

Umgang mit den Richtwerten

Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente

Dieses Vorgehen kann die Berechnung nach VDI 2230 nicht ersetzen und entspricht nicht dem Stand der Technik. Es kann aber zumindest einen Schraubenbruch bei der Montage nicht berechneter Schrauben verhindern. Hauptursache für solche Brüche sind niedrigere Reibungszahlen als angenommen.

Schritt 1: Reibungszahl $\mu_K = \mu_G$

Bei Unsicherheit über den genauen **Oberflächen- und Schmierzustand von Gewinde und Auflagefläche** muss die **kleinste** in der Praxis (z. B. Erstmontage, Wartung, Reparatur) auftretende Reibungszahl $\mu_K = \mu_G$ aus Tabelle **F.044** gewählt werden.

Beispiel:

Wahl für Schraube und Mutter mit Oberflächenzustand galvanisch verzinkt
Reibungszahl $\mu_K = \mu_G = 0,14 - 0,24$, kleinster Wert $\mu_K = \mu_G = 0,14$

Schritt 2: Montage-Anziehdrehmoment $M_A \max$

Dieses maximal zulässige Anziehdrehmoment bei einer 90 %-igen Ausnutzung der Streckgrenze (R_{eL}) resp. der 0,2 %-Dehngrenze ($R_{p0,2}$) finden Sie in den Tabellen ab Seite **F.048**. Dies ist das maximale Montage-Anziehdrehmoment bei Verwendung moderner Schrauber mit Drehmomentstreuung von max. 5 %.

Beispiel:

Sechskantschraube ISO 4017, M12, Festigkeitsklasse 8.8, verzinkt. Suchen Sie auf Seite **F.049** bei «Gewinde» M12 die Zeile $\mu_K = \mu_G = 0,14$. Finden Sie in dieser Zeile in der rechten Tabellenhälfte «Maximale Anziehdrehmomente» in Spalte «Festigkeitsklasse 8.8» das max. Montage-Anziehdrehmoment $M_{A \max} = 93 \text{ Nm}$

Schritt 3: Maximale Montage-Vorspannkraft $F_M \max$

Mit dem Anziehdrehmoment $M_{A \max}$ können Sie in derselben Tabelle auch die resultierende maximale Montage-Vorspannkraft $F_{M \max}$ ablesen.

Beispiel:

Sie finden in der linken Tabellenhälfte in Spalte «Festigkeitsklasse 8.8» und auf der Zeile «M12/0,14» die resultierende maximale Montage-Vorspannkraft $F_{M \max} = 41,9 \text{ kN}$

Schritt 4: Minimale Montage-Vorspannkraft $F_M \min$

Die minimale Vorspannkraft erhalten Sie aus der maximalen Montage-Vorspannkraft mit Hilfe des Anziehfaktors α_A – siehe **F.046**.

Beispiel:

Wird mit einem handelsüblichen modernen Drehmomentschlüssel gleichmäßig angezogen und die Reibungszahl geschätzt, muss mit einem Anziehfaktor $\alpha_A = 1,6$ bis 2,0 gerechnet werden – siehe Tabelle auf Seite **F.046**. Ist der Schlüssel, – wie im Beispiel angenommen – signalgebend, gilt der höhere Wert 2,0.

Da die kurze Schraube M12x40 sich jedoch mit einem kleinen Drehwinkel anziehen lässt und eine relativ steife Verbindung ergibt, kann dieser Wert etwas niedriger gewählt werden.

Deshalb angenommen $\alpha_A = 1,8$

Minimale zu erwartende Montage-Vorspannkraft:

$$F_{M \min} = F_{M \max} / \alpha_A = 41,9 \text{ kN} / 1,8$$

$$F_{M \min} = 23,3 \text{ kN}$$

Schritt 5: Kontrolle

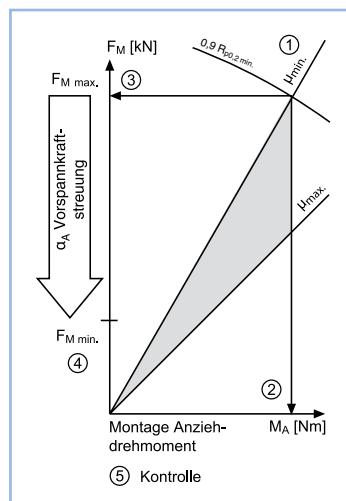
Kontrolle mit Berechnungen nach VDI 2230 ist Stand der Technik und wird für eine sichere Auslegung empfohlen

- Genügt die minimale Montage-Vorspannkraft $F_{M \min}$ für die in der Praxis auftretenden Maximalkräfte?
- Sind die Flächenpressungen in den Auflageflächen nicht zu hoch?
- Wie gross ist die Restklemmkraft unter Betriebsbedingungen?
- Wird die Dauerfestigkeit der Schraube im Betriebseinsatz nicht überschritten?

Wird das Anziehdrehmoment M_A aus irgendwelchen Gründen tiefer angenommen als der Tabellenwert, werden sich auch die Montage-Vorspannkraft F_M und die daraus abgeleitete minimale Vorspannkraft $F_{M \min}$ um diesen Prozentsatz vermindern! Ob die Verbindungseigenschaften dann noch genügen, muss der Anwender prüfen.

Mögliche Gründe für ein solches Vorgehen:

- unvorhersehbare tiefere Reibungszahlen als angenommen und damit Risiko für einen Schraubenbruch bei der Montage
- eventuelle Verwendung ungenauerer Drehmomentschlüssel als vorgegeben und damit ähnliches Risiko für ein Versagen
- Klemmteile, die sich unvorhergesehen deformieren könnten oder Ähnliches.
- ungenügende Fachkenntnisse des Montagepersonals



Richtwerte für metrisches Regelgewinde VDI 2230

Angaben in Anlehnung an VDI 2230, Ausgabe 2015: Maximale zulässige Anziehdrehmomente und resultierende maximale Vorspannkräfte für Sechskantschrauben ISO 4014 – 4018, Innensechskantschrauben ISO 4762 und für Schrauben mit analogen Kopffestigkeiten und Kopfauflageflächen der Festigkeitsklassen 3.6 bis 12.9 bei einer **90 %-igen Ausnutzung der Streckgrenze $R_{el}/0,2\%-Dehngrenze R_{p0,2}$** . Bohrungen nach ISO 273-mittel.

