



Tuchs Schmid-WALM[®] **Stützenkopfverstärkung**

Optimale Krafteinleitung auf tragende Stützen

Tuchs Schmid AG
Langdorfstrasse 26
CH-8501 Frauenfeld
Tel. +41 52 728 81 11
Fax +41 52 728 81 00
info@tuchs Schmid.ch
www.tuchs Schmid.ch

Inhaltsverzeichnis

1 Bauart	4
1.1 Wirkungsweise der Stützenkopfverstärkung TUCHSCHMID-WALM®	5
1.1.1 Allgemein	5
1.1.2 Wirkungsweise bei negativen Biegemomenten	6
2 Grundlagen	7
2.1 Normen	7
2.2 Werkstoffe	7
2.3 Oberflächenschutz	7
3 Statische Nachweise	8
3.1 Allgemeines	8
3.2 Durchstanznachweis	8
3.3 Minimaler Biege­widerstand	10
3.4 Einsturzsicherung	10
3.5 Innenstützen	11
3.5.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung	11
3.5.2 Nachweis gegen Durchstanzen	13
3.6 Eckstützen	14
3.6.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung	14
3.6.2 Nachweis gegen Durchstanzen	15
3.7 Randstützen	16
3.7.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung	16
3.7.2 Nachweis gegen Durchstanzen	16
3.8 Wandscheiben	17
3.8.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung	17
3.8.2 Nachweis gegen Durchstanzen	17
3.9 TUCHSCHMID-WALM® in Fundamentplatten	18
3.9.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung	18
3.9.2 Nachweis gegen Durchstanzen	18
3.10 Deckendurchbrüche	19
3.10.1 Deckendurchbrüche innerhalb des Durchstanzkegels	19
3.10.2 Deckendurchbrüche ausserhalb des Durchstanzkegels	19
4 Nachweis des Feuerwiderstandes	20

5	Berechnungsbeispiel	21
5.1	Innenstütze, Platte ohne Vorspannung	21
5.1.1	Ausgangswerte	21
5.1.2	Durchstanzwiderstand	21
5.1.3	Bemessungswert der Querkraft ohne Stützenkopfverstärkung	22
5.1.4	Bemessungswert der Querkraft mit TUCHSCHMID-WALM®	22
5.1.5	TUCHSCHMID-WALM® Nomogramm	23
5.1.6	Einsturzsicherung	24
5.2	Innenstütze, Platte mit Vorspannung	25
5.2.1	Ausgangswerte	25
5.2.2	Vorgehen	25
5.2.3	Bemessungswert der Querkraft	26
5.2.4	Durchstanzwiderstand	27
5.2.5	Nachweis	27
6	TUCHSCHMID-WALM® Nomogramm	28
6.1	Grundlagen	28
6.2	Übersicht der TUCHSCHMID-WALM® Typen	29

1 Bauart

Die Stützenkopfverstärkung WALM[®] besteht aus Profilstählen und Flacheisen, die anstelle einer Schubbewehrung zur Verstärkung von punktförmig gestützten Platten nach SIA 262 (2003) Ziffer 4.3.6 gegen Durchstanzen angeordnet wird und die anteilig bei der Aufnahme von Biegemomenten mitwirkt.

WALM[®] besteht aus T-förmigen Flügelprofilen, welche mit dem Flansch gegen die Schalung kreuz- oder sternförmig um die Stütze angeordnet sind und die gegenseitig mit Stahlbügeln verbunden sind, welche sich in der Deckenplatte über den Stützenkopf wölben. Der maximale Durchmesser D_w für 4-flüglige Typen beträgt $5 \cdot d$ und für 6-flüglige Typen $6 \cdot d$. Die maximale Höhe beträgt $0,9 \cdot d$, sodass die sich kreuzenden oberen Bewehrungslagen über dem Stützenkopf mit ausreichender Betondeckung durchgeführt werden können.

Der WALM[®] kann über Innenstützen, Rand- und Eckstützen, sowohl in Deckenplatten als auch in Fundamentplatten eingesetzt werden. Neben der Verwendung auf Ortbetonstützen kann er auch mit vorfabrizierten Betonstützen und Stützen mit durchgehendem Stahlkern kombiniert werden. Die spezifische WALM[®] Form erlaubt bei einer Vorspannung eine optimale Kabelführung. (Abbildung 1)

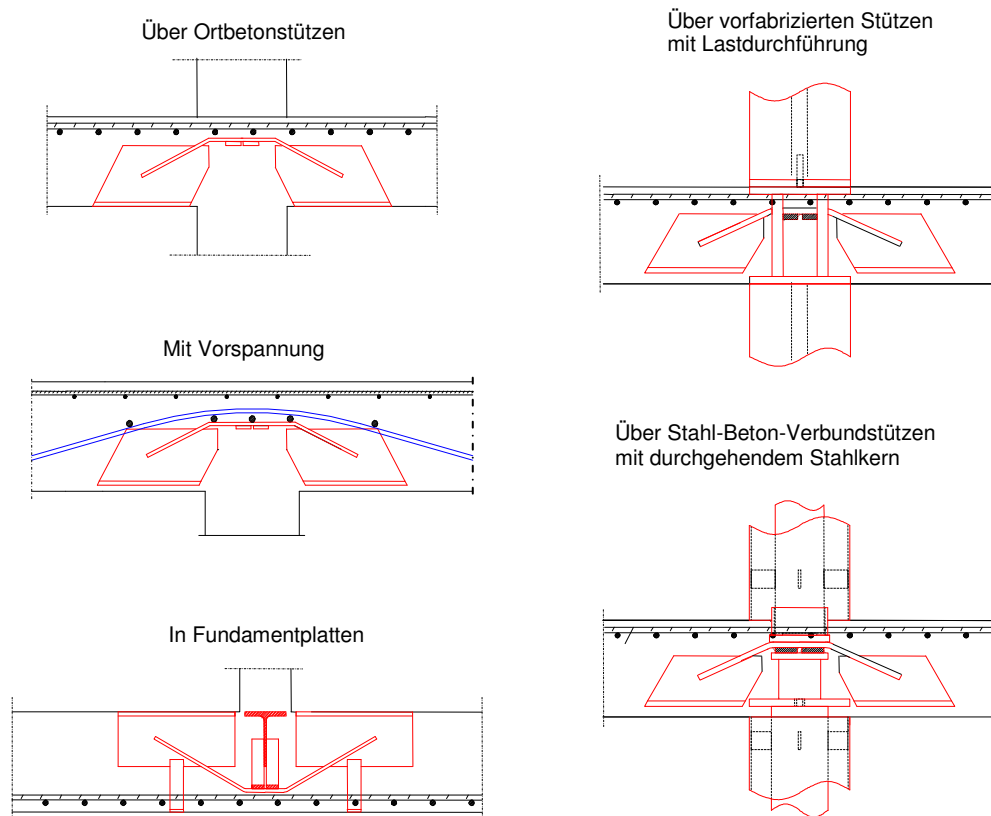


Abbildung 1- Einbaumöglichkeiten TUCHSCHMID-WALM[®]

1.1 Wirkungsweise der Stützenkopfverstärkung TUCHSCHMID-WALM®

1.1.1 Allgemein

WALM® verhindert ein Durchstanzen der Betonplatte entlang dem Stützenrand. Der Durchstanzumfang wird nach aussen verlegt und dabei wesentlich vergrössert. Es resultiert somit ein grösserer Durchstanzwiderstand.

Die Betonplatte liegt auf den Flügelprofilen des WALM®. Diese wirken als elastisches Auflager. Dadurch kann entlang dem Durchstanzumfang ein Ausgleich von Schubspannungsspitzen stattfinden, was sich gegenüber starren Auflagerkanten positiv auf den Durchstanzwiderstand auswirkt.

Innerhalb der Stützenkopfverstärkung werden die schrägen Hauptzugspannungen von den Stahlteilen des WALM® übertragen. Unterhalb der Flacheisen - Bügel entsteht ein Beton - Druckkegel, der die Deckenlasten auf den Stützenkopf konzentriert.

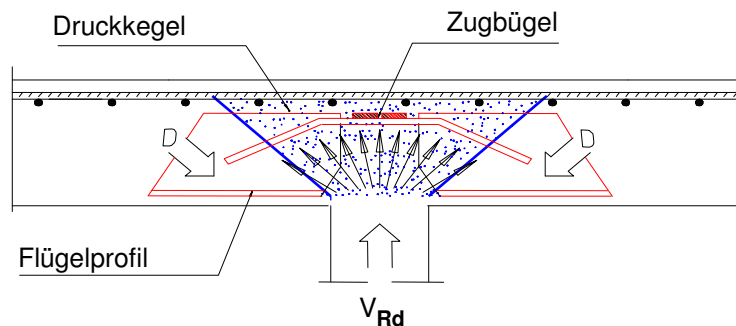
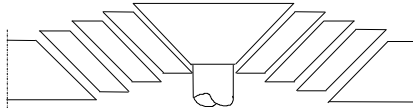


Abbildung 2 - Kräfteverlauf innerhalb der Stützenkopfverstärkung

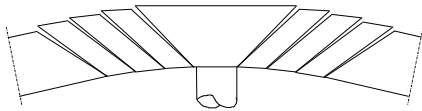
1.1.2 Wirkungsweise bei negativen Biegemomenten

- Innenstützen
- Randstützen parallel zum Plattenrand
- Auskragenden Platten

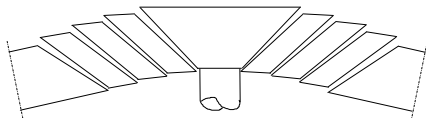
Ohne WALM® und
Biegebewehrung



Schub

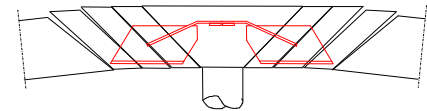
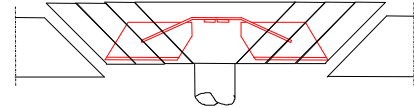


Biegung



Biegung + Schub

Mit WALM®



Mit TUCHSCHMID-WALM® und
Biegebewehrung

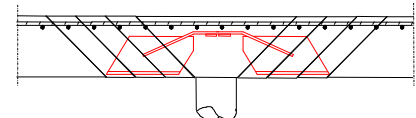


Abbildung 3 - Bruchmechanismus bei Innenstützen

2 Grundlagen

2.1 Normen

Die Konstruktion und die Anwendung wird nach den Vorschriften der SIA Norm ausgeführt. Die wichtigsten Normen sind nachstehend aufgeführt:

SIA 262	Betonbauten (2003)
SIA 263	Stahlbau (2003)
SIA 263/1	Stahlbau – Ergänzende Festlegungen (2003)

2.2 Werkstoffe

Der Stahl für den WALM[®] muss der Sorte S 235 und S 355 entsprechen. Der Beton, der den WALM[®] umhüllt, muss der SIA 262 Ziffer 4.2.1.4 Tabelle 8 entsprechen.

2.3 Oberflächenschutz

Einbetonierte Teile erhalten keinen Oberflächenschutz. Wird der WALM[®] ohne untere Betondeckung eingebaut, so werden die Flügelprofile stahlkorngestrahlt und der Unterflansch mit einer Zinkstaubgrundierung von 60 Mikrometer versehen. Bei speziell korrosiven Atmosphären ist ein spezieller Oberflächenschutz zu vereinbaren.

3 Statische Nachweise

3.1 Allgemeines

Die Schnittgrössenermittlung erfolgt nach SIA 260 (2003) und anerkannten Methoden der Baustatik.

Für die Tragsicherheit muss folgende Bedingung aus der SIA Norm 260, Ziffer 4.4.3.3 erfüllt sein:

$$E_d \leq R_d \quad (14)$$

E_d Bemessungswert einer Auswirkung ist, und

R_d Bemessungswert des Tragwiderstands.

3.2 Durchstanznachweis

Sinngemäss lautet die Formel beim Durchstanznachweis:

$$V_d \leq V_{Rd}$$

Der Bemessungswert der Querkraft beträgt gemäss SIA 262, Ziffer 4.3.6.2.2:

$$v_d = \frac{V_d}{k_e \cdot u} \quad (48)$$

Für den Durchstanznachweis gilt:

$$\frac{V_d}{k_e \cdot u} \leq v_{Rd}$$

V_d Bemessungswert der Querkraft = Auflagerkraft

u Umfang entlang dem Nachweisschnitt nach SIA 262 Ziffer 4.3.6.2.1 - 4

k_e Lastexzentrizität (mit k_e , Art. 4.3.6.2.5, Formel (49))

Mit dem Einsatz von WALM[®], auch bei Rand- und Eckstützen, kann infolge der Wirkungsweise von WALM[®] davon ausgegangen werden, dass sich entlang dem Durchstanzumfang eine gleichmässige Schubspannungsverteilung einstellt. $\Rightarrow k_e = 1.0$

Die Berechnung des Durchstanzwiderstands v_{Rd} wird von folgenden Grössen beeinflusst:

- Deckenstärke (mit d)
- Betonsorte (mit τ_{cd})
- Stahlsorte (mit α_s)
- Schnittkraftverlauf des Biegemoments (mit Stützweite l)
- Biege- und Schubwiderstand im Stützbereich (mit m_{Rd})
- Grösstkorndurchmesser (mit α_k)

Der Durchstanzwiderstand von Platten beträgt:

$$v_{Rd} = k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d \quad [\text{kN/m}] \quad (51)$$

mit dem Beiwert k_r
$$k_r = \frac{1}{0.45 + 0.9 \cdot r_y} \geq \frac{1}{1 + 2.2 \cdot d} \quad d \text{ in [m]} \quad (52)$$

und mit r_y
$$r_y = 0.15 \cdot l \cdot \left(\frac{m_{0d}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} \cdot k_{fs} \cdot k_{Dmax} \quad l \text{ in [m]} \quad (52a)$$

bzw.
$$r_y = 0.7 \cdot a \cdot \left(\frac{m_{0d}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} \cdot k_{fs} \cdot k_{Dmax} \quad (52b)$$

- v_{Rd} Bemessungswert des Durchstanzwiderstands pro Längeneinheit
- τ_{cd} Bemessungswert der Schubspannungsgrenze
- r_y Radius der Grösse der plastifizierten Zone im Bruchzustand
- l Stützweite der Deckenplatte. Der grössere Stützenabstand ist massgebend.
- a Radius, bei welchem das radiale Moment gleich Null ist.
- m_{0d} In (52a) Vergleichsmoment entsprechend dem Mindestmoment nach SIA 262

Innenstützen	$m_{0d} = V_d/8$
Randstützen	
- obere Bewehrung parallel zum Rand	$m_{0d} = V_d/4$
- obere Bewehrung senkrecht zum Rand	$m_{0d} = V_d/8$
Eckstützen	$m_{0d} = V_d/2$

In (52b) Mittelwert des tangentialen Moments vom Stützenrand bis a beim Einzelfundament

m_{Rd} Biege­widerstand des aufnehmbaren Moments im Stützenbereich.

