



## Bemessungshilfe Verbundstützen

Traglasttafeln für Verbundstützen – kalt und heiß

## Inhaltsverzeichnis

|       |   |          |
|-------|---|----------|
| 1     | Einführung  | Seite 4  |
| 2     | Tragfähigkeit von Verbundstützen im Kaltzustand für zentrischen axialen Druck | Seite 4  |
| 3     | Tragfähigkeit von Verbundstützen bei exzentrischer Belastung im Kaltzustand   | Seite 6  |
| 4     | Tragfähigkeit von Verbundstützen für höhere Temperaturen                      | Seite 7  |
| 4.1   | Thermische Analyse  | Seite 7  |
| 4.2   | Mechanische Berechnung  | Seite 8  |
| <hr/> |   |          |
| 5     | Traglasttafeln  | Seite 13 |
| 5.1   | 406,4 x 8,8 Hohlprofil (S235), HEM 200 Einstellprofil (S355)                  | Seite 13 |
| 5.2   | 406,4 x 8,8 Hohlprofil (S235), HEB 200 Einstellprofil (S355)                  | Seite 16 |
| 5.3   | 559 x 8,8 Hohlprofil (S235), HD320 x 127 Einstellprofil (S460M)               | Seite 19 |
| 5.4   | 660 x 10 Hohlprofil (S235), HD400 x 314 Einstellprofil (S460M)                | Seite 22 |
| 5.5   | 508 x 8,8 Hohlprofil (S235), HEM 260 Einstellprofil (S355)                    | Seite 25 |
| 5.6   | 508 x 8,8 Hohlprofil (S235), HEB 260 Einstellprofil (S355)                    | Seite 28 |
| 5.7   | 559 x 8,8 Hohlprofil (S235), HD 320 x 245 Einstellprofil (S460M)              | Seite 31 |
| 5.8   | 610 x 10 Hohlprofil (S235), HD360 x 134 Einstellprofil (S460M)                | Seite 34 |
| 5.9   | 610 x 10 Hohlprofil (S235), HD360 x 162 Einstellprofil (S460M)                | Seite 37 |
| 5.10  | 660 x 10 Hohlprofil (S235), HD400 x 216 Einstellprofil S460M)                 | Seite 40 |
| <hr/> |   |          |

## Impressum

Bemessungshilfe Verbundstützen  
Traglasttafeln für Verbundstützen – kalt und heiß  
Nr. B 504 a

Herausgeber:

bauforumstahl e.V. | Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf  
Postfach 104842 | 40039 Düsseldorf  
T: +49 (0)211.6707.828 | F: +49 (0)211.6707.829  
zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de  
www.facebook.com/bauforumstahl | www.stahlbauverbindet.de

Copyright © Dezember 2014 bauforumstahl e.V.

Ein Nachdruck dieser Publikation – auch auszugsweise – ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers bei deutlicher Quellenangabe gestattet.

Bei der Zusammenstellung aller Texte, Formeln, Abbildungen, Zeichnungen und Tabellen wurde mit größtmöglicher Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden.

bauforumstahl kann für fehlerhafte Angaben und deren Folgen keine Haftung übernehmen. Rechtsansprüche aus der Benutzung der bereitgestellten Daten sind daher ausgeschlossen. Für Hinweise und Verbesserungsvorschläge sind wir stets dankbar.

Autoren:

Dipl.-Ing. Marc May, ArcelorMittal Europe  
François Hanus, ArcelorMittal Global R&D Long Products

Titelbild:

Posttower Bonn, Murphy/Jahn Architects Chicago © Atelier Altenkirch

**bauen im wertstoffkreislauf 3R**  
**reduce reuse recycle bauen im**  
**wertstoffkreislauf 3R reduce re**



## 1 | Einführung

Der Einsatz von Verbundstützen mit einem ausbetonierten Hüllrohr und einem Einstellprofil hat viele Vorteile: schnelle Errichtung (keine Schalung, keine Bewehrung), hohe Tragfähigkeit bei geringen Abmessungen und ein gutes Verhalten bei Brandeinwirkungen. Hier wird eine einfache Berechnungsmethode vorgestellt, mit der die Traglast von Verbund-Hohlprofilstützen mit Einstellprofil im Kaltzustand und unter Brandeinwirkung (R60, R90 und R120) ermittelt werden kann.

Die Berechnung der Drucktragfähigkeit dieser Stützen im Kaltzustand ohne Exzentrizität erfordert keinerlei neue Entwicklung. Die vollständige vereinfachte Berechnungsmethode ist in EN 1994-1-1 festgelegt.

Für Fälle mit exzentrischer Belastung muss nach EN 1994-1-1 das N-M Interaktionsdiagramm des Querschnittes ermittelt werden. Hier wird das M-N Interaktionsdiagramm ermittelt, indem der Stützenquerschnitt in eine große Anzahl von Streifen unterteilt wird, und mit einer programmierten Vorgehensweise die inneren Schnittgrößen (M und N) für eine Vielzahl von möglichen Lagen der plastischen Nulllinie berechnet werden.

Eine ähnliche Vorgehensweise wurde zur Ermittlung der M-N Interaktionsdiagramme nach 60, 90 und 120 Minuten ISO Brand angewendet. Die Temperaturverteilung im Querschnitt wurde unter Vernachlässigung des Hüllrohres auf der Basis von isothermen Kurven nach EN 1992-1-2 für Betonstützen ermittelt. Der Beitrag des Hüllrohres wird auch bei der Berechnung von Tragfähigkeit und Steifigkeit der Stütze vernachlässigt.

Die tabellierten Werte werden für verschiedene Knicklängen angegeben. Für den Kaltzustand wurden 2,35 m, 2,52 m, 2,8 m, 3,36 m, 3,6 m und 4,0 m Knicklänge berücksichtigt. Für die Warmbemessung werden 2,35 m, 2,52 m und 2,8 m berücksichtigt. Die Knicklänge einer Verbundstütze wird hier auf 0,7 L reduziert (siehe 4.3.5 (10) in EN 1994-1-2:2005).

Die drei Berechnungsmethoden werden nachfolgend im Detail erläutert und mit Beispielen illustriert (Kapitel 2 bis 4). Die tabellierten Werte für alle berücksichtigten Abmessungen werden in Kapitel 5 angegeben. Zur Validierung der analytischen Methode wurden Vergleichsrechnungen mit dem FEM-Programm SAFIR durchgeführt (siehe die Vergleiche 5.1 bis 5.4).

## 2 | Tragfähigkeit von Verbundstützen im Kaltzustand für zentrischen axialen Druck

### Abmessungen und Materialparameter des Beispiels:

Hüllrohr: 559x8,8, Stahlgüte S235  
Einstellprofil: HD 320x245, Stahlgüte S460M  
Betonfestigkeitsklasse: C30/37  
Knicklänge: 3,6 m

### Ermittlung Bemessungswert der Druckkraft:

Plastische Tragfähigkeit des Hüllrohres:

$$t_f = 40 \text{ mm} \rightarrow f_{yk} = 430 \text{ MPa}$$

Anteil der ständigen Lasten SLS :  $N_G/N_{G+Q} = 0,8$   
(Annahme)

Anteil der ständigen Lasten ULS :

$$\left(N_G/N_{G+Q}\right)_d = \frac{\gamma_G * 0,8}{\gamma_G * 0,8 + \gamma_Q * 0,2} = 0,783$$

Kriechbeiwert für Beton bei Innenraumbedingungen  
(RH = 50%;  $h_0 = h_{0,max}$ ): 1,9  
(siehe blaue Kurve in Abbildung 1).

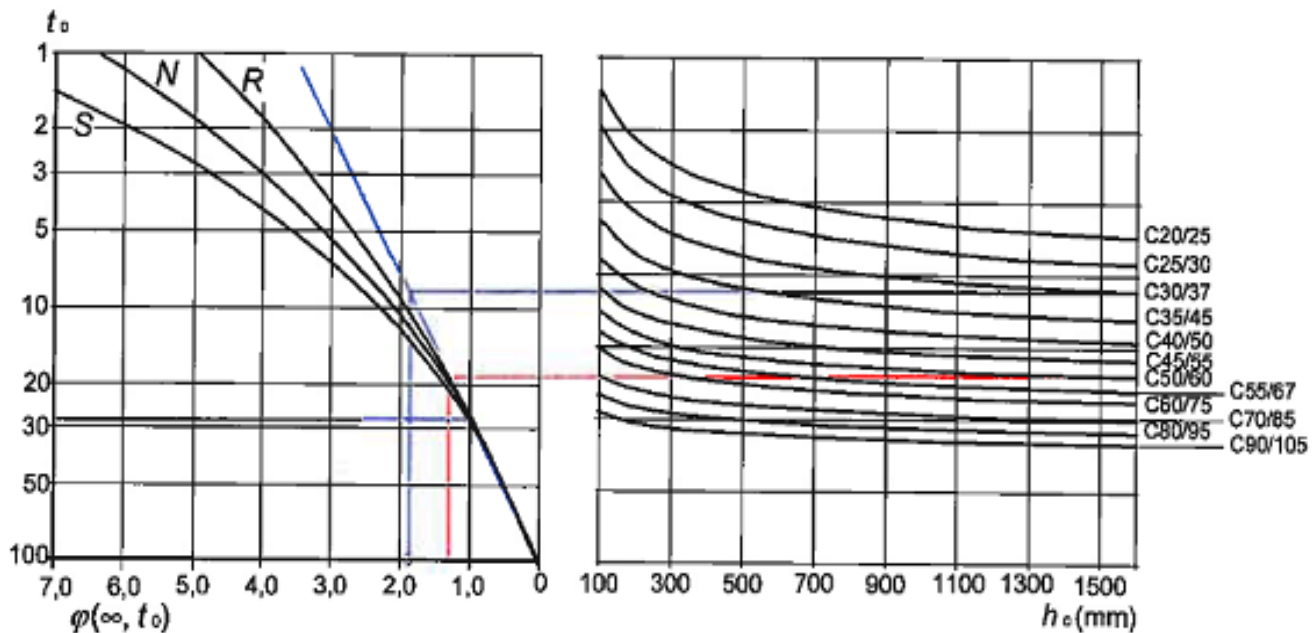


Abbildung 1: Ermittlung des Kriechbeiwertes für Beton (RH = 50%) nach EN 1992-1-1:2004

Elastizitätsmodul für Beton:

$$E_{c,eff} = E_{cm} \frac{1}{1 + (N_{G,Ed} / N_{Ed}) * \varphi_t} = 12.867 \text{ MPa}$$

Der Knicknachweis für die Verbundstütze erfolgt für die schwache Achse.

Effektive Biegesteifigkeit:

$$(EI)_{eff,z} = K_o (E_a I_{a,z} + K_{e,II} E_{c,eff} I_{c,z}) = 169.342 \text{ kNm}^2$$

Beiwerte  $K_o$  und  $K_{e,II}$  werden zu 0,9 und 0,5 angenommen, um Bauteilimperfectionen zu berücksichtigen (siehe § 6.7.3.4. EN 1994-1-1:2004).

Kritische Normalkraft, schwache Achse:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * EI_z}{L^2} = 128.962 \text{ kN}$$

Charakteristische Drucktragfähigkeit :

$$N_{pl,Rk} = A_a * f_{yd} + A_c * f_{cd} = 22.961 \text{ kN}$$

Bemessungswert Drucktragfähigkeit:

$$N_{pl,Rd} = A_a * f_{yd} / \gamma_{M,0} + A_c * f_{cd} / \gamma_c = 20.971 \text{ kN}$$

Die Erhöhung der Betonfestigkeit durch die Umschnürungswirkung wird berücksichtigt, indem der Reduktionsfaktor 0,85 für die Betonfestigkeit vernachlässigt wird (anwendbar bei allen Verbundstützen mit runden Hohlprofilen). Der Koeffizient  $\eta$ , welcher für runde Querschnitte angewendet werden kann (siehe § 6.7.3.2. (6) in EN 1994-1-1), wurde auf der sicheren Seite liegend ebenfalls vernachlässigt.

Reduzierte Schlankheit für die schwache Achse:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{cr,z}}} = 0,422$$

Imperfektionsfaktor:  $\alpha = 0,34$  (Knickkurve b nach Tabelle 6.5 in EN 1994-1-1:2004)

Knickreduktionsfaktor:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,917$$

$$\text{mit } \phi_z = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,627$$

Bemessungswert der Knicktragfähigkeit:

$$N_{b,Rd} = \chi * (A_a * f_{yd} / \gamma_{M,1} + A_c * f_{cd} / \gamma_c) = 17.819 \text{ kN}$$

### 3 | Tragfähigkeit von Verbundstützen bei exzentrischer Belastung im Kaltzustand

Die M-N Interaktionskurve wird wie folgt ermittelt:

- Diskretisierung des Querschnittes in horizontale Streifen und Ermittlung der Teilquerschnittsflächen der Materialien der einzelnen Streifen;
- Ermittlung der plastischen Normalkraft jedes Streifens für Zug und Druck;
- Ermittlung der M-N Schnittgrößen für eine Vielzahl von möglichen plastischen Nulllinien (Vollplastische Annahme);
- Darstellung der M-N Interaktionskurve unter Einbeziehung aller ermittelten M-N Paare.

