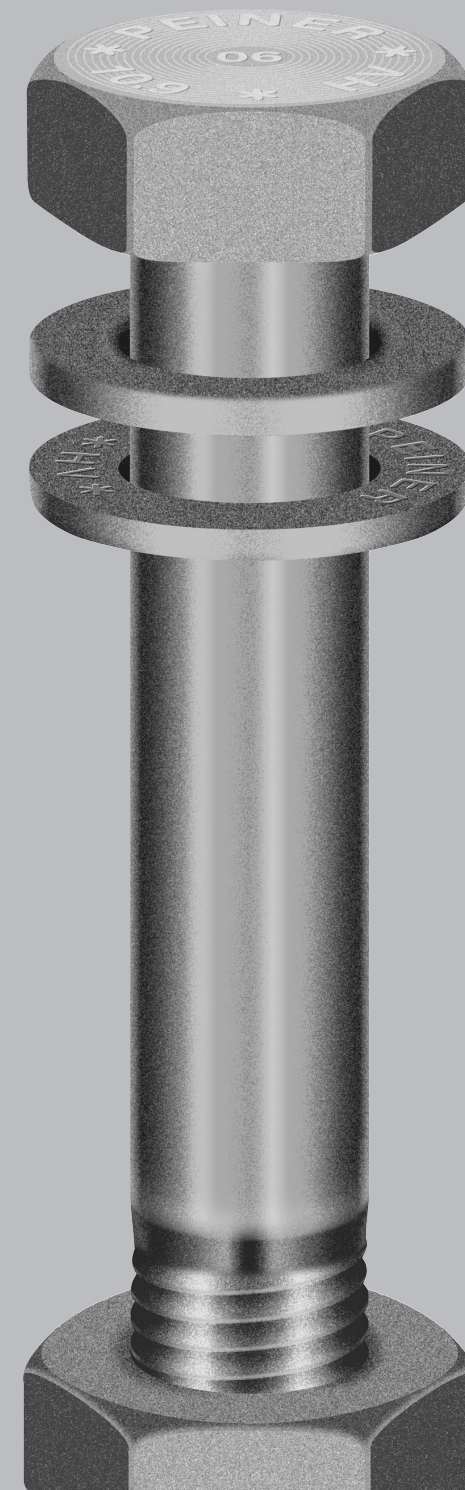


PEINER HV-

Schrauben-Garnituren
für den Stahlbau



 **PEINER**
Umformtechnik

Peiner Umformtechnik GmbH
Woltorfer Straße 20-24
31224 Peine
Deutschland/Germany

Telefon + 49 (0) 5171 545-0
Telefax + 49 (0) 5171 545-180
E-Mail info@peiner-ut.com
Internet www.peiner-ut.com

Eine Gesellschaft der
Sundram Fasteners Ltd., Indien

Stand April 2010. Abbildungen und technische Daten unverbindlich. Änderungen bzw. Konstruktionsänderungen vorbehalten.



 **PEINER**
Umformtechnik



Die PEINER Umformtechnik ist eine Gesellschaft der indischen Sundram Fasteners Limited (SFL). Sundram ist Teil der TVS-Gruppe, einem der größten Automobilzulieferer Indiens. Am Standort Peine produziert die PEINER Umformtechnik seit mehr als 80 Jahren Schrauben, Muttern und sonstige Verbindungselemente für den Stahl- und Brückenbau und für Verbindungen in Windenergieanlagen, sowie hochwertige Automobilteile für namhafte Hersteller weltweit.

Unser Key-Accountment berät unsere Kunden in allen Belangen der Verschraubungstechnik, sei es bei der Auswahl der Verbindungselemente, der Gestaltung der Verbindungsstellen oder der Berechnung und Montage. Durch die Zusammenarbeit mit Hochschulen im Rahmen von Forschungsk Kooperationen und die federführende Mitarbeit in regelsetzenden Gremien, wie nationalen (DIN) und internationalen (CEN, ISO) Normenausschüssen, sind wir immer entsprechend dem Stand der Technik informiert und gestalten diesen mit. Aktuelle Themen, wie Änderungen bei Produktnormen oder Berechnungs- und Montagevorschriften, vermitteln wir unseren Kunden durch Schulungsveranstaltungen.

Die Peiner Umformtechnik versorgt die Stahlbaubranche mit hochfesten HV- und HVP-Garnituren nach DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6 und DIN EN 14399-8 über den Schraubengroßhandel, der die logistischen Dienstleistungen übernimmt.

PEINER hochfeste vorspannbare (HV) Schrauben-Garnituren werden vorrangig in gleitfesten Verbindungen, in biegesteifen Stirnplatten-Verbindungen, in Scher-Lochleibungs-Verbindungen und in Ringflansch-Verbindungen bei Windenergieanlagen eingesetzt.

Als sicherheitsrelevante Konstruktionselemente müssen HV-Schrauben strenge Qualitätskriterien erfüllen. Wir fertigen sie daher mit hoher Präzision und großem Aufwand für die Qualitätssicherung. Jede Peiner HV-Schraube und HV-Mutter wird mit einem Kennzeichen – einer Seriennummer – versehen. So kann nachträglich jederzeit der Fertigungsweg vom Endprodukt bis zur Charge des Vormaterials zurückverfolgt werden. Diese Kennzeichnung sorgt für Transparenz im Produktionsablauf und ist zugleich Zeichen unseres Qualitätsanspruchs. Gemäß DIN 18800-7:2008-11, kann dadurch das für HV-Schrauben geforderte Prüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 entfallen. Unabhängig davon werden auf Wunsch Prüfzeugnisse 3.1 erstellt.

PEINER HV-Garnituren sind im genormten Abmessungsbereich M12 bis M36 ab Lager lieferbar. Darüber hinaus ist ein erweiterter Abmessungsbereich bis M64, insbesondere zur Anwendung in Windenergieanlagen, gemäß der DASt-Richtlinie 021 und einer entsprechenden PEINER-Werknorm lieferbar.

Korrosionsschutz durch Feuerverzinken
Durch Feuerverzinken erreichen wir einen guten, hochwertigen Korrosionsschutz – auch in aggressiver Atmosphäre. Eine mit dem Grundmaterial legierte Zinkschicht von 50 bis 70 µm Dicke kann die volle Funktionsfähigkeit der Schraubenverbindung je nach Angriffsmedien über viele Jahre schützen (Bild 1).

Auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und langer, guter Erfahrungen erfolgt das Feuerverzinken nach besonderen Bedingungen, gemäß Herstellungsrichtlinie des Deutschen Schraubenverbandes und des Gemeinschaftsausschusses Verzinken.

