandteil der Normung ist, weshalb es letztendlich jedem Hersteller selbst überlassen ist, welche TORX-Größe er für seine Schrauben verwendet. Die folgende Tabelle enthält jedoch die Werte, welche „üblicherweise“ verwendet werden.

TORX 	Metrische Schrauben, Nenndurchmesser, in mm					Blechschraben	
	DIN 912 DIN 6912 DIN 7984 	DIN 965 	DIN 966 	DIN 7985 	DIN 7991 	DIN 7981 	DIN 7982 DIN 7983 
TX5-7	Kleinstabmessungen von M 1 – M2,3						
TX 8	2,5	2,5	2,5			2,9	2,9
TX 9						2,9	
TX 10	3	3	3		3	3,5	3,5
TX 15	3,5	3,5	3,5		3,5	3,9	3,9
TX 20	4	4	4		4	4,2	4,2
TX 25	5	5	5		5	4,8 bis 5,5	4,8 bis 5,5
TX 30	6	6	6		6	6,3	6,3
TX 40	8	8	8		8		
TX 50	10	10	10		10		
TX 55	12	12					
TX 60	14	16					
TX 70	16						

TORX 	Holzschrauben („Spanplattenschrauben“)			
	Edelstahl rostfrei „Hausmarke“	Edelstahl rostfrei „ABC SPAX“	gelb verzinkt „Hausmarke“	gelb verzinkt „ABC SPAX“
TX 10	3,0 mm 3,5 mm	3,0 mm	3,0 mm	3,0 mm
TX 15	-	3,5 mm	3,5 mm 4,0 mm	3,5 mm
TX 20	4,0 mm 4,5 mm	4,0 mm 4,5 mm	-	4,0 mm 4,5 mm
TX 25	5,0 mm 6,0 mm	5,0 mm	4,5 mm 5,0 mm	5,0 mm
TX 30	-	6,0 mm	6,0 mm	6,0 mm
TX 40	8,0 mm	8,0 mm	8,0 mm	8,0 mm
TX 50	10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm

Tabelle 46: Bitaufnahmen für Torx



6. Bitaufnahmen

Sechskant, Innensechskant, TORX, Schlitz, Kreuzschlitz PZ & PH

6.4 Bitaufnahmen für Kreuzschlitz (PH, PZ)

Folgende Tabelle listet Richtwerte über den Durchmesser einer Schraube und der vorhandenen Kreuzschlitz auf. Beachten Sie dabei, dass die Kreuzschlitz-Größe nicht Bestandteil der Normung ist, weshalb es letztendlich jedem Hersteller selbst überlassen ist, welche Kreuzschlitz -Größe er für seine Schrauben verwendet. Die folgende Tabelle enthält jedoch die Werte, welche „üblicherweise“ verwendet werden.

Unterschied zwischen PH- und PZ-Kreuzschlitz

Phillips-Kreuzschlitz (PH)	Vergleich	Pozidrive-Kreuzschlitz (PZ)
	Bild	
gering	Kraftübertragung	besser durch zusätzliche Seitenführung
hoch	Gefahr der Abnutzung	reduziert
Automobilbau, Zierleisten, technische und elektronische Geräte	Typische Verwendung	Holzverarbeitung z.B. Spanplattenschrauben







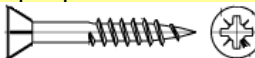
PH, PZ 	Metrische Schrauben			Blechschraben	Holzschrauben
	DIN 965 	DIN 966 	DIN 7985 	DIN 7981, 7982 DIN 7983 	DIN 7995, -6, -7  Spanplattenschrauben 
0	M 1,6 M 2 M 2,5	M 1,6 M 2 M 2,5	M 1,6 M 1,8 M 2	2,2 2,9	2,0 mm 2,5 mm
1	M 3 M 3,5 M 4	M 3 M 3,5 M 4	M 2,5 M 3 M 3,5 M 4	3 4,2	3,0 mm
2	M 5 M 6	M 5 M 6	M 5 M 6	4,8 5 5,5	3,5 mm 4,0 mm 4,5 mm 5,0 mm
3	M 8	M 8	M 8	6,3 8	5,5 mm 6,0 mm 7,0 mm 8,0 mm
4	M 10	M 10	M 10	9,8	

Tabelle 47: Bitaufnahmen für Kreuzschlitz PH, PZ

6. Bitaufnahmen

Sechskant, Innensechskant, TORX, Schlitz, Kreuzschlitz PZ & PH

6.5 Bitaufnahmen für Schlitz

Folgende Tabelle listet Richtwerte über den Durchmesser einer Schraube und der vorhandenen Schlitz auf. Beachten Sie dabei, dass die Schlitz-Größe nicht Bestandteil der Normung ist, weshalb es letztendlich jedem Hersteller selbst überlassen ist, welche Schlitz -Größe er für seine Schrauben verwendet. Die folgende Tabelle enthält jedoch die Werte, welche „üblicherweise“ verwendet werden.

Messen der Größe beim Schlitz-Einsatz

Blick von der Seite (Tiefe a)

Blick von vorne (Länge b)














Schlitz~		Metrische Schrauben				Blechschrauben			Holzschrauben			Gewinde-Stifte	
		DIN 84	DIN 85	DIN 963	DIN 964	DIN 7971	DIN 7972	DIN 7973	DIN 95	DIN 96	DIN 97	DIN 551	DIN 553
Tiefe a	Länge b												
0,3 x	1,8	1,2 1,4										2,5	2,5
0,4 x	2,0	1,6		1,6						1,3	1,3	3,0	3,0
0,4 x	2,5	1,6			1,6				1,6	2,0		3,5	3,5
0,5 x	3,0	2,0		2,0	2,0		2,2	2,2	2,0		2,0	4,0	4,0
0,5 x	4,0									2,0			
0,6 x	3,5	2,5		2,5	2,5	2,2			2,5	2,5	2,5		
0,6 x	4,5	2,5 3,0	3,0	3,0	3,0	2,2			3,0	3,0	3,0	5,0	5,0
0,8 x	4,0			3,5	3,5	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5	6,0	6,0
0,8 x	5,5	3,0	3,0	3,5	3,5	2,9 3,5	3,5	3,5	3,5 4,0	3,5	4,0		
1,0 x	5,5	3,5	3,5	4,0	4,0	3,9 4,2	3,9	3,9	4,5 5,0	4,5	5,0		
1,2 x	6,5	4,0		5,0	5,0		4,8			5,5		8,0	8,0
1,2 x	8,0	5,0	4,0 5,0	6,0	6,0	4,2 4,8	5,5	5,5	5,5		5,5	10,0	10,0
1,6 x	8,0	6,0				5,5	6,3	6,3	6,0 7,0	6,0	6,0 7,0	12,0	12,0
1,6 x	10,0					6,3			8,0	7,0	8,0	14,0	14,0
2,0 x	12,0	8,0	8,0	8,0	8,0					8,0		16,0	16,0
25 x	14,0												

Tabelle 48: Bitaufnahmen für Schlitz

7. Gewinde

Grundbegriffe, Messen von Gewinde, Steigungen, Herstellung, Blechgewinde

7.1 Allgemeines, Messung von Gewinde

Unter Gewinde versteht man „eine um einen Zylinder gleichförmig gewundene schiefe Ebene“. Dieses Prinzip ermöglicht sowohl ein Auf-/ Einschrauben als auch ein Ab-/Ausschrauben – und bildet damit das Grundprinzip für „wieder lösbare“ Verbindungen, die sog. „Schrauben und Muttern“. Durch die geometrisch herleitbare Form sowie ein konsequentes Maß- und Toleranzenssystem ergibt sich die Möglichkeit, gleichartige Gewinde untereinander auszutauschen. So kann bspw. ohne weitere Änderungen statt einer Sechskantschraube M8 eine Innensechskantschraube M 8 eingedreht werden.

Gewinde-Profil und Gewinde-Messpunkte

Das Grundprofil und die 5 Messpunkte des Gewindes sind in folgender Abbildung dargestellt.

Die Maßprüfung wird beim Außengewinde (Schraube) durch Leerringe, Flankenmikrometer* oder optisches Messgerät* und beim Innengewinde (Mutter) durch Lehdorne durchgeführt. (* = Schiedsmessung)

D	Innengewinde (bei Muttern)
d	Außengewinde (bei Schrauben)
$\frac{D}{d}$	Außendurchmesser (= Nennmaß)
$\frac{D_2}{d_2}$	Flankendurchmesser
$\frac{D_1}{d_3}$	Kerndurchmesser
α	Flankenwinkel
P	Steigung (= Abstand von 2 Gewindetälern)

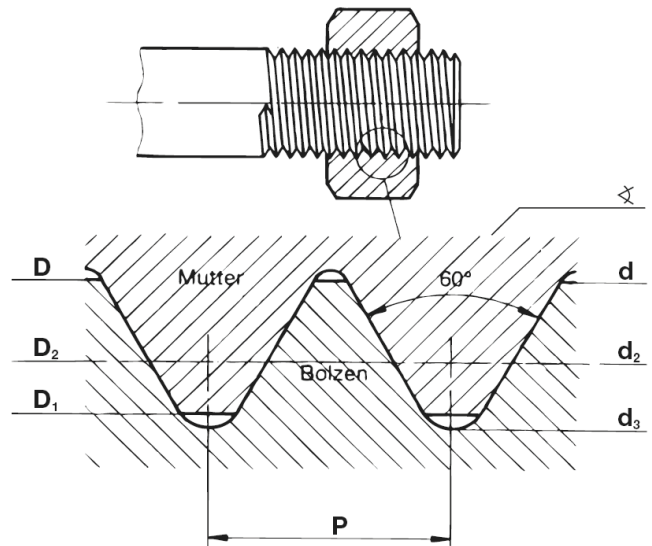


Abbildung 7: Gewindegemaße

7.2 Arten von Gewinden

Folgende Aufstellung zeigt eine Übersicht der gängigen Gewindearten für Schrauben und Muttern. Als Basis für eine weltweit einheitliche Normung (ISO) für 'Mechanische Verbindungselemente' gilt seit 1963 das metrische ISO-Gewinde „M“.

Kennbuchstabe	Benennung	Ausführung Anwendung	Beispiel für Bezeichnung	Flanken α
M	Metrisches ISO-Gewinde	Regelgewinde rechtsgängig	M 20 x 80	60°
M-LH		Regelgewinde linksgängig	M 20 x 80 LH	
M		Feingewinde rechtsgängig	M 20 x 2 x 80	
M-LH		Feingewinde linksgängig	M 20 x 2 x 80 LH	
M-SN 4	Metrisches ISO-Gewinde mit Übergangstoleranzfeld	Festsitzgewinde, dichtend	M 20 Sn 4 x 80	
M-Sk 6		Festsitzgewinde, nicht dichtend	M 20 Sk 6 x 80	
MFS			MFS 20 x 80	
EG-M	Metrisches ISO-Gewinde: Aufnahme-Gew. f. Gewindeeinsätze aus Draht	= äußere Gewindemaße für Gewindeeinsätze mit Regel- und Feingewinde	EG M 20 / EG M 20 x 2	
M-keg.	Metrisches kegeliges Außengewinde	für Verschlusschrauben und Schmiernippel	M 20 x 1.5 keg.	
G	Zylindrisches Ww-Rohrgewinde	für Rohre / Rohrverbindungen	G 3/4"	55°
R	Kegeliges Ww-Rohrgewinde	für Außengewinde Rohre	R 3/4"	
Rp	Zylindrisches Ww-Rohrgewinde im Gewinde dichtend	für Innengewinde Rohre und Rohrverschraubungen	Rp 3/4"	



7. Gewinde

Grundbegriffe, Messen von Gewinde, Steigungen, Herstellung, Blechgewinde


Kenn- buchstabe	Benennung	Ausführung Anwendung	Beispiel für Bezeichnung	Flanken 
Tr	Merisches ISO-Trapezgewinde (ein- und mehrgängig)	– für allgemeine Anwendung – Präzisions-Bewegungsgewinde	Tr 20 x 4 nach Angabe	30°
Rd	Zylindrisches Rundgewinde (ein- und mehrgängig)	für z.B. Spülrohrverschraubungen	Rd 20 x 1/8	
ST	Blechsraubengewinde		ST 4,2	60°
–	Holzschraubengewinde		–	
UNC	USA: zölliges Grob-Gewinde	– Regelgewinde	3/4-10 UNC	55°
UNF	USA: zölliges FEIN-Gewinde	– Feingewinde	3/4-16 UNF	
BSW	England: zölliges Grob-Gewinde	– Regelgewinde	3/4-10 BSW	
BSF	England: zölliges FEIN-Gewinde	– Feingewinde	3/4-12 BSF	

Tabelle 49: Gewindearten

Für die Verschraubungsfähigkeit von Außen- und Innengewinde (z. B. Schraube mit Mutter) gehen die Normen grundsätzlich davon aus, dass nur mit entsprechendem Montagewerkzeug die Funktion erfüllt werden kann. Wird beispielsweise eine Handmontage durchgeführt, muss für erhöhte Leichtgängigkeit des Gewindes (Schmieren) gesorgt werden.