Geltungsbereich: $4 m_{0d} \geq m_{Rd} \geq 0.5 m_{0d}$

k_{fs} Korrekturfaktor für Stahlsorte: für $f_{sd} > 435 \text{ N/mm}^2$ ist $k_{fs} = f_{sd} / 435$

k_{Dmax} Korrekturfaktor für Grösstkorn: für $D_{max} < 32 \text{ mm}$ ist $k_{Dmax} = 48 / (D_{max} + 16)$

3.3 Minimaler Biege­widerstand

Damit der Durchstanzwiderstand aktiviert werden kann, ist nach SIA 262 über den Stützstreifen der erforderliche minimale Biege­widerstand einzuhalten.

$$m_{Rd} \geq 0.5 \cdot m_{0d}$$

Dabei muss die in Rechnung gestellte Bewehrung ausserhalb des Bereichs der Breite $3d$ neben der gestützten Fläche vollständig verankert sein.

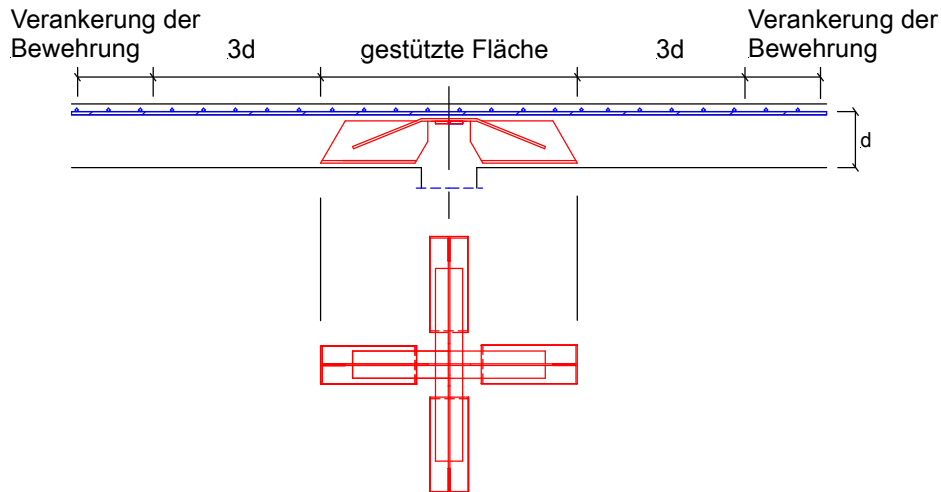


Abbildung 4- Verankerung der Bewehrung

3.4 Einsturzsicherung

Um den Einsturz der Platte nach einem möglichen Durchstanzen zu vermeiden, schreibt die Norm SIA 262 Ziffer 4.3.6.7.1 auf der Biegedruckseite der Platte eine Bewehrung vor.

$$A_s \geq 1.5 \cdot \frac{V_d}{f_{sd}} \quad (56)$$

Mit dem Einsatz des WALM[®] kann diese Bewehrung problemlos kreuzweise verteilt über dem Stützenkopf durchgeführt werden (Abbildung 5). A_s stellt somit eine Minimalbewehrung auf der Biegedruckseite dar.

Die Bewehrung ist ausserhalb der gestützten Fläche oder an den Plattenrändern genügend zu verankern.

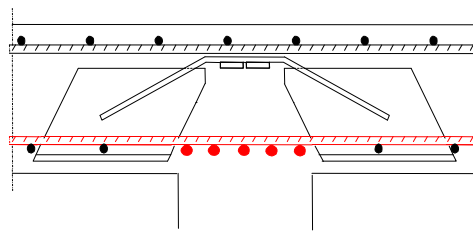


Abbildung 5 – Bewehrungsführung bei Innenstützen (Einsturzsicherung)

3.5 Innenstützen

3.5.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung

Mit der Anordnung des WALM[®] darf bei der Berechnung des Stützenmomentes eine Auflagergrösse mit der Seitenlänge von $0.7 \cdot Dw$ eingesetzt werden. Die Stahlbetonplatte kann nun für das reduzierte Anschnittmoment m_a ($m_a \leq m_{Rd}$) bezüglich dieses Auflagerrandes bemessen werden. Ab hier übernimmt der WALM[®] das restliche Biegemoment sowie die gesamte Querkraft. Es resultiert eine beträchtliche Bewehrungseinsparung. (Abbildung 6)

Momente im Schnitt 1 - 1

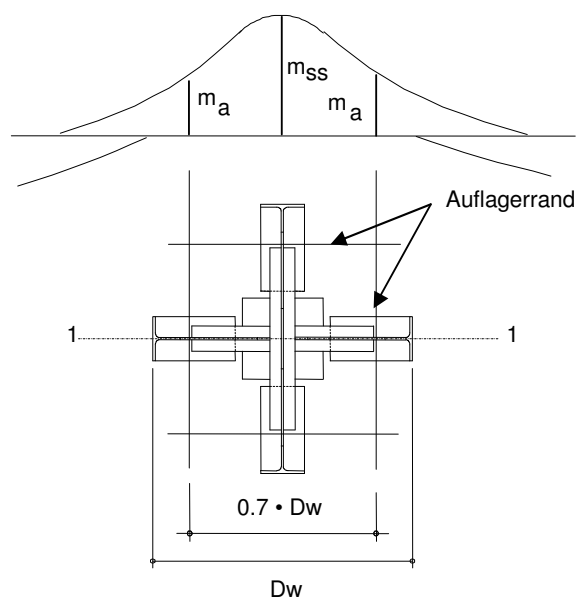


Abbildung 6 – Schnittkraftermittlung bei Innenstützen

Die obere Bewehrung muss kreuzweise über den gesamten Walmbereich durchgeführt und ausserhalb des Bereichs der Breite $3d$ neben der gestützten Fläche voll verankert werden.

Die unteren Bewehrungsstäbe zur Deckung der Feldmomente, deren Durchführung durch die WALM® - Flügel behindert wird (Pos. 2 / 3 / 6 in der Abbildung 7) , müssen auf den Flügelflansch aufgelegt werden und dürfen am Flügelsteg enden. Der Flügelsteg liegt in der Regel in der Stützenachse.

Für die Zulagen (Pos. 4 in der Abbildung 7) genügen Eisen mit $\varnothing 8$ mm.

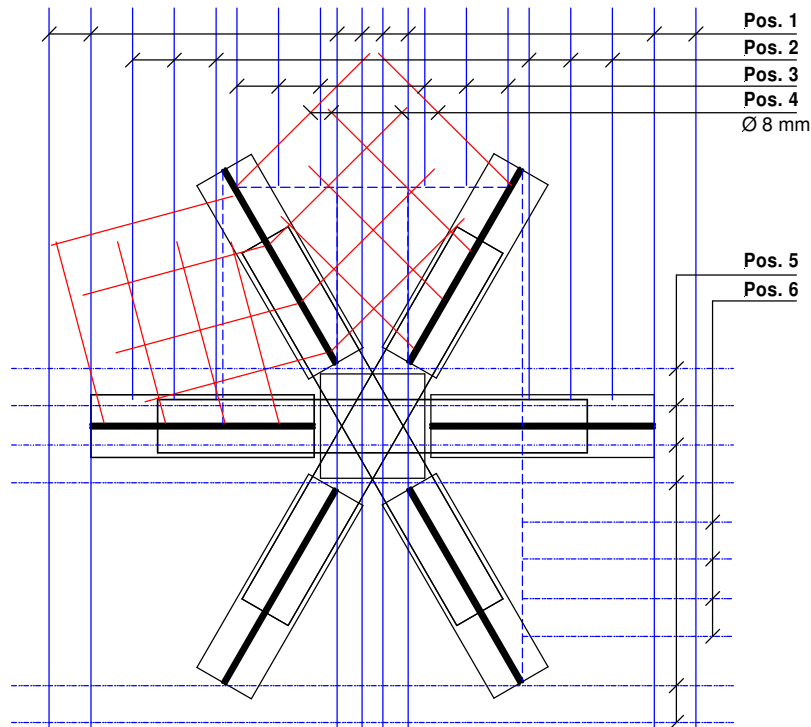


Abbildung 7 - Bewehrungsführung I-6

3.5.2 Nachweis gegen Durchstanzen

Der Durchstanznachweis erfolgt für Platten ohne Durchstanzbewehrung nach SIA 262 Figur 21 ausserhalb des Rundschnitts mit dem Umfang u wie folgt (Abbildung 8):

WALM[®] mit 4 Flügeln, Typ I-4: $u = 2.9 \cdot D_w + d \cdot \pi$ ($u_{\max} = 16 \cdot d$)

WALM[®] mit 6 Flügeln, Typ I-6: $u = 3.0 \cdot D_w + d \cdot \pi$ ($u_{\max} = 21 \cdot d$)

Wird der WALM[®] mit einer unteren Betondeckung c_u eingebaut, so muss in den obenstehenden Formeln D_w durch $(D_w - 2 \cdot c_u)$ ersetzt werden.

Liegt die untere Biegezugbewehrung auf den Flügelflanschen auf, so kann für die Ermittlung der Schubspannung entlang dem Durchstanzumfang immer die gesamte mittlere statische Höhe d angesetzt werden, unabhängig davon, ob der WALM[®] mit oder ohne unterer Betondeckung c_u eingebaut wird. Wird hingegen der WALM[®] auf die Biegezugbewehrung versetzt, so muss für die Ermittlung der Schubspannung eine reduzierte statische Höhe $d_{\text{red}} = d - c_u$ angesetzt werden.

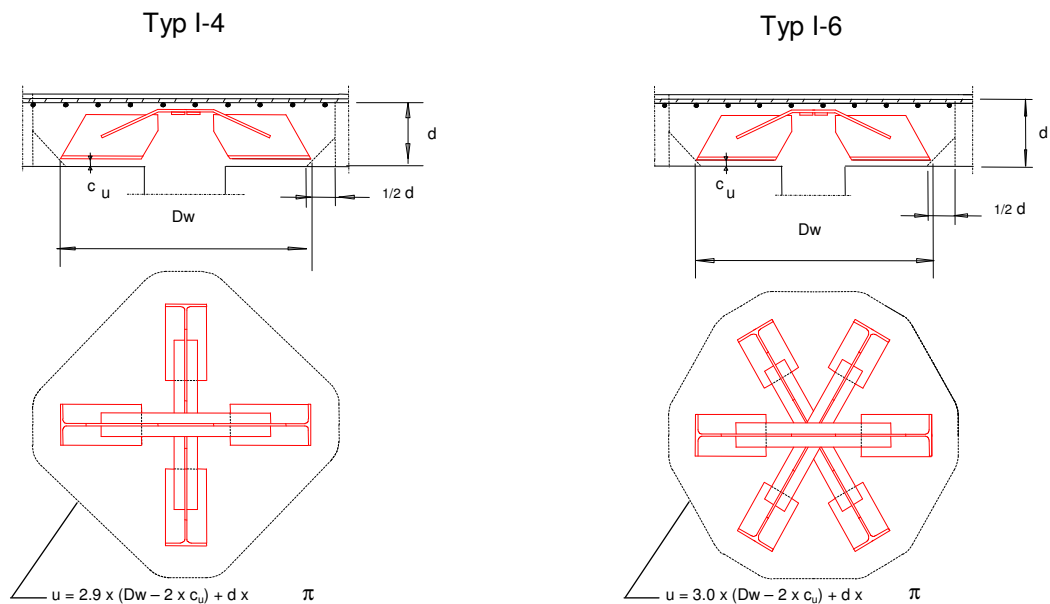


Abbildung 8 – Durchstanzumfang nach SIA 262

3.6 Eckstützen

3.6.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung

Bei der Anordnung der Stützenkopfverstärkung WALM® kann die Decke immer als gelenkig aufgelagert angenommen werden, unabhängig davon, ob er mit Stahlbetonstützen oder Stahlkernstützen kombiniert wird. Die Biegezugbewehrung an der Deckenunterseite muss auf den Flansch geführt und verankert werden. Als Verankerung genügt ein liegender Endhaken (Abbildung 9).

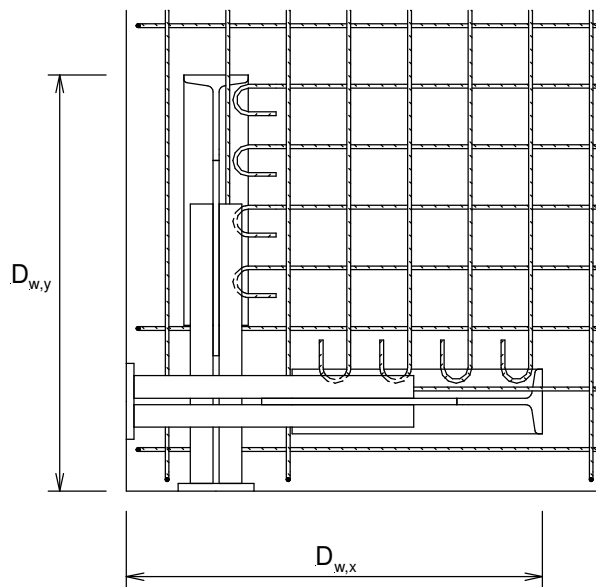


Abbildung 9 – Endhaken im Flanshbereich

Die obere und die untere Bewehrung müssen die Bedingungen der SIA 262, Ziffer 4.3.6.4.1 erfüllen, damit der Durchstanzwiderstand aktiviert werden kann. Damit kein Kippmechanismus entsteht, muss die untere Biegezugbewehrung über die mitwirkende Breite $D_{w,x,y}$ (WALM - Durchmesser in x - Richtung bzw. in y - Richtung) gleichzeitig folgender Momentenbeanspruchung genügen:

$$M_d = V_d \cdot 0.6 \cdot R_w$$

Als mitwirkende Breite für den Biegezugwiderstand kann $D_{w,x}$ bzw. $D_{w,y}$ angenommen werden.