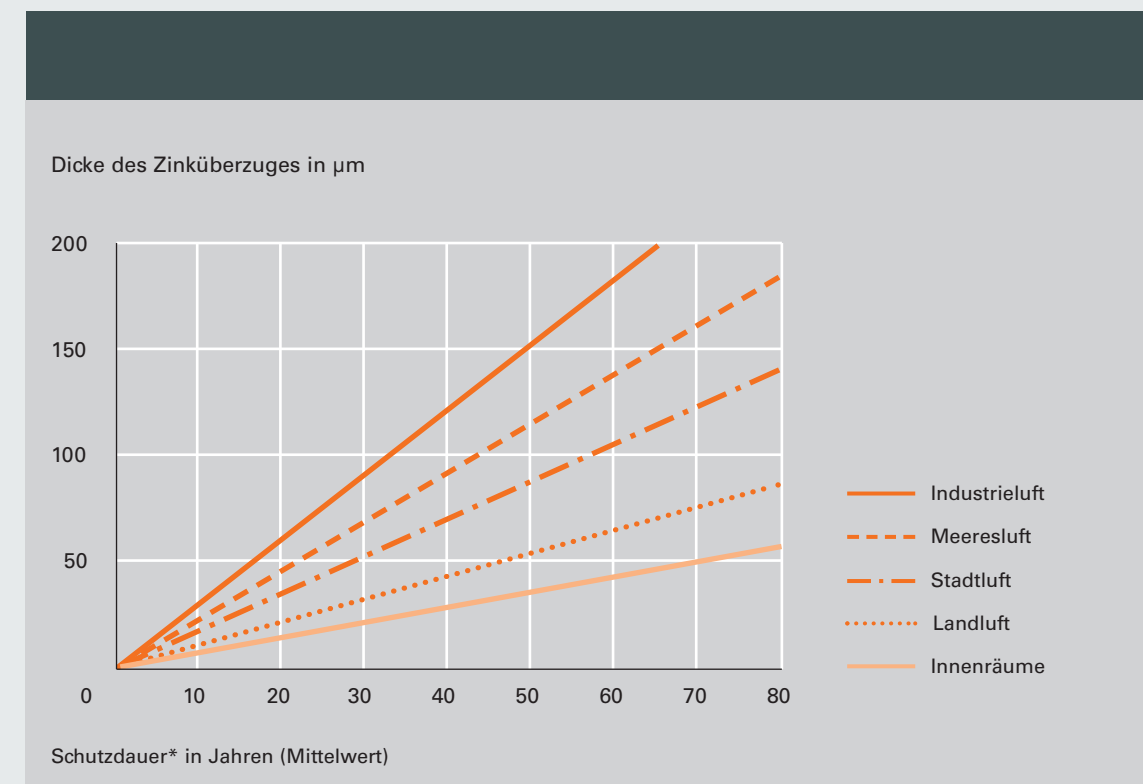
Feuerverzinkte und vergütungsschwarze HV-Muttern sind mit einer speziellen Langzeitschmierung behandelt und somit einbaufertig. Sie erfüllen in diesem Zustand die Vorgaben für Vorspannkraft und Anziehmoment nach DIN 18800-7:2008-11.

Die europäischen HV-Produktnormen sind sogenannte harmonisierte Normen nach der Bauproduktenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft. Auf dieser Grundlage werden die HV-Garnituren mit CE-Zeichen ausgeliefert. Damit dürfen innerhalb der Europäischen Gemeinschaft für die Produkte keine Handelshemmnisse bestehen oder aufgebaut werden.

Im Regelfall werden HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6 und DIN EN 14399-8 mit CE-Kennzeichnung in der k-Klasse Ausführung K1 geliefert und erfüllen zusätzlich die Anforderungen der DIN 18800-7 für ein drehmomentgesteuertes Vorspannen.

Die Komponenten der HV-Garnituren, d.h. die Schrauben, Muttern und Scheiben, sind separat verpackt. Eine HV-Garnitur entsteht durch die Kombination von Schraube, Mutter und Scheiben eines Herstellers.

HV-Garnituren sind uneingeschränkt zur Ausführung aller im Stahlbau üblichen Verbindungstypen für Schraubenverbindungen sowohl nach der deutschen Norm DIN 18800-1, als auch nach der europäischen Norm DIN EN 1993-1-8 geeignet.



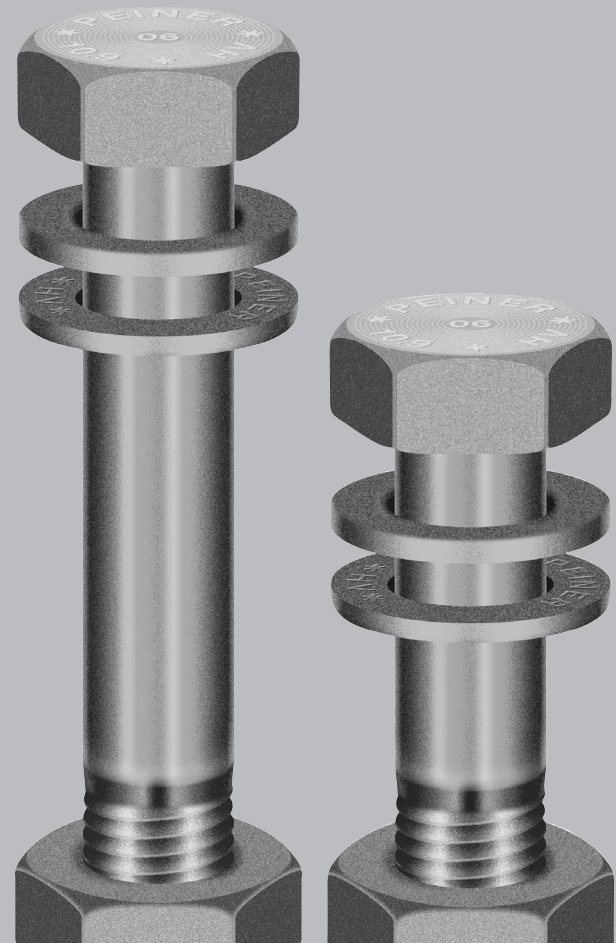
Quelle: Arbeitsblätter Feuerverzinken (5.4 Korrosionsverhalten von Zinküberzügen an der Atmosphäre), 3. Auflage 1999

Bild 1

Schutzdauer von Zinküberzügen unter Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse

*Die Schutzdauer ist keine „Gewährleistungszeit“

P Berechnung von Stahlbauverbindungen mit HV-Schrauben nach DIN 18800-1:2008-11 und DIN EN 1993-1-8:2005



Einteilung von Schraubenverbindungen

Mit der DIN EN 1993-1-8 wurde gegenüber der DIN 18800-1 eine neue Klassifizierung von Schraubenverbindungen vorgenommen, die sich an der Richtung der Krafteinleitung im Verhältnis zur Schraubenlängsachse orientiert. In den nachfolgenden Darstellungen (Tabellen 3 und 4) werden die Nachweiskriterien, auf die später eingegangen wird, und die entsprechenden Klassifizierungen nach DIN 18800-1 jeweils im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit (GdG) als auch im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GdT) angegeben.

Berechnung von HV-Schraubenverbindungen

Für den Nachweis von HV-Schraubenverbindungen werden sicherlich noch einige Zeit sowohl die deutsche Norm DIN 18800-1 als auch die europäische Norm DIN EN 1993-1-8 und DIN EN 1993-1-9 verwendet. Es macht daher Sinn sich mit beiden Nachweisformaten zu beschäftigen und gegebenenfalls die technisch bedeutenden Unterschiede anzusprechen.