Die wichtigsten Parameter für die Schraubbarkeit:

- Toleranz-Lage (= Abstand des oberen Abmaßes des Außengewindes zum unteren Abmaß des Innengewindes)
- Toleranz-Feld („Toleranz-Qualität“) = Abstand untere zu oberer Abmaßgrenze (Feldgröße)
- Einschraublänge

Geringfügige Form- und Lageabweichungen, die sich längenabhängig als eine Art „Steigungsverzug“ bemerkbar machen, sind in der heutigen Massenproduktion fertigungsbedingt und unvermeidbar.

7.3 Oberflächenfehler und Beschädigungen

Oberflächenfehler/Beschädigungen am Gewinde

Beschädigungen am Gewinde können sowohl bei der Herstellung (z.B. kleine Überwälzungen oder Profilabweichungen, Vergütung, Beschichtung in der Trommel) als auch im weiteren Verlauf (Abpacken, Lagerhaltung, Transport) auftreten.

Kleinere Beschädigungen wie Kerben, Schlagstellen oder Dellen, welche die Gängigkeit in Gewindelehren oder im Gegengewinde erschweren, sind technisch unvermeidlich und stellen keinen Sachmangel dar.

Diese fertigungsbedingten Oberflächenfehler/Beschädigungen sind bis zu bestimmten Grenzen zulässig nach ISO 6157-1 Abs. 3.6 (DIN 267-19) für Schrauben, bzw. nach ISO 6157-2 (DIN 267-20) für Muttern. Wenn für einzelne bestimmte Einsatzfälle besonders leichtgängige Gewinde erforderlich sein sollten, sind hierfür entweder größere Toleranzqualitäten oder ein nachträgliches „Glättwalzen“ mit Gewindeschutz erwogen werden.



7. Gewinde

Grundbegriffe, Messen von Gewinde, Steigungen, Herstellung, Blechgewinde

7.4 Gewindesteigungen und Kernlochgrößen

Regelgewinde			Feingewinde			Gewinde Größe /M	Steigung in mm	Kernloch f. Gew. in mm.
Gewinde Größe /M	Steigung in mm	Kernloch f. Gew. in mm.	Gewinde Größe /M	Steigung in mm	Kernloch f. Gew. in mm.			
M 1	0.25	0.75	M 2 x	0.25	1.75	M 22 x	1.50	20.50
M 1.2	0.25	0.95	M 2.5 x	0.35	2.15	M 22 x	2.00	20.00
M 1.4	0.30	1.10	M 2.6 x	0.35	2.25	M 24 x	1.00	23.00
M 1.6	0.35	1.25	M 3 x	0.35	2.65	M 24 x	1.50	22.50
M 1.7	0.35	1.30	M 3.5 x	0.35	3.15	M 24 x	2.00	22.00
M 1.8	0.35	1.45	M 4 x	0.35	3.65	M 25 x	1.50	23.50
						M 26 x	1.50	24.50
M 2	0.40	1.60	M 4 x	0.50	3.50	M 27 x	1.50	25.50
M 2.3	0.40	1.90	M 5 x	0.50	4.50	M 27 x	2.00	25.00
M 2.5	0.45	2.05	M 6 x	0.50	5.50	M 28 x	1.50	26.50
						M 30 x	1.00	29.00
M 2.6	0.45	2.10	M 6 x	0.75	5.20	M 30 x	1.50	28.50
M 3	0.50	2.50	M 7 x	0.75	6.20	M 30 x	2.00	28.00
M 3.5	0.60	2.90	M 8 x	0.50	7.50	M 32 x	1.50	30.50
						M 33 x	1.50	31.50
M 4	0.70	3.30	M 8 x	0.75	7.20	M 33 x	2.00	31.00
M 5	0.80	4.20	M 8 x	1.00	7.00	M 34 x	1.50	32.50
M 6	1.00	5.00	M 9 x	1.00	8.00	M 35 x	1.50	33.50
						M 36 x	1.50	34.50
M 7	1.00	6.00	M 10 x	0.75	9.20	M 36 x	2.00	34.00
M 8	1.25	6.80	M 10 x	1.00	9.00	M 36 x	3.00	33.00
M 9	1.25	7.80	M 10 x	1.25	8.80			
						M 38 x	1.50	36.50
M 10	1.50	8.50	M 11 x	1.00	10.00	M 39 x	2.00	37.00
M 11	1.50	9.50	M 12 x	1.00	11.00	M 39 x	3.00	36.00
M 12	1.75	10.20	M 12 x	1.25	10.80			
						M 40 x	1.50	38.50
M 14	2.00	12.00	M 12 x	1.50	10.50	M 40 x	2.00	38.00
M 16	2.00	14.00	M 14 x	1.00	13.00	M 40 x	3.00	37.00
M 18	2.50	15.50	M 14 x	1.25	12.80			
						M 42 x	1.50	40.50
M 20	2.50	17.50	M 14 x	1.50	12.50	M 42 x	2.00	40.00
M 22	2.50	19.50	M 15 x	1.00	14.00	M 42 x	3.00	39.00
M 24	3.00	21.00	M 15 x	1.50	13.50			
						M 45 x	1.50	43.50
M 27	3.00	24.00	M 16 x	1.00	15.00	M 45 x	2.00	43.00
M 30	3.50	26.50	M 16 x	1.50	14.50	M 45 x	3.00	42.00
M 33	3.50	29.50	M 18 x	1.00	17.00			
						M 48 x	1.50	46.50
M 36	4.00	32.00	M 18 x	1.50	16.50	M 48 x	2.00	46.00
M 39	4.00	35.00	M 18 x	2.00	16.00	M 48 x	3.00	45.00
M 42	4.50	37.50	M 20 x	1.00	19.00			
M 45	4.50	40.50	M 20 x	1.50	18.50	M 50 x	1.50	48.50
M 48	5.00	43.00	M 20 x	2.00	18.00	M 50 x	2.00	48.00
			M 22 x	1.00	21.00	M 52 x	1.50	50.50

Tabelle 50: Gewindesteigungen



7.5 Gewindeherstellung

7.5.1 Grundlagen der Herstellung

Gewinde können auf zwei Arten aufgebracht werden:

- spanlos oder
- spanend

a) spanende Aufbringung

Das Gewindeprofil wird von formgenauen Werkzeugschneidern aus dem Werkstoff herausgeschnitten (manuell per Schneideisen oder maschinell durch Gewindeschneidautomaten). Der anfallende Verschnitt fällt in Form von Spänen ab, daher der Name. Ziel sind möglichst kurze und leicht brechende Späne.

Dies erreicht man durch den Einsatz von Automatenstählen, welche durch höheren Phosphor und Schwefelgehalt eine höhere Sprödigkeit bewirkt. Aufgrund dieser Sprödigkeit ist Automatenstahl jedoch nur für Schrauben der Festigkeitsklasse 6.8 (Ausnahme 5.6) zugelassen. Bei Muttern für die Klassen 5.6, 04, 11H, 14H und 17 H.

b) spanlose Aufbringung

Die spanlose Aufbringung wird immer bedeutender, weil diese einige Vorteile mit sich bringt:
Vorteile spanender Aufbringung:

- + glatte Oberfläche
- + ungebrochene Werkstofffaser
- + erhöhte Festigkeit

Der Bolzen hat anfänglich den Gewindeflankendurchmesser. Das Werkzeug drückt das Gewindeprofil in das Material ein und „verdrängt“ den Stahl vom Gewindegrund zu den Gewindespitzen. Der Bolzen befindet sich währenddessen zwischen zwei profilierten Gewinderollen (vgl. Kapitel 7.5.2 ff.: Gewinde walzen, rollen).

Fertigungsarten bei der spanlosen Formgebung

b1) Warmumformung

Die Bedeutung der Warmumformung ist in letzter Zeit bei Verbindungselementen zurückgegangen, weil sie mit der Kaltumformung nicht mithalten konnte, die durch ständige Weiterentwicklung immer mehr komplizierte Materialumformungen zu Stande bringt. Dennoch wird die Warmumformung noch angewandt, wenn

- der Werkstoff einen hohen Verformungswiderstand hat und somit zu großen Umformkräften führt,
- das Stauchverhältnis sehr groß ist
- große Durchmesser und Längen vorliegen (z.B. > M36)
- kleine Stückzahlen hergestellt werden müssen. Warmumformung hat geringere Werkzeugkosten und Rüstzeiten als die Kaltumformung.

b2) Kaltumformung

Die Kaltumformung ist heute das gängige Produktionsverfahren bei Verbindungselementen. Sie wird bevorzugt, bei

- Massenproduktion, Großserien
- kleinen bis mittleren Stauchverhältnissen
- Kleinstschrauben und „üblichen“ Abmessungen bis ca. M30 (bei Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9)



7. Gewinde

Grundbegriffe, Messen von Gewinde, Steigungen, Herstellung, Blechgewinde

Noch ein Tipp: Blech-Bohrschrauben gibt es in drei Varianten:

- selbstbohrend (bohren nur ein Loch)
- selbstschneidend (schneiden ein Loch vor)
- gewindefurchend (hinterlassen nach dem Ausdrehen ein metrisches Gewinde), z.B. für Kunststoffe

Bei der Gewindeherstellung unterscheidet man klassisch vier Arten, die je nach Größe des Gewindes oder Härte der zu produzierenden Werkteile abwechselnd verwendet werden:

- Walzen
- Rollen
- Schneiden
- Bohren

7.5.2 Gewinde walzen

Beim Walzen wird das Rohmaterial zwischen zwei mit Rillen versehenen Metallblöcken gepresst. Durch die Bewegung des Rohmaterials ergibt sich der klassische Gewindecharakter. Das gebräuchlichste Verfahren ist das Gewindewalzen mit Flachwalzbacken.

Es wird eine feststehende und eine bewegliche Walzbacke eingesetzt. Das Gewinde wird während der Vorwärtsbewegung der beweglichen Walzbacke auf den Bolzen aufgebracht.

Prinzip einer Gewindewalzmaschine

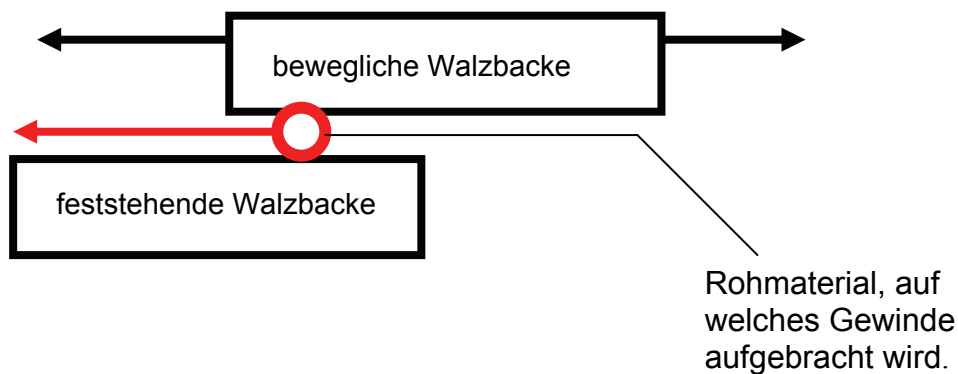


Abbildung 8: Prinzip Gewindewalzmaschine



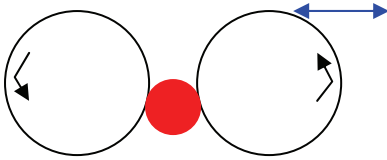
7. Gewinde

Grundbegriffe, Messen von Gewinde, Steigungen, Herstellung, Blechgewinde

7.5.3 Gewinde rollen

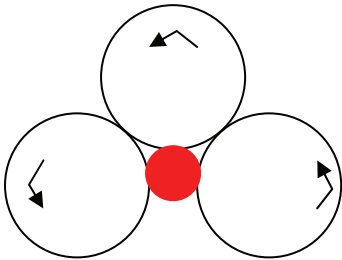
Man unterscheidet drei Verfahren:

a) 2-Rollen-Verfahren



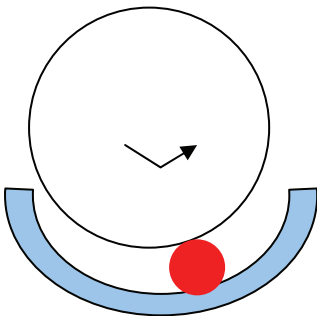
Die beiden Rollen laufen in gleicher Richtung. Das Gewinde wird durch **Druck der seitlichen Rollen** auf das **Werkstück** eingedrückt.

b) 3-Rollen-Verfahren



Auch Rollkopfverfahren genannt. Hier werden die drei Rollen in einem „Rollkopf“ geführt. Anwendung findet dieses Verfahren im CNC-Bereich. Das **Werkstück** erhält das Gewinde durch den Druck von drei Rollen.

c) Segment-Verfahren



Dieses Verfahren rollt je Umdrehung der großen Rolle so viele Gewinde auf, wie **Segmente** vorhanden sind. Der Innenumfang des Segments muss dem Umfang des Bolzens entsprechen. Anwendung findet dieses Verfahren bei hohen Anforderungen an die Genauigkeit des Gewindes. Das **Werkstück** erhält sein Gewinde durch Druck zwischen **Segment** und Rolle.

