















4H-STANZ Durchstanzen n. EC 2

Detailinformationen

Seite überarbeitet November 2023

• Kontakt • Programmübersicht • Bestelltext **Handbuch** ... als pdf **Infos auf dieser Seite**

- Nachweisparameter 
- Durchstanzgeometrie 
- Belastung 
- Nachweisführung 
- Lasteinleitung 
- maßgebende Einwirkung 
- Durchstanzwiderstand 
- Bemessung 
- äußerer Rundschnitt 
- Mindestlängsbewehrung 
- Verstärkungen 
- Wandende / Wanddecke 
- Fundament / Bodenplatte 

Nachweisparameter

Das Eigenschaftsblatt *Nachweisparameter* enthält alle Angaben für die Nachweisführung.

Nachweisparameter

Plattentyp

Deckenplatte


Bodenplatte

Bemessungsnorm


DIN EN 1992-1-1 (EC 2, 1.11)

DIN 1045-1 (8.08)

Material

Betongüte 

α_c

Stahlgüte 

Lasterhöhungsfaktor zur Berücksichtigung der nichtrotationssym. Querkraftverteilung

konst. Faktor für ausgesteifte Systeme

genauerer Verfahren (aus plastischer Spannungsverteilung)

benutzerdefiniert

verankerte Zugbewehrung

$a_{s,zug,x}$ = cm²/m

$a_{s,zug,y}$ = cm²/m

mittlerer Zuglängsbew.grad ρ = 1.158 %

Bemessung

Durchstanzbewehrung möglichst vermeiden

Maximaler Stahldurchmesser d_s mm

An oberster Stelle ist der Plattentyp festzulegen.

Es kann entweder das Durchstanzen durch eine *Deckenplatte* oder eine *Bodenplatte* untersucht werden.

Das Programm ist für den Nachweis entsprechend des Eurocodes konzipiert. Zu Vergleichszwecken kann aber auch auf den Nachweis nach *DIN 1045-1* in ihrer zuletzt gültigen Fassung umgestellt werden.



Im DIN-Modus kann nur mit **einer** Lastkombination gearbeitet werden!

Hier sind die *Betongüte* der Platte und die *Stahlgüte* der eventuell einzulegenden Durchstanzbewehrung anzugeben.

Plattentyp

- Deckenplatte**
 Bodenplatte

Bemessungsnorm

- DIN EN 1992-1-1 (EC 2, 1.11)
 DIN 1045-1 (8.08)

Material

Betongüte
 α_c
 Stahlgüte

Um den Einfluss einer ungleichmäßigen Querkraftverteilung infolge Rand- oder Lastsituation zu berücksichtigen, wird der Bemessungswert der Schubspannung mit einem *Lasterhöhungsfaktor* beaufschlagt.

Dieser Lasterhöhungsfaktor kann bei ausgesteiften Systemen als *konstanter Faktor*, unabhängig von der eigentlichen Momentenbelastung, entsprechend Bild 6.21 der Norm gewählt werden.

Das *genauere Verfahren* nach Abschnitt 6.4.3(3) berücksichtigt dagegen die angegebenen Momentenbelastungen und ist bei nicht ausgesteiften Systemen das einzig zulässige, das in der Norm behandelt wird.

Soll der Faktor anderweitig ermittelt werden, kann er auch direkt vorgegeben werden.

Lasterhöhungsfaktor zur Berücksichtigung der nichtrotationssym. Querkraftverteilung

- konst. Faktor für ausgesteifte Systeme** (entsprechend Stützenstellung)
 genaueres Verfahren
 benutzerdefiniert

Die vorhandene *Zuglängsbewehrung* ist je Achsrichtung vorzugeben.

Bei Deckenplatten ist dies die obere und bei Bodenplatten die untere Längsbewehrung.

verankerte Zugbewehrung

$a_{s,x} =$ cm²/m
 $a_{s,y} =$ cm²/m
 mittlerer Längsbew.grad $\rho = 0.500$ %



Hier ist der Mittelwert im Bereich von 3-d links und rechts der Stütze anzugeben.

Bei eventuell notwendiger Durchstanzbewehrung ist die Breite um die Länge des durchstanzbewehrten Bereiches zu erhöhen.

Außerdem ist sicherzustellen, dass die Bewehrung außerhalb des relevanten Bereiches verankert ist.

Sollte der Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung nicht ausreichend sein, ist zusätzliche Bewehrung einzulegen.

Ist die Option **Durchstanzbewehrung möglichst vermeiden** aktiviert, wird eine zusätzliche Längsbewehrung ermittelt, um den Nachweis ohne Durchstanzbewehrung zu erfüllen, sofern dadurch nicht der maximal ansetzbare Längsbewehrungsgrad überschritten wird.

Ist eine Durchstanzbewehrung nicht zu vermeiden, kann diese für **Bügelbewehrung** oder **aufgebogene Längsbewehrung** bemessen werden.

Bei Bügelbewehrung sind mindestens zwei, ggf. mehrere Reihen anzuordnen.

Der **Abstand zwischen den Bügelreihen** kann mit $s_w = 0.5 \cdot d$ bis $0.75 \cdot d$ gewählt werden.

Bei aufgebogener Längsbewehrung kann der Neigungswinkel zur Plattenebene zwischen 45° und 60° variiert werden.

Die aufgebogene Bewehrung wird zwar in nur einem Rundschnitt bemessen, sie darf aber auf einen Bereich bis zu $l_w = 1.5 \cdot d$ verteilt angeordnet werden.