Die Tabelle zeigt zulässige Maximalwerte und enthält keine weiteren Sicherheitsfaktoren. Sie setzt die Kenntnis der einschlägigen Richtlinien und Auslegungskriterien voraus.

! Richtwerte Tabellen F.048 und F.049

Die Richtwerte sind etwas höher als in der früheren Version VDI 2230, Ausgabe 1986, da unter Beachtung bislang nicht genutzter Reserven die Schraubenfestigkeit durch eine höhere Montage-Vorspannkraft besser ausgenutzt wird.

Nachweisrechnung notwendig! VDI 2230, Ausgabe 2015

i Anziehdrehmoment Tabellen F.048 und F.049

Mit $M_A = F_M \cdot X$ kann das Anziehdrehmoment zu jeder anderen Vorspannkraft errechnet werden.

Gewinde	Reibungszahl $\mu_k = \mu_G$	Maximale Vorspannkraft $F_{M \max}$ [N]								Maximales Anziehdrehmoment $M_{A \max}$ [Nm]								Umrechnungsfaktor X	
		Festigkeitsklassen nach ISO 898/1								Festigkeitsklassen nach ISO 898/1									
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	
M1,6	0,10	176	235	294	470	627	882	1058	4,2	5,7	7,1	11,3	15,1	21,2	25,5	0,024			
	0,12	171	228	285	455	607	854	1025	4,7	6,3	7,9	12,6	16,9	23,7	28,5	0,028			
	0,14	165	220	275	441	588	826	992	5,2	6,9	8,7	13,9	18,5	26	31,2	0,032			
M2	0,10	292	390	487	779	1039	1461	1754	9	11,9	14,9	23,8	31,7	44,5	53,5	0,031			
	0,12	283	378	472	756	1008	1417	1701	10	13,3	16,7	26,7	35,6	50	60	0,035			
	0,14	274	366	457	732	976	1373	1647	11	14,7	18,4	29,4	39,2	55	66	0,040			
M2,5	0,10	485	647	809	1294	1725	2426	2911	18	24	30	49	65	91	109	0,037			
	0,12	471	628	785	1257	1676	2356	2828	21	27	34	55	73	103	123	0,044			
	0,14	457	609	762	1219	1625	2285	2742	23	30	38	60	81	113	136	0,050			
M3	0,10	726	968	1210	1936	2582	3631	4357	32	42	53	84	112	158	190	0,044			
	0,12	706	941	1177	1883	2510	3530	4236	36	48	60	95	127	179	214	0,051			
	0,14	685	914	1142	1827	2436	3426	4111	40	53	66	105	141	198	237	0,058			

Gewinde	Reibungszahl $\mu_k = \mu_G$	Maximale Vorspannkraft $F_{M \max}$ [kN]								Maximales Anziehdrehmoment $M_{A \max}$ [Nm]								Umrechnungsfaktor X	
		Festigkeitsklassen nach ISO 898/1								Festigkeitsklassen nach ISO 898/1									
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	
M4	0,08	1,3	1,74	2,17	3,48	4,6	6,8	8,0	0,63	0,84	1,05	1,68	2,3	3,3	3,9	0,50			
	0,10	1,26	1,68	2,10	3,36	4,5	6,7	7,8	0,73	0,97	1,21	1,94	2,6	3,9	4,5	0,58			
	0,12	1,22	1,63	2,04	3,26	4,4	6,5	7,6	0,82	1,09	1,37	2,19	3,0	4,6	5,1	0,67			
M5	0,08	2,12	2,83	3,54	5,67	7,6	11,1	13,0	1,2	1,65	2,06	3,3	4,4	6,5	7,6	0,58			
	0,10	2,06	2,74	3,43	5,48	7,4	10,8	12,7	1,4	1,9	2,4	3,8	5,2	7,6	8,9	0,70			
	0,12	2,00	2,67	3,33	5,33	7,2	10,6	12,4	1,6	2,2	2,7	4,3	5,9	8,6	10,0	0,81			
M6	0,08	3,00	4,01	5,01	8,02	10,7	15,7	18,4	2,1	2,8	3,6	5,7	7,7	11,3	13,2	0,72			
	0,10	2,90	3,87	4,84	7,74	10,4	15,3	17,9	2,5	3,3	4,1	6,6	9,0	13,2	15,4	0,86			
	0,12	2,82	3,76	4,71	7,53	10,2	14,9	17,5	2,8	3,7	4,7	7,5	10,1	14,9	17,4	0,99			
M8	0,08	5,4	7,3	9,1	14,6	19,5	28,7	33,6	5,2	6,9	8,6	13,8	18,5	27,2	31,8	0,95			
	0,10	5,3	7,1	8,8	14,2	19,1	28,0	32,8	6,0	8,0	10,0	16,1	21,6	31,8	37,2	1,13			
	0,12	5,15	6,9	8,6	13,8	18,6	27,3	32,0	6,8	9,1	11,3	18,2	24,6	36,1	42,2	1,32			
	0,14	5,0	6,7	8,3	13,4	18,1	26,6	31,1	7,5	10,1	12,6	20,1	27,3	40,1	46,9	1,51			