7.5.4 Gewinde schneiden, bohren

Beide Verfahren finden bei geringer Stückzahl Anwendung. Ebenso, wenn aufgrund zu langer Werkstücke oder zu großen Durchmesser ein Rollen bzw. Walzen nicht möglich ist. Die Bearbeitung erfolgt meist mit

- Bearbeitungsstählen
- Backenwerkzeugen

Werkstücke mit Innengewinde (z.B. Muttern) werden normalerweise im Durchlaufverfahren auf Bohrautomaten mit Gewinde versehen.



7. Gewinde

Grundbegriffe, Messen von Gewinde, Steigungen, Herstellung, Blechgewinde

7.6 Blechgewinde

7.6.1 Blechgewinde in Metalle

Blechsrauben sichern durch ihr Blechgewinde selbst ihren Halt in der Bohröffnung. Um optimalen Halt für das Blechgewinde zu gewährleisten, sollten Sie folgende Richtwerte beim Vorbohren in Blechen und Metallen beachten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass es sich hierbei um Richtwerte handelt, welche in der Praxis möglicherweise abweichen können. (**Blechsraubengewinde nach DIN 7970**)

Tabelle 51 – Blechgewinde in Metall

d	Blechdicke von ... bis (mm)		Kernlochdurchmesser	
			Bleche aus Stahl, Nickel, Messing	Bleche aus Aluminium
2,2 mm	-	0,56	1,60	-
	0,56	0,75	1,70	1,60
	0,75	0,88	1,80	1,60
	0,88	1,13	1,85	1,60
	1,13	1,38	1,85	1,70
	1,38	1,50	1,90	1,80
2,9 mm	-	0,56	2,20	-
	0,56	0,63	2,25	-
	0,63	0,75	2,25	2,20
	0,75	0,88	2,40	2,20
	0,88	1,25	2,40	2,20
	1,25	1,38	2,40	2,20
	1,38	1,75	2,50	2,25
	1,75	2,50	2,60	2,40
3,5 mm	-	0,56	2,60	-
	0,56	0,75	2,70	-
	0,75	0,88	2,70	2,65
	0,88	1,25	2,80	2,65
	1,25	1,36	2,80	2,65
	1,36	1,75	2,90	2,75
	1,75	2,50	3,00	2,85
	2,50	3,00	3,20	3,00
	3,00	6,00	-	3,00
3,9 mm	-	0,50	2,95	-
	0,50	0,63	2,95	-
	0,63	0,89	2,95	2,90
	0,89	1,13	2,95	2,95
	1,13	1,25	3,00	2,95
	1,25	1,38	3,00	2,95
	1,38	1,75	3,20	3,00
	1,75	2,00	3,20	3,50
	2,00	2,5	3,50	3,50
	2,50	3,00	3,60	3,50



7. Gewinde

Grundbegriffe, Messen von Gewinde, Steigungen, Herstellung, Blechgewinde

4,2 mm	-	0,50	-	-
	0,50	0,63	3,20	-
	0,63	0,88	3,20	2,95
	0,88	1,13	3,20	3,00
	1,13	1,38	3,30	3,20
	1,38	2,50	3,50	3,50
	2,50	3,00	3,80	3,70
	3,00	3,50	3,90	3,80
	3,50	10,00	3,50	3,90
4,8 mm	-	0,50	-	-
	0,50	0,75	3,70	-
	0,75	1,13	3,70	3,70
	1,13	1,38	3,90	3,70
	1,38	1,75	3,90	3,70
	1,75	2,5	4,00	3,80
	2,50	3,00	4,10	3,80
	3,00	3,5	4,30	3,90
	3,50	4,00	4,40	3,90
	4,00	4,75	4,40	4,00
	4,75	10,00	-	4,20
5,5 mm	-	1,13	4,20	-
	1,13	1,38	4,30	4,10
	1,38	1,5	4,30	4,10
	1,50	1,75	4,50	4,20
	1,75	2,25	4,60	4,40
	2,25	3,00	4,70	4,60
	3,00	3,50	5,00	4,60
	3,50	4,00	5,00	4,80
	4,00	4,75	5,10	4,80
	4,75	10,00	-	4,90
6,3 mm	-	1,38	4,90	-
	1,38	1,75	5,00	5,00
	1,75	2,00	5,20	5,00
	2,00	3,00	5,30	5,20
	3,00	4,00	5,80	5,30
	4,00	4,75	5,90	5,40
	4,75	5,00	-	5,60
	5,00	10,00	-	5,80
8,0 mm	-	1,38	6,40	-
	1,38	1,75	6,50	6,50
	1,75	2,00	6,70	6,50
	2,00	3,00	6,80	6,70
	3,00	4,00	7,20	6,80
	4,00	4,75	7,40	6,90
	4,75	5,00	-	7,00



7. Gewinde

Grundbegriffe, Messen von Gewinde, Steigungen, Herstellung, Blechgewinde

7.6.2 Blechgewinde in Kunststoffe

d	Kernlochdurchmesser (Richtwerte)	
	Phenonformaldehyd	Polycrylate, Cellulose-Derivate
2,2	2,00	2,00
2,9	2,55	2,40
3,5	3,20	3,00
3,9	3,50	3,20
4,2	3,80	3,70
4,8	4,50	4,30
5,5	5,00	4,80
6,3	6,00	5,60

Tabelle 52: Blechgewinde in Kunststoff



8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zollschrauben und Muttern

8.1 Umrechnung Metrisch ↔ Zoll

Es gilt die Umrechnungsformel:

1,00 inch	=	0,0254 m
1,00 inch	=	2,5400 cm
1,00 inch	=	25,400 mm

Rechenbeispiel: Sie haben eine Schraube „5/16 x 1/2“ → Durchmesser 7,93 mm (etwa M8)
 → Länge 1/2 Inch, 12,70 mm (etwa 13 mm)
 → entspricht in etwa M8 x 12 oder M8 x 14

Umrechnungstabelle Inch → Inch Dezimal (* Auflösung der Brüche) → Milimeter: Tabelle 53

Inch	Inch Dezimal*	Milli-meter	Inch	Inch Dezimal*	Milli-meter
3/16	0,1875	4,7625	4 1/2	4,5000	114,3000
1/4	0,2500	6,3500	5"	5,0000	127,0000
5/16	0,3125	7,9375	5 1/2	5,5000	139,7000
3/8	0,3750	9,5250	6"	6,0000	152,4000
7/16	0,4375	11,1125	6 1/2	6,5000	165,1000
1/2	0,5000	12,7000	7"	7,0000	177,8000
5/8	0,6250	15,8750	7 1/2	7,5000	190,5000
3/4	0,7500	19,0500	8"	8,0000	203,2000
7/8	0,8750	22,2250	8 1/2	8,5000	215,9000
1"	1,0000	25,4000	9"	9,0000	228,6000
1 1/4	1,2500	31,7500	9 1/2	9,5000	241,3000
1 1/2	1,5000	38,1000	10"	10,0000	254,0000
1 3/4	1,7500	44,4500	10 1/2	10,5000	266,7000
2"	2,0000	50,8000	11"	11,0000	279,4000
2 1/4	2,2500	57,1500	11 1/2	11,5000	292,1000
2 1/2	2,5000	63,5000	12"	12,0000	304,8000
2 3/4	2,7500	69,8500	12 1/2	12,5000	317,5000
3"	3,0000	76,2000	13"	13,0000	330,2000
3 1/4	3,2500	82,5500	13 1/2	13,5000	342,9000
3 1/2	3,5000	88,9000	14"	14,0000	355,6000
3 3/4	3,7500	95,2500	14 1/2	14,5000	368,3000
4"	4,0000	101,6000	15"	15,0000	381,0000



8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zolldrauben und Muttern

8.2 Zollmaße – Amerikanische Gewinde

UNC (amerik. Grobgewinde)				
Ø	Gangzahl per Inch	Vorbohr- Ø in mm	Milli- meter	Inch Dezimal
Nr.000				
Nr.00	90		1,1928	0,0470
Nr. 0				
Nr. 1	64	1,85	1,8542	0,0730
Nr. 2	56	1,85	2,1844	0,0860
Nr. 3	48	2,10	2,5146	0,0990
Nr. 4	40	2,35	2,8448	0,1120
Nr. 5	40	2,65	3,1750	0,1250
Nr. 6	32	2,85	3,5052	0,1380
Nr. 8	32	3,45	4,1656	0,1640
Nr.10	24	3,90	4,7625	0,1875
Nr.12	24	4,50	5,4864	0,2160
1/4	20	5,20	6,3500	0,2500
5/16	18	6,60	7,9375	0,3125
3/8	16	8,00	9,5250	0,3750
7/16	14	9,40	11,1125	0,4375
1/2	13	10,75	12,7000	0,5000
9/16	12	12,25	14,2875	0,5625
5/8	11	13,50	15,8750	0,6250
11/16	11		17,4625	0,6875
3/4	10	16,50	19,0500	0,7500
13/16	10		20,6375	0,8125
7/8	9	19,50	22,2250	0,8750
15/16	9		23,8125	0,9375
1"	8	22,25	25,4000	1,0000
1.1/8	7	25,00	28,5750	1,1250
1.1/4	7	28,25	31,7500	1,2500
1.3/8	6	30,75	34,9250	1,3750
1.1/2	6	34,00	38,1000	1,5000
1.5/8	5		41,2750	1,6250
1.3/4	5	39,50	44,4500	1,7500
1.7/8	4.1/2		47,6250	1,8750
2"	4.1/2	45,25	50,8000	2,0000

UNF (amerik. Feingewinde)				
Ø	Gangzahl per Inch	Vorbohr- Ø in mm	Milli- meter	Inch Dezimal
Nr.000	120		0,8636	0,0340
Nr.00	96		1,1938	0,0470
Nr. 0	80	1,25	1,5240	0,0600
Nr. 1	72	1,55	1,8542	0,0730
Nr. 2	64	1,90	2,1844	0,0860
Nr. 3	56	2,15	2,5146	0,0990
Nr. 4	48	2,40	2,8448	0,1120
Nr. 5	44	2,70	3,1750	0,1250
Nr. 6	40	2,95	3,5052	0,1380
Nr. 8	36	3,50	4,1656	0,1640
Nr.10	32	4,10	4,7625	0,1875
Nr.12	28	4,70	5,4864	0,2160
1/4	28	5,50	6,3500	0,2500
5/16	24	6,90	7,9375	0,3125
3/8	24	8,50	9,5250	0,3750
7/16	20	9,90	11,1125	0,4375
1/2	20	11,50	12,7000	0,5000
9/16	18	12,90	14,2875	0,5625
5/8	18	14,50	15,8750	0,6250
11/16			17,4625	0,6875
3/4	16	17,50	19,0500	0,7500
13/16			20,6375	0,8125
7/8	14	20,50	22,2250	0,8750
15/16			23,8125	0,9375
1"	12	23,25	25,4000	1,0000
1.1/8	12	26,50	28,5750	1,1250
1.1/4	12	29,50	31,7500	1,2500
1.3/8	12	32,70	34,9250	1,3750
1.1/2	12	36,00	38,1000	1,5000
1.5/8				
1.3/4				
1.7/8				
2"				

UNEF (amerik. Extra-Feingewinde)				
Ø	Gangzahl per Inch	Vorbohr- Ø in mm	Milli- meter	Inch Dezimal
Nr.12	32		5,4864	0,2160
1/4	32		6,3500	0,2500
5/16	32		7,9375	0,3125
3/8	32		9,5250	0,3750
7/16	28		11,1125	0,4375
1/2	28		12,7000	0,5000
9/16	24		14,2875	0,5625
5/8	24		15,8750	0,6250
11/16	24		17,4625	0,6875
3/4	20		19,0500	0,7500
13/16	20		20,6375	0,8125
7/8	20		22,2250	0,8750
15/16	20		23,8125	0,9375
1"	20		25,4000	1,0000
1.1/8	18		28,5750	1,1250
1.1/4	18		31,7500	1,2500
1.3/8	18		34,9250	1,3750
1.1/2	18		38,1000	1,5000
1.5/8	18		41,2750	1,6250

