

Tipp 18/06

Bemessungswerte der Tragfähigkeit für Schrauben und Gewindestangen aus nichtrostenden Stählen nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 vom 05.03.2018 [1]

Dieser Tipp ersetzt den Tipp 14/09.

Die Überarbeitung wurde erforderlich, da sich die Grundlagen des Tipps 14/09 wesentlich geändert haben. So wurde die Zulassung Z-30.3-6 vom 22.04.2014 [11] zunächst durch die Fassung vom 12.05.2017 und zuletzt durch die Fassung vom 05.03.2018 [1] ersetzt. Diese aktuelle Fassung verweist bezüglich der Bemessung auf DIN EN 1993-1-4 [2], [3]. Im Gegensatz dazu verwies die Zulassung [11], auf die sich der Tipp 14/09 bezog, wegen der Bemessung im Wesentlichen auf DIN 18800-1 [12].

Die Änderungen der Abschertragfähigkeit sind recht überschaubar. So ergeben sich nach den aktuellen Regeln durch die Erhöhung des Materialteilsicherheitsbeiwertes grundsätzlich etwas geringere Bemessungswerte. Bei den Werkstoffnummern 1.4439, 1.4539, 1.4565 und 1.4529 wird dieser Trend jedoch durch die Erhöhung der α -Werte ins Gegenteil verkehrt, es kommt bei diesen Werkstoffen letztlich zu höheren Abschertragfähigkeiten.

Schwierig wird es bei den Schrauben kleiner als M12 auf Zug. Hier fehlen im aktuellen Paket aus Zulassung und Bemessungsnormen Regeln zu Nennlochdurchmessern, Toleranzen und reduzierter Auslastung.

Auffällig ist außerdem, dass sich bei der Bemessung auf Zug von Schrauben mit Gewinde bis zum Kopf und von Gewindestangen bei formaler Anwendung der aktuellen Regeln Tragfähigkeitswerte ergeben, die gegenüber den alten Werten sehr stark erhöht sind (teilweise um über 100 %).

Daraus ergeben sich Vorbehalte, die unter der Tabelle mit den Bemessungswerten der Zugtragfähigkeit in diesem Tipp noch etwas genauer beschrieben sind.

Im Übrigen beziehen sich alle Tabellenwerte auf übliche Sechskantschrauben und –mutter. Spezielle Regeln zu Senkschrauben wurden nicht berücksichtigt.

Die Regeln zu den Mindesteinschraubtiefen wurden unverändert aus DIN 18800-1 [12] in den Nationalen Anhang von DIN EN 1993-1-8 [5] übernommen. In der entsprechenden Tabelle des Tipps war daher nur die Überschrift redaktionell anzupassen.

Die Tabellen dieses Tipps können nicht die Beschäftigung mit der Zulassung [1] und den einschlägigen Normen ersetzen. Sie sollen einen Teil der zu führenden Nachweise bzw. deren Prüfung erleichtern.

Bei der Planung von Schrauben, Muttern und Gewindestangen aus nichtrostenden Stählen sollte frühzeitig überprüft werden, ob die gewählten Produkte mit der nötigen Kennzeichnung auch lieferbar sind (siehe dazu auch [10]).