Gewinde	Reibungs- zahl $\mu_k = \mu_G$	Maximale Vorspannkraft $F_{M \max}$ [kN]							Maximales Anziehdrehmoment $M_{A \max}$ [Nm]							Umrechnungs faktor X	
		Festigkeitsklassen nach ISO 898/1							Festigkeitsklassen nach ISO 898/1								
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9		
M10	0,08	8,7	11,6	14,5	23,2	31,0	45,6	53,3	10,2	13,6	17,0	27,2	36	53	62	1,16	
	0,10	8,4	11,3	14,1	22,5	30,3	44,5	52,1	12	16,1	20,1	32,3	43	63	73	1,42	
	0,12	8,2	11,0	13,7	21,9	29,6	43,4	50,8	13,7	18,3	22,9	36,5	48	71	83	1,65	
	0,14	8,0	10,7	13,3	21,3	28,8	42,2	49,4	15,2	20,3	25,3	40,6	54	79	93	1,89	
M12	0,08	12,7	16,9	21,1	33,8	45,2	66,3	77,6	17	23	29	47	63	92	108	1,39	
	0,10	12,3	16,4	20,5	32,8	44,1	64,8	75,9	20	27	34	55	73	108	126	1,65	
	0,12	12,0	16,0	20,0	32,0	43,0	63,2	74,0	23	31	39	62	84	123	144	1,94	
	0,14	11,6	15,5	19,4	31,1	41,9	61,5	72,0	26	34	43	69	93	137	160	2,22	
M14	0,08	17,4	23,2	29,0	46,4	62,0	91,0	106,5	28	37	46	74	100	146	171	1,60	
	0,10	16,9	22,5	28,2	45,1	60,6	88,9	104,1	33	44	55	88	117	172	201	1,94	
	0,12	16,5	21,9	27,4	43,9	59,1	86,7	101,5	37	50	62	100	133	195	229	2,26	
	0,14	16,0	21,3	26,7	42,7	57,5	84,4	98,9	41	55	69	111	148	218	255	2,58	
M16	0,08	23,8	31,7	39,7	63,5	84,7	124,4	145,5	42	57	71	114	153	224	262	1,80	
	0,10	23,2	30,9	38,6	61,8	82,9	121,7	142,4	50	67	84	134	180	264	309	2,17	
	0,12	22,6	30,1	37,6	60,2	80,9	118,8	139,0	57	76	96	153	206	302	354	2,54	
	0,14	22,0	29,3	36,6	58,6	78,8	115,7	135,4	64	85	107	171	230	338	395	2,92	
M18	0,08	29,1	38,8	48,5	77,6	107	152	178	60	80	100	160	220	314	367	2,06	
	0,10	28,2	37,7	47,1	75,3	104	149	174	70	93	117	187	259	369	432	2,48	
	0,12	27,5	36,7	45,8	73,4	102	145	170	80	106	133	212	295	421	492	2,90	
	0,14	26,7	35,7	44,6	71,3	99	141	165	89	118	148	236	329	469	549	3,32	
M20	0,08	37,2	49,6	62,0	99,2	136	194	227	83	111	139	223	308	438	513	2,26	
	0,10	36,2	48,3	60,3	96,5	134	190	223	98	131	164	262	363	517	605	2,71	
	0,12	35,3	47,0	58,8	94,1	130	186	217	112	150	187	300	415	592	692	3,18	
	0,14	34,3	45,8	57,2	91,6	127	181	212	125	167	209	334	464	661	773	3,65	
M22	0,08	46,3	61,7	77,2	123,5	170	242	283	113	151	189	303	417	595	696	2,46	
	0,10	45,1	60,1	75,2	120,3	166	237	277	132	176	220	353	495	704	824	2,95	
	0,12	44,0	58,7	73,4	117,4	162	231	271	151	202	252	403	567	807	945	3,46	
	0,14	42,9	57,1	71,4	114,3	158	225	264	172	225	284	454	634	904	1057	3,97	
M24	0,08	53,6	71,4	89,3	142,9	196	280	327	144	192	240	385	529	754	882	2,70	
	0,10	52,1	69,5	86,9	139,0	192	274	320	170	222	280	450	625	890	1041	3,25	
	0,12	50,8	67,7	84,7	135,5	188	267	313	193	257	322	515	714	1017	1190	3,80	
	0,14	49,4	65,9	82,4	131,8	183	260	305	215	287	359	574	798	1136	1329	4,36	
M27	0,08	70,2	93,6	117,0	187,2	257	367	429	210	280	351	561	772	1100	1287	3,00	
	0,10	68,4	91,2	114,0	182,4	252	359	420	248	331	414	662	915	1304	1526	3,63	
	0,12	66,7	89,0	111,2	178,0	246	351	410	284	379	474	759	1050	1496	1750	4,26	
	0,14	65,0	86,7	108,3	173,3	240	342	400	318	424	530	848	1176	1674	1959	4,89	
M30	0,08	85,5	114,0	142,5	228,0	313	446	522	287	383	478	766	1053	1500	1755	3,36	
	0,10	83,2	111,0	138,7	222,0	307	437	511	338	450	563	901	1246	1775	2077	4,06	
	0,12	81,2	108,3	135,3	216,5	300	427	499	386	515	644	1031	1428	2033	2380	4,76	
	0,14	79,0	105,3	131,7	210,8	292	416	487	431	575	719	1151	1597	2274	2662	5,46	
M33	0,08	106,1	141,5	176,9	283,1	389	554	649	385	514	643	1029	1415	2015	2358	3,64	
	0,10	103,5	138,0	172,5	276,0	381	543	635	456	608	760	1216	1679	2392	2799	4,41	
	0,12	101,0	134,7	168,4	269,4	373	531	621	523	697	871	1395	1928	2747	3214	5,17	
	0,14	98,4	131,2	164,0	262,5	363	517	605	585	780	975	1560	2161	3078	3601	5,95	
M36	0,08	124,8	166,4	208,0	332,8	458	652	763	497	663	829	1327	1825	2600	3042	3,99	
	0,10	121,6	162,1	202,7	324,3	448	638	747	587	783	979	1566	2164	3082	3607	4,83	
	0,12	118,7	158,2	197,8	316,4	438	623	729	672	897	1121	1793	2482	3535	4136	5,67	
	0,14	115,6	154,1	192,6	308,1	427	608	711	752	1002	1253	2005	2778	3957	4631	6,51	
M39	0,08	149,5	199,4	249,2	398,8	548	781	914	640	854	1067	1708	2348	3345	3914	4,28	
	0,10	145,9	194,5	243,1	389,0	537	765	895	758	1011	1264	2022	2791	3975	4652	5,20	
	0,12	142,4	189,9	237,4	379,8	525	748	875	870	1160	1450	2321	3208	4569	5346	6,11	
	0,14	138,8	185,0	231,3	370,0	512	729	853	974	1299	1624	2598	3597	5123	5994	7,02	

Richtwerte für metrisches Feingewinde VDI 2230

Angaben in Anlehnung an VDI 2230, Ausgabe 2015: Vorspannkräfte/Anziehdrehmomente für Schraubschrauben der Festigkeitsklasse 8.8 bis 12.9 bei einer 90 %-igen Ausnutzung der Dehngrenze $R_{p,0,2}$.

Die Tabelle berücksichtigt keine Sicherheiten und setzt die Kenntnis der Auslegungskriterien voraus.