NPT (amerik. Rohrgewinde)				
Ø	Gangzahl per Inch	Vorbohr- Ø in mm	Milli- meter	Inch Dezimal
1/8	27	8,50	10,287	0,405
1/4	18	11,00	13,716	0,540
5/16				
3/8	18	14,50	17,145	0,675
7/16				
1/2	14	18,00	21,336	0,840
9/16				
5/8				
11/16				
3/4	14	23,00	26,670	1,050
13/16				
7/8				
15/16				
1"	11.1/2	29,00	33,401	1,315
1.1/8	11.1/2	38,00	42,164	1,660
1.1/4	11.1/2	44,00	48,260	1,900
1.3/8				
1.1/2				
1.5/8				
1.3/4				
1.7/8				
2"	11.1/2	56,00		

Tabelle 54: Zoll amerikanisch - UNC

Tabelle 55: Zoll amerikanisch - UNF

Tabelle 56: Zoll amerikanisch - UNEF

Tabelle 57: Zoll amerikanisch - NPT



8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zolsschrauben und Muttern

UNC bzw. NC	American National Coarse Thread Series (NC) Amerikanisches Nationales Grobgewinde und Unified Coarse Thread Series (UNC) „ amerikanisches Grobgewinde “, wird ähnlich wie metrisches Grobgewinde (z.B. M8) eingesetzt. Frühere Bezeichnung NC, neue Bezeichnung UNC. Die beiden Gewinde UNC und NC sind untereinander austauschbar, vergleichbar mit metrischem und metrischem ISO-Gewinde. Bezeichnung z.B.: Schraube 1/2" – 13 UNC x 1/2" bedeutet: 13 Gänge auf 1" Gewindelänge, Durchmesser 1/2" und Länge (bei Innen-Außensechskantschrauben) ab dem Kopf abwärts.
UNF bzw. NF	National Fine Thread Series (NF) Unified Fine Thread Series (UNF) „ amerikanisches Feingewinde “ wird ähnlich wie metrisches Feingewinde (z.B. M10x1,25) eingesetzt um höhere Dichtigkeit oder Haltekraft zu erreichen. UNF und NF sind untereinander austauschbar, siehe Absatz „UNC“. Bezeichnung: 1/4" – 28 UNF x 1/2"
UNEF, NEF	National Extra Fine (NEF) Unified Fine Thread Series (UNEF) „ amerikanisches Sonder-Feingewinde “, besonders nahe aufeinander folgende Gewindegänge für höheren Halt und höhere Dichtigkeit als UNF. Bezeichnung: 1/2" – 28 UNEF x 1/2"
UNS, NS	American National Threads oder Unified Threads of Spezial diameters, pitches or lengths of engagement „ amerikanisches Gewinde mit besonderen Durchmessern, Steigungen, Einschraublängen “
UN	Unified Constant-Pitch-Thread-Series „ amerikanisches Gewinde mit gleicher Steigung bei verschiedenen Durchmessern “. Bei Durchmesser 1" – 4" hat jede Schraube die gleiche Gangzahl von 8 Gängen auf 1" Gewindelänge.
NPS	National Straight Pipe „ amerikanisches zylindrisches Rohrgewinde “ zur dichtenden Verwendung. Vergleichen Sie dazu britisches BSP-Gewinde.
NPT	National Taper Pipe „ amerikanisches kegeliges Rohrgewinde “; dichtet über diese gesamte Länge der Verschraubung. Jedoch muss zusätzliche Dichtmasse (chemisches Material oder Teflonband) aufgebracht werden, was die Temperaturbeständigkeit negativ beeinflussen kann. Bezeichnung: 1/2" – 14 NPT x 1/2"
NPFS dry (trocken)	National Straight Pipe Fuel and Oil „ amerikanisches dichtendes druckfestes zylindrisches Rohrgewinde “ uir Verwendung in Zusammenhang mit Öl und Benzinschläuchen.
NPTF dry (trocken)	„ amerikanisches dichtendes druckfestes konisches Rohrgewinde “ mit Kegel 1:16

Tabelle 58: Zollübersicht Amerikanisch



8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zollschrauben und Muttern

8.3 Zollmaße – Britische Gewinde

BSW (britisches Grobgewinde)				
Ø	Gangzahl per Inch	Vorbohr- Ø in mm	Milli- meter	Inch Dezimal
1/16	60	1,15	1,5875	0,0625
3/32	48	1,80	2,3813	0,0938
1/8	40	2,55	3,1750	0,1250
5/32	32	3,10	3,9688	0,1563
3/16	24	3,65	4,7625	0,1875
7/32	24	4,40	5,5563	0,2188
1/4	20	5,10	6,3500	0,2500
9/32	20		7,1438	0,2813
5/16	18	6,50	7,9375	0,3125
3/8	16	7,90	9,5250	0,3750
7/16	14	9,30	11,1125	0,4375
1/2	12	10,50	12,7000	0,5000
9/16	12	12,10	14,2875	0,5625
5/8	11	13,50	15,8750	0,6250
11/16	11	15,00	17,4625	0,6875
3/4	10	16,50	19,0500	0,7500
13/16	10	18,00	20,6375	0,8125
7/8	9	19,25	22,2250	0,8750
15/16	9	21,00	23,8125	0,9375
1"	8	22,00	25,4000	1,0000
1.1/8	7	24,75	28,5750	1,1250
1.1/4	7	27,75	31,7500	1,2500
1.3/8	6	30,50	34,9250	1,3750
1.1/2	6	33,50	38,1000	1,5000
1.5/8	5	35,50	41,2750	1,6250
1.3/4	5	39,00	44,4500	1,7500
1.7/8	4.1/2	41,50	47,6250	1,8750
2"	4.1/2	44,50	50,8000	2,0000

BSF (britisches Feingewinde)				
Ø	Gangzahl per Inch	Vorbohr- Ø in mm	Milli- meter	Inch Dezimal
1/16				
3/32				
1/8				
5/32				
3/16	32	3,90	4,7625	0,1875
7/32	28	4,70	5,5563	0,2188
1/4	26	5,40	6,3500	0,2500
9/32	26		7,1438	0,2813
5/16	22	6,80	7,9375	0,3125
3/8	20	8,30	9,5250	0,3750
7/16	18	9,70	11,1125	0,4375
1/2	16	11,10	12,7000	0,5000
9/16	16	12,70	14,2875	0,5625
5/8	14	14,10	15,8750	0,6250
11/16	14	15,70	17,4625	0,6875
3/4	12	17,00	19,0500	0,7500
13/16	12		20,6375	0,8125
7/8	11	20,00	22,2250	0,8750
15/16	11		23,8125	0,9375
1"	10	23,00	25,4000	1,0000
1.1/8	9	26,00	28,5750	1,1250
1.1/4	9	29,00	31,7500	1,2500
1.3/8	8	32,00	34,9250	1,3750
1.1/2	8	35,00	38,1000	1,5000
1.5/8	8	38,00	41,2750	1,6250
1.3/4	7	41,00	44,4500	1,7500
1.7/8	7		47,6250	1,8750
2"	7	47,00	50,8000	2,0000

BA (Flankenwinkel 47,5°)				
Ø	Gangzahl per Inch	Vorbohr- Ø in mm	Milli- meter	Inch Dezimal
16	134,0		0,79	0,0311
15	121,0		0,9	0,0354
14	110,0		1,0	0,0394
13	102,0		1,2	0,0472
12	90,9		1,3	0,0512
11	81,9		1,5	0,0591
10	72,6		1,7	0,0669
9	65,1		1,9	0,0748
8	59,1	1,8	2,2	0,0866
7	52,2	2,0	2,5	0,0984
6	47,9	2,3	2,8	0,1102
5	43,0	2,7	3,2	0,1260
4	38,5	3,0	3,6	0,1417
3	34,8	3,5	4,1	0,1614
2	31,4	4,0	4,7	0,1850
1	28,2	4,5	5,3	0,2087
0	25,4	5,1	6,0	0,2362

BSP/BSPF (britisches Rohrgewinde)				
Ø	Gangzahl per Inch	Vorbohr- Ø in mm	Milli- meter	Inch Dezimal
1/8	28	8,80	9,73	0,3831
1/4	19	11,80	13,16	0,5181
3/8	19	15,25	16,66	0,6559
1/2	14	19,00	20,96	0,8252
5/8	14	21,00	22,91	0,9020
3/4	14	24,50	26,44	1,0409
7/8	14	28,25	30,20	1,1890
1	11	30,75	33,25	1,3091
1.1/8	11	35,50	37,90	1,4921
1.1/4	11	39,50	41,91	1,6500
1.3/8	11	42,00	44,32	1,7449
1.1/2	11	45,50	47,80	1,8819
1.3/4	11	51,40	53,75	2,1161
2	11	57,20	59,62	2,3472

Tabelle 59: Zoll britisch - BSW

Tabelle 60: Zoll britisch - BSF

Tabelle 61: Zoll britisch - BA

Tabelle 62: Zoll britisch - BSP



8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zollschrauben und Muttern

BSW bzw. Withworth	British Standard Whitworth Coarse Thread Series "englisches Grobgewinde", wird ähnlich wie metrisches Grobgewinde (z.B. M8) eingesetzt. Bezeichnung z.B.: Schraube 1/8" – 20 BWS x 1/2" bedeutet: 20 Gänge auf 1" Gewindelänge, Durchmesser 1/8" und Länge (bei Innen-Außensechskantschrauben) ab dem Kopf abwärts. Das BSW-Gewinde steht in Wettbewerb zum amerikanischen UNC-Gewinde.
BSF	British Standard Fine Thread Series. "englisches Feingewinde" wird ähnlich wie metrisches Feingewinde (z.B. M10x1,25) eingesetzt, im höhere Dichtigkeit oder Haltekraft zu erreichen. Das BSF-Gewinde steht in Wettbewerb zum amerikanischen UNF-Gewinde.
BSP bzw. R	British Standard Pipe Thread „englisches zylindrisches Rohrgewinde“, ähnlich Rohrgewinde R 1/4" in Deutschland. Bezeichnung z.B.: 1/2" - 28 BSP bedeutet: Durchmesser 1/2" und 28 Gänge auf 1" Gewindelänge.
BSPT	British Standard Pipe-Taper Thread "englisches konisches Rohrgewinde" mit Kegel 1:16 Bezeichnung z.B.: Bezeichnung 1/4" – 19 BSPT bedeutet: Durchmesser 1/4" und 19 Gänge auf 1" Gewindelänge.
BA	British Association Standard Thread (47,5° Flankenwinkel) "englisches Kleinstgewinde"; bei Messgeräten oder kleinen mechanischen Geräten eingesetzt; hat an Bedeutung verloren und wird durch z.B. metrisches Iso-Miniatur-Gewinde ausgetauscht. Bezeichnung z.B.: generell Nummern von Nr. 25 – Nr. 0 wobei der maximale Durchmesser 6,00 mm beträgt.

Tabelle 63: Zollübersicht Britisch

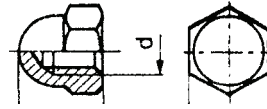


8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zolleschrauben und Muttern

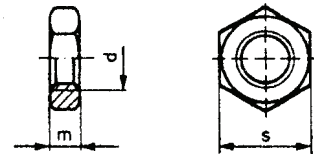
8.4 Technische Maße für Zollteile

Hutmuttern ähnlich DIN 1587/ BSW



d inch	5/32"	3/16"	1/4"	5/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
d mm	3.97	4.75	6.35	7.9	12.7	15.9	19.05	22.2
Gänge/inch	32	24	20	18	12	11	10	9
s	7	8	11	13	22	27	32	36
h	8	10	12	15	25	32	39	42

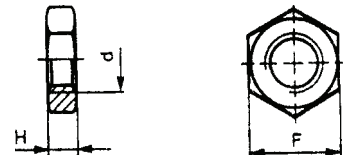
Sechskantmuttern niedrig ähnlich DIN 439/ BSW



d inch	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.1/2"
d mm	7.9	9.5	12.7	15.9	19.05	22.2	25.4	28.6	31.8	38.1
Gänge/inch	18	16	12	11	10	9	8	7	7	6
m	4	5	7	8	9	11	13	14	16	19
s	14	17	22	27	32	36	41	46	50	60

d inch	1/8"	5/32"	3/16"	1/4"	5/16"
d mm	3.18	3.97	4.75	6.35	7.9
Gänge/inch	40	32	24	20	18
m	1.6	2	2.5	3	4
s	5.5	7	9	10	14

niedrige Sechskantmuttern ähnlich DIN 439/ UNC



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"
d mm	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	15.9	19.05	22.2
Gänge/inch	20	18	16	14	13	11	10	9
H mm	4.0	4.8	5.6	6.4	7.9	9.5	10.7	12.3
F inch	7/16"	1/2"	9/16"	11/16"	3/4"	15/16"	1.1/8"	1.5/16"
F mm	11.1	12.7	14.3	17.45	19.85	23.8	28.6	33.3