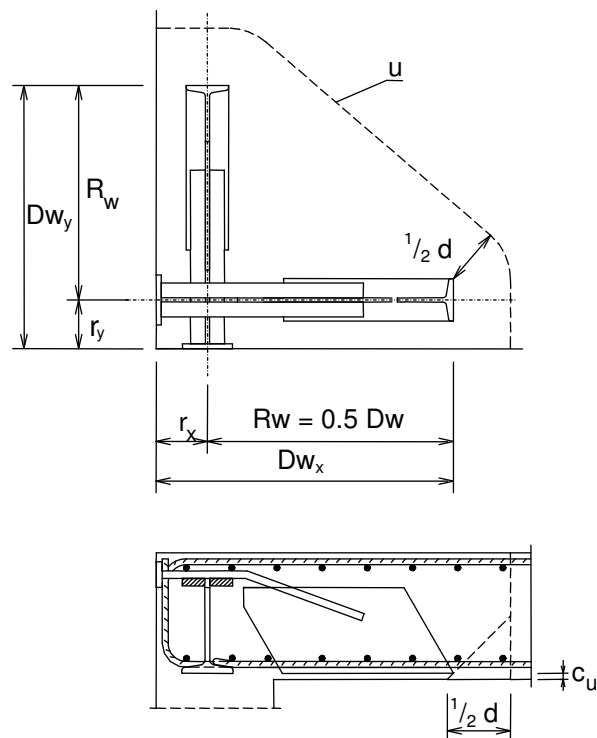


Abbildung 10 – Bewehrungsführung bei Eckstützen mit dem TUCHSCHMID-WALM®

3.6.2 Nachweis gegen Durchstanzen

Der Umfang u des WALM® Typ E-2 beträgt $\frac{1}{4}$ desjenigen Umfangs einer Innenstütze Typ I-4 im Abschnitt 3.5.2. Der Umfang kann durch r_x oder r_y nicht vergrößert werden.

Die Wirkungsweise des WALM® Typ E-2 ist im gleich wie beim Typ I-4. Weil jedoch der gegenüberliegende Flügel wegfällt, wird der Zugbügel an der Deckenstirn mit einer Ankerplatte versehen, welche die Bügelzugkraft in die Stahlbetondecke einleitet. Die Bemessung der Ankerplatte erfolgt durch Interaktion von Biegung und Schub. In geeigneten Fällen kann die Verankerung auch durch Abbug des Zugbügels erfolgen.

3.7 Randstützen

3.7.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung

Für den WALM[®] Typ R gelten für die Plattenrichtung parallel zum Rand der Abschnitt 3.5.1 der Innenstütze und der Abschnitt 3.6.1 der Eckstütze für die Plattenrichtung rechtwinklig zum Rand. In Abänderung von Abschnitt 3.6.1 muss die Biegezugbewehrung gegen den Kippmechanismus der Momentenbeanspruchung von

$$M_d = V_d \cdot 0.42 \cdot R_w$$

genügen. Mitwirkende Breite für den Biegezugwiderstand ist der WALM[®] - Durchmesser D_w .

3.7.2 Nachweis gegen Durchstanzen

Der Umfang u des WALM[®] Typ R beträgt $\frac{1}{2}$ desjenigen Umfangs einer Innenstütze Typ I-4 im Abschnitt 3.5.2. Der Umfang kann durch r_x nicht vergrößert werden.

Die Wirkungsweise des WALM[®] Typ R ist identisch mit dem WALM[®] Typ I-4 in Abschnitt 4 und dem WALM[®] Typ E-2 in Abschnitt 3.6.2.

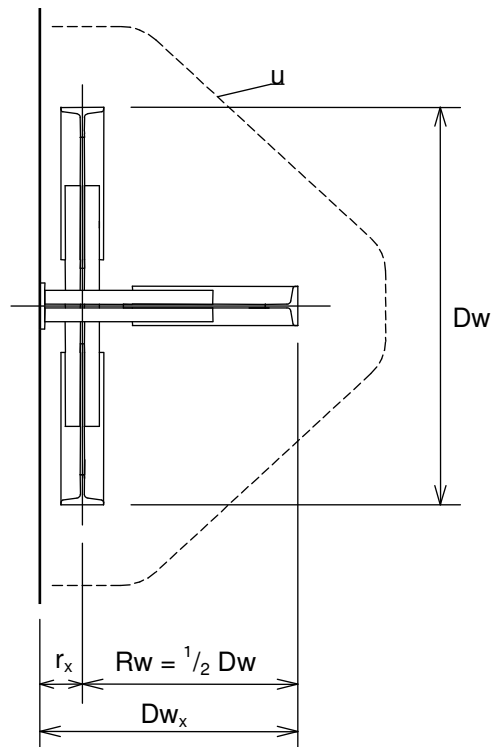


Abbildung 11 – Umfang TUCHSCHMID-WALM[®] Typ R

3.8 Wandscheiben

3.8.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung

Bei der Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung können dieselben Werte und Formeln angewendet werden die auch beim WALM® Typ I-4 und Typ I-6 gültig sind.

3.8.2 Nachweis gegen Durchstanzen

In Anlehnung an den WALM® Typ I-4, wo ein Umfang von $u = 16 \cdot d$ eingesetzt wird, kann beim WALM® Typ W mit einem Umfang von $u = 20 \cdot d$ gerechnet werden. Um mit diesem Umfang rechnen zu können muss die Bedingung

$$e_w \geq 2 \cdot d$$

eingehalten werden. Bei kleinerem e_w ist der Umfang entsprechend zu reduzieren.

WALM® mit 6 Flügeln, Typ W: $u = 2.9 \cdot (D_w - 2 \cdot c_u) + d \cdot \pi + 2 \cdot e_w$ ($u_{\max} = 20 \cdot d$)

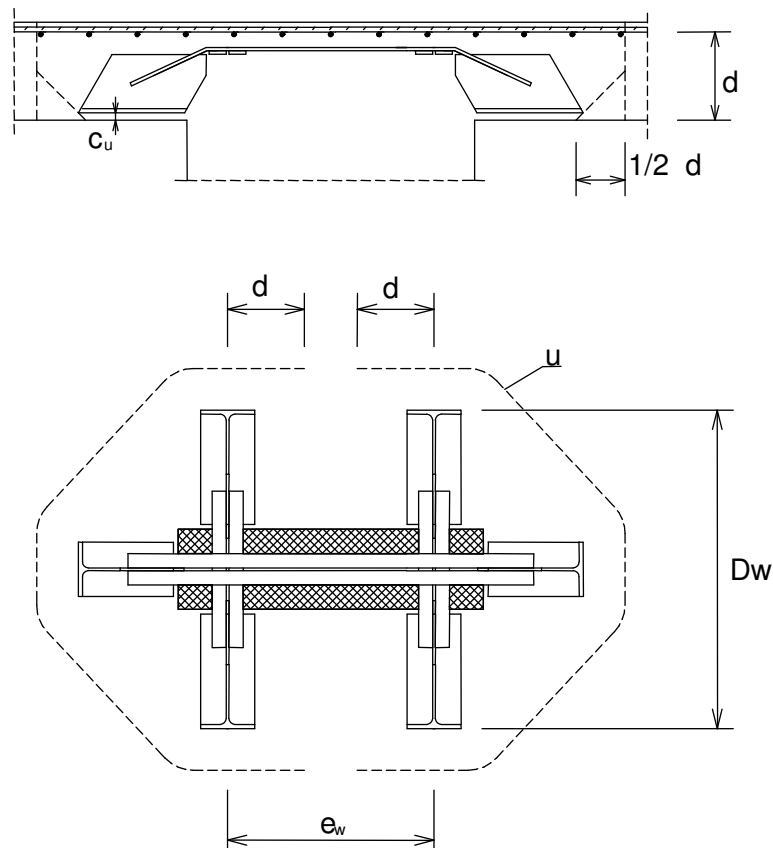


Abbildung 12 – Umfang TUCHSCHMID-WALM® Typ W

Die Wirkungsweise vom WALM® Typ W ist gleich wie beim Typ I-4.

3.9 TUCHSCHMID-WALM® in Fundamentplatten

3.9.1 Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung

Die Bemessung der Stahlbetonplatte auf Biegung erfolgt analog Typ I-4 und Typ I-6.

3.9.2 Nachweis gegen Durchstanzen

Der Durchstanznachweis erfolgt entlang dem Umfang analog Typ I-4 und Typ I-6. Bei Fundamentverstärkungen müssen zusätzlich die Rundschnitte beim Übergang zu der dünneren Platte untersucht werden.

Die Einwirkungen, welche direkt unter dem Bereich des WALM® wirken, können vom Bemessungswert der Querkraftbeanspruchung abgezogen werden. (Abbildung 13)

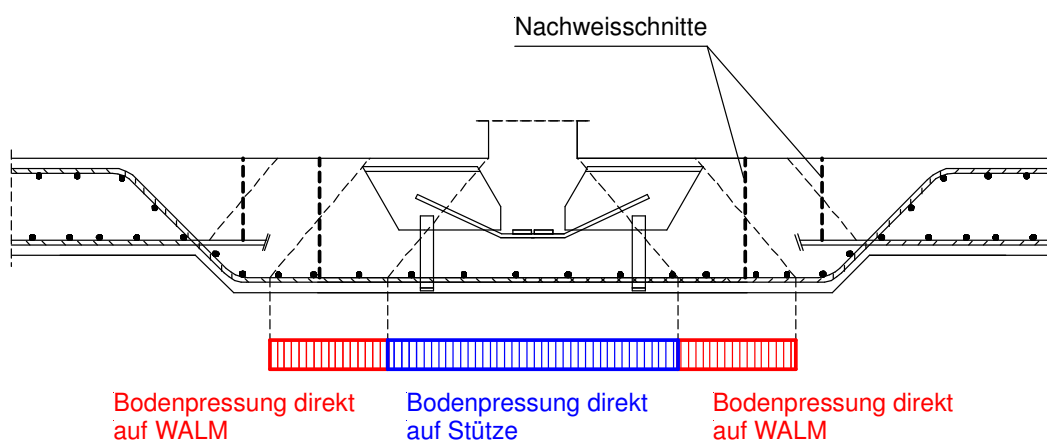


Abbildung 13 – TUCHSCHMID-WALM® Typ F für Fundamentplatten

3.10 Deckendurchbrüche

3.10.1 Deckendurchbrüche innerhalb des Durchstanzkegels

Deckendurchbrüche $\leq 0.4 \cdot d$ innerhalb der Stützenkopfverstärkung, unmittelbar neben der Stütze, haben in der Regel keine Abminderung des Durchstanzwiderstandes zur Folge. Dies gilt auch für insgesamt 4 Aussparungen. Grössere Durchbrüche müssen anhand der Konstruktion der möglichen Bruchlinie beurteilt werden. Die kürzest mögliche Bruchlinie ist massgebend.

3.10.2 Deckendurchbrüche ausserhalb des Durchstanzkegels

Deckendurchbrüche, die sich innerhalb eines Abstandes von $6 \cdot d$ von der Stützenkante befinden, haben eine Abminderung des Durchstanzwiderstandes zur Folge, gemäss SIA 262, Ziffer 4.3.6.2.3. Die Abminderung erfolgt durch eine Reduktion des kritischen Umfangs. Die Grösse der Umfangsreduktion entspricht dem Abstand zwischen den beiden Tangenten, die vom Umfang des Durchbruchs zum Mittelpunkt der Stütze gezogen sind (Abbildung 14)

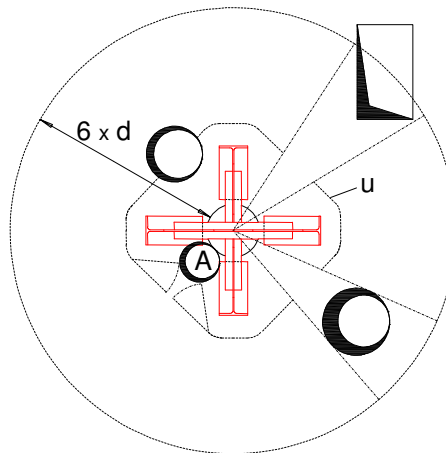


Abbildung 14 – Deckendurchbrüche inner- und ausserhalb des Umfanges u

4 Nachweis des Feuerwiderstandes

Beim Nachweis des Feuerwiderstandes gilt es einerseits das Durchstanzen (Beton) unter Brandeinwirkung zu beurteilen und andererseits die Tragfähigkeit der Stahlteile sicherzustellen.

Der Durchstanzwiderstand R90 im Beton gilt gemäss den aktuellen Normierungen allgemein als gegeben.

Für den Nachweis der Stahlteile wird der schlechteste Fall angenommen. Dabei liegen die Flansche ungeschützt an der Unterseite der Betondecke. Dies ist der Fall beim Einbau direkt auf der Schalung. Wird der WALM[®] mit einer unteren Betonüberdeckung eingebaut, so bietet diese lediglich ca. 10 – 15 Minuten Schutz, da nach dieser Zeit der untere Beton bis auf die untere Bewehrungslage abgeplatzt ist. Danach sind die Profilflansche ebenfalls ungeschützt.

Die Profilflansche werden am schnellsten erhitzt. Die Schweissnähte und die hochbeanspruchten Zugbügel sind wegen ihrer guten Einbettung im Beton gut geschützt und erwärmen sich deshalb nur unwesentlich. Rechnerische Untersuchungen und eine Expertise an der Universität von Lüttich haben ergeben, dass die Restfestigkeit im kritischen Schnitt, Übergang Flansch – Steg, genügt, um einen Brandwiderstand von R 90 sicherzustellen. Die Normalspannungen im Nachweisschnitt dürfen dabei maximal folgende Bemessungswerte annehmen.

$$\text{Für R 60} \quad \sigma_d \leq 0.50 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$\text{Für R 90} \quad \sigma_d \leq 0.25 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Der Widerstandsbeiwert wird gemäss SIA 263, Ziffer 4.1.3 mit $\gamma_{M1} = 1.05$ eingesetzt.

Die Beanspruchung darf mit den abgeminderten Sicherheitsbeiwerten für aussergewöhnliche Einwirkungen ermittelt werden.

Die theoretischen Untersuchungen von der Universität Lüttich wurden mit insgesamt sieben Grossversuchen erhärtet, welche 1997 an der MFPA Leipzig (Prof. Dr. Ing. Karl Kordina) durchgeführt wurden. Dabei wurden Versuchskörper mit Abmessungen von 3000 x 3000 x 240 mm unter Brandeinwirkung nach ETK bis zum Versagen belastet. Hauptzweck der Untersuchungen war, die genügende Restfestigkeit des Stahlteils zu bestätigen.

