

Schrauben, Festigkeitsklassen 4.6 bis 12.9/12.9

Mechanische und physikalische Eigenschaften von Schrauben

nach ISO 898, Teil 1

Die mechanischen Eigenschaften von Schrauben gelten in der Regel für Prüfungen bei Raumtemperatur.

Nr.	Mechanische oder physikalische Eigenschaft		Festigkeitsklasse									
			4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 d ≤ 16 mm ^a	d > 16 mm ^b	9.8 d ≤ 16 mm	10.9	12.9/ 12.9
1	Zugfestigkeit, R _m , MPa, [N/mm ²]	Nennwert ^c	400	400	500	500	600	800	800	900	1000	1200
		min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
2	Untere Streckgrenze, R _{eL} ^d , MPa, [N/mm ²]	Nennwert ^c	240	–	300	–	–	–	–	–	–	–
		min.	240	–	300	–	–	–	–	–	–	–
3	0,2%-Dehngrenze, R _{p0,2} ^e , MPa, [N/mm ²]	Nennwert ^c	–	–	–	–	–	640	640	720	900	1080
		min.	–	–	–	–	–	640	660	720	940	1100
4	0,0048 d Dehngrenze für ganze Schrauben R _{pf} , MPa, [N/mm ²]	Nennwert ^c	–	320	–	400	480	–	–	–	–	–
		min.	–	340 ^g	–	420 ^g	480 ^g	–	–	–	–	–
5	Spannung unter Prüfkraft, S _p ^f , MPa, [N/mm ²] Prüffestigkeits-Verhältnis S _{p,nom} /R _{eL,min} oder S _{p,nom} /R _{p0,2,min} oder S _{p,nom} /R _{pf,min}	Nennwert ^c	225	320	280	380	440	580	600	650	830	970
			0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
6	Prozentuale Bruchdehnung einer abgedrehten Probe, A, %	min.	22	–	20	–	–	12	12	10	9	8
7	Prozentuale Brucheinschnürung einer abgedrehten Probe, Z, %	min.	–	–	–	–	–	52	52	48	48	44
8	Bruchverlängerung einer ganzen Schraube, A _f (siehe auch ISO 898-1 Anhang C)	min.	–	0,24	–	0,22	0,20	–	–	–	–	–
9	Kopfschlagzähigkeit		Kein Bruch									
10	Vickershärte, HV F ≥ 98 N	min.	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
		max.	220 ^g	220 ^g	220 ^g	220 ^g	250	320	335	360	380	435
11	Brinellhärte, HBW F = 30 D ²	min.	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366
		max.	209 ^g	209 ^g	209 ^g	209 ^g	238	304	318	342	361	414
12	Rockwellhärte, HRB	min.	67	71	79	82	89	–	–	–	–	–
		max.	95,0 ^g	95,0 ^g	95,0 ^g	95,0 ^g	99,5	–	–	–	–	–
	Rockwellhärte, HRC	min.	–	–	–	–	–	22	23	28	32	39
		max.	–	–	–	–	–	32	34	37	39	44
13	Oberflächenhärte, HV 0,3	max.	–	–	–	–	–	h	h	h	h, i	h, j
14	Höhe der nichtentkohlten Gewindezone, E, mm	min.	–	–	–	–	–	1/2 H ₁	1/2 H ₁	1/2 H ₁	2/3 H ₁	3/4 H ₁
	Tiefe der Auskohlung im Gewinde G, mm	max.	–	–	–	–	–	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
15	Härteabfall nach Wiederanlassen (Härten), HV	max.	–	–	–	–	–	20	20	20	20	20
16	Bruchdrehmoment, M _B Nm	min.	–	–	–	–	–	nach ISO 898-7				
17	Kerbschlagarbeit K _V ^{k,l} , J	min.	–	–	27	–	–	27	27	27	27	m
18	Oberflächenzustand nach		ISO 6157-1 ⁿ									ISO 6157-3

^a Werte gelten nicht für Stahlbauschrauben.

^b Für Stahlbauschrauben d ≥ M12.

^c Nennwerte sind nur für das Bezeichnungssystem der Festigkeitsklassen festgelegt. Siehe Abschnitt 5.

^d Falls die untere Streckgrenze R_{eL} nicht bestimmt werden kann, ist die Ermittlung der 0,2%-Dehngrenze R_{p0,2} zulässig.

^e Für die Festigkeitsklassen 4.8, 5.8 und 6.8 werden die Werte für R_{p,min} untersucht.