Bemessung

Durchstanzbewehrung möglichst vermeiden

Maximaler Stabdurchmesser $d_s = 12$ mm

Ausbildung der Bewehrung

als Bügel

Abstand zwischen den Bügelreihen $s_w = 0.75 * d_m = 15.00$ cm

aufgebogene Längsbewehrung

Neigungswinkel $\alpha = 60.0^\circ$

Bewehrungsbereich $l_{w,\alpha} = 1.00 * d_m = 20.00$ cm

Um die Querkrafttragfähigkeit sicherzustellen, sind nach Nationalem Anhang für Deutschland die Platten im Bereich der Stützen für Mindestmomente zu bemessen.

Wenn diese Funktion aktiviert ist, wird eine **Mindestlängsbewehrung** nach Tabelle NA.6.1.1 vom Programm ermittelt und ausgewiesen.

Mindestmomente

Mindestlängsbewehrung für Querkrafttragfähigkeit ermitteln

Durchstanzgeometrie

Das Eigenschaftsblatt zur Eingabe der *Geometriedaten* enthält ein vierteiliges Register.

The screenshot shows the 'GEOMETRIE' window with four tabs: 'Draufsicht', 'x-z-Ansicht', 'y-z-Ansicht', and 'Ausparungen'. The 'Draufsicht' tab is active, showing a top-down view of a slab ('Deckenplatte') with a central column ('Stütze'). The column is represented by a hatched square. The slab is a larger rectangle. The column width is 45.0 cm. The slab dimensions are $L_x = 4.00$ m and $L_y = 4.00$ m. The column is positioned 45.0 cm from the right edge of the slab. The 'Stützenquerschnitt' is set to 'Rechteck' (rectangle). The 'Angaben in [cm]' label is visible at the bottom right. The interface includes a coordinate system (x, y) and various control icons at the bottom.

Die ersten drei Registerblätter enthalten jeweils eine Prinzipskizze der Draufsicht bzw. einer Ansicht.

Um die Abmessungen und Randabstände der aktuellen Lasteinleitungssituation ändern zu können, müssen die Werte in den blau dargestellten Maßketten mit der linken Maustaste angeklickt werden.

Alle Vermessungen sind in cm einzugeben.



Die meisten Abmessungen und Randabstände können sowohl in der Draufsicht als auch in einer der beiden Ansichten verändert werden.

Da die Eingabemöglichkeiten gekoppelt sind, ist nur eine Angabe erforderlich.

Das erste Register enthält die *Draufsicht*. Hier können die Abmessungen der Stütze und Randabstände festgelegt werden.

Außerdem sind hier die Randsituation und der Stützenquerschnitt zu wählen.

Für die Randsituation stehen vier Möglichkeiten zur Wahl:

- **Innenstütze** ohne Ränder
- **Randstütze** mit Rand parallel zur x-Achse
- **Randstütze** mit Rand parallel zur y-Achse
- **Eckstütze** mit zwei Rändern

Stellung: **Innenstütze**

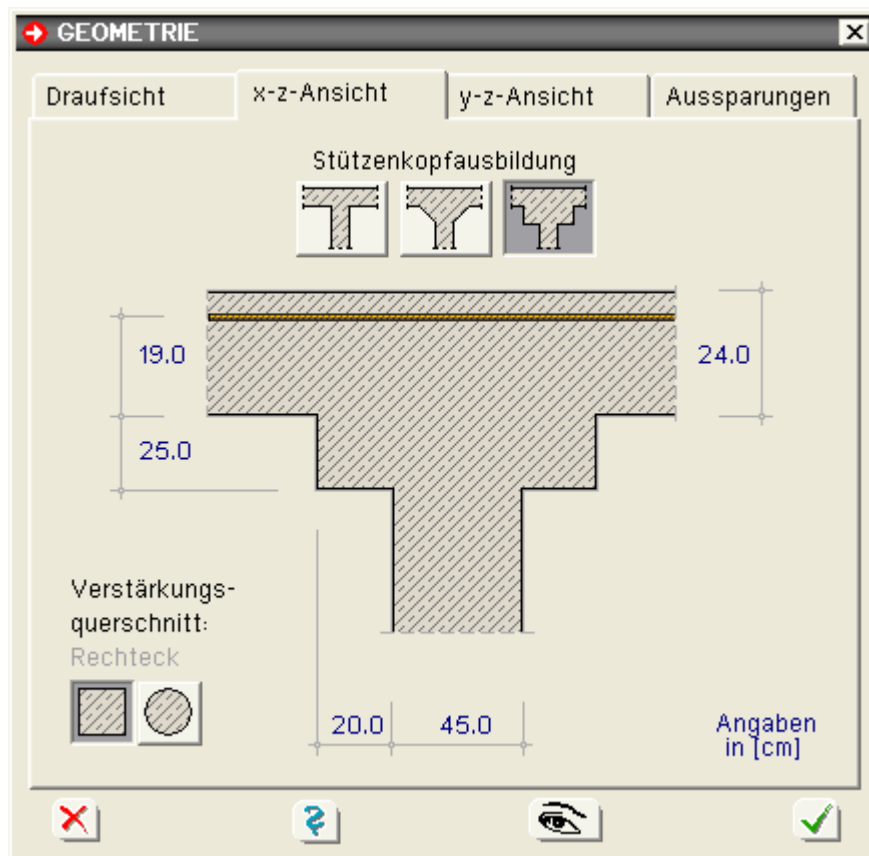


Als Stützenquerschnitt stehen **Rechteck**, **Kreis**, **Wandende** und **Wandecke** zur Verfügung.

Stützenquerschnitt:
Rechteck



Im zweiten Register ist die *X-Z-Ansicht* zu sehen.



Hier können die *Plattendicke*, die mittlere *statische Nutzhöhe*, die *Breiten* der Stütze und ggf. eine Verstärkung eingegeben werden.