Diese Vorgehensweise erfordert ein kleines Programm, um die nichtlineare M-N Interaktionskurve zu ermitteln. EN 1994-1-1 erlaubt eine vereinfachte Methode für Verbundstützen mit I-Profilen eingebettet in Beton: die nichtlineare Kurve wird durch eine polygonale Kurve ersetzt, welche durch vier Punkte definiert ist (siehe § 6.7.3.2 (5) in EN 1994-1-1:2004). In dieser Arbeit werden die Tabellenwerte mit Hilfe der nichtlinearen M-N Interaktionskurve ermittelt. Die vereinfachte polygonale Interaktionskurve wird jedoch im Berechnungsbeispiel dargestellt für schnelle Handrechnungen von Verbundquerschnitten, welche hier nicht betrachtet werden.

Eingabewerte der Beispielrechnung:

Äußeres Hüllrohr: 406,4x8,8, Stahlgüte S235  
 Einstellprofil: HEM 200, Stahlgüte S355  
 Betonfestigkeit: C50/60  
 Knicklänge: 3,36 m  
 Lastexzentrizität:  $d/10 = 40,64 \text{ mm}$

Ermittlung des Bemessungswertes der Drucktragfähigkeit:

Fließgrenze des Einstellprofils:

$$t_f = 25 \text{ mm} \rightarrow f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

Bemessungswerte der Drucktragfähigkeit:

$$N_{pl,Rd} = A_a * f_{yd} / \gamma_{M,0} + A_c * f_{cd} / \gamma_c = 10.633 \text{ kN}$$

Normalkraft Punkt C:

$$N_{pm,Rd} = A_c * f_{cd} / \gamma_c = 3.520 \text{ kN}$$

(Annahme einer polygonalen Interaktionskurve)

Zugehöriges Biegemoment Punkt C (schwache Achse): 802 kNm

Mit der nichtlinearen Interaktionskurve werden für Punkt C folgende Werte ermittelt:  $N = 3344 \text{ kN}$  und  $M = 812 \text{ kNm}$ . Abbildung 2 zeigt, dass der Unterschied zwischen nichtlinearer und polygonaler Interaktionskurve signifikant ist, besonders für die meist maßgebende schwache Achse.

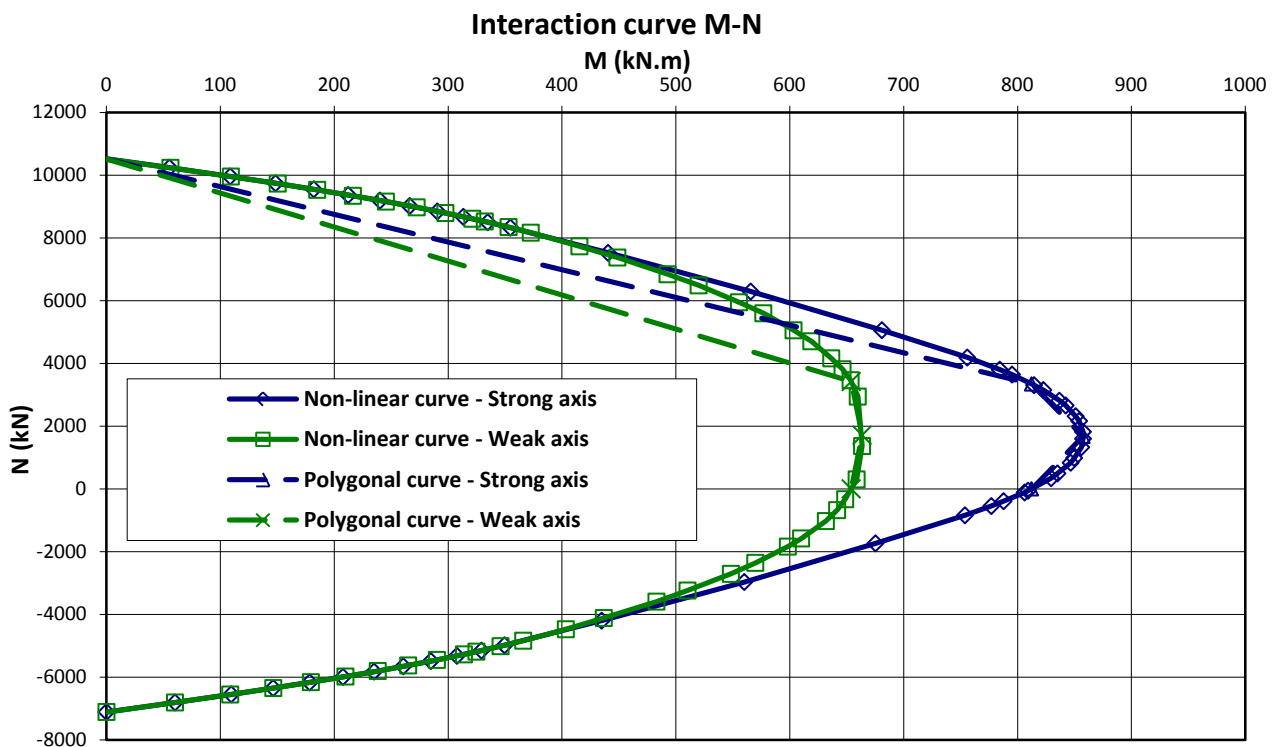


Abbildung 2 : M-N Interaktionskurve für eine Verbundstütze um die starke und die schwache Achse

Verhältnis der ständigen Lasten SLS:

$$N_G/N_{G+Q} = 0,8 \text{ (Annahme)}$$

Verhältnis der ständigen Lasten ULS :

$$(N_G/N_{G+Q})_d = \frac{\gamma_G * 0,8}{\gamma_G * 0,8 + \gamma_Q * 0,2} = 0,783$$

Kriechbeiwert für Beton bei Innenraumbedingungen

$$(RH = 50\% ; h_0 = h_{0,max}): 1;4$$

(siehe blaue Kurve in Abbildung 1).

Elastizitätsmodul für Beton:

$$E_{c,eff} = E_{cm} \frac{1}{1 + (N_{G,Ed}/N_{Ed}) * \varphi_t} = 17.656 \text{ MPa}$$

Effektive Biegesteifigkeit:

$$(EI)_{eff,z} = K_o (E_a I_{a,z} + K_{e,II} E_{c,eff} I_{c,z}) = 56.595 \text{ kNm}^2$$

Die Beiwerte  $K_o$  und  $K_{e,II}$  werden zu 0,9 und 0,5 angenommen, um die Stützeninperfektionen zu berücksichtigen (siehe § 6.7.3.4. EN 1994-1-1:2004).

Kritische Normalkraft für die schwache Achse:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * EI_z}{L^2} = 49.477 \text{ kN}$$

Gesamte Exzentrizität:

$$e = e_o + e_a = d/10 + L/200 = 40,6 + 16,8 = 57,4 \text{ mm}$$

Die unbeabsichtigte Exzentrizität  $e_a$  wird nach Tabelle 6.5 in EN 1994-1-1:2004 definiert.

Das Bemessungsmoment nach Theorie 1. Ordnung (um die schwache Achse) für  $N_{Sd} = 6.000 \text{ kN}$  (Annahme):

$$M_{z,Sd,1} = N_{Sd} * e = 344 \text{ kNm}$$

Faktor zur Berücksichtigung der Effekte nach Theorie 2. Ordnung:

$$k = \frac{\beta}{1 - N_{Ed}/N_{cr,eff,z}} = 0,75 \geq 1 \rightarrow k = 1$$

Das Bemessungsmoment nach Theorie 2. Ordnung (um die schwache Achse) für  $N_{Sd} = 6.000 \text{ kN}$  (Annahme):

$$M_{z,Sd,2} = M_{z,Sd,1} * k = 344 \text{ kNm}$$

Plastisches Biegemoment für  $N = N_{Sd}$ :

$$M_{pl,N,Rd} = 461 \text{ kNm}$$

Nachweis um die schwache Achse:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,N,Rd,z}} = 0,75 \leq \alpha_M = 0,9$$

Der Koeffizient  $\alpha_M$  ist 0,9 für die Stahlgüten S235 oder S355 und 0,8 für S420 oder S460.

Der Nachweis zeigt, dass die Tragfähigkeit der Verbundstützen mit einer Exzentrizität  $e_o = d/10$  größer ist als 6000 kN. Iterativ wird  $N_{Rd} = 7.224 \text{ kN}$  ermittelt.

## 4 | Tragfähigkeit von Verbundstützen für erhöhte Temperaturen

Eingabewerte der Beispielrechnung:

Äußeres Hüllrohr: 559x8,8, Stahlgüte S235  
Einstellprofil: HD 320x127, Stahlgüte S460M  
Betonfestigkeit: C50/60  
Knicklänge: 0,7 \* 3,6m = 2,52m  
Lastexzentrizität:  $d/10 = 40,64 \text{ mm}$

### 4.1 | Thermische Analyse

Die Verteilung der Temperatur im Querschnitt hat einen direkten Einfluss auf die plastische Tragfähigkeit des Verbundstützenquerschnittes und die Biegesteifigkeit. Um die Berechnung so einfach wie möglich zu halten, werden die Temperaturprofile aus EN 1992-1-2:2004 - Anhang A für runde Stützen (Abbildung A-17 bis A-20;  $d = 300 \text{ mm}$ ) wie folgt verwendet:

- Der umgebende Beton, der Temperaturen oberhalb von 500°C ausgesetzt ist, wird entfernt und bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Die Stärke des entfernten Betonumfanges beträgt 27 mm, 37 mm bzw. 50 mm für R60, R90 bzw. R120 (siehe EN 1992-1-2:2004 Abbildung A-20).
- Die Temperatur des Einstellprofils wird als gleichmäßig angenommen und nach den Abbildungen A-17 bis A-19 abgeschätzt für die Betondeckung der Flansche im Abstand  $b/4$  von den Flanschaußenkanten.
- Die Temperatur des verbleibenden Betonquerschnittes, ohne den entfernten äußeren Umfang, wird gleich der Temperatur des Einstellprofils angenommen.

Diese vereinfachte Vorgehensweise überschätzt die Querschnittstemperaturen leicht, weil die Temperaturprofile in EN 1992-1-2:2004 von 300 mm großen Rundstützen ohne Einstellprofile ausgehen.

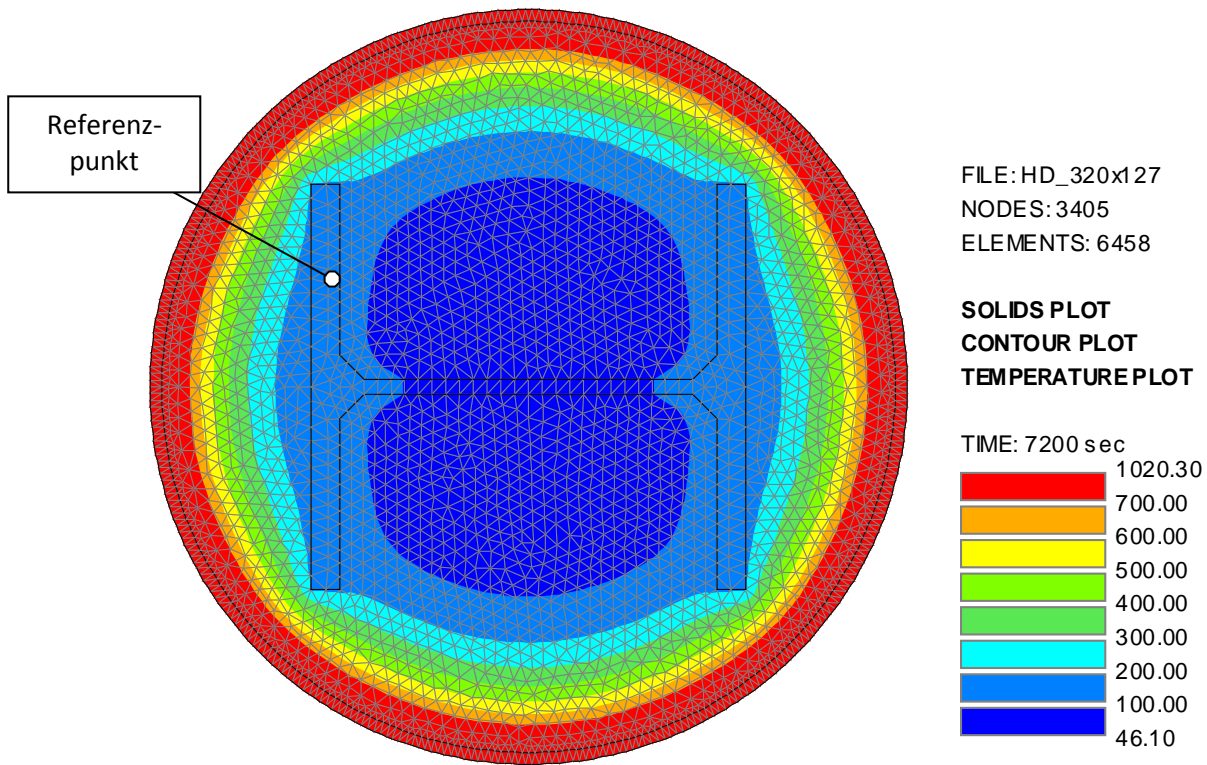


Abbildung 3: Temperaturverteilung einer 559 mm Durchmesser Verbundstütze nach 120 Minuten

In großen Querschnitten führt der gleiche Wärmeeintrag in den Stützenkern (Einstellprofil und verbliebener Beton) zu signifikant geringeren Temperaturen als mit den Eurocode-Temperaturprofilen ermittelt wird. Dieser Effekt ist ausgeprägter für große Stützen, massive Einstellprofile und lange Branddauern.