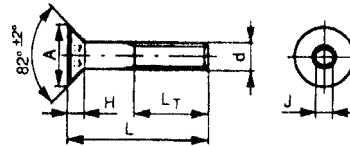
d inch	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"
d mm	25.4	28.6	31.75	34.93	38.1
Gänge/inch	8	7	7	6	6
H mm	13.9	15.5	18.3	19.8	21.4
F inch	1.1/2"	1.11/16"	1.7/8"	2.1/16"	2.1/4"
F mm	38.1	42.9	47.6	52.4	57.2



8. Zollmaße – Technische Maße

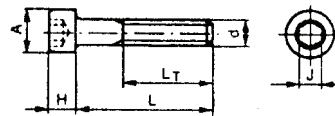
Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zolleschrauben und Muttern

Senkschrauben mit Innensechskant ähnlich DIN 7991/ UNF



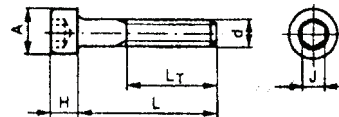
d inch	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"
d mm	6.35	7.95	9.5	12.7	15.9
Gänge/inch	28	24	24	20	18
L _T min	25	28	32	38	45
H mm	4.1	5.0	5.9	6.4	8.2
A mm	13.4	16.6	19.8	23.8	30.1
J inch	5/32"	3/16"	7/32"	5/16"	3/8"
J mm	3.97	4.76	5.56	7.95	9.5

Zylinderschrauben mit Innensechskant ähnlich DIN 912/ BSW



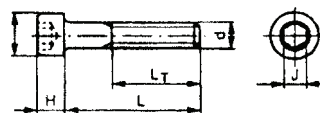
d inch	3/16"	5/16"	1/2"	5/8"
d mm	4.82	7.95	12.7	15.9
Gänge/inch	24	18	12	11
L _T min	22	28	38	45
H mm	4.8	7.9	12.7	15.9
A mm	7.9	11.1	19	22.2
J inch	5/32"	7/32"	7/8"	1/2"
J mm	3.97	5.56	9.5	12.7

Zylinderschrauben mit Innensechskant ähnlich DIN 912/ UNC



d inch	Nr.10	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
d mm	4.82	6.35	7.95	9.5	12.7	15.9	19.05	22.2	25.4
Gänge/inch	24	20	18	16	13	11	10	9	8
L _T min	22	25	28	32	38	45	50	57	63
H mm	4.8	6.4	7.9	9.5	12.7	15.9	19	22.2	25.4
A mm	7.9	9.5	11.1	14.2	19	22.2	25.4	28.5	33.3
J inch	5/32"	3/16"	7/32"	5/16"	3/8"	1/2"	9/16"	9/16"	5/8"
J mm	3.97	4.76	5.56	7.95	9.5	12.7	14.29	14.29	15.9

Zylinderschrauben mit Innensechskant ähnlich DIN 912/ UNF



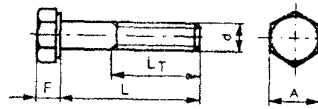
d inch	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"
d mm	7.95	9.5	12.7	15.9
Gänge/inch	24	24	20	18
L _T min	28	32	38	45
H mm	7.9	9.5	12.7	15.9
A mm	11.1	14.2	19	22.2
J inch	7/32"	5/16"	3/8"	1/2"
J mm	5.56	7.95	9.5	12.7



8. Zollmaße – Technische Maße

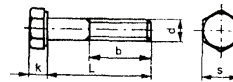
Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zolsschrauben und Muttern

Sechskantschrauben ähnlich DIN 931/ BSF



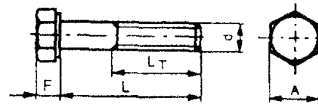
d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"
d mm	6.35	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05
Gänge/inch	26	22	20	18	16	16	14	12
L _T mm	13	16	19	22	25.5	28.5	32	38
F mm	4.6	5.5	6.6	7.7	8.7	9.5	10.6	12.7
A inch	0.445"	0.525"	0.60"	0.71"	0.82"	0.92"	1.01"	1.20"
A mm	11.3	13.3	15.2	18	20.8	23.4	25.7	30.5

Sechskantschrauben ähnlich DIN 931/ BSW



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
d mm	6.35	7.9	9.5	11.1	12.7	15.9	19.05	22.2	25.4
Gänge/inch	20	18	16	14	12	11	10	9	8
k	5	6	7	8	9	11	13	16	18
s	11	14	17	19	22	27	32	36	41

Sechskantschrauben ähnlich DIN 931/ UNC



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"
d mm	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	14.3
Gänge/inch	20	18	16	14	13	12
L _{T1} mm	19	22	25	29	32	35
L _{T2} mm	25	29	32	35	38	41
F mm	4	5.2	6	7.1	7.9	9.1
A inch	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	13/16"
A mm	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	20.65

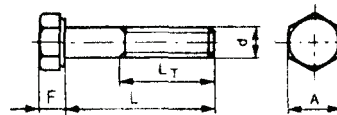
d inch	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.1/2"
d mm	15.9	19.05	22.2	25.4	28.6	31.75	38.1
Gänge/inch	11	10	9	8	7	7	6
L _{T1} mm	38	44	51	57	64	70	83
L _{T2} mm	44	51	57	64	70	76	89
F mm	9.9	11.9	13.9	15.5	17.5	19.8	23.8
A inch	15/16"	1.1/8"	15/16"	1.1/2"	1.11/16"	1.7/8"	2.1/4"
A mm	23.8	28.6	33.3	38.1	42.9	47.6	57.2



8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zolsschrauben und Muttern

Sechskantschrauben ähnlich DIN 931/ UNF



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"
d mm	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	14.3
Gänge/inch	28	24	24	20	20	18
L _{T1} mm	19	22	25	29	32	35
L _{T2} mm	25	29	32	35	38	41
F mm	4	5.2	6	7.1	7.9	9.1
A inch	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	13/16"
A mm	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	20.65

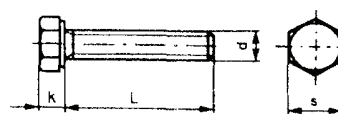
d inch	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1"	1.1/4"	1.1/2"
d mm	15.9	19.05	22.2	25.4	25.4	31.7	38.1
Gänge/inch	18	16	14	12	14	12	12
L _{T1} mm	38	44	51	57	57	69	83
L _{T2} mm	44	51	57	64	64	76	89
F mm	9.9	11.9	13.9	15.5	15.5	20	23.8
A inch	15/16"	1.1/8"	1.5/16"	1.1/2"	1.1/2"	1.7/8"	2.1/4"
A mm	23.8	28.6	33.3	38.1	38.1	47.5	57.2

Sechskantschrauben ähnlich DIN 933 /BSF



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"
d mm	6.35	7.9	9.5	12.7
Gänge/inch	26	22	20	18
F mm	4.6	5.5	6.6	7.7
A inch	0.445"	0.525"	0.60"	0.7"
A mm	11.3	13.3	15.2	18

Sechskantschrauben ähnlich DIN 933 /BSW



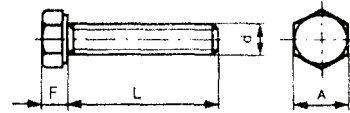
d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
d mm	6.35	7.9	9.5	11.1	12.7	15.9	19.05	22.2	24.4
Gänge/inch	20	18	16	14	12	11	10	9	8
k	5	6	7	8	9	11	13	16	18
s	11	14	17	19	22	27	32	36	41



8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zolsschrauben und Muttern

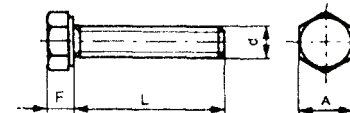
Sechskantschrauben ähnlich DIN 933/ UNC



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"
d mm	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9
Gänge/inch	20	18	16	14	13	12	11
F mm	4	5.2	6	7.1	7.9	9.1	9.9
A inch	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	13/16"	15/16"
A mm	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	20.65	23.8

d inch	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.1/2"
d mm	19.05	22.2	25.4	28.6	31.75	38.1
Gänge/inch	10	9	8	7	7	6
F mm	11.9	13.9	15.5	17.5	19.8	23.8
A inch	1.1/8"	1.5/16"	1.1/2"	1.11/16"	1.7/8"	2.1/4"
A mm	28.6	33.3	38.1	42.9	47.6	57.2

Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf ähnlich DIN 933/ UNF



d inch	N 10	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"
d mm	4.85	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	14.3
Gänge/Inch	32	28	24	24	20	20	18
F mm	3	4	5.2	6	7.1	7.9	9.1
A inch	5/16"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	13/16"
A mm	7.95	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	20.65

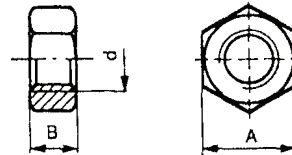
d inch	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1"
d mm	15.9	19.05	22.2	25.4	25.4
Gänge/inch	18	16	14	14	12
F mm	9.9	11.9	13.9	15.5	15.5
A inch	15/16"	1.1/8"	1.5/16"	1.1/2"	1.1/2"
A mm	23.8	28.6	33.3	38.1	38.1



8. Zollmaße – Technische Maße

Umrechnung, Britische Gewinde, Amerikanische Gewinde, Maße für Zolsschrauben und Muttern

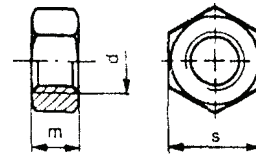
Sechskantmuttern ähnlich DIN 934/ BA



d Nr.	8	7	6	5	4	3	2	1	0
d mm	2.2	2.5	2.8	3.2	3.6	4.1	4.7	5.3	6.0
P mm	0.43	0.48	0.53	0.59	0.66	0.73	0.81	0.9	1.0
B mm	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.9	4.2	4.8	5.4
A mm	3.9	4.4	4.9	5.6	6.3	7.2	8.2	9.3	10.5

P... Gewindesteigung

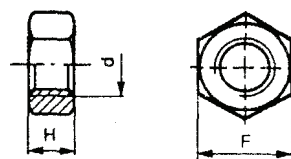
Sechskantmuttern ähnlich DIN 934/BSW



d inch	1/8"	5/32"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"
d mm	3.18	3.97	4.75	6.35	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9
Gänge/inch	40	32	24	20	18	16	14	12	12	11
m (0,8xd)	2.4	4.2	3.6	5.5	6.5	8	9.5	11	13	13
m (1xd)	3.2	4.0	4.8	6.4	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9
s	5.5	7	10	11	14	17	19	22	24	27

d inch	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.5/8"	1.3/4"	1.7/8"	2"
d min	19.05	22.2	25.4	28.6	31.8	34.9	38.1	41.3	44.5	47.6	50.8
Gänge/inch	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4.5	4.5
m (0,8xd)	16	18	20	22	25	29	30	34	35	38	40
m (1xd)	19.1	22.2	25.4	28.6	31.8	34.9	38.1	41.3	44.5	47.6	50.8
s	32	36	41	46	50	55	60	65	70	75	80

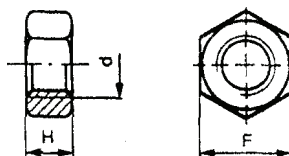
Sechskantmuttern ähnlich DIN 934 /UNC



d inch	1/4	5/16"	3/8"	7/16	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
d mm	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	22.2	25.4
Gänge/inch	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8
H mm	5.6	6.7	8.3	9.5	11.1	12.3	13.9	16.3	19	21.8
F inch	7/16"	1/2"	9/16"	11/16"	3/4"	7/8"	15/16"	1.1/8"	1.5/16"	1.1/2"
F mm	11.1	12.7	14.3	17.45	19.05	22.2	23.8	28.6	33.3	38.1



Sechskantmuttern ähnlich DIN 934/UNF

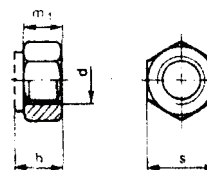


d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	7/8"
d mm	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	22.2
Gänge/inch	28	24	24	20	20	18	18	16	14
H mm	5.6	6.7	8.3	9.5	11.1	12.3	13.9	16.3	19
F inch	7/16"	1/2"	9/16"	11/16"	3/4"	7/8"	15/16"	1.1/8"	1.5/6"
F mm	11.1	12.7	14.3	17.45	19.05	22.2	23.8	28.6	33.3

d inch	1"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"
d mm	25.4	25.4	28.6	31.75	34.9	38.1
Gänge/inch	14	12**	12	12	12	12
H mm	21.8	21.8	24.6	27	29.8	32.5
F inch	1.1/2"	1.1/2"	1.11/16"	1.7/8"	2.1/16"	2.1/4"
F mm	38.1	38.1	42.9	47.6	52.4	57.2