Gewinde	Reibungszahl $\mu_k = \mu_G$	Vorspannkraft $F_{M \max}$ [kN]			Anziehdrehmoment $M_{A \max}$ [Nm]		
		Festigkeitsklasse nach ISO 898/1			Festigkeitsklasse nach ISO 898/1		
		8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M8x1	0,08	21,2	31,1	36,4	19,3	28,4	33,2
	0,10	20,7	30,4	35,6	22,8	33,5	39,2
	0,12	20,2	29,7	34,7	26,1	38,3	44,9
	0,14	19,7	28,9	33,9	29,2	42,8	50,1
M10x1,25	0,08	33,1	48,6	56,8	38	55	65
	0,10	32,4	47,5	55,6	44	65	76
	0,12	31,6	46,4	54,3	51	75	87
	0,14	30,8	45,2	52,9	57	83	98
M12x1,25	0,08	50,1	73,6	86,2	66	97	114
	0,10	49,1	72,1	84,4	79	116	135
	0,12	48,0	70,5	82,5	90	133	155
	0,14	46,8	68,7	80,4	101	149	174
M14x1,5	0,08	67,8	99,5	116,5	104	153	179
	0,10	66,4	97,5	114,1	124	182	213
	0,12	64,8	95,2	111,4	142	209	244
	0,14	63,2	92,9	108,7	159	234	274
M16x1,5	0,08	91,4	134,2	157,1	159	233	273
	0,10	89,6	131,6	154,0	189	278	325
	0,12	87,6	128,7	150,6	218	320	374
	0,14	85,5	125,5	146,9	244	359	420
M18x1,5	0,08	122	174	204	237	337	394
	0,10	120	171	200	283	403	472
	0,12	117	167	196	327	465	544
	0,14	115	163	191	368	523	613
M20x1,5	0,08	154	219	257	327	466	545
	0,10	151	215	252	392	558	653
	0,12	148	211	246	454	646	756
	0,14	144	206	241	511	728	852
M22x1,5	0,08	189	269	315	440	627	734
	0,10	186	264	309	529	754	882
	0,12	182	259	303	613	873	1022
	0,14	178	253	296	692	985	1153
M24x2	0,08	217	310	362	557	793	928
	0,10	213	304	355	666	949	1110
	0,12	209	297	348	769	1095	1282
	0,14	204	290	339	865	1232	1442

► Erläuterungen zur Reibungszahl μ
Seite F.044

Richtwerte für Schraubenbolzen mit Dehnschaft

Schraubenbolzen aus Stahl 21 CrMo V 5.7 (DIN 2510 L Blatt 3)

Richtwerte für Montage-Vorspannkräfte und Anziehdrehmomente bei 70 % der Mindest-Dehngrenze $R_{p,0,2}$

Regelgewinde	M12		M16		M20		M24	
Schaft-Ø	8,5	8,5	12	12	15	15	18	18
$\mu_k = \mu_G$	0,10	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12
F_M [N]	21 600	21 600	43 500	43 500	67 800	67 800	97 800	97 800
M_A [Nm]	38	44	98	115	190	220	320	370

Anziehdrehmomente für Schrauben aus Polyamid 6.6

Richtwerte für zweckmässige Anziehdrehmomente für Schrauben aus Polyamid 6.6 bei 20 °C nach Lagerung in Normalklima (relative Luftfeuchte nach DIN 50014) bis zur Einstellung des

Feuchtigkeitsgleichgewichts. Die Vorspannkraft kann wegen Relaxationsvorgängen nachlassen.

		Maximales Anziehdrehmoment $M_{A \max}$ [Nm]								
Gewinde		M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Schrauben		0,1	0,2	0,5	1	2	3	4	6	7,5
Muttern		0,1	0,25	0,6	1	2	3,5	5	7,5	9

Anziehdrehmomente (Richtwerte) für Schrauben aus Messing (CU2)

Gewinde	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	M10
M_A [Nm]	0,13	0,27	0,48	0,8	1,1	2,2	3,7	9,1	18,3

Schrauben aus austenitischen Stählen, INOX A1/A2/A4

Vorspannkräfte/Anziehdrehmomente (metrisches Regelgewinde) für Schraubschrauben der Festigkeitsklassen 50/70/80 bei einer 90%-igen Ausnutzung der Dehngrenze $R_{p,0,2}$

Die Tabelle berücksichtigt keine Sicherheiten und setzt die Kenntnis der Auslegungskriterien voraus.

Gewinde	$\mu_k = \mu_G$	Vorspannkraft $F_{M \max}$ [kN] Festigkeitsklasse			Anziehdrehmoment $M_{A \max}$ [Nm] Festigkeitsklasse		
		50	70	80	50	70	80
M1,6	0,1	0,21	0,45	0,6	0,05	0,11	0,15
	0,2	0,18	0,39	0,5	0,08	0,17	0,22
	0,3	0,15	0,33	0,44	0,09	0,2	0,27
M2	0,1	0,35	0,74	1	0,11	0,23	0,30
	0,2	0,3	0,64	0,85	0,16	0,35	0,46
	0,3	0,25	0,55	0,7	0,2	0,43	0,57
M2,5	0,1	0,58	1,23	1,64	0,22	0,46	0,62
	0,2	0,5	1,06	1,42	0,34	0,72	0,97
	0,3	0,42	0,9	1,21	0,42	0,89	1,19
M3	0,1	0,86	1,84	2,5	0,37	0,8	1,1
	0,2	0,75	1,6	2,12	0,59	1,26	1,7
	0,3	0,64	1,36	1,81	0,73	1,56	2,1
M4	0,1	1,5	3,2	4,2	0,86	1,85	2,4
	0,2	1,3	2,76	3,6	1,35	2,9	3,8
	0,3	1,1	2,35	3,1	1,66	3,6	4,7
M5	0,1	2,4	5,2	6,9	1,6	3,6	4,8
	0,2	2,1	4,51	6	2,6	5,7	7,6
	0,3	1,8	3,85	5,1	3,3	7	9,4
M6	0,1	3,4	7,3	9,7	2,9	6,3	8,4
	0,2	3	6,4	8,4	4,6	10	13,2
	0,3	2,5	5,5	7,2	5,7	12,2	16,3
M8	0,1	6,2	13,4	17,9	7,1	15,2	20,3
	0,2	5,4	11,6	15,5	11,2	24,1	32,1
	0,3	4,6	9,9	13,3	13,9	30	40
M10	0,1	9,9	21,3	28,4	14	30	39
	0,2	8,6	18,5	24,7	22,2	47,7	63
	0,3	7,4	15,8	21,1	27,6	59,3	79
M12	0,1	14,4	31	41,4	24	51	68
	0,2	12,6	27	36	38	82	109
	0,3	10,7	23	30,8	47	102	136
M14	0,1	19,8	42,6	56,8	38	82	109
	0,2	17,3	37	49,5	61	131	175
	0,3	14,8	31,7	42,3	76	163	217
M16	0,1	27,2	58	77,7	58	126	168
	0,2	23,7	51	67,9	95	204	272
	0,3	20,3	43,5	58,2	119	255	340