Beim hier betrachteten Beispiel führt die thermische Simulation mit SAFIR zu Querschnittstemperaturen von 68°C (statt mit Temperaturprofilen ermittelten 84°C), 113°C (statt 143°C) und 158°C (statt 272°C) nach 60, 90 bzw. 120 Minuten ISO-Brand.

Annahmen für die SAFIR Simulationen:

Konvektionskoeffizient warmer Oberflächen:  
 25 W/mK

Konvektionskoeffizient kalter Oberflächen: 4 W/mK

Emissionsvermögen von Stahl: 0,7

Spezifische Masse von Beton einschließlich Feuchtigkeitsgehalt: 2400 kg/m<sup>3</sup>

Feuchtigkeitsgehalt von Beton:  
 96 kg/m<sup>3</sup> (4%)

Leitfähigkeit von Beton: unterer Grenzwert nach EN 1992-1-2:2004 § 3.3.3.

**4.2 | Mechanische Berechnung**

Für erhöhte Temperatur gibt es keine Berechnungsmethode in der aktuellen Version des Eurocodes, die sich auf die Tragfähigkeit von Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen mit Einstellprofilen unter zentrischer oder exzentrischer Druckbelastung bezieht. Der informative Anhang H, welcher diese Art von Verbundstützen behandelt, wurde von den europäischen Behörden wegen unsicheren Bemessungsergebnissen abgelehnt.

Die hier nachfolgend vorgestellte Berechnungsmethode, auf der auch die Tabellenwerte beruhen, basiert auf der Vorgehensweise für Stützen unter exzentrischer Belastung bei Raumtemperaturen sowie auf Empfehlungen der europäischen Normen für Stahl- und Betonstrukturen unter Brandbelastung (EN 1991-1-2:2002, EN 1992-1-2:2004, EN 1993-1-2:2005 und EN 1994-1-2:2005).



Die M-N Interaktionskurven für den verbleibenden Querschnitt (ohne Hohlprofil und außergefallenen äußeren Betonumfang) nach 60, 90 und 120 Minuten ISO-Brandwerten ähnlich berechnet wie bei Raumtemperaturen. Aber die im Eurocode angegebenen Spannungs-Dehnungs-Diagramme von Stahl und Beton bei erhöhten Temperaturen sind nichtlinear. Folgende vereinfachende Annahmen wurden gemacht:

- Das vereinfachte Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Stahl ist elastisch-plastisch mit einem Fließplateau für die Spannung:

$$\sigma_a = \frac{(k_{p,\theta} + k_{y,\theta}) f_{yk}}{2 * \gamma_{M,fi}}$$

Der Elastizitätsmodul, berücksichtigt für die Berechnung der Biegesteifigkeit der Stützen, ist  $E_{a,\theta} = k_{E,\theta} * E_{a,20^\circ C}$  (siehe Abbildung 4).

- Das vereinfachte Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Beton ist elastisch-plastisch mit einem Fließplateau für die Spannung:

$$\sigma_c = \frac{0,85 f_{c,\theta}}{\gamma_{M,fi}}$$

Der Elastizitätsmodul, berücksichtigt für die Berechnung der Biegesteifigkeit, ergibt sich aus  $\sigma_c$  und der zugehörigen Dehnung nach EN 1992-1-2 (siehe Abbildung 5).

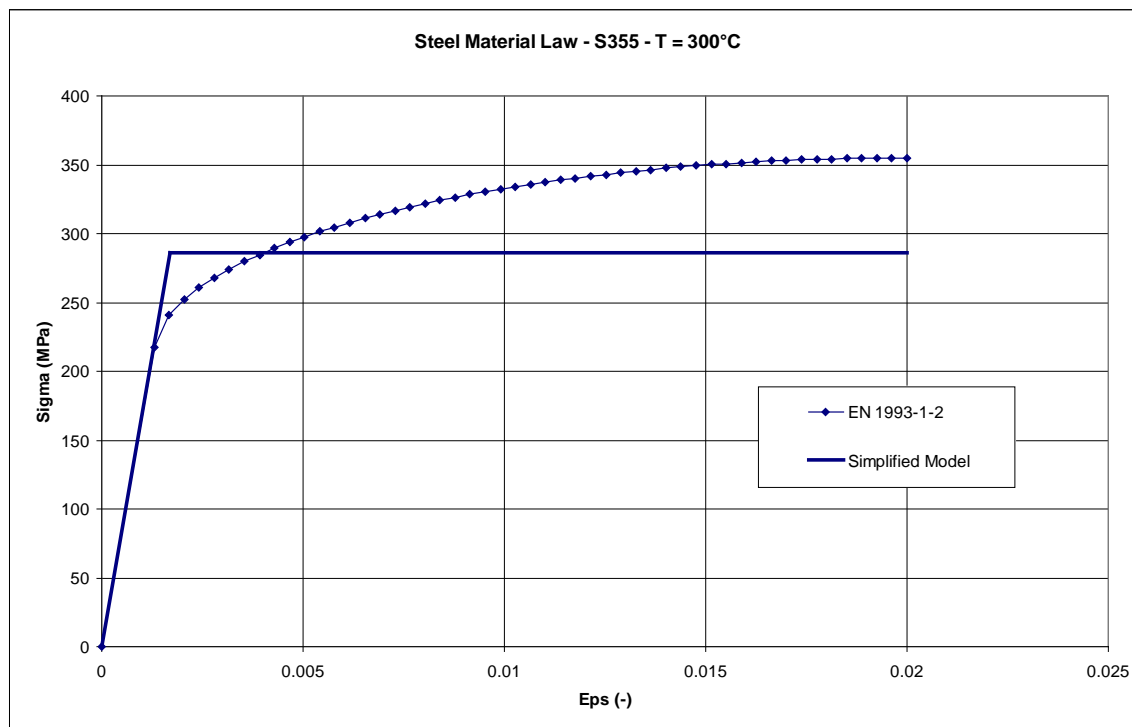


Abbildung 4: Vergleich der Spannungs-Dehnungs-Diagramme für Stahl nach EN 1993-1-2 und der vereinfachten Annahmen ( S355 – T = 300°C)

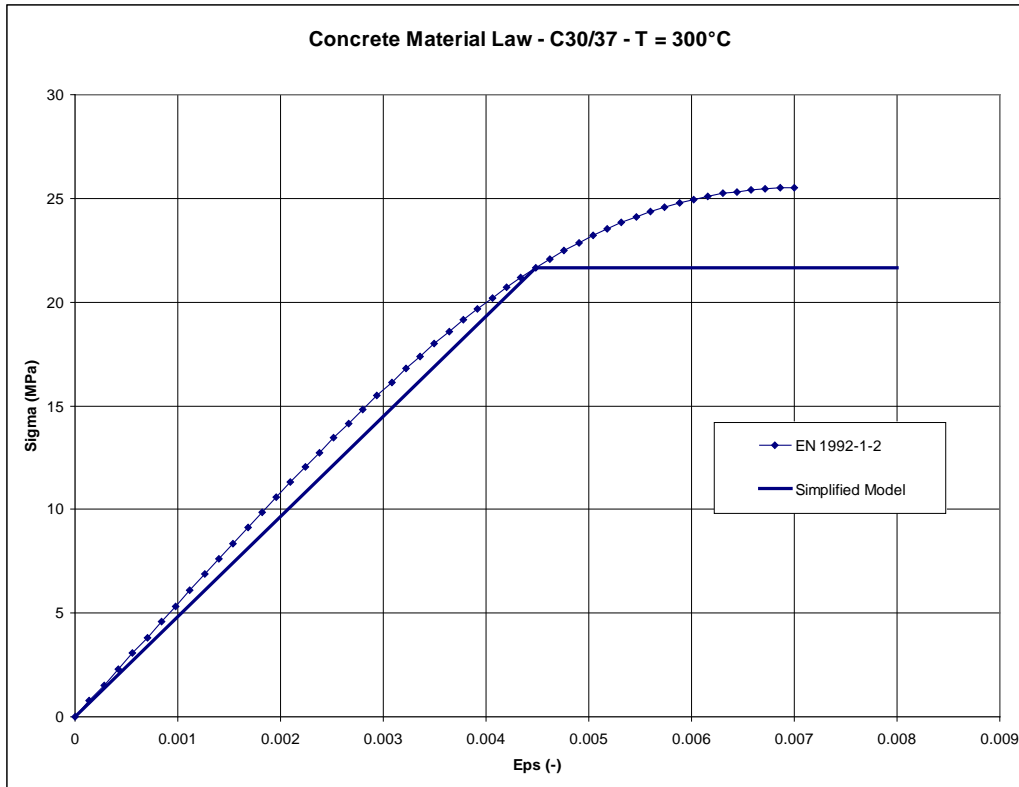


Abbildung 5: Vergleich der Spannungs-Dehnungs-Diagramme für Beton nach EN 1992-1-2 und der vereinfachten Annahmen (Betonfestigkeitsklasse C30/37 – T = 300°C)

Ermittlung des Bemessungswertes der Drucktragfähigkeit:

Fließgrenze des Einstellprofils:  $t_f = 20,5 \text{ mm} \rightarrow f_{yk} = 440 \text{ MPa}$

$$T_{a,60} = T_{c,60} = 84^\circ\text{C} \quad ; \quad T_{a,90} = T_{c,90} = 143^\circ\text{C} \quad ; \quad T_{a,120} = T_{c,120} = 271^\circ\text{C}$$

$$\sigma_{a,60} = \frac{(k_{p,\theta} + k_{y,\theta}) f_{yk}}{2 * \gamma_{M,fi}} = 440 \text{ MPa} \quad ; \quad \sigma_{a,90} = 422 \text{ MPa} \quad ; \quad \sigma_{a,120} = 367 \text{ MPa}$$

$$E_{a,60} = k_{E,\theta} E_{a,20^\circ\text{C}} = 210.000 \text{ MPa} \quad ; \quad E_{a,90} = 200.965 \text{ MPa} \quad ; \quad E_{a,120} = 17.3982 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,60} = \frac{0.85 f_{c,\theta}}{\gamma_{M,fi}} = 25,5 \text{ MPa} \quad ; \quad \sigma_{c,90} = 25,0 \text{ MPa} \quad ; \quad \sigma_{c,120} = 22,4 \text{ MPa}$$

$$E_{cm,60} = k_{E,\theta} E_{a,20^\circ\text{C}} = 4.091 \text{ MPa} \quad ; \quad E_{cm,90} = 4.086 \text{ MPa} \quad ; \quad E_{cm,120} = 4.076 \text{ MPa}$$

Der Berechnungsablauf für 120 Minuten ISO-Brand ist nachfolgend detailliert beschrieben. Der Ablauf für 60 oder 90 Minuten ISO-Brand ist identisch.

Bemessungstraglast für zentrischen Druck:

$$N_{pl,120,Rd} = \frac{A_a * \sigma_{a,120}}{\gamma_{M,fi}} + \frac{A_c * \sigma_{c,120}}{\gamma_{c,fi}} = 8.527 \text{ kN}$$

Normalkraft Punkt C:

$$N_{pm,Rd} = A_c * f_{cd} / \gamma_c = 2.606 \text{ kN}$$

(Annahme einer polygonalen Kurve)

Zugehöriges Biegemoment für Punkt C (schwache Achse): 484 kNm

Die Werte für Punkt C sind für das nichtlineare Interaktionsdiagramm N = 2.988 kN und M = 483 kNm.

Abbildung 6 zeigt, dass der Unterschied zwischen nichtlinearem und polygonalem Interaktionsdiagramm um die schwache Achse nach 120 Minuten ISO-Brand signifikant ist.

Abbildung 7 zeigt die nichtlinearen Interaktionsdiagramme um die schwache Achse für normale und erhöhte Temperaturen für den Beispiel-Querschnitt.

