

Tragfähigkeiten und Nachweiskriterien für kombinierte Beanspruchung	Kategorie
<p>Abschertragfähigkeit je Scherfuge</p> $F_{v,Rd} = \alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A \cdot (S) / \gamma_{M2}$ <p>mit - Gewinde (A_s) in der Scherfuge:</p> <p>$\alpha_V = 0,6$ für FK 4.6, 5.6, 8.8</p> <p>$\alpha_V = 0,5$ für FK 10.9</p> <p>- Schaft (A) in der Scherfuge:</p> <p>$\alpha_V = 0,6$</p>	A B
<p>Lochleibungstragfähigkeit ($t \geq 3 \text{ mm}$)</p> $F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$ <p>mit $\alpha_b = \min \{ \alpha_d f_{ub} / f_u 1,0 \}$ sowie α_d und k_1</p> <p>Für einschnittige Anschlüsse mit nur einer Schraubenreihe gilt:</p> $F_{b,Rd} \leq 1,5 \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$	A B
<p>Zugtragfähigkeit</p> $F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$ <p>mit $k_2 = 0,63$ für Senkschrauben</p> <p>$k_2 = 0,9$ für übrige Schrauben</p>	D E
<p>Durchstanzwiderstand</p> $B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u / \gamma_{M2}$	D E
<p>Kombination von Scher-/Lochleibung und Zug</p> $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$	A - D A - E B - E
<p>Gleitwiderstand</p> $F_{s,Rd,ser} = k_s \cdot n \cdot \mu \cdot F_{p,c} / \gamma_{M3,ser}$ $F_{s,Rd} = k_s \cdot n \cdot \mu \cdot F_{p,c} / \gamma_{M3}$ <p>mit $F_{p,c} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$</p>	B C
<p>Gleitwiderstand bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung</p> $F_{s,Rd,ser} = k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,c} - 0,8 \cdot F_{t,Ed,ser}) / \gamma_{M3,ser}$ $F_{s,Rd} = k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,c} - 0,8 \cdot F_{t,Ed}) / \gamma_{M3,ser}$	Kategorie B - E Kategorie C - E
<p>Formelzeichen</p> <p>d Schraubendurchmesser</p> <p>d_{sch} Schaftdurchmesser</p> <p>d_o Lochdurchmesser</p> <p>d_m Mittelwert aus Eckmaß und Schlüsselweite</p> <p>e_1 Randabstand in Krafrichtung</p> <p>e_2 Randabstand quer zur Krafrichtung</p> <p>f_u Zugfestigkeit der Bleche</p> <p>f_{ub} Zugfestigkeit der Schraube</p> <p>n Anzahl der Reibflächen</p> <p>p_1 Lochabstand in Krafrichtung</p> <p>p_2 Lochabstand quer zur Krafrichtung</p> <p>t_p Blechdicke</p> <p>A Schaftquerschnittsfläche</p> <p>A_s Spannungsquerschnittsfläche</p> <p>μ Reibbeiwert</p> <p>Teilsicherheitsbeiwerte:</p> <p>$\gamma_{M2} = 1,25$ $\gamma_{M3,ser} = 1,1$ $\gamma_{M3} = 1,25$</p>	

Tabelle 5 Tragfähigkeiten von Schraubenverbindungen entsprechend DIN EN 1993-1-8

Abstände	am Rand liegender Schrauben	innen liegender Schrauben
in Krafrichtung α_d	$\frac{e_1}{3 \cdot d_o}$	$\frac{p_1}{3 \cdot d_o} - \frac{1}{4}$
quer zur Krafrichtung k_1	$\min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 \\ 1,4 \cdot p_2 / d_o - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right.$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \cdot p_2 / d_o - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right.$