Die aktuellen Werte sind nur zur Berechnung des Prüfspannungsverhältnisses angegeben. Sie sind keine Prüfwerte.

^f Prüfkraften sind in den Tabellen auf Seite 14 festgelegt.

^g Die am Ende einer Schraube bestimmte Härte darf maximal 250 HV, 238 HB oder 99,5 HRB betragen.

^h Die Oberflächenhärte darf an der jeweiligen Schraube 30 Vickerspunkte der gemessenen Kernhärte nicht überschreiten, wenn sowohl die Oberflächenhärte als auch die Kernhärte mit HV 0,3 ermittelt werden.

ⁱ Ein Anstieg der Oberflächenhärte auf über 390 HV ist nicht zulässig.

^j Ein Anstieg der Oberflächenhärte auf über 435 HV ist nicht zulässig.

^k Die Werte werden bei einer Prüftemperatur von –20 °C bestimmt.

^l Gilt für d ≥ 16 mm.

^m Werte für K_V werden untersucht.

ⁿ Anstatt ISO 6157-1 darf ISO 6157-3 nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Kunde gelten.

Schrauben, Festigkeitsklassen 4.6 bis 12.9/12.9

Mindestbruchkräfte von Schrauben

nach ISO 898, Teil 1

Mindestbruchkräfte – Metrisches ISO-Regelgewinde

Gewinde ¹⁾ d	Nennspannungs- querschnitt A _{s, nom} [mm ²]	Mindestbruchkraft F _{m, min} (A _{s, nom} x R _{m, min}) [N]								
		Festigkeitsklasse								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M3	5,03	2010	2110	2510	2620	3020	4020	4530	5230	6140
M3,5	6,78	2710	2850	3390	3530	4070	5420	6100	7050	8270
M4	8,78	3510	3690	4390	4570	5270	7020	7900	9130	10700
M5	14,2	5680	5960	7100	7380	8520	11350	12800	14800	17300
M6	20,1	8040	8440	10000	10400	12100	16100	18100	20900	24500
M7	28,9	11600	12100	14400	15000	17300	23100	26000	30100	35300
M8	36,6	14600 ²⁾	15400	18300 ²⁾	19000	22000	29200 ²⁾	32900	38100 ²⁾	44600
M10	58,0	23200 ²⁾	24400	29000 ²⁾	30200	34800	46400 ²⁾	52200	60300 ²⁾	70800
M12	84,3	33700	35400	42200	43800	50600	67400 ³⁾	75900	87700	103000
M14	115	46000	48300	57500	59800	69000	92000 ³⁾	104000	120000	140000
M16	157	62800	65900	78500	81600	94000	125000 ³⁾	141000	163000	192000
M18	192	76800	80600	96000	99800	115000	159000	–	200000	234000
M20	245	98000	103000	122000	127000	147000	203000	–	255000	299000
M22	303	121000	127000	152000	158000	182000	252000	–	315000	370000
M24	353	141000	148000	176000	184000	212000	293000	–	367000	431000
M27	459	184000	193000	230000	239000	275000	381000	–	477000	560000
M30	561	224000	236000	280000	292000	337000	466000	–	583000	684000
M33	694	278000	292000	347000	361000	416000	576000	–	722000	847000
M36	817	327000	343000	408000	425000	490000	678000	–	850000	997000
M39	976	390000	410000	488000	508000	586000	810000	–	1020000	1200000

¹⁾ Wenn in der Gewindebezeichnung keine Gewindesteigung angegeben ist, so ist Regelgewinde festgelegt.

²⁾ Für Schrauben mit der Gewindetoleranz 6az nach ISO 965-4, die feuerverzinkt werden, gelten nach ISO 10684 reduzierte Werte.

³⁾ Für Stahlbauschrauben 70 000 N (für M12), 95 500 N (für M14) und 130 000 N (für M16).