Bemessungswerte der Abschertragfähigkeit $F_{v,Rd}$ in kN															
Verbindungsmittel					M6	M8	M10	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Spannungsquerschnitt A_s [cm ²]					0,201	0,366	0,58	0,843	1,57	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	8,17
Fkl	Stahlsorte			α	Beanspruchbarkeit: $F_{v,Rd} = \alpha \cdot f_{ub} \cdot A_{s,nom} / \gamma_{M2}$ mit $f_{ub} = \text{Fkl}$ [kN/cm ²] und $\gamma_{M2} = 1,25$										
	lfd.Nr.	W.-Nr.	Gruppe												
50	4	1.4301	A2	0,75	6,0	11,0	17,4	25,3	47,1	73,5	90,9	105,9	137,7	168,3	245,1
	6	1.4307	A2L	0,75											
	7	1.4567	A2L	0,75	6,0	11,0	17,4	25,3	47,1	73,5	90,9	105,9	-	-	-
	8	1.4541	A3	0,75											
	12	1.4401	A4	0,75	6,0	11,0	17,4	25,3	47,1	73,5	90,9	105,9	137,7	168,3	245,1
	13	1.4404	A4L	0,75											
	14	1.4578	A4L	0,75	6,0	11,0	17,4	25,3	47,1	73,5	90,9	105,9	-	-	-
	15	1.4571	A5	0,75	6,0	11,0	17,4	25,3	47,1	73,5	90,9	105,9	137,7	168,3	245,1
	24	1.4439	-	0,75	6,0	11,0	17,4	25,3	47,1	73,5	90,9	105,9	137,7	168,3	245,1
	26	1.4539	-	0,75	6,0	11,0	17,4	25,3	47,1	73,5	90,9	105,9	137,7	168,3	245,1
28	1.4529	-	0,75	6,0	11,0	17,4	25,3	47,1	73,5	90,9	105,9	137,7	168,3	245,1	
70	4	1.4301	A2	0,68	7,7	13,9	22,1	32,1	59,8	93,3	115,4	134,4	174,8	213,6	311,1
	6	1.4307	A2L	0,68											
	7	1.4567	A2L	0,68	7,7	13,9	22,1	32,1	59,8	-	-	-	-	-	-
	8	1.4541	A3	0,68	7,7	13,9	22,1	32,1	59,8	93,3	115,4	134,4	174,8	213,6	-
	12	1.4401	A4	0,68	7,7	13,9	22,1	32,1	59,8	93,3	115,4	134,4	174,8	213,6	311,1
	13	1.4404	A4L	0,68											
	14	1.4578	A4L	0,68	7,7	13,9	22,1	32,1	59,8	-	-	-	-	-	-
	15	1.4571	A5	0,68	7,7	13,9	22,1	32,1	59,8	93,3	115,4	134,4	174,8	213,6	311,1
	20	1.4362	-	0,5											
	21	1.4062	-	0,5											
22	1.4162	-	0,5	5,6	10,2	16,2	23,6	44,0	68,6	84,8	98,8	128,5	157,1	228,8	
23	1.4662	-	0,5												
25	1.4462	-	0,5												
26	1.4539	-	0,68												
27	1.4565	-	0,68	7,7	13,9	22,1	32,1	59,8	93,3	115,4	134,4	174,8	213,6	311,1	
28	1.4529	-	0,68												
80	4	1.4301	A2	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	68,3	106,6	131,9	153,6	-	-	-
	6	1.4307	A2L	0,68											
	7	1.4567	A2L	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	-	-	-	-	-	-	-
	8	1.4541	A3	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	68,3	106,6	131,9	153,6	-	-	-
	12	1.4401	A4	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	68,3	106,6	131,9	153,6	-	-	-
	13	1.4404	A4L	0,68											
	14	1.4578	A4L	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	-	-	-	-	-	-	-
	15	1.4571	A5	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	68,3	106,6	131,9	153,6	-	-	-
	20	1.4362	-	0,5											
	21	1.4062	-	0,5											
22	1.4162	-	0,5	6,4	11,7	18,6	27,0	50,2	78,4	-	-	-	-	-	
23	1.4662	-	0,5												
25	1.4462	-	0,5												
26	1.4539	-	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	68,3	106,6	-	-	-	-	-	
27	1.4565	-	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	68,3	106,6	131,9	153,6	199,8	244,1	-	
28	1.4529	-	0,68	8,7	15,9	25,2	36,7	68,3	106,6	131,9	153,6	199,8	244,1	355,6	

- nicht als Schraube mit Kopf zugelassen, sondern nur als Gewindestange, Stiftschraube, Mutter und Scheibe
- nicht zugelassen (Nicht zugelassen sind auch Verbindungsmittel aus Edelstahlsorten, die in der jeweiligen Festigkeitsklasse gar nicht in der Tabelle enthalten sind.)