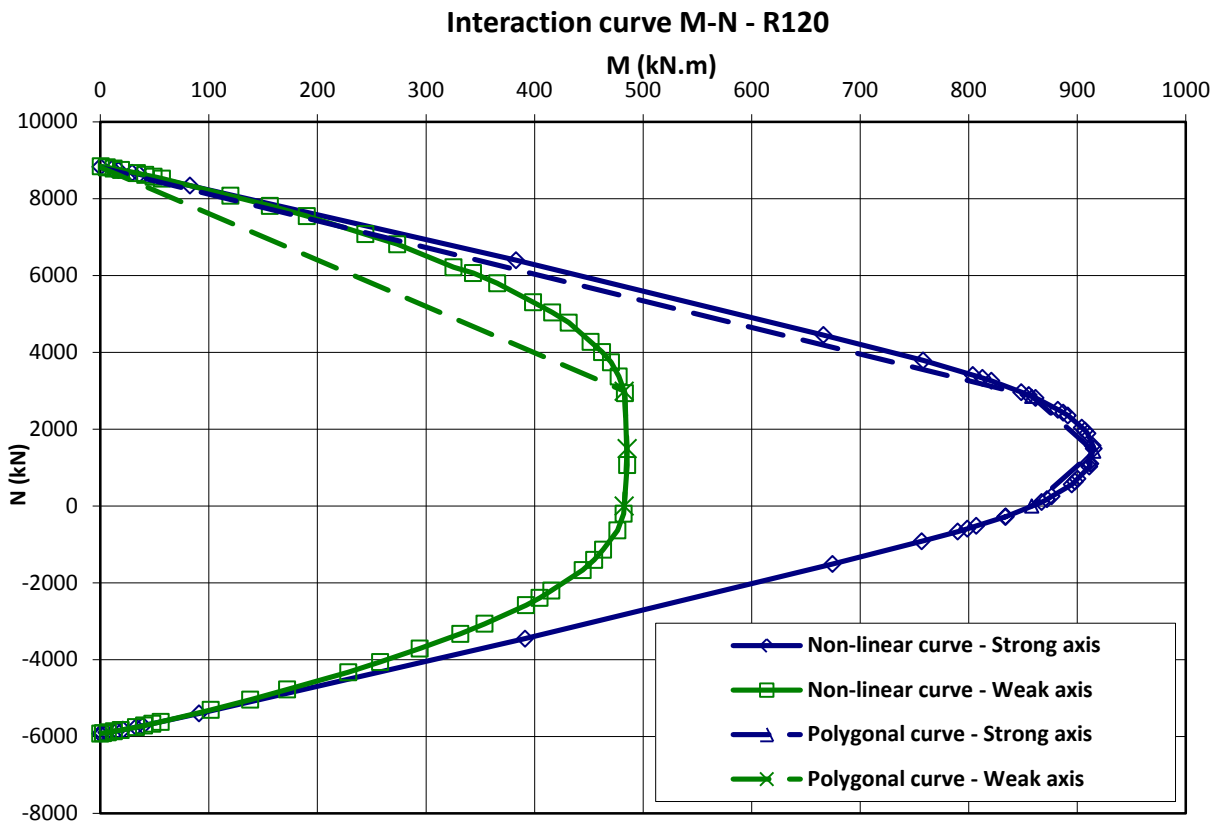


Abbildung 6 : M-N Interaktionsdiagramm für Verbundstützen nach 120 Minuten ISO-Brand - starke und schwache Achse

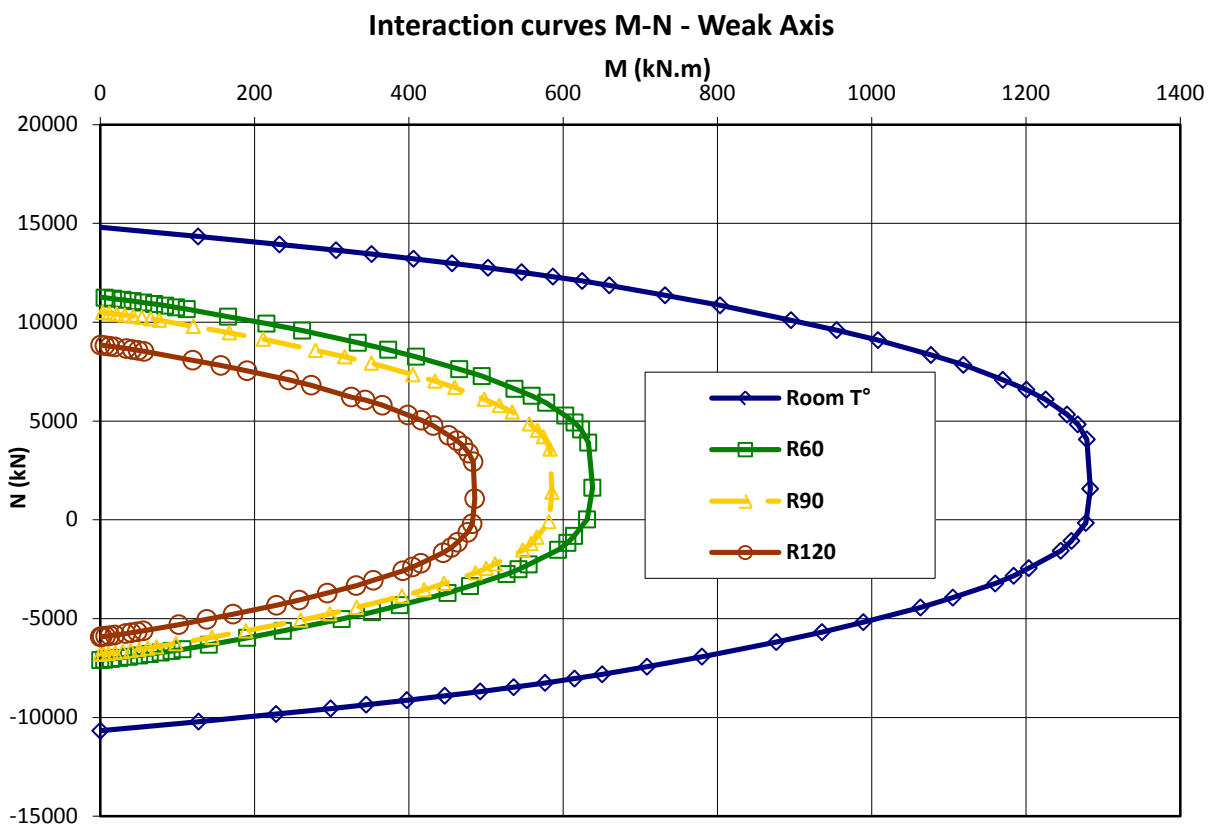


Abbildung 7 : M-N Interaktionsdiagramm für Verbundstützen -kalt und erhöhte Temperaturen

Effektive Biegesteifigkeit:

$$(EI)_{eff,z,120} = K_o (E_{a,120} I_{a,z} + K_{e,II} E_{cm,120} I_{c,z}) = 20.963 \text{ kNm}^2$$

Die Beiwerte  $K_o$  und  $K_{e,II}$  werden zu 0,9 und 1 angenommen.

Kritische Normalkraft für die schwache Achse:

$$N_{cr,z,120} = \frac{\pi^2 * EI_{z,120}}{L^2} = 32.581 \text{ kN}$$

Gesamte Exzentrizität:

$$e = e_o + e_a = d/10 + L/500 = 40,6 + 16,8 = 61 \text{ mm}$$

Die unbeabsichtigte Exzentrizität  $e_a$  wird zu  $L/500$ , statt zu  $L/1000$  angenommen, um damit die Effekte von Eigenspannungen abzudecken.

Theorie 1. Ordnung Biegemoment (schwache Achse) für  $N_{Sd} = 5.000 \text{ kN}$  (Annahme):

$$M_{z,Sd,1} = N_{Sd} * e = 305 \text{ kNm}$$

Faktor für Theorie 2. Ordnung Effekte:

$$k = \frac{\beta}{1 - N_{Ed}/N_{cr,eff,z}} = 0,78 \geq 1 \rightarrow k = 1$$

Theorie 1. Ordnung Biegemoment (schwache Achse) für  $N_{Sd} = 5.000 \text{ kN}$  (Annahme):

$$M_{z,Sd,2} = M_{z,Sd,1} * k = 305 \text{ kNm}$$

Plastisches Biegemoment des Querschnittes für

$$N = N_{Sd}: M_{pl,N,Rd} = 401 \text{ kNm}$$

Querschnittsnachweis für die schwache Achse:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,N,Rd,z}} = 0,76 \leq \alpha_M = 0,8$$

Der Koeffizient  $\alpha_M$  ist 0,9 für S235 oder S355 und 0,8 für S420 oder S460 Stahlgüten bei erhöhten Temperaturen.

Der Querschnittsnachweis zeigt, dass die Tragfähigkeit für die Verbundstützen mit einer Exzentrizität  $e_o = d/10$  größer als 5.000 kN ist. Iterativ wird ein Wert von  $N_{Rd,120} = 5.265 \text{ kN}$  ermittelt.

Die Berechnungsmethode, die hier vorgestellt wird, wurde nicht für Verbundstützen mit einem Durchmesser von weniger als 400 mm entwickelt. Bei SAFIR-Vergleichsrechnungen für Verbundstützen mit einem Durchmesser von weniger als 400 mm wurde festgestellt, dass die Methode hier unsicher sein kann.

## 5 | Traglasttafeln

### 5.1 | 406,4 x 8,8 Hüllprofil (S235), HEM200 Einstellprofil (S355)

| Knicklänge L = 2,35 m                                      |               |       |                               |
|--|---------------|-------|-------------------------------|
| 406,4 x 8,8 Hüllrohr (S235), HEM 200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |
| Beton-<br>festigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          |
| C30/37   | 0             | kalt  | <b>8.189</b>                  |
|  |               | R60   | <b>5.932</b>                  |
|  |               | R90   | <b>5.223</b>                  |
|  |               | R120  | <b>4.403</b>                  |
| C30/37   | d/10          | kalt  | <b>6.580</b>                  |
|  |               | R60   | <b>3.843</b>                  |
|  |               | R90   | <b>3.357</b>                  |
|  |               | R120  | <b>2.810</b>                  |
| C30/37   | d/5           | kalt  | <b>4.929</b>                  |
|  |               | R60   | <b>2.507</b>                  |
|  |               | R90   | <b>2.188</b>                  |
|  |               | R120  | <b>1.826</b>                  |
| C50/60   | 0             | kalt  | <b>9.441</b>                  |
|  |               | R60   | <b>7.059</b>                  |
|  |               | R90   | <b>6.139</b>                  |
|  |               | R120  | <b>5.056</b>                  |
| C50/60   | d/10          | kalt  | <b>7.501</b>                  |
|  |               | R60   | <b>4.640</b>                  |
|  |               | R90   | <b>3.984</b>                  |
|  |               | R120  | <b>3.243</b>                  |
| C50/60   | d/5           | kalt  | <b>55.853</b>                 |
|  |               | R60   | <b>3.007</b>                  |
|  |               | R90   | <b>2.573</b>                  |
|  |               | R120  | <b>2.085</b>                  |

| Knicklänge L = 2,52 m                                      |               |       |                               |                  |       |
|--|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4 x 8,8 Hüllrohr (S235), HEM 200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37   | 0             | kalt  | <b>8.113</b>                  | 8.193            | 0,99  |
|  |               | R60   | <b>5.880</b>                  | 5.892            | 1,00  |
|  |               | R90   | <b>5.175</b>                  | 5.123            | 1,01  |
|  |               | R120  | <b>4.363</b>                  | 4.439            | 0,98  |
| C30/37   | d/10          | kalt  | <b>6.537</b>                  | 6.744            | 0,97  |
|  |               | R60   | <b>3.828</b>                  | 4.152            | 0,92  |
|  |               | R90   | <b>3.344</b>                  | 3.684            | 0,91  |
|  |               | R120  | <b>2.799</b>                  | 3.258            | 0,86  |
| C30/37   | d/5           | kalt  | <b>4.902</b>                  | 5.211            | 0,94  |
|  |               | R60   | <b>2.499</b>                  | 3.023            | 0,83  |
|  |               | R90   | <b>2.180</b>                  | 2.705            | 0,81  |
|  |               | R120  | <b>1.819</b>                  | 2.416            | 0,75  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                    |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEM200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>9.344</b>                  | 9.467            | 0,99  |
|   |               | R60   | <b>6.983</b>                  | 7.344            | 0,95  |
|   |               | R90   | <b>6.067</b>                  | 6.369            | 0,95  |
|   |               | R120  | <b>4.998</b>                  | 5.508            | 0,91  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>7.455</b>                  | 7.786            | 0,96  |
|   |               | R60   | <b>4.622</b>                  | 5.241            | 0,88  |
|   |               | R90   | <b>3.968</b>                  | 4.583            | 0,87  |
|   |               | R120  | <b>3.230</b>                  | 4.006            | 0,81  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>5.549</b>                  | 5.974            | 0,93  |
|   |               | R60   | <b>2.996</b>                  | 3.788            | 0,79  |
|   |               | R90   | <b>2.565</b>                  | 3.342            | 0,77  |
|   |               | R120  | <b>2.077</b>                  | 2.948            | 0,70  |

| Knicklänge L= 2,8 m                                     |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEM200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>7.985</b>                  | 8.036            | 0,99  |
|   |               | R60   | <b>5.765</b>                  | 5.652            | 1,02  |
|   |               | R90   | <b>5.073</b>                  | 4.835            | 1,05  |
|   |               | R120  | <b>4.277</b>                  | 4.127            | 1,04  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>6.473</b>                  | 6.626            | 0,98  |
|   |               | R60   | <b>3.797</b>                  | 3.925            | 0,97  |
|   |               | R90   | <b>3.318</b>                  | 3.444            | 0,96  |
|   |               | R120  | <b>2.781</b>                  | 3.014            | 0,92  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>4.855</b>                  | 5.202            | 0,93  |
|   |               | R60   | <b>2.486</b>                  | 2.903            | 0,86  |
|   |               | R90   | <b>2.168</b>                  | 2.568            | 0,84  |
|   |               | R120  | <b>1.810</b>                  | 2.269            | 0,80  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>9.180</b>                  | 9.291            | 0,99  |
|   |               | R60   | <b>6.790</b>                  | 7.068            | 0,96  |
|   |               | R90   | <b>5.898</b>                  | 6.022            | 0,98  |
|   |               | R120  | <b>4.867</b>                  | 5.101            | 0,95  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>7.378</b>                  | 7.650            | 0,96  |
|   |               | R60   | <b>4.382</b>                  | 4.965            | 0,88  |
|   |               | R90   | <b>3.782</b>                  | 4.286            | 0,88  |
|   |               | R120  | <b>3.107</b>                  | 3.700            | 0,84  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>5.492</b>                  | 5.966            | 0,92  |
|   |               | R60   | <b>2.981</b>                  | 3.642            | 0,82  |
|   |               | R90   | <b>2.550</b>                  | 3.169            | 0,80  |
|   |               | R120  | <b>2.067</b>                  | 2.762            | 0,75  |

| Knicklänge L= 3,36 m                                    |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEM200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>7.713</b>                  | 7.692            | 1,00  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>6.343</b>                  | 6.354            | 1,00  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.768</b>                  | 5.122            | 0,93  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>8.828</b>                  | 8.904            | 0,99  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>7.224</b>                  | 7.336            | 0,98  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>5.385</b>                  | 5.878            | 0,92  |

| Knicklänge L= 3,6 m                                     |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEM200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>7.590</b>                  | 7.562            | 1,00  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>6.287</b>                  | 6.227            | 1,01  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.730</b>                  | 5.052            | 0,94  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>8.666</b>                  | 8.726            | 0,99  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>7.157</b>                  | 7.192            | 1,00  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>5.338</b>                  | 5.798            | 0,92  |

| Knicklänge L= 4 m                                       |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEM200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>7.372</b>                  | 7.249            | 1,02  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>6.193</b>                  | 6.006            | 1,03  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.665</b>                  | 4.915            | 0,95  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>8.380</b>                  | 8.410            | 1,00  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>7.052</b>                  | 6.937            | 1,02  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>5.266</b>                  | 5.638            | 0,93  |