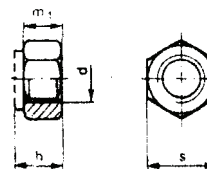
d Nr.	4	5	6	8	10
d mm	2.84	3.18	3.52	4.17	4.83
Gänge/inch	48	44	40	36	32
H mm	2.5	2.9	2.9	3.3	3.3
F inch	1/4"	5/16"	5/16"	11/32"	3/8"
F mm	6.4	7.9	7.9	8.7	9.5

Sechskant-Sicherungsmuttern mit Kunststoff-Ring ähnlich DIN 985 /BSF



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	7/8"
d mm	6.35	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	22.2
Gänge/inch	26	22	20	18	16	16	14	12	11
m1	5.7	6.4	8.5	8.2	11.8	11.9	15.1	18.8	20.1
s	11.1	12.7	14.3	17.5	19.1	22.2	23.8	28.6	33.3
h	8.3	9.1	11.9	11.9	15.5	16.7	19.4	22.6	25.3

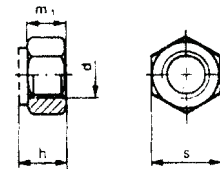
Sechskant-Sicherungsmuttern mit Kunststoff-Ring ähnlich DIN 985 /BSW



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"
d mm	6.35	7.95	9.5	12.7	15.9	19.05	22.2	25.4
Gänge/inch	20	18	16	12	11	10	9	8
m1	5.7	6.4	8.5	11.8	15.1	18.8	20.1	22.9
s	11.1	12.7	14.3	19.1	23.8	28.6	33.3	38.1
h	8.3	9.1	11.9	15.5	19.4	22.6	25.3	27.6



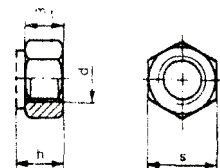
Sechskant-Sicherungsmuttern mit Kunststoff-Ring ähnlich DIN 985 /UNC



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	7/8"
d mm	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	22.2
Gänge/inch	20	18	16	14	13	12	11	10	9
ml	5.7	6.4	8.5	8.2	11.8	11.9	15.1	18.8	20.1
s	11.1	12.7	14.3	17.5	19.1	22.2	23.8	28.6	33.3
h	8.3	9.1	11.9	11.9	15.5	16.7	19.4	22.6	25.3

d inch	1"	1.1/4"	1.1/2"
d mm	25.4	31.75	38.1
Gänge/inch	8	7	6
m1	22.9	29.1	35.3
s	38.1	47.6	57.2
h	27.6	34.2	40.7

Sechskant-Sicherungsmuttern mit Kunststoff-Ring ähnlich DIN 985 / UNF



d inch	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	7/8"
d mm	6.35	7.95	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	19.05	22.2
Gänge/inch	28	24	24	20	20	18	18	16	14
m 1	5.7	6.4	8.5	8.2	11.8	11.9	15.1	18.8	20.11
s	11.1	12.7	14.3	17.5	19.1	22.2	23.8	28.6	33.3
h	8.3	9.1	11.9	11.9	15.5	16.7	19.4	22.6	25.5

d inch	1"	1.1/4"	1.1/2"
d mm	25.4	31.75	38.1
Gänge/inch	14	12	12
m1	22.9	29.6	35.3
s	38.1	47.6	57.2
h	27.6	34.2	40.7



9. Korrosion

Ursachen, Korrosionsarten, Chrom-VI-Konformität, Schutz gegen Korrosion

9.1 Allgemeines, Korrosionsarten

Korrosionsbegriff



Korrosion ist die Reaktion eines metallischen Werkstoffs mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffs bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteiles oder eines ganzen Systems führen kann. In den meisten Fällen ist diese Reaktion elektrochemischer Natur, in einigen Fällen kann sie jedoch auch chemischer oder metallphysikalischer Natur sein. (Definition Grundbegriff „Korrosion“ nach ISO 8044 / DIN 50900-1)

Tabelle 65 zeigt aus der Vielzahl verschiedener Korrosionsarten die wichtigsten, die bei „Mechanischen Verbindungselementen“ zu beachten sind.

Tabelle 64: Korrosionsarten

<ul style="list-style-type: none"> • Flächenkorrosion z. B. Rost • Lochfraß 	<ul style="list-style-type: none"> • Spaltkorrosion 	<p>Elektrolyt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontakt-Korrosion (→ Tabelle 66) 	<ul style="list-style-type: none"> • interkristalline/ transkristalline Korrosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Spannungsriss-Korrosion
---	--	--	--	---

Korrosion ist unvermeidbar – vermeidbar sind jedoch Schäden durch Korrosion bei richtiger Planung geeigneter Korrosionsschutzmaßnahmen.

Das „Korrosionssystem Schraubenverbindung“ muss mindestens so fest, dauerhaftbar und unter Einsatzbedingungen langfristig korrosionsbeständig sein wie die zu verbindenden Teile.

Es ist Aufgabe der konstruktiven Planung, die erforderlichen Korrosionsschutzmaßnahmen zu bestimmen. Hierbei ist der Abnutzungsvorrat des Korrosionsschutzes unter bekannten Betriebsbedingungen bis zum Wartungszeitpunkt bzw. bis zur Schadensgrenze zu berücksichtigen.



9. Korrosion

Ursachen, Korrosionsarten, Chrom-VI-Konformität, Schutz gegen Korrosion

9.2 Schutz gegen Korrosion

• Elektrochemische Maßnahmen

z. B. kathodischer Schutz, Belüftung

• Konstruktive Maßnahmen

z. B. Isolierung, Vermeiden von Spalten . . .

• Oberflächentechnische Maßnahmen

Maßnahmen	Verfahren	Überzüge	Schichtdicken µm
• Nichtmetallische Überzüge (anorganische/ *organische Überzüge)	Einölen*	Öl	–
	Brünieren, Oxidieren	Eisenoxidschicht	–
	Phosphatieren	Phosphatschicht	–
	Passivieren/Chromatieren	Cr-Verbindung	–
	Dünnschicht-Lackierungen*	Lack/Kunststoff/ Harz (Fluorpolymer/TEFLON)	3–20
	Tauchlackierungen*	Epoxidharz/Polyester/Phenolharz	10–20
	Pulverbeschichtungen*	Polyester-Pulver	60–90
• Metallische Überzüge (anorganische Überzüge)	Galvanische Überzüge: (elektrolytisch/chemisch/sauer/ alkalisch/cyanidisch) + Konversionsschichten (z.B. Passivierung/ Chromatierung)	Zink, Cadmium, Kupfer, Messing, Nickel, Chrom, Zinn, Silber	3–25
		– Zn+Ni/Ni+Zn + Chromatierung	6–15
		– Zn chrom. + Versiegelung	3–25
		– Zn chrom. + Topcoat	3–25
		– Zink + Kobalt + Chromatierung	6–15
		– Zink Eisen ZnFe (+ Chromatierung)	2–100
		– Zn/ZnFe/ZnCo + Passivierung	3–20
		– Nickel + Phosphor / Ni + PTFE	2–8
		– Nickel (Dick-Nickel)	2– >100
		– Aluminium/Al-Oxid	2–10
	Feuerverzinkung tZn (Schmelztauch-Verzinkung)	Zink	min 40
	Mechanisches Verzinken (plattierte Überzüge)	Zinkpulver auf Unterkupferung (Chromatierung möglich)	8–20 (–70)
	Diffusions-Überzüge	Zinkpulver ein-/aufgebrannt	15–30
• Kombi-/Duplex-Beschichtungen (anorganische + organische Überzüge)	Metall-/Dispersionsüberzug* + Dünnschicht-Lackierung**/** Schmiermittelintegration möglich	– Zn-Phosph. + Zn-/Alu-Lamellen + Dünnlack (silbrig oder farbig)	8–15
		– chromat. Zn-/Alu-Lamellen + Dünnlack (schwarz)	8–15
		– Zn-chromat. + Nasslack/Harz (farbig) oder Harz m. Metallstaub	8–15
		– Zn-Phosphat + Nasslack/Harz (farbig) + Rostschutzemulsion	12–18
		– Zn + Nasslack/Harz (farbig)	6–20
		– Mn-Phosph. + Fluorpolymer	25–40

* Teilbeschichtung möglich ** Einfärben möglich

Tabelle 65: Maßnahmen zum Korrosionsschutz



9. Korrosion

Ursachen, Korrosionsarten, Chrom-VI-Konformität, Schutz gegen Korrosion

9.3 Kontaktkorrosion bei Metallpaarungen

S = starke Korrosion des betrachteten Werkstoffs M = mäßige Korrosion des betrachteten Werkstoffs (in sehr feuchter Atmosphäre) G = geringfügige oder keine Korrosion des betrachteten Werkstoffs														
Hinsichtlich Kontakt-korrosion betrachteter Werkstoff	Fächen-Verhältnis*	Magnesium-legierung	Zink	Feuerverzinkter Stahl	Aluminium-Legierung	Cadmium-Überzug	Baustahl	Niedriglegierter Stahl	Stahlguß	Chromstahl	Blei	Zinn	Kupfer	nichtrostender Stahl
Magnesium-legierung	klein gross		S M	S M	S M	S M	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S
Zink	klein gross	M G		G G	M G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Feuerverzinkter Stahl	klein gross	M G	G G		M G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Aluminium-Legierung	klein gross	M G	G M	G M		G G	M G	G G	S M	M M	S S	S S	S S	S M
Cadmium-Überzug	klein gross	G M	G G	G M	G G		S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Baustahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G		M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Niedriglegierter Stahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G		G G	S G	S G	S G	S G	S G
Stahlguß	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M G		S G	S G	S G	S G	S G
Chromstahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G			M G	M G	S G	S G
Blei	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G M	G G		G G	G G	G G
Zinn	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G M	G G			
Kupfer	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M G	M G	S M		G G
nichtrostender Stahl	klein gross	G G	G G	G M	G G	G G	G G	G G	G G	M M	G M	G M	G G	

Tabelle 66: Kontaktkorrosion bei Metallpaarungen

*) Verhältnis der Oberfläche des „betrachteten“ Werkstoffs zur Oberfläche des „Paarungswerkstoffs“ (Quelle: Beratungsstelle „FEUERVERZINKEN“)



9.4 Chrom-VI-Konformität

Im Rahmen der EU-Richtlinien 2002/95/EG (RoHS), 2002/96/EG (WEEE), Inkrafttreten 01.07.2006 und 2000/53/EG (Altautorichtlinie), Inkrafttreten 01.07.2007, wird die Vermeidung bzw. Einschränkung von gefährlichen Inhaltsstoffen wie Blei, Quecksilber, sechswertiges Chrom (Cr(VI)), Cadmium, u.a. gefordert.

Transparent bzw. blau beschichtete Oberflächen

Transparente und blaue Chromatschichten können bis zu $0,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ Cr(VI) enthalten. In den meisten Fällen liegt der Cr(VI)-Gehalt aber unter der Nachweisgrenze der entsprechenden Prüfmöglichkeiten. Alternativ werden Cr(III)-Passivierungen angeboten, die mittlerweile weitestgehend verfügbar sind. Eine Umfrage bei Herstellern und Galvanikbetrieben hat ergeben, dass jedoch nicht alle zum heutigen Zeitpunkt diese Cr(VI)-freie Variante garantieren können. **Eine pauschale Garantie auf Cr(VI)-Freiheit für diese Artikel kann somit nicht erfolgen.** Wenn Sie von diesen Richtlinien betroffen sind und Cr(VI) freie Oberflächen benötigen, kann der Einsatz von nichtrostenden Stählen für Sie eine Alternative sein.

Gelb, schwarz und oliv chromatierte Oberflächen

Die Gelb-, Schwarz- und Olivchromatierung hat einen Cr(VI)-Gehalt von $> 10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Im Gegensatz zu den Blauchromatierungen sind diese nicht Cr(VI)-frei herstellbar. Eine sich abzeichnende Alternative mit gleichem Korrosionsschutz ist die galvanische Verzinkung mit einer Dickschichtpassivierung, die normalerweise leicht irisierend ist. Der Farbton ist in etwa mit einer „alten“ Blauchromatierung vergleichbar. Angeboten werden auch Einfärbungen von leicht grünlich bis gelb.

Produkte aus Edelstahl der Werkstoffklassen A1, A2 und A4

Schrauben, Muttern und Zubehör aus diesen Werkstoffklassen sind nach den uns bisher vorliegenden Erkenntnissen frei von Chrom VI.



10. Blindniettechnik

Montage, Formen und Typen, Bohrlochdurchmesser und Maße

Die Blindniet-Technik wurde als Befestigungsverfahren an Hohlprofilen und für ähnliche einseitig zugängliche Einsatzbereiche entwickelt. Das einfache, schnelle Prinzip hat inzwischen in vielen Montagebereichen herkömmliche Verbindungs- und Befestigungsaufgaben abgelöst. Die von uns angebotenen Setzgeräte sind langlebig und ergonomisch geformt.