1. Nachweis auf Abscherung der Schrauben

1.1. Die Bemessungswerte der Abscherbeanspruchungen V_a dürfen die nach der DIN 18800-1:2008-11 Grenzabscherkräfte $V_{a,R,d}$ nicht überschreiten.

$$\frac{V_a}{V_{a,R,d}} \leq 1$$

Die Grenzabscherkraft $V_{a,R,d}$ ist

$$V_{a,R,d} = A \cdot \tau_{a,R,d} = A \cdot \alpha_a \cdot f_{u,b,k} / \gamma_M$$

A Schaftquerschnitt A_{Sch} , wenn der glatte Schaft in der Scherfuge liegt
 Spannungsquerschnitt A_{Sp} , wenn der Gewindeteil des Schaftes in der Scherfuge liegt.

α_a 0,55 für HV-Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9, wenn der glatte Schaft in der Scherfuge liegt.

0,44 für HV-Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9, wenn der Gewindeteil in der Scherfuge liegt.

$f_{u,b,k}$ charakteristische Zugfestigkeit des Schraubenmaterials, bei HV-Schrauben: 1000 N/mm²

$\gamma_M = 1,1$ Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand

Beim Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch und bei einschnittigen ungestützten Verbindungen sind weitere Vorschriften zu beachten.

1.2 Nach der DIN EN 1993-1-8:2005 darf die einwirkende Scherkraft $F_{v,Ed}$ den entsprechenden Grenzwert $F_{v,Rd}$ nicht überschreiten. Dieser berechnet sich zu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

- wenn der Schaft in der Scherfuge liegt:
 A Schaftquerschnitt $\alpha_v = 0,6$

- wenn das Gewinde in der Scherfuge liegt:

A Spannungsquerschnitt A_s
 $\alpha_v = 0,5$
 f_{ub} für FK 10.9 = 1000 N/mm²
 $\gamma_{M2} = 1,25$ Teilsicherheitsbeiwert

Trotz dieser Unterschiede in den Koeffizienten der Nachweisformate ist die daraus ermittelte Beanspruchbarkeit nach DIN 18800-1 und DIN EN 1993-1-8 annähernd gleich. Wenn das Schraubengewinde in der Scherfuge liegt, sind die Beanspruchbarkeiten gleich.

Scher-/Lochleibungs- und gleitfeste Verbindungen				
Kategorie	Kriterium	Anmerkung	Verglichen mit DIN 18800-1	
			GdG	GdT
A Scher-/Lochleibungs-Verbindung	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Keine Vorspannung erforderlich, jedoch in den meisten Fällen von Vorteil, Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9	SL bzw. SLP	SL bzw. SLP
B Gleitfeste Verbindung (GdG)	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Hochfeste Schrauben FK 8.8 oder 10.9 vorgespannt	GV bzw. GVP	SL bzw. SLP
C Gleitfeste Verbindung (GdT)	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Hochfeste Schrauben FK 8.8 oder 10.9 vorgespannt. $N_{net,Rd}$ nach DIN EN 1993-1-1	GV bzw. GVP	GV bzw. GVP (Netto)

Tabelle 3

Krafteinleitung quer zur Schraubenachse

Zugbeanspruchte Verbindungen				
Kategorie	Kriterium	Anmerkung	Verglichen mit DIN 18800-1	
			Nicht klassifiziert, jedoch Nachweiskriterium angeben	
D Nicht vorgespannt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}^{1)}$	Keine Vorspannung erforderlich, Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9	Nicht klassifiziert, jedoch Nachweiskriterium angeben	
E Vorspannt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq F_{p,Rd}$	Hochfeste Schrauben FK 8.8 oder 10.9	Nicht klassifiziert, jedoch Nachweiskriterium angeben	

Tabelle 4

Krafteinleitung in Richtung der Schraubenachse

¹⁾ Bemessungswert des Durchstanzwiderstandes des Schraubenkopfes und der Schraubenmutter (DIN EN 1993-1-8:2005 Absatz 3.6.1 Tabelle 3.5)



2. Nachweis der Lochleibung

2.1 Nach DIN 18800-1:2008-11 dürfen die Bemessungswerte der Lochleibungsbeanspruchungen V_I die Grenzlochleibungskräfte $V_{I,R,d}$ nicht überschreiten.

$$\frac{V_I}{V_{I,R,d}} \leq 1$$

Die Grenzlochleibungskraft $V_{I,R,d}$ ist

$$V_{I,R,d} = t \cdot d_{Sch} \cdot \sigma_{I,R,d} \\ = t \cdot d_{Sch} \cdot \alpha_I \cdot f_{y,k} / \gamma_M$$

- Mit
- t Dicke des Bauteils
 - d_{Sch} Schaftdurchmesser der Schraube
 - α_I Faktor zur Ermittlung der Lochleibungsbeanspruchbarkeit, abhängig vom Lochbild (Bild 2)
 - $f_{y,k}$ charakteristische Streckgrenze des Bauteilmaterials
 - $\gamma_M = 1,1$ Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand
- Für $e_2 \geq 1,5 d_L$ und $e_3 \geq 3,0 d_L$ ist
- $\alpha_I = 1,1 e_1/d_L - 0,30$ (Endschraube)
 - $\alpha_I = 1,08 e/d_L - 0,77$ (Innenschraube)
- Für $e_2 = 1,2 d_L$ und $e_3 = 2,4 d_L$ ist
- $\alpha_I = 0,73 e_1/d_L - 0,20$ (Endschraube)
 - $\alpha_I = 0,72 e/d_L - 0,51$ (Innenschraube)
- Mit
- e_1 = Randabstand in Krafrichtung
 - e = Lochabstand in Krafrichtung
 - e_2 = Randabstand senkrecht zur Krafrichtung
 - e_3 = Lochabstand senkrecht zur Krafrichtung
 - d_L = Lochdurchmesser

2.2 Die Grenzlochleibungskraft nach DIN EN 1993-1-8 berechnet sich zu:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

- Mit
- α_b min. (α_d ; f_{ub}/f_{ur} ; 1,0)
 - für Randschrauben:
 $\alpha_d = e_1/3 \cdot d_0$
 - für innere Schrauben:
 $\alpha_d = p_1/3 \cdot d_0 - 0,25$