## 5.2 | 406,4x8,8 Hohlprofil (S235), HEB200 Einstellprofil (S355)

| Knicklänge L= 2,35 m                                    |               |       |                               |
|---|---------------|-------|-------------------------------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEB200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>6.811</b>                  |
|   |               | R60   | <b>4.466</b>                  |
|   |               | R90   | <b>3.936</b>                  |
|   |               | R120  | <b>3.246</b>                  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>5.535</b>                  |
|   |               | R60   | <b>2.885</b>                  |
|   |               | R90   | <b>2.515</b>                  |
|   |               | R120  | <b>2.047</b>                  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>4.226</b>                  |
|   |               | R60   | <b>1.837</b>                  |
|   |               | R90   | <b>1.591</b>                  |
|   |               | R120  | <b>1.290</b>                  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>8.139</b>                  |
|   |               | R60   | <b>5.652</b>                  |
|   |               | R90   | <b>4.919</b>                  |
|   |               | R120  | <b>3.962</b>                  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>6.511</b>                  |
|   |               | R60   | <b>3.702</b>                  |
|   |               | R90   | <b>3.180</b>                  |
|   |               | R120  | <b>2.527</b>                  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>4.916</b>                  |
|   |               | R60   | <b>2.355</b>                  |
|   |               | R90   | <b>2.002</b>                  |
|   |               | R120  | <b>1.569</b>                  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                    |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEB200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>6.753</b>                  | 6.784            | 1,00  |
|   |               | R60   | <b>4.423</b>                  | 4.576            | 0,97  |
|   |               | R90   | <b>3.892</b>                  | 4.008            | 0,97  |
|   |               | R120  | <b>3.208</b>                  | 3.453            | 0,93  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>5.504</b>                  | 5.682            | 0,97  |
|   |               | R60   | <b>2.873</b>                  | 3.191            | 0,90  |
|   |               | R90   | <b>2.505</b>                  | 2.809            | 0,89  |
|   |               | R120  | <b>2.039</b>                  | 2.449            | 0,83  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>4.202</b>                  | 4.506            | 0,93  |
|   |               | R60   | <b>1.830</b>                  | 2.279            | 0,80  |
|   |               | R90   | <b>1.586</b>                  | 2.024            | 0,78  |



| Knicklänge L= 2,52 m                                    |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEB200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>8.059</b>                  | 8.118            | 0,99  |
|   |               | R60   | <b>5.563</b>                  | 6.121            | 0,91  |
|   |               | R90   | <b>4.832</b>                  | 5.339            | 0,91  |
|   |               | R120  | <b>3.890</b>                  | 4.643            | 0,84  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>6.472</b>                  | 6.778            | 0,95  |
|   |               | R60   | <b>3.567</b>                  | 4.339            | 0,82  |
|   |               | R90   | <b>3.064</b>                  | 3.756            | 0,82  |
|   |               | R120  | <b>2.445</b>                  | 3.238            | 0,76  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>4.887</b>                  | 5.322            | 0,92  |
|   |               | R60   | <b>2.347</b>                  | 3.067            | 0,77  |
|   |               | R90   | <b>1.995</b>                  | 2.677            | 0,75  |
|   |               | R120  | <b>1.563</b>                  | 2.329            | 0,67  |

| Knicklänge L= 2,8 m                                     |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEB200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>6.654</b>                  | 6.666            | 1,00  |
|   |               | R60   | <b>4.317</b>                  | 4.394            | 0,98  |
|   |               | R90   | <b>3.790</b>                  | 3.787            | 1,00  |
|   |               | R120  | <b>3.124</b>                  | 3.192            | 0,98  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>5.453</b>                  | 5.596            | 0,97  |
|   |               | R60   | <b>2.775</b>                  | 3.012            | 0,92  |
|   |               | R90   | <b>2.414</b>                  | 2.617            | 0,92  |
|   |               | R120  | <b>1.971</b>                  | 2.254            | 0,87  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>4.164</b>                  | 4.498            | 0,93  |
|   |               | R60   | <b>1.820</b>                  | 2.188            | 0,83  |
|   |               | R90   | <b>1.577</b>                  | 1.920            | 0,82  |
|   |               | R120  | <b>1.278</b>                  | 1.672            | 0,76  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>7.926</b>                  | 7.979            | 0,99  |
|   |               | R60   | <b>5.316</b>                  | 5.889            | 0,90  |
|   |               | R90   | <b>4.607</b>                  | 5.055            | 0,91  |
|   |               | R120  | <b>3.721</b>                  | 4.281            | 0,87  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>6.409</b>                  | 6.674            | 0,96  |
|   |               | R60   | <b>3.335</b>                  | 4.106            | 0,81  |
|   |               | R90   | <b>2.862</b>                  | 3.501            | 0,82  |
|   |               | R120  | <b>2.287</b>                  | 2.975            | 0,77  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>4.842</b>                  | 5.314            | 0,91  |
|   |               | R60   | <b>2.333</b>                  | 2.945            | 0,79  |
|   |               | R90   | <b>1.982</b>                  | 2.534            | 0,78  |
|   |               | R120  | <b>1.553</b>                  | 2.175            | 0,71  |

| Knicklänge L= 3,36 m                                    |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEB200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>6.447</b>                  | 6.410            | 1,01  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>5.350</b>                  | 5.394            | 0,99  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.090</b>                  | 4.446            | 0,92  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>7.640</b>                  | 7.478            | 1,02  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>6.282</b>                  | 6.432            | 0,98  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.752</b>                  | 5.254            | 0,90  |

| Knicklänge L= 3,6 m                                     |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEB200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>6.353</b>                  | 6.294            | 1,01  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>5.306</b>                  | 5.301            | 1,00  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.061</b>                  | 4.398            | 0,92  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>7.510</b>                  | 7.541            | 1,00  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>6.230</b>                  | 6.318            | 0,99  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.715</b>                  | 5.195            | 0,91  |

| Knicklänge L= 4 m                                       |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 406,4x8,8 Hüllrohr (S235), HEB200 Einstellprofil (S355) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                    | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>6.189</b>                  | 6.087            | 1,02  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>5.235</b>                  | 5.136            | 1,02  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.010</b>                  | 4.298            | 0,93  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>7.279</b>                  | 7.299            | 1,00  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>6.143</b>                  | 6.119            | 1,00  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>4.654</b>                  | 5.072            | 0,92  |

### 5.3 | 559x8,8 Hohlprofil (S235), HD320x127 Einstellprofil (S460M)

| Knicklänge L= 2,35 m                                      |               |       |                               |
|---|---------------|-------|-------------------------------|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x127 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>12.527</b>                 |
|   |               | R60   | <b>9.494</b>                  |
|   |               | R90   | <b>8.811</b>                  |
|   |               | R120  | <b>7.357</b>                  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>9.794</b>                  |
|   |               | R60   | <b>6.342</b>                  |
|   |               | R90   | <b>5.834</b>                  |
|   |               | R120  | <b>4.810</b>                  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>7.370</b>                  |
|   |               | R60   | <b>4.133</b>                  |
|   |               | R90   | <b>3.785</b>                  |
|   |               | R120  | <b>3.109</b>                  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>15.091</b>                 |
|   |               | R60   | <b>12.209</b>                 |
|   |               | R90   | <b>11.227</b>                 |
|   |               | R120  | <b>9.257</b>                  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>11.712</b>                 |
|   |               | R60   | <b>8.239</b>                  |
|   |               | R90   | <b>7.494</b>                  |
|   |               | R120  | <b>6.075</b>                  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>8.719</b>                  |
|   |               | R60   | <b>5.321</b>                  |
|   |               | R90   | <b>4.806</b>                  |
|   |               | R120  | <b>3.874</b>                  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                      |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x127 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>13.631</b>                 | 13.439           | 1,01  |
|   |               | R60   | <b>10.923</b>                 | 11.705           | 0,93  |
|   |               | R90   | <b>10.176</b>                 | 11.105           | 0,92  |
|   |               | R120  | <b>8.540</b>                  | 10.468           | 0,82  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>10.245</b>                 | 10.674           | 0,96  |
|   |               | R60   | <b>6.851</b>                  | 8.316            | 0,82  |
|   |               | R90   | <b>6.337</b>                  | 7.896            | 0,80  |
|   |               | R120  | <b>5.265</b>                  | 7.447            | 0,71  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>7.389</b>                  | 8.024            | 0,92  |
|   |               | R60   | <b>4.292</b>                  | 5.611            | 0,76  |
|   |               | R90   | <b>3.956</b>                  | 5.375            | 0,74  |
|   |               | R120  | <b>3.278</b>                  | 5.120            | 0,64  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                      |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x127 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>16.270</b>                 | 16.110           | 1,01  |
|   |               | R60   | <b>13.629</b>                 | 15.170           | 0,90  |
|   |               | R90   | <b>12.584</b>                 | 14.338           | 0,88  |
|   |               | R120  | <b>10.435</b>                 | 13.506           | 0,77  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>12.041</b>                 | 12.834           | 0,94  |
|   |               | R60   | <b>8.631</b>                  | 10.922           | 0,79  |
|   |               | R90   | <b>7.884</b>                  | 10.271           | 0,77  |
|   |               | R120  | <b>6.447</b>                  | 9.622            | 0,67  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>8.582</b>                  | 9.568            | 0,90  |
|   |               | R60   | <b>5.353</b>                  | 7.322            | 0,73  |
|   |               | R90   | <b>4.864</b>                  | 6.925            | 0,70  |
|   |               | R120  | <b>3.956</b>                  | 6.542            | 0,60  |

| Knicklänge L= 2,8 m                                       |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x127 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>13.478</b>                 | 13.238           | 1,02  |
|   |               | R60   | <b>10.881</b>                 | 11.524           | 0,94  |
|   |               | R90   | <b>10.135</b>                 | 10.878           | 0,93  |
|   |               | R120  | <b>8.501</b>                  | 10.176           | 0,84  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>10.158</b>                 | 10.624           | 0,96  |
|   |               | R60   | <b>6.818</b>                  | 8.157            | 0,84  |
|   |               | R90   | <b>6.304</b>                  | 7.685            | 0,82  |
|   |               | R120  | <b>5.239</b>                  | 7.200            | 0,73  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>7.331</b>                  | 8.018            | 0,91  |
|   |               | R60   | <b>4.275</b>                  | 5.596            | 0,76  |
|   |               | R90   | <b>3.938</b>                  | 5.356            | 0,74  |
|   |               | R120  | <b>3.262</b>                  | 5.088            | 0,64  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>16.067</b>                 | 15.886           | 1,01  |
|   |               | R60   | <b>13.536</b>                 | 14.957           | 0,90  |
|   |               | R90   | <b>12.490</b>                 | 14.060           | 0,89  |
|   |               | R120  | <b>10.355</b>                 | 13.183           | 0,79  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>11.938</b>                 | 12.778           | 0,93  |
|   |               | R60   | <b>8.590</b>                  | 10.770           | 0,80  |
|   |               | R90   | <b>7.846</b>                  | 10.044           | 0,78  |
|   |               | R120  | <b>6.415</b>                  | 9.342            | 0,69  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>8.514</b>                  | 9.559            | 0,89  |
|   |               | R60   | <b>5.329</b>                  | 7.305            | 0,73  |
|   |               | R90   | <b>4.842</b>                  | 6.902            | 0,70  |
|   |               | R120  | <b>3.940</b>                  | 6.513            | 0,60  |

| Knicklänge L= 3,36 m                                      |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x127 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>13.163</b>                 | 12.826           | 1,03  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>9.992</b>                  | 10.424           | 0,96  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>7.216</b>                  | 8.002            | 0,90  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>15.646</b>                 | 15.422           | 1,01  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>11.736</b>                 | 12.544           | 0,94  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>8.381</b>                  | 9.538            | 0,88  |

| Knicklänge L= 3,6 m                                       |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x127 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>13.023</b>                 | 12.646           | 1,03  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>9.920</b>                  | 10.315           | 0,96  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>7.172</b>                  | 7.990            | 0,90  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>15.457</b>                 | 15.215           | 1,02  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>11.655</b>                 | 12.416           | 0,94  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>8.325</b>                  | 9.527            | 0,87  |

| Knicklänge L= 4 m   |               |       |                               |                  |       |
|---|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x127 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|   |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>12.783</b>                 | 12.340           | 1,04  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>9.804</b>                  | 10.114           | 0,97  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>7.093</b>                  | 7.972            | 0,89  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>15.131</b>                 | 14.866           | 1,02  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>11.513</b>                 | 12.176           | 0,95  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>8.230</b>                  | 9.510            | 0,87  |