Das dritte Register ist die *Y-Z-Ansicht*. Hier sind neben der Plattendicke und Nutzhöhe ebenfalls die Breiten von Stütze und Verstärkung in dieser Ansicht änderbar.

Zusätzlich kann sowohl im zweiten als auch im dritten Register der Typ der *Stützenkopfausbildung* festgelegt werden.

Stützenkopfausbildung



Im vierten Register können *Aussparungen* in tabellarischer Form definiert werden.

GEOMETRIE

Draufsicht | x-z-Ansicht | y-z-Ansicht | **Aussparungen**

rechteckige Aussparung

kreisförmige Aussparung

Anzahl der Aussparungen: 1

Form	x_A cm	y_A cm	b_x / d cm	b_y cm
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0.0	40.0	10.0	20.0
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>				

Als Formen der Aussparungen können **Rechteck** oder **Kreis** gewählt werden.

Die Koordinaten geben die Position des Schwerpunkts der Aussparung bezüglich des Stützenschwerpunkts an.

Die Koordinaten und Abmessungen sind in cm anzugeben.

optische Kontrolle



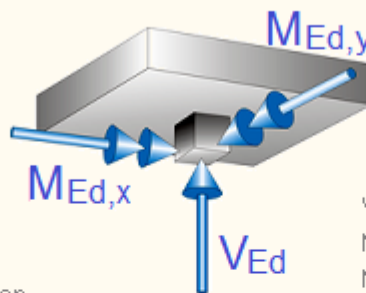
Über den dargestellten Button am unteren Rand des Eigenschaftsblatts wird eine maßstäbliche Darstellung der Geometrie am Bildschirm aufgerufen.




So können die Eingaben in den vier Registerblättern kontrolliert werden, ohne das Eigenschaftsblatt verlassen zu müssen.

Belastung




Im Eigenschaftsblatt *Belastung* sind die Lastkombinationen einzugeben, die gegen Durchstanzen nachzuweisen sind.

Belastung



 Zeile löschen
 Zeile duplizieren
 neue Zeile anhängen

V_{Ed} Querkraft
 $M_{Ed,x}$ Moment um X-Achse
 $M_{Ed,y}$ Moment um Y-Achse

Lastkombination	Bemessungssit.	V_{Ed} kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm
1:   G+Q	ständig <input type="checkbox"/>	300.00	10.00	40.00
 neu				

Jeder Lastkombination kann eine Bezeichnung zugeordnet werden.

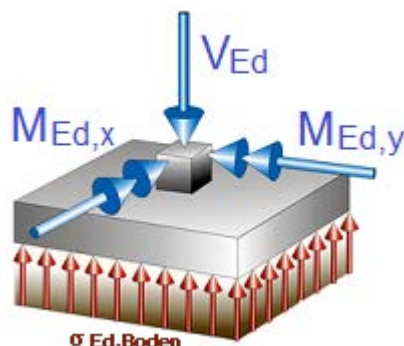
Die *Bemessungssituation* ist über eine Auswahlliste anzugeben.

Neben der Querkraft, die nur positiv einzugeben ist, können die zugehörigen Momente angegeben werden.

Alle Schnittgrößen werden als Bemessungswerte interpretiert.



Die Eingabe von Momenten ist nur von Belang, wenn das *genauere Verfahren* zur Ermittlung des Lasterhöhungsfaktors gewählt ist (s. [Nachweisparameter](#)).



Für eine *Bodenplatte* kann für jede Lastkombination zusätzlich die zugehörige *Bodenpressung* unter der Platte angegeben werden.



Da die Bodenpressung einen stark günstigen Einfluss auf die Bemessung hat, ist unbedingt sicherzustellen, dass sie innerhalb aller beim Nachweis betrachteten Rundschnitte im Mittel vorhanden ist!

Nachweisführung

Das Programm geht bei der Nachweisführung wie folgt vor:

1. Ermittlung des **kritischen Rundschnitts**
2. Ermittlung der maßgebenden **Einwirkung** im kritischen Rundschnitt
3. **Durchstanzwiderstand** im kritischen Rundschnitt ermitteln

und falls zusätzliche Bewehrung erforderlich wird

4. **Bemessung**
5. Nachweis im **äußeren Rundschnitt**
6. Mindestlängsbewehrung zur Sicherstellung der **Querkrafttragfähigkeit**

Besonderheiten in der Berechnung ergeben sich bei

- **Stützenkopfverstärkungen**
- **Nachweis** für Wandende oder Wandecke
- Fundamenten und **Bodenplatten**

Das Programm folgt den im Weiteren beschriebenen Regeln nach Abschnitt 6.4 des Eurocode 2 und den zugehörigen Einschränkungen und Erweiterungen des Nationalen Anhangs für Deutschland.

Lasteinleitung und kritischer Rundschnitt

Nach Eurocode 2 sind die Abmessungen der Lasteinleitungsflächen nicht begrenzt.

Nach NA-Deutschland sind der Umfang dagegen auf $u_0 \leq 12 \cdot d$ und bei rechteckigen Lasteinleitungsflächen das Seitenverhältnis auf $a/b \leq 2$ beschränkt.

Bei Rundstützen mit $u_0 > 12d$ ist im Rundschnitt statt des Nachweises gegen Durchstanzen nach Abschnitt 6.4 der Nachweis der Querkraft nach Abschnitt 6.2 zu führen.

Für größere Abmessungen von rechteckigen Lasteinleitungsflächen sind Teilrundschnitte entspr. Bild NA.6.12.1 zu ermitteln.