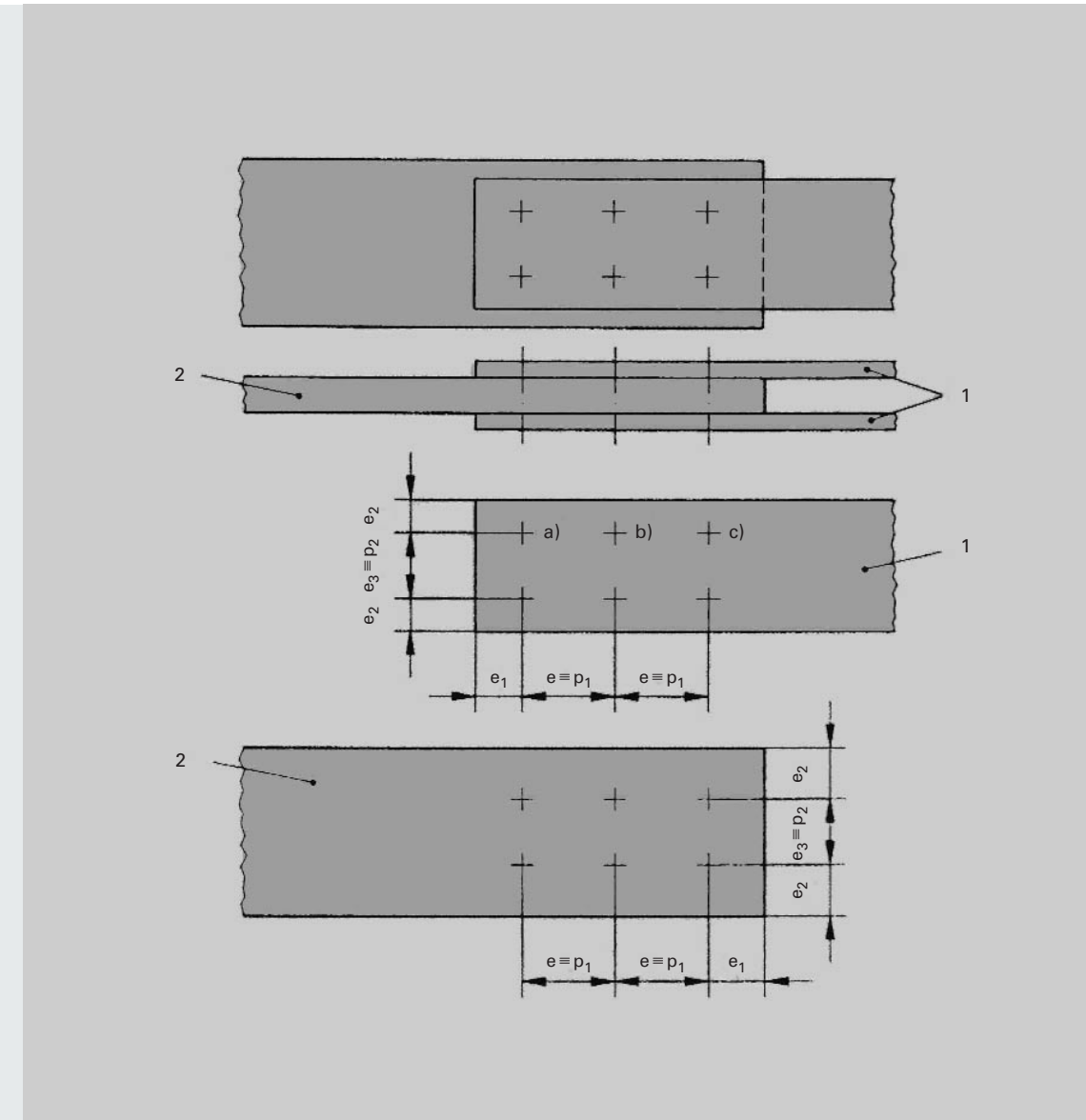


Bild 2

Doppellaschen-Scher-Verbindung mit Randabständen e_1 und e_2 und Lochabständen e und e_3 . Für Zugscherbeanspruchung der Verbindung sind die

Schrauben a und c Endschrauben

Schrauben b Innenschrauben

Für Druckscherbeanspruchung der Verbindung sind die Schrauben a, b und c Innenschrauben

1 Außenlaschen
2 Innenlasche

k_1 für Randschrauben:
min. ($2,8 \cdot e_2/d_0 - 1,7$; 2,5)

k_1 für innere Schrauben:
min. ($1,4 \cdot p_2/d_0 - 1,7$; 2,5)

f_u Zugfestigkeit des Bauteilwerkstoffes

d Nenndurchmesser der Schraube

t Dicke des Bauteils

$\gamma_{M2} = 1,25$ Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand

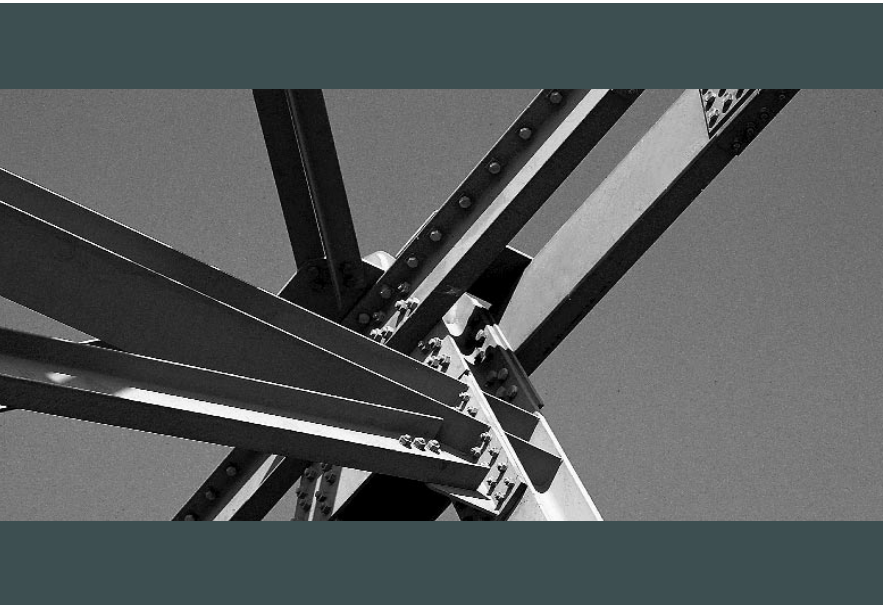
Anmerkungen:

$F_{b,Rd}$ bei Langlöchern mit Längsachse quer zur Krafrichtung mit Beiwert 0,6 gegenüber normalem Lochspiel abgemindert.

Hierbei ist d_0 der Lochdurchmesser; p_1 ist der Lochabstand in Krafrichtung und p_2 der Lochabstand senkrecht der Krafrichtung.

Die Berechnung erfolgt mit dem Werkstoffkennwert f_u gegenüber $f_{y,k}$ beim Nachweis nach der DIN 18800-1.

Da die Berechnungen der Grenzlochleibungskraft nach DIN 18800-1 und DIN EN 1993-1-8 sich vom Ansatz her unterscheiden, ist kein einfacher Vergleich möglich und es ist eine Neuberechnung erforderlich.



3. Der Nachweis von HV-Schrauben auf Zugbelastung erfolgt durch Berechnung der Grenzzugkraft nach sehr ähnlichen Ansätzen (Tabelle 5).

Für HV-Schrauben ergibt sich das Verhältnis von:

$$\frac{F_{t,Rd}}{N_{R,d}} = 0,99$$

so dass die Beanspruchbarkeiten nach alter und neuer Norm praktisch als gleich anzunehmen sind.

4. Kombination von Zug und Abscheren
Es ist nach DIN 18800-1 folgender Interaktionsnachweis zu führen:

$$\left(\frac{N}{N_{R,d}}\right)^2 + \left(\frac{V_a}{V_{a,R,d}}\right)^2 \leq 1$$

Hierin sind:

- N, V_a Bemessungswerte der Beanspruchungen auf Zug und Abscheren
- $N_{R,d}$ siehe 3
- $V_{a,R,d}$ siehe 1.1

Auf den Interaktionsnachweis darf verzichtet werden, wenn $N / N_{R,d}$ oder $V_a / V_{a,R,d}$ kleiner als 0,25 ist.