Die massgeblichen Versuchskörper wurden mit $0.65 \times V_{Rd}$ belastet. Dies entspricht der Beanspruchung unter aussergewöhnlichen Einwirkungen, $1.0 \times G + 0.8 \times Q$. V_{Rd} wurde mit den tatsächlich ermittelten Festigkeitswerten des Versuchskörpers ermittelt.

- Nach 90 Minuten wurde die Belastung gesteigert, um ein Durchstanzen zu erzwingen.
- Nach ca. 95 Minuten waren die Profilflansche rotglühend.
- Nach ca. 100 Minuten und einer Laststeigerung um den Faktor 1.4 fand das Durchstanzen ausserhalb der Stützenkopfverstärkung statt. Zu diesem Zeitpunkt war die Dicke des Versuchskörpers infolge Betonabplatzungen auf ca 70% reduziert.

Laut abschliessendem Gutachten der MFPA Leipzig erfüllt der WALM[®] auch bei ungeschützten Stahlteilen immer die Tragfähigkeit für die Anforderung R90.

5 Berechnungsbeispiel

5.1 Innenstütze, Platte ohne Vorspannung

5.1.1 Ausgangswerte

Beton	C25/30	$\Rightarrow \tau_c = 1.00 \text{ N/mm}^2$
Grösstkorn	$D_{\max} = 32$	$\Rightarrow k_{D_{\max}} = 1$
Betonstahl B500B	$f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow k_{fs} = 1$
Decke	360 mm	$\Rightarrow d = 320 \text{ mm}$
Bewehrungsgehalt	$\rho = 1.1\%$	
Stützenraster	8 m	
Stützendimension	300 x 300 mm	
Bemessungswert der Querkraft	$V_d = 1730 \text{ kN}$	

5.1.2 Durchstanzwiderstand

Platten ohne Schubbewehrung

$$m_{0d} = \frac{V_d}{8} = \frac{1730}{8} = 216.25 \text{ kNm/m} \quad (262.54)$$

$$m_{Rd} = \frac{\rho \cdot 0.9 \cdot d^2 \cdot f_{sd}}{100} = \frac{1.1 \cdot 0.9 \cdot 320^2 \cdot 0.435}{100} = 440.99 \text{ kNm/m}$$

$$r_y = 0.15 \cdot l \cdot \left(\frac{m_{0d}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} = 0.15 \cdot 8 \cdot \left(\frac{216.25}{440.99} \right)^{3/2} = 0.412 \text{ m} \quad (262.52b)$$

$$k_r = \frac{1}{0.45 + 0.9 \cdot r_y} = \frac{1}{0.45 + 0.9 \cdot 0.412} = 1.218 \quad (262.52a)$$

Der Beiwert k_r darf den folgenden Wert nicht unterschreiten!

$$k_r \geq \frac{1}{1 + 2.2 \cdot d} \quad k_r \geq \frac{1}{1 + 2.2 \cdot 0.32} = 0.587 \quad \Rightarrow \quad \text{i.O.}$$

$$v_{Rd} = k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d = 1.218 \cdot 1.00 \cdot 320 = \mathbf{390 \text{ kN/m}} \quad (262.51)$$

5.1.3 Bemessungswert der Querkraft **ohne** Stützenkopfverstärkung

Der Umfang der Stütze ohne Durchstanzbewehrung kann wie folgt ermittelt werden, wobei die SIA 262, Ziffer 4.3.6.2.4 eingehalten werden muss.

$$u = 4 \cdot 300 + 320 \cdot \pi = 2205 \text{ mm}$$

$$v_d = \frac{V_d}{u} = \frac{1730 \cdot 1000}{2205} = 785 \text{ kN/m} \quad (262.48)$$

Nachweis: **$v_d = 785 \text{ kN/m} > v_{Rd} = 390 \text{ kN/m}$**

⇒ Der Nachweis ist nicht erfüllt!

5.1.4 Bemessungswert der Querkraft **mit** TUCHSCHMID-WALM[®]

Mit der Anordnung einer Stützenkopfverstärkung WALM[®] Typ I-4-320 wird der Nachweisschnitt nach aussen verlegt und vergrössert. Der Umfang u kann mit dem Typ I-4 bis auf 16d vergrössert werden.

Umfang u:

$$u = 16 \cdot d = 16 \cdot 320 = 5120 \text{ mm}$$

$$v_d = \frac{V_d}{u} = \frac{1730 \cdot 1000}{5120} = 338 \text{ kN/m} \quad (262.48)$$

Nachweis der Tragsicherheit beim Durchstanzen mit dem WALM[®] I-4-320:

Nachweis: **$v_d = 338 \text{ kN/m} < v_{Rd} = 390 \text{ kN/m}$**

⇒ Der Nachweis ist erfüllt!

5.1.5 TUCHSCHMID-WALM® Nomogramm

Anstelle der manuellen Berechnung kann der Nachweis mit dem WALM® Nomogramm durchgeführt werden. Dieses ermöglicht eine schnelle und übersichtliche Ermittlung der gesuchten Werte.

Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand V_{Rd} , statische Höhe d , Stützenraster l , Bewehrungsgehalt ρ) angenommen oder bestimmt worden sein. Alle Nomogramme gelten für $k_{Dmax} = 1$ und $k_{fs} = 1$.

Bei vorliegendem Beispiel muss das WALM® Nomogramm verwendet werden für:

- Innenstütze Typ I-4-320
- Beton C 25/30

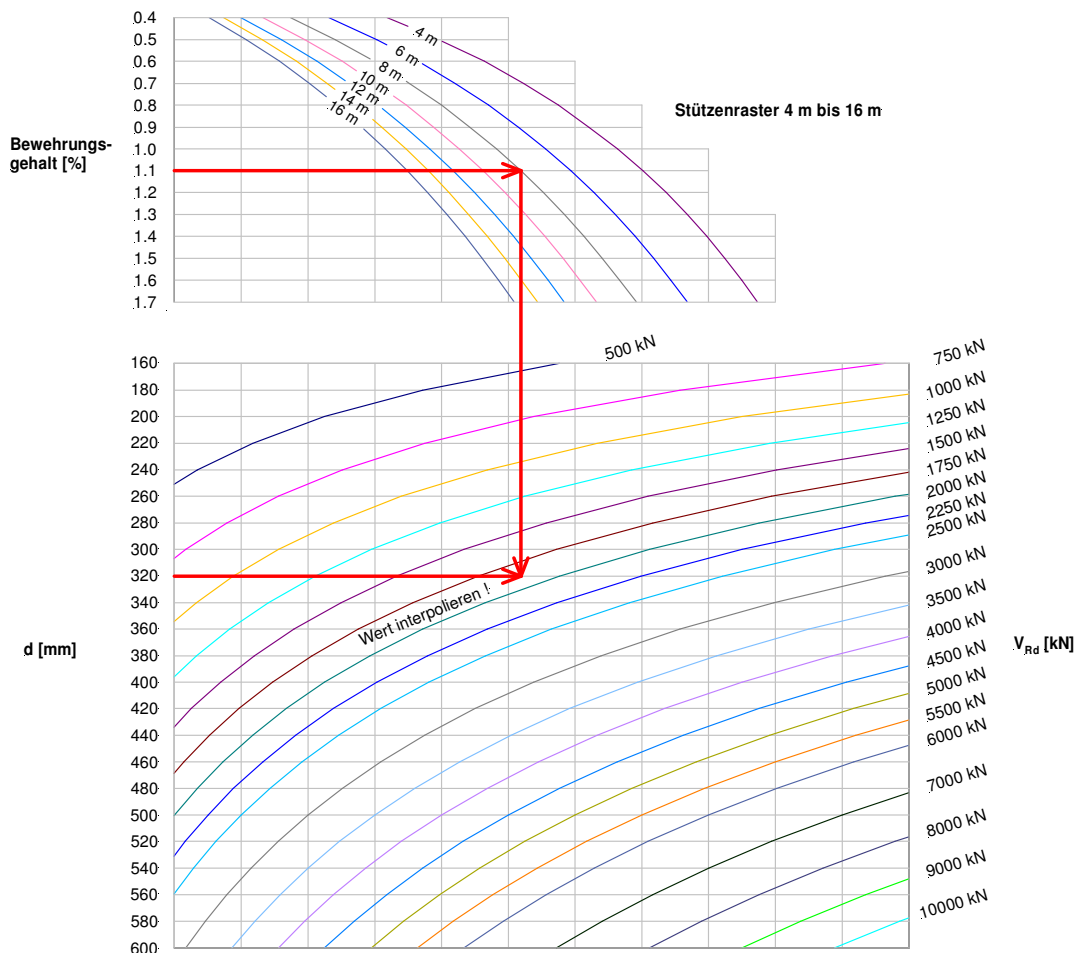


Abbildung 15 – TUCHSCHMID-WALM® Nomogramm Ausschnitt

Beim Eingang mit den gegebenen Werten Bewehrungsgehalt, Stützenraster und statische Höhe findet sich ein Schnittpunkt zwischen den Kurvenwerten $V_{Rd} = 1750 \text{ kN}$ und $V_{Rd} = 2000 \text{ kN}$. Durch interpolieren erhält man den Wert $V_{Rd} = 1875 \text{ kN}$.

Nachweis: $V_d = 1730 \text{ kN} < V_{Rd} = 1875 \text{ kN}$

⇒ Der Nachweis ist erfüllt!

Bezogen auf die Längeneinheit des Nachweisschnitts ergeben sich folgende Werte:

$$v_{Rd} = \frac{V_{Rd}}{u} = \frac{1875 \cdot 1000}{5120} = 366 \text{ kN/m}$$

Nachweis: $v_d = 338 \text{ kN/m} < v_{Rd} = 366 \text{ kN/m}$

⇒ Der Nachweis ist erfüllt!

5.1.6 Einsturzsicherung

Um den Einsturz der Platte nach einem möglichen Durchstanzen zu vermeiden, ist nach der SIA 262, Ziffer 4.3.6.7.1 auf der Biegedruckseite der Platte eine Bewehrung anzuordnen.

Beim WALM[®] kann diese Bewehrung problemlos direkt über der Stütze durchgeführt werden.

Die Formel lautet:

$$A_s \geq 1.5 \cdot \frac{V_d}{f_{sd}} = 1.5 \cdot \frac{1730 \cdot 1000}{435} = 5966 \text{ mm}^2 \quad (262.56)$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 4 \text{ } \varnothing 22 \text{ mm (zweischnittig)} = 6080 \text{ mm}^2 > A_s \quad \text{i.O.}$$

Die Einsturzbewehrung kann kreuzweise gemässe Abbildung 5 eingelegt werden.

5.2 Innenstütze, Platte mit Vorspannung

5.2.1 Ausgangswerte

Beton	C25/30	$\Rightarrow \tau_c = 1.00 \text{ N/mm}^2$
Grösstkorn	$D_{\max} = 32$	$\Rightarrow k_{D\max} = 1$
Betonstahl B500B	$f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow k_{fs} = 1$
Decke	360 mm	$\Rightarrow d = 320 \text{ mm}$
Bewehrungsgehalt	$\rho = 1.0\%$ (passive Bewehrung)	
Stützenraster	8 m	
Stützendimension	300 x 300 mm	
Bemessungswert Auflagerkraft	$A_d = 2800 \text{ kN}$ (Lasteinleitung von der Decke in die Stütze)	

Vorspannung	4 x 3 Litzen $\varnothing 15.7 \text{ mm}$ pro Richtung (Stützstreifen)	
Querschnittsfläche / Litze	$A_p = 150 \text{ mm}^2$	
Zugfestigkeit	$f_{pk} = 1770 \text{ N/mm}^2$	
Vorspannkabelneigung	$\beta_p = 5^\circ$	
Spannkraft zur Zeit $t = \infty$	$P_\infty \cong 0.9 \cdot A_p \cdot 0.7 \cdot f_{pk} \cdot 4 \cdot 3$ pro Richtung $P_\infty \cong 0.9 \cdot 150 \cdot 0.7 \cdot 1.770 \cdot 4 \cdot 3 = 2007 \text{ kN / Richtung}$	

Der Faktor 0.9 berücksichtigt näherungsweise die Spannkraftverluste durch Schwinden, Kriechen und Relaxation.

5.2.2 Vorgehen

Die Berechnung unterscheidet sich gegenüber der Platte mit passiver Bewehrung in zwei Punkten:

- Seitens der Beanspruchung wird bei der Ermittlung des Bemessungswerts der Querkraft die günstige Wirkung der Vorspannkraft in Abzug gebracht. Der Abzug entspricht der Summe aller Umlenkkräfte über der Lasteinleitungsfläche. (Art. 4.3.6.2.2)
- Seitens des Widerstands kann das Vergleichsmoment m_{0d} durch die Grösse $m_{0d} - m_{Pd}$ ersetzt werden.

5.2.3 Bemessungswert der Querkraft

$$V_d = A_d - V_{d,P}$$

Die gesamte einzuleitende Kraft von der Platte in die Stütze beträgt $A_d = 2800$ kN.

Bei der Stützstreifenvorspannung des vorliegenden Beispiels führen sämtliche Kabel über die Lasteinleitungsfläche. Die Summe der Umlenkkräfte berechnet sich aus der Kabelneigung beim Nachweisschnitt, Anzahl Kabel durch die Nachweisschnitte und der Vorspannkraft P_{∞} .