## 5.4 | 660x10 Hohlprofil (S235), HD400x314 Einstellprofil (S460M)

| Knicklänge L = 2,35 m                                    |               |       |                               |
|--|---------------|-------|-------------------------------|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x314 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>22.405</b>                 |
|  |               | R60   | <b>18.945</b>                 |
|  |               | R90   | <b>18.485</b>                 |
|  |               | R120  | <b>17.908</b>                 |
| C30/37   | d/10          | Kalt  | <b>17.432</b>                 |
|  |               | R60   | <b>13.089</b>                 |
|  |               | R90   | <b>12.721</b>                 |
|  |               | R120  | <b>12.282</b>                 |
| C30/37   | d/5           | Kalt  | <b>13.055</b>                 |
|  |               | R60   | <b>9.020</b>                  |
|  |               | R90   | <b>8.755</b>                  |
|  |               | R120  | <b>8.420</b>                  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>25.999</b>                 |
|  |               | R60   | <b>22.599</b>                 |
|  |               | R90   | <b>21.843</b>                 |
|  |               | R120  | <b>20.897</b>                 |
| C50/60   | d/10          | Kalt  | <b>19.961</b>                 |
|  |               | R60   | <b>15.673</b>                 |
|  |               | R90   | <b>15.063</b>                 |
|  |               | R120  | <b>14.330</b>                 |
| C50/60   | d/5           | Kalt  | <b>14.852</b>                 |
|  |               | R60   | <b>10.709</b>                 |
|  |               | R90   | <b>10.270</b>                 |
|  |               | R120  | <b>9.721</b>                  |

| Knicklänge L = 2,52 m                                    |               |       |                               |                  |       |
|--|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x314 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>25.548</b>                 | 25.374           | 1,01  |
|  |               | R60   | <b>22.530</b>                 | 23.646           | 0,95  |
|  |               | R90   | <b>22.064</b>                 | 22.887           | 0,96  |
|  |               | R120  | <b>21.482</b>                 | 21.999           | 0,98  |
| C30/37   | d/10          | Kalt  | <b>18.985</b>                 | 19.103           | 0,99  |
|  |               | R60   | <b>14.826</b>                 | 17.068           | 0,87  |
|  |               | R90   | <b>14.478</b>                 | 16.674           | 0,87  |
|  |               | R120  | <b>14.056</b>                 | 16.206           | 0,87  |
| C30/37   | d/5           | Kalt  | <b>13.645</b>                 | 13.858           | 0,98  |
|  |               | R60   | <b>9.842</b>                  | 12.176           | 0,81  |
|  |               | R90   | <b>9.602</b>                  | 11.897           | 0,81  |
|  |               | R120  | <b>9.306</b>                  | 11.561           | 0,80  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                     |               |       |                               |                  |       |
|--|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x314 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>29.086</b>                 | 28.846           | 1,01  |
|  |               | R60   | <b>26.187</b>                 | 28.382           | 0,92  |
|  |               | R90   | <b>25.423</b>                 | 27.369           | 0,93  |
|  |               | R120  | <b>24.467</b>                 | 26.292           | 0,93  |
| C50/60   | d/10          | Kalt  | <b>21.379</b>                 | 21.952           | 0,97  |
|  |               | R60   | <b>17.279</b>                 | 20.521           | 0,84  |
|  |               | R90   | <b>16.697</b>                 | 19.857           | 0,84  |
|  |               | R120  | <b>15.991</b>                 | 19.188           | 0,83  |
| C50/60   | d/5           | Kalt  | <b>15.248</b>                 | 15.870           | 0,96  |
|  |               | R60   | <b>11.370</b>                 | 14.498           | 0,78  |
|  |               | R90   | <b>10.971</b>                 | 14.044           | 0,78  |
|  |               | R120  | <b>10.488</b>                 | 13.565           | 0,77  |

| Knicklänge L= 2,8 m                                      |               |       |                               |                  |       |
|--|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x314 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>25.294</b>                 | 24.994           | 1,01  |
|  |               | R60   | <b>22.450</b>                 | 23.402           | 0,96  |
|  |               | R90   | <b>21.987</b>                 | 22.589           | 0,97  |
|  |               | R120  | <b>21.406</b>                 | 21.632           | 0,99  |
| C30/37   | d/10          | Kalt  | <b>18.850</b>                 | 19.080           | 0,99  |
|  |               | R60   | <b>14.775</b>                 | 17.035           | 0,87  |
|  |               | R90   | <b>14.428</b>                 | 16.575           | 0,87  |
|  |               | R120  | <b>14.002</b>                 | 16.023           | 0,87  |
| C30/37   | d/5           | Kalt  | <b>13.557</b>                 | 13.850           | 0,98  |
|  |               | R60   | <b>9.808</b>                  | 12.160           | 0,81  |
|  |               | R90   | <b>9.568</b>                  | 11.876           | 0,81  |
|  |               | R120  | <b>9.273</b>                  | 11.536           | 0,80  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>28.775</b>                 | 28.479           | 1,01  |
|  |               | R60   | <b>26.107</b>                 | 28.114           | 0,93  |
|  |               | R90   | <b>25.341</b>                 | 27.025           | 0,94  |
|  |               | R120  | <b>24.380</b>                 | 25.898           | 0,94  |
| C50/60   | d/10          | Kalt  | <b>21.218</b>                 | 21.926           | 0,97  |
|  |               | R60   | <b>17.219</b>                 | 20.489           | 0,84  |
|  |               | R90   | <b>16.639</b>                 | 19.794           | 0,84  |
|  |               | R120  | <b>15.929</b>                 | 19.031           | 0,84  |
| C50/60   | d/5           | Kalt  | <b>15.148</b>                 | 15.854           | 0,96  |
|  |               | R60   | <b>11.330</b>                 | 14.476           | 0,78  |
|  |               | R90   | <b>10.933</b>                 | 14.021           | 0,78  |
|  |               | R120  | <b>10.457</b>                 | 13.538           | 0,77  |

| Knicklänge L= 3,36 m                                     |               |       |                               |                  |       |
|--|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x314 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>24.775</b>                 | 24.254           | 1,02  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>18.578</b>                 | 18.907           | 0,98  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>13.381</b>                 | 13.826           | 0,97  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>28.137</b>                 | 27.726           | 1,01  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>20.911</b>                 | 21.750           | 0,96  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>14.949</b>                 | 15.823           | 0,94  |

| Knicklänge L= 3,6 m                                      |               |       |                               |                  |       |
|--|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x314 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>24.546</b>                 | 23.936           | 1,03  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>18.463</b>                 | 18.774           | 0,98  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>13.299</b>                 | 13.814           | 0,96  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>27.855</b>                 | 27.394           | 1,02  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>20.781</b>                 | 21.599           | 0,96  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>14.856</b>                 | 15.810           | 0,94  |

| Knicklänge L= 4 m  |               |       |                               |                  |       |
|--|---------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x314 Einstellprofil (S460M) |               |       |                               |                  |       |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN) |                  | Ratio |
|  |               |       | Vereinfachte Methode          | Safir Simulation |       |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>24.156</b>                 | 23.406           | 1,03  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>18.273</b>                 | 18.500           | 0,99  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>13.177</b>                 | 13.794           | 0,96  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>27.371</b>                 | 26.831           | 1,02  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>20.566</b>                 | 21.294           | 0,97  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>14.718</b>                 | 15.783           | 0,93  |



## 5.5 | 508x8,8 Hohlprofil (S235), HEM260 Einstellprofil (S355)

| Knicklänge L= 2,35 m                                  |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEM260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>12.820</b>   |
|   |               | R60   | <b>10.397</b>   |
|   |               | R90   | <b>9.604</b>  |
|   |               | R120  | <b>8.081</b>  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>10.083</b>   |
|   |               | R60   | <b>6.862</b>  |
|   |               | R90   | <b>6.299</b>  |
|   |               | R120  | <b>5.264</b>  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>7.476</b>  |
|   |               | R60   | <b>4.544</b>  |
|   |               | R90   | <b>4.160</b>  |
|   |               | R120  | <b>3.472</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>14.872</b>   |
|   |               | R60   | <b>12.434</b>   |
|   |               | R90   | <b>11.373</b>   |
|   |               | R120  | <b>9.439</b>  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>11.565</b>   |
|   |               | R60   | <b>8.286</b>  |
|   |               | R90   | <b>7.509</b>  |
|   |               | R120  | <b>6.159</b>  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>8.510</b>  |
|   |               | R60   | <b>5.459</b>  |
|   |               | R90   | <b>4.929</b>  |
|   |               | R120  | <b>4.032</b>  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                  |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEM260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>12.725</b>   |
|   |               | R60   | <b>9.765</b>  |
|   |               | R90   | <b>9.421</b>  |
|   |               | R120  | <b>8.993</b>  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>9.594</b>  |
|   |               | R60   | <b>6.302</b>  |
|   |               | R90   | <b>6.020</b>  |
|   |               | R120  | <b>5.698</b>  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>7.074</b>  |
|   |               | R60   | <b>4.092</b>  |
|   |               | R90   | <b>3.904</b>  |
|   |               | R120  | <b>3.683</b>  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                  |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEM260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>14.751</b>   |
|   |               | R60   | <b>11.832</b>   |
|   |               | R90   | <b>11.268</b>   |
|   |               | R120  | <b>10.573</b>   |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>11.082</b>   |
|   |               | R60   | <b>7.755</b>  |
|   |               | R90   | <b>7.288</b>  |
|   |               | R120  | <b>6.749</b>  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>8.126</b>  |
|   |               | R60   | <b>5.013</b>  |
|   |               | R90   | <b>4.694</b>  |
|   |               | R120  | <b>4.325</b>  |

| Knicklänge L= 2,8 m                                   |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEM260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>12.565</b>   |
|   |               | R60   | <b>9.718</b>  |
|   |               | R90   | <b>9.367</b>  |
|   |               | R120  | <b>8.931</b>  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>9.509</b>  |
|   |               | R60   | <b>6.272</b>  |
|   |               | R90   | <b>5.991</b>  |
|   |               | R120  | <b>5.671</b>  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>7.019</b>  |
|   |               | R60   | <b>4.075</b>  |
|   |               | R90   | <b>3.888</b>  |
|   |               | R120  | <b>3.667</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>14.547</b>   |
|   |               | R60   | <b>11.728</b>   |
|   |               | R90   | <b>11.161</b>   |
|   |               | R120  | <b>10.463</b>   |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>10.983</b>   |
|   |               | R60   | <b>7.716</b>  |
|   |               | R90   | <b>7.251</b>  |
|   |               | R120  | <b>6.714</b>  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>8.058</b>  |
|   |               | R60   | <b>4.989</b>  |
|   |               | R90   | <b>4.674</b>  |
|   |               | R120  | <b>4.306</b>  |

| Knicklänge L= 3,36 m                                  |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEM260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>12.234</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>9.342</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>6.907</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>14.122</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>10.788</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>7.925</b>  |

| Knicklänge L= 3,6 m                                   |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEM260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>12.086</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>9.273</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>6.862</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>13.930</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>10.708</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>7.868</b>  |

| Knicklänge L= 4 m                                     |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEM260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>11.829</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>9.162</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>6.786</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>13.596</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>10.579</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>7.776</b>  |

## 5.6 | 508x8,8 Hohlprofil (S235 Steel Grade), HEB260 Einstellprofil (S355 Steel Grade)

| Knicklänge L = 2,35 m                                 |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEB260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>9.996</b>  |
|   |               | R60   | <b>7.255</b>  |
|   |               | R90   | <b>6.781</b>  |
|   |               | R120  | <b>5.591</b>  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>7.978</b>  |
|   |               | R60   | <b>4.776</b>  |
|   |               | R90   | <b>4.416</b>  |
|   |               | R120  | <b>3.595</b>  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>6.035</b>  |
|   |               | R60   | <b>3.075</b>  |
|   |               | R90   | <b>2.828</b>  |
|   |               | R120  | <b>2.285</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>12.191</b>   |
|   |               | R60   | <b>9.447</b>  |
|   |               | R90   | <b>8.728</b>  |
|   |               | R120  | <b>7.101</b>  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>9.552</b>  |
|   |               | R60   | <b>6.301</b>  |
|   |               | R90   | <b>5.735</b>  |
|   |               | R120  | <b>4.586</b>  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>7.146</b>  |
|   |               | R60   | <b>4.017</b>  |
|   |               | R90   | <b>3.629</b>  |
|   |               | R120  | <b>2.874</b>  |

| Knicklänge L = 2,52 m                                 |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEB260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>9.927</b>  |
|   |               | R60   | <b>6.866</b>  |
|   |               | R90   | <b>6.528</b>  |
|   |               | R120  | <b>6.111</b>  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>7.683</b>  |
|   |               | R60   | <b>4.450</b>  |
|   |               | R90   | <b>4.172</b>  |
|   |               | R120  | <b>3.832</b>  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>5.812</b>  |
|   |               | R60   | <b>2.806</b>  |
|   |               | R90   | <b>2.615</b>  |
|   |               | R120  | <b>2.391</b>  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                  |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEB260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>12.097</b>   |
|   |               | R60   | <b>9.043</b>  |
|   |               | R90   | <b>8.480</b>  |
|   |               | R120  | <b>7.790</b>  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>9.273</b>  |
|   |               | R60   | <b>5.990</b>  |
|   |               | R90   | <b>5.528</b>  |
|   |               | R120  | <b>4.961</b>  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>6.921</b>  |
|   |               | R60   | <b>3.750</b>  |
|   |               | R90   | <b>3.429</b>  |
|   |               | R120  | <b>3.056</b>  |

| Knicklänge L= 2,8 m                                   |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEB260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>9.813</b>  |
|   |               | R60   | <b>6.820</b>  |
|   |               | R90   | <b>6.476</b>  |
|   |               | R120  | <b>6.051</b>  |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>7.625</b>  |
|   |               | R60   | <b>4.426</b>  |
|   |               | R90   | <b>4.149</b>  |
|   |               | R120  | <b>3.811</b>  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>5.766</b>  |
|   |               | R60   | <b>2.792</b>  |
|   |               | R90   | <b>2.603</b>  |
|   |               | R120  | <b>2.380</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>11.939</b>   |
|   |               | R60   | <b>8.938</b>  |
|   |               | R90   | <b>8.371</b>  |
|   |               | R120  | <b>7.676</b>  |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>9.199</b>  |
|   |               | R60   | <b>5.954</b>  |
|   |               | R90   | <b>5.485</b>  |
|   |               | R120  | <b>4.929</b>  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>6.865</b>  |
|   |               | R60   | <b>3.731</b>  |
|   |               | R90   | <b>3.411</b>  |
|   |               | R120  | <b>3.042</b>  |

| Knicklänge L= 3,36 m                                  |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEB260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>9.578</b>  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>7.509</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>5.680</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>11.612</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>9.048</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>6.760</b>  |

| Knicklänge L= 3,6 m                                   |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEB260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>9.474</b>  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>7.461</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>5.642</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>11.465</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>8.986</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>6.717</b>  |

| Knicklänge L= 4 m                                     |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 508x8,8 Hüllrohr (S235), HEB260 Einstellprofil (S355) |               |       |   |
| Betonfestigkeit                                       | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>9.294</b>  |
|   | d/10          | Kalt  | <b>7.377</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>5.582</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>11.210</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>8.880</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>6.642</b>  |

## 5.7 | 559x8,8 Hohlprofil (S235), HD320x245 Einstellprofil (S460M)

| Knicklänge L= 2,35 m                                      |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x245 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit   | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>18.903</b>   |
|   |               | R60   | <b>16.602</b>   |
|   |               | R90   | <b>15.184</b>   |
|   |               | R120  | <b>13.046</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>13.927</b>   |
|   |               | R60   | <b>10.537</b>   |
|   |               | R90   | <b>9.588</b>  |
|   |               | R120  | <b>8.210</b>  |
|   | d/5           | Kalt  | <b>9.854</b>  |
|   |               | R60   | <b>6.828</b>  |
|   |               | R90   | <b>6.212</b>  |
|   |               | R120  | <b>5.308</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>21.360</b>   |
|   |               | R60   | <b>19.081</b>   |
|   |               | R90   | <b>17.341</b>   |
|   |               | R120  | <b>14.715</b>   |
| C50/60  | d/10          | Kalt  | <b>15.606</b>   |
|   |               | R60   | <b>12.190</b>   |
|   |               | R90   | <b>10.985</b>   |
|   |               | R120  | <b>9.262</b>  |
| C50/60  | d/5           | Kalt  | <b>10.985</b>   |
|   |               | R60   | <b>7.842</b>  |
|   |               | R90   | <b>7.070</b>  |
|   |               | R120  | <b>5.945</b>  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                      |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x245 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit   | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>18.762</b>   |
|   |               | R60   | <b>16.559</b>   |
|   |               | R90   | <b>15.142</b>   |
|   |               | R120  | <b>13.010</b>   |
| C30/37  | d/10          | Kalt  | <b>13.851</b>   |
|   |               | R60   | <b>10.507</b>   |
|   |               | R90   | <b>9.561</b>  |
|   |               | R120  | <b>8.187</b>  |
| C30/37  | d/5           | Kalt  | <b>9.808</b>  |
|   |               | R60   | <b>6.811</b>  |
|   |               | R90   | <b>6.197</b>  |
|   |               | R120  | <b>5.295</b>  |

| <b>Knicklänge L= 2,52 m</b>                                      |                      |              |   |
|--|----------------------|--------------|---|
| <b>559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x245 Einstellprofil (S460M)</b> |                      |              |   |
| <b>Beton-<br/>festigkeit</b>                                     | <b>Exzentrizität</b> | <b>Brand</b> | <b>Traglast N<sub>rd</sub> (kN)</b><br>Vereinfachte Methode |
| C50/60   | 0                    | Kalt         | <b>21.189</b>   |
|  |                      | R60          | <b>19.037</b>   |
|  |                      | R90          | <b>17.298</b>   |
|  |                      | R120         | <b>14.675</b>   |
| C50/60   | d/10                 | Kalt         | <b>15.514</b>   |
|  |                      | R60          | <b>12.151</b>   |
|  |                      | R90          | <b>10.954</b>   |
|  |                      | R120         | <b>9.236</b>  |
| C50/60   | d/5                  | Kalt         | <b>10.933</b>   |
|  |                      | R60          | <b>7.823</b>  |
|  |                      | R90          | <b>7.052</b>  |
|  |                      | R120         | <b>5.930</b>  |

| <b>Knicklänge L= 2,8 m</b>                                       |                      |              |   |
|--|----------------------|--------------|---|
| <b>559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x245 Einstellprofil (S460M)</b> |                      |              |   |
| <b>Beton-<br/>festigkeit</b>                                     | <b>Exzentrizität</b> | <b>Brand</b> | <b>Traglast N<sub>rd</sub> (kN)</b><br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0                    | Kalt         | <b>18.526</b>   |
|  |                      | R60          | <b>16.485</b>   |
|  |                      | R90          | <b>15.074</b>   |
|  |                      | R120         | <b>12.952</b>   |
| C30/37   | d/10                 | Kalt         | <b>13.724</b>   |
|  |                      | R60          | <b>10.457</b>   |
|  |                      | R90          | <b>9.515</b>  |
|  |                      | R120         | <b>8.148</b>  |
| C30/37   | d/5                  | Kalt         | <b>9.732</b>  |
|  |                      | R60          | <b>6.786</b>  |
|  |                      | R90          | <b>6.174</b>  |
|  |                      | R120         | <b>5.275</b>  |
| C50/60   | 0                    | Kalt         | <b>20.903</b>   |
|  |                      | R60          | <b>18.964</b>   |
|  |                      | R90          | <b>17.227</b>   |
|  |                      | R120         | <b>14.608</b>   |
| C50/60   | d/10                 | Kalt         | <b>15.372</b>   |
|  |                      | R60          | <b>12.094</b>   |
|  |                      | R90          | <b>10.902</b>   |
|  |                      | R120         | <b>9.191</b>  |
| C50/60   | d/5                  | Kalt         | <b>10.842</b>   |
|  |                      | R60          | <b>7.794</b>  |
|  |                      | R90          | <b>7.022</b>  |
|  |                      | R120         | <b>5.904</b>  |



| Knicklänge L= 3,36 m                                      |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x245 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>18.038</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>13.474</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>9.580</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>20.305</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>15.092</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>10.659</b>   |

| Knicklänge L= 3,6 m                                       |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x245 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>17.819</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>13.373</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>9.513</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>20.037</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>14.972</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>10.579</b>   |

| Knicklänge L= 4 m   |               |       |   |
|---|---------------|-------|---|
| 559x8,8 Hüllrohr (S235), HD320x245 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                      | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0             | Kalt  | <b>17.440</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>13.200</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>9.407</b>  |
| C50/60  | 0             | Kalt  | <b>19.569</b>   |
|   | d/10          | Kalt  | <b>14.783</b>   |
|   | d/5           | Kalt  | <b>10.453</b>   |

## 5.8 | 610x10 Hohlprofil (S235 Steel Grade), HD360x134 Einstellprofil (S460M Steel Grade)

| Knicklänge L= 2,35 m                                     |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x134 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>15.852</b>   |
|  |               | R60   | <b>12.243</b>   |
|  |               | R90   | <b>11.398</b>   |
|  |               | R120  | <b>9.594</b>  |
| C30/37   | d/10          | Kalt  | <b>11.983</b>   |
|  |               | R60   | <b>8.024</b>  |
|  |               | R90   | <b>7.429</b>  |
|  |               | R120  | <b>6.211</b>  |
| C30/37   | d/5           | Kalt  | <b>8.836</b>  |
|  |               | R60   | <b>5.187</b>  |
|  |               | R90   | <b>4.786</b>  |
|  |               | R120  | <b>3.990</b>  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>19.100</b>   |
|  |               | R60   | <b>15.536</b>   |
|  |               | R90   | <b>14.350</b>   |
|  |               | R120  | <b>11.951</b>   |
| C50/60   | d/10          | Kalt  | <b>14.154</b>   |
|  |               | R60   | <b>10.211</b>   |
|  |               | R90   | <b>9.355</b>  |
|  |               | R120  | <b>7.696</b>  |
| C50/60   | d/5           | Kalt  | <b>10.307</b>   |
|  |               | R60   | <b>6.494</b>  |
|  |               | R90   | <b>5.923</b>  |
|  |               | R120  | <b>4.854</b>  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                     |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x134 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>15.760</b>   |
|  |               | R60   | <b>12.218</b>   |
|  |               | R90   | <b>11.374</b>   |
|  |               | R120  | <b>9.571</b>  |
| C30/37   | d/10          | Kalt  | <b>11.929</b>   |
|  |               | R60   | <b>8.003</b>  |
|  |               | R90   | <b>7.409</b>  |
|  |               | R120  | <b>6.194</b>  |
| C30/37   | d/5           | Kalt  | <b>8.798</b>  |
|  |               | R60   | <b>5.175</b>  |
|  |               | R90   | <b>4.774</b>  |
|  |               | R120  | <b>3.980</b>  |

| <b>Knicklänge L= 2,52 m</b>                                     |                      |              |   |
|---|----------------------|--------------|---|
| <b>610x10 Hüllrohr (S235), HD360x134 Einstellprofil (S460M)</b> |                      |              |   |
| <b>Beton-<br/>festigkeit</b>                                    | <b>Exzentrizität</b> | <b>Brand</b> | <b>Traglast N<sub>rd</sub> (kN)</b><br>Vereinfachte Methode |
| C50/60  | 0                    | Kalt         | <b>18.978</b>   |
|   |                      | R60          | <b>15.506</b>   |
|   |                      | R90          | <b>14.321</b>   |
|   |                      | R120         | <b>11.925</b>   |
| C50/60  | d/10                 | Kalt         | <b>14.090</b>   |
|   |                      | R60          | <b>10.187</b>   |
|   |                      | R90          | <b>9.333</b>  |
|   |                      | R120         | <b>7.671</b>  |
| C50/60  | d/5                  | Kalt         | <b>10.257</b>   |
|   |                      | R60          | <b>6.478</b>  |
|   |                      | R90          | <b>5.908</b>  |
|   |                      | R120         | <b>4.842</b>  |

| <b>Knicklänge L= 2,8 m</b>                                      |                      |              |   |
|---|----------------------|--------------|---|
| <b>610x10 Hüllrohr (S235), HD360x134 Einstellprofil (S460M)</b> |                      |              |   |
| <b>Beton-<br/>festigkeit</b>                                    | <b>Exzentrizität</b> | <b>Brand</b> | <b>Traglast N<sub>rd</sub> (kN)</b><br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0                    | Kalt         | <b>15.609</b>   |
|   |                      | R60          | <b>12.177</b>   |
|   |                      | R90          | <b>11.334</b>   |
|   |                      | R120         | <b>9.534</b>  |
| C30/37  | d/10                 | Kalt         | <b>11.838</b>   |
|   |                      | R60          | <b>7.972</b>  |
|   |                      | R90          | <b>7.377</b>  |
|   |                      | R120         | <b>6.167</b>  |
| C30/37  | d/5                  | Kalt         | <b>1.741</b>  |
|   |                      | R60          | <b>5.153</b>  |
|   |                      | R90          | <b>4.757</b>  |
|   |                      | R120         | <b>3.966</b>  |
| C50/60  | 0                    | Kalt         | <b>18.775</b>   |
|   |                      | R60          | <b>15.457</b>   |
|   |                      | R90          | <b>14.274</b>   |
|   |                      | R120         | <b>11.882</b>   |
| C50/60  | d/10                 | Kalt         | <b>13.987</b>   |
|   |                      | R60          | <b>10.148</b>   |
|   |                      | R90          | <b>9.293</b>  |
|   |                      | R120         | <b>7.638</b>  |
| C50/60  | d/5                  | Kalt         | <b>10.183</b>   |
|   |                      | R60          | <b>6.455</b>  |
|   |                      | R90          | <b>5.883</b>  |
|   |                      | R120         | <b>4.824</b>  |

| Knicklänge L= 3,36 m                                     |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x134 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>15.300</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>11.669</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>8.625</b>  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>18.359</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>13.780</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>10.041</b>   |

| Knicklänge L= 3,6 m                                      |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x134 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>15.164</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>11.599</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>8.576</b>  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>18.175</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>13.696</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>9.977</b>  |

| Knicklänge L= 4 m  |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x134 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>14.933</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>11.480</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>8.498</b>  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>17.859</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>13.553</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>9.878</b>  |

## 5.9 | 610x10 Hohlprofil (S235), HD360x162 Einstellprofil (S460M)

| Knicklänge $L = 2,35 \text{ m}$                          |               |       |  |
|--|---------------|-------|--|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x162 Einstellprofil (S460M) |               |       |  |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast $N_{rd}$ (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>17.168</b>                                  |
|  |               | R60   | <b>13.685</b>                                  |
|  |               | R90   | <b>12.691</b>                                  |
|  |               | R120  | <b>10.738</b>                                  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>12.931</b>                                  |
|  |               | R60   | <b>8.987</b>                                   |
|  |               | R90   | <b>8.294</b>                                   |
|  |               | R120  | <b>6.982</b>                                   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>9.491</b>                                   |
|  |               | R60   | <b>5.858</b>                                   |
|  |               | R90   | <b>5.397</b>                                   |
|  |               | R120  | <b>4.530</b>                                   |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>20.364</b>                                  |
|  |               | R60   | <b>16.923</b>                                  |
|  |               | R90   | <b>15.578</b>                                  |
|  |               | R120  | <b>13.039</b>                                  |
| C50/60   | d/10          | Kalt  | <b>15.073</b>                                  |
|  |               | R60   | <b>11.142</b>                                  |
|  |               | R90   | <b>10.185</b>                                  |
|  |               | R120  | <b>8.444</b>                                   |
| C50/60   | d/5           | Kalt  | <b>10.932</b>                                  |
|  |               | R60   | <b>7.168</b>                                   |
|  |               | R90   | <b>6.528</b>                                   |
|  |               | R120  | <b>5.392</b>                                   |

| Knicklänge $L = 2,8 \text{ m}$                           |               |       |  |
|--|---------------|-------|--|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x162 Einstellprofil (S460M) |               |       |  |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast $N_{rd}$ (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>16.898</b>                                  |
|  |               | R60   | <b>13.607</b>                                  |
|  |               | R90   | <b>12.615</b>                                  |
|  |               | R120  | <b>10.672</b>                                  |
| C30/37   | d/10          | Kalt  | <b>12.778</b>                                  |
|  |               | R60   | <b>8.929</b>                                   |
|  |               | R90   | <b>8.243</b>                                   |
|  |               | R120  | <b>6.936</b>                                   |
| C30/37   | d/5           | Kalt  | <b>9.388</b>                                   |
|  |               | R60   | <b>5.824</b>                                   |
|  |               | R90   | <b>5.365</b>                                   |
|  |               | R120  | <b>4.503</b>                                   |

| <b>Knicklänge L= 2,52 m</b>                                     |                      |              |   |
|---|----------------------|--------------|---|
| <b>610x10 Hüllrohr (S235), HD360x162 Einstellprofil (S460M)</b> |                      |              |   |
| <b>Beton-<br/>festigkeit</b>                                    | <b>Exzentrizität</b> | <b>Brand</b> | <b>Traglast N<sub>rd</sub> (kN)</b><br>Vereinfachte Methode |
| C50/60  | 0                    | Kalt         | <b>20.231</b>   |
|   |                      | R60          | <b>16.890</b>   |
|   |                      | R90          | <b>15.548</b>   |
|   |                      | R120         | <b>13.010</b>   |
| C50/60  | d/10                 | Kalt         | <b>15.009</b>   |
|   |                      | R60          | <b>11.117</b>   |
|   |                      | R90          | <b>10.158</b>   |
|   |                      | R120         | <b>8.424</b>  |
| C50/60  | d/5                  | Kalt         | <b>10.879</b>   |
|   |                      | R60          | <b>7.151</b>  |
|   |                      | R90          | <b>6.513</b>  |
|   |                      | R120         | <b>5.382</b>  |

| <b>Knicklänge L= 2,8 m</b>                                      |                      |              |   |
|---|----------------------|--------------|---|
| <b>610x10 Hüllrohr (S235), HD360x162 Einstellprofil (S460M)</b> |                      |              |   |
| <b>Beton-<br/>festigkeit</b>                                    | <b>Exzentrizität</b> | <b>Brand</b> | <b>Traglast N<sub>rd</sub> (kN)</b><br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0                    | Kalt         | <b>16.898</b>   |
|   |                      | R60          | <b>13.607</b>   |
|   |                      | R90          | <b>12.615</b>   |
|   |                      | R120         | <b>10.672</b>   |
| C30/37  | d/10                 | Kalt         | <b>12.778</b>   |
|   |                      | R60          | <b>8.929</b>  |
|   |                      | R90          | <b>8.243</b>  |
|   |                      | R120         | <b>6.936</b>  |
| C30/37  | d/5                  | Kalt         | <b>9.388</b>  |
|   |                      | R60          | <b>5.824</b>  |
|   |                      | R90          | <b>5.365</b>  |
|   |                      | R120         | <b>4.503</b>  |
| C50/60  | 0                    | Kalt         | <b>20.011</b>   |
|   |                      | R60          | <b>16.835</b>   |
|   |                      | R90          | <b>15.494</b>   |
|   |                      | R120         | <b>12.961</b>   |
| C50/60  | d/10                 | Kalt         | <b>14.893</b>   |
|   |                      | R60          | <b>11.070</b>   |
|   |                      | R90          | <b>10.119</b>   |
|   |                      | R120         | <b>8.384</b>  |
| C50/60  | d/5                  | Kalt         | <b>10.805</b>   |
|   |                      | R60          | <b>7.126</b>  |
|   |                      | R90          | <b>6.489</b>  |
|   |                      | R120         | <b>5.359</b>  |

| Knicklänge L= 3,36 m                                     |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x162 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>16.554</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>12.594</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>9.266</b>  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>19.559</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>14.677</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>10.647</b>   |

| Knicklänge L= 3,6 m                                      |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x162 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>16.403</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>12.518</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>9.213</b>  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>19.359</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>14.587</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>10.584</b>   |

| Knicklänge L= 4 m  |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 610x10 Hüllrohr (S235), HD360x162 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>16.145</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>12.388</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>9.118</b>  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>19.015</b>   |
|  | d/10          | Kalt  | <b>14.434</b>   |
|  | d/5           | Kalt  | <b>10.478</b>   |

## 5.10 | 660x10 Hohlprofil (S235 Steel Grade), HD400x216 Einstellprofil (S460M Steel Grade)

| Knicklänge L= 2,35 m                                     |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x216 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>21.130</b>   |
|  |               | R60   | <b>17.580</b>   |
|  |               | R90   | <b>17.119</b>   |
|  |               | R120  | <b>16.538</b>   |
| C30/37   | d/10          | Kalt  | <b>15.773</b>   |
|  |               | R60   | <b>11.510</b>   |
|  |               | R90   | <b>11.159</b>   |
|  |               | R120  | <b>10.730</b>   |
| C30/37   | d/5           | Kalt  | <b>11.453</b>   |
|  |               | R60   | <b>7.523</b>  |
|  |               | R90   | <b>7.280</b>  |
|  |               | R120  | <b>6.995</b>  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>24.874</b>   |
|  |               | R60   | <b>21.420</b>   |
|  |               | R90   | <b>20.666</b>   |
|  |               | R120  | <b>19.722</b>   |
| C50/60   | d/10          | Kalt  | <b>18.279</b>   |
|  |               | R60   | <b>14.082</b>   |
|  |               | R90   | <b>13.500</b>   |
|  |               | R120  | <b>12.784</b>   |
| C50/60   | d/5           | Kalt  | <b>13.116</b>   |
|  |               | R60   | <b>9.103</b>  |
|  |               | R90   | <b>8.705</b>  |
|  |               | R120  | <b>8.219</b>  |

| Knicklänge L= 2,52 m                                     |               |       |   |
|--|---------------|-------|---|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x216 Einstellprofil (S460M) |               |       |   |
| Betonfestigkeit  | Exzentrizität | Brand | Traglast N <sub>rd</sub> (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>21.032</b>   |
|  |               | R60   | <b>17.547</b>   |
|  |               | R90   | <b>17.085</b>   |
|  |               | R120  | <b>16.501</b>   |
| C30/37   | d/10          | Kalt  | <b>15.701</b>   |
|  |               | R60   | <b>11.483</b>   |
|  |               | R90   | <b>11.133</b>   |
|  |               | R120  | <b>10.705</b>   |
| C30/37   | d/5           | Kalt  | <b>11.403</b>   |
|  |               | R60   | <b>7.506</b>  |
|  |               | R90   | <b>7.267</b>  |
|  |               | R120  | <b>6.978</b>  |



| <b>Knicklänge L= 2,52 m</b>                                     |                      |              |   |
|---|----------------------|--------------|---|
| <b>660x10 Hüllrohr (S235), HD400x216 Einstellprofil (S460M)</b> |                      |              |   |
| <b>Beton-<br/>festigkeit</b>                                    | <b>Exzentrizität</b> | <b>Brand</b> | <b>Traglast N<sub>rd</sub> (kN)</b><br>Vereinfachte Methode |
| C50/60  | 0                    | Kalt         | <b>24.721</b>   |
|   |                      | R60          | <b>21.382</b>   |
|   |                      | R90          | <b>20.627</b>   |
|   |                      | R120         | <b>19.683</b>   |
| C50/60  | d/10                 | Kalt         | <b>18.195</b>   |
|   |                      | R60          | <b>14.055</b>   |
|   |                      | R90          | <b>13.469</b>   |
|   |                      | R120         | <b>12.749</b>   |
| C50/60  | d/5                  | Kalt         | <b>13.064</b>   |
|   |                      | R60          | <b>9.087</b>  |
|   |                      | R90          | <b>8.685</b>  |
|   |                      | R120         | <b>8.205</b>  |

| <b>Knicklänge L= 2,8 m</b>                                      |                      |              |   |
|---|----------------------|--------------|---|
| <b>660x10 Hüllrohr (S235), HD400x216 Einstellprofil (S460M)</b> |                      |              |   |
| <b>Beton-<br/>festigkeit</b>                                    | <b>Exzentrizität</b> | <b>Brand</b> | <b>Traglast N<sub>rd</sub> (kN)</b><br>Vereinfachte Methode |
| C30/37  | 0                    | Kalt         | <b>20.813</b>   |
|   |                      | R60          | <b>17.492</b>   |
|   |                      | R90          | <b>17.029</b>   |
|   |                      | R120         | <b>16.441</b>   |
| C30/37  | d/10                 | Kalt         | <b>15.596</b>   |
|   |                      | R60          | <b>11.439</b>   |
|   |                      | R90          | <b>11.095</b>   |
|   |                      | R120         | <b>10.667</b>   |
| C30/37  | d/5                  | Kalt         | <b>11.326</b>   |
|   |                      | R60          | <b>7.479</b>  |
|   |                      | R90          | <b>7.242</b>  |
|   |                      | R120         | <b>6.953</b>  |
| C50/60  | 0                    | Kalt         | <b>24.467</b>   |
|   |                      | R60          | <b>21.320</b>   |
|   |                      | R90          | <b>20.564</b>   |
|   |                      | R120         | <b>19.614</b>   |
| C50/60  | d/10                 | Kalt         | <b>18.072</b>   |
|   |                      | R60          | <b>14.001</b>   |
|   |                      | R90          | <b>13.417</b>   |
|   |                      | R120         | <b>12.694</b>   |
| C50/60  | d/5                  | Kalt         | <b>12.974</b>   |
|   |                      | R60          | <b>9.054</b>  |
|   |                      | R90          | <b>8.654</b>  |
|   |                      | R120         | <b>8.175</b>  |

| Knicklänge $L = 3,36$ m                                  |               |       |  |
|--|---------------|-------|--|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x216 Einstellprofil (S460M) |               |       |  |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast $N_{rd}$ (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>20.411</b>                                  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>15.381</b>                                  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>11.177</b>                                  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>23.947</b>                                  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>17.821</b>                                  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>12.800</b>                                  |

| Knicklänge $L = 3,6$ m                                   |               |       |  |
|--|---------------|-------|--|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x216 Einstellprofil (S460M) |               |       |  |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast $N_{rd}$ (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>20.235</b>                                  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>15.293</b>                                  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>11.116</b>                                  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>23.711</b>                                  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>17.711</b>                                  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>12.736</b>                                  |

| Knicklänge $L = 4$ m                                     |               |       |  |
|--|---------------|-------|--|
| 660x10 Hüllrohr (S235), HD400x216 Einstellprofil (S460M) |               |       |  |
| Beton-<br>festigkeit                                     | Exzentrizität | Brand | Traglast $N_{rd}$ (kN)<br>Vereinfachte Methode |
| C30/37   | 0             | Kalt  | <b>19.935</b>                                  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>15.144</b>                                  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>11.012</b>                                  |
| C50/60   | 0             | Kalt  | <b>23.325</b>                                  |
|  | d/10          | Kalt  | <b>17.531</b>                                  |
|  | d/5           | Kalt  | <b>12.613</b>                                  |

bauforumstahl e.V.

Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 | 40039 Düsseldorf  
T: +49 (0)211.6707.828 | F: +49 (0)211.6707.829  
zentrale@bauforumstahl.de  
www.bauforumstahl.de | www.facebook.com/bauforumstahl



Kennung Drucknummer: B 312



**Stahlbau verbindet: Menschen, Leben, Generationen** ∞

**Heimat für Generationen**  
Das ist die städtebauliche Kernidee des Dorfhauses in Kist. Als neue Ortsmitte fordert es die Gemeinschaft und ist zudem Heimat für Veranstaltungen, Feste und Begegnungen aller Art. Wie das einladende Zentrum dabei alte Bausubstanz und ortstypische Baukultur in eine moderne Gestalt überführt, erfahren Sie unter: [www.stahlbauverbindet.de](http://www.stahlbauverbindet.de)

powered by  **bauforumstahl**

Mitglieder bauforumstahl .....



Interessengemeinschaft Stahlhandel im bauforumstahl (IGS) .....



Verbände .....

DSTV



Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 | 40039 Düsseldorf  
T: +49 (0)211.6707.828 | F: +49 (0)211.6707.829  
zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de  
www.facebook/bauforumstahl | www.stahlbauverbindet.de