Tabelle 6 Beiwerte der Lochleibungstragfähigkeit

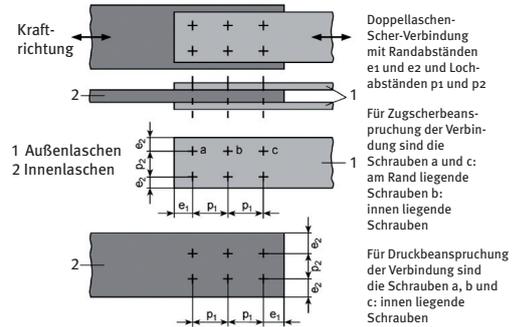


Bild 3 Doppellaschen-Scher-Verbindung mit Rand- und Lochabständen

	Blechedicke $t = 10 \text{ mm}$		Baustahl S235		Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd}$ [kN]							
	Randabstand Lochabstand	$e_2 \geq 1,5 d_o$ $p_2 \geq 3,0 d_o$	Gewinde									
			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36		
Minimaler Abstand	Randabstand	$e_1 = 1,2 d_o$	SL ¹⁾	34,6	46,1	57,6	63,4	69,1	77,8	86,4	104	
	Lochabstand	$p_1 = 2,2 d_o$	SLP ²⁾	37,4	49,0	60,5	66,2	72,0	80,6	89,3	107	
Maximal nutzbarer Abstand	Randabstand	$e_1 = 3,0 d_o$	SL ¹⁾	86,4	115	144	158	173	194	216	259	
	Lochabstand	$p_1 = 3,75 d_o$	SLP ²⁾	93,6	122	151	166	180	202	223	266	
Nennlochspiel Δd [mm] für normale runde Löcher ³⁾				1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	

Anmerkung 1: Bei einem Randabstand senkrecht zur Krafrichtung von $e_2 = 1,2 d_o$ und bei einem Lochabstand senkrecht zur Krafrichtung von $e_2 = 2,4 d_o$ müssen die Tafelwerte mit $2/3$ multipliziert werden.

Anmerkung 2: Für Baustahl S₂₃₅ dürfen die Tafelwerte mit wenigstens 1,31 multipliziert werden.

Anmerkung 3: Zwischenwerte für die Randabstände e_1 und Lochabstände p_1 dürfen linear interpoliert werden.

¹⁾ SL = Scher-/Lochleibungsverbindung mit rohen Schrauben ($d_{sch} = d$)

²⁾ SLP = Scher-/Lochleibungsverbindung mit Passschrauben ($d_{sch} = d + 1 \text{ mm}$)

³⁾ Nach DIN EN 1090-2, Tabelle 11. ($\Delta d = d_o - d$)

Tabelle 7 Bemessungswerte der Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd}$ für eine Blechedicke von $t = 10 \text{ mm}$ aus Baustahl S235 für einen Randabstand senkrecht zur Krafrichtung $e_2 \geq 1,5 d_o$ und einen Lochabstand senkrecht zur Krafrichtung $p_2 \geq 3,0 d_o$

Lage der Scherfuge im	Festigkeitsklasse	Abschertragfähigkeit $F_{v,Rd}$ [kN] je Scherfuge							
		Gewinde							
		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Gewinde der Schraube (SL-Verbindung)	4.6	16,2	30,1	47,0	58,3	67,7	88,2	108	157
	5.6	20,2	37,6	58,8	72,8	84,6	110	135	196
	8.8	32,4	60,2	94,0	117	135	176	215	314
	10.9	33,7	62,7	97,9	121	141	184	224	327
Schaft der rohen Schraube (SL-Verbindung)	4.6	21,7	38,6	60,3	73,0	86,9	110	136	195
	5.6	27,1	48,3	75,4	91,2	109	137	170	244
	8.8	43,4	77,2	121	146	174	220	271	391
	10.9	54,3	96,5	151	182	217	275	339	489
Schaft der Passschraube (SLP-Verbindung)	5.6	31,9	54,5	83,1	99,7	118	148	181	258
	10.9	63,7	109	166	199	236	296	362	516
Schaftquerschnitt A [mm ²]	SL	113	201	314	380	452	573	707	1018
	SLP	133	227	346	415	491	616	755	1075
Spannungsquerschnitt AS [mm ²]		84,3	157	245	303	352	459	561	817