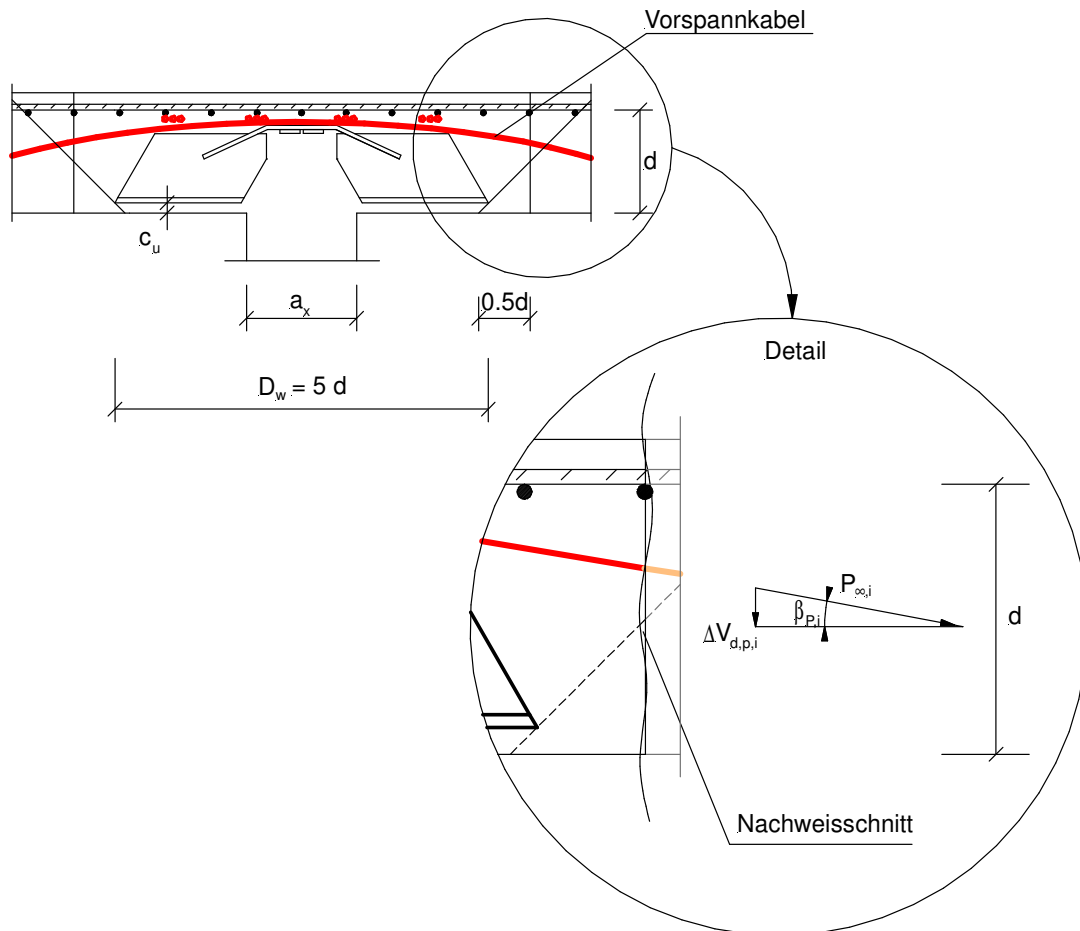


Abbildung 16 - Vorspannkabeldetail

$$V_{d,P} = \sum_{i=1}^n P_{\infty,i} \cdot \sin \beta_{P,i} = 24 \cdot 2 \cdot 167 \cdot \sin 5 = 698 \text{ kN}$$

- n Anzahl Stellen, in denen die Vorspannkabel den Nachweisschnitt durchdringen. (12 Kabel pro Richtung entsprechen 24 Durchdringungen pro Richtung)
- $P_{\infty,i}$ Vorspannkraft des Kabels i ($P_{\infty} = 167$ kN)
- $\beta_{P,i}$ Kabelneigung i an der Stelle des Nachweisschnittes

Bemessungswert: $V_d = A_d - V_{d,P} = 2800 - 698 = 2102$ kN

5.2.4 Durchstanzwiderstand

Das Vergleichsmoment m_{0d} kann durch die Grösse $m_{0d} - m_{Pd}$ ersetzt werden, wobei m_{Pd} das mittlere Moment im Stützstreifen infolge Vorspannung bezeichnet. Zwängungsmomente sowie Verluste infolge Schwinden, Kriechen und Relaxation sind zu berücksichtigen.

Im vorliegenden Beispiel beträgt $m_{Pd} \cong 100$ kNm/m

$$m_{0d} = \frac{V_d}{8} = \frac{2102}{8} = 263 \text{ kNm/m} \quad (262.54)$$

$$m_{Rd} = \frac{\rho \cdot 0.9 \cdot d^2 \cdot f_{sd}}{100} = \frac{1.0 \cdot 0.9 \cdot 320^2 \cdot 435}{100} = 401 \text{ kNm/m}$$

$$r_y = 0.15 \cdot l \cdot \left(\frac{m_{0d} - m_{Pd}}{m_{Rd}} \right)^{3/2} = 0.15 \cdot 8 \cdot \left(\frac{263 - 100}{401} \right)^{3/2} = 0.31 \text{ m} \quad (262.52b)$$

$$k_r = \frac{1}{0.45 + 0.9 \cdot r_y} = \frac{1}{0.45 + 0.9 \cdot 0.31} = 1.37 \quad (262.52a)$$

Der Beiwert k_r darf den folgenden Wert nicht unterschreiten!

$$k_r \geq \frac{1}{1 + 2.2 \cdot d} \quad k_r \geq \frac{1}{1 + 2.2 \cdot 0.32} = 0.587 \quad \Rightarrow \quad \text{i.O.}$$

$$v_{Rd} = k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d = 1.37 \cdot 1.00 \cdot 320 = 438 \text{ kN/m} \quad (262.51)$$

5.2.5 Nachweis

Der WALM[®] Typ I-4-320 erzeugt einen Durchstanzumfang von $16 \cdot 320 \text{ mm} = 5120 \text{ mm}$

$$\text{Bemessungswert der Querkraft: } \frac{V_d}{u} = \frac{2102}{5.12} = 411 \text{ kN/m}$$

$$\text{Nachweis: } v_d = 411 \text{ kN/m} < v_{Rd} = 438 \text{ kN/m}$$

⇒ Der Nachweis ist erfüllt!

6 TUCHSCHMID-WALM® Nomogramm

6.1 Grundlagen

Der Nomogrammberechnung liegen folgende Rahmenbedingungen zu Grunde:

$k_{fs} = 1$	Korrekturfaktor für Stahlsorte:	für $f_{sd} > 435 \text{ N/mm}^2$ ist $k_{fs} = f_{sd} / 435$
$k_{Dmax} = 1$	Korrekturfaktor für Grösstkorn:	für $D_{max} < 32 \text{ mm}$ ist $k_{Dmax} = 48 / (D_{max} + 16)$
$k_e = 1$	Lastexzentrizität (mit k_e , Art. 4.3.6.2.5, Formel (49))	

Der maximale WALM® Durchmesser D_w kann mit der folgenden Formel abgeschätzt werden:

$$\text{Für I-4-Typen} \Rightarrow D_w = d \cdot 5$$

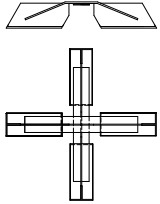
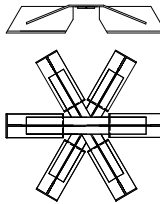
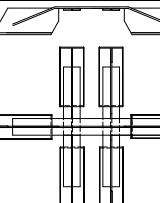
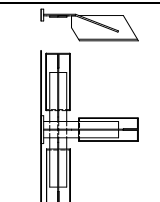
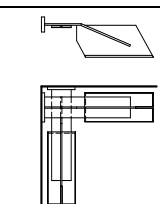
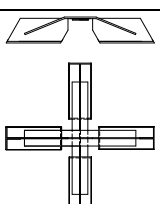
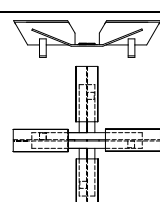
$$\text{Für I-6-Typen} \Rightarrow D_w = d \cdot 6$$

d ist die statische Höhe der Decke [m]

Die in der Nomogrammskizze bezeichneten R_w Abstände entsprechen der Hälfte der WALM® Durchmesser D_w . Den restlichen WALM® Typen liegt der I-4-Typ zu Grunde.

$$\begin{aligned} \text{z.B.} \quad \text{WALM}^{\circledR} \text{ R-320} &\Rightarrow D_w = d \cdot 5 = 320 \cdot 5 &&= 1600 \text{ mm} \\ &\Rightarrow R_w = \frac{D_w}{2} = \frac{1600}{2} &&= 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

6.2 Übersicht der TUCHSCHMID-WALM® Typen

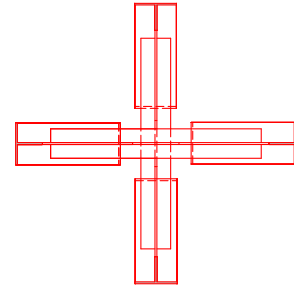
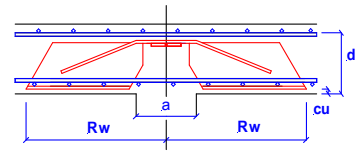
	<p>Typ I-4</p> <p>Normaltyp über Innenstützen</p>	<p>I - 4 - 260</p> <p>d = 260 mm 4 Flügel Innenstütze</p>
	<p>Typ I-6</p> <p>Spezialtyp über In- nenstützen für Durchstanzumfang bis 21 x dm</p>	<p>I - 6 - 320</p> <p>d = 320 mm 6 Flügel Innenstütze</p>
	<p>Typ W</p> <p>Normaltyp über Wandscheiben</p>	<p>W - 380</p> <p>d = 380 mm Wandscheibe</p>
	<p>Typ R</p> <p>Normaltyp über Stützen am Deckenrand</p>	<p>R - 280</p> <p>d = 280 mm Randstütze</p>
	<p>Typ E-2</p> <p>Normaltyp über Stützen bei ausspringender Ecke</p>	<p>E - 2 - 260</p> <p>d = 260 mm 2 Flügel Eckstütze</p>
	<p>Typ E-3</p> <p>Normaltyp über Stützen bei einspringender Ecke</p>	<p>E - 3 - 460</p> <p>d = 460 mm 3 Flügel wirksam Eckstütze</p>
	<p>Typ F-4</p> <p>Normaltyp in Fundamentplatten unter Innenstützen</p>	<p>F - 4 - 540</p> <p>d = 540 mm 4 Flügel Fundament-Innenstütze</p>

TUCHSCHMID-WALM®

Innenstütze Typ I-4

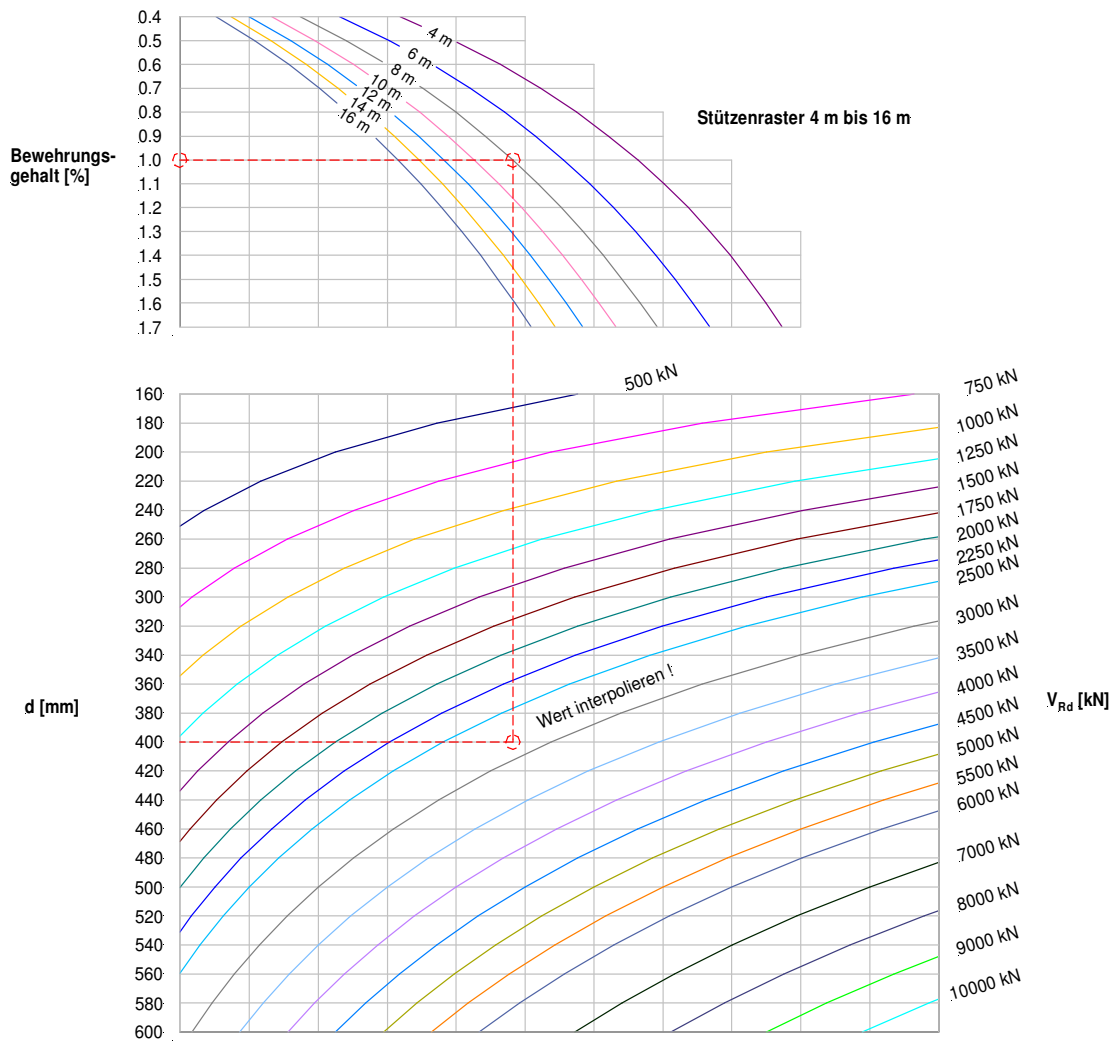
Beton C 25/30

$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 16 \cdot d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$

Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

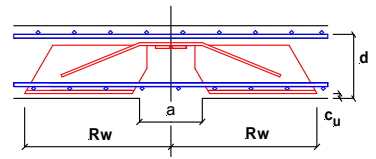


TUCHSCHMID-WALM®

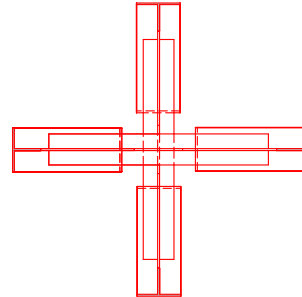
Innenstütze Typ I-4

Beton C 30/37

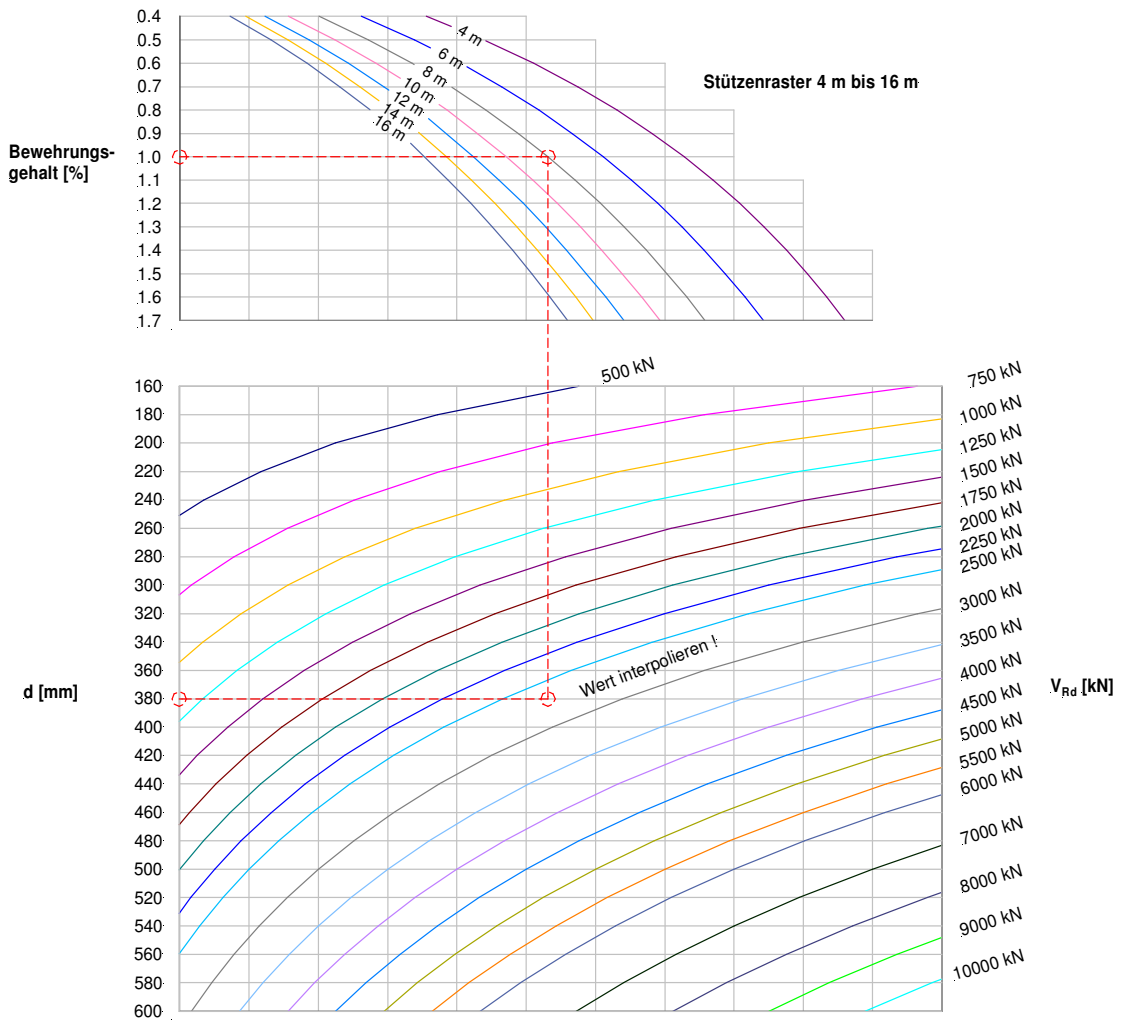
$$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 16 \cdot d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$



Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
 Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

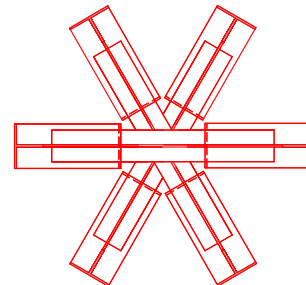
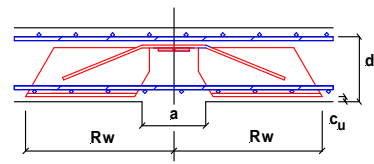


TUCHSCHMID-WALM®

Innenstütze Typ I-6

Beton C 25/30

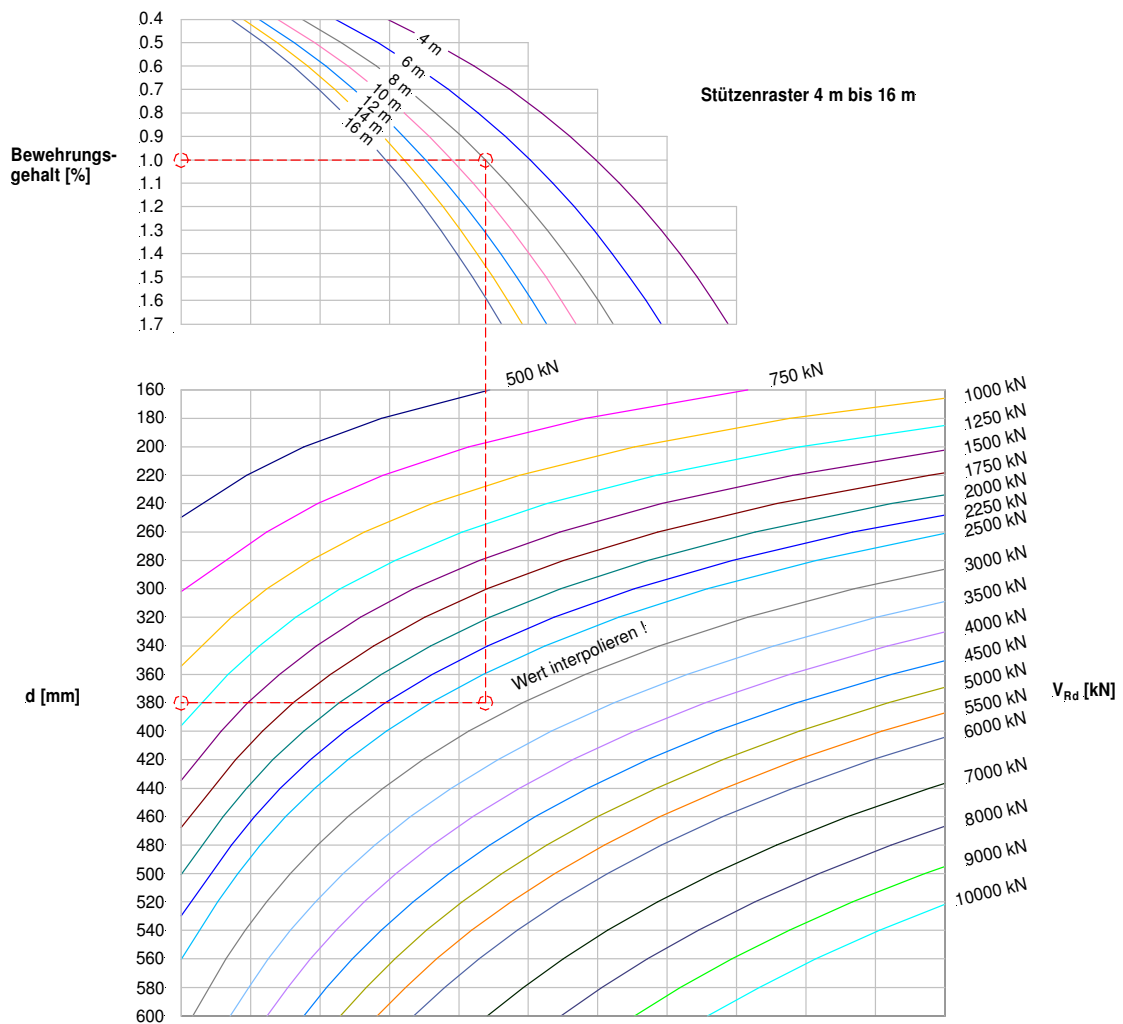
$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$



- Durchstanzwiderstand
- Statische Höhe
- Stützenraster
- Bewehrungsgehalt
- Schubspannungsgrenze
- Umfang
- Betonüberdeckung

- V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
- d [mm]
- l [m]
- ρ [%]
- $\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$
- $u = 21 \cdot d$
- $c_u = 20 \text{ mm}$

Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
 Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

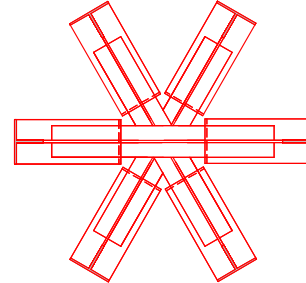
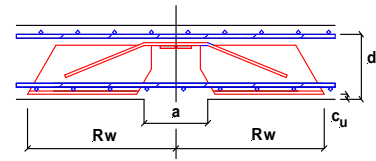


TUCHSCHMID-WALM®

Innenstütze Typ I-6

Beton C 30/37

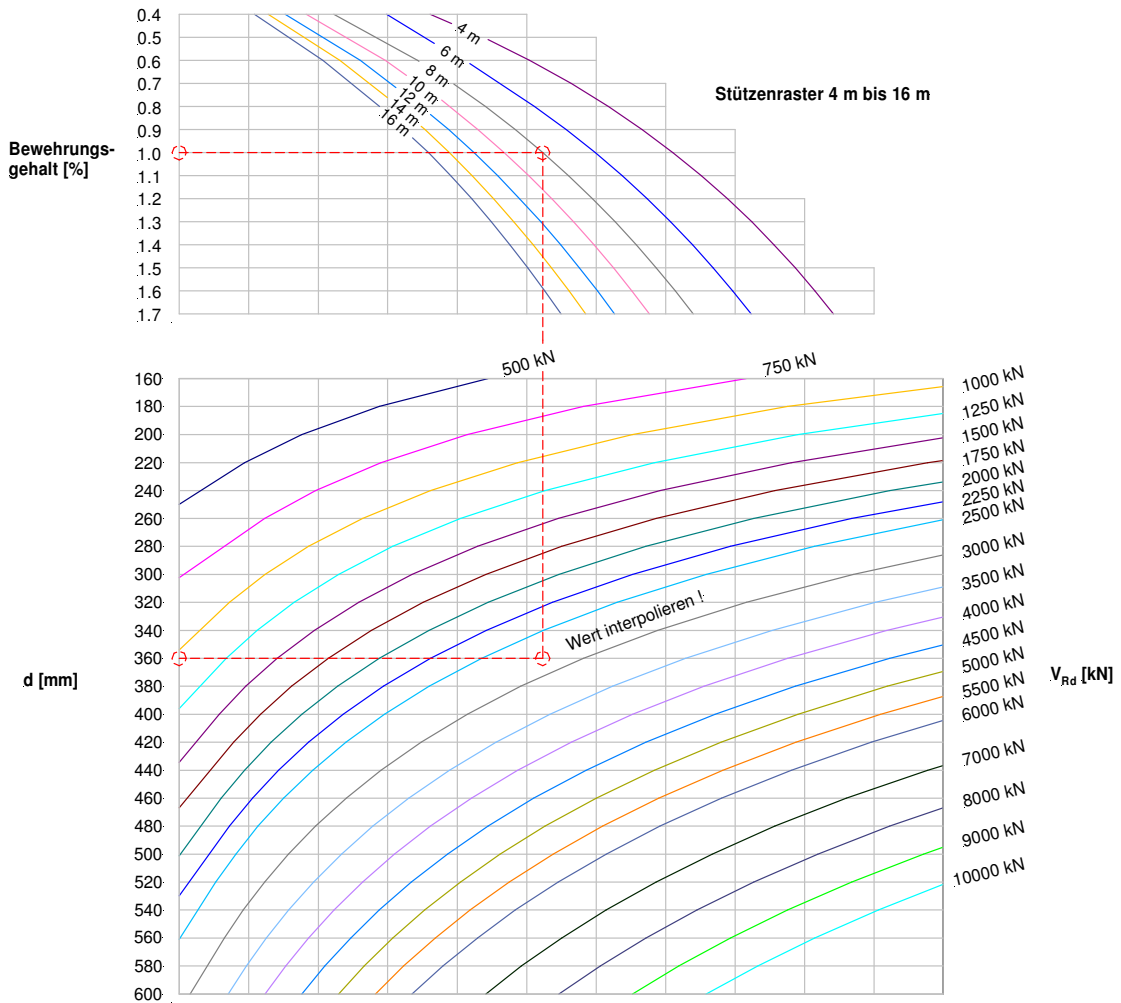
$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$



- Durchstanzwiderstand
- Statische Höhe
- Stützenraster
- Bewehrungsgehalt
- Schubspannungsgrenze
- Umfang
- Betonüberdeckung

- V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
- d [mm]
- l [m]
- ρ [%]
- $\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$
- $u = 21 \cdot d$
- $c_u = 20 \text{ mm}$

Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
 Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

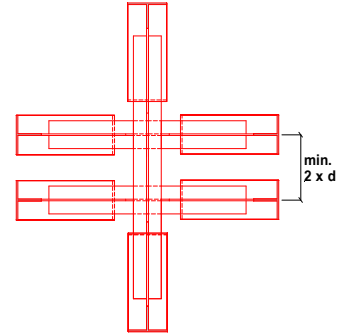
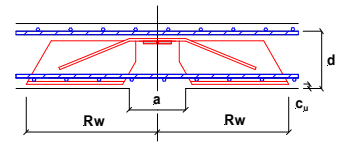