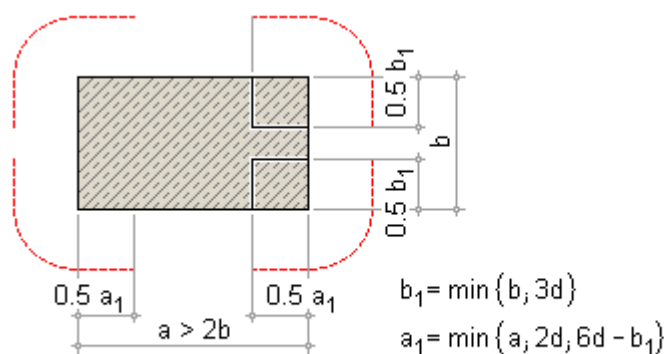


Bild NA.6.12.1 - kritischer Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen

Für den Nachweis der Durchstanztragfähigkeit ohne **Durchstanzbewehrung** wird der sogenannte kritische Rundschnitt u_1 betrachtet.

I.A. wird der kritische Rundschnitt im Abstand $2 \cdot 0 \cdot d$ angenommen; mit d als mittlerer statischer Nutzhöhe zweier orthogonaler Bewehrungsrichtungen ($d = (d_x + d_y) / 2$).

Weitere Rundschnitte mit anderen Abständen sind nur dann zu betrachten, wenn Durchstanzbewehrung erforderlich wird (s. **Bemessung**).

Besonderheiten für den kritischen Rundschnitt ergeben sich bei **Stützenkopfverstärkungen** und **Fundament- oder Bodenplatten**.

Bei Lasteinleitungsflächen in der Nähe von freien Rändern ist zu untersuchen, ob ein Rundschnitt nach Bild 6.15 einen kleineren Umfang hat und somit maßgebend wird.

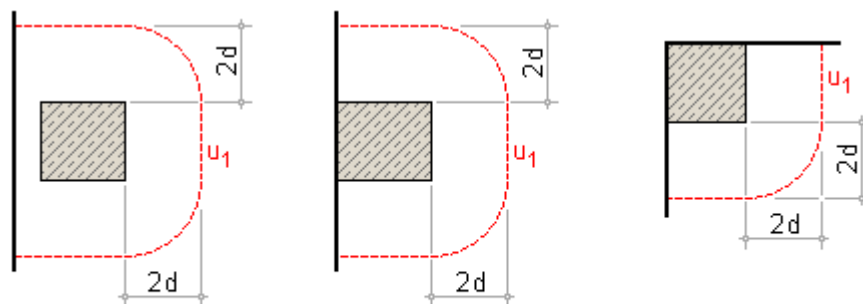


Bild 6.15 - kritische Rundschnitte um Lasteinleitungsflächen nahe eines Randes oder einer Ecke

Bei Lasteinleitungen deren Rand weniger als $6 \cdot d$ von einer Öffnung entfernt liegt, ist nach Bild 6.14 ein Teil des Rundschnitts als unwirksam zu betrachten.

Liegt die kürzere Seite der Öffnung zur Lasteinleitung hin ($l_1 > l_2$), ist mit einer Ersatzbreite zu rechnen.

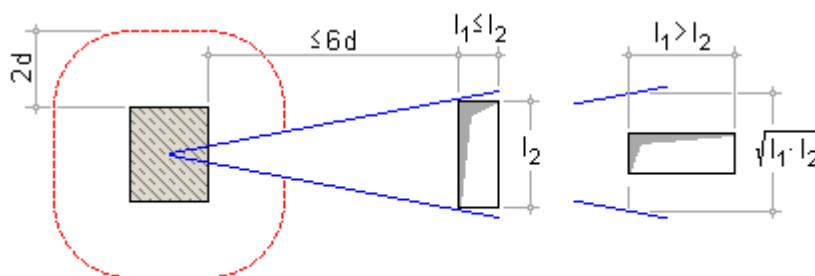


Bild 6.14 - Rundschnitte in der Nähe von Öffnungen

maßgebende Einwirkung im kritischen Rundschnitt

Aus dem Bemessungswert der Auflagerreaktion V_{Ed} ist die maximale Querkraft im Rundschnitt und je Flächeneinheit wie folgt zu ermitteln.

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

- d mittlere Nutzhöhe der Platte
- u Umfang des betrachteten Rundschnitts
- β Lasterhöhungsfaktor

Mit dem Lasterhöhungsfaktor β wird dabei eine ungleichmäßige Verteilung der Querkraft im Rundschnitt berücksichtigt. Ursachen für die ungleichmäßige Verteilung sind exzentrische Belastungen, Ränder und Aussparungen.

Auf der Annahme einer vollplastischen Schubspannungsverteilung im Rundschnitt basierend berechnet sich β nach dem *genaueren Verfahren* wie folgt.

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(k_x \cdot \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,x}} \right)^2 + \left(k_y \cdot \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,y}} \right)^2} \geq 1.10$$

- u_1 Umfang des kritischen Rundschnitts
- k Beiwert aus Verhältnis der Stützenabmessungen n. Tab. 6.1
- W_1 Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnitts
- $W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl$
- dl Differential des Umfangs
- e lotrechter Abstand vom Schwerpunkt des Rundschnitts zu d

Da auch bei Innenstützen niemals eine gleichmäßige Verteilung zu erwarten ist, liegt der Mindestwert für β bei 1.10.

Das Widerstandsmoment entlang des kritischen Rundschnitts wird vom Programm numerisch ermittelt und kann damit allgemeingültig für alle Randsituationen und Anordnungen von Aussparungen berechnet werden.

In ausgesteiften Systemen ohne wesentliche Spannweitenunterschiede dürfen Näherungswerte - unabhängig von der Lastausmitte - verwendet werden (Bild 6.21).

Innenstützen $\beta = 1.10$

Randstützen $\beta = 1.40$

Eckstützen $\beta = 1.50$

Nach NA-Deutschland gilt für Randstützen die Einschränkung, dass ab einer Lastausmitte von $e/c \geq 1.2$ das *genauere Verfahren* (s. oben) angewendet werden muss.