10.1 Funktion und Montage

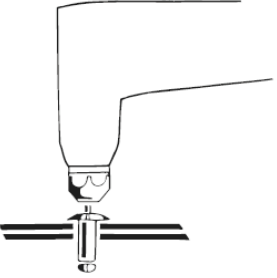
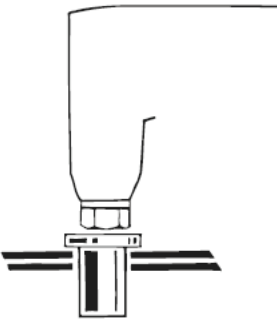
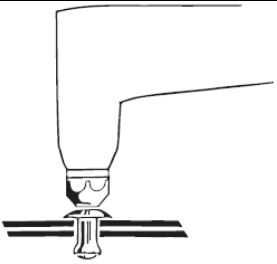
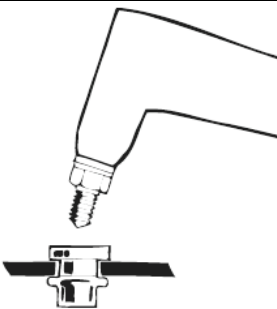
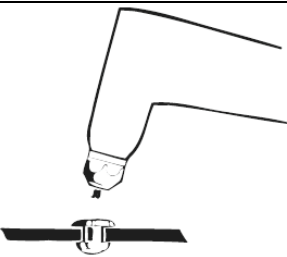
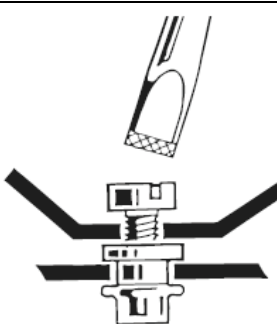
1.1 Blindnieten		1.2 Blindnietmuttern	
	Von der Werkstückvorderseite aus wird der Blindniet in das Bohrloch geführt. Der Zugdorn wird bis zur Kopfanlage vom Mundstück des Setzwerkzeuges aufgenommen. Die Blindnietgröße richtet sich nach Belastung und Materialstärke.		Die Blindnietmutter wird auf den Gewindedorn aufgeschraubt und von der Werkstückvorderseite aus in das Bohrloch eingeführt. Die Länge der Blindnietmutter richtet sich nach der Materialstärke.
	Durch Betätigung des Setzwerkzeuges wird das überstehende Ende der Niethülse durch den Zugdornkopf zu einem Schließkopf verformt. Die Materialien werden zusammengepresst.		Durch Betätigung des Setzwerkzeuges verformt sich die Blindnietmutter – ein festsitzendes Gewinde ist sekundenschnell, unverrückbar und fest hergestellt. Außerdem können in diesem Zuge Materialien zusammengepresst werden.
	Der Nietdorn reißt an der Sollbruchstelle ab – eine feste Nietverbindung ist entstanden.		Nun kann nach dem Herausschrauben des Gewindedornes mit einer metrischen Schraube ein zusätzliches Teil befestigt werden.

Tabelle 67: Montage von Blindniettechnik



10. Blindniettechnik

Montage, Formen und Typen, Bohrlochdurchmesser und Maße

10.2 Formen, Typen und Unterscheidung von Blindniettechnik



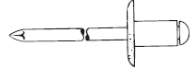
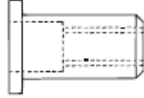
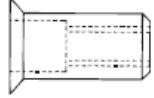



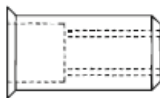




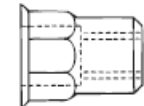


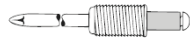


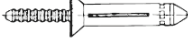

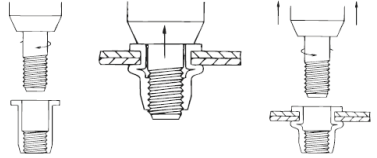
unterschiedliches Merkmal		Blindnieten			Blindnietmuttern	
Niethülse	<ul style="list-style-type: none"> Kopf-Form 	Form A nach DIN 7337  kleiner Flachkopf	Form B nach DIN 7337  Senkkopf 120°	Form C nach DIN 7337  großer Flachkopf	Form F  Flachkopf	Form S  Senkkopf 90°
	- Standard					
	- Spezial	Form FK  Flachrundkopf	Form SK  kleiner Senkkopf	Form KP  Klemmprofilkopf		Form SK  kleiner Senkkopf
	<ul style="list-style-type: none"> Schaft-Form 	glatt, voll nach DIN 7337  offenes Schaftende	glatt, quer teilgeschlitzt  Mehrbereichsschaft mit offenem Schaftende	gerillt, für Sacklochnietungen  offenes Schaftende	rund  durchgehendes, offenes Muttergewinde	sechskant  durchgehendes, offenes Muttergewinde
		glatt, voll für dichte Nietungen  geschlossenes Schaftende	glatt, mit Presslaschenschlitzung  für weiche Werkstoffe, offenes Schaftende	mit M-Gewinde  offenes Schaftende	rund  Sacklochgewinde, geschlossenes Schaftende	
Zugdorn	<ul style="list-style-type: none"> Schaft-Form 	glatter Schaft halbrunder Kopf  nach DIN 7337	gerillter Schaft halbrunder Kopf  Greifhilferillung (hochfeste Blindniete)	gerillter Schaft zylindr. Holzkopf  Greifhilferillung (Nietverstärkung)	Blindnietmuttern werden auf einem Zugdorn mit Gewinde aufgeschraubt. Nach dem Setzvorgang wird der Zugdorn ausgeschraubt. 	
	<ul style="list-style-type: none"> Kopf-Form 					

Tabelle 68: Typen von Blindniettechnik

Lieferbare Werkstoffkombinationen entnehmen Sie bitte unserem Online-Shop

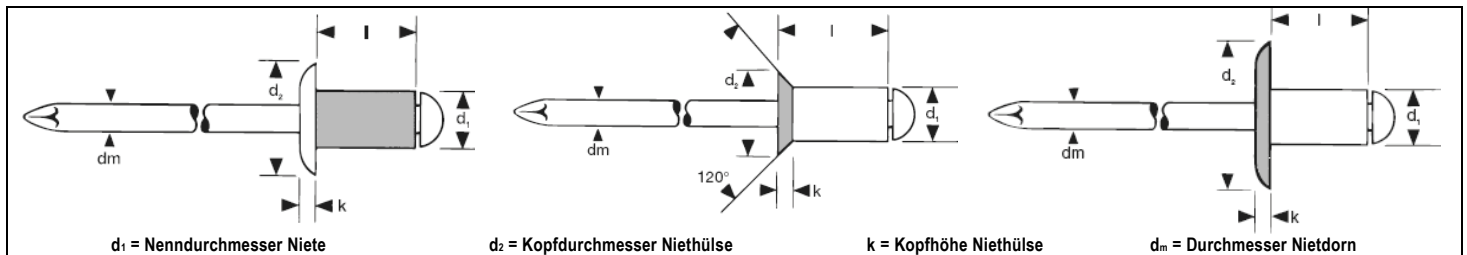
www.wegertseder.com



10. Blindniettechnik

Montage, Formen und Typen, Bohrlochdurchmesser und Maße

10.3 Maße für Blindnieten



Typ	d ₁	2,4	3	3,2	4	4,8	5	6	6,4
		d ₂ / k / d _m	d ₂ / k / d _m	d ₂ / k / d _m	d ₂ / k / d _m	d ₂ / k / d _m	d ₂ / k / d _m	d ₂ / k / d _m	d ₂ / k / d _m
A kleiner Flachkopf DIN 7337	1,55	5,0 / 0,65 / 1,55	2,00 6,5 / 1,0 / 2,05	2,00 6,5 / 1,0 / 2,05	2,45 8,0 / 1,2 / 2,65	2,95 9,5 / 1,3 / 3,30	2,95 9,5 / 1,3 / 3,30	3,40 12,0 / 1,5 / 3,80	3,90 13,0 / 1,8 / 4,00
A „PolyGrip“	–	–	–	6,5 / 1,1 / 1,8	8,0 / 1,3 / 2,3	9,5 / 1,6 / 2,7	–	–	–
F Gerillter Schaft FG	–	–	–	6,5 / 0,8 / 1,95	8,5 / 1,0 / 2,1	9,5 / 1,1 / 2,7	–	–	–
F „CAP“ geschlossen	–	–	–	6,5 / 1,5 / 1,7	8,5 / 1,6 / 2,2	10 / 2,1 / 2,7	–	–	–
A Kunststoff / Kunststoff	–	–	–	–	9,2 / 1,4 / 2,5	–	11,3 / 1,8 / 3,0	13,3 / 1,8 / 3,5	–
A Spreiz-Schaft SS	–	–	–	6,5 / 1,2 / 1,95	8,0 / 1,5 / 2,1	9,5 / 1,6 / 2,7	–	–	–
FK „TRIFOLD“	–	–	–	–	–	d ₁ = 4,1 8,2 / 1,55 / 2,4	d ₁ = 5,2 10,0 / 2,05 / 2,9	–	–
F „MEGAGRIP“	–	–	–	–	–	d ₁ = 4,9 9,35 / 2,5 / 2,95	–	–	d ₁ = 6,6 12,55 / 2,9 / 3,9
F „G-Lock“	–	–	–	–	–	10,1 / 2,4 / 3,08	–	–	13,3 / 3,2 / 4,24
B Senkkopf DIN 7337	–	–	2,00 6,0 / 0,9 / 2,05	2,00 6,0 / 0,9 / 2,05	2,45 7,5 / 1,0 / 2,65	2,95 9,0 / 1,2 / 3,30	2,95 9,0 / 1,2 / 3,30	3,40 11,0 / 1,5 / 3,80	3,90 12,0 / 1,6 / 4,00
S „MEGAGRIP“	–	–	–	–	–	d ₁ = 4,9 9,05 / 2,5 / 2,95	–	–	d ₁ = 11,15 / 2,9 / 3,9
C großer Flachkopf DIN 7337	–	–	–	9,5 / 1,3 / 2,00 2,05	12,0 / 1,6 / 2,45 2,65	11,0 / 1,8 / 2,95 14,0 / 3,30 16,0	11,0 / 1,8 / 2,95 14,0 / 3,30 16,0	–	19,0 / 2,7 / 3,90 4,00
CK „PolyGrip“	–	–	–	9,5 / 1,6 / 1,8	12,0 / 1,9 / 2,3	16,0 / 2,2 / 2,7	–	–	–

Tabelle 69: Maße für Blindnieten

10.4 Bohrlochdurchmesser für Blindnieten u. Spezialblindnieten

		<p>Für Standard-Blindnieten gilt: $Bohrloch\varnothing(d_3) = Nietnenndurchm. d_1 + 0,1 mm$</p> <p>Für Blindniet-Muttern gilt: $Bohrloch\varnothing(d_3) = \frac{\text{Schaftdurchmesser } d_1}{(\text{Schlüsselweite} + 0,1 mm)}$</p>
--	--	--

Tabelle 70

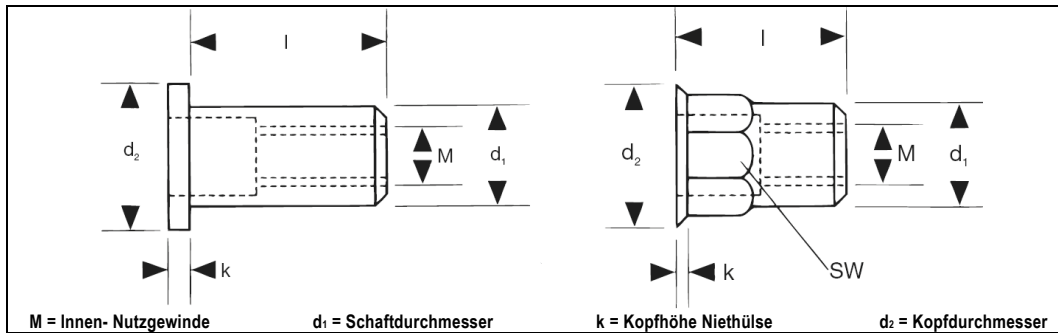
Typ	d1 Nenn-Ø	2,4	3,0	3,2	4,0	4,1	4,8	4,9	5,0	5,2	6,0	6,3	6,4	6,6	7,7	Tol.
FG Schaft gerillt	–	–	–	3,4	4,3	–	5,1	–	–	–	–	–	–	–	–	± 0,1
M Gewinde-Blindniete	–	–	(M 5) 3,1	–	(M 6) 4,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	± 0,05
SS Spreizschaft	–	–	–	3,6	4,4	–	5,2	–	–	–	–	–	–	–	–	± 0,1
„TRIFOLD“	–	–	–	–	4,2	–	–	–	–	5,3	–	–	–	–	–	± 0,1
„MEGAGRIP“, „G-Lock“, „BULB-TITE“	–	–	–	4,1 -4,2	–	5,0 -5,1	4,95 -5,2	–	5,3 -5,5	–	6,4 -6,6	6,6 -6,8	6,7 -6,9	7,9 -8,3	–	–