Tabelle 8 Bemessungswerte der Abschertragfähigkeit $F_{v,Rd}$ je Schraube und je Scherfuge

Festigkeitsklasse	Zugtragfähigkeit $F_{t,Rd}$ [kN] (nicht für Senkschrauben)							
	Gewinde							
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
4.6	24,3	45,1	70,5	87,4	102	132	161	235
5.6	30,3	56,4	88,1	109	127	165	202	294
8.8	48,5	90,2	141	175	203	265	323	470
10.9	60,7	113	176	218	254	331	404	588
Spannungsquerschnitt AS [mm ²]	84,3	157	245	303	352	459	561	817

Tabelle 9 Bemessungswerte der Zugtragfähigkeit $F_{t,Rd}$ einer Schraube

Schlüsselweite	Werkstoff mit t = 10 mm	Zugfestigkeit f _u [N/mm ²]	Durchstanzwiderstand B _{p,Rd} [kN]								
			Gewinde								
			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36	
Normal	S235	360	102	134	169	191	202	231	260	311	
	S275	430	121	160	201	228	242	276	311	372	
	S355	490	138	182	229	260	275	315	354	423	
Groß	S235	360	122	151	179	202	231	260	283	340	
	S275	430	146	181	214	242	276	311	338	406	
	S355	490	167	206	244	275	315	354	386	463	
Produktnorm											
			Sechskantschraube				Sechskantmutter				
Schlüsselweite	Normal	DIN 7968; 7990 DIN EN ISO 4014; 4016; 4017; 4018				DIN EN ISO 4032; 4033; 4034					
	Groß	DIN EN 1439 9-3; -4; -8									

Tabelle 10 Bemessungswerte des Durchstanzwiderstandes B_{p,Rd} einer Schraube

Gleitflächenklasse A (μ = 0,5)			Gleitwiderstände F _{s,Rd,ser} und F _{s,Rd} [kN]								
Kategorie	Grenz-zustand	Festigkeits-klasse	Gewinde								
			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36	
B	Gebrauchs-tauglichkeit	8.8	21,4	39,9	62,3	77,2	89,7	117	143	208	
		10.9	26,8	49,8	77,9	96,5	112	146	178	260	
C	Tragfähigkeit	8.8	18,9	35,1	54,8	68,0	79,0	103	126	183	
		10.9	23,6	43,9	68,5	85,0	98,7	129	157	229	
Vorspannkraft F _{p,C} [kN]		8.8	47,2	87,7	137	170	197	257	314	457	
		10.9	59,0	110	171	212	247	322	392	572	

Tabelle 11 Bemessungswerte des Gleitwiderstandes F_{s,Rd,ser} im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und F_{s,Rd} im Grenzzustand der Tragfähigkeit je Schraube mit normalem Lochspiel und je Reiboberfläche für Gleitflächenklasse A (μ = 0,5)

Normen zur Arbeitshilfe 2.4 Tragfähigkeiten nach DIN EN 1993-1-8:

- DIN EN 1090-2:2008-12, Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008
- DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009
- 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

Literatur zur Arbeitshilfe 2.4 Tragfähigkeiten nach DIN EN 1993-1-8:

- [1] Schmidt, H., Stranghöner, N., Ausführung geschraubter Verbindungen nach DIN EN 1090-2, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2011.
- [2] Ungermann, D., Schneider, S., Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2011.
- [3] Hasselmann, U., Valtinat, G., Geschraubte Verbindungen, in: Stahlbau-Kalender 2002, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2002.
- [4] Kindmann, R., Stracke, M., Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, 2. Auflage. Berlin: Ernst und Sohn 2009.
- [5] Wiegand, H., Kloos, K. H., Thomala, W., Schraubenverbindungen - Grundlagen, Berechnung, Eigenschaften, Handhabung; 5. Auflage. Berlin: Springer Verlag 2007.