Verweis

Berechnung des Nennspannungsquerschnitts A_{s, nom}

Seite 54

Mindestbruchkräfte – Metrisches ISO-Feingewinde

Gewinde d x P	Nennspannungs- querschnitt A _{s, nom} [mm ²]	Mindestbruchkraft F _{m, min} (A _{s, nom} x R _{m, min}) [N]								
		Festigkeitsklasse								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M8x1	39,2	15700	16500	19600	20400	23500	31360	35300	40800	47800
M10x1	64,5	25800	27100	32300	33500	38700	51600	58100	67100	78700
M10x1,25	61,2	24500	25700	30600	31800	36700	49000	55100	63600	74700
M12x1,25	92,1	36800	38700	46100	47900	55300	73700	82900	95800	112000
M12x1,5	88,1	35200	37000	44100	45800	52900	70500	79300	91600	107000
M14x1,5	125	50000	52500	62500	65000	75000	100000	112000	130000	152000
M16x1,5	167	66800	70100	83500	86800	100000	134000	150000	174000	204000
M18x1,5	216	86400	90700	108000	112000	130000	179000	–	225000	264000
M20x1,5	272	109000	114000	136000	141000	163000	226000	–	283000	332000
M22x1,5	333	133000	140000	166000	173000	200000	276000	–	346000	406000
M24x2	384	154000	161000	192000	200000	230000	319000	–	399000	469000
M27x2	496	198000	208000	248000	258000	298000	412000	–	516000	605000
M30x2	621	248000	261000	310000	323000	373000	515000	–	646000	758000
M33x2	761	304000	320000	380000	396000	457000	632000	–	791000	928000
M36x3	865	346000	363000	432000	450000	519000	718000	–	900000	1055000
M39x3	1030	412000	433000	515000	536000	618000	855000	–	1070000	1260000

Schrauben, Festigkeitsklassen 4.6 bis 12.9/12.9

Prüfkraften von Schrauben

nach ISO 898, Teil 1

Prüfkraften – Metrisches ISO-Regelgewinde

Gewinde ¹⁾ d	Nennspannungs- querschnitt A _{s, nom} [mm ²]	Prüfkraft F _p (A _{s, nom} × S _{p, nom} ⁴⁾) [N]								
		Festigkeitsklasse								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M3	5,03	1 130	1 560	1 410	1 910	2 210	2 920	3 270	4 180	4 880
M3,5	6,78	1 530	2 100	1 900	2 580	2 980	3 940	4 410	5 630	6 580
M4	8,78	1 980	2 720	2 460	3 340	3 860	5 100	5 710	7 290	8 520
M5	14,2	3 200	4 400	3 980	5 400	6 250	8 230	9 230	11 800	13 800
M6	20,1	4 520	6 230	5 630	7 640	8 840	11 600	13 100	16 700	19 500
M7	28,9	6 500	8 960	8 090	11 000	12 700	16 800	18 800	24 000	28 000
M8	36,6	8 240 ²⁾	11 400	10 200 ²⁾	13 900	16 100	21 200 ²⁾	23 800	30 400 ²⁾	35 500
M10	58,0	13 000 ²⁾	18 000	16 200 ²⁾	22 000	25 500	33 700 ²⁾	37 700	48 100 ²⁾	56 300
M12	84,3	19 000	26 100	23 600	32 000	37 100	48 900 ³⁾	54 800	70 000	81 800
M14	115	25 900	35 600	32 200	43 700	50 600	66 700 ³⁾	74 800	95 500	112 000
M16	157	35 300	48 700	44 000	59 700	69 100	91 000 ³⁾	102 000	130 000	152 000
M18	192	43 200	59 500	53 800	73 000	84 500	115 000	–	159 000	186 000
M20	245	55 100	76 000	68 600	93 100	108 000	147 000	–	203 000	238 000
M22	303	68 200	93 900	84 800	115 000	133 000	182 000	–	252 000	294 000
M24	353	79 400	109 000	98 800	134 000	155 000	212 000	–	293 000	342 000
M27	459	103 000	142 000	128 000	174 000	202 000	275 000	–	381 000	445 000
M30	561	126 000	174 000	157 000	213 000	247 000	337 000	–	466 000	544 000
M33	694	156 000	215 000	194 000	264 000	305 000	416 000	–	576 000	673 000
M36	817	184 000	253 000	229 000	310 000	359 000	490 000	–	678 000	792 000
M39	976	220 000	303 000	273 000	371 000	429 000	586 000	–	810 000	947 000

¹⁾ Wenn in der Gewindebezeichnung keine Gewindesteigung angegeben ist, so ist Regelgewinde festgelegt.

²⁾ Für Schrauben mit der Gewindetoleranz 6az nach ISO 965-4, die feuerverzinkt werden, gelten nach ISO 10684 reduzierte Werte.

³⁾ Für Stahlbauschrauben 50 700 N (für M12), 68 800 N (für M14) und 94 500 N (für M16).

⁴⁾ Werte für die Spannung unter Prüfkraft S_{p, nom} und ihr Verhältnis zur Dehngrenze siehe Seite 12, Nr. 5 in Tabelle.

Verweis

Berechnung des Nennspannungsquerschnitts A_{s, nom}

Seite 54

Prüfkraften – Metrisches ISO-Feingewinde

Gewinde d x P	Nennspannungs- querschnitt A _{s, nom} [mm ²]	Prüfkraft F _p (A _{s, nom} × S _{p, nom}) [N]								
		Festigkeitsklasse								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
M8x1	39,2	8 820	12 200	11 000	14 900	17 200	22 700	25 500	32 500	38 000
M10x1,25	61,2	13 800	19 000	17 100	23 300	26 900	35 500	39 800	50 800	59 400
M10x1	64,5	14 500	20 000	18 100	24 500	28 400	37 400	41 900	53 500	62 700
M12x1,25	92,1	20 700	28 600	25 800	35 000	40 500	53 400	59 900	76 400	89 300
M12x1,5	88,1	19 800	27 300	24 700	33 500	38 800	51 100	57 300	73 100	85 500
M14x1,5	125	28 100	38 800	35 000	47 500	55 000	72 500	81 200	104 000	121 000
M16x1,5	167	37 600	51 800	46 800	63 500	73 500	96 900	109 000	139 000	162 000
M18x1,5	216	48 600	67 000	60 500	82 100	95 000	130 000	–	179 000	210 000
M20x1,5	272	61 200	84 300	76 200	103 000	120 000	163 000	–	226 000	264 000
M22x1,5	333	74 900	103 000	93 200	126 000	146 000	200 000	–	276 000	323 000
M24x2	384	86 400	119 000	108 000	146 000	169 000	230 000	–	319 000	372 000
M27x2	496	112 000	154 000	139 000	188 000	218 000	298 000	–	412 000	481 000
M30x2	621	140 000	192 000	174 000	236 000	273 000	373 000	–	515 000	602 000
M33x2	761	171 000	236 000	213 000	289 000	335 000	457 000	–	632 000	738 000
M36x3	865	195 000	268 000	242 000	329 000	381 000	519 000	–	718 000	839 000
M39x3	1030	232 000	319 000	288 000	391 000	453 000	618 000	–	855 000	999 000

Schrauben, Festigkeitsklassen 4.6 bis 12.9/12.9

Werkstoffe, Wärmebehandlungen, chemische Zusammensetzungen

nach ISO 898, Teil 1

Stähle

Festigkeitsklasse	Werkstoff und Wärmebehandlung	Chemische Zusammensetzung (Schmelzanalyse, %) ¹⁾					Anlans-temperatur °C
		C min.	max.	P max.	S max.	B ²⁾ max.	
4.6 ^{3), 4)}	Kohlenstoffstahl oder Kohlenstoffstahl mit Zusätzen	–	0,55	0,05	0,06	nicht gefestigt	–
4.8 ⁴⁾							
5.6 ³⁾		0,13	0,55	0,05	0,06		
5.8 ⁴⁾		–	0,55	0,05	0,06		
6.8 ⁴⁾		0,15	0,55	0,05	0,06		
8.8 ⁶⁾	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr), gehärtet und angelassen	0,15 ⁵⁾	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	oder Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen	0,25	0,55	0,025	0,025		
	oder Legierter Stahl, gehärtet und angelassen ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
9.8 ⁶⁾	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr), gehärtet und angelassen	0,15 ⁵⁾	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	oder Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen	0,25	0,55	0,025	0,025		
	oder Legierter Stahl, gehärtet und angelassen ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9 ⁶⁾	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr), gehärtet und angelassen	0,20 ⁵⁾	0,55	0,025	0,025	0,003	425
	oder Kohlenstoffstahl, gehärtet und angelassen	0,25	0,55	0,025	0,025		
	oder Legierter Stahl, gehärtet und angelassen ⁷⁾	0,20	0,55	0,025	0,025		
12.9 ^{6), 8), 9)}	Legierter Stahl, gehärtet und angelassen ⁷⁾	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9 ^{6), 8), 9)}	Kohlenstoffstahl mit Zusätzen (z.B. Bor oder Mn oder Cr oder Mo), gehärtet und angelassen	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

¹⁾ Im Schiedsfall gilt die Produktanalyse.

²⁾ Der Bor-Gehalt darf 0,005 % erreichen, vorausgesetzt, dass das nicht wirksame Bor durch Zusätze von Titan und / oder Aluminium kontrolliert wird.

³⁾ Bei kalt umgeformten Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 kann eine Wärmebehandlung des für das Kaltumformen verwendeten Drahtes oder der kalt umgeformten Schraube notwendig werden, um die gewünschte Duktilität zu erreichen.