Zusätzlich sind in Bild 6.21DE auch Werte für β bei Wandenden oder **Wandecken** angegeben.

Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt

Der Bemessungswert des Durchstanzwiderstands ohne Durchstanzbewehrung ergibt sich wie folgt

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

f_{ck} charakteristische Betondruckfestigkeit [N/mm²]

k $= 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$ d in [mm]

ρ_l $= \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0.02$... und ... $\leq 0.5 \cdot f_{cd} / f_{yd}$

ρ_{ly}, ρ_{lz} Bewehrungsgrad bezogen auf die verankerte Zugbewehrung in z- bzw. y-Richtung. Die Werte ρ_{ly} und ρ_{lz} sind i. d. R. als Mittelwerte unter Berücksichtigung einer Plattenbreite entspr. der Stützenabmessung zzgl. $3 \cdot d$ pro Seite zu berechnen

σ_{cp} $= (\sigma_{cy} + \sigma_{cz}) / 2$

σ_{cy}, σ_{cz} jeweils die Betonnormalspannung in y- und z-Richtung im kritischen Querschnitt (N/mm², für Druck positiv)

$$\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}} \quad \text{... und ...} \quad \sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

$N_{Ed,y}, N_{Ed,z}$ jeweils die Normalkraft, die für Innenstützen im gesamten Feldbereich wirkt bzw. die Normalkraft, die für Rand- und Eckstützen im kritischen Nachweisschnitt wirkt. Diese Kraft kann durch eine Last oder durch Vorspannung entstehen

A_c die Betonquerschnittsfläche gemäß der Definition von N_{Ed}

Nach NA-Deutschland gilt hierzu ergänzend

$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$ bei Flachdecken

$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c \cdot (0.1 \cdot u_0 / d + 0.6)$ für Innenstützen bei Flachdecken mit $u_0 / d < 4$

$C_{Rd,c} = 0.15 / \gamma_c$ bei Fundamenten und Bodenplatten

u_0 Umfang der Lasteinleitung

$k_1 = 0.10$

• Nachweis ohne Bewehrung

Eine Durchstanzbewehrung ist nicht erforderlich, falls folgende Bedingung erfüllt ist

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$

Ist diese Bedingung nicht erfüllt, wird vom Programm (bei aktivierter Option **Durchstanzbewehrung möglichst vermeiden** im Eigenschaftsblatt **Nachweisparameter**) hierfür die erforderliche Zuglängsbewehrung ermittelt.

Ist dabei der zulässige Längsbewehrungsgrad (s. oben) eingehalten, wird eine Zulage für die Zuglängsbewehrung gewählt. Erst wenn auch dies nicht möglich ist, wird vom Programm eine **Bemessung** für Durchstanzbewehrung durchgeführt.

• Maximaltragfähigkeit

Der Nachweis der Betondruckstrebe bzw. die Maximaltragfähigkeit wird bei Flachdecken ebenfalls im kritischen Rundschnitt nachgewiesen.

Nach NA-Deutschland ist die Maximaltragfähigkeit als 1.4-faches der Tragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung definiert, wobei der ggf. positive Einfluss einer Vorspannung nicht berücksichtigt werden darf.

$$V_{Rd,max} = 1.4 \cdot V_{Rd,c}$$

Für den Fall, dass diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird vom Programm ebenfalls durch Erhöhung der Zuglängsbewehrung versucht, den Widerstandswert zu erhöhen.

Sollte dabei der zulässige Längsbewehrungsgrad überschritten werden, ist ein Durchstanznachweis auch mit Durchstanzbewehrung nicht zu erbringen.

Bemessung

Ist Durchstanzbewehrung erforderlich, ist diese nach Gleichung 6.52 zu bemessen.

$$V_{Rd,cs} = 0.75 \cdot V_{Rd,c} + 1.5 \cdot (d/s_r) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot (1/(u_1 \cdot d)) \cdot \sin \alpha$$

A_{sw} Querschnittsfläche der Durchstanzbewehrung in einer Bewehrungsreihe um die Stütze [mm²]

s_r radialer Abstand der Durchstanzbewehrungsreihen [mm]

$f_{ywd,ef}$... wirksamer Bemessungswert der Streckgrenze der Durchstanzbewehrung, gemäß $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot d \leq f_{ywd}$ [N/mm²]

d Mittelwert der statischen Nutzhöhen in den orthogonalen Richtungen [mm]

α Winkel zwischen Durchstanzbewehrung und Plattenebene

Bei den **Nachweisparametern** kann zwischen Bügelbewehrung und Schrägaufbiegung gewählt werden.

• Bemessung für Bügel

Mit Gleichung 6.52, umgestellt für 90° Bügel,

$$A_{sw,crit} = (V_{Ed} - 0.75 \cdot V_{Rd,c}) \cdot s_r \cdot u_1 / (1.5 \cdot f_{ywd,ef})$$

wird die Bewehrungsmenge ermittelt, die in jeder rechnerisch erforderlichen Bewehrungsreihe einzulegen ist.

Nach NA-Deutschland sind die Bewehrungsmengen in den ersten beiden Reihen mit folgendem Faktor zu erhöhen

Reihe 1 (mit $0.3 \cdot d \leq \alpha_1 \leq 0.5 \cdot d$) $\kappa_{sw,1} = 2.5$

Reihe 2 (mit $s_r \leq 0.75 \cdot d$) $\kappa_{sw,2} = 1.4$

Darüber hinaus sind immer mindestens zwei Bewehrungsreihen im durchstanzbewehrten Bereich vorzusehen.

Weitere Reihen über die 2. hinaus sind erforderlich, solange der zugehörige Nachweis im äußeren **Rundschnitt** nicht erfüllt ist.