Nach DIN EN 1993-1-8 ergibt sich die Interaktionsbedingung aus der Auswertung experimenteller Ergebnisse zu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

Es werden damit Wechselwirkungen zwischen beiden Belastungen unterschiedlich bewertet (Bild 3).

5. Nachweis gleitfester Verbindungen: (GV und GVP)

5.1 Nach der DIN 18800-1 dürfen die für die Gebrauchstauglichkeit maßgebenden Beanspruchungen V_g die Grenzgleitkräfte $V_{g,R,d}$ nicht überschreiten.

$$\frac{V_g}{V_{g,R,d}} \leq 1$$

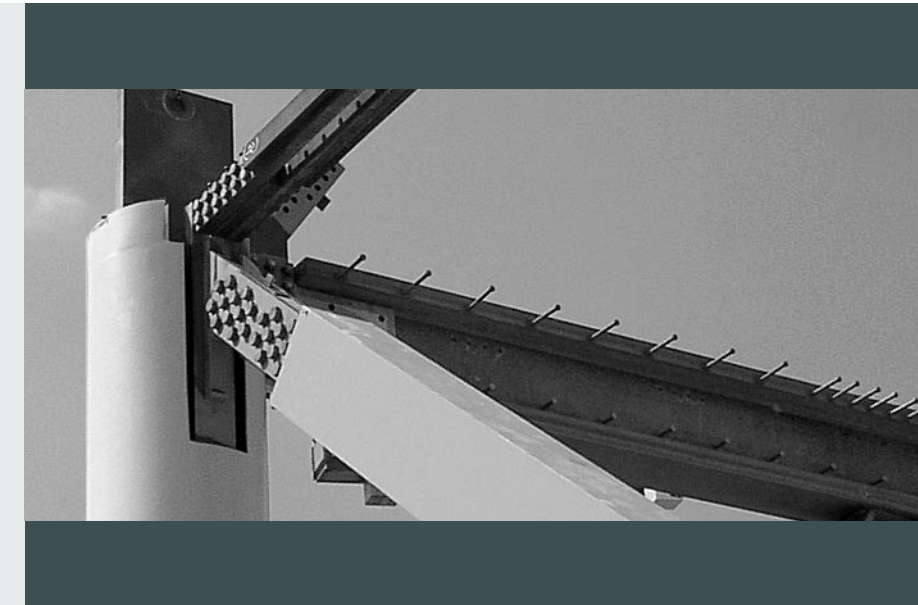
Die Grenzgleitkraft $V_{g,R,d}$ ist

$V_{g,R,d} = \mu \cdot F_v / (1,15 \cdot \gamma_M)$, wenn keine äußere Zugkraft auf die HV-Schraube einwirkt,
 $V_{g,R,d} = \mu \cdot F_v (1 - N / F_v) / (1,15 \cdot \gamma_M)$, wenn eine äußere Zugkraft auf die HV-Schraube einwirkt.

Dabei ist

- μ die Reibungszahl nach Vorbehandlung der Reibflächen nach DIN 18800-7
- F_v die Vorspannkraft nach DIN 18800-7
- N die anteilig auf die Schraube entfallende Zugkraft
- $\gamma_M = 1,0$

Darüber hinaus ist für GV- und GVP-Verbindungen ein Tragsicherheitsnachweis wie für SL- und SLP-Verbindungen zu führen.



5.2 Nach der DIN EN 1993-1-8 ist der Nachweis einer gleitfesten HV-Verbindung durch Berechnung des Gleitwiderstandes sowohl im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GdG) als auch im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GdT) möglich. Der Gleitwiderstand $F_{s,R,d}$ berechnet sich zu:

$$F_{s,R,d} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,C}$$

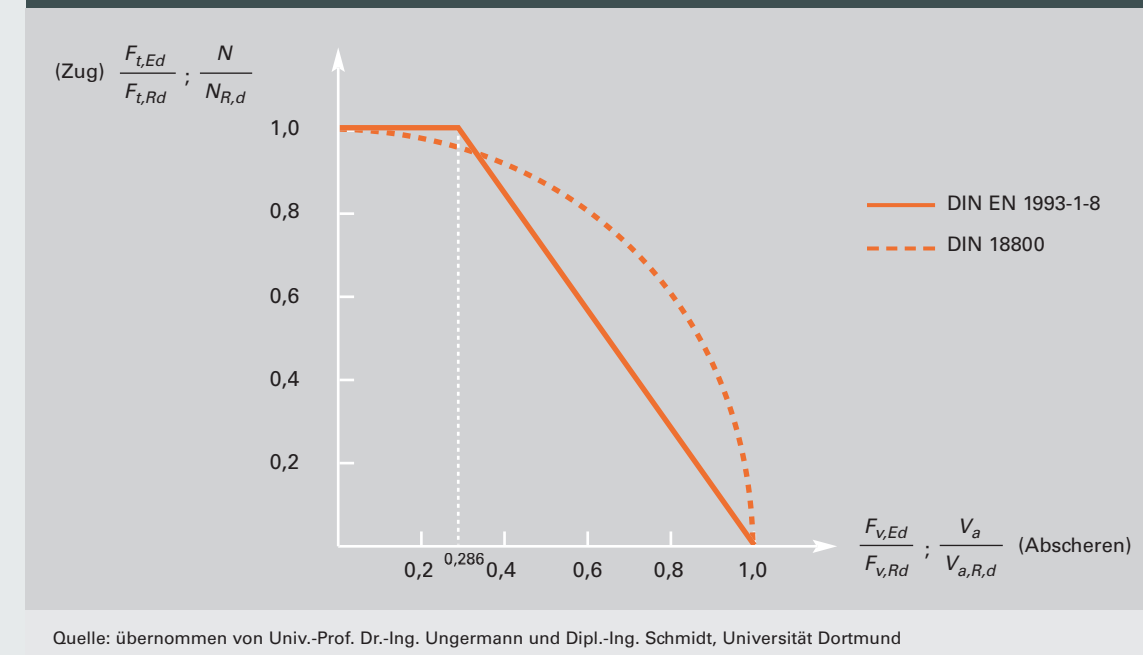
Tabelle 5

Berechnung der Grenzzugkraft zum Nachweis von HV-Schrauben auf Zugbelastung.