Bemessungswerte der Zugtragfähigkeit $F_{t,Rd}$ in kN bei formaler Anwendung von Z-30.3-6 [1] in Verbindung mit DIN EN 1993-1-4 [2], [3] und DIN EN 1993-1-8 [4], [5]											
Verbindungsmittel	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Spannungsquerschnitt A_s [cm ²]	0,201	0,366	0,58	0,843	1,57	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	8,17
Fkl	Beanspruchbarkeit: $F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$ mit $f_{ub} = Fkl$ [kN/cm ²], $k_2=0,9$ und $\gamma_{M2}= 1,25$										
50	7,2	13,2	20,9	30,3	56,5	88,2	109,1	127,1	165,2	202,0	294,1
70	10,1	18,4	29,2	42,5	79,1	123,5	152,7	177,9	231,3	282,7	411,8
80	11,6	21,1	33,4	48,6	90,4	141,1	174,5	203,3	264,4	323,1	470,6

Von der undifferenzierten Verwendung dieser Werte wird aus folgenden Gründen abgeraten:

- Auf eine gesonderte Betrachtung der kleinen Schrauben (kleiner als M12) hinsichtlich des Nennlochspiels, der Toleranzen und der reduzierten Auslastung bei Zugbeanspruchung kann nach [10] nicht verzichtet werden.
- Die Zulassung Z-30.3-6 von 2014 [11] verwies zur Bemessung grundsätzlich auf DIN 18800-1 [12]. Diese enthielt in Element 809 die Regel, dass z.B. bei Schrauben mit Gewinde bis zum Kopf oder bei Gewindestangen mit Muttern die Grenztragfähigkeit auf Zug unter Ansatz des Spannungsquerschnittes und der Streckgrenze zu ermitteln ist:

„Für Gewindeteile, bei denen der gewindefreie, zugbeanspruchte Bereich nicht länger als $0,5 d_{Sch}$ ist, ist in Gleichung (55) anstelle des Schaftquerschnittes A_{Sch} der Spannungsquerschnitt A_{Sp} einzusetzen, sofern dieser kleiner ist. Das gleiche gilt für Gewindeteile, wenn die beim Fließen auftretenden Verformungen nicht zulässig sind.“

Die aktuelle Z-30.3-6 [1] verweist zur Bemessung auf DIN EN 1993-1-4 [2], [3], diese wiederum auf DIN 1993-1-8 [4], [5]. In diesen Normen konnte der Autor dieses Tipps keine Regel finden, die der oben zitierten vergleichbar ist. Vielmehr wird die Grenztragfähigkeit auf Zug unter Ansatz des Spannungsquerschnittes und der Zugfestigkeit ermittelt (DIN EN 1993-1-8, Tabelle 3.4).

Dadurch ergeben sich für Schrauben mit Gewinde bis zum Kopf oder für Gewindestangen mit Muttern wesentlich höhere Grenztragfähigkeiten auf Zug (Fkl 50: Erhöhung um 107 %, Fkl 70: Erhöhung um 36 % und Fkl 80: Erhöhung um 16 %).

Anhaltspunkte für die technische Vertretbarkeit dieser Erhöhungen konnte der Autor dieser Zeilen nicht finden und wendet sich daher an den zuständigen Normausschuss.

Bei den Schrauben kleiner als M12 überlagert sich die beschriebene Erhöhung noch mit dem Wegfall der reduzierten Auslastung (siehe erster Punkt).

Bis zur Klärung dieser Punkte wird empfohlen, sich an den Grenzzugkräften des Tipps 14/09 (Auszug siehe nächste Seite) zu orientieren.

Auszug aus Tipp 14/09 des Landesamtes für Bauen und Verkehr (kursiv):