Gewinde	$\mu_k = \mu_G$	Vorspannkraft $F_{M \max}$ [kN] Festigkeitsklasse			Anziehdrehmoment $M_{A \max}$ [Nm] Festigkeitsklasse		
		50	70	80	50	70	80
M18	0,1	33,2	71	94	82	176	235
	0,2	28,9	62	82	131	282	376
	0,3	24,7	53	70	164	352	469
M20	0,1	42,5	91	121	115	247	330
	0,2	37,1	79,6	106	187	401	534
	0,3	31,8	68	90	234	501	669
M22	0,1	52,9	113	151	157	337	450
	0,2	46,3	99,3	132	257	551	735
	0,3	39,7	85,2	114	323	692	923
M24	0,1	61,2	131	175	198	426	568
	0,2	53,5	115	153	322	690	920
	0,3	45,8	98	131	403	863	1151
M27	0,1	80,2	—	—	292	—	—
	0,2	70,3	—	—	478	—	—
	0,3	60,3	—	—	601	—	—
M30	0,1	97,6	—	—	397	—	—
	0,2	85,5	—	—	648	—	—
	0,3	73,3	—	—	831	—	—
M33	0,1	121	—	—	536	—	—
	0,2	106	—	—	880	—	—
	0,3	91	—	—	1108	—	—
M36	0,1	143	—	—	690	—	—
	0,2	125	—	—	1130	—	—
	0,3	107	—	—	1420	—	—
M39	0,1	171	—	—	890	—	—
	0,2	150	—	—	1467	—	—
	0,3	129	—	—	1848	—	—

Verbindungselemente aus diesen austenitischen Stählen neigen bei der Montage zum Festfressen. Diese Gefahr wird vermindert durch glatte, saubere Gewindeoberflächen (gerollte Gewinde), Schmiermittel, Molykotegleitlackbeschichtung (schwarz), niedrige Tourenzahl des Schraubers, zügiges Anziehen ohne Unterbrechung (Schlagschrauber daher ungünstig).

Erläuterungen zur Reibungszahl μ
Seite F.044

Sicherheit in der Verbindungstechnik bedingt die richtige Spezifikation des Schmierzustandes

Die Reibungszahl wird vor allem durch die Werkstoffpaarung, die Auflageflächen und deren Schmierzustand beeinflusst. Die Kenntnis der Reibungszahl ist für die Sicherheit in der Montage mit der Beziehung «Moment-Vorspannkraft» eine Voraussetzung.

Korrosionsangriffe im Gewinde oder den Auflageflächen beeinträchtigen das Löseverhalten nach einer bestimmten Betriebsdauer. Unterschiedliche Materialpaarungen, hohe Betriebstemperaturen und Feuchtigkeit verstärken das Festfressen und erschweren die Montage resp. Demontage.

Für eine prozesssichere Montage ist das Schmieren mit tribologischen Trockenbeschichtungen zu empfehlen

Die tribologische Trockenbeschichtung ist eine Systemlösung für mechanisch belastete Befestigungselemente und Bauteile (Schrauben, Muttern, Scheiben). Die Beschichtung ist ein nicht elektrolytisch aufgebrachter, dünnsschichtiger Überzug mit integrierten Schmiereigenschaften und einem zusätzlichen Korrosionsschutz.

Die Anti-Friction-Coatings sind grifffeste Gleitlacke, die hinsichtlich ihrer Formulierung herkömmlichen Industrielacken gleichen. **Bossard ecosyn®-lubric** als eine wirtschaftliche Lösung gewährt gleichbleibende Reibungszahlen und ergibt eine zusätzliche Vereinfachung der Montageprozesse.

Verbindungselemente mit Innenantrieben und niedrigen Kopfformen

Richtwerte für reduzierte Anziehdrehmomente M_A [Nm]										
Normbezug	ISO 7379	DIN 6912	DIN 7984	Bossard	Bossard	ISO 14580	ISO 14583	~ISO 14583	ISO 7380-1	~ISO 7380-1
Schrauben-typ										
Stahl	012.9	08.8	08.8	~010.9	~08.8	08.8	08.8	08.8	010.9	08.8
	BN 1359	BN 15 BN 20737	BN 16 BN 17	BN 1206 BN 20697 BN 20698	BN 9524	BN 4850	BN 20005	BN 20228 BN 84405	BN 19 BN 13255 BN 30102	BN 6404
M2	–	–	–	0,22	0,19	0,25	0,25	–	0,27	0,25
M2,5	–	–	–	0,45	0,4	0,5	0,5	–	0,6	0,5
M3	–	1	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,95	0,9
M3,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
M4	–	2,3	2,1	1,95	1,6	2	2	2	2,3	2
M5	5,2	4,6	4	3,8	3,2	4	4	4	4,6	4
M6	9	8,1	7,2	6,6	5,4	7,2	7,2	7,2	8	7,2
M8	21,6	19,4	17,3	16	13	17	17	–	19	17,3
M10	43	38,7	34,4	32	23	34	34	–	38	34,5
M12	73	65	58	–	–	–	–	–	65	58
M14	–	105	–	–	–	–	–	–	–	–
M16	180	162	144	–	–	–	–	–	–	–
M20	363	330	290	–	–	–	–	–	–	–
M22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
M24	–	560	500	–	–	–	–	–	–	–
INOX	A2-70/A4-70		A2-70/A4-70		A2		A2-70/A4-70		A2-70/A4-70	
	BN 33001 BN 1350		BN 2844		BN 20146		BN 15857		BN 5687 BN 20038	
M2	–	–	–	–	0,14	0,19	0,19	–	0,19	–
M2,5	–	–	–	–	0,28	0,37	0,37	–	0,37	–
M3	–	–	0,6	–	0,5	0,64	0,64	–	0,64	–
M3,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
M4	–	1,5	1,3	–	1,1	1,5	1,5	–	1,5	–
M5	–	2,9	2,6	–	2,2	3	3	–	3	–
M6	–	5	4,5	–	3,8	5	5	–	5	–
M8	–	12	10	–	9,1	12	12	–	12	–
M10	–	24	21	–	18	24	24	–	24	–
M12	–	40	36	–	–	–	–	–	40	–
M14	–	65	–	–	–	–	–	–	–	–
M16	–	100	90	–	–	–	–	–	–	–
M20	–	200	180	–	–	–	–	–	–	–
M22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
M24	–	340	310	–	–	–	–	–	–	–