TUCHSCHMID-WALM®

Wandscheibe Typ W

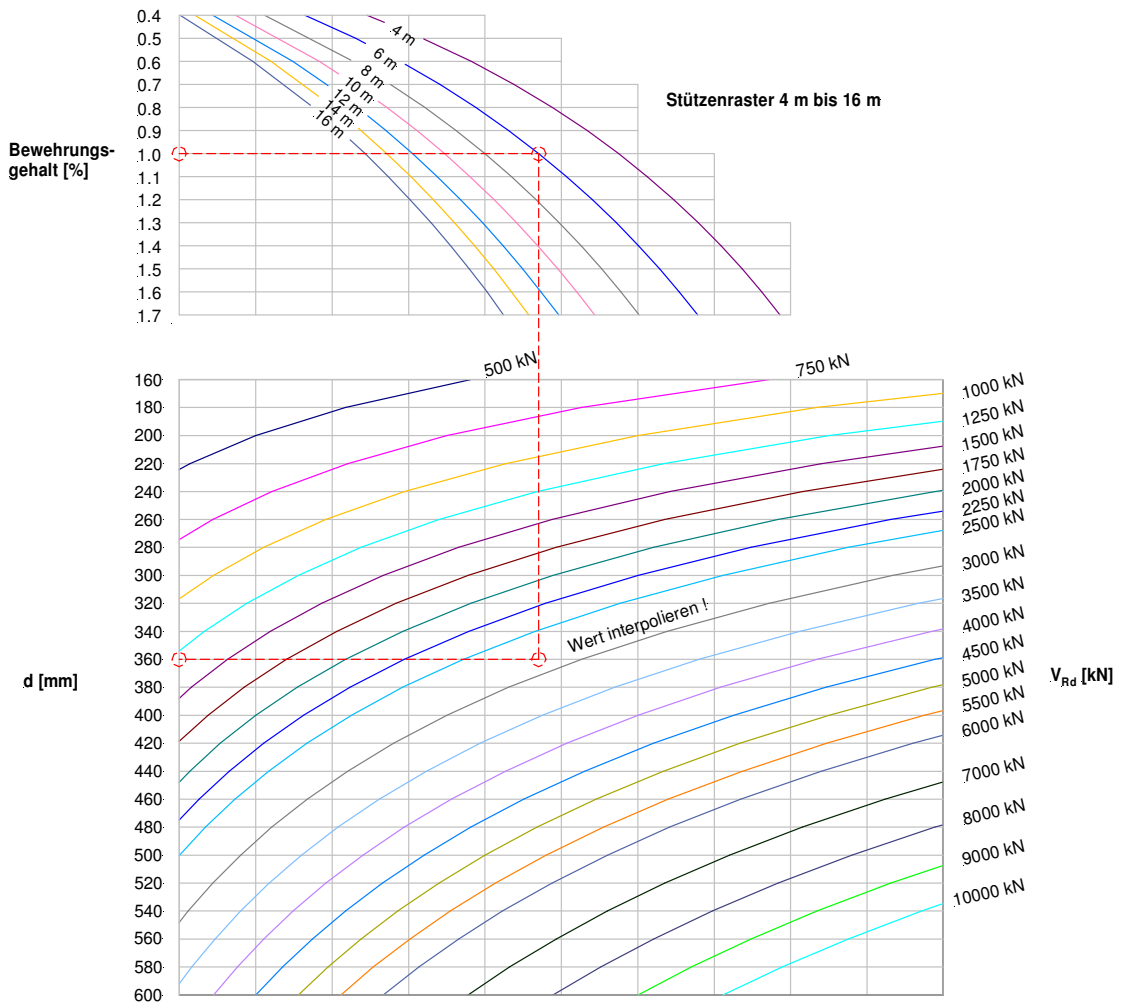
Beton C 25/30

$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 20 \cdot d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$

Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

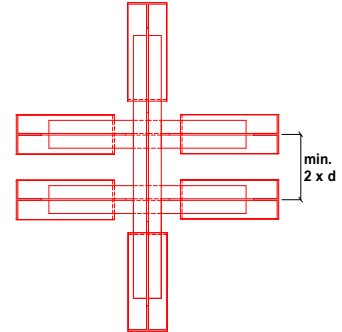
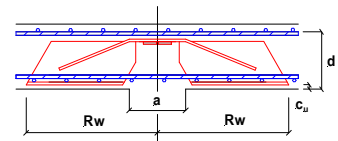


TUCHSCHMID-WALM®

Wandscheibe Typ W

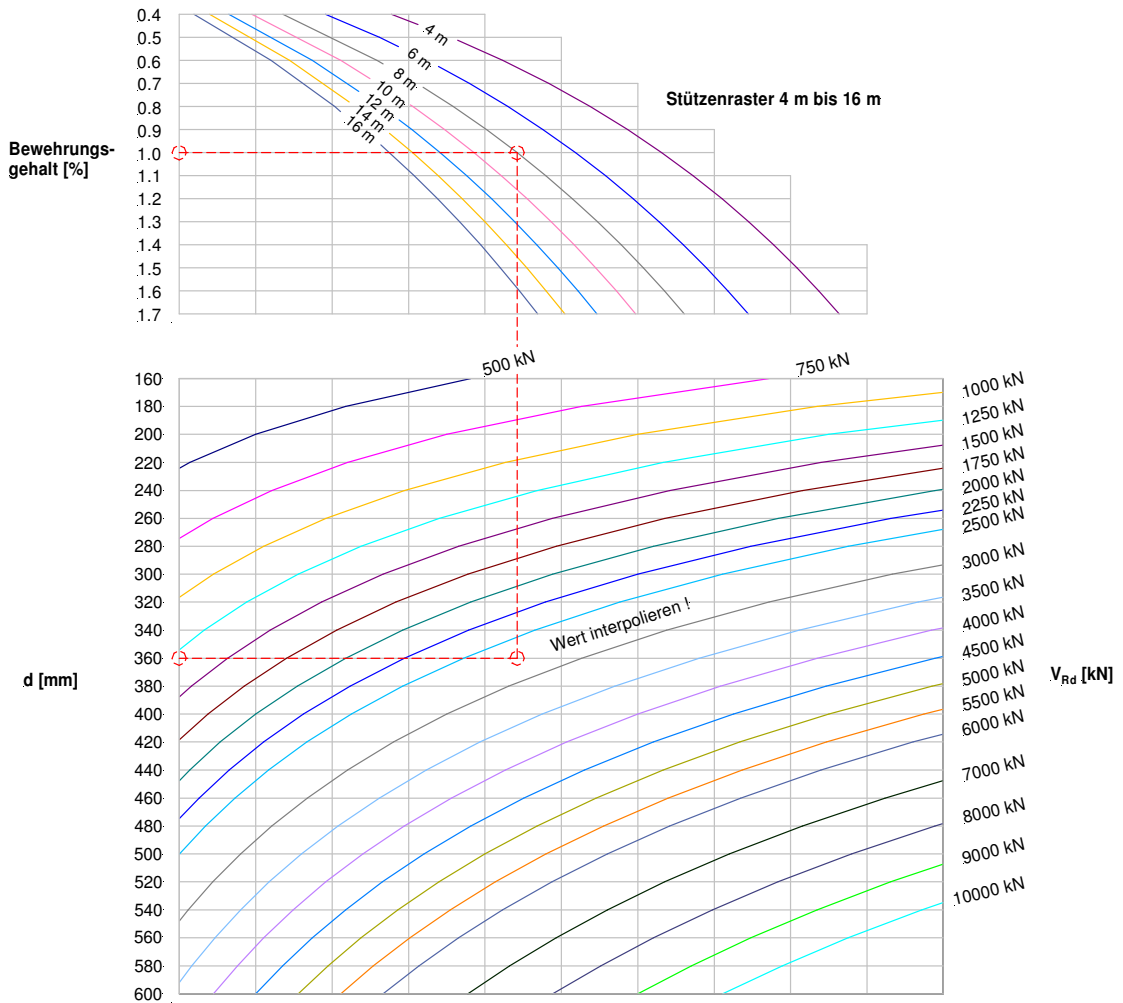
Beton C 30/37

$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 20 \cdot d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$

Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
 Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

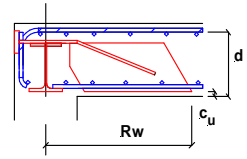


TUCHSCHMID-WALM®

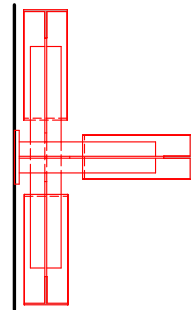
Randstütze Typ R

Beton C 25/30

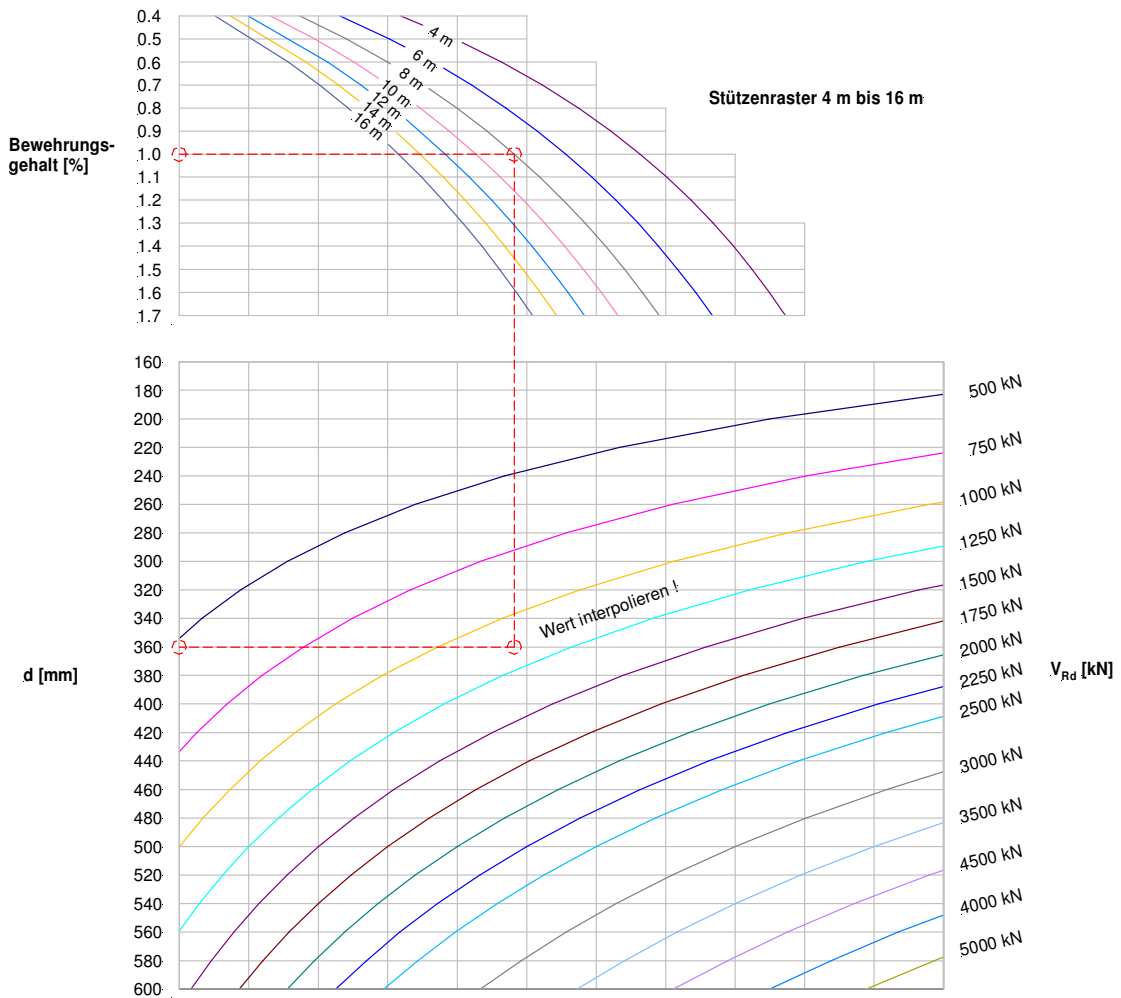
$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 8 * d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$



Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

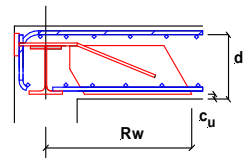


TUCHSCHMID-WALM®

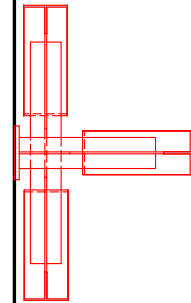
Randstütze Typ R

Beton C 30/37

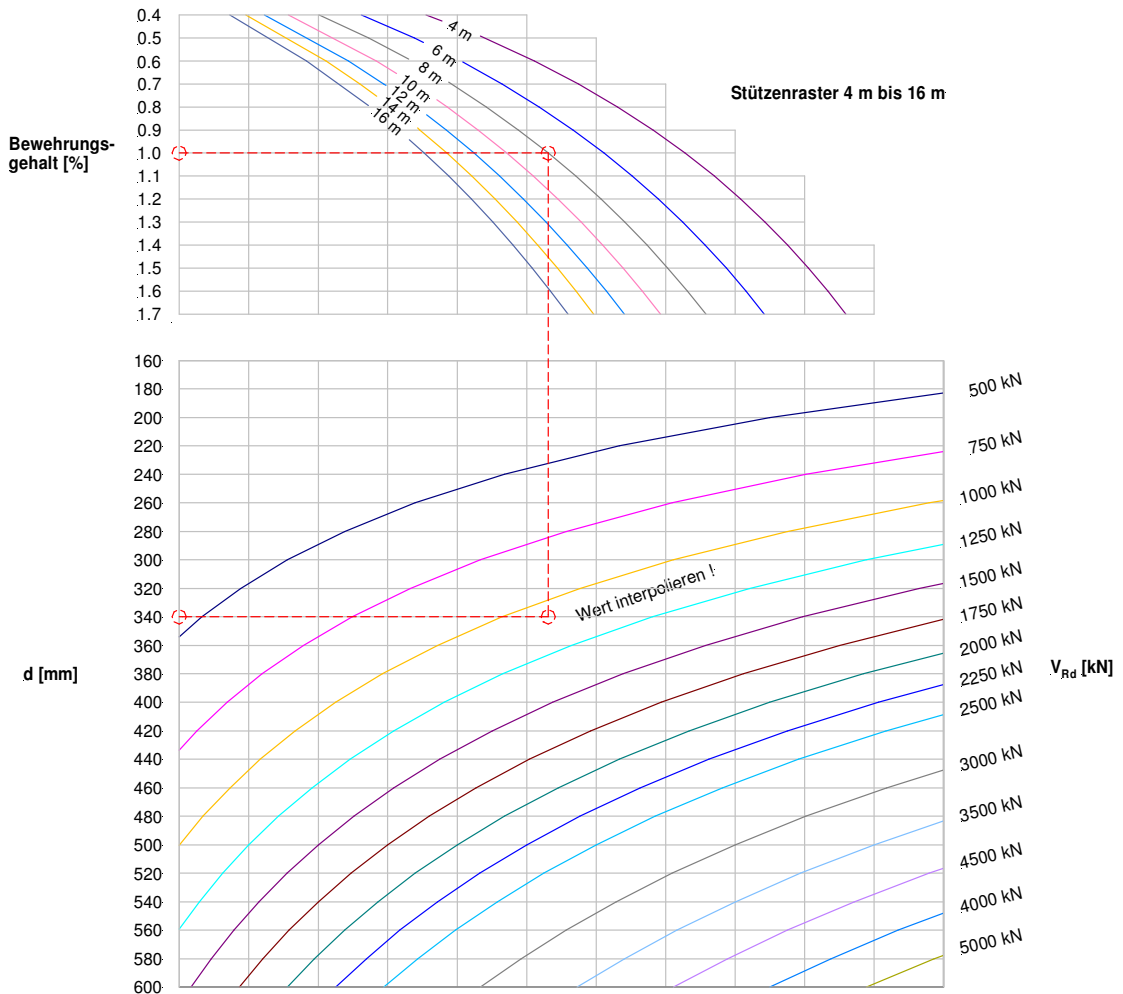
$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 8 \cdot d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$



Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
 Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

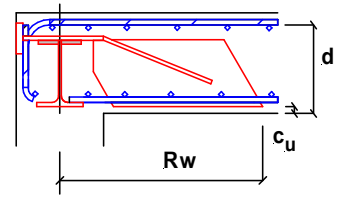


TUCHSCHMID-WALM®

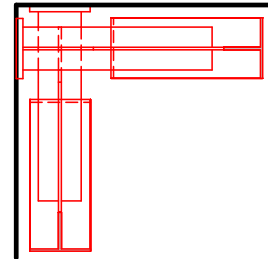
Eckstütze Typ E-2

Beton C 25/35

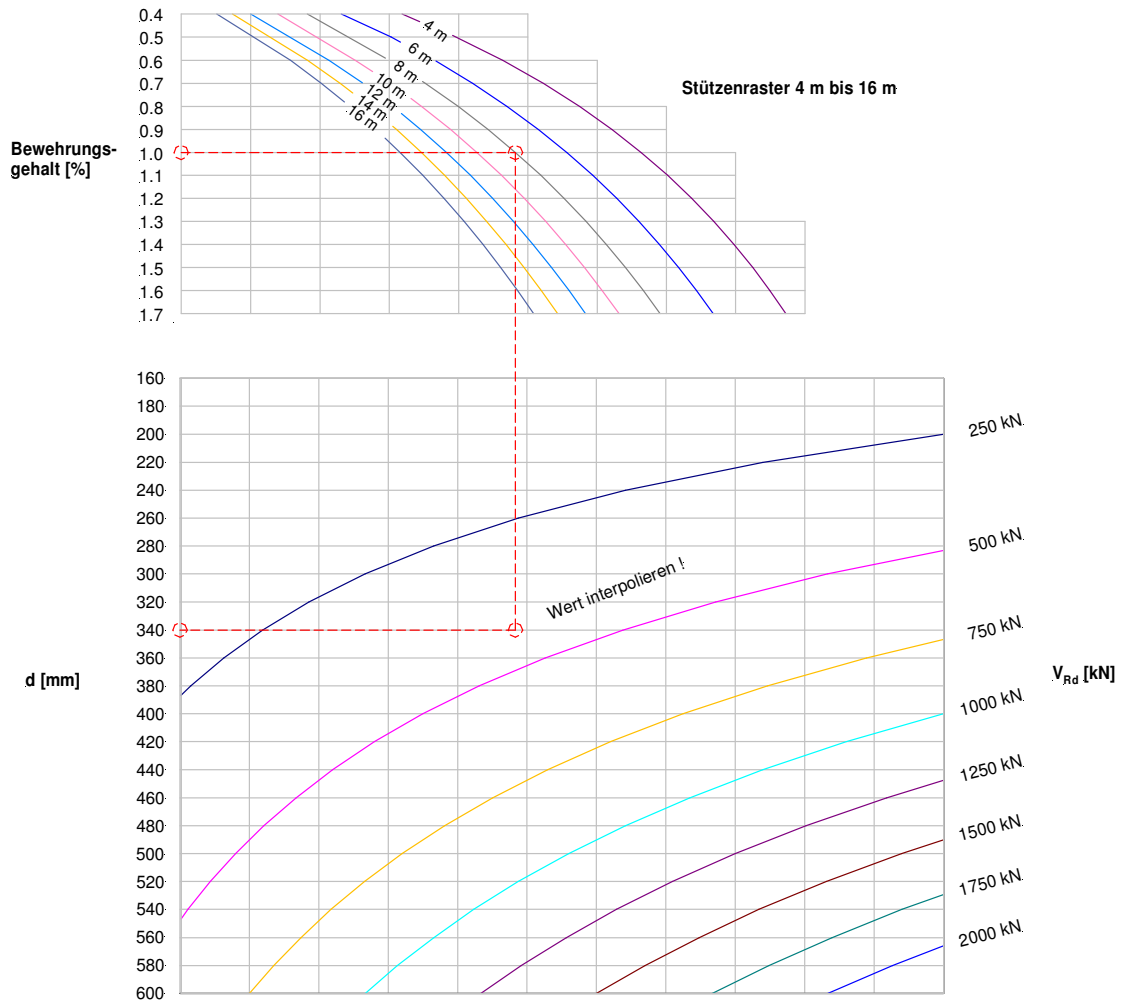
$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 4 * d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$



Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
 Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

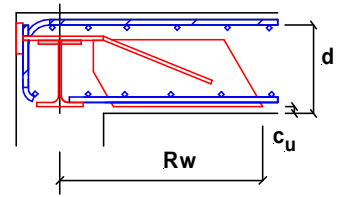


TUCHSCHMID-WALM®

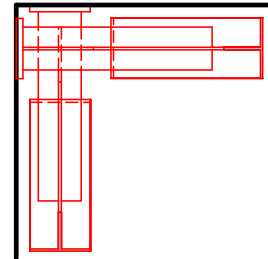
Eckstütze Typ E-2

Beton C 30/37

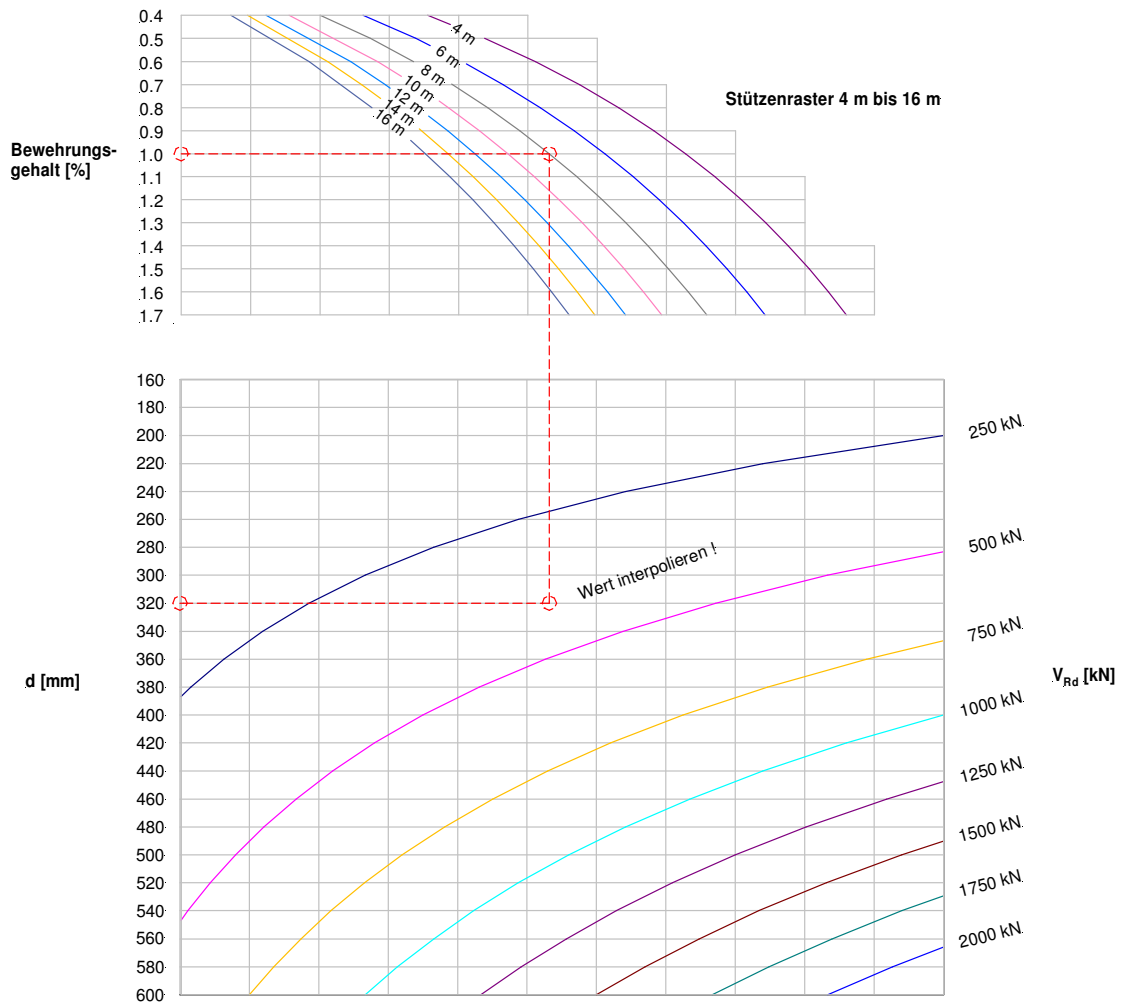
$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 4 * d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$



Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
 Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

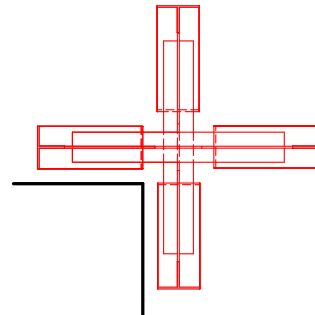
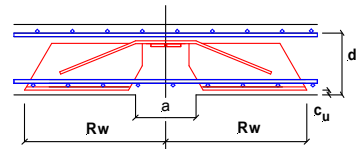


TUCHSCHMID-WALM®

Eckstütze Typ E-3

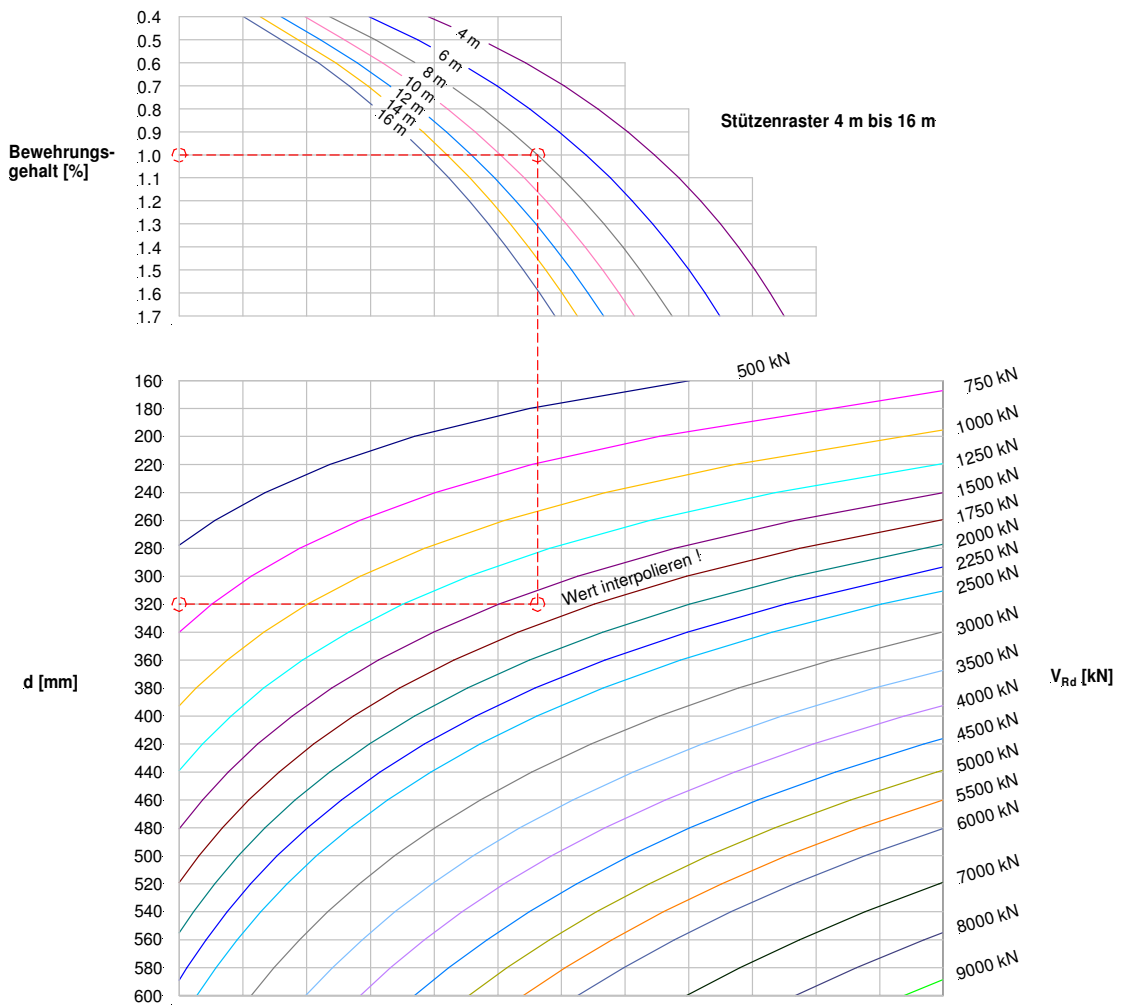
Beton C 25/30

$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.0 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 13 \cdot d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$

Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
 Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

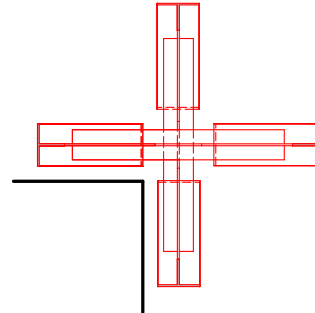
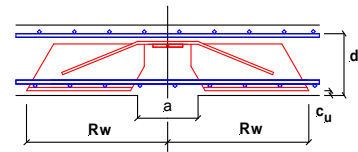


TUCHSCHMID-WALM®

Eckstütze Typ E-3

Beton C 30/37

$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$



Durchstanzwiderstand	V_{Rd} [kN] (Bemessungsniveau)
Statische Höhe	d [mm]
Stützenraster	l [m]
Bewehrungsgehalt	ρ [%]
Schubspannungsgrenze	$\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$
Umfang	$u = 13 \cdot d$
Betonüberdeckung	$c_u = 20 \text{ mm}$

Nomogramm zur Bestimmung der Durchstanzlasten für den WALM® nach SIA 262 (2003).
Für die Benutzung des Nomogramms müssen mindestens drei der vier Parameter (Durchstanzwiderstand, Statische Höhe, Stützenraster, Bewehrungsgehalt) angenommen oder bestimmt worden sein.