Grenzzugkräfte $N_{R,d}$ in kN															
Verbindungsmittel				M6	M8	M10	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36	
A_{sch} [cm ²] für $d_{sch}=d_{nenn}$				0,283	0,503	0,785	1,131	2,01	3,14	3,80	4,52	5,73	7,07	10,18	
A_{sch} [cm ²] für $d_{sch}=d_{nenn}+1mm$				0,385	0,636	0,95	1,327	2,27	3,46	4,15	4,91	6,16	7,55	10,75	
Spannungsquerschnitt A_{sp} [cm ²]				0,201	0,366	0,580	0,843	1,57	2,45	3,03	3,53	4,59	5,61	8,17	
Faktor k wegen DIN 18800-1 (506)				0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Fkl	$f_{u,b,k}$	$f_{y,b,k}$	$\sigma_{1,R,d}$	$\sigma_{2,R,d}$	Grenzzugkraft: $N_{R,d} = k \cdot \min\{ (A_{sch} \cdot \sigma_{1,R,d}) ; (A_{sp} \cdot \sigma_{2,R,d}) \}$ mit $\sigma_{1,R,d} = f_{y,b,k} / (1,1 \cdot \gamma_M)$; $\sigma_{2,R,d} = f_{u,b,k} / (1,25 \cdot \gamma_M)$ und $\gamma_M = 1,1$										
	[kN/cm ²]														
	50,0	21,0	17,4	36,4											
50	Gewindeteil allgemein				1,7	3,2	5,0	14,6	27,2	42,5	52,6	61,3	79,7	97,4	141,8
	Schraube in SL-Verbindung ^{a)} ($d_{sch} = d_{nenn}$)				2,5	4,4	6,8	19,6	34,9	54,5	66,0	78,5	99,4	122,7	176,7
	Schraube in SLP-Verbindung ^{a)} ($d_{sch} = d_{nenn} + 1mm$)				3,3	5,5	8,2	23,0	39,4	60,1	72,1	85,2	106,9	131,0	186,6
	70	45,0	37,2	50,9											
70	Gewindeteil allgemein				3,7	6,8	10,8	31,4	58,4	91,1	112,7	131,3	170,7	208,6	303,8
	Schraube in SL-Verbindung ^{a)} ($d_{sch} = d_{nenn}$)				5,1	9,3	14,6	42,1	74,8	116,8	141,4	168,2	212,9	262,9	378,5
	Schraube in SLP-Verbindung ^{a)} ($d_{sch} = d_{nenn} + 1mm$)				5,1	9,3	14,8	42,9	79,9	124,7	154,3	179,7	229,0	280,7	399,9
	80	60,0	49,6	58,2											
80	Gewindeteil allgemein				5,0	9,1	14,4	41,8	77,9	121,5	150,2	175,0	227,6	278,2	405,1
	Schraube in SL-Verbindung ^{a)} ($d_{sch} = d_{nenn}$)				5,8	10,6	16,9	49,0	91,3	142,5	176,3	205,4	267,1	326,4	475,3
	Schraube in SLP-Verbindung ^{a)} ($d_{sch} = d_{nenn} + 1mm$)				5,8	10,6	16,9	49,0	91,3	142,5	176,3	205,4	267,1	326,4	475,3

d_{nenn} Nenndurchmesser des Gewindes
 d_{sch} Durchmesser des gewindefreien Schaftes
 l_{sch} Länge des gewindefreien Schaftbereiches

a) Die Grenzzugkräfte dieser Zeile gelten nur dann, wenn die Länge des gewindefreien Schaftbereiches mindestens $0,5d_{sch}$ beträgt und wenn in der jeweiligen Verbindung die beim Fließen auftretenden Verformungen zulässig sind.

Die in der Tabelle angegebenen Grenzzugkräfte gehen davon aus, dass Muttern nach DIN EN ISO 3506-2:2010-04 in der jeweils entsprechenden Festigkeitsklasse verwendet werden oder die Mindesteinschraubtiefen nach DIN 18800-1:2008-11, Element (504) eingehalten werden (siehe auch Tabelle auf folgender Seite).

Die Grenzzugkräfte für Schrauben M6, M8 und M10 können um den Faktor 1,4 erhöht werden, wenn das Nennlochspiel $\Delta d \leq 0,5 mm$ ist (vgl. 3.3.5.7 der Zulassung [1]: Abminderungsfaktor 0,7 statt 0,5; $0,7 / 0,5 = 1,4$).

zugelassenen Stahlsorten, Abmessungen und Erzeugnisformen: wie Tabelle Grenzausscherkräfte