► Reduzierte Belastbarkeit
Seite F.053

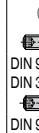
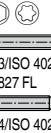
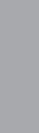
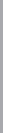
❗ Randbedingungen prüfen

Die Schrauben sind nicht für die Übertragung hoher Betriebskräfte geeignet. Die Innen- und Außenantriebe dieser Schrauben erlauben nur reduzierte Anziehdrehmomente.

Reduzierte Belastbarkeit

Schrauben nach vorliegender Spezifikation unterliegen wegen ihrer Kopfgeometrie und / oder Antriebsform einer reduzierten Belastbarkeit nach ISO 898-1, das heisst reduzierte Anziehdrehmomente sind zu berücksichtigen.

Die angegebenen Anziehdrehmomente können bedingt durch die Wahl des Innenantriebs nicht immer prozesssicher aufgebracht werden – speziell konische Bits können hilfreich sein.

Richtwerte für reduzierte Anziehdrehmomente M_A [Nm]																
Norm	Bossard ~ISO7380-2	Bossard ~ISO7380-2	ecosyn®-fix	ecosyn®-fix	SN 213307	ISO 14583	DIN 7991 ISO 10642	DIN 7991 ISO 10642	ISO 14581	ecosyn®-fix	DIN/ISO					
Schraubentyp											 DIN 913/ISO 4026	 DIN 34827 FL	 DIN 914/ISO 4027	 DIN 915/ISO 4028	 DIN 916/ISO 4029	 DIN 34827 CP

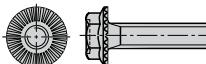
Stahl	08.8	-010.9	4.8	4.8	4.8	4.8	08.8	010.9	08.8	4.8	45 H ¹⁾
BN 20367	BN 11252 30104	BN 5128	BN 4825	BN 380 381	BN 30503	BN 30105 2100	BN 20 21 1422 2101 2102 2103	BN 4851	BN 5950	Diverse	
M2,5	–	–	0,4	0,3	0,3	–	0,5	0,55	0,5	–	–
M3	1	1	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	0,95	0,9	0,5	0,5
M4	2,5	2,5	1,6	1,2	1,2	1,6	2	2,3	2	1,2	1,5
M5	5	5	3,2	2,4	2,4	3,2	4	4,6	4	2,4	3
M6	8	8	5,4	4	4	5,4	7,2	7,9	7,2	4,1	5
M8	20	20	–	–	–	–	17	19	17	10	12
M10	40	40	–	–	–	–	35	38	35	20	24
M12	66	66	–	–	–	–	58	65	58	34	40
M14	–	–	–	–	–	–	93	100	93	–	60
M16	–	–	–	–	–	–	144	158	144	–	100
M18	–	–	–	–	–	–	–	220	205	–	120
M20	–	–	–	–	–	–	–	310	290	–	180
M22	–	–	–	–	–	–	–	420	400	–	210
M24	–	–	–	–	–	–	–	530	500	–	310

INOX	A2	A2				A2/A4		A2	A2/A4
		BN 2058	BN 10649	BN 5952	BN 2845		BN 616 4719 2104 2105		
M2,5	–	–	0,5	0,4	0,4	–	–	0,23	0,23
M3	0,64	–	0,8	0,8	0,8	–	–	0,4	0,4
M4	1,5	–	1,8	1,6	1,6	–	–	0,9	0,9
M5	3,0	–	3,6	3,2	3,2	–	–	1,8	1,8
M6	5,0	–	6,3	6	6	–	–	3,1	3,1
M8	12,0	–	–	–	–	–	–	7,6	7,6
M10	–	–	–	–	–	–	–	15	15
M12	–	–	–	–	–	–	–	25	25
M14	–	–	–	–	–	–	–	40	40
M16	–	–	–	–	–	–	–	63	63
M18	–	–	–	–	–	–	–	85	85
M20	–	–	–	–	–	–	–	120	120
M22	–	–	–	–	–	–	–	160	160
M24	–	–	–	–	–	–	–	200	200

¹⁾ Festigkeitsklasse und mechanische Eigenschaften nach ISO 898, Teil 5 gelten für nicht zugbeanspruchte Gewindestifte.

Flanschschrauben und Muttern mit Flansch

Anziehdrehmomente M_A [Nm] und erzielbare Vorspannkräfte F_M [kN] für VERBUS RIPP®-Schrauben/Muttern und INBUS RIPP®-Schrauben bei einer 90%-igen Ausnutzung der Dehngrenze $R_p,0,2$

Unterkopf mit Rippen	Gegenwerkstoff	Reibungszahl $\sim \mu_G$	Richtwerte Anziehdrehmomente M_A [Nm]						
			M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Bezeichnung Festigkeitsklasse	Stahl $R_m \geq 800 \text{ N/mm}^2$	0,13 bis 0,16	10	18	37	80	120	215	310
VERBUS RIPP® BN 2797, BN 9727 Festigkeitsklasse 100	Stahl $R_m < 800 \text{ N/mm}^2$	0,12 bis 0,18	11	19	42	85	130	230	330
	Grauguss $R_m \sim 150 \text{ bis } 450 \text{ N/mm}^2$	0,125 bis 0,16	9	16	35	75	115	200	300
Aluminium-Legierung weich, nicht ausgehärtet	0,14 bis 0,2	16	28	65	120	190	320	450	
Aluminium-Legierung hart, ausgehärtet	0,13 bis 0,18	14	25	55	100	160	275	400	
~Vorspannkraft F_M [kN]¹⁾									
		9	12,6	23,2	37	54	74	102	
BN 2798, BN 14527 Festigkeitsklasse 10									
									
