

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	8.8 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 ^f	–	420 ^f	480 ^f	–	–	–	–	–
5	Spannung unter Prüfkraft, S _p ^g , MPa, [N/mm ²]	Nennwert	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
		Prüffestigkeits-Verhältnis	S _{p, nom} /R _{eL, min} oder S _{p, nom} /R _{p0,2, min} oder S _{p, nom} /R _{pf, min}	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88
6	Prozentuale Bruchdehnung einer abgedrehten Probe, A, %	min.	22	–	20	–	–	12	12	10	9	8
7	Prozentuale Bruchdehnung einer abgedrehten Probe, Z, %	min.	–	–	–	–	–	52	52	48	48	44
8	Bruchverlängerung einer ganzen Schraube, A ₁ (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 ^h	220 ^h	220 ^h	220 ^h	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 ^h	209 ^h	209 ^h	209 ^h	238	304	318	342	361	414
12	Rockwellhärte, HRB	min.	67	71	79	82	89	–	–	–	–	–
		max.	95,0 ^h	95,0 ^h	95,0 ^h	95,0 ^h	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
		max.	–	–	–	–	–	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
15	Härteabfall nach Wiederanlassen (Härten), HV	max.	–	–	–	–	–	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_{p0,2, min} untersucht. Die aktuellen Werte sind nur zur Berechnung des Prüfspannungsverhältnisses angegeben. Sie sind keine Prüfwerte.
^f Prüfkraften sind in den Tabellen F.006 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.

Mindestbruchkräfte von Schrauben

nach ISO 898, Teil 1

Mindestbruchkräfte – Metrisches ISO-Regelgewinde

Gewinde ¹⁾ d	Nennspannungs- querschnitt $A_{s, nom}$ [mm ²]	Mindestbruchkraft $F_{m, min}$ ($A_{s, nom} \times R_{m, min}$) [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).

 Berechnung des Nennspannungsquerschnitts $A_{s, nom}$
Seite F.046

Mindestbruchkräfte – Metrisches ISO-Feingewinde

Gewinde d x P	Nennspannungs- querschnitt $A_{s, nom}$ [mm ²]	Mindestbruchkraft $F_{m, min}$ ($A_{s, nom} \times R_{m, min}$) [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

Prüfkraften von Schrauben

nach ISO 898, Teil 1

Prüfkraften – Metrisches ISO-Regelgewinde

Gewinde ¹⁾ d	Nennspannungsquerschnitt 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	1130	1560	1410	1910	2210	2920	3270	4180	4880	
M3,5	6,78	1530	2100	1900	2580	2980	3940	4410	5630	6580	
M4	8,78	1980	2720	2460	3340	3860	5100	5710	7290	8520	
M5	14,2	3200	4400	3980	5400	6250	8230	9230	11800	13800	
M6	20,1	4520	6230	5630	7640	8840	11600	13100	16700	19500	
M7	28,9	6500	8960	8090	11000	12700	16800	18800	24000	28000	
M8	36,6	8240 ²⁾	11400	10200 ²⁾	13900	16100	21200 ²⁾	23800	30400 ²⁾	35500	
M10	58,0	13000 ²⁾	18000	16200 ²⁾	22000	25500	33700 ²⁾	37700	48100 ²⁾	56300	
M12	84,3	19000	26100	23600	32000	37100	48900 ³⁾	54800	70000	81800	
M14	115	25900	35600	32200	43700	50600	66700 ³⁾	74800	95500	112000	
M16	157	35300	48700	44000	59700	69100	91000 ³⁾	102000	130000	152000	
M18	192	43200	59500	53800	73000	84500	115000	–	159000	186000	
M20	245	55100	76000	68600	93100	108000	147000	–	203000	238000	
M22	303	68200	93900	84800	115000	133000	182000	–	252000	294000	
M24	353	79400	109000	98800	134000	155000	212000	–	293000	342000	
M27	459	103000	142000	128000	174000	202000	275000	–	381000	445000	
M30	561	126000	174000	157000	213000	247000	337000	–	466000	544000	
M33	694	156000	215000	194000	264000	305000	416000	–	576000	673000	
M36	817	184000	253000	229000	310000	359000	490000	–	678000	792000	
M39	976	220000	303000	273000	371000	429000	586000	–	810000	947000	

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 F.004, Nr. 5 in Tabelle.

▶ Berechnung des Nennspannungsquerschnitts A_{s, nom}
 Seite F.046

Prüfkraften – Metrisches ISO-Feingewinde

Gewinde d x P	Nennspannungsquerschnitt 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	8820	12200	11000	14900	17200	22700	25500	32500	38000	
M10x1,25	61,2	13800	19000	17100	23300	26900	35500	39800	50800	59400	
M10x1	64,5	14500	20000	18100	24500	28400	37400	41900	53500	62700	
M12x1,25	92,1	20700	28600	25800	35000	40500	53400	59900	76400	89300	
M12x1,5	88,1	19800	27300	24700	33500	38800	51100	57300	73100	85500	
M14x1,5	125	28100	38800	35000	47500	55000	72500	81200	104000	121000	
M16x1,5	167	37600	51800	46800	63500	73500	96900	109000	139000	162000	
M18x1,5	216	48600	67000	60500	82100	95000	130000	–	179000	210000	
M20x1,5	272	61200	84300	76200	103000	120000	163000	–	226000	264000	
M22x1,5	333	74900	103000	93200	126000	146000	200000	–	276000	323000	
M24x2	384	86400	119000	108000	146000	169000	230000	–	319000	372000	
M27x2	496	112000	154000	139000	188000	218000	298000	–	412000	481000	
M30x2	621	140000	192000	174000	236000	273000	373000	–	515000	602000	
M33x2	761	171000	236000	213000	289000	335000	457000	–	632000	738000	
M36x3	865	195000	268000	242000	329000	381000	519000	–	718000	839000	
M39x3	1030	232000	319000	288000	391000	453000	618000	–	855000	999000	

Werkstoffe, Wärmebehandlungen, chemische Zusammensetzungen

nach ISO 898, Teil 1

Stähle

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

► Risiko der Wasserstoffversprödung
Seite F.038

Mechanischer Bruch

- Gewaltbruch
- Dauerbruch
- Gleitbruch
- Spaltbruch
- Mischbruch
- Schwingbruch

Werkstoff mit hoher Festigkeit

Abtragende Korrosion

- Flächenkorrosion
- Lochkorrosion
- Spaltkorrosion
- Kontaktkorrosion

Mechanische Spannung

Werkstoffversprödung

- Spannungsrissskorrosion
- Wasserstoffinduzierte Versprödung

Umgebungsmedium

- z. B. Wasserstoff, saurer Regen