10. Blindniettechnik

Montage, Formen und Typen, Bohrlochdurchmesser und Maße

10.5 Maße für Blindnietmutter



Typ	M	Schaftform	M 4			M 5			M 6			M 8			M 10		
			d ₁	/	k / d ₂	d ₁	/	k / d ₂	d ₁	/	k / d ₂	d ₁	/	k / d ₂	d ₁	/	k / d ₂
F	Flachkopf	rund	6,0	/	0,9 / 9,0	7,0	/	1,1 / 10,0	9,0	/	1,6 / 12,0	11,0	/	1,6 / 14,0	12,0	/	1,6 / 15,0
		sechskantig*	6,0	/	0,9 / 9,0	7,0	/	1,1 / 10,0	9,0	/	1,6 / 13,0	11,0	/	1,6 / 16,0	12,0	/	1,6 / 15,0
S	Senkkopf	rund	6,0	/	1,5 / 9,0	7,0	/	1,5 / 10,0	9,0	/	1,5 / 12,0	11,0	/	1,5 / 14,0	12,0	/	1,5 / 15,0
		sechskantig*	–		–	–		–	–		–	–		–	–		–
S kl	kleiner Senkkopf	rund	6,0	/	0,6 / 7,2	7,0	/	0,6 / 8,2	9,0	/	0,6 / 10,2	11,0	/	0,6 / 12,2	–		–
		sechskantig*	6,0	/	0,6 / 7,5	7,0	/	0,6 / 8,5	9,0	/	0,6 / 10,5	11,0	/	0,6 / 12,5	–		–
		* Sechskant	SW 6			SW 7			SW 9			SW 11			–		

Tabelle 71: Maße für Blindnietmutter



11. Sicherung von Schraubverbindungen

Vergleich von Sicherungsmitteln, Einteilung und Produktübersicht

Sicherungselemente lassen sich in ihrer Funktion in fünf Gruppen unterscheiden.

Tabelle 72: gibt im Vergleich der fünf Gruppen eine Bewertungshilfe nach acht verschiedenen technischen und wirtschaftlichen Aspekten – wegen der großen Variationsbreite muß die Entscheidung über das geeignete Sicherungselement unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen im Einzelfall getroffen werden.

11.1 Vergleich von Sicherungsmitteln

Tabelle 72: Betrachtung von Sicherungsmitteln aus verschiedenen Aspekten

	Sicherungseigenschaft					Wirtschaftliche Eigenschaften		
1 sehr gut 2 gut 3 befriedigend 4 unbefriedigend 5 schlecht	Vorspannungserhaltung	gegen Verlieren	abhängig vom Gegenmaterial	abhängig von der Temperatur (bis ca. 120 °C)	Verletzung der Oberfläche	Widervendbarkeit	Montagekosten	Preis
Gruppe								
mitverspannte federnde Elemente*	4 bis 5	4 bis 5	3 bis 5	1 bis 2	3 bis 5	2 bis 4	1 bis 4	1 bis 4
form-schlüssige	bis 4	2 bis 4	1 bis 2	1 bis 2	1 bis 2	3 bis 5	4 bis 5	3 bis 5
klemmende	3 bis 4	1 bis 2	2 bis 5	2 bis 5	1 bis 2	2 bis 4	2 bis 3	3 bis 4
mikroform-schlüssige / sperrende	1 bis 2	1 bis 2	3 bis 5	1 bis 2	2 bis 5	3 bis 4	1 bis 2	1 bis 3
klebende	1 bis 2	1 bis 2	1 bis 2	4 bis 5	1 bis 2	4 bis 5	1 bis 4	1 bis 4

*Normen DIN 127, 128, 137, 6797, 6798, 7967, 7980 (2001–2003 gegen ISO-Normen ersetzt)



11.2 Einteilung von Sicherungsmitteln nach Ursache / Wirkung

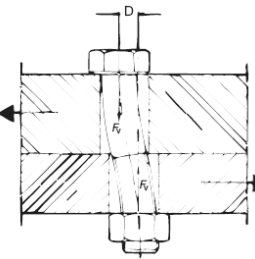
URSACHE des LöSENS	Einteilung des Sicherungsmittels nach		BEISPIEL
	WIRKSAMKEIT	FUNKTION	
LOCKERN durch Setzen	Setzsicherung	Mitverspannte federnde Elemente	Tellerfedern Spannscheiben Kombischrauben Kombimuttern
LOSDREHEN durch Aufhebung der Selbsthemmung 	Verliersicherung	Formschlüssige Elemente	Kronenmuttern+Splinte Schrauben mit Splintloch Drahtsicherung Scheiben mit Außennase
		Klemmende Elemente	Muttern mit Klemmteil Gewindefurchende Schrauben
	Losdrehsicherung	Sperrende Elemente	Sperrzahnschrauben Sperrzahnmuttern
		Klebende Elemente	Mikroverkapselung Flüssig-Klebstoff

Tabelle 73: Einteilung von Sicherungsmitteln

11.3 Klebe- und Klemmverbindungen



Beschichtungsart	Merkmale
Klebende Beschichtung (entspricht DIN 267-27) 	Cyanacrylat-Kleber („Schraubensicherungen leicht, mittel und hochfest“) anaerobe Kleber z. T. mikroverkapselt, Rundum-Beschichtung
Klemmende Beschichtung (entspricht DIN 267-28) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fleck- oder Rundum-Beschichtung • z. T. Kunststoffeinsätze (oder klemmende Streifen) im Gewinde

Tabelle 74: Klebeverbindungen



11.4 Überblick über lieferbare Sicherungsmittel

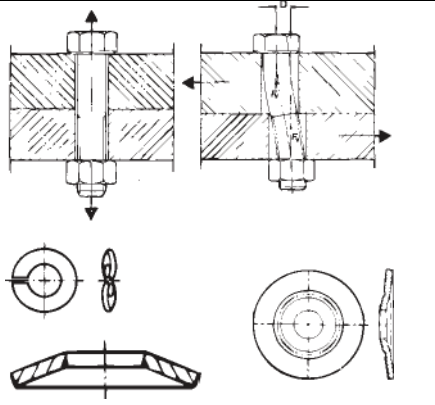
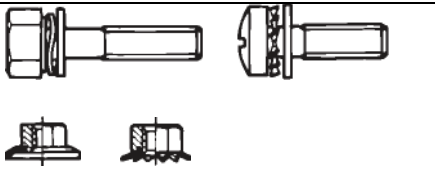
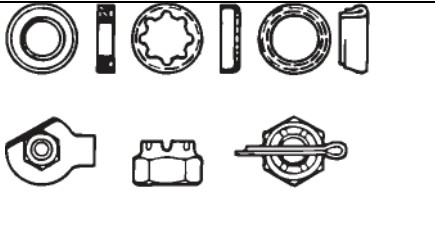
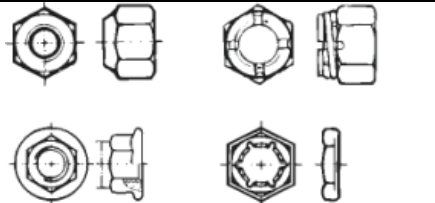
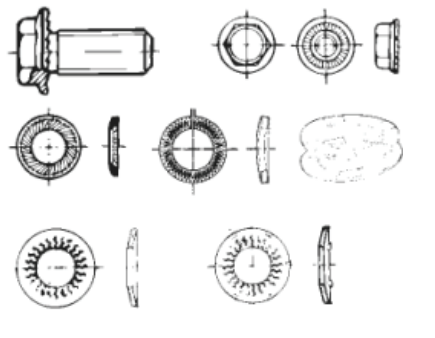
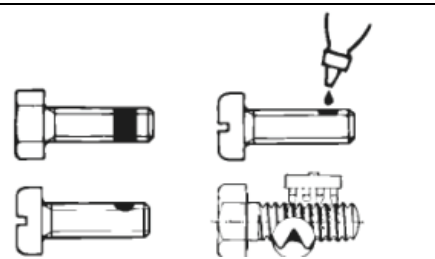
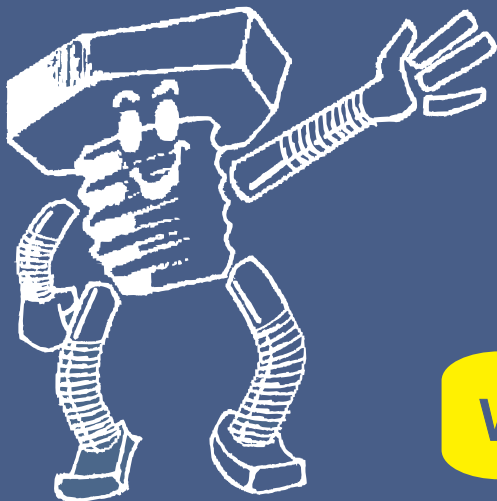
	<p>Schraubenverbindungen müssen konstruktiv richtig ausgelegt, zuverlässig montiert und je nach Betriebsbedingungen gesichert werden. Unzweckmäßige Sicherungselemente können zum Versagen hoch beanspruchter Verbindungen führen.</p> <p>1. Mitverspannte Elemente:</p> <p>1.1 federnde Elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Federringe DIN 128* - Federscheiben DIN 137* - Spannscheiben DIN 6796/ISO 10670 - TECKENTRUP-Tellerspannscheiben
	<p>1.2 Kombischrauben, Kombimuttern:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einbaufertige Verbindungselemente mit unverlierbaren Unterlegteilen - DIN 6900 mit metrischem ISO Gewinde, - DIN 6901 mit Blechschraubengewinde - DIN 6902-6908* Unterlegteil-Kombinationen ISO 10644, 10669, 10673 <p>Kopfform, Art der Unterlegteile, Werkstoff und Oberflächenveredelung für jeden Einsatzfall kombinierbar</p>
	<p>1.3 mechanische Elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DUBO-Profilescheiben, Zahntellerringe <p>2. formschlüssige Elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scheiben DIN 93, 432, 462, 463 - Kronenmuttern DIN 935, 937, 979 - Splinte DIN 94, ISO 7035-7038,
	<p>3. klemmende Elemente:</p> <p>Kontermuttern DIN 439 / ISO 4035/4036 Sicherungsmuttern (Palmmuttern) DIN 7967 Muttern mit Klemmteil</p> <p>DIN 980, 982, 985, 986, 6926, 6927, ISO 7040, 7042-7044</p>
	<p>4. sperrende Elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sperrzahnschrauben - Sperrzahnmuttern - TENSILock, RIPP- Schrauben/-muttern - Sperrkantringe - SCHNORR-Scheiben - NORD-LOCK-Scheiben <p>4.1 kraftschlüssig-federnde + formschlüssig-sperrende Elemente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TECKENTRUP-Sperrkantscheiben - TECKENTRUP-Sperrkant-Kontakt-Scheiben
	<p>5. Beschichtungen:</p> <p>5.1 klemmende Beschichtungen „KL“: Schrauben mit Kunststoffbeschichtung (Rundum- oder Fleckauftrag) im Gewinde nach DIN 267-28 – oder mit klemmenden Einsätzen/Streifen im Gewinde</p> <p>5.2 klebende (stoffschlüssige) Verbindungen „MK / MKL“: Schrauben mit klebenden Beschichtungen nach DIN 267-27 – z. B. mikroverkapselte Klebstoffbeschichtung, Rundum- und Fleckbeschichtung, Flüssigklebstoff</p>

Tabelle 75: lieferbare Sicherungsmittel





*Bei uns drehen sich alle
Schrauben nur um Sie!*

www.schrauben-shop.de



Adresse

Gewerbegebiet Dorfbach 5
D- 94496 Ortenburg



Telefon: 08542 / 91 77 81

(werktags 07.30 - 12.00 Uhr und 13.00 - 16.30 Uhr)

Telefax: 08542 / 91 77 82



Lagerverkauf

Mo-Fr. 07.00 - 17.00 Uhr



Ansprechpartner:

Geschäftsleitung

Manfred Wegertseder
(m.wegertseder@wegertseder.com)

Kaufm. Leitung

Renate Wegertseder
(r.wegertseder@wegertseder.com)

Vertrieb

Thomas Heider
(t.heider@wegertseder.com)
Matthias Aumüller
(m.aumueller@wegertseder.com)

Versandleitung

Maximilian Marold
(m.marold@wegertseder.com)

EDV-Leitung

Stefan Wegertseder
(webmaster@wegertseder.com)