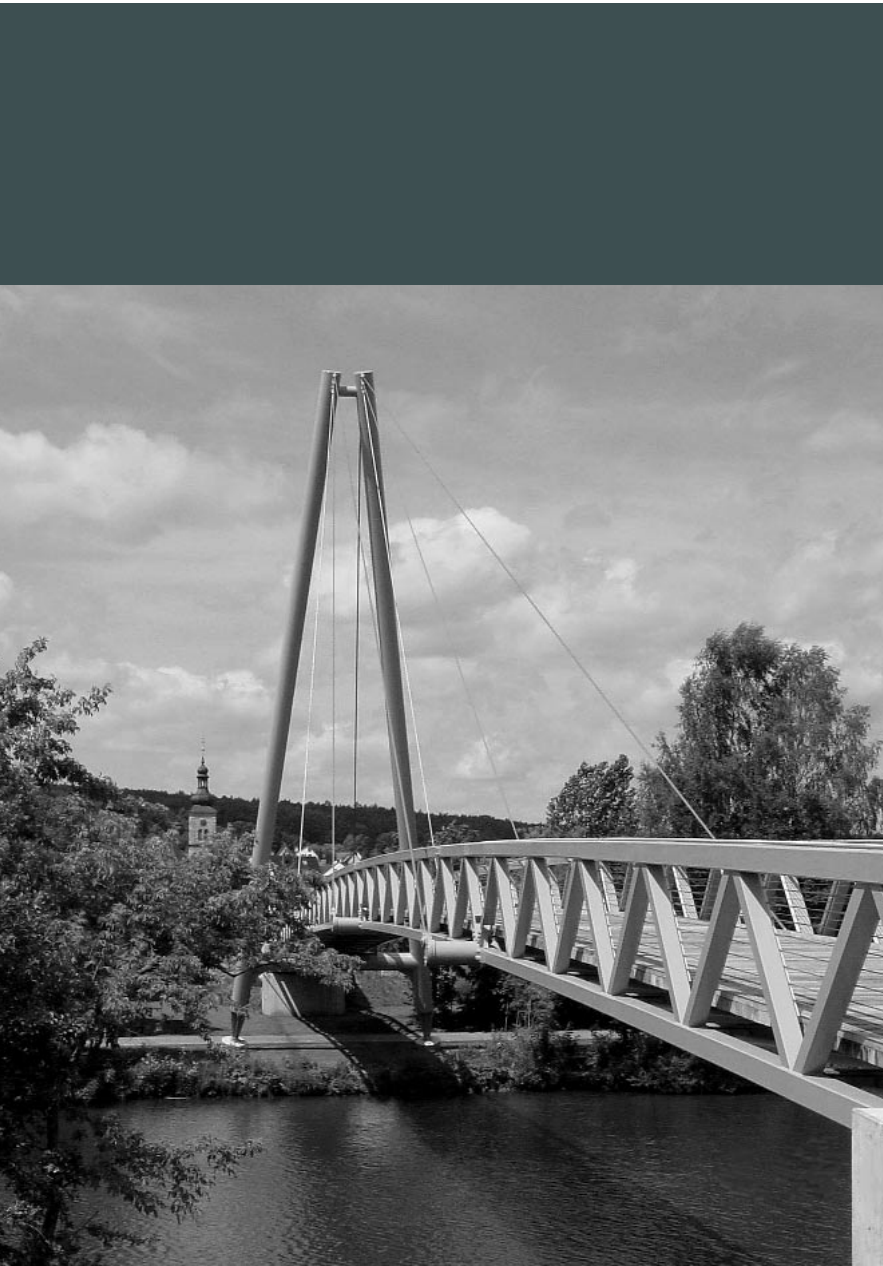
	DIN 18800-1:2008-11	DIN EN 1993-1-8:2005
$N_{R,d}$	$\frac{A_{Sp} \cdot f_{u,b,k}}{1,25 \cdot \gamma_M}$	$\frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_S}{\gamma_{M2}}$
A_{Sp}	Spannungsquerschnitt	A_S Spannungsquerschnitt
$f_{u,b,k}$	für FK 10.9 = 1000 N/mm ²	f_{ub} für FK 10.9 = 1000 N/mm ²
1,25	= Beiwert zur erhöhten Absicherung gegen Zugfestigkeit	$k_2 = 0,9$
γ_M	= 1,1	$\gamma_{M2} = 1,25$

Bild 3

Wechselwirkung zwischen Zug und Abscheren:
DIN 18800-1:2008-11
DIN EN 1993-1-8:2005



Quelle: übernommen von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ungermann und Dipl.-Ing. Schmidt, Universität Dortmund



© Maurer Söhne GmbH & Co. KG, München

Dabei ist

k_S Lochbeiwert, abhängig von Lochausführung und -spiel, z. B. für normales Lochspiel: $k_S = 1$

n Anzahl der Gleitfugen

μ Reibungszahl in den Kontaktflächen, Einstufung nach Gleitflächenklassen, z. B. für Klasse A: $\mu = 0,5$

$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s (= 1,11 \cdot F_V)$

$\gamma_{M3} = 1,25$ Teilsicherheitsbeiwert für GdT

$\gamma_{M3,ser} = 1,1$ Teilsicherheitsbeiwert für GdG

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Kategorie B nach DIN EN 1993-1-8) ist dieser Wert etwa 16 % höher als die Grenzgleitkraft nach DIN 18800-1. Hierbei ist aber zu beachten, dass die angesetzte Vorspannkraft $F_{p,C}$ etwa 11 % höher ist als die Vorspannkraft F_V nach DIN 18800-7 und mit Drehmomentverfahren nicht mehr sicher zu erreichen, da der dort wirksame Reibungseinfluss einer gewissen Streuung unterworfen ist. Aus diesem Grunde ist hier das kombinierte Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2 anzuwenden. Für PEINER HV-Schrauben sind die dabei anzuwendenden Voranzieh Drehmomente und Weiterdrehwinkel als Herstellerempfehlung in Tabelle 8 angegeben.

5.3 Ein einfacher Vergleich der Beanspruchbarkeit gleitfester Verbindungen nach DIN EN 1993-1-8 und der DIN 18800-1 bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung über eine Verhältniszahl oder die Angabe eines prozentualen Unterschiedes ist nicht möglich, das die Beanspruchbarkeiten vom Verhältnis von Zugbeanspruchung und Vorspannkraft abhängen.

In Tabelle 6 sind die in den jeweiligen Normen angegebenen Berechnungsformeln für die Beanspruchbarkeiten aufgeführt. Für gleitfeste Verbindungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GdT, Kategorie C) enthält lediglich die DIN EN 1993-1-8 Angaben.

Um im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GdG) einen Vergleich anzustellen, wird die äußere Zugbelastung gleichgesetzt und die Vorspannkraft nach DIN EN 1993-1-8 abhängig von der Vorspannkraft nach DIN 18800-7 ausgedrückt.

Mit

$F_{p,C} = 1,11 \cdot F_V$ und $F_{t,Ed,ser} = N$ und $\mu = 0,5$ sowie F_V nach DIN 18800-7, ergibt sich durch

Umformung der Gleichungen nach Eurocode 3 und DIN

$$F_{s,Rd,ser} = 0,836 \cdot V_{g,R,d} + 0,141 \cdot F_V$$

Dies ist die Gleichung einer Geraden in der allgemeinen Form

$$y = mx + n$$

6. Nachweis der Betriebsfestigkeit

Nach DIN 18800-1 sind die erforderlichen Nachweise für auf Zug oder Abscheren beanspruchte Schrauben nach Abschnitt 7.5.1, Element 741 oder nach Abschnitt 8.2.1.5, Element 811 gemäß DIN 18800-1:2008-11 zu führen. Ein geeignetes Nachweisformat kann der DIN EN 1993-1-9 entnommen werden. Im Grundsatz beruht dies auf einer Schädigungsrechnung mit Hilfe einer abgewandelten Schadensakkumulationshypothese nach Palmgren-Miner.