INBUS RIPP® BN 3873 Festigkeitsklasse 100	Stahl $R_m \geq 800 \text{ N/mm}^2$	0,13 bis 0,16	11	20	42	85	140		
Stahl $R_m < 800 \text{ N/mm}^2$	0,12 bis 0,18	13	24	45	90	150			
Grauguss $R_m \sim 150 \text{ bis } 450 \text{ N/mm}^2$	0,125 bis 0,16	10	19	39	80	120			
~Vorspannkraft F_M [kN]¹⁾									
		9	12,6	23,2	37	54			

Anziehdrehmomente M_A [Nm] und erzielbare Vorspannkräfte F_M [kN] für VERBUS TENSILOCK®-Schrauben/Muttern bei einer 90%-igen Ausnutzung der Dehngrenze $R_p,0,2$

Unterkopf Aussenkanten-Verzahnung	Gegenwerkstoff	Reibungszahl $\sim \mu_G$	Richtwerte Anziehdrehmomente M_A [Nm]						
			M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Bezeichnung Festigkeitsklasse	Stahl $R_m \sim 500 \text{ bis } 900 \text{ N/mm}^2$	0,14 bis 0,18	9,5	16,5	40	79	137	218	338
VERBUS TENSILOCK® BN 73 Festigkeitsklasse 90	Grauguss $R_m \sim 150 \text{ bis } 450 \text{ N/mm}^2$	0,12 bis 0,18	7,6	13,2	31,8	63	108	172	264
	Aluminium-Legierung weich, nicht ausgehärtet	0,16 bis 0,24	10,5	18,2	44	87	150	240	372
~Vorspannkraft F_M [kN]¹⁾									
		6,35	9	16,5	26,6	38,3	52,5	73	
BN 190, BN 30312, BN 20230, BN 80014 Festigkeitsklasse 8									
									
Sechskant-Sperrzahnschrauben BN 20170, BN 20226, BN 80007 Festigkeitsklasse 8,8	Stahl $R_m \sim 500 \text{ bis } 900 \text{ N/mm}^2$	0,12 bis 0,18	6,5	11,3	27,3	54	93	148	230
Grauguss $R_m \sim 150 \text{ bis } 450 \text{ N/mm}^2$	0,12 bis 0,16	5,9	10,1	24,6	48	84	133	206	
Aluminium-Legierung weich, nicht ausgehärtet	0,14 bis 0,2	7,8	13,6	32,7	65	112	178	276	
~Vorspannkraft F_M [kN]¹⁾									
		7	9,9	18,1	28,8	41,9	57,5	78,8	

¹⁾ Richtwerte mit blanken Verbindungselementen für erreichbare Vorspannungen F_M [kN] für Stahl-Gegenlage mit Zugfestigkeit $\leq 800 \text{ N/mm}^2$

Montage

Richtwerte für erreichbare Vorspannkräfte sind in der Praxis zu überprüfen.

Drehmoment-Richtwerte für NORD-LOCK®-Keilsicherungsscheibenpaar

Die Richtwerte für Anziehdrehmomente

basieren auf Labortests und sind für die jeweilige Anwendung zu prüfen und frei zu geben. Unter besonderen Praxisbedingungen können auch kleinere Reibwerte erreicht werden!

η = Vorspannungsgrad (prozentuale Ausnutzung der Dehngrenze des Schraubenwerkstoffes)

μ_g = Gewindereibungskoeffizient

μ_s = Reibungskoeffizient Sicherungsscheibe

NORD-LOCK®-Scheiben mit Zinklamellenbeschichtung, gepaart mit Schraube 8.8, verzinkt, blau passiviert

		Gewinde- steigung [mm]	geöpter Zustand		Graphit-Paste		trocken	
			Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]	Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]	Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]
NL3	M3	0,5	1,3	2,4	1,2	2,4	1,3	2
NL4	M4	0,7	3,1	4,2	2,8	4,2	3,1	3,5
NL5	M5	0,8	6	6,8	5,4	6,8	6	5,6
NL6	M6	1	10,5	9,7	9,5	9,7	10,2	8
NL8	M8	1,25	25	18	23	18	25	15
NL10	M10	1,5	49	28	45	28	50	23
NL12	M12	1,75	85	40	77	40	85	33
NL14	M14	2	135	55	122	55	136	46
NL16	M16	2	205	75	185	75	208	62
NL18	M18	2,5	288	92	260	92	291	76
NL20	M20	2,5	402	118	363	118	408	97
NL22	M22	2,5	548	146	494	146	557	120
NL24	M24	3	693	169	625	169	703	140
NL27	M27	3	1010	221	910	221	1028	182
NL30	M30	3,5	1379	269	1243	269	1401	222
NL33	M33	3,5	1855	333	1669	333	1889	275
NL36	M36	4	2394	392	2156	392	2436	324
NL39	M39	4	3087	468	2777	468	3145	387
NL42	M42	4,5	3820	538	3439	538	3890	445

NORD-LOCK®-Scheiben mit Zinklamellenbeschichtung, gepaart mit Schraube 10.9, unbeschichtet

		Gewinde- steigung [mm]	geöpter Zustand		Graphit-Paste			
			Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]	Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]	Vorspannkraft [kN]	
NL3	M3	0,5	1,8	3,2	1,6	3,2	3,4	
NL4	M4	0,7	4,1	5,6	3,6	5,6	5,9	
NL5	M5	0,8	8,1	9,1	7	9,1	9,6	
NL6	M6	1	14,1	12,9	12,3	12,3	13,6	
NL8	M8	1,25	34	23	30	30	25	
NL10	M10	1,5	67	37	58	58	39	
NL12	M12	1,75	115	54	99	99	57	
NL14	M14	2	183	74	158	158	78	
NL16	M16	2	279	100	240	240	106	
NL18	M18	2,5	391	123	337	337	130	
NL20	M20	2,5	547	157	470	470	165	
NL22	M22	2,5	745	194	639	639	205	
NL24	M24	3	942	225	809	809	238	
NL27	M27	3	1375	294	1176	1176	310	
NL30	M30	3,5	1875	358	1608	1608	378	
NL33	M33	3,5	2526	443	2157	2157	468	
NL36	M36	4	3259	522	2788	2788	551	
NL39	M39	4	4203	624	3588	3588	659	
NL42	M42	4,5	5202	716	4445	4445	757	



NORD-LOCK®-Scheiben mit Zinklamellenbeschichtung, gepaart mit Schraube 12.9, unbeschichtet