⁴⁾ Für diese Festigkeitsklassen ist Automatenstahl mit folgenden maximalen Schwefel-, Phosphor- und Bleianteilen zulässig:
Schwefel 0,34 %; Phosphor 0,11 %; Blei 0,35 %.

⁵⁾ Bei einfachem Kohlenstoffstahl mit Bor als Zusatz und einem Kohlenstoffgehalt unter 0,25 % (Schmelzanalyse) muss ein Mangengehalt von mindestens 0,6 % für die Festigkeitsklasse 8.8 und 0,7 % für die Festigkeitsklassen 9.8 und 10.9 vorhanden sein.

⁶⁾ Werkstoffe dieser Festigkeitsklassen müssen ausreichend härtbar sein, um sicherzustellen, dass im Gefüge des Kernes im Gewindeanteil ein Martensitanteil von ungefähr 90 % im gehärteten Zustand vor dem Anlassen vorhanden ist.

⁷⁾ Legierter Stahl muss mindestens einen der folgenden Legierungsbestandteile in der angegebenen Mindestmenge enthalten:
Chrom 0,3 %; Nickel 0,3 %; Molybdän 0,2 %; Vanadium 0,1 %.

Wenn zwei, drei oder vier Elemente in Kombinationen festgelegt sind und geringere Legierungsanteile haben als oben angegeben, dann ist der für die Klassifizierung anzuwendende Grenzwert 70 % der Summe der oben angegebenen Einzelgrenzwerte für die zwei, drei oder vier betreffenden Elemente.

⁸⁾ Für die Festigkeitsklasse 12.9/12.9 ist eine metallographisch feststellbare, mit Phosphor angereicherte weisse Schicht nicht zulässig. Diese muss mit einem geeigneten Prüfverfahren nachgewiesen werden.

⁹⁾ Bei einem vorgesehenen Einsatz der Festigkeitsklasse 12.9/12.9 ist Vorsicht geboten. Dabei sollten die Eignung des Schraubenherstellers, die Montage und die Einsatzbedingungen berücksichtigt werden.

Durch spezielle Umgebungsbedingungen kann es sowohl bei unbeschichteten als auch bei beschichteten Schrauben zu Spannungsrisskorrosion kommen.

Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen

nach ISO 898, Teil 1

Einfluss höherer Temperaturen auf die mechanischen Eigenschaften von Schrauben

Höhere Temperaturen können zu Veränderungen der mechanischen und funktionellen Eigenschaften von Schrauben führen.

Bei typischen Betriebstemperaturen bis 150 °C sind keine schädlichen Auswirkungen durch eine Veränderung mechanischer Eigenschaften von Schrauben bekannt. Bei Temperaturen über 150 °C und bis zu einer Höchsttemperatur von 300 °C sollte die Funktionsfähigkeit von Schrauben durch sorgfältiges Prüfen sichergestellt werden.

Bei steigender Temperatur kann es zu einer zunehmenden Verminderung der Streckgrenze, der 0,2%-Dehngrenze oder der 0,0048 d Dehngrenze bei fertigen Schrauben sowie zur Verringerung der Zugfestigkeit kommen. Fortlaufender Einsatz von Schrauben bei höheren Betriebstemperaturen kann zu deutlicher Spannungsrelaxation führen, die mit höheren Temperaturen zunimmt. Spannungsrelaxation geht einher mit einem Nachlassen der Klemmkraft.

Kalt verformte Schrauben (Festigkeitsklassen 4.8, 5.8, 6.8) sind anfälliger für Spannungsrelaxation als gehärtete und angelassene oder spannungsarm gegläute Schrauben.

Vorsicht ist geboten, wenn bleihaltige Stähle für Schrauben bei höheren Temperaturen verwendet werden. Bei derartigen Schrauben sollte das Risiko einer Versprödung durch flüssige Metalle berücksichtigt werden, wenn die Betriebstemperatur sich im Schmelzbereich des Bleis befindet.

Angaben zu Stählen für den Einsatz bei höheren Temperaturen unter EN 10269/ASTM F2281 beachten.

Eigenschaften bei erhöhter Festigkeit (wenn $\geq 1000 \text{ N/mm}^2$)

Einfluss höherer Schraubenfestigkeiten unter Einbezug der mechanischen Beanspruchung und Umgebungsbedingungen.

Verweis

Risiko der Wasserstoffversprödung, Seite 46