• Konstruktionsregeln für Bügel

Es sind immer mindestens zwei Reihen einzulegen.

Der Abstand zwischen den Reihen (einzustellen im Eigenschaftsblatt **Nachweisparameter**) darf nicht größer als $0.75 \cdot d$ sein.

Für die erste Reihe ist nach NA-Deutschland ein Randabstand zur Lasteinleitung zwischen $0.3 \cdot d$ und $0.5 \cdot d$ gefordert.

Welche Bewehrungsmenge je Reihe einzulegen ist, ist außer von Gl. 6.52 auch von Mindestabständen und einer erforderlichen Mindestbewehrung abhängig.

Das Bemessungsergebnis wird vom Programm in Form einer Tabelle ausgewiesen (s. Beispiel).

Nr	κ_{sw} -	$A_{sw,erf}$ cm ²	s_r cm	l_w cm	u m	$A_{sw,min}$ cm ²	min n -	gewählt Schenkel	\bar{s}_t cm	$A_{sw,vorh}$ cm ²
1	2.50	7.83	10.0	10.0	1.06	0.62	4	10 Ø 10	10.6	7.85
2	1.40	4.39	15.0	25.0	1.54	1.35	6	6 Ø 10	25.6	4.71
3	1.00	3.13	15.0	40.0	2.01	1.76	7	8 Ø 10	25.1	6.28
4	1.00	3.13	15.0	55.0	2.48	2.17	7	8 Ø 10	31.0	6.28
5	1.00	3.13	15.0	70.0	2.95	2.58	8	8 Ø 10	36.9	6.28

Zulässige tangentielle Abstände der Schenkel:

$s_t \leq 30.0$ cm in der 1., 2. und 3. Reihe

$s_t \leq 40.0$ cm in der 4. und 5. Reihe

Innerhalb des kritischen Rundschnitts darf der tangentielle Abstand nicht mehr als $1.5 \cdot d$, außerhalb nicht mehr als $2 \cdot d$ betragen.

Vom Programm wird in Abhängigkeit von dieser Forderung der Wert 'min n' ausgewiesen, der die hierzu erforderliche Mindestanzahl an Schenkeln der Bewehrungsreihe angibt.

Die absolut zulässigen tangentialen Abstände in den Reihen werden als Information für den Konstrukteur unterhalb der Tabelle ausgegeben.

Im NA-Deutschland wird mit Gl.9.11DE die Mindestbewehrung je Schenkel angegeben.

Vom Programm wird daraus abgeleitet die Mindestbewehrung je Reihe ermittelt.

$$A_{sw,min} = 0.08 / 1.5 \cdot f_{ck}^{0.5} / f_{yk} \cdot s_r \cdot u$$

Der Mindestdurchmesser je Schenkel ergibt sich aus $\varnothing \leq 0.05 \cdot d$.

Vom Programm wird unter 'gewählt' bzw. ' $A_{sw,vorh}$ ' eine Bewehrung gewählt, die allen genannten Anforderungen entspricht.

• Bemessung für aufgebogene Bewehrung

Bei Verwendung aufgebogener Bewehrung wird nur maximal eine Reihe bemessen.

Nach NA-Deutschland ist dabei für $d/s_r = 0.53$ anzusetzen und die aufgebogene Bewehrung darf mit $f_{ywd,ef} = f_{ywd}$ ausgenutzt werden.

Damit ergibt sich durch Umstellung von Gl.6.52:

$$A_{sw,crit} = (v_{Ed} - 0.75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot d \cdot u_1 / (0.80 \cdot f_{ywd} \cdot \sin \alpha)$$

Falls der nachfolgende Nachweis im äußeren **Rundschnitt** nicht erfüllt wird, ist eine Bemessung mit aufgebogener Bewehrung nicht möglich.

• Konstruktionsregeln für aufgebogene Bewehrung

Der Abstand vom Bereich der Aufbiegung zur Lasteinleitung darf nicht mehr als $0.5 \cdot d$ betragen.

Nach NA-Deutschland darf er dazu bis maximal bis $1.5 \cdot d$ reichen. Der Mindestdurchmesser je Schenkel ergibt sich aus $\varnothing \leq 0.08 \cdot d$.

Die Mindestbewehrung wird entsprechend den Erläuterungen zum Eurocode 2 zu 9.4.3 (aus Eurocode 2 für Deutschland, Kommentierte Fassung) mit $s_r = 1.0 \cdot d$ und u von $l_w = 1.0 \cdot d$ ermittelt.

$$A_{sw,min} = 0.08 / 1.5 \cdot f_{ck}^{0.5} / f_{yk} \cdot d \cdot u$$

Gewählt wird unter Einhaltung dieser Anforderung eine Bewehrung, die sich entsprechend der Randbedingungen aufteilen lässt, also bei Innenstützen auf vier, bei Randstützen auf drei und bei Eckstützen auf zwei Seiten.

Nachweis im äußeren Rundschnitt

Mit dem Nachweis im äußeren Rundschnitt u_{out} wird nachgewiesen, dass keine weitere Durchstanzbewehrung erforderlich ist.

Die äußerste Reihe der Durchstanzbewehrung darf nicht mehr als $1.5 d$ von u_{out} entfernt sein.

Nach NA-Deutschland ist dort im Gegensatz zum kritischen Rundschnitt nicht der Durchstanzwiderstand (nach Gl. 6.47), sondern die Querkrafttragfähigkeit (nach Abschnitt 6.2.2(1)) nachzuweisen.

Bei der Bemessung für Bügelbewehrung werden vom Programm solange weitere Bewehrungsreihen angeordnet bis der Nachweis im zugehörigen Rundschnitt u_{out} der letzten Reihe erfüllt ist.