Mindestschraubtiefe nach DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, NCI zu 3.5 (z.B. bei Sacklochverbindungen) bei voller Ausnutzung des Bemessungswertes der Zugtragfähigkeit $F_{t,Rd}$													
$\xi = (600/f_{u,k}) * (0,3 + 0,4 * f_{u,b,k}/500)$ mit der Bedingung $f_{u,k} \leq f_{u,b,k}$													
$\xi = t_{E,min}/d_A$ mit $t_{E,min}$... Mindestschraubtiefe und d_A ... Durchmesser Aussengewinde													
$f_{u,k}$... Zugfestigkeit des Materials mit Innengewinde													
$f_{u,b,k}$... Zugfestigkeit des Materials mit Aussengewinde (z.B. Schraube oder Gewindestange)													
$t_{E,min} = d_A * \xi = d_A * (600/f_{u,k}) * (0,3 + 0,4 * f_{u,b,k}/500)$													
Material Innengewinde	Material Schraube / Gewindestange		Mindestschraubtiefe $t_{E,min}$ in mm für Schrauben / Gewindestangen										
	$f_{u,k}$ [N/mm ²]	Fkl $f_{u,b,k}$ [N/mm ²]	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
340	50	500	8	10	13	15	20	25	28	30	34	38	45
	70	700	10	13	16	19	25	31	34	37	41	46	55
	80	800	10	14	17	20	27	34	37	40	45	50	60
400	50	500	7	9	11	13	17	21	24	26	29	32	38
	70	700	8	11	13	16	21	26	29	31	35	39	47
	80	800	9	12	15	17	23	29	32	34	39	43	51
450	50	500	6	8	10	12	15	19	21	23	26	28	34
	70	700	7	10	12	14	19	23	26	28	31	35	42
	80	800	8	11	13	16	21	26	28	31	34	38	46
500	50	500	6	7	9	11	14	17	19	21	23	26	31
	70	700	7	9	11	13	17	21	23	25	28	31	38
	80	800	7	10	12	14	19	23	25	28	31	34	41
550	70	700	6	8	10	12	16	19	21	23	26	29	34
	80	800	7	9	11	13	17	21	23	25	28	31	37
600	70	700	6	7	9	11	14	18	19	21	24	26	31
	80	800	6	8	10	12	16	19	21	23	26	29	34
700	70	700	5	6	8	9	12	15	17	18	20	23	27
	80	800	5	7	9	10	13	17	18	20	22	25	30
800	80	800	5	6	8	9	12	15	16	17	20	22	26

Normen und Literatur:

- [1] Z-30.3-6 Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung vom 05.03.2018, Geltungsdauer bis 01.05.2022, „Erzeugnisse, Bauteile und Verbindungsmittel aus nichtrostenden Stählen“
- [2] DIN EN 1993-1-4:2015-10 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln – Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen
- [3] DIN EN 1993-1-4/NA:2017-01 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln – Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen
- [4] DIN EN 1993-1-8:2010-12 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- [5] DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- [6] DIN EN 15048-1:2007-07 Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubverbindungen für den Metallbau - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [7] DIN EN 15048-1:2016-09 Garnituren für nicht vorgespannte Schraubverbindungen im Metallbau - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- [8] DIN EN ISO 3506-1:2010-04 Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen
Teil 1: Schrauben (ISO 3506-1:2009)
- [9] DIN EN ISO 3506-2:2010-04 Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen
Teil 2: Muttern (ISO 3506-2:2009)
- [10] Stranghöner, N.; Schmidt, H.; Machura, G.; Jungbluth, D.: Aktualisierte Regelungen zur Fertigung und Errichtung von Stahltragwerken nach DIN EN 1090-2. Stahlbau-Kalender 2018, S. 981 bis 1035, Kuhlmann, U. (Hrsg.), Ernst & Sohn, Berlin 2018
- [11] Z-30.3-6 Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung vom 22.04.2014, Geltungsdauer bis 01.05.2017, „Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile und aus nichtrostenden Stählen“
- [12] DIN 18800-1:2008-11 Stahlbauten - Teil 1: Bemessung und Konstruktion



Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr
Bautechnisches Prüfamnt
R. Janetzko
Gulbener Straße 24
03046 Cottbus
Telefon 03342 / 4266-3502
Telefax 03342 / 4266-7608
PoststelleCB@LBV.Brandenburg.de
www.lbv.brandenburg.de