DIN 18800-1:2008-11	DIN EN 1993-1-8:2005
<p>Grenzgleitkraft</p> $V_{g,R,d} = \frac{\mu \cdot F_V \left(1 - \frac{N}{F_V}\right)}{1,15 \cdot \gamma_M}$ <p>μ die Reibungszahl nach Vorbehandlung der Reibflächen nach DIN 18800-7</p> <p>F_V die Vorspannkraft nach DIN 18800-7</p> <p>N die anteilig auf die Schraube entfallende Zugkraft für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis.</p> <p>$\gamma_M = 1,0$</p> <p>Es dürfen Reibungszahlen $\mu > 0,5$ verwendet werden, wenn sie belegt werden.</p>	<p>Gleitwiderstand für hochfeste Verbindungen gilt allgemein</p> $F_{s,Rd} = \frac{k_S \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,C}$ <p>Dabei ist</p> <p>k_S der Beiwert</p> <p>n die Anzahl der Gleitfugen</p> <p>μ die Reibungszahl</p> <p>kombinierte Scher- und Zugbeanspruchung gilt bei Kategorie B Verbindungen (GdG)</p> $F_{s,Rd,ser} = \frac{k_S \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3,ser}} (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed,ser})$ <p>bei Kategorie C Verbindungen (GdT)</p> $F_{s,Rd} = \frac{k_S \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed})$

Anmerkungen zur DIN 18800-1:2008-11:

1) Für nicht zugbeanspruchte Schrauben folgt:

$$V_{g,R,d} = \frac{\mu \cdot F_V}{1,15 \cdot \gamma_M}$$

2) Zugkräfte in vorgespannten Verbindungen reduzieren die Klemmkraft zwischen den Berührungsflächen, so dass die Gleitlasten ebenfalls reduziert werden.

3) Der Faktor 1,15 ist ein Korrekturfaktor. Die Zugbeanspruchung aus äußerer Belastung wird rechnerisch ausschließlich den Schrauben zugewiesen. Das heißt, der tatsächlich eintretende Abbau der Klemmkraft in den Berührungsflächen der zu verbindenden Bauteile sowie die Vergrößerung der Pressung in den Auflageflächen von Schraubenkopf und Mutter werden nicht berücksichtigt.

Tabelle 6

Gleitfeste Verbindungen bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung

Vorspannen von PEINER HV-Schraubenverbindungen

1. Regelungen der DIN 18800-7:2008-11

Für eine planmäßige Vorspannung sind HV-Schrauben-Garnituren auf die Regel-Vorspannkraft F_v nach Tabelle 7 vorzuspannen. Die Regel-Vorspannkraft ergibt sich aus dem Produkt von Nennspannungsquerschnitt des Gewindes (A_{Sp}) x 0,7 x Streckgrenze ($f_{y,b,k} = 900 \text{ N/mm}^2$ für 10.9). Für das Vorspannen durch Drehen, im Regelfall durch Drehen der Mutter, ist bevorzugt das Drehmomentverfahren anzuwenden. Die Regel-Vorspannkraft F_v wird durch ein Anziehmoment M_A erzeugt. Für HV-Schrauben-Garnituren der k-Klasse K1 gilt unabhängig vom Oberflächenzustand ein einheitliches Anziehdrehmoment M_A gemäß Tabelle 7. Dieses Verfahren ermöglicht ein stufenweises Vorspannen in Anschlüssen mit vielen Schrauben sowie ein Nachziehen als Kontrolle oder zum Ausgleich von Vorspannkraftverlusten nach wenigen Tagen.

Die DIN 18800-7 bietet für eine Vorspannung auf das in Tabelle 7 dargestellte Vorspann-

kraftniveau noch weitere Verfahren an, die hier nur grundsätzlich erläutert werden, da sie in praxi nur selten zum Einsatz kommen. Die entsprechenden genauen Vorgehensweisen sind dann gegebenenfalls dem Normtext zu entnehmen.

Beim Drehimpulsverfahren wird die Vorspannkraft durch Drehimpulse, d.h. tangentielle Drehschläge erzeugt. Das Anziehgerät ist vor der Verwendung mit einem geeigneten Einstellgerät auf die in der DIN 18800-7 für dieses Verfahren genannte Vorspannkraft einzustellen.

Beim Drehwinkelverfahren erfolgt das Vorspannen in zwei Stufen. Zuerst wird ein recht niedriges Voranziehmoment aufgebracht, bei dem in praxi ein gewisses Risiko besteht, dass die zu verbindenden Teile dann noch nicht vollflächig anliegen. Der dann aufzubringende Weiterdrehwinkel ist durch eine Verfahrensprüfung zu ermitteln. Fehlende vollflächige Anlage der Bauteile

vor Aufbringen des Weiterdrehwinkels führt im Einzelfall zu hohen Streuungen bei den Vorspannkraften.

Beim kombinierten Verfahren erfolgt das Vorspannen ebenfalls in zwei Stufen. Das in DIN 18800-7 tabellierte Voranziehmoment ist deutlich höher und soll dadurch die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass bereits eine vollflächige Anlage der Bauteile erreicht wird. Danach wird ein in DIN 18800-7 ebenfalls tabellierter Weiterdrehwinkel aufgebracht, der geringer ist als der in der DIN EN 1090-2 genannte, da das Vorspannkraftniveau dort höher ist.

2. Regelungen der DIN EN 1090-2

Für vorgespannte Verbindungen, bei denen die Vorspannkraft nicht in die statische Berechnung eingeht, also überall dort, wo der Nachweis einer gleitfesten Verbindung nicht zu führen ist, ist auch nach der europäischen Norm DIN EN 1993-1-8 ein Vorspannkraftniveau $F_{p,C}^*$ erlaubt, das unter

dem Niveau $F_{p,C}$ liegt. Für Verbindungen, die aus anderen Gründen als dem Nachweis der Gleitfestigkeit vorgespannt werden, ist daher weiterhin ein Vorspannen auf

$$F_{p,C}^* = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_s$$

erlaubt, was dem Vorgehen nach der DIN 18800-7 entspricht. Das Drehmomentverfahren kann daher in solchen Fällen uneingeschränkt angewandt werden.

Für eine Vorspannung auf eine Schraubenkraft

$$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$$

die die Zugfestigkeit der Schraube zu 70% ausnutzt, empfiehlt die PEINER Umformtechnik die Anwendung des kombinierten Verfahrens nach DIN EN 1090-2 mit den aufgeführten Voranziehmomenten M_A und den aufgeführten Weiterdrehwinkeln (Tabelle 8).

Tabelle 7

Vorspannkraft und Anziehmomente für Drehmoment-, Vorspannverfahren für HV-Garnituren der k-Klasse K1 für das Vorspannen nach DIN 18800-7

Maße	Regel-Vorspannkraft F_v [kN] (entspricht $F_{p,C}^* = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_s$)	Drehmomentverfahren	
		Aufzubringendes Anziehmoment M_A zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_v [Nm]	Oberflächenzustand: feuerverzinkt und geschmiert ^a und wie hergestellt und geschmiert ^a
1	M 12	50	100
2	M 16	100	250
3	M 20	160	450
4	M 22	190	650
5	M 24	220	800
6	M 27	290	1250
7	M 30	350	1650
8	M 36	510	2800

^a Muttern im Anlieferungszustand herstellereitig mit Molybdändisulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt. Im Gegensatz zu früheren Regelungen ist das Anziehmoment unabhängig vom Lieferzustand immer gleich.

Tabelle 8

Erforderliche Vorspannkraft, Voranziehmomente und Weiterdrehwinkel bzw. -umdrehungsmaße für das kombinierte Vorspannverfahren für HV-Garnituren der k-Klasse K1 für das Vorspannen nach DIN EN 1090-2

Kombiniertes Verfahren								
Maße	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Vorspannkraft $F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$ [kN]	59	110	172	212	247	321	393	572
Voranziehmoment M_A [Nm]	75	190	340	490	600	940	1240	2100
Weiterdrehwinkel bzw. -umdrehungsmaß für Klemmlänge insgesamt Σt								
	Gesamte Nenndicke Σt der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Unterlegscheiben)			Weiterdrehwinkel		Weiterumdrehungsmaß		
1	$\Sigma t < 2d$			60°		1/6		
2	$2d \leq \Sigma t < 6d$			90°		1/4		
3	$6d \leq \Sigma t < 10d$			120°		1/3		

Anwendungshinweise für HV-Schrauben-Garnituren

PEINER HV-Schrauben dürfen nur mit PEINER HV-Muttern und PEINER HV-Scheiben verschraubt werden, um das geforderte Anziehverhalten und bei feuerverzinkten Verbindungselementen zusätzlich die Gewindepassfähigkeit sicherzustellen. PEINER HV-Muttern, feuerverzinkt, sind einbaufertig geschmiert. Eine zusätzliche Schmierung von Schrauben, Muttern und Scheiben kann zu Montagefehlern führen.

Die einzelnen Verbindungselemente sind für eine Nenngröße beliebig zu einer Garnitur kombinierbar und nur mit gleichem Oberflächenzustand einzusetzen (keine „Mischanwendung“ wie z.B. „schwarze“ Schraube und feuerverzinkte Mutter).

Lagerung von HV-Garnituren

Die Elemente einer Schraubengarnitur müssen so gelagert werden, dass der Oberflächenzustand und damit die Funktionseigenschaften (z. B. durch Korrosion oder Schmutz) nicht nachteilig beeinflusst werden.

Eine Garnitur ist eine jeweils beliebige Zusammenstellung einer Schraube, einer Mutter und Scheiben eines Herstellers.

Anordnung der Verbindungselemente

Scheibe: Fläche mit Kennzeichnung zum Bauteil
Fasen zum Schraubenkopf bzw. zur Mutter

Mutter: Fläche mit Kennzeichnung sichtbar nach außen

Besondere Hinweise zu planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen:

- Bei Vorspannen durch Drehen des Schraubenkopfes ist das Erreichen der planmäßigen Vorspannung z. B. durch eine Verfahrensprüfung zum Anziehverhalten mit geeigneter Schmierung der kopfseitigen Scheibe oder der Auflagefläche des Schraubenkopfes sicherzustellen.
- Für Beschichtungen auf Kontaktflächen von SLV- und SLVP-Verbindungen ist DIN 18800-7:2008-11, Tabelle 4, zu beachten. Erforderlichenfalls sind auftretende Vorspannkraftverluste durch Nachziehen der Schraubenverbindung auszugleichen.
- Wird eine planmäßig vorgespannte Garnitur später gelöst, dann muss sie ausgebaut und durch eine neue ersetzt werden. Wenn für gelöste Garnituren, die nach dem Drehmoment- oder Drehimpuls-Verfahren vorgespannt wurden, nachgewiesen wird, dass die Schraube beim ersten Vorspannen nicht bleibend geschädigt wurde, ist ein erneutes Vorspannen dieser Schraube mit einer neuen Mutter und Scheibe desselben Schraubenherstellers zulässig. Unsere Empfehlung: Da beim Lösen und Ausbauen planmäßig vorgespannter HV-Schrauben-Garnituren meistens nicht mehr bekannt ist, ob bei der ersten Montage Unregelmäßigkeiten, z.B. Schiefstellung, dadurch hohe einseitige Pressung und in der Folge örtliche Plastifizierungen im Gewinde, aufgetreten sind, und eine genaue Überprüfung der Verbindungsmittel auf bleibende Verformungen unter Baustellen-

bedingungen nicht immer möglich ist, sollten aus Sicherheitsgründen diese Garnituren komplett durch neue ersetzt werden.

Schraubenüberstand

Nach dem Anziehen muss das Schraubengewinde bei planmäßig vorgespannten Verbindungen und bei SL- und SLP-Verbindungen mit zusätzlicher Zugbeanspruchung mindestens einen vollständigen Gewindegang über die Mutter hinausragen. Nach der DIN 18800-7:2008-11 reicht es bei nicht planmäßig vorgespannten Verbindungen ohne zusätzliche Zugbeanspruchung aus, wenn das Schraubenende mit der Außenfläche der Mutter abschließt.

Verwendung mehrerer Scheiben auf einer Seite

Zum Ausgleich der Klemmlänge sind auf der Seite, auf der nicht gedreht wird, bis zu drei Scheiben mit einer Gesamtdicke von max. 12 mm zulässig.

Zulässige Neigung der Auflageflächen am Bauteil gegen Auflageflächen des Schraubenkopfes und/oder der Mutter

(Summe aus planmäßiger und herstellungsbedingter Neigung)

Bei vorwiegend ruhender Beanspruchung $\leq 4\%$ ($\approx 2^\circ$) (sofern mutternseitig angezogen wird), bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung $\leq 2\%$ ($\approx 1^\circ$).

Bei Überschreitung der Grenzwerte sind zum Ausgleich geeignete Keilscheiben ausreichender Härte einzubauen.

Beim Verschrauben von U- oder I-Profilen sind die entsprechenden Keilscheiben nach DIN 6917 oder DIN 6918 zu verwenden (zusätzlich oder anstelle der runden Scheiben nach DIN EN 14399-6).

Sichern von Schraubenverbindungen

Planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen benötigen auch bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung keine zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen (Bei einem Klemmlängenverhältnis $\Sigma t/d < 5$ sind mögliche Querverschiebungen durch konstruktive Maßnahmen hinreichend zu begrenzen.).

Langlöcher

Langlöcher und planmäßig übergroße Löcher sowie dafür (zusätzlich zu den Scheiben) gegebenenfalls notwendige Unterlegbleche dürfen nur nach Angaben des Entwurfverfassers ausgeführt werden. Sie erfordern in der Regel einen speziellen statischen Nachweis.

Einsatz von HV-Schrauben in Bauteilen mit Innengewinde

Ermittlung der erforderlichen Einschraubtiefe nach DIN 18800-1:2008-11, EI. (504) ggf. unter Heranziehung der Vorgaben der VDI-Richtlinie 2230. Bei feuerverzinkten HV-Schrauben ist hinsichtlich der Gewindepassfähigkeit das Innengewinde mit Gewindeübermaß der Toleranzklasse 6AZ gemäß DIN EN ISO 10684 herzustellen (erforderlichenfalls in Abstimmung mit uns).