Mindestlängsbewehrung

Nach NA-Deutschland ist zur Sicherstellung der räumlichen Tragmechanismen beim Durchstanzen ein Mindestwert an Biegetragfähigkeit erforderlich.

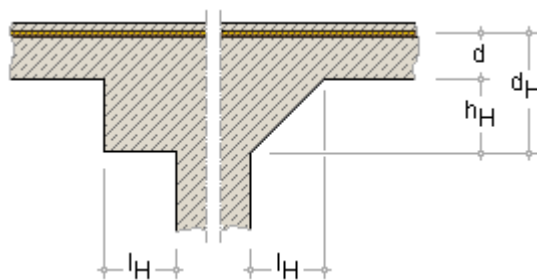
Dieser Mindestwert ist als Mindestbemessungsmoment in Abhängigkeit von Querkraft und Randsituation in Tab. NA.6.1.1 festgehalten.

Das Programm ermittelt (wenn im Eigenschaftsblatt *Nachweisparameter* aktiviert), die Momentenbeiwerte, die Mindestmomente und die sich daraus ergebende Mindestlängsbewehrung der relevanten Bereiche.

Zur genauen Lage der Bereiche, in denen die Mindestlängsbewehrung vorhanden sein muss, s. Bild NA.6.22.1.

Für Fundament- und Bodenplatten darf die maßgebende Querkraft zur Ermittlung des Mindestbemessungsmomentes um den Anteil der Pressung unter der Lasteinleitung reduziert werden.

Verstärkungen



Bei Stützenkopfverstärkungen werden zwei Fälle unterschieden.

• Fall 1: $l_H < 2.0 \cdot h_H$

In diesem Fall würde eine Lastausstrahlung vom Stützenkopf unter dem Winkel von 26.6° die Ränder der Verstärkung mit einschließen. Die Verstärkungslängen werden deshalb für die Lasteinleitungsfläche mit angesetzt.

Rechnerisch verhält es sich dann so, als ob eine Stütze mit den Abmessungen der Verstärkung vorhanden wäre.

• Fall 2: $l_H \geq 2.0 \cdot h_H$

In diesem Fall ist die Verstärkung so weit aufgefächert, dass der Durchstanznachweis sowohl für die

- Lasteinleitung über die Abmessungen der Verstärkung (extern) als auch der
- Nachweis gegen Durchstanzen innerhalb der Verstärkung (intern)

erbracht werden muss.

Beim Nachweis innerhalb der Verstärkung wird die Verstärkungshöhe zur mittleren statischen Nutzhöhe hinzugezählt.

$$d = d_H = d + h_H$$

Nach NA-Deutschland ist im Fall 1 die Nachweisgrenze auf $l_H < 1.5 \cdot h_H$ zu setzen.

Für den Fall 2 ist bei $1.5 \cdot h_H < l_H < 2 \cdot h_H$ ein interner Nachweis bei $1.5 \cdot d_H$ zu führen. Der Durchstanzwiderstand $v_{Rd,c}$ darf dabei im Verhältnis der Rundschnittslängen $u_{2.0 \cdot d} / u_{1.5 \cdot d}$ erhöht werden.

Wandende oder Wandecke

Im Eurocode sind keine Regelungen zu Wandenden oder Wandecken enthalten.

Nach NA-Deutschland wird mit Bild NA.6.12.1 (Rundschnitt bei ausgedehnter Auflagerfläche) auch die Ermittlung der zu betrachtenden Teilrundschnitte für Wandenden und Wandecken beschrieben.

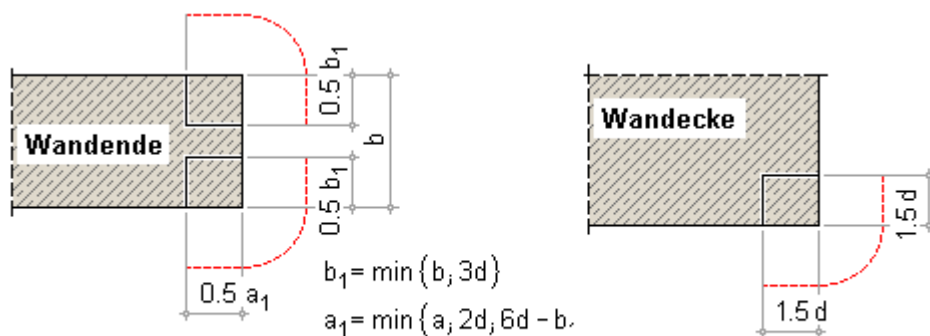


Bild NA.6.12.1 - kritischer Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen

Die Näherungswerte der Lasterhöhungsfaktoren bei ausgesteiften Systemen betragen nach Bild 6.21.DE

Wandende $\beta = 1.35$

Wandecke $\beta = 1.2$



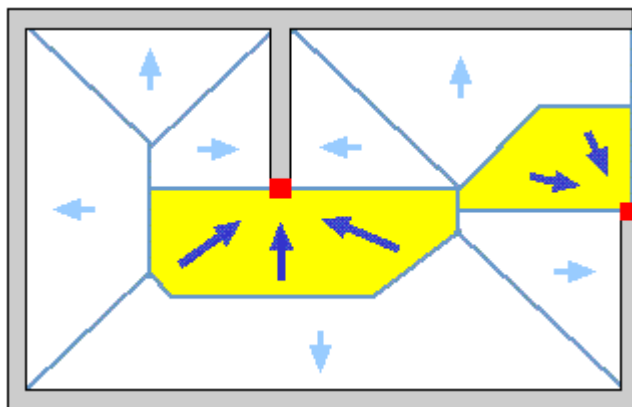
Hinweis zur Durchstanzlast bei Wandenden und Wandecken

Die Ermittlung der Durchstanzlast für ein Wandende aus den Auflagerkräften einer FEM-Berechnung ist nach *Küttler* nicht empfehlenswert!

Besser ist die Ermittlung über Lastezugsflächen (s. hierzu: *Küttler, M: Problem der Wahl einer zutreffenden Durchstanzkraft, BDB-NRW-Sonderheft 2003*).

Dabei können die Grundsätze nach Bild 46 der alten DIN 1045 (08/88) verwendet werden.

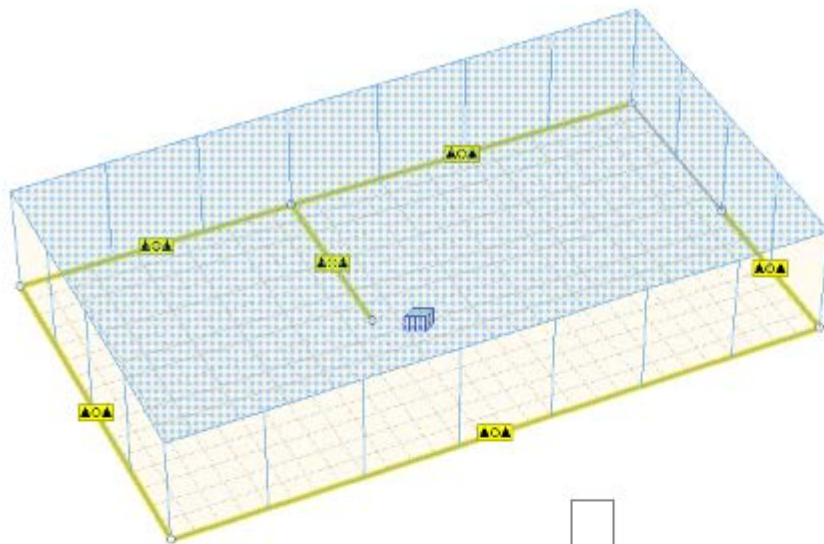
Im folgenden Beispiel ergeben sich die gelb gefüllten Flächen als Lastezugsflächen der Wandenden.



Eine weitere Methode zur Abschätzung der Lastezugsfläche kann mittels einer FEM-Berechnung unter Vollast erfolgen.

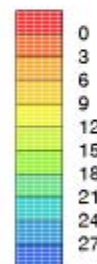
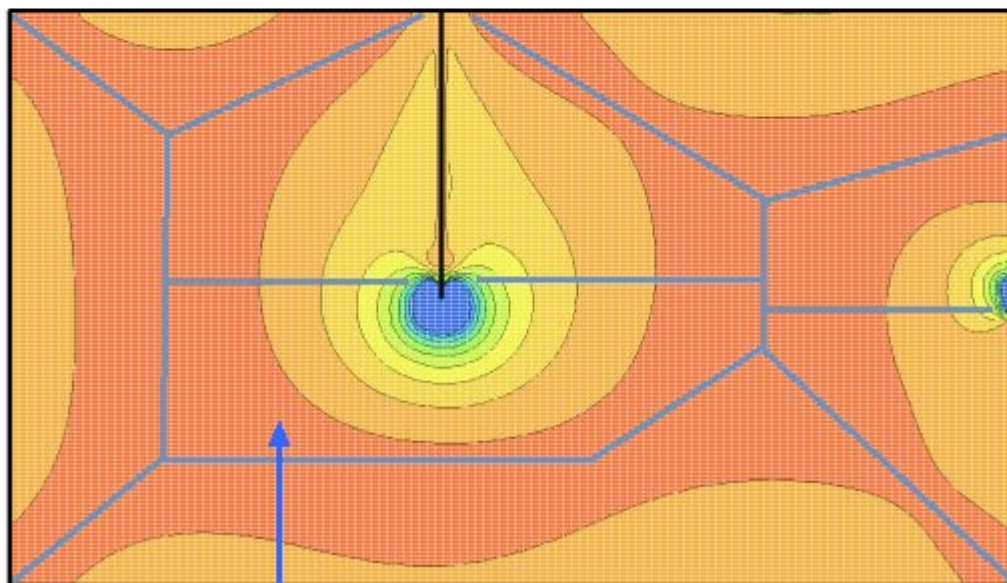
Die Ränder der Lastezugsflächen werden durch die Lastscheidungen begrenzt, die man bei einer Berechnung mit **4H-ALFA, Platte**, z.B. durch Betrachtung der Kontur der Hauptquerkraft q_1 erkennen kann.

In den Bereichen mit q_1 gleich (bzw. fast) 0 liegen die Lastscheidungen.



Ebene Plattenebene / Konturen q1

Lastfall 1: Volllast



Lasteinzugsfläche A_{LE}

Mit der ermittelten Lasteinzugsfläche ergibt sich die Bemessungslast für ein Wandende bzw. eine Wandecke zu

$$V_{ED} = q_{ED} \cdot A_{LE}$$

q_{ED} Bemessungswert der Volllast

Fundament- und Bodenplatten

Für den Durchstanznachweis bei Fundamenten bzw. Bodenplatten gelten einige abweichende Regelungen.

• Einwirkung um Bodenspannungen reduzieren

Die einwirkende Querkraft darf um den im betrachteten Rundschnitt nach oben gerichteten Sohldruck abzüglich der Fundamenteigenlast reduziert werden.

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

V_{Ed} einwirkende Querkraft

ΔV_{Ed} resultierende, nach oben gerichtete Kraft innerhalb des betrachteten Rundschnitts, d.h. der nach oben gerichtete Sohldruck abzgl. Fundamenteigenlast

Die maximal einwirkende Querkraft je Flächeneinheit im Rundschnitt ergