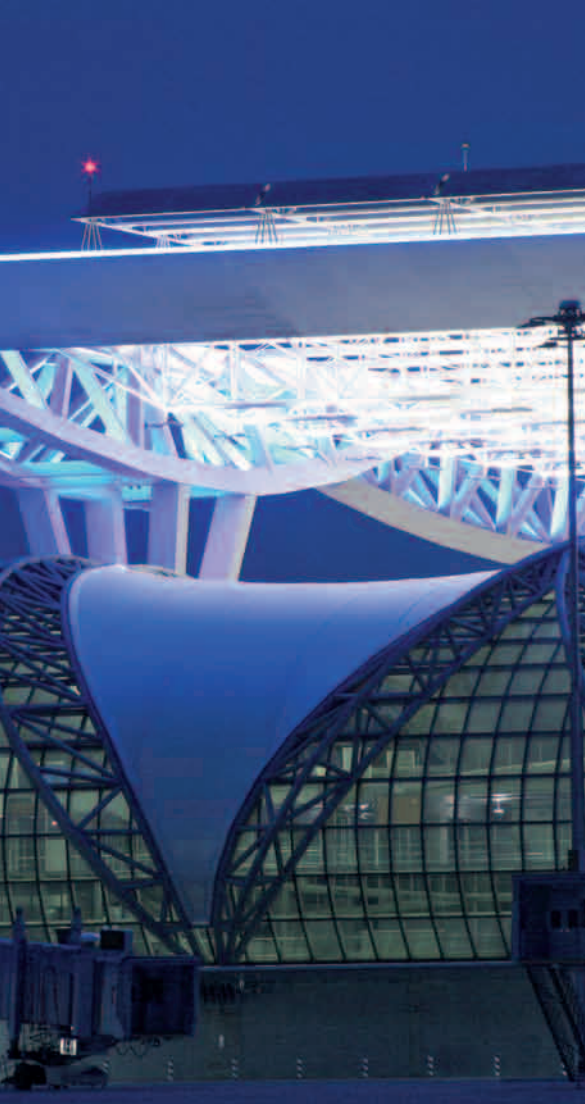




VALLOUREC & MANNESMANN TUBES



Bemessungshilfe für MSH-Profile

nach Eurocode 3,
DIN EN 1993-1-1: 2005
und
DIN EN 1993-1-8: 2005



Bemessungshilfen für warmgefertigte Hohlprofile nach Eurocode 3, EN 1993-1-1: 2005 und EN 1993-1-8: 2005

unter Beteiligung von

Prof. Dr.-Ing. R. Kindmann, Dr.-Ing. M. Kraus und Dipl.-Ing. J. Vette, Ruhr-Universität Bochum,
Dipl.-Ing. O. Josat, Dipl.-Ing. J. Krampen und Dipl.-Ing. C. Remde, Vallourec & Mannesmann Tubes



© Sammode-photo_A_Caste

VALLOUREC & MANNESMANN TUBES, ein Unternehmen der Vallourec Gruppe, ist Weltmarktführer in der Herstellung von nahtlos warmgefertigten Stahlrohren für alle Anwendungen. Das Unternehmen betreibt Produktionsanlagen in Europa, Brasilien, USA und China. VALLOUREC & MANNESMANN TUBES deckt das weltweit umfangreichste Abmessungsprogramm für nahtlose Stahlrohre mit einer Jahresproduktion von bis zu drei Millionen Tonnen ab.

Warmgefertigte kreisförmige, quadratische und rechteckige **Mannesmann Stahlbau Hohlprofile** aus dem Hause VALLOUREC & MANNESMANN TUBES werden inzwischen seit mehreren Jahrzehnten unter dem Begriff MSH mit großem Erfolg eingesetzt. Ohne ihre Verwendung wäre die moderne Stahlarchitektur mit ihren filigranen und transparenten Formen nur schwer realisierbar.

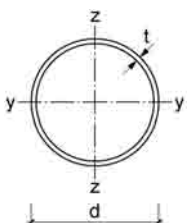
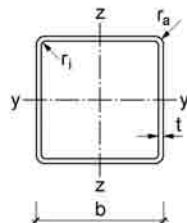
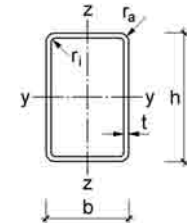




Bezeichnungen und Basisinformationen	4
Klassifizierung von Hohlquerschnitten	5
Berechnungsmethoden/Schnittgrößenermittlung	5
Nachweis ausreichender Querschnittstragfähigkeit	5
Stabilitätsnachweise für Bauteile	6
Bemessungshilfe für zentrisch belastete Druckstäbe	8
Fachwerkkonstruktionen	9
Fachwerkknoten	10
Bemessungshilfe für K-Knoten aus quadratischen MSH-Profilgurten (QHP) ohne Überlappung	12
Bemessungshilfe für K-Knoten aus kreisförmigen MSH-Hohlprofilen (KHP)	13
Bemessungshilfe für K-Knoten aus rechteckigen MSH-Profilgurten (RHP) ohne Überlappung	14
Bemessungshilfe für K-Knoten aus quadratischen MSH-Profilgurten (QHP) mit Überlappung	16
Bemessungshilfe für T-Knoten aus rechteckigen MSH-Profilgurten (RHP)	18
Bemessungshilfe für Stirnplattenstöße von quadratischen MSH-Profilen (QHP)	20
Berechnungsbeispiele	24
Kennwerte kreisförmiger Hohlprofile	28
Kennwerte quadratischer Hohlprofile	30
Kennwerte rechteckiger Hohlprofile	32

1 Bezeichnungen und Basisinformationen

Tabelle 1 Bezeichnungen und verfügbare Abmessungen von MSH-Profilen

Querschnitt	kreisförmig (KHP)	quadratisch (QHP)	rechteckig (RHP)
			
Äußere Abmessungen d, b bzw. h	21,3 mm bis 711 mm	40 x 40 mm bis 400 x 400 mm	50 x 30 mm bis 500 x 300 mm
Wanddicken t	2,3 mm bis 100 mm	maximal 20 mm	
Herstelllängen	bis zu 16 m; standardmäßig bis zu 12 m		

In der vorliegenden Bemessungshilfe werden ausschließlich **warmgefertigte** MSH-Profile (n. EN 10 210) behandelt. Aufgrund fertigungsbedingter Unterschiede haben sie günstigere Eigenschaften als kaltgefertigte Hohlprofile:

- höhere Tragfähigkeit bei Stützen und Druckstäben
- größere Querschnittsflächen aufgrund kleinerer Eckradien
- wesentlich bessere Schweißbeignung
- im Vergleich zu kalt gewalzten Hohlprofilen nach EN 10 219 liegen keine Restriktionen bei der Schweißbarkeit vor (EN 1993-1-8:2005)

Tabelle 2 Werkstoffe: Streckgrenze f_y , Zugfestigkeit f_u , Kerbschlagarbeit KV und Kohlenstoffäquivalent CEV

	Werkstoffbezeichnungen		f_y in N/mm ² n. EN 1993 für $t \leq 40$ mm	f_u in N/mm ²	KV* in J bei Prüftemp.	CEV* in % für	
	DIN EN 10 027 / EN 10 210-1	früher				$t \leq 16$ mm	$16 < t \leq 40$ mm
Niedrig- legierte Baustähle	S 355 J0H 1.0547	St 52-3U	355	510	0 °C: 27	0,45	0,47
	S 355 J2H 1.0576	St 52-3N	355	510	-20 °C: 27	0,45	0,47
	S 355 K2H 1.0512		355	510	-20 °C: 40	0,45	0,47
Normal- geglühte Feinkorn- baustähle	S 355 NH 1.0539	StE 355 N	355	490	-20 °C: 40	0,43	0,45
	S 355 NLH 1.0549	TStE 355 N	355	490	-50 °C: 27	0,43	0,45
	S 460 NH 1.8953	StE 460 N	460	560	-20 °C: 40	0,53	0,55
	S 460 NLH 1.8956	TStE 460 N	460	560	-50 °C: 27	0,53	0,55
	S 690 Zulassung im Einzelfall				* nach EN 10 210-1		

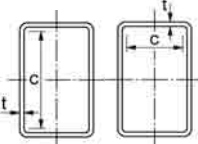
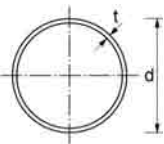
Nach EN 1993-1-1 sind die Streckgrenze f_y und die Zugfestigkeit f_u entweder aus der Produktnorm (EN 10 210-1) oder vereinfacht aus der EN 1993-1-1 zu entnehmen. Die in Tabelle 2 angegebenen Streckgrenzen und Zugfestigkeiten entsprechen den vereinfachten Angaben der EN 1993-1-1 für $t \leq 40$ mm. Die EN 10 210-1 sieht bereits für Wanddicken > 16 mm eine Reduktion der Streckgrenze sowie abweichende Zugfestigkeiten vor. Die Streckgrenze nach EC 3 bezeichnet einen nominalen Rechenwert, nicht den realen Mindestwerkstoffwert.

Weitere Informationen und Broschüren verfügbar unter: www.vmtubes.de

2 Klassifizierung von Hohlquerschnitten

Mit der Klassifizierung von Querschnitten soll die Begrenzung der Beanspruchbarkeit und Rotationskapazität durch lokales Beulen festgestellt werden.

Tabelle 3 Klassifizierung aufgrund der c/t- bzw. d/t-Verhältnisse druckbeanspruchter Querschnittsteile

Querschnitt	Klasse	reine Druckbeanspruchung	reine Biegebeanspruchung	<p>Querschnitte, die nicht die Bedingungen der Klassen 1, 2 und 3 einhalten, sind Klasse 4 zuzuordnen.</p> <p>Die Tabellen in den Abschnitten 14 bis 16 enthalten Angaben zur Klassifizierung für S 355. Die erste Ziffer gilt für reine Druckbeanspruchung, die zweite für reine Biegebeanspruchung.</p>		
	1	$c/t \leq 33 \epsilon$	$c/t \leq 72 \epsilon$			
	2	$c/t \leq 38 \epsilon$	$c/t \leq 83 \epsilon$			
	3	$c/t \leq 42 \epsilon$	$c/t \leq 124 \epsilon$			
	1	$d/t \leq 50 \epsilon^2$				
	2	$d/t \leq 70 \epsilon^2$				
	3	$d/t \leq 90 \epsilon^2$				
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
f_y in N/mm ²	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

3 Berechnungsmethoden/Schnittgrößenermittlung

Die Schnittgrößen können mit einer **elastischen** oder **plastischen Tragwerksberechnung** ermittelt werden. Eine plastische Tragwerksberechnung darf nur dann durchgeführt werden, wenn das Tragwerk über ausreichende Rotationskapazität an den Stellen verfügt, an denen sich plastische Gelenke bilden. Bei der Tragwerksberechnung sind die **Bemessungswerte der Einwirkungen** anzusetzen, d. h. Einwirkungen unter Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten γ_F und Kombinationswerten ψ . Als Ergebnis erhält man dann die Bemessungswerte der Schnittgrößen N_{Ed} , V_{Ed} und M_{Ed} .

4 Nachweis ausreichender Querschnittstragfähigkeit

		Querschnittsklassen:
Zugnormalkraft:	$\frac{N_{Ed}}{N_{pl}/\gamma_{M0}} \leq 1,0$	alle
Drucknormalkraft:	$\frac{N_{Ed}}{N_{pl}/\gamma_{M0}} \leq 1,0$	1, 2 oder 3
	$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_y/\gamma_{M0}} \leq 1,0$	4
Biegemoment:	$\frac{M_{Ed}}{M_{pl}/\gamma_{M0}} \leq 1,0$	1 oder 2
	$\frac{M_{Ed}}{W_{el} \cdot f_y/\gamma_{M0}} \leq 1,0$	3
Querkraft:	$\frac{V_{Ed}}{V_{pl}/\gamma_{M0}} \leq 1,0$	kein Schubbeulen!

Teilsicherheitsbeiwerte:
Gemäß EN 1993-1-1 werden $\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1,00$ empfohlen. Die Festlegung erfolgt im nationalen Anhang, der zurzeit noch nicht vorliegt.

N_{pl} , V_{pl} und M_{pl} für f_y
= 35,5 kN/cm²:
siehe Tabellen in den Abschnitten 14 bis 16.
Für andere Streckgrenzen kann im Verhältnis umgerechnet werden.

Weiter Seite 6 →

Biegemoment und Querkraft:

Der Einfluss der Querkraft auf die Momentenbeanspruchbarkeit ist zu berücksichtigen, wenn die Querkraft V_{Ed} größer als $0,5 \cdot V_{pl}/\gamma_{M0}$ ist. Für schubbeanspruchte Querschnittsteile ist dann eine abgeminderte Streckgrenze zur Ermittlung der Momentenbeanspruchbarkeit anzusetzen:

$$\text{red } f_y = (1 - \rho) \cdot f_y \text{ mit } \rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{pl}/\gamma_{M0}} - 1 \right)^2$$

Biegemoment und Normalkraft:

Bei Querschnitten der Klassen 1 und 2 ist die folgende Bedingung einzuhalten:

$$M_{Ed} \leq M_{N,Rd}$$

$M_{N,Rd}$ ist die durch die Normalkraft N_{Ed} abgeminderte plastische Momentenbeanspruchbarkeit.

Für **eckige Hohlquerschnitte** darf folgende Näherung angewendet werden:

$$M_{N,Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{1 - n}{1 - 0,5 \cdot a_w} \text{ jedoch } M_{N,Rd} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{mit: } n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl}/\gamma_{M0}}$$

$$a_w = 1 - \frac{2bt}{A} \text{ jedoch } a_w \leq 0,5$$

Für kreisförmige Hohlquerschnitte macht der EC 3 keine Angaben. Sinngemäß erhält man nach Kindmann/Frickel „Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit“ (Verlag Ernst & Sohn Berlin) die folgende Nachweisbedingung:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl}/\gamma_{M0}} + \frac{2}{\pi} \cdot \arcsin \left(\frac{M_{Ed}}{M_{pl}/\gamma_{M0}} \right) \leq 1,0$$

5 Stabilitätsnachweise für Bauteile

Biegeknicen planmäßig zentrisch belasteter Druckstäbe

Für gleichförmige Bauteile mit Querschnitten der Klassen 1, 2 und 3 ist folgender Nachweis gegen Biegeknicen zu führen:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}}} \text{ aber } \chi \leq 1,0$$

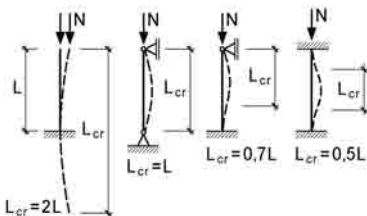
$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}; N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2}$$

$\alpha = 0,21$ für Kniclinie a (S 235 bis S 420)

$\alpha = 0,13$ für Kniclinie a_0 (S 460)

L_{cr} : Kniclänge



$\bar{\lambda}$	χ für Kniclinie a	χ für Kniclinie a_0
0,20	1,000	1,000
0,25	0,989	0,993
0,30	0,977	0,986
0,35	0,966	0,978
0,40	0,953	0,970
0,45	0,939	0,961
0,50	0,924	0,951
0,55	0,908	0,940
0,60	0,890	0,928
0,65	0,870	0,913
0,70	0,848	0,896
0,75	0,823	0,876
0,80	0,796	0,853
0,85	0,766	0,827
0,90	0,734	0,796
0,95	0,700	0,762
1,00	0,666	0,725
1,05	0,631	0,687
1,10	0,596	0,648
1,15	0,562	0,610
1,20	0,530	0,573
1,25	0,499	0,538
1,30	0,470	0,505

$\bar{\lambda}$	χ für Kniclinie a	χ für Kniclinie a_0
1,35	0,443	0,475
1,40	0,418	0,446
1,45	0,394	0,420
1,50	0,372	0,395
1,55	0,352	0,373
1,60	0,333	0,352
1,65	0,316	0,333
1,70	0,299	0,315
1,75	0,284	0,299
1,80	0,270	0,283
1,85	0,257	0,269
1,90	0,245	0,256
1,95	0,234	0,244
2,00	0,223	0,232
2,10	0,204	0,212
2,20	0,187	0,194
2,30	0,172	0,178
2,40	0,159	0,164
2,50	0,147	0,151
2,60	0,136	0,140
2,80	0,118	0,122
2,90	0,111	0,114
3,00	0,104	0,106

Biegeknicke planmäßig biegebeanspruchter Druckstäbe

Vorgehensweise zum Nachweis ausreichender Tragfähigkeit:

- Ansatz von geometrischen Ersatzimperfectionen
- Ermittlung der Biegemomente nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung der geometrischen Ersatzimperfectionen (Näherungen siehe unten)
- Nachweis ausreichender Querschnittstragfähigkeit nach Abschnitt 4 für „Biegemoment und Normalkraft“

Geometrische Ersatzimperfectionen:

a) Vorverdrehung

$$\phi = 1/200 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

Abminderungsfaktor für die Stützhöhe h [m]:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \text{ jedoch } \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

Abminderungsfaktor für die Anzahl der Stützen:

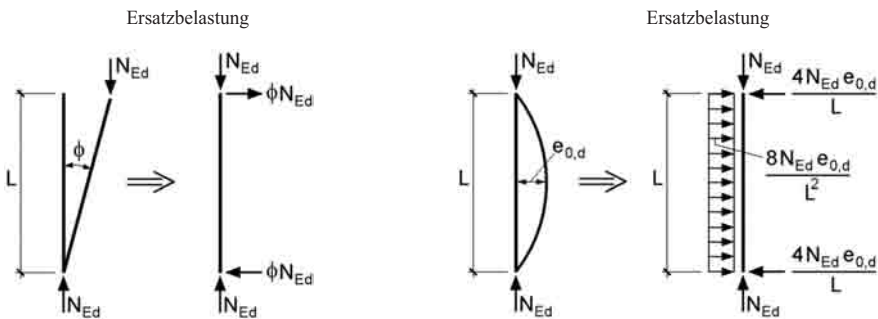
$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$$

mit m = Anzahl der Stützen in einer Reihe unter ausschließlicher Betrachtung der Stützen, die eine Vertikalbelastung größer 50 % der durchschnittlichen Stützenlast in der betrachteten vertikalen Richtung übernehmen.

b) Vorkrümmung

Gemäß EN 1993-1-1 werden die Vorkrümmungen empfohlen, die in der folgenden Tabelle angegeben sind. Die Festlegung erfolgt im nationalen Anhang, der zurzeit noch nicht vorliegt.

Knicklinie	$e_{0,d} / L$	
	Elastische Berechnung	Plastische Berechnung
a_0	1/350	1/300
a	1/300	1/250



Näherung für die Biegemomente nach Theorie II. Ordnung:

Das Biegemoment nach Theorie I. Ordnung wird näherungsweise mit einem Vergrößerungsfaktor α multipliziert.

$$M^{II} \cong \alpha \cdot M^I$$

$$\alpha = \frac{1 + \delta \cdot N_{Ed}/N_{cr,d}}{1 - N_{Ed}/N_{cr,d}}$$

$$N_{cr,d} = N_{cr} / \gamma_{M1}$$

Bedingung: $\alpha \leq 3$

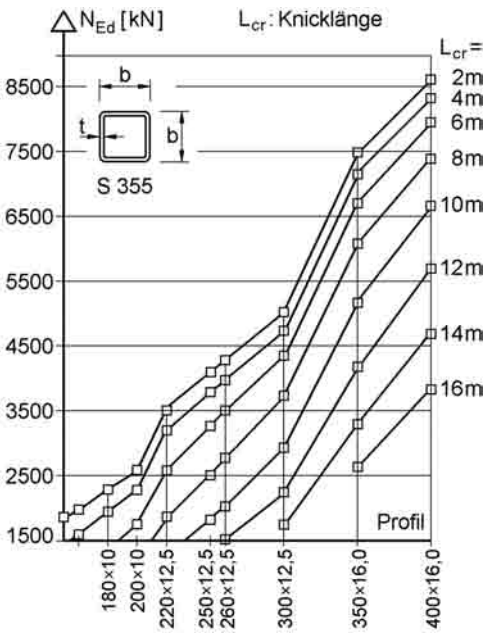
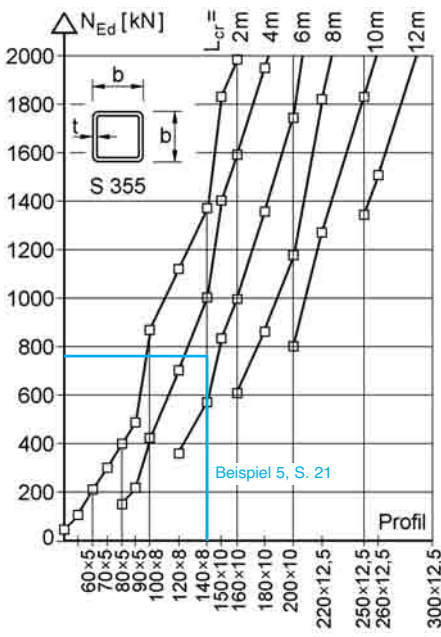
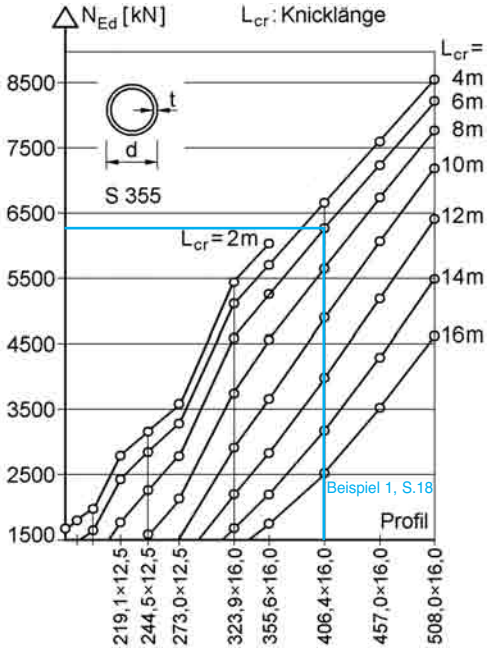
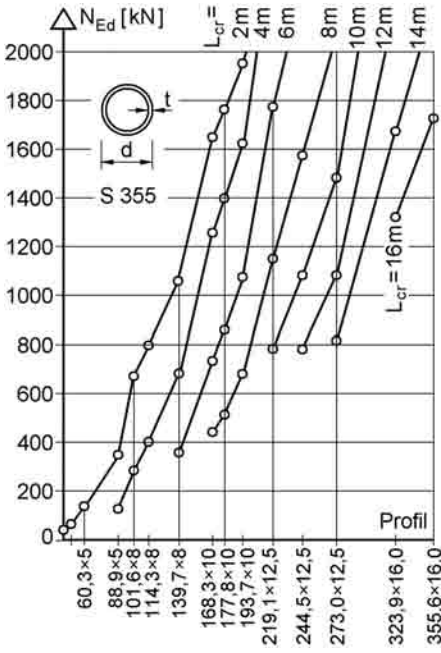
L = Stablänge

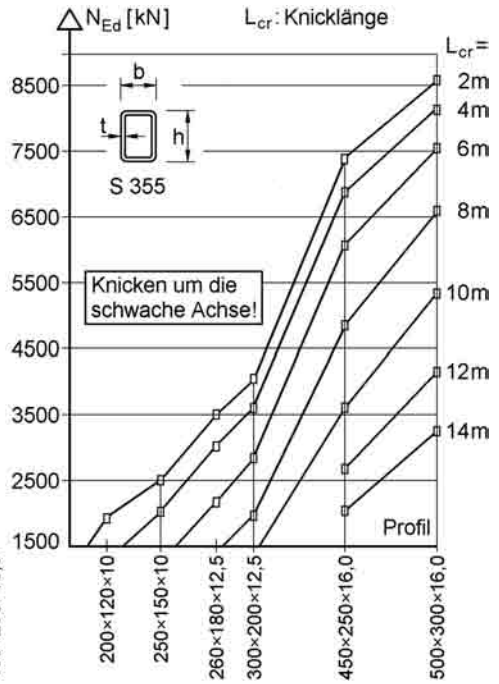
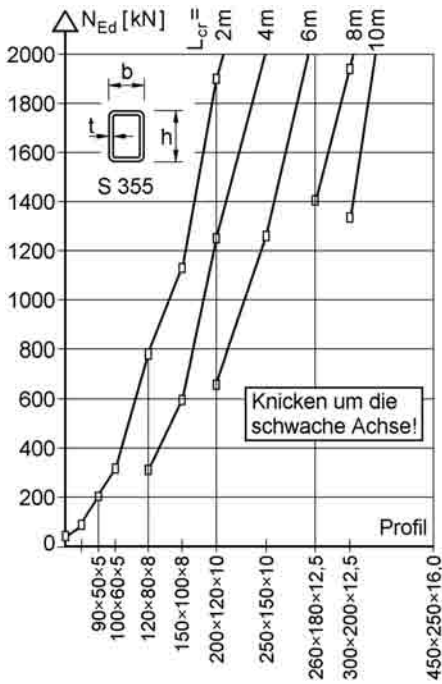
Biegemomente nach Theorie I. Ordnung und Korrekturbeiwerte δ für ausgewählte Lastfälle

<p>Stützmoment: $M^I = -q \cdot L^2/2$ $\delta = -0,40$</p>	<p>Stützmoment: $M^I = P \cdot L$ $\delta = -0,18$</p>	<p>Stützmoment: $M^I = -N_{Ed} \phi \cdot L$ $\delta = -0,18$</p>
<p>Feldmoment: $M^I = q \cdot L^2/8$ $\delta = +0,03$</p>	<p>Feldmoment: $M^I = P \cdot L/4$ $\delta = -0,18$</p>	<p>Feldmoment: $M^I = N_{Ed} \cdot e_{0,d}$ $\delta = 0$</p>
<p>Stützmoment: $M^I = -q \cdot L^2/8$ $\delta = -0,37$ Feldmoment bei 5/8 · L: $M^I = 9 q L^2/128$ $\delta = +0,10$</p>	<p>Stützmoment: $M^I = -3 PL/16$ $\delta = -0,27$ Feldmoment: $M^I = 5 PL/32$ $\delta = -0,30$</p>	<p>Stützmoment: $M^I \cong -N_{Ed} \cdot e_{0,d}$ $\delta = -0,33$ Feldmoment bei 5/8 · L: $M^I \cong 0,6 N_{Ed} \cdot e_{0,d}$ $\delta = +0,07$</p>

Online Stabilitätsnachweis unter www.vmtubes.de (STACOM)

6 Bemessungshilfe für zentrisch belastete Druckstäbe

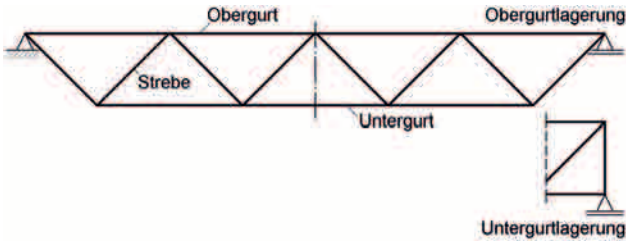




7 Fachwerkkonstruktionen

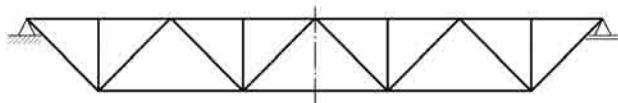
Fachwerkkonstruktionen werden häufig als Einfeldträger mit parallelen Gurten ausgeführt. Beispiele sind Dachträger in Hallen oder sonstigen weitgespannten Konstruktionen. In der Baupraxis gängige Konstruktionen sind:

- Strebenfachwerk



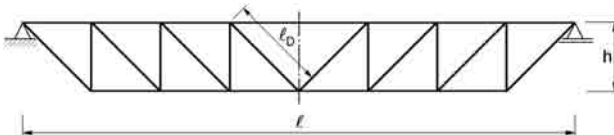
- geringer Arbeitsaufwand, da wenig Knotenpunkte
- lange Druckdiagonalen
- wenig Lasteinleitungspunkte im Obergurt

- Strebenfachwerk mit vertikalen Pfosten



- viele Lasteinleitungspunkte am Obergurt
- viele Knotenpunkte
- aufwändige Knotenpunkte im Untergurt und großer Arbeitsaufwand

- Pfostenfachwerk



- kurze Druckdiagonalen
- viele Lasteinleitungspunkte im Obergurt
- sehr viele Knotenpunkte, damit verbunden hoher Arbeitsaufwand

Fachwerkkonstruktionen aus Hohlprofilen mit parallelen Gurten bieten gegenüber dem Vollwandträger in der Regel ab einer Stützweite von ca. 20 m wirtschaftliche Vorteile. Die Auflösung der Biegebeanspruchung in Zug- und Druckkräfte der einzelnen Stäbe führt zu leichten und damit materialsparenden Dachkonstruktionen. Zusätzlich weisen Hohlprofile eine optimale Querschnittsform für zentrische Druckbeanspruchung auf.

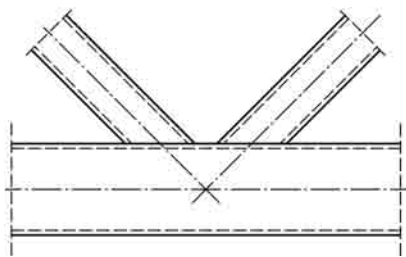
Konstruktionshilfen:

- Fachwerkkonstruktionen mit parallelen Gurten weisen in der Regel eine Bauhöhe von $1/10$ bis $1/20$ der Systemlänge auf. Zur Vorbemessung für die Trägerhöhe ist $1/15$ der Stützweite ein guter Anhaltswert.
- Die Neigungen der Füllstabdiagonalen in einem Strebenfachwerk sollten 45° bis 60° betragen. Auf jeden Fall ist die Neigung **größer als 30°** zu wählen.
- Die Knotenpunkte der Fachwerkkonstruktion sind so zu konstruieren, dass sich die Systemlinien der einzelnen Stäbe in einem Punkt schneiden. Wenn der Knotenpunkt einen Versatz der Systemlinien aufweist, ist Kapitel 5.1.5 der DIN EN 1993-1-8:2005 zu beachten (siehe Abschnitt 8).
- Die Belastungen, z. B. aus den Dachpfetten, sollten in den Knotenpunkten eingeleitet werden, da ansonsten die Biegebeanspruchung des Gurtstabes bei der Bemessung berücksichtigt werden muss.
- Momente, die aus den tatsächlichen Anschlusssteifigkeiten herrühren, dürfen bei der Bemessung von Stäben und Anschlüssen vernachlässigt werden, wenn die Anwendungsgrenzen nach DIN EN 1993-1-8:2005 eingehalten werden und wenn das Verhältnis Systemlänge zu Bauteilhöhe der Stäbe nicht kleiner 6 ist.

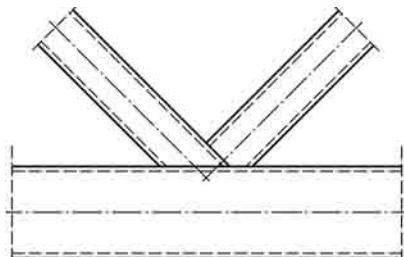
Für die einzelnen Stäbe ist die Querschnittstragfähigkeit nachzuweisen. Falls sie durch **Druckkräfte** beansprucht werden, sind **Stabilitätsnachweise** zu führen. Bei den **Knotenpunkten** ist die **Gestaltfestigkeit** nach DIN EN 1993-1-8:2005 nachzuweisen.

8 Fachwerkknoten

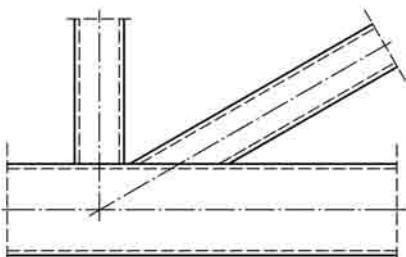
Die einzelnen Stäbe eines Fachwerkträgers werden in der Regel nur durch Normalkräfte beansprucht und für diese Beanspruchungen bemessen. In den Knotenpunkten treffen die Stäbe aufeinander, so dass dort die Kräfte umgelenkt werden müssen, um das Kräftegleichgewicht zu erfüllen. Die Knotenpunkte sind hochbeanspruchte Punkte in einem Fachwerksystem, die hinsichtlich der **Gestaltfestigkeit** nachzuweisen sind. In der Regel werden die Hohlprofile miteinander verschweißt. Die Strebenenden dürfen nicht abgeflacht oder angedrückt sein. Die entsprechenden Schweißnähte sind gesondert nachzuweisen. Beispiele für häufig ausgeführte Hohlprofilknoten sind:



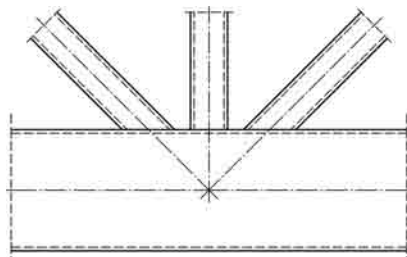
K-Knoten ohne Überlappung



K-Knoten mit Überlappung



K-Knoten mit vertikalem Pfosten (N-Knoten)



KT-Knoten

Die folgenden Bemessungshilfen gelten bei vorwiegend ruhender Beanspruchung. Momente aus Exzentrizitäten der Systemlinien sind bei der Bemessung der zugbeanspruchten Gurtstäbe und der Streben sowie des Anschlusses zu berücksichtigen, falls folgende Grenzen nicht eingehalten werden:

$$\text{KHP: } -0,55 \cdot d_0 \leq e \leq 0,25 \cdot d_0 \quad \text{bzw.} \quad \text{RHP/QHP: } -0,55 \cdot h_0 \leq e \leq 0,25 \cdot h_0$$

Bei der Bemessung von druckbeanspruchten Gurtstäben sind die Exzentrizitäten in der Regel zu berücksichtigen, auch wenn die Knotenexzentrizitäten innerhalb der oben genannten Grenzen liegen. Gemäß DIN EN 1993-1-8 wird als **Teilsicherheitsbeiwert** zur Bemessung der Knotenpunkte $\gamma_{M5} = 1,00$ empfohlen. Die Festlegung erfolgt im nationalen Anhang, der zurzeit noch nicht vorliegt.

Definition der verwendeten Bezeichnungen:

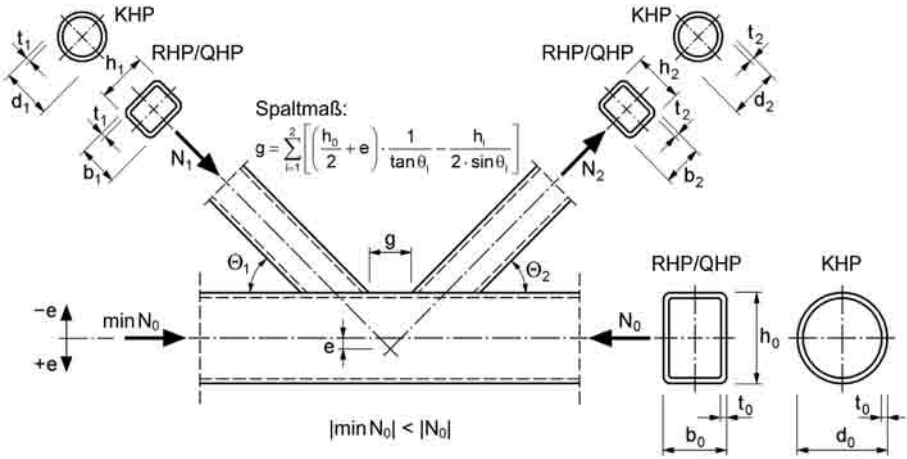


Tabelle 4 Anwendungsgrenzen für K- und N-Knoten mit Spalt nach DIN EN 1993-1-8:2005

Rechteckige MSH-Profilе (RHP):

1. $b_i/b_0 \geq \text{Max} \left(\begin{matrix} 0,35 \\ 0,1 + 0,01 \cdot b_0/t_0 \end{matrix} \right)$
2. $b_i/t_i \leq 35$ und $h_i/t_i \leq 35$
3. $b_0/t_0 \leq 35$ und $h_0/t_0 \leq 35$
4. $0,5 \leq h_0/b_0 \leq 2,0$
5. $0,5 \leq h_i/b_i \leq 2,0$
6. $g \geq \text{Max} \left(\begin{matrix} 0,5 \cdot b_0 \cdot (1 - (h_1 + b_1 + h_2 + b_2)/(4 \cdot b_0)) \\ t_1 + t_2 \end{matrix} \right)$
7. Falls $g \geq 1,5 \cdot b_0 \cdot \left(1 - \frac{(h_1 + b_1 + h_2 + b_2)}{4 \cdot b_0} \right)$ ist, ist der Anschluss wie zwei getrennte Y- bzw T- Anschlüsse zu betrachten
8. Querschnitte mind. QK 2 für reine Biegung (Siehe Kap. 2)
9. $\Theta_i \geq 30^\circ$

Kreisförmige MSH-Profilе (KHP):

1. $0,2 \leq d_i/d_0 \leq 1,0$
2. $10 \leq d_0/t_0 \leq 50$
3. $10 \leq d_i/t_i \leq 50$
4. $\Theta_i \geq 30^\circ$
5. Querschnitte mindestens Klasse 2 für reine Biegung (Siehe Kap. 2)
6. $g \geq t_1 + t_2$

Quadratische MSH-Profilе (QHP):

- Punkte 1-9 siehe RHP
10. $15 \leq b_0/t_0 \leq 35$
 11. $0,6 \leq \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} \leq 1,3$

Tabelle 5 Anwendungsgrenzen für K- und N-Knoten mit Überlappung nach DIN EN 1993-1-8:2005

Rechteckige und quadratische MSH-Profilе (RHP/QHP):

1. $b_i/b_0 \geq 0,25$
2. Gurt: $0,5 \leq h_0/b_0 \leq 2,0$ u. mind. QK 2 für reine Biegung
3. Streben (Druck): mindestens QK 1 für reine Biegung
4. Streben (Zug): $b_i/t_i \leq 35$ und $h_i/t_i \leq 35$
5. $25\% \leq \lambda_{0V} \leq 100\%$ und $b_i/b_j \geq 0,75$
6. $\Theta_i \geq 30^\circ$

Kreisförmige MSH-Profilе (KHP):

- Punkte 1-5 siehe Tabelle 4
6. $\lambda_{0V} \geq 25\%$

9 Bemessungshilfe für K-Knoten aus quadratischen MSH-Profilurten (QHP) ohne Überlappung

Voraussetzung:

- Die Anwendungsgrenzen nach Tabelle 4 sind einzuhalten!
- Gleiche Streckgrenze f_y aller Stäbe

zul. Tragfähigkeit des Knotens

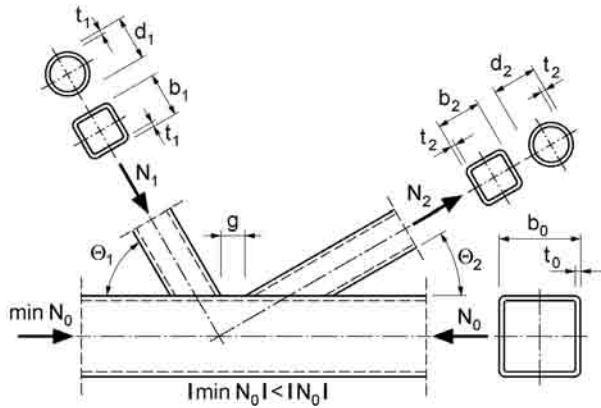
$$N_{1,Rd} = \frac{n_{Rd} \cdot k_n \cdot N_{pl,0}}{\sin \theta_1 \cdot \gamma_{M5}}$$

$$N_{2,Rd} = N_{1,Rd} \cdot \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

n_{Rd} siehe Diagramm unten

Hinweis:

Bei Streben aus kreisförmigen MSH-Profilen sind die zu berechnenden Widerstandskräfte $N_{i,Rd}$ mit dem Faktor $\pi/4$ zu multiplizieren. Dabei gilt: $b_i = d_i$



Für k_n gilt:

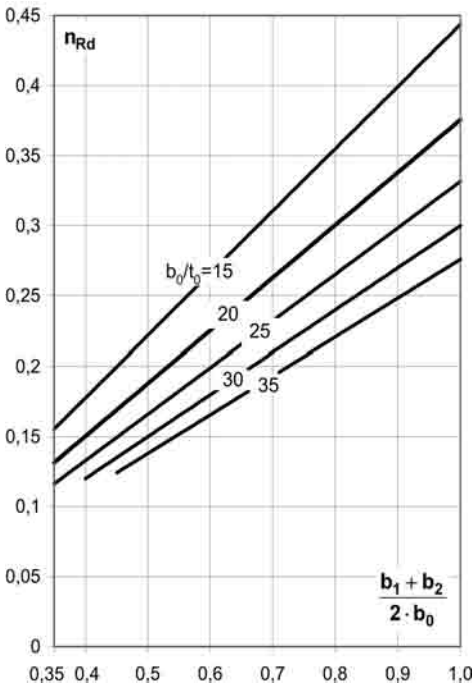
Druck im Gurt:

$$k_n = 1,3 - 0,4 \cdot \frac{|N_{0,d}| \cdot \gamma_{M5}}{N_{pl,0}} \cdot \frac{2 \cdot b_0}{b_1 + b_2} \leq 1,0$$

Zug im Gurt: $k_n = 1,0$

Für $\sin \theta$ gilt:

θ	$\sin \theta$
30°	0,50
40°	0,64
45°	0,707
50°	0,77
60°	0,87



Bemessungsbeispiel:

- Gurtprofil QHP 150x150x6,3 mm (Zug)
- Strebenprofil QHP 80x80x5 mm
- Neigung der Diagonalen 45° ($e = 0$ cm)

Überprüfung der Gültigkeit nach Tabelle 4:

1. $b_1/b_0 = 8/15 = 0,533 \geq 0,35$
2. $b_1/t_1 = 80/5 = 16 \leq 35$
3. $g = 15 - \frac{8}{\sin 45^\circ} = 3,7 \text{ cm} \geq \text{Max} \left(\begin{matrix} 7,5 \cdot \left(1 - \frac{8}{15}\right) = 3,5 \text{ cm} \\ 1,0 \text{ cm} \end{matrix} \right)$
4. $g = 15 - \frac{8}{\sin 45^\circ} = 3,7 \text{ cm} \leq 1,5 \cdot 15 \cdot \left(1 - \frac{8}{15}\right) = 10,5 \text{ cm}$
5. Querschnitte entsprechen mindestens der QK 2
6. $\Theta_1 = \Theta_2 = 45^\circ \geq 30^\circ$
7. $15 \leq b_0/t_0 = 150/6,3 = 23,8 \leq 35$
8. $0,6 \leq \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{8 + 8}{2 \cdot 8} = 1,0 \leq 1,3$

Berechnung der Tragfähigkeit:

Mit $\frac{b_1}{b_0} = \frac{8}{15} = 0,533$ und $\frac{b_0}{t_0} = \frac{15}{6,3} = 23,8$ ergibt sich:

$$n_{Rd} \approx 0,18$$

Die max. Strebenkraft bei Zugkraft im Gurt beträgt:

$$N_{1,Rd} = \frac{0,18 \cdot 1,0 \cdot 1270}{0,707 \cdot 1,0} = 323,3 \text{ kN}$$

10 Bemessungshilfe für K-Knoten aus kreisförmigen MSH-Profilen (KHP)

Voraussetzung:

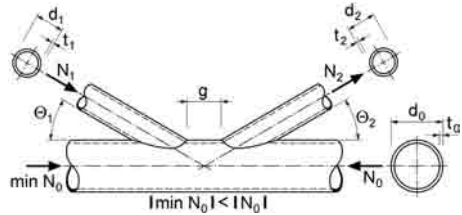
- Die Anwendungsgrenzen nach Tabelle 4 und Tabelle 5 sind einzuhalten!
- Gleiche Streckgrenze f_y aller Stäbe

Nachweisbedingung:

$$N_{1,Rd} \text{ Min } \begin{cases} \frac{n_{Rd} \cdot k_p \cdot N_{pl,0}}{\sin \Theta_i \cdot \gamma_{M5}} \geq N_{i,d} \\ \frac{d_i \cdot k_{\Theta_i} \cdot N_{pl,0}}{(d_0 - t_0) \cdot \gamma_{M5}} \end{cases} \quad \text{mit } i = \begin{matrix} 1 - \text{Druck} \\ 2 - \text{Zug} \end{matrix}$$

n_{Rd} siehe Diagramme unten
(Zwischenwerte dürfen interpoliert werden)

Hinweis: $g < 0$: Knoten mit Überlappung (Tab. 5)
 $g > 0$: Knoten mit Spalt (Tab. 4)



Für k_p gilt:

Druck im Gurt:

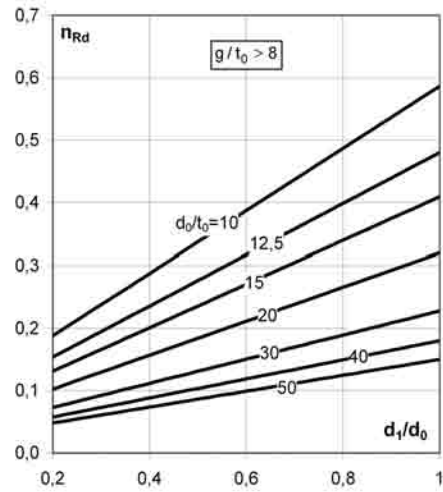
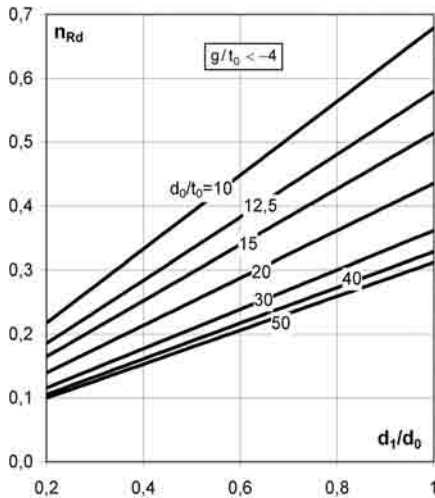
$$k_p = 1 - 0,3 \cdot \frac{|\min N_{0,d}| \cdot \gamma_{M5}}{N_{pl,0}} \left(1 + \frac{|\min N_{0,d}| \cdot \gamma_{M5}}{N_{pl,0}}\right) \leq 1,0$$

Zug im Gurt: $k_p = 1,0$

Für k_{Θ_i} gilt:

$$k_{\Theta_i} = \frac{1 + \sin \Theta_i}{\sqrt{12 \cdot \sin^2 \Theta_i}}$$

Θ_i	k_{Θ_i}
35°	1,38
40°	1,15
45°	0,99
50°	0,87
60°	0,72



Bemessungsbeispiel:

- Gurtstab: 101,6 x 6,3 mm (Zug)
- Strebenprofile: 60,3 x 5 mm
- Strebenneigungen: 45° ($e = 0$ cm)

Überprüfung der Gültigkeitsgrenzen nach Tabelle 4:

1. $0,2 \leq d_1/d_0 = 60,3/101,6 = 0,594 \leq 1,0$
2. $10 \leq d_0/t_0 = 101,6/6,3 = 16,1 \leq 50$
3. $10 \leq d_1/t_1 = 60,3/5 = 12,1 \leq 50$
4. $\Theta_1 = \Theta_2 = 45^\circ \geq 30^\circ$
5. Querschnitte entsprechen mindestens der QK 2
6. $g = 10,16 - \frac{6,03}{\sin 45^\circ} = 1,6 \text{ cm} \geq t_1 + t_2 = 1,0 \text{ cm}$

Berechnung der Tragfähigkeit:

Mit $\frac{d_1}{d_0} = 0,594$, $\frac{d_0}{t_0} = 16,1$ und $\frac{g}{t_0} = 2,54$ ergibt sich durch Interpolation:

$n_{Rd} \approx 0,32$ ($g/t_0 \leq -4$), $n_{Rd} \approx 0,26$ ($g/t_0 \geq 8$)
 $n_{Rd} \approx 0,26 + (0,32 - 0,26) \cdot (8 - 2,54)/(4+8) = 0,287$
 Die max. Strebenkraft bei Zugkraft im Gurt beträgt:

$$N_{Rd} = \text{Min} \begin{cases} \frac{0,287 \cdot 669,6}{0,707 \cdot 1,0} = 272 \\ \frac{6,03 \cdot 0,99 \cdot 669,6}{(10,16 - 0,63) \cdot 1,0} = 419,4 \end{cases} = 272 \text{ kN}$$

11 Bemessungshilfe für K-Knoten aus rechteckigen MSH-Profilgurten (RHP) ohne Überlappung

Voraussetzungen:

- Die Anwendungsgrenzen nach Tabelle 4 sind einzuhalten!
- Die Strebenprofile sind gleiche QHP/KHP
- Gleiche Streckgrenze f_y aller Stäbe

- Für die Druckkraft im Gurtstab gilt: $\frac{|N_{0,d}|}{N_{pl,0}} \cdot \gamma_{M5} \leq 0,5$

(Für kleine b_i/b_0 -Werte kann der genaue Nachweis bei geringen Druckkräften bzw. bei Zugkräften in den Gurten nach Eurocode günstiger werden)

Hinweis:

Bei Streben aus kreisförmigen MSH-Profilen sind die zu berechnenden Widerstandskräfte $N_{i,Rd}$ mit dem Faktor $\pi/4$ zu multiplizieren. Dabei gilt: $b_i = d_i$

Nachweisbedingungen:

1. Bedingung (Nachweis der Gurtkraft)

$$V_{Ed} = \frac{N_{1,d} \cdot \sin \Theta_1}{V_{pl,0}} \cdot \gamma_{M5}$$

$$k_\alpha = 0,2 \frac{h_0}{b_0} + 0,35$$

$$n_{0,Rd} = 1 - \left(1 - \sqrt{1 - v_{Ed}^2}\right) \cdot k_\alpha$$

$$N_{0,Rd} = \frac{n_{0,Rd} \cdot N_{pl,0}}{\gamma_{M5}} > N_{0,d}$$

2. Bedingung (Nachweis der Strebenkraft)

$$N_{i,Rd} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{n_{1,Rd} \cdot N_{pl,i}}{\gamma_{M5}} \\ \frac{n_{2,Rd} \cdot N_{pl,0}}{\sin \Theta_i \cdot \gamma_{M5}} \end{array} \right\} > N_{i,d}$$

$n_{1,Rd}$ und $n_{2,Rd}$ siehe nachfolgende Diagramme

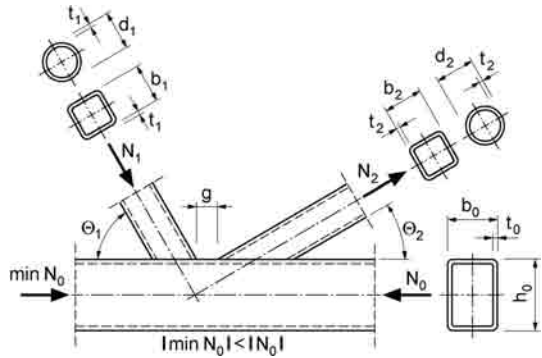


Diagramm zur Bestimmung von $n_{1,Rd}$:

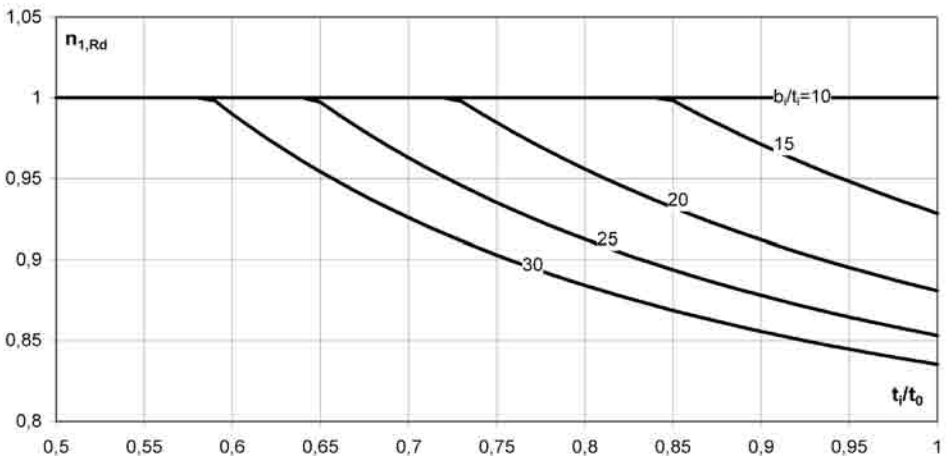
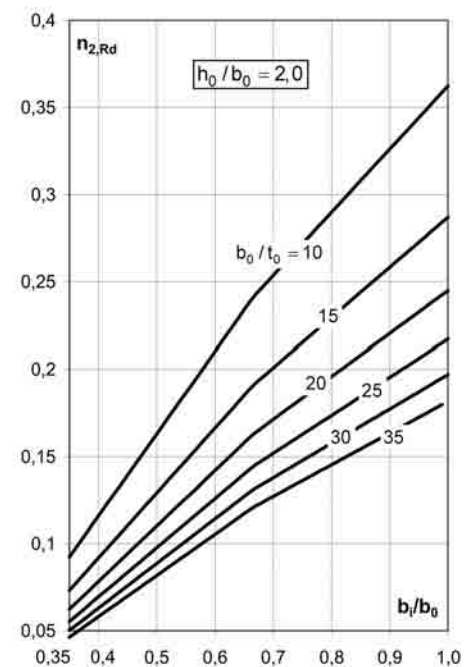
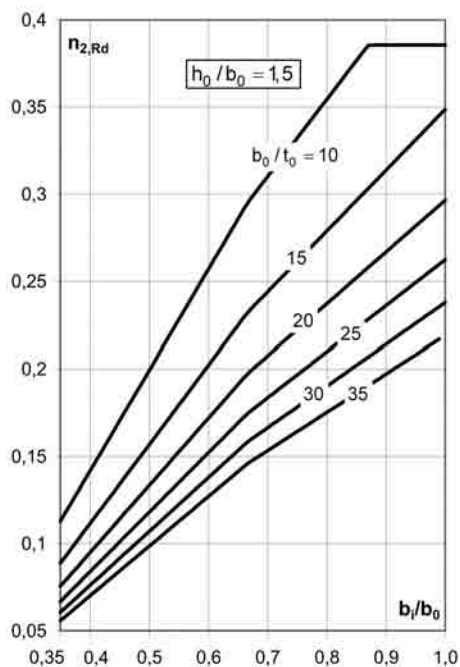
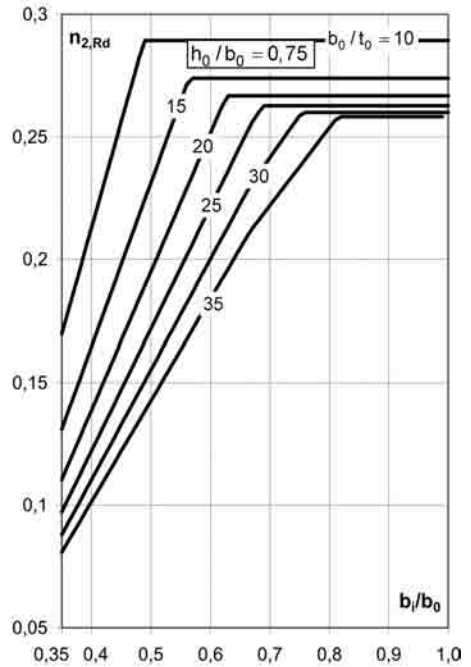
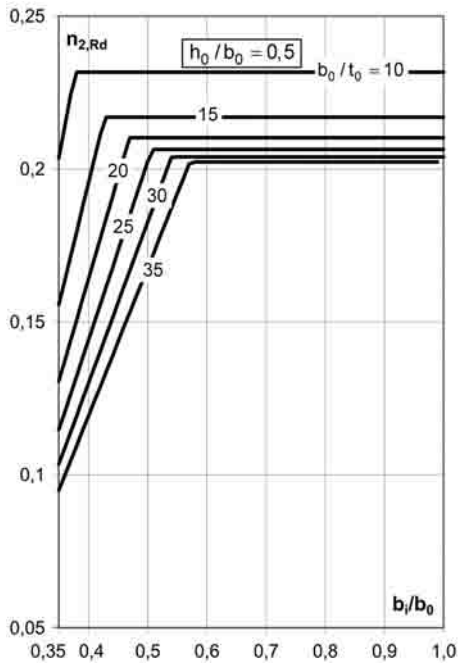


Diagramme zur Bestimmung von $n_{2,Rd}$:



12 Bemessungshilfe für K-Knoten aus quadratischen MSH-Profilgurten (QHP) mit Überlappung

Voraussetzung:

- Die Anwendungsgrenzen nach Tabelle 5 sind einzuhalten!
- Strebenprofile sind gleiche QHP/KHP
- Gleiche Streckgrenze f_y aller angreifenden Stäbe

Hinweis:

Bei Streben aus kreisförmigen MSH-Profilen sind die zu berechnenden Widerstandskräfte $N_{i,Rd}$ mit dem Faktor $\pi/4$ zu multiplizieren. Dabei gilt: $b_i = d_i$

zul. Tragfähigkeit des Knotens

$$N_{1,Rd} = \frac{n_{Rd} \cdot N_{pL1}}{\gamma_{M5}}$$

Die überlappende Strebe 2 braucht nicht nachgewiesen zu werden.

Ermittlung von n_{Rd} unter Berücksichtigung von: $\lambda_{0V} = q/p \cdot 100\% \geq 25\%$ (siehe Tabelle 5)

Mit dem Überlappungsverhältnis λ_{0V} können folgende Fälle unterschieden werden:

- Fall 1: $\lambda_{0V} = 25\%$
- Fall 2: $25\% < \lambda_{0V} < 50\%$

n_{Rd} linear interpolieren aus Fall 1 und Fall 3

- Fall 3: $50\% \leq \lambda_{0V} < 80\%$
- Fall 4: $80\% \leq \lambda_{0V} \leq 100\%$

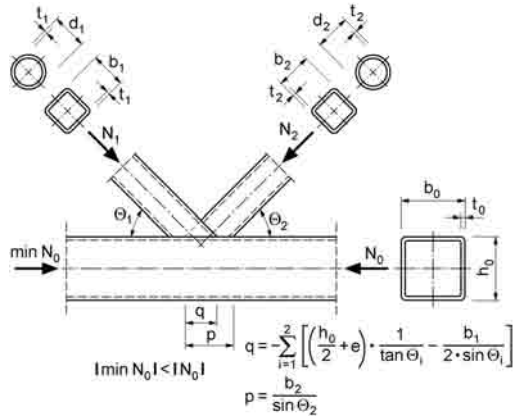


Diagramme zur Bestimmung von n_{Rd} : für Fall 1: $\lambda_{0V} = 25\%$

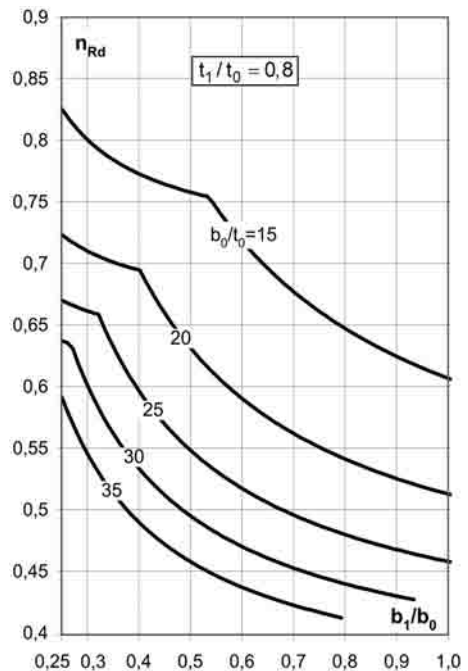
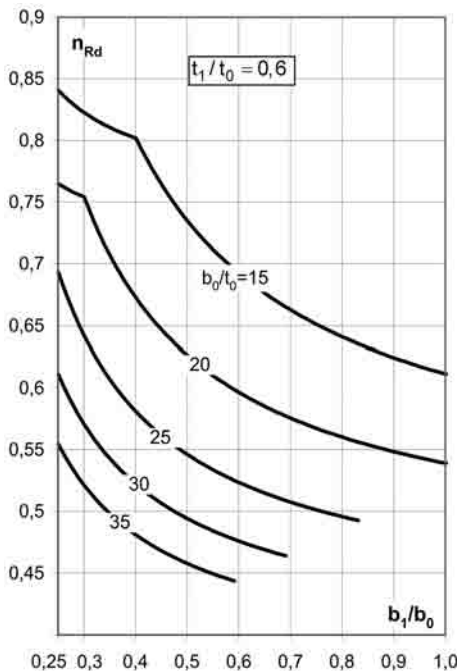


Diagramme zur Bestimmung von n_{Rd} : für Fall 3: $50\% < \lambda_{0V} < 80\%$

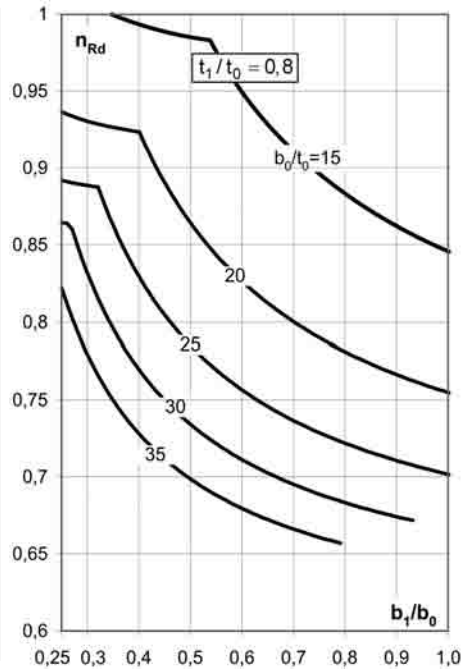
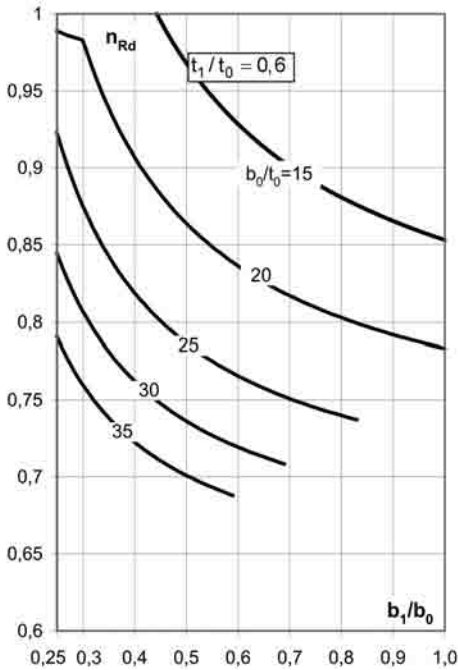
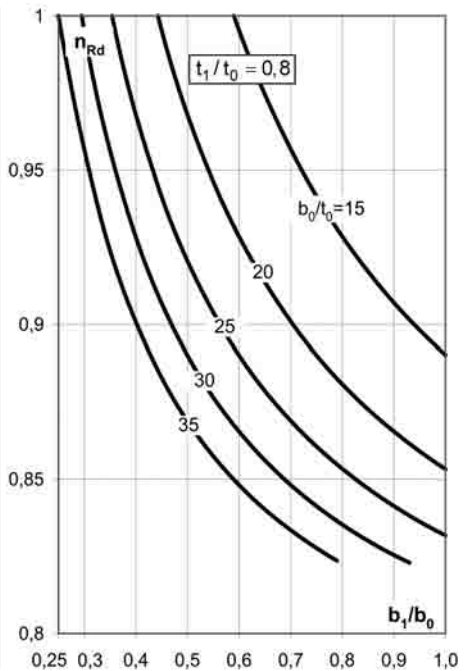
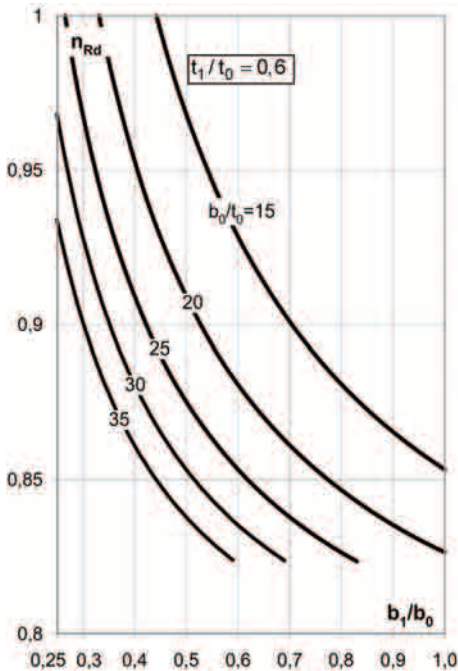


Diagramme zur Bestimmung von n_{Rd} : für Fall 4: $80\% \leq \lambda_{0V} \leq 100\%$



13 Bemessungshilfe für T-Knoten aus rechteckigen MSH-Profilgurten (RHP)

Voraussetzungen:

- Zusätzlich zu den Anwendungsgrenzen nach Tabelle 4, Pkt. 2 - 5 und 8 sind folgende Grenzen einzuhalten:
 - $0,25 \leq b_1/b_0 \leq 0,85$
 - $b_1/t_1 \geq 10$ und $b_0/t_0 \geq 10$
- Das Strebenprofil ist ein QHP
- Gleiche Streckgrenze f_y aller Stäbe

Tragfähigkeit des Knotens:

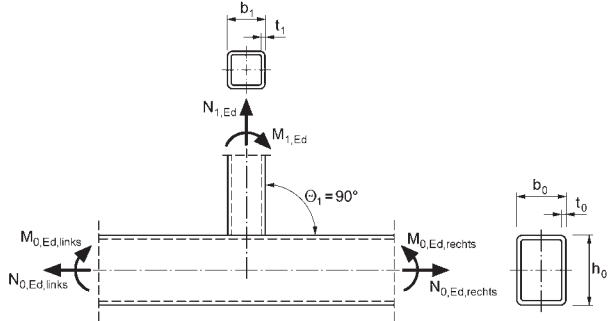
$$\frac{|N_{1,Ed}|}{N_{1,Rd}} + \frac{|M_{1,Ed}|}{M_{1,Rd}} \leq 1,0$$

mit

$$N_{1,Rd} = \frac{n_{Rd} \cdot k_n \cdot N_{pl,0}}{\gamma_{M5}}$$

$$M_{1,Rd} = \frac{m_{Rd} \cdot k_n \cdot M_{pl,0}}{\gamma_{M5}}$$

n_{Rd} und m_{Rd} siehe Diagramme unten



Für k_n gilt:

Druck im Gurt:

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4}{f_y} \cdot \sigma_{QEd} \cdot \frac{b_0}{b_1} \cdot \gamma_{M5} \leq 1,0$$

Für $\sigma_{0,Ed}$ gilt: $\sigma_{0,Ed} = \frac{\max|N_{0,d}|}{A_0} + \frac{\max|M_{0,d}|}{W_{el,0}}$

Reiner Zug im gesamten Gurtquerschnitt:
 $k_n = 1,0$

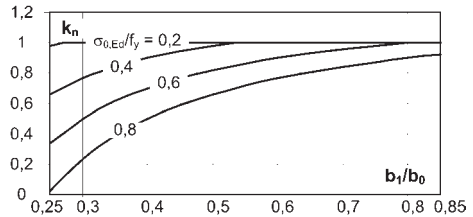


Diagramme zur Bestimmung von n_{Rd} :

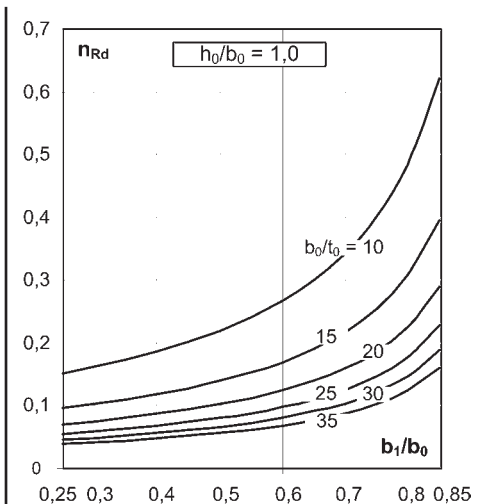
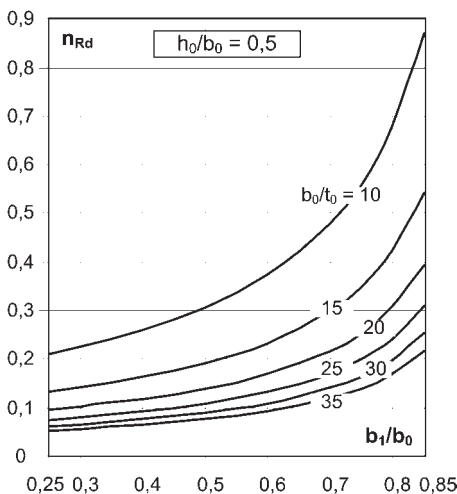


Diagramme zur Bestimmung von n_{Rd} :

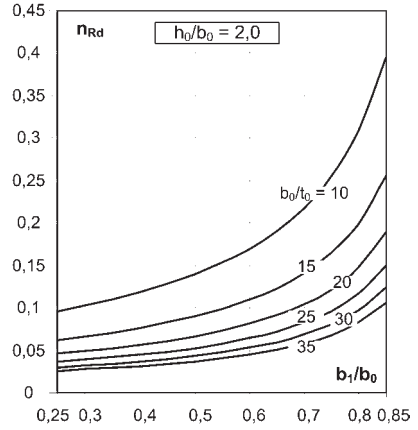
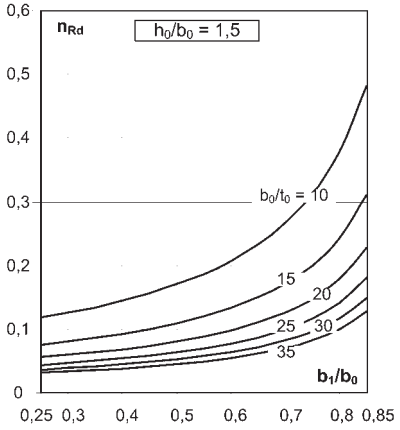
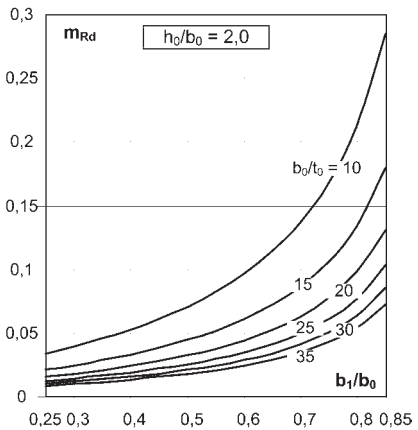
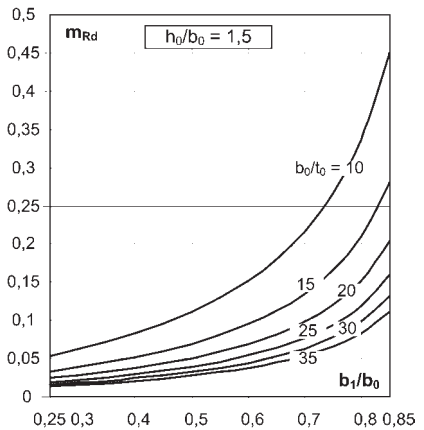
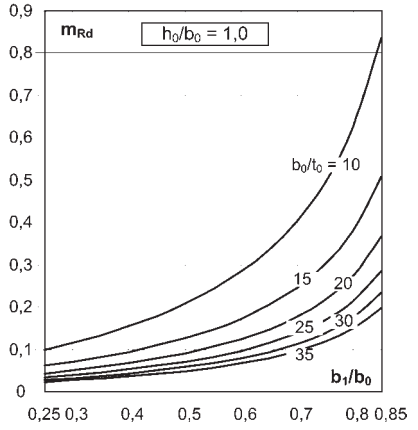
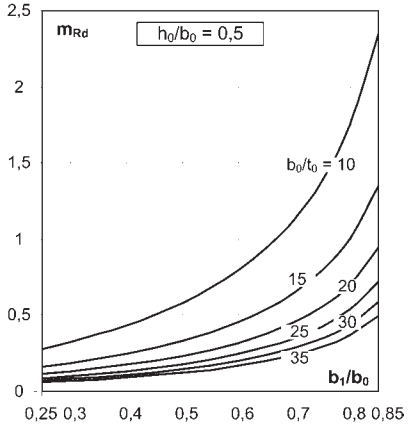


Diagramme zur Bestimmung von m_{Rd} :



14 Bemessungshilfe für Stirnplattenstöße von quadratischen MSH-Profilen (QHP)

Voraussetzungen:

- Die Stirnplatte ist ausschließlich durch Zugnormalkräfte N_{Ed} belastet.
- Für die anschließenden Hohlprofile aus QHP gilt: $b/t \geq 10$.
- Stahlgüte aller Bauteile S355
- Schrauben in Festigkeitsklasse 8.8 oder 10.9 mit voller Vorspannung
- Rand- und Lochabstände gemäß DIN EN 1993-1-1
- Schweißnähte separat nachweisen
- Nachweis der Profiltragfähigkeit: $N_{Ed}/N_{pl} \leq 0,5$

Lochdurchmesser d_0 :

M	18
16	mm
M	22
20	mm
M	26
24	mm
M	30
27	mm

Tragfähigkeit des Anschlusses:

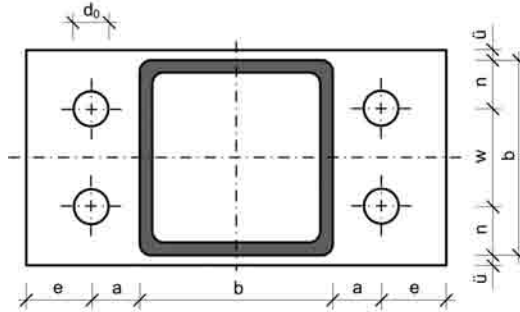
$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

N_{Rd} siehe Diagramme unten

Bedingungen für die Anordnung der Schrauben in der Stirnplatte:

- $e = 1,25 \cdot a$
- $w = \frac{b}{2}$
- $n = \frac{b}{4}$

Bei der Wahl des Abstandes a und der Schrauben ist der Platzbedarf für die Montage zu beachten.



Stirnplattendicke t_p ; Überstand ü ca. 5 bis 20 mm

Schraubenwahl und Anordnung:

- Schrauben mit Schaft und Gewinde
- $0,7 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4 \leq N_{Ed} \leq 0,85 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4$
- Randabstände $\geq 1,2 \cdot d_0$
- Lochabstände $\geq 2,4 \cdot d_0$

Sofern vier Schrauben zur Aufnahme von N_{Ed} nicht ausreichen, können unter Beachtung der Abstände zusätzliche Schrauben angeordnet werden. Zur Anwendung der Diagramme ist die Bildung eines idealisierten Stoßes nach dem oben dargestellten Prinzip erforderlich.

Grenzzugkräfte $F_{t,Rd}$ für je 4 Schrauben der Güte 8.8:

	4 x M16	4 x M20	4 x M24	4 x M27
$1,0 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4$	361 kN	564 kN	813 kN	1057 kN
$0,85 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4$	307 kN	479 kN	690 kN	898 kN
$0,7 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4$	252 kN	394 kN	568 kN	740 kN

Grenzzugkräfte $F_{t,Rd}$ für je 4 Schrauben der Güte 10.9:

	4 x M16	4 x M20	4 x M24	4 x M27
$1,0 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4$	452 kN	705 kN	1016 kN	1322 kN
$0,85 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4$	384 kN	599 kN	863 kN	1123 kN
$0,7 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4$	316 kN	493 kN	711 kN	925 kN

Bemessungsbeispiel:

- Zugstab QHP 120 x 120 x 8,0 - S355
- $N_{Ed} = 480$ kN (Zug)

Überprüfung der Voraussetzungen:

$$b/t = 120/8 = 15 \geq 10$$

$$N_{Ed}/N_{pl} = 500/1248 = 0,4 \leq 0,5$$

Gewählte Schrauben 4 x M20 - 10.9, da $0,7 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4 \leq N_{Ed} \leq 0,85 \cdot F_{t,Rd} \cdot 4$
 $493 \text{ kN} \leq 500 \text{ kN} \leq 599 \text{ kN}$
 Gewählter Abstand $a = 30$ mm
 Gewählte Plattendicke $t_p = 25$ mm

Geometrie der Stirnplatte

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$e = 1,25 \cdot a = 1,25 \cdot 30 = 37,5$$

$$w = b/2 = 120/2 = 60 \text{ mm}$$

$$n = b/4 = 120/4 = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Randabstand } 30 \text{ mm} \geq 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm}$$

$$\text{Lochabstand } 60 \text{ mm} \geq 2,4 \cdot 22 = 52,8 \text{ mm}$$

→ Die Rand- und Lochabstände sind eingehalten.

Nachweis:

$$a/b = 30/120 = 0,25$$

Mit dem Diagramm ergibt sich:

$$N_{Ed} = 480 \text{ kN} < 500 \text{ kN} = N_{Rd}$$

Diagramme zur Bestimmung von N_{Rd} (Festigkeitsklasse 8.8):

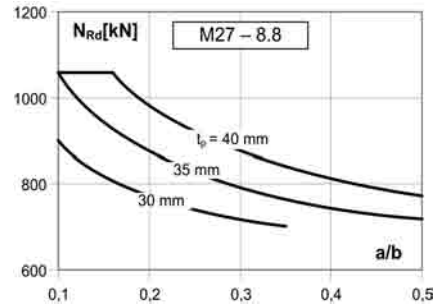
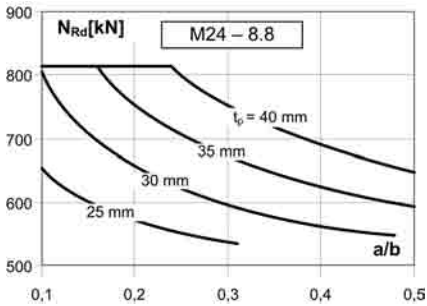
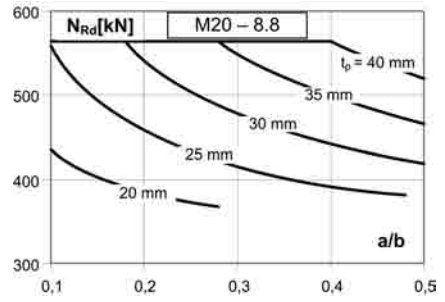
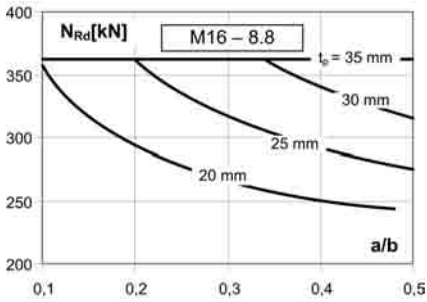
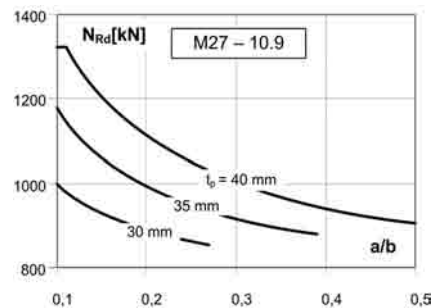
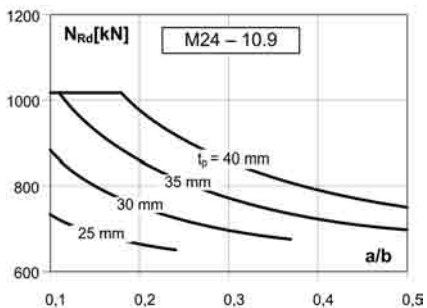
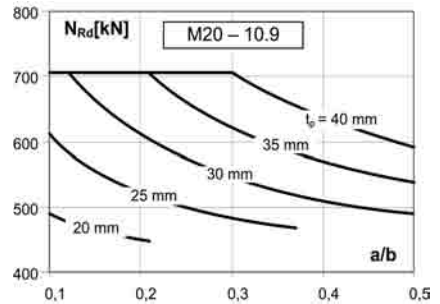
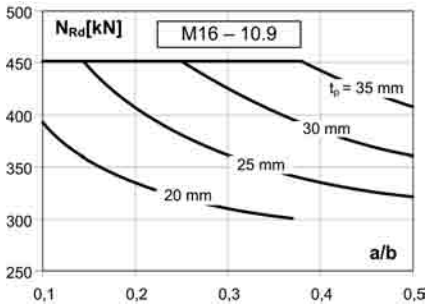


Diagramme zur Bestimmung von N_{Rd} (Festigkeitsklasse 10.9):



Beispiel 6: Fachwerkartiger Träger mit Vierendeel-Bereich (PREON-System)

Das Beispiel behandelt einen Dachträger, der an beiden Enden aus Fachwerken besteht. In der Mitte befindet sich ein Vierendeel-Bereich. Die erforderlichen Nachweise können mit dem Programm PREON geführt werden. Der Einfeldträger wird durch Auflasten beansprucht. Hier werden die Knicknachweise für ausgewählte Stäbe geführt. Darüber hinaus wird ein Knoten im Vierendeel-Bereich nachgewiesen.

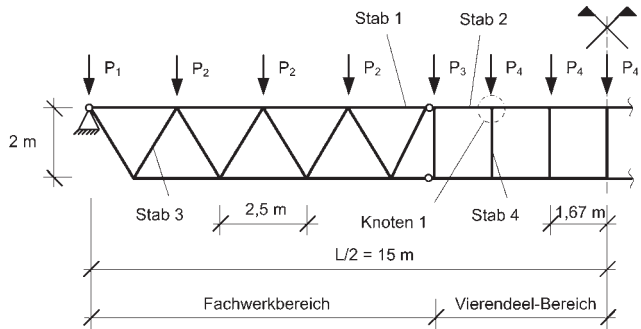
Bemessungslasten:

	V_d
P1	12,26 kN
P2	24,53 kN
P3	20,5 kN
P4	16,38 kN

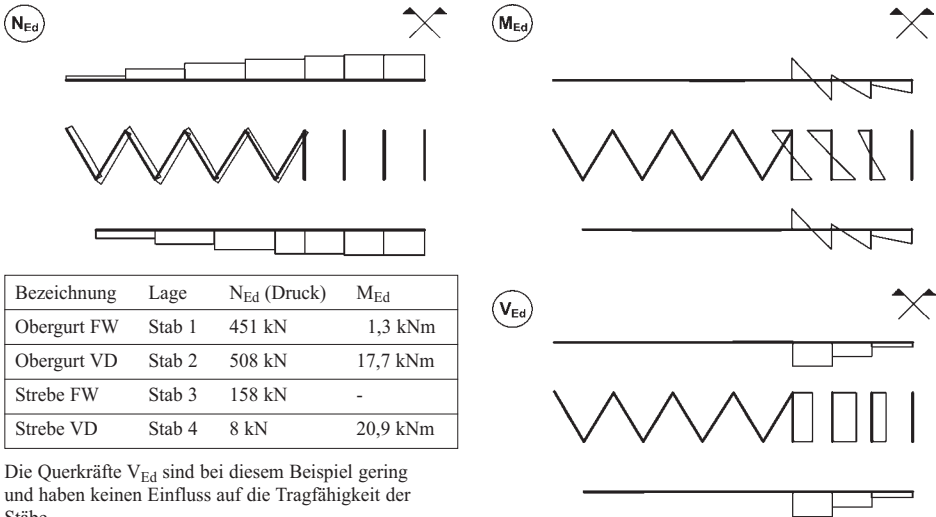
(Lasten inkl. Eigengewicht Binder)

Eckige Hohlprofile in S 355 J2H (warmgefertigt)

Der Lastfall Wind ist separat zu betrachten. Es werden nur die Nachweise **in der Trägerebene** geführt.



Nachweisschnittgrößen ermittelt mit dem Programm PREON:



Die Querkräfte V_{Ed} sind bei diesem Beispiel gering und haben keinen Einfluss auf die Tragfähigkeit der Stäbe.

Biegeknicknachweis für den Obergurt (QHP 120 x 8) im Fachwerkbereich (Stab 1):

Knicklänge bei Gurtstäben aus Hohlprofilen gemäß Anhang BB.1.3 der DIN EN 1993-1-1:

$$L_{cr} \cdot 250 = 225 \text{ cm}$$

Normalkraftanteil: $N_{Ed} = 451 \text{ kN}$ (Druck), $N_{pl} = 1248 \text{ kN}$, $I_y = 726,3 \text{ cm}^4$ (s. Abschnitt 17)

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 726,3}{225^2} = 2974 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1248}{2974}} = 0,65 \rightarrow \chi \approx 0,87 \text{ (Knicklinie a, s. Abschnitt 5)}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl} / \gamma_{M1}} = \frac{451}{0,87 \cdot 1248 / 1,0} = 0,42 < 1,0$$

Der Momentenanteil M_{Ed} im Stab 1 ist bei diesem Beispiel gering und kann vernachlässigt werden.

Biegeknicknachweis für den Obergurt (QHP 120 x 8) im Vierendeel-Bereich (Stab 2):

Knicklänge bei Gurtstäben aus Hohlprofilen gemäß Anhang BB.1.3 der DIN EN 1993-1-1: $L_{cr} = 0,9 \cdot 167 = 150$ cm
 Normalkraftanteil: $N_{Ed} = 508$ kN (Druck), $N_{pl} = 1248$ kN, $I_y = 726,3$ cm⁴ (s. Abschnitt 17)

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 726,3}{150^2} = 6690 \text{ kN}; \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1248}{6690}} = 0,432 \rightarrow \chi \approx 0,945 \text{ (Knicklinie a, s. Abschnitt 5)}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} = \frac{508}{0,945 \cdot 1248/1,0} = 0,431$$

Momentenanteil: $M_{Ed} = 17,7$ kNm, $M_{pl} = 51,99$ kNm (s. Abschnitt 17)

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot n_y \leq 1 + 0,8 \cdot n_y \text{ mit } n_y = \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} = 0,43 \rightarrow k_y = 1 + (0,432 - 0,2) \cdot 0,43 = 1,1 \leq 1,34 = 1 + 0,8 \cdot 0,43$$

$$k_{yy} = k_y \cdot C_{my} \text{ mit } C_{my} = 0,9 \text{ (vereinfacht s. DIN EN 1993-1-1 Anhang B)} \rightarrow k_{yy} = 1,1 \cdot 0,9 = 0,99$$

$$\text{Biegeknicknachweis für Stab 2: } \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{Ed}}{\chi \cdot M_{pl}/\gamma_{M1}} \cdot k_{yy} = \frac{508}{0,945 \cdot 1248/1,0} + \frac{1770}{5199/1,0} \cdot 0,99 = \underline{\underline{0,77 < 1,0}}$$

Biegeknicknachweis für die Strebe (QHP 90 x 5) im Fachwerkbereich (Stab 3):

Knicklänge bei Streben aus Hohlprofilen gemäß Anhang BB.1.3 der DIN EN 1993-1-1 wenn: $b_1 > 0,6 \cdot b_0$:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot 236 = 236 \text{ cm}$$

Normalkraftanteil: $N_{Ed} = 158$ kN (Druck), $N_{pl} = 594$ kN, $I_y = 199,6$ cm⁴ (s. Abschnitt 17)

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 199,6}{236^2} = 743 \text{ kN}; \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{534}{743}} = 0,89 \rightarrow \chi \approx 0,74 \text{ (Knicklinie a, s. Abschnitt 5)}$$

$$\text{Biegeknicknachweis für Stab 3: } \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} = \frac{158}{0,74 \cdot 594/1,0} = \underline{\underline{0,36 < 1}} \text{ (Momentenanteil entfällt, da } M_{Ed} = 0)$$

Biegeknicknachweis für die Strebe (QHP 100 x 5) im Vierendeel-Bereich (Stab 4):

Knicklänge bei Streben aus Hohlprofilen gemäß Anhang BB.1.3 der DIN EN 1993-1-1 wenn $b_1 > 0,6 \cdot b_0$:

$$L_{cr} = 1,0 \cdot 200 = 200 \text{ cm}$$

Normalkraftanteil: $N_{Ed} = 8$ kN (Druck), $I = 279,4$ cm⁴ (s. Abschnitt 17)

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 279,4}{200^2} = 1448 \text{ kN}; \text{ infolge } \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{8}{1448} = 0,006 < 0,04 \text{ ist keine BK-Nachweis erforderlich}$$

Knotennachweis für den dargestellten

Knoten 1:

- $b_1/t_1 = h_1/t_1 = 10/0,5 = 20 \leq 35$
- $b_0/t_0 = h_0/t_0 = 12/0,8 = 15 \leq 35$
- und 5. $h_1/b_1 = 1$ und $h_0/b_0 = 1$ (QHP)
- Querschnitte entsprechen mindestens QK 2

zusätzlich:

$$0,25 \leq b_1/b_0 = 10/12 = 0,83 \leq 0,85 \text{ und } b_1/t_1 = 10/0,5 = 20 \geq 10 \text{ und } b_0/t_0 = 12/0,8 = 15 \geq 10$$

Berechnung von $N_{1,Rd}$ und $M_{1,Rd}$:

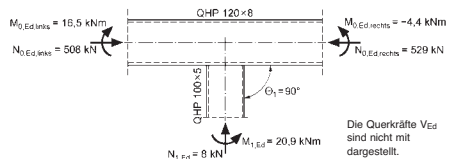
$$\text{Mit } \sigma_{0,Ed}/f_y = \left(\frac{\max|N_{0,d}|}{A_0} + \frac{\max|M_{0,d}|}{W_{el,0}} \right) / f_y = \left(\frac{529}{35,2} + \frac{1650}{121,1} \right) / 35,5 = 0,8 \text{ ergibt sich aus Abschnitt 13: } k_n = 0,9 < 1,0$$

Mit den Verhältnissen $h_0/b_0 = 1,0$, $b_1/b_0 = 0,83$ und $b_0/t_0 = 15$ ergibt sich aus dem Diagramm in Abschnitt 13:

$$nRd \approx 0,355 \quad N_{1,Rd} = \frac{n_{Rd} \cdot k_n \cdot N_{pl,0}}{\gamma_{M5}} = \frac{0,355 \cdot 0,9 \cdot 1248}{1,0} = 399 \text{ kN}$$

$$mRd \approx 0,46 \quad M_{1,Rd} = \frac{m_{Rd} \cdot k_n \cdot M_{pl,0}}{\gamma_{M5}} = \frac{0,46 \cdot 0,9 \cdot 51,99}{1,0} = 21,5 \text{ kNm}$$

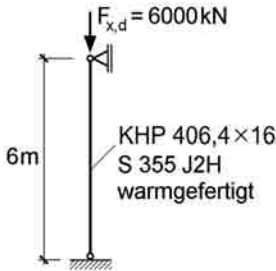
$$\text{Nachweis ausreichender Tragfähigkeit: } \frac{N_{1,d}}{N_{1,Rd}} + \frac{M_{1,d}}{M_{1,Rd}} = \frac{8}{399} + \frac{21}{21,5} = \underline{\underline{0,997 < 1,0}}$$



Die Querkräfte V_{Ed} sind nicht mit dargestellt.

15 Berechnungsbeispiele

Beispiel 1: Pendelstütze L = 6 m:



Für $L_{cr} = L = 6$ m kann aus der Bemessungshilfe in Abschnitt 6 direkt abgelesen werden: KHP 406,4 x 16 $\Rightarrow N_{Ed} \approx 6250$ kN > 6000 kN

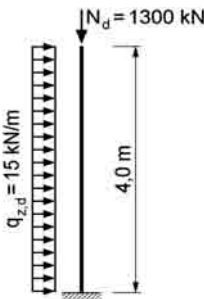
Zum Vergleich wird der Biegeknicknachweis nach Abschnitt 5 geführt: $I = 37449$ cm⁴, $N_{pl} = 6966$ kN (s. Abschnitt 14), Knicklänge: $L_{cr} = 600$ cm (s. Abschnitt 5)

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 37449}{600^2} = 21560 \text{ kN}; \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{6966}{21560}} = 0,57$$

$\Rightarrow \chi \approx 0,9$ (Knicklinie a, s. Abschnitt 5)

$$\text{Biegeknick-Nachweis: } \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} = \frac{6000}{0,9 \cdot 6966/1,0} = \underline{0,96 < 1,0}$$

Beispiel 2: Kragstütze L = 4 m mit Querbeanspruchung:



Für die dargestellte Stütze sind Stabilitätsnachweise zu führen. Aufgrund der Querbelastung wird der Stabilitätsnachweis nach **Theorie II. Ordnung** ($I_y = 9055$ cm⁴) geführt. Die Knicklänge der eingespannten Kragstütze beträgt $L_{cr} = 2L = 8$ m.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2 \cdot \gamma_{M1}} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 9055}{800^2 \cdot 1,0} = 2932,4 \text{ kN}$$

Für das Einspannmoment durch die Gleichstreckenlast erhält man (s. Abschnitt 5):

$$M_q^I = -15 \cdot \frac{4^2}{2} = -120 \text{ kNm}$$

Mit $\delta = -0,40$ aus der Tabelle in Abschnitt 5 berechnet sich der Vergrößerungsfaktor α wie folgt:

$$\alpha = \frac{1 + \delta \cdot N_{Ed}/N_{cr,d}}{1 - 1300/2932,4} = \frac{1 - 0,4 \cdot 1300/2932,4}{1 - 1300/2932,4} = 1,48 \leq 3,0$$

GHP 250x250x10 aus S 355 J2H warmgefertigt

Das Moment nach **Theorie II. Ordnung** erhält man durch Multiplikation des Einspannmomentes mit dem Vergrößerungsfaktor α (siehe Abschnitt 5).

$$M_q^{II} = M_q^I \cdot \alpha = (-120) \cdot 1,48 = -177,6 \text{ kNm}$$

Die Vorverdrehung wird mit $\phi = \frac{1}{200}$ angesetzt (Ansatz der Vorverformung siehe Abschnitt 5).

$$H_0 = \phi \cdot N_{ED} = \frac{1300}{200} = 6,5 \text{ kN}; \quad M_\phi^I = -H_0 \cdot l = -6,5 \cdot 4 = -26 \text{ kNm}$$

Mit $\delta = -0,18$ (siehe Abschnitt 5):

$$\alpha = \frac{1 - 0,18 \cdot 1300/2932,4}{1 - 1300/2932,4} = 1,65 \leq 3,0; \quad M_\phi^{II} = (-26) \cdot 1,65 = -42,9 \text{ kNm}$$

Die Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung aus verschiedenen Lastfällen können überlagert werden, wenn die Drucknormalkraft in den einzelnen Lastfällen gleich groß ist (beschränkte Superposition). Bei dem betrachteten Beispiel ist für die Querbelastung q_d als auch für die Schiefstellung ϕ die Drucknormalkraft $N_d = 1300$ kN berücksichtigt worden.

$$M_{Ed}^{II} = M_q^{II} + M_\phi^{II} = -177,6 - 42,9 = -220,5 \text{ kNm}$$

Die **maximale Biegebeanspruchbarkeit** wird wie in Abschnitt 4 unter Berücksichtigung der Normalkraft berechnet (da $V/V_{pl} < 0,5$ ist, ist keine Reduzierung der Streckgrenze erforderlich):

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl}/\gamma_{M0}} = \frac{1300}{3370/1,0} = 0,386; \quad a_w = 1 - \frac{2 \cdot b \cdot t}{A} = 1 - \frac{2 \cdot 25 \cdot 1,0}{94,93} = 0,473$$

$$M_{N,Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a_w} = \frac{302}{1,0} \cdot \frac{1-0,386}{1-0,5 \cdot 0,473} = 242,9 \text{ kNm} \geq M_{Ed}^{II} = 220,5 \text{ kNm} \quad \text{Nachweis erfüllt!}$$

Beispiel 3: K-Knoten ohne Überlappung mit RHP-Gurt und Streben aus QHP

Überprüfung der Gültigkeitsgrenzen: (siehe Abschnitt 8)

$$1. b_f/b_0 = \frac{7}{20} = 0,35 \geq \text{Max.} \begin{cases} 0,35 \leftarrow \text{maßgebend} \\ 0,1 + 0,01 \cdot \frac{20}{1} = 0,3 \end{cases}$$

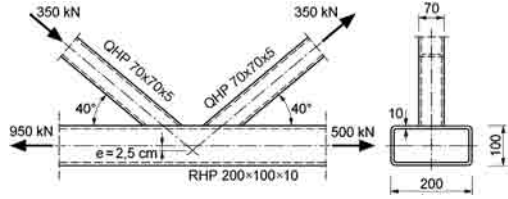
$$2. b_f/t_f = h_f/t_f = 7/0,5 = 14 \leq 35$$

$$3. b_0/t_0 = 20/1 = 20 \leq 35$$

$$\text{und } h_0/t_0 = 10/1 = 10 \leq 35$$

$$4. 0,5 \leq h_0/b_0 = 10/20 = 0,5 \leq 2,0$$

$$5. 0,5 \leq h_f/b_f = 7/7 = 1 \leq 2,0$$



$$6. g = \frac{10 + 2 \cdot 2,5}{\tan 40^\circ} - \frac{7}{\sin 40^\circ} = 6,99 \text{ cm} \geq \text{Max} \begin{cases} 0,5 \cdot 20 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 7 + 2 \cdot 7}{4 \cdot 20}\right) = 6,5 \text{ cm} \leftarrow \text{maßgebend} \\ 0,5 + 0,5 = 1,0 \text{ cm} \end{cases}$$

$$7. g = 6,99 \text{ cm} \leq 1,5 \cdot 20 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 7 + 2 \cdot 7}{4 \cdot 20}\right) = 19,5 \text{ cm}$$

8. Die gewählten Querschnitte entsprechen mindestens der Querschnittsklasse 2

$$9. \Theta_1 = \Theta_2 = 40^\circ \geq 30^\circ$$

Überprüfung der Knotenexzentrizitäten:

$$-0,55 \leq \frac{e}{h_0} = \frac{2,5}{10} = 0,25 \leq 0,25$$

Bedingung erfüllt, d.h. zusätzliche Schnittgrößen aus der Knotenexzentrizität können beim Nachweis der Gestaltfestigkeit vernachlässigt werden. Der zugbeanspruchte Gurtstab braucht ebenfalls nicht für Momente aus der Knotenexzentrizität bemessen werden.

Berechnung der Tragfähigkeit:

1. Bedingung (Nachweis der Gurtkraft)

Berechnung der plastischen Querkraftbeanspruchbarkeit nach DIN EN 1993-1-1:2005:

$$V_{pl,0,d} = \frac{A \cdot h_0}{b_0 + h_0} \cdot \frac{f_{y,d}}{\sqrt{3}} = \frac{54,93 \cdot 10}{10 + 20} \cdot \frac{35,5}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 375,3 \text{ kN}$$

$$\text{Mit } v_{ed} = \frac{350 \cdot \sin 40^\circ}{375,3} = 0,599, k_\alpha = 0,2 \cdot \frac{10}{20} + 0,35 = 0,45 \text{ und } n_{0,Rd} = 1 - (1 - \sqrt{1 - 0,599^2}) \cdot 0,45 = 0,910$$

kann $N_{0,Rd}$ wie folgt nach Abschnitt 11 berechnet werden:

$$N_{0,Rd} = 0,910 \cdot \frac{1950}{1,0} = 1774,5 \text{ kN} \geq N_{0,d} = 950 \text{ kN} \quad \text{Bedingung erfüllt!}$$

2. Bedingung (Nachweis der Strebenkraft)

Die folgenden Verhältniswerte werden zum Ablesen aus den Diagrammen benötigt:

$$\frac{t_f}{t_0} = \frac{5}{10} = 0,5; \quad \frac{b_f}{b_0} = \frac{7}{20} = 0,35; \quad \frac{b_0}{t_0} = \frac{20}{1} = 20; \quad \frac{h_0}{b_0} = \frac{10}{20} = 0,5; \quad \frac{b_f}{t_f} = \frac{7}{0,5} = 14$$

Die Diagramme liefern für $n_{1,Rd} \approx 1,0$ und für $n_{2,Rd} \approx 0,135$.

Die maximale Strebenkraft kann wie folgt berechnet werden:

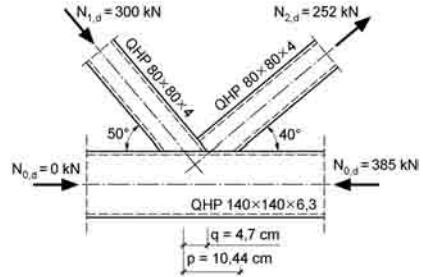
$$N_{i,Rd} = \begin{cases} \frac{1,0 \cdot 452}{1,0} = 452,0 \text{ kN} \\ \frac{0,135 \cdot 1950}{\sin 40^\circ \cdot 1,0} = 409,5 \text{ kN} \leftarrow \text{maßgebend} \end{cases}$$

$$N_{i,Rd} = 409,5 \text{ kN} \geq N_{i,d} = 350 \text{ kN} \quad \text{Bedingung erfüllt!}$$

Beispiel 4: K-Knoten mit Überlappung aus QHP

Überprüfung der Gültigkeitsgrenzen: (s. Tabelle 5)

- $\frac{b_1}{b_0} = \frac{b_2}{b_0} = \frac{8}{14} = 0,57 \geq 0,25$
- $\frac{h_0}{b_0} = 1,0$ und Querschnittsklasse 1
- und 4. $\frac{b_1}{t_i} = \frac{h_i}{t_i} = 20 \leq 35$ und Querschnittsklasse 1
- $\lambda_{0V} = \frac{4,7 \times 100}{10,44} = 45\%$ und $\begin{cases} \geq 25\% \\ \leq 100\% \end{cases}$ und $\frac{b_i}{b_j} = 1 \geq 0,75$
- $\Theta_i > 30$



Berechnung der Tragfähigkeit:

Da $\lambda_{0V} = 0,45$ ist, wird der Fall 2 maßgebend. n_{Rd} ist aus Fall 1 und Fall 3 zu interpolieren. Mit den Verhältnissen

$$\frac{t_i}{t_0} = \frac{4}{6,3} = 0,63 \approx 0,6, \quad \frac{b_1}{b_0} = \frac{80}{140} = 0,57 \quad \text{und} \quad \frac{b_0}{t_0} = \frac{140}{6,3} = 22,2 \quad \text{ergibt sich aus den Diagrammen:}$$

$$n_{Rd,25} \approx 0,56 \quad n_{Rd,50} \approx 0,81$$

Interpolation:

$$n_{Rd} = 0,56 + (0,81 - 0,56) \cdot \frac{(45 - 25)}{25} = 0,76$$

$$N_{1,Rd} = 0,76 \cdot \frac{425,6}{1,0} = 323 \text{ kN}$$

Nachweis der Gestaltfestigkeit:

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{300}{323} = 0,93$$

Überprüfung der Knotenzentritäten:

Mit der Knotenexzentrizität e kann das Verhältnis e/h_0 berechnet werden. (siehe Abschnitt 8):

$$e = -3,68 \text{ cm}$$

$$-0,55 \leq \frac{e}{h_0} = \frac{-3,68}{14} = -0,26 \leq 0,25$$

Bedingung erfüllt, d.h. zusätzliche Schnittgrößen aus der Knotenexzentrizität können beim Nachweis der Gestaltfestigkeit vernachlässigt werden. Bei der Bemessung des druckbeanspruchten Gurtstabes sind die Momente aus der Knotenexzentrizität zu berücksichtigen.

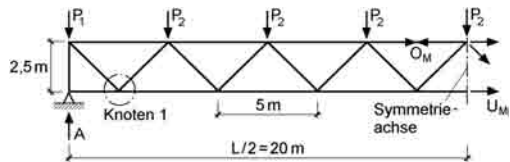
Beispiel 5: Fachwerkträger L = 40 m

Eckige Hohlprofile in S 355 J2H (warmgefertigt)
Das Beispiel behandelt einen Dachträger als Strebenfachwerk. Der dargestellte Einfeldträger wird durch die Lastfälle Eigengewicht, Schnee und Windsog belastet. Die Lastfallüberlagerung erfolgt nach DIN EN 1990: 2002. Anschließend werden die Knick- und Gestaltsfestigkeitsnachweise geführt.

Belastungstabelle:

Lastfall	Ständige Last G	Schnee S	Windsog Ws
P1	9,85 kN	7,8 kN	-6,9 kN
P2	19,7 kN	15,6 kN	-13,8 kN

(Ständige Last inklusive Eigengewicht des Binders)



Maßgebende Lastfallüberlagerungen nach DIN EN 1990: 2002:

$$\text{LFK 1: } 1,35 \cdot \text{LF G} + 1,5 \cdot \text{LF S}$$

$$\text{LFK 2: } 0,9 \cdot \text{LF G} + 1,5 \cdot \text{LF Ws}$$

Schnittgrößenberechnung LFK 1:

$$\text{Last je Knotenpunkt: } P_{1,d} = 1,35 \cdot 19,7 + 1,5 \cdot 15,6 = 50 \text{ kN}$$

$$P_{2,d} = P_{1,d}/2 = 25 \text{ kN}$$

$$\text{Auflagerkraft: } A_d = 3,5 \cdot 50 + 25 = 200 \text{ kN}$$

$$\text{max. Kraft im OG: } O_M = \frac{-(200 - 25) \cdot 17,5 + 50 \cdot (12,5 + 7,5 + 2,5)}{2,5} = -775 \text{ kN}$$

$$\text{max. Kraft im UG: } U_M = 775 + 50/2 = 800 \text{ kN}$$

$$\text{max. Kräfte in den Streben: } D_1 = \pm (200 - 25) \cdot \sqrt{2} = \pm 247,5 \text{ kN}$$

LFK 2:

$$P_{1,d} = -3 \text{ kN}$$

$$P_{2,d} = -1,5 \text{ kN}$$

$$A_d = -3,5 \cdot 3 - 1,5 = -12 \text{ kN}$$

$$O_M = 46,5 \text{ kN}$$

$$U_M = -48 \text{ kN}$$

$$D_1 = \pm 14,9 \text{ kN}$$

Knicknachweis für den Obergurt (QHP 140 x 8):

Die Obergurtnoten sind seitlich unverschiebbar gehalten.

Knicklänge bei Gurtstäben aus Hohlprofilen gemäß Anhang BB.1.3 der DIN EN 1993-1-1: $L_{cr} = 0,9 \cdot 500 = 450$ cm
 Das erforderliche Profil kann mit der Bemessungshilfe in Abschnitt 6 gewählt werden. Für $N_{Ed} = -775$ kN
 und $L_{cr} = 4,5$ m ergibt sich ein Hohlprofil 140 x 140 x 8: $I = 1195$ cm⁴, $N_{pl} = 1475$ kN (s. Abschnitt 15).

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 21000 \cdot 1195}{450^2} = 1223 \text{ kN}; \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1475}{1223}} = 1,1 \Rightarrow \chi \approx 0,596 \text{ (Knicklinie a, s. Abschnitt 5)}$$

$$\text{Biegeknick-Nachweis für Stab } O_M: \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} = \frac{775}{0,596 \cdot 1475/1,0} = 0,9 < 1,0$$

Knicknachweis für den Untergurt (QHP 140 x 6,3):

Der Untergurt wird rechtwinklig zur Fachwerkebene an den Auflagern und in der Feldmitte durch konstruktive Maßnahmen seitlich unverschiebbar gehalten.

Knicklänge bei Gurtstäben aus Hohlprofilen gemäß Anhang BB.1.3 der EN 1993-1-1: $L_{cr} = 0,9 \cdot 2000 = 1800$ cm

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 21000 \cdot 983,9}{1800^2} = 62,9 \text{ kN}; \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1181}{62,9}} = 4,33 \Rightarrow \chi \approx 0,051 \text{ (Knicklinie a, s. Abschnitt 5)}$$

$$\text{Biegeknick-Nachweis für Stab } U_M: \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} = \frac{46,5}{0,051 \cdot 1181/1,0} = 0,77 < 1,0$$

Knicknachweis für die Streben (QHP 80 x 5):

Die Streben sind umlaufend an das Gurtprofil anzuschweißen.

Da $b_i = 0,8$ cm $< 0,6 \cdot b_0 = 0,6 \cdot 14 = 8,4$ cm ist und eine umlaufende geschweißte Befestigung zum Gurtprofil vorausgesetzt wird, ergibt sich die Knicklänge der Streben gemäß Anhang BB.1.3 der DIN EN 1993-1-1.

$$L_{cr} = 0,75 \cdot 250 \cdot \sqrt{2} = 265 \text{ cm}$$

Diese gilt für Biegeknicken der Streben in als auch aus der Ebene.

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 21000 \cdot 136,6}{265^2} = 403 \text{ kN}; \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{523}{403}} = 1,14 \Rightarrow \chi \approx 0,562 \text{ (Knicklinie a, s. Abschnitt 5)}$$

$$\text{Biegeknick-Nachweis für Stab } D_1: \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl}/\gamma_{M1}} = \frac{247,5}{0,562 \cdot 523/1,0} = 0,84 < 1,0$$

Knotennachweis für den dargestellten Knoten 1:

1. $b_i/b_0 = 8/14 = 0,57 \geq 0,35$
2. $b_i/t_i = h_i/t_i = 8/0,5 = 16 \leq 35$
3. und 10. $15 \leq b_0/t_0 = 14/0,63 = 22,2 \leq 35$
4. und 5. $h_i/b_i = 1$ (QHP)

$$6. \text{ und } 7. \quad g = 3,1 \text{ cm} \begin{cases} \geq 0,5 \cdot 14 \cdot \left(1 - \frac{8}{14}\right) = 3,0 \text{ cm} \\ \leq 1,5 \cdot 14 \cdot \left(1 - \frac{8}{14}\right) = 9,0 \text{ cm} \end{cases} \text{ mit } e = 2 \text{ mm}$$

(Die Exzentrizität liegt in den Grenzen nach Abschnitt 8)

8. Querschnitte entsprechen mindestens QK II

9. $\Theta_1 = \Theta_2 = 45^\circ \geq 30^\circ$

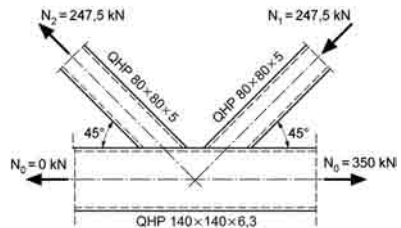
$$11. \quad 0,6 \leq \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_i} = \frac{8 + 8}{2 \cdot 8} = 1 \leq 1,3$$

Berechnung von $N_{i,Rd}$:

Mit $k_n = 1,0$ (Zugkraft im Gurtstab) und $\frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_0} = 0,57$ ergibt sich aus dem Diagramm in Abschnitt 9:

$$n_{Rd} \approx 0,20 \quad N_{i,Rd} = \frac{0,20 \cdot 1181}{0,707 \cdot 1,0} = 334 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis der Gestaltfestigkeit: } \frac{N_{i,d}}{N_{i,Rd}} = \frac{247,5}{334} = 0,74 < 1,0$$



16 Kreisförmige MSH-Profile nach EN 10210

Abmessungen d mm	t mm	A cm ²	G kg/m	U m ² /m	Biegung und Torsion				f _y = 35,5 kN/cm ²			Klasse S 355
					I = I _y /2 cm ⁴	W _{el} cm ³	i cm	max S cm ³	N _{pl} kN	V _{pl} kN	M _{pl} kNm	
42,4	3,2	3,941	3,094	0,133	7,620	3,594	1,391	2,464	139,9	51,42	1,750	1
	4	4,825	3,788	0,133	8,991	4,241	1,365	2,960	171,3	62,96	2,101	1
	5	5,875	4,612	0,133	10,46	4,932	1,334	3,518	208,6	76,65	2,498	1
	6,3	7,145	5,609	0,133	11,99	5,657	1,296	4,147	253,6	93,23	2,944	1
48,3	3,2	4,534	3,559	0,152	11,59	4,797	1,599	3,260	161,0	59,16	2,315	1
	4	5,567	4,370	0,152	13,77	5,701	1,573	3,936	197,6	72,64	2,794	1
	5	6,802	5,339	0,152	16,15	6,689	1,541	4,708	241,5	88,75	3,343	1
	6,3	8,313	6,525	0,152	18,74	7,761	1,502	5,598	295,1	108,5	3,975	1
60,3	4	7,075	5,554	0,189	28,17	9,344	1,996	6,350	251,2	92,31	4,509	1
	5	8,687	6,819	0,189	33,48	11,10	1,963	7,666	308,4	113,3	5,443	1
	6,3	10,69	8,390	0,189	39,49	13,10	1,922	9,227	379,4	139,5	6,551	1
	8	13,14	10,32	0,189	45,99	15,25	1,871	11,03	466,6	171,5	7,829	1
88,9	5	13,18	10,35	0,279	116,4	26,18	2,972	17,62	467,9	172,0	12,51	1
	6,3	16,35	12,83	0,279	140,2	31,55	2,929	21,53	580,4	213,3	15,29	1
	8	20,33	15,96	0,279	168,0	37,79	2,874	26,26	721,8	265,3	18,65	1
	10	24,79	19,46	0,279	196,0	44,09	2,812	31,29	879,9	323,4	22,22	1
	12,5	30,00	23,55	0,279	224,8	50,57	2,737	36,81	1 065	391,5	26,13	1
101,6	5	15,17	11,91	0,319	177,5	34,93	3,420	23,35	538,7	198,0	16,58	1
	6,3	18,86	14,81	0,319	215,1	42,34	3,377	28,65	669,6	246,1	20,34	1
	8	23,52	18,47	0,319	259,5	51,08	3,321	35,13	835,1	306,9	24,94	1
	10	28,78	22,59	0,319	305,4	60,12	3,258	42,12	1 022	375,5	29,90	1
	12,5	34,99	27,47	0,319	354,1	69,70	3,181	49,94	1 242	456,5	35,46	1
114,3	5	17,17	13,48	0,359	256,9	44,96	3,868	29,89	609,5	224,0	21,22	1
	6,3	21,38	16,78	0,359	312,7	54,72	3,825	36,78	758,8	278,9	26,12	1
	8	26,72	20,97	0,359	379,5	66,40	3,769	45,28	948,4	348,6	32,15	1
	10	32,77	25,72	0,359	449,7	78,68	3,704	54,56	1 163	427,5	38,74	1
	12,5	39,98	31,38	0,359	525,7	91,98	3,626	65,10	1 419	521,6	46,22	1
	16	49,41	38,79	0,359	612,6	107,2	3,521	77,99	1 754	644,7	55,37	1
139,7	5	21,16	16,61	0,439	480,5	68,80	4,766	45,38	751,1	276,1	32,22	1
	6,3	26,40	20,73	0,439	588,6	84,27	4,722	56,10	937,3	344,5	39,83	1
	8	33,10	25,98	0,439	720,3	103,1	4,665	69,46	1 175	431,9	49,32	1
	10	40,75	31,99	0,439	861,9	123,4	4,599	84,28	1 446	531,7	59,84	1
	12,5	49,95	39,21	0,439	1 020	146,0	4,519	101,4	1 773	651,8	72,03	1
	16	62,18	48,81	0,439	1 209	173,1	4,410	123,1	2 207	811,3	87,40	1
168,3	8	40,29	31,63	0,529	1 297	154,2	5,675	102,9	1 430	525,7	73,04	1
	10	49,73	39,04	0,529	1 564	185,9	5,608	125,5	1 765	648,9	89,08	1
	12,5	61,18	48,03	0,529	1 868	222,0	5,526	152,0	2 172	798,3	107,9	1
	16	76,55	60,10	0,529	2 244	266,7	5,414	186,2	2 718	998,9	132,2	1
	20	93,18	73,15	0,529	2 608	309,9	5,291	221,3	3 308	1 216	157,1	1
177,8	8	42,68	33,50	0,559	1 541	173,4	6,010	115,4	1 515	556,8	81,94	1
	10	52,72	41,38	0,559	1 862	209,4	5,943	141,0	1 871	687,8	100,1	1
	12,5	64,91	50,96	0,559	2 230	250,8	5,861	171,1	2 304	847,0	121,5	1
	16	81,33	63,84	0,559	2 687	302,3	5,748	210,1	2 887	1 061	149,2	1
	20	99,15	77,83	0,559	3 136	352,7	5,624	250,3	3 520	1 294	177,7	1
193,7	8	46,67	36,64	0,609	2 016	208,1	6,572	138,0	1 657	609,0	98,00	1
	10	57,71	45,30	0,609	2 442	252,1	6,504	168,9	2 049	753,0	119,9	1
	12,5	71,16	55,86	0,609	2 934	303,0	6,422	205,5	2 526	928,5	145,9	1
	16	89,32	70,12	0,609	3 554	367,0	6,308	253,3	3 171	1 165	179,8	1
	20	109,1	85,67	0,609	4 171	430,6	6,182	303,1	3 874	1 424	215,2	1
	25	132,5	104,0	0,609	4 817	497,4	6,030	358,4	4 704	1 729	254,4	1
30	154,3	121,1	0,609	5 342	551,5	5,884	406,5	5 477	2 013	288,6	1	

Weitere Abmessungen siehe MSH Technische Information 1

Abmessungen d mm	t mm	A cm ²	G kg/m	U m ² /m	Biegung und Torsion				f _y = 35,5 kN/cm ²			Klasse S 355
					I = I _T /2 cm ⁴	W _{el} cm ³	i cm	max S cm ³	N _{pl} kN	V _{pl} kN	M _{pl} kNm	
219,1	10	65,69	51,57	0,688	3 598	328,5	7,401	218,8	2 332	857,1	155,3	1
	12,5	81,13	63,69	0,688	4 345	396,6	7,318	267,1	2 880	1 059	189,6	1
	16	102,1	80,14	0,688	5 297	483,5	7,203	330,7	3 624	1 332	234,8	1
	20	125,1	98,20	0,688	6 261	571,5	7,075	397,7	4 441	1 632	282,4	1
	25	152,4	119,7	0,688	7 298	666,2	6,919	473,5	5 412	1 989	336,2	1
	30	178,2	139,9	0,688	8 167	745,5	6,769	540,9	6 327	2 325	384,0	1
244,5	8	59,44	46,66	0,768	4 160	340,3	8,366	223,8	2 110	775,6	158,9	1
	10	73,67	57,83	0,768	5 073	415,0	8,298	275,1	2 615	961,3	195,3	1
	12,5	91,11	71,52	0,768	6 147	502,9	8,214	336,7	3 234	1 189	239,1	1
	16	114,9	90,16	0,768	7 533	616,2	8,098	418,4	4 077	1 499	297,1	1
	20	141,1	110,7	0,768	8 957	732,7	7,969	505,3	5 008	1 841	358,8	1
	25	172,4	135,3	0,768	10 517	860,3	7,811	604,9	6 120	2 249	429,4	1
30	202,2	158,7	0,768	11 854	969,7	7,658	694,7	7 177	2 638	493,2	1	
273	10	82,62	64,86	0,858	7 154	524,1	9,305	346,0	2 933	1 078	245,7	1
	12,5	102,3	80,30	0,858	8 697	637,2	9,221	424,5	3 632	1 335	301,4	1
	16	129,2	101,4	0,858	10 707	784,4	9,104	529,1	4 586	1 686	375,6	1
	20	159,0	124,8	0,858	12 798	937,6	8,973	641,4	5 643	2 074	455,4	1
	25	194,8	152,9	0,858	15 127	1 108	8,813	771,4	6 915	2 541	547,7	1
	30	229,0	179,8	0,858	17 162	1 257	8,657	890,2	8 130	2 988	632,1	1
36	268,0	210,4	0,858	19 254	1 411	8,475	1 019	9 515	3 497	723,4	1	
40	292,8	229,8	0,858	20 455	1 499	8,358	1 096	10 394	3 820	778,5	1	
323,9	8	79,39	62,32	1,018	9 910	611,9	11,17	399,3	2 818	1 036	283,5	2
	10	98,61	77,41	1,018	12 158	750,7	11,10	492,8	3 501	1 287	349,9	1
	12,5	122,3	95,99	1,018	14 847	916,7	11,02	606,4	4 341	1 596	430,5	1
	16	154,8	121,5	1,018	18 390	1 136	10,90	759,1	5 494	2 019	539,0	1
	20	190,9	149,9	1,018	22 139	1 367	10,77	924,9	6 779	2 491	656,7	1
	25	234,8	184,3	1,018	26 400	1 630	10,60	1 119	8 334	3 063	794,8	1
30	277,0	217,4	1,018	30 219	1 866	10,44	1 300	9 833	3 614	923,1	1	
36	325,6	255,6	1,018	34 263	2 116	10,26	1 500	11 559	4 249	1 065	1	
40	356,8	280,1	1,018	36 657	2 263	10,14	1 623	12 665	4 655	1 152	1	
355,6	10	108,6	85,23	1,117	16 223	912,5	12,22	597,4	3 854	1 417	424,1	2
	12,5	134,7	105,8	1,117	19 852	1 117	12,14	736,1	4 783	1 758	522,6	1
	16	170,7	134,0	1,117	24 663	1 387	12,02	923,3	6 060	2 227	655,5	1
	20	210,9	165,5	1,117	29 792	1 676	11,89	1 128	7 486	2 751	800,6	1
	25	259,7	203,8	1,117	35 677	2 007	11,72	1 369	9 218	3 388	971,9	1
	30	306,9	240,9	1,117	41 011	2 307	11,56	1 595	10 894	4 004	1 132	1
36	361,5	283,7	1,117	46 737	2 629	11,37	1 846	12 832	4 716	1 311	1	
40	396,6	311,3	1,117	50 171	2 822	11,25	2 003	14 079	5 175	1 422	1	
406,4	10	124,5	97,76	1,277	24 476	1 205	14,02	785,8	4 421	1 625	557,9	2
	12,5	154,7	121,4	1,277	30 031	1 478	13,93	970,1	5 491	2 018	688,7	1
	16	196,2	154,0	1,277	37 449	1 843	13,81	1 220	6 966	2 561	866,2	1
	20	242,8	190,6	1,277	45 432	2 236	13,68	1 494	8 619	3 168	1 061	1
	25	299,6	235,1	1,277	54 702	2 692	13,51	1 821	10 634	3 909	1 293	1
	30	354,7	278,5	1,277	63 224	3 111	13,35	2 130	12 594	4 629	1 512	1
36	418,9	328,8	1,277	72 520	3 569	13,16	2 477	14 871	5 466	1 759	1	
40	460,4	361,4	1,277	78 186	3 848	13,03	2 696	16 345	6 008	1 914	1	
457	10	140,4	110,2	1,436	35 091	1 536	15,81	999,2	4 985	1 832	709,4	2
	12,5	174,6	137,0	1,436	43 145	1 888	15,72	1 235	6 197	2 278	877,0	2
	16	221,7	174,0	1,436	53 959	2 361	15,60	1 557	7 869	2 892	1 105	1
	20	274,6	215,5	1,436	65 681	2 874	15,47	1 911	9 747	3 583	1 357	1
508	10	156,5	122,8	1,596	48 520	1 910	17,61	1 240	5 554	2 041	880,5	3
	12,5	194,6	152,7	1,596	59 755	2 353	17,52	1 535	6 908	2 539	1 090	2
	16	247,3	194,1	1,596	74 909	2 949	17,40	1 937	8 779	3 227	1 375	1
	20	306,6	240,7	1,596	91 428	3 600	17,27	2 383	10 885	4 001	1 692	1

Weitere Abmessungen siehe MSH Technische Information 1

17 Quadratische MSH-Profile nach EN 10210

Abmessungen b x b mm	t mm	A cm ²	G kg/m	U m ² /m	Biegung			I _T cm ⁴	f _y = 35,5 kN/cm ²			Klasse S 355
					I _y = I _z cm ⁴	W _{el} cm ³	i _y = i _z cm		N _{pl} kN	V _{pl} kN	M _{pl} kNm	
40 x 40	4,0	5,588	4,387	0,1497	11,83	5,915	1,45	19,48	198,4	57,27	2,641	1
	5,0	6,732	5,284	0,1471	13,37	6,684	1,41	22,50	239,0	68,99	3,075	1
	6,3	8,067	6,332	0,1438	14,68	7,339	1,35	25,36	286,4	82,67	3,516	1
50 x 50	4,0	7,188	5,643	0,1897	24,97	9,990	1,86	40,39	255,2	73,67	4,357	1
	5,0	8,732	6,854	0,1871	28,88	11,55	1,82	47,56	310,0	89,48	5,158	1
	6,3	10,59	8,310	0,1838	32,76	13,10	1,76	55,19	375,8	108,5	6,037	1
60 x 60	4,0	8,788	6,899	0,2297	45,39	15,13	2,27	72,51	312,0	90,06	6,499	1
	5,0	10,73	8,424	0,2271	53,26	17,75	2,23	86,40	381,0	110,0	7,773	1
	6,3	13,11	10,29	0,2238	61,65	20,55	2,17	102,0	465,3	134,3	9,229	1
	8,0	15,95	12,52	0,2194	69,73	23,24	2,09	118,2	566,3	163,5	10,81	1
70 x 70	4,0	10,39	8,155	0,2697	74,69	21,34	2,68	118,2	368,8	106,5	9,067	1
	5,0	12,73	9,994	0,2671	88,50	25,29	2,64	142,0	452,0	130,5	10,92	1
	6,3	15,63	12,27	0,2638	103,8	29,67	2,58	169,5	554,7	160,1	13,09	1
	8,0	19,15	15,04	0,2594	119,8	34,22	2,50	199,7	679,9	196,3	15,54	1
80 x 80	4,0	11,99	9,411	0,3097	114,5	28,61	3,09	180,0	425,6	122,9	12,06	1
	5,0	14,73	11,56	0,3071	136,6	34,15	3,05	217,4	523,0	151,0	14,60	1
	6,3	18,15	14,25	0,3038	161,9	40,47	2,99	261,5	644,2	186,0	17,63	1
	8,0	22,35	17,55	0,2994	189,3	47,32	2,91	311,7	793,5	229,1	21,13	1
	10,0	26,93	21,14	0,2942	213,9	53,47	2,82	360,0	955,9	275,9	24,60	1
90 x 90	5,0	16,73	13,13	0,3471	199,6	44,35	3,45	315,5	594,0	171,5	18,81	1
	6,3	20,67	16,22	0,3438	238,3	52,95	3,40	381,8	733,7	211,8	22,83	1
	8,0	25,55	20,06	0,3394	281,5	62,55	3,32	459,0	907,1	261,9	27,56	1
	10,0	30,93	24,28	0,3342	322,3	71,61	3,23	536,0	1 098	316,9	32,40	1
100 x 100	5,0	18,73	14,70	0,3871	279,4	55,89	3,86	439,4	665,0	192,0	23,56	1
	6,3	23,19	18,20	0,3838	335,6	67,11	3,80	534,2	823,1	237,6	28,71	1
	8,0	28,75	22,57	0,3794	399,6	79,92	3,73	646,2	1 021	294,7	34,86	1
	10,0	34,93	27,42	0,3742	462,1	92,42	3,64	761,0	1 240	357,9	41,26	1
	12,5	42,07	33,03	0,3678	522,2	104,4	3,52	879,0	1 494	431,2	48,05	1
120 x 120	5,0	22,73	17,84	0,4671	497,7	82,95	4,68	776,5	807,0	233,0	34,64	1
	6,3	28,23	22,16	0,4638	602,9	100,5	4,62	950,2	1 002	289,3	42,47	1
	8,0	35,15	27,60	0,4594	726,3	121,1	4,55	1 160	1 248	360,2	51,99	1
	10,0	42,93	33,70	0,4542	852,1	142,0	4,46	1 382	1 524	439,9	62,18	1
	12,5	52,07	40,88	0,4478	981,8	163,6	4,34	1 623	1 849	533,6	73,42	1
140 x 140	6,3	33,27	26,11	0,5438	983,9	140,6	5,44	1 540	1 181	340,9	58,92	1
	8,0	41,55	32,62	0,5394	1 195	170,7	5,36	1 892	1 475	425,8	72,54	1
	10,0	50,93	39,98	0,5342	1 416	202,3	5,27	2 272	1 808	521,9	87,36	1
	12,5	62,07	48,73	0,5278	1 653	236,1	5,16	2 696	2 204	636,1	104,1	1
	16,0	76,61	60,14	0,5188	1 916	273,7	5,00	3 196	2 720	785,1	124,3	1
	20,0	91,71	71,99	0,5085	2 128	304,0	4,82	3 634	3 256	939,8	143,0	1
150 x 150	6,3	35,79	28,09	0,5838	1 223	163,1	5,85	1 909	1 270	366,7	68,15	1
	8,0	44,75	35,13	0,5794	1 491	198,7	5,77	2 351	1 589	458,6	84,09	1
	10,0	54,93	43,12	0,5742	1 773	236,4	5,68	2 832	1 950	562,9	101,5	1
	12,5	67,07	52,65	0,5678	2 080	277,4	5,57	3 375	2 381	687,4	121,4	1
	16,0	83,01	65,17	0,5588	2 430	324,0	5,41	4 026	2 947	850,7	145,8	1
	17,5	89,46	70,23	0,5549	2 553	340,4	5,34	4 267	3 176	916,8	155,0	1
20,0	99,71	78,27	0,5485	2 724	363,2	5,23	4 617	3 540	1021	168,8	1	
160 x 160	6,3	38,31	30,07	0,6238	1 499	187,4	6,26	2 333	1 360	392,6	78,05	1
	8,0	47,95	37,64	0,6194	1 831	228,9	6,18	2 880	1 702	491,4	96,49	1
	10,0	58,93	46,26	0,6142	2 186	273,2	6,09	3 478	2 092	603,9	116,8	1

Weitere Abmessungen siehe MSH Technische Information 1

Abmessungen b x b mm	t mm	A cm ²	G kg/m	U m ² /m	Biegung			f _y = 35,5 kN/cm ²			Klasse S 355	
					I _y = I _z cm ⁴	W _{el} cm ³	i _y = i _z cm	I _T cm ⁴	N _{pl} kN	V _{pl} kN		M _{pl} kNm
160 x 160	12,5	72,07	56,58	0,6078	2 576	322,0	5,98	4 158	2 559	738,6	140,1	1
	16,0	89,41	70,19	0,5988	3 028	378,5	5,82	4 988	3 174	916,3	169,0	1
	17,5	96,46	75,72	0,5949	3 191	398,9	5,75	5 299	3 424	988,6	180,1	1
	20,0	107,7	84,55	0,5885	3 422	427,8	5,64	5 760	3 824	1 104	196,8	1
180 x 180	6,3	43,35	34,03	0,7038	2 168	240,9	7,07	3 361	1 539	444,2	99,87	1
	8,0	54,35	42,67	0,6994	2 661	295,6	7,00	4 162	1 930	557,0	123,9	1
	10,0	66,93	52,54	0,6942	3 193	354,8	6,91	5 048	2 376	685,9	150,5	1
	12,5	82,07	64,43	0,6878	3 790	421,1	6,80	6 070	2 914	841,1	181,5	1
	16,0	102,2	80,24	0,6788	4 504	500,4	6,64	7 343	3 629	1 047	220,5	1
	17,5	110,5	86,71	0,6749	4 768	529,8	6,57	7 833	3 921	1 132	235,8	1
	20,0	123,7	97,11	0,6685	5 156	572,9	6,46	8 576	4 392	1 268	259,2	1
	200 x 200	6,3	48,39	37,98	0,7838	3 011	301,1	7,89	4 653	1 718	495,9	124,4
	8,0	60,75	47,69	0,7794	3 709	370,9	7,81	5 778	2 157	622,6	154,6	1
	10,0	74,93	58,82	0,7742	4 471	447,1	7,72	7 031	2 660	767,8	188,5	1
	12,5	92,07	72,28	0,7678	5 336	533,6	7,61	8 491	3 269	943,6	228,1	1
	16,0	115,0	90,29	0,7588	6 394	639,4	7,46	10 340	4 083	1 179	278,8	1
	17,5	124,5	97,70	0,7549	6 794	679,4	7,39	11 063	4 418	1 276	298,9	1
	20,0	139,7	109,7	0,7485	7 393	739,3	7,27	12 177	4 960	1 432	330,1	1
220 x 220	6,3	53,43	41,94	0,8638	4 049	368,1	8,71	6 240	1 897	547,5	151,5	3
	8,0	67,15	52,7	0,8594	5 002	454,7	8,63	7 765	2 384	688,2	188,8	1
	10,0	82,93	65,10	0,8542	6 050	550,0	8,54	9 473	2 944	849,8	230,7	1
	12,5	102,1	80,13	0,8478	7 254	659,5	8,43	11 481	3 624	1 046	280,1	1
	16,0	127,8	100,3	0,8388	8 749	795,3	8,27	14 054	4 537	1 310	344,0	1
	17,5	138,5	108,7	0,8349	9 324	847,6	8,21	15 072	4 915	1 419	369,5	1
	20,0	155,7	122,2	0,8285	10 198	927,0	8,09	16 658	5 528	1 596	409,5	1
	250 x 250	8,0	76,75	60,25	0,9794	7 455	596,4	9,86	11 525	2 725	786,6	246,5
	10,0	94,93	74,52	0,9742	9 055	724,4	9,77	14 106	3 370	972,8	302,0	1
	12,5	117,1	91,90	0,9678	10 915	873,2	9,66	17 164	4 156	1 200	368,1	1
	16,0	147,0	115,4	0,9588	13 267	1 061	9,50	21 138	5 219	1 507	454,5	1
	17,5	159,5	125,2	0,9549	14 187	1 135	9,43	22 732	5 661	1 634	489,3	1
	20,0	179,7	141,1	0,9485	15 609	1 249	9,32	25 244	6 380	1 842	544,6	1
260 x 260	8,0	79,95	62,76	1,019	8 423	647,9	10,3	13 006	2 838	819,4	267,4	2
	10,0	98,93	77,66	1,014	10 242	787,9	10,2	15 932	3 512	1 014	327,9	1
	12,5	122,1	95,83	1,008	12 365	951,1	10,1	19 409	4 334	1 251	400,1	1
	16,0	153,4	120,4	0,9988	15 061	1 159	9,91	23 942	5 446	1 572	494,7	1
	17,5	166,5	130,7	0,9949	16 121	1 240	9,84	25 766	5 909	1 706	533,0	1
	20,0	187,7	147,4	0,9885	17 766	1 367	9,73	28 650	6 664	1 924	594,0	1
300 x 300	8,0	92,75	72,81	1,179	13 128	875,2	11,9	20 194	3 293	950,5	359,6	1
	10,0	114,9	90,22	1,174	16 026	1 068	11,8	24 807	4 080	1 178	442,2	1
	12,5	142,1	111,5	1,168	19 442	1 296	11,7	30 333	5 044	1 456	541,3	1
	16,0	179,0	140,5	1,159	23 850	1 590	11,5	37 622	6 355	1 835	672,7	1
	17,5	194,5	152,7	1,155	25 608	1 707	11,5	40 587	6 903	1 993	726,4	1
	20,0	219,7	172,5	1,148	28 371	1 891	11,4	45 318	7 800	2 252	812,4	1
350 x 350	10,0	134,9	105,9	1,374	25 884	1 479	13,9	39 886	4 790	1 383	608,9	3
	12,5	167,1	131,2	1,368	31 541	1 802	13,7	48 934	5 931	1 712	747,8	1
	16,0	211,0	165,7	1,359	38 942	2 225	13,6	60 990	7 491	2 162	933,5	1
400 x 400	10,0	154,9	121,6	1,574	39 128	1 956	15,9	60 092	5 500	1 588	802,3	4
	12,5	192,1	150,8	1,568	47 839	2 392	15,8	73 906	6 819	1 968	987,6	2
	16,0	243,0	190,8	1,559	59 344	2 967	15,6	92 442	8 627	2 490	1.237	1
	20,0	299,7	235,3	1,548	71 535	3 577	15,4	112 489	10 640	491,4	1.508	1

Weitere Abmessungen siehe MSH Technische Information 1

18 Rechteckige MSH-Profile nach EN 10210

Abmessungen h x b mm	A cm ²	G kg/m	Biegung starke und schwache Achse						I _T cm ⁴	f _y = 35,5 kN/cm ²			Klasse S 355	
			I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	i _z cm		N _{pl,k} kN	M _{pl,y} kNm	M _{pl,z} kNm		
50 x 30	4,0	5,588	4,387	16,49	6,596	1,72	7,084	4,722	1,13	16,59	198,4	3,051	2,089	1-1
	5,0	6,732	5,284	18,71	7,486	1,67	7,888	5,258	1,08	18,97	239,0	3,560	2,413	1-1
60 x 40	4,0	7,188	5,643	32,83	10,94	2,14	17,03	8,517	1,54	36,66	255,2	4,909	3,663	1-1
	5,0	8,732	6,854	38,09	12,70	2,09	19,53	9,767	1,50	42,98	310,0	5,820	4,318	1-1
80 x 40	4,0	8,788	6,899	68,20	17,05	2,79	22,24	11,12	1,59	55,19	312,0	7,744	4,686	1-1
	5,0	10,73	8,424	80,28	20,07	2,74	25,70	12,85	1,55	65,05	381,0	9,275	5,560	1-1
	6,3	13,11	10,29	93,28	23,32	2,67	29,16	14,58	1,49	75,63	465,3	11,03	6,531	1-1
90 x 50	4,0	10,39	8,155	107,1	23,80	3,21	41,95	16,78	2,01	97,52	368,8	10,60	6,970	1-1
	5,0	12,73	9,994	127,3	28,28	3,16	49,21	19,69	1,97	116,4	452,0	12,78	8,353	1-1
	6,3	15,63	12,27	149,9	33,30	3,10	56,99	22,80	1,91	137,7	554,7	15,34	9,947	1-1
	8,0	19,15	15,04	173,6	38,57	3,01	64,58	25,83	1,84	160,3	679,9	18,25	11,69	1-1
100 x 50	4,0	11,19	8,783	139,6	27,92	3,53	46,19	18,48	2,03	112,8	397,2	12,51	7,623	1-1
	5,0	13,73	10,78	166,5	33,30	3,48	54,30	21,72	1,99	134,7	487,5	15,13	9,152	1-1
	6,3	16,89	13,26	197,1	39,42	3,42	63,05	25,22	1,93	159,7	599,5	18,23	10,92	1-1
	8,0	20,75	16,29	229,9	45,98	3,33	71,72	28,69	1,86	186,4	736,7	21,79	12,89	1-1
100 x 60	4,0	11,99	9,411	158,0	31,61	3,63	70,52	23,51	2,43	155,9	425,6	13,87	9,680	1-1
	5,0	14,73	11,56	189,1	37,82	3,58	83,59	27,86	2,38	187,5	523,0	16,81	11,68	1-1
	6,3	18,15	14,25	224,8	44,96	3,52	98,15	32,72	2,33	224,4	644,2	20,32	14,03	1-1
	8,0	22,35	17,55	263,8	52,77	3,44	113,3	37,78	2,25	265,4	793,5	24,40	16,71	1-1
120 x 60	4,0	13,59	10,67	248,7	41,46	4,28	83,09	27,70	2,47	200,7	482,4	18,41	11,27	1-1
	5,0	16,73	13,13	299,2	49,87	4,23	98,76	32,92	2,43	241,8	594,0	22,40	13,63	1-1
	6,3	20,67	16,22	358,3	59,71	4,16	116,4	38,80	2,37	290,0	733,7	27,21	16,44	1-1
	8,0	25,55	20,06	424,7	70,79	4,08	135,1	45,05	2,30	344,3	907,1	32,91	19,67	1-1
	10,0	30,93	24,28	488,1	81,36	3,97	151,5	50,51	2,21	395,7	1 098	38,75	22,85	1-1
120 x 80	5,0	18,73	14,70	365,4	60,90	4,42	192,9	48,24	3,21	401,3	665,0	26,48	19,92	1-1
	6,3	23,19	18,20	439,8	73,30	4,36	230,5	57,62	3,15	486,6	823,1	32,30	24,22	1-1
	8,0	28,75	22,57	525,3	87,54	4,27	272,6	68,14	3,08	586,6	1 021	39,27	29,31	1-1
	10,0	34,93	27,42	609,5	101,16	4,18	312,6	78,14	2,99	687,6	1 240	46,56	34,54	1-1
140 x 80	5,0	20,73	16,27	534,0	76,28	5,08	221,1	55,28	3,27	499,4	736,0	33,48	22,59	1-1
	6,3	25,71	20,18	645,8	92,26	5,01	264,8	66,20	3,21	606,5	912,6	40,98	27,52	1-1
	8,0	31,95	25,08	776,3	110,9	4,93	314,2	78,55	3,14	732,9	1 134	50,04	33,40	1-1
	10,0	38,93	30,56	908,1	129,7	4,83	361,9	90,47	3,05	862,1	1 382	59,67	39,51	1-1
150 x 100	5,0	23,73	18,63	738,7	98,50	5,58	392,3	78,47	4,07	806,7	842,5	42,40	31,99	1-1
	6,3	29,49	23,15	897,9	119,7	5,52	474,1	94,81	4,01	986,5	1 047	52,08	39,18	1-1
	8,0	36,75	28,85	1 087	144,9	5,44	569,3	113,9	3,94	1 203	1 305	63,92	47,92	1-1
	10,0	44,93	35,27	1 282	171,0	5,34	665,4	133,1	3,85	1 432	1 595	76,70	57,24	1-1
	12,5	54,57	42,84	1 488	198,4	5,22	763,1	152,6	3,74	1 679	1 937	90,94	67,47	1-1
160 x 80	5,0	22,73	17,84	744,0	93,00	5,72	249,3	62,32	3,31	600,0	807,0	41,20	25,25	2-1
	6,3	28,23	22,16	903,2	112,9	5,66	299,1	74,78	3,26	729,6	1 002	50,55	30,81	1-1
	8,0	35,15	27,60	1 091	136,4	5,57	355,8	88,96	3,18	883,1	1 248	61,96	37,48	1-1
	10,0	42,93	33,70	1 284	160,6	5,47	411,2	102,8	3,10	1 041	1 524	74,20	44,48	1-1
	12,5	52,07	40,88	1 485	185,7	5,34	464,7	116,2	2,99	1 204	1 849	87,76	51,98	1-1
180 x 100	5,0	26,73	20,98	1 153	128,1	6,57	460,1	92,02	4,15	1 042	949,0	55,84	37,05	3-1
	6,3	33,27	26,11	1 407	156,4	6,50	557,2	111,4	4,09	1 277	1 181	68,79	45,47	1-1
	8,0	41,55	32,62	1 713	190,4	6,42	671,1	134,2	4,02	1 560	1 475	84,77	55,76	1-1
	10,0	50,93	39,98	2 036	226,2	6,32	787,4	157,5	3,93	1 862	1 808	102,2	66,82	1-1
	12,5	62,07	48,73	2 385	265,0	6,20	907,6	181,5	3,82	2 191	2 204	122,0	79,12	1-1
	16,0	76,61	60,14	2 777	308,6	6,02	1 033	206,6	3,67	2 564	2 720	146,0	93,55	1-1
200 x 100	6,3	35,79	28,09	1 829	182,9	7,15	612,5	122,5	4,14	1 475	1 270	81,04	49,66	2-1
	8,0	44,75	35,13	2 234	223,4	7,06	739,0	147,8	4,06	1 804	1 589	100,1	60,98	1-1
	10,0	54,93	43,12	2 664	266,4	6,96	868,8	173,8	3,98	2 156	1 950	121,0	73,21	1-1
	12,5	67,07	52,65	3 136	313,6	6,84	1 004	200,8	3,87	2 541	2 381	144,9	86,88	1-1
	16,0	83,01	65,17	3 678	367,8	6,66	1 147	229,5	3,72	2 982	2 947	174,3	103,1	1-1

Weitere Abmessungen siehe MSH Technische Information 1

Abmessungen h x b mm	t mm	A cm ²	G kg/m	Biegung starke und schwache Achse						I _T cm ⁴	f _y = 35,5 kN/cm ²			Klasse S 355
				I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	i _z cm		N _{pl} kN	M _{pl,y} kNm	M _{pl,z} kNm	
200 x 100	17,5	89,46	70,23	3 870	387,0	6,58	1 194	238,8	3,65	3 137	3 176	185,5	109,1	1-1
	20,0	99,71	78,27	4 140	414,0	6,44	1 254	250,8	3,55	3 350	3 540	202,3	117,6	1-1
200 x 120	6,3	38,31	30,07	2 065	206,5	7,34	929,0	154,8	4,92	2 028	1 360	89,71	62,81	2-1
	8,0	47,95	37,64	2 529	252,9	7,26	1 128	188,1	4,85	2 495	1 702	111,0	77,44	1-1
	10,0	58,93	46,26	3 026	302,6	7,17	1 337	222,9	4,76	3 001	2 092	134,5	93,42	1-1
	12,5	72,07	56,58	3 576	357,6	7,04	1 562	260,4	4,66	3 569	2 559	161,6	111,6	1-1
	16,0	89,41	70,19	4 221	422,1	6,87	1 813	302,2	4,50	4 247	3 174	195,2	133,7	1-1
	17,5	96,46	75,72	4 455	445,5	6,80	1 900	316,7	4,44	4 496	3 424	208,2	142,0	1-1
	20,0	107,7	84,55	4 791	479,1	6,67	2 019	336,5	4,33	4 856	3 824	227,9	154,4	1-1
220 x 120	6,3	40,83	32,05	2 610	237,3	8,00	1 010	168,4	4,98	2 315	1 449	103,8	67,90	3-1
	8,0	51,15	40,16	3 203	291,2	7,91	1 229	204,8	4,90	2 850	1 816	128,6	83,80	1-1
	10,0	62,93	49,40	3 844	349,4	7,82	1 459	243,1	4,81	3 431	2 234	156,1	101,2	1-1
	12,5	77,07	60,50	4 560	414,5	7,69	1 707	284,5	4,71	4 087	2 736	188,0	121,1	1-1
	16,0	95,81	75,21	5 413	492,1	7,52	1 988	331,3	4,55	4 873	3 401	228,1	145,5	1-1
	20,0	115,7	90,83	6 185	562,3	7,31	2 222	370,3	4,38	5 589	4 108	267,5	168,6	1-1
250 x 150	6,3	48,39	37,98	4 143	331,4	9,25	1 874	249,9	6,22	4 054	1 718	142,9	100,3	4-1
	8,0	60,75	47,69	5 111	408,9	9,17	2 298	306,4	6,15	5 021	2 157	177,7	124,4	2-1
	10,0	74,93	58,82	6 174	493,9	9,08	2 755	367,3	6,06	6 090	2 660	216,8	151,2	1-1
	12,5	92,07	72,28	7 387	590,9	8,96	3 265	435,4	5,96	7 326	3 269	262,7	182,5	1-1
	16,0	115,0	90,29	8 879	710,4	8,79	3 873	516,4	5,80	8 868	4 083	321,6	221,9	1-1
	17,5	124,5	97,70	9 448	755,9	8,71	4 098	546,4	5,74	9 463	4 418	344,9	237,4	1-1
	20,0	139,7	109,7	10 306	824,5	8,59	4 427	590,3	5,63	10 368	4 960	381,3	261,1	1-1
260 x 140	6,3	48,39	37,98	4 355	335,0	9,49	1 660	237,2	5,86	3 803	1 718	145,9	94,80	4-1
	8,0	60,75	47,69	5 373	413,3	9,40	2 032	290,3	5,78	4 704	2 157	181,5	117,5	2-1
	10,0	74,93	58,82	6 490	499,3	9,31	2 432	347,4	5,70	5 698	2 660	221,4	142,7	1-1
	12,5	92,07	72,28	7 767	597,4	9,18	2 876	410,9	5,59	6 841	3 269	268,3	172,0	1-1
	16,0	115,0	90,29	9 337	718,3	9,01	3 400	485,8	5,44	8 257	4 083	328,4	208,8	1-1
	17,5	124,5	97,70	9 936	764,3	8,93	3 592	513,2	5,37	8 800	4 418	352,2	223,2	1-1
	20,0	139,7	109,7	10 838	833,7	8,81	3 872	553,1	5,26	9 619	4 960	389,4	245,2	1-1
260 x 180	6,3	53,43	41,94	5 166	397,4	9,83	2 929	325,4	7,40	5 810	1 897	168,6	130,9	4-1
	8,0	67,15	52,72	6 390	491,5	9,75	3 608	400,9	7,33	7 221	2 384	210,1	162,9	2-1
	10,0	82,93	65,10	7 741	595,5	9,66	4 351	483,4	7,24	8 798	2 944	256,9	198,8	1-1
	12,5	102,1	80,13	9 299	715,3	9,54	5 196	577,3	7,13	10 643	3 624	312,2	240,9	1-1
	16,0	127,8	100,3	11 245	865,0	9,38	6 231	692,3	6,98	12 993	4 537	383,8	295,0	1-1
	17,5	138,5	108,7	11 998	922,9	9,31	6 624	736,0	6,92	13 918	4 915	412,5	316,5	1-1
	20,0	155,7	122,2	13 147	1 011,9	9,19	7 215	801,6	6,81	15 351	5 528	457,6	350,1	1-1
300 x 200	8,0	76,75	60,25	9 717	647,8	11,3	5 184	518,4	8,22	10 562	2 725	276,9	209,1	3-1
	10,0	94,93	74,52	11 819	788,0	11,2	6 278	627,8	8,13	12 908	3 370	339,2	255,9	1-1
	12,5	117,1	91,90	14 273	951,5	11,0	7 537	753,7	8,02	15 677	4 156	413,7	311,3	1-1
	16,0	147,0	115,4	17 390	1 159,1	10,9	9 109	910,9	7,87	19 252	5 219	511,4	383,4	1-1
	17,5	159,5	125,2	18 616	1 241,1	10,8	9 717	971,7	7,81	20 677	5 661	550,9	412,3	1-1
	20,0	179,7	141,1	20 518	1 368,1	10,7	10 647	1 065,7	7,70	22 912	6 380	613,6	457,9	1-1
400 x 200	8,0	92,75	72,81	19 562	978,1	14,5	6 660	666,0	8,47	15 735	3 293	427,1	263,7	4-1
	10,0	114,9	90,22	23 914	1 196,1	14,4	8 084	808,4	8,39	19 259	4 080	525,4	323,4	4-1
	12,5	142,1	111,5	29 063	1 453,1	14,3	9 738	973,8	8,28	23 438	5 044	643,7	394,5	2-1
	16,0	179,0	140,5	35 738	1 787,1	14,1	11 824	1 182,1	8,13	28 871	6 355	800,7	487,9	1-1
450 x 250	10,0	134,9	105,9	36 895	1 640,1	16,5	14 819	1 185,1	10,5	33 284	4 790	710,0	472,4	4-1
	12,5	167,1	131,2	45 026	2 001,1	16,4	17 973	1 438,1	10,4	40 719	5 931	872,4	578,9	3-1
	16,0	211,0	165,6	55 705	2 476,1	16,2	22 041	1 763,1	10,2	50 545	7 491	1 090,0	720,3	1-1
500 x 300	10,0	154,9	121,6	53 762	2 150,1	18,6	24 439	1 629,1	12,6	52 450	5 500	921,1	648,1	4-1
	12,5	192,1	150,8	65 813	2 633,1	18,5	29 780	1 985,1	12,5	64 389	6 819	1 134,0	796,5	4-1
	16,0	243,0	190,8	81 783	3 271,1	18,3	36 768	2 451,1	12,3	80 329	8 627	1 422,0	995,3	2-1
	20,0	299,7	235,3	98 777	3 951,1	18,2	44 078	2 939,1	12,1	97 447	10 640	1 734,0	1 210,0	1-1

Weitere Abmessungen siehe MSH Technische Information 1



VALLOUREC & MANNESMANN TUBES

V & M DEUTSCHLAND GmbH

Theodorstraße 90

40472 Düsseldorf

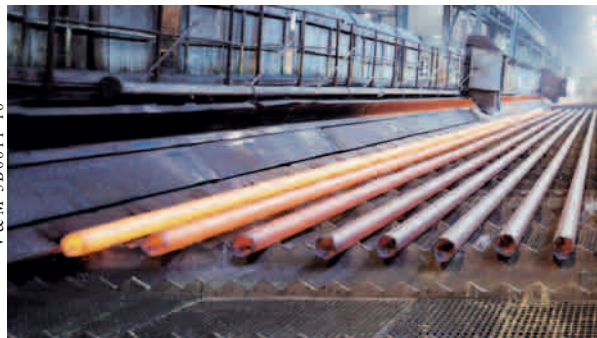
Tel. +49 (2 11) 9 60-35 80

Fax +49 (2 11) 9 60-23 73

E-Mail: info.service@vmtubes.de

www.vmtubes.de/msh

Vallourec Gruppe



V & M_3B0011-10