		Gewinde- steigung [mm]	geölter Zustand		Graphit-Paste	
			Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]	Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]
NL3	M3	0,5	2	3,9	1,7	4,1
NL4	M4	0,7	4,6	6,7	4	7,1
NL5	M5	0,8	9,1	10,9	7,7	11,5
NL6	M6	1	15,8	15,4	13,5	16,3
NL8	M8	1,25	38	28	32	30
NL10	M10	1,5	75	44	64	47
NL12	M12	1,75	128	65	109	68
NL14	M14	2	204	89	174	94
NL16	M16	2	311	120	263	127
NL18	M18	2,5	437	148	370	156
NL20	M20	2,5	610	188	515	198
NL22	M22	2,5	831	233	699	246
NL24	M24	3	1052	270	887	286
NL27	M27	3	1533	352	1288	372
NL30	M30	3,5	2091	430	1761	454
NL33	M33	3,5	2815	532	2362	562
NL36	M36	4	3633	626	3053	662
NL39	M39	4	4683	748	3925	790
NL42	M42	4,5	5799	860	4866	908

NORD-LOCK®-Scheiben in Edelstahl mit INOX-Schraube, geschmiert mit Graphit-Paste

		Gewinde- steigung [mm]	A4-70, Graphit-Paste		A4-80, Graphit-Paste	
			Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]	Drehmoment [Nm]	Vorspannkraft [kN]
NL3ss	M3	0,5	0,9	1,5	1,2	2
NL4ss	M4	0,7	2	2,6	2,7	3,4
NL5ss	M5	0,8	3,9	4,1	5,3	5,5
NL6ss	M6	1	6,9	5,9	9,2	7,8
NL8ss	M8	1,25	17	11	22	14
NL10ss	M10	1,5	33	17	43	23
NL12ss	M12	1,75	56	25	75	33
NL14ss	M14	2	89	34	119	45
NL16ss	M16	2	136	46	181	61
NL18ss	M18	2,5	191	56	254	75
NL20ss	M20	2,5	267	72	356	95
NL22ss	M22	2,5	364	89	485	118
NL24ss	M24	3	460	103	613	137
NL27ss	M27	3	671	134	895	179
NL30ss	M30	3,5	915	164	1220	219
NL36ss	M36	4	1591	239	2121	319

Hochfeste Schrauben für den Stahlbau

Mit der in Kraft getretenen Bauproduktenverordnung 305/2011 ist für spezifizierte Bauprodukte neu eine **Leistungserklärung** für die **CE-Kennzeichnung** erforderlich. Die Verordnung (BauPVO) ersetzt damit die bisherige Bauproduktenrichtlinie (**Richtlinie 89/106/EWG**). DIN 18800-7 für die Ausführung von tragenden Bauteilen aus Stahl und Regeln zur Herstellerqualifikation wird durch die EN 1090 ersetzt. EN 1090 legt die Anforderungen an den Konformitätsnachweis von Stahlbauwerken fest, die als Bauprodukte in Verkehr gebracht werden.

Die Einzelanforderungen an Verbindungselemente regeln die harmonisierten Normen EN 15048 und EN 14399-ff für den

Stahlbau resp. Metallbau.

Ausdrücklich hervorzuheben ist, dass die CE-Kennzeichnung nur dann verpflichtend zu berücksichtigen ist, wenn die Verbindungs-

elemente in einem Bauwerk verwendet werden, um dauerhaft dort zu verbleiben und die Grundanforderungen an Bauwerke massgebend mit beeinflussen.

Verbindungselemente mit konkreten Anforderungen aus der Bau-technik müssen bereits bei der Anfrage/Bestellung mit entsprechender Spezifikation den Bezug zur jeweiligen **harmonisierten Norm** oder der **Leistungserklärung** enthalten.

Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern und gegebenenfalls Oberflächenbehandlungszustände müssen zusammen mit allen notwendigen Auswahlmöglichkeiten festgelegt werden, die durch die Produktnorm zugelassen sind.

Die Eurocodes sind als europäisches Standardwerk in Bezug auf die Konstruktion von Gebäuden und anderen Ingenieurbauten festgelegt. Für die Bemessung von Stahlbauten gilt die EN 1993.

Kategorien von Schraubenverbindungen nach EN 1993-1-8

Scherverbindungen		
Kat. A	Scher-/Lochleibungsverbindung	Vorspannung nach Norm nicht gefordert
Kat. B	Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	Vorspannung erforderlich
Kat. C	Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	Vorspannung erforderlich

Zugverbindungen		
Kat. D	Nicht vorgespannt	Vorspannung nach Norm nicht gefordert
Kat. E	Vorgespannt	Vorspannung erforderlich

Zusammenstellung von hochfesten Garnituren für Schraubenverbindungen im Metallbau nach EN 14399

Art der Garnitur für Schraubverbindungen		System HR				System HV		System HRC			
Allgemeine Anforderungen		EN 14399-1									
Eignung zum Vorspannen		EN 14399-2 und, falls erforderlich, zusätzliche in der Produktnorm festgelegte Prüfungen									
Kennzeichnung	Schraube	EN 14399-3	EN 14399-7		EN 14399-4	EN 14399-8	EN 14399-10				
	Mutter	HR8 oder HR10	HR8.8		HR10.9	HV10	HVP10.9		HRC10.9		
Scheibe(n)		EN 14399-5 ¹⁾ oder EN 14399-6		EN 14399-5 ¹⁾ oder EN 14399-6		EN 14399-6		EN 14399-6	EN 14399-5 ¹⁾ oder EN 14399-6		
Kennzeichnung		H oder HR ²⁾		H oder HR ²⁾		H oder HV ²⁾		H oder HR ²⁾	H oder HR ²⁾ oder HD ³⁾		
Direkter Kraftanzeiger und gegebenenfalls mutterseitige oder schraubenkopfseitige Scheibe		EN 14399-9		EN 14399-9		EN 14399-9		Nicht zutreffend			
Kennzeichnung	Direkter Kraftanzeiger	H8	H10	H8	H10	H10					
	Mutterseitige Scheibe	HN		HN		HN					
Schraubenkopfseitige Scheibe		HB		Nicht zutreffend		HB					

¹⁾ Scheiben nach EN 14399-5 können nur unter der Mutter verwendet werden.

²⁾ Nach Wahl des Herstellers.

³⁾ Verpflichtende Kennzeichnung nur für Scheiben mit vergrößertem Aussendurchmesser nach EN 14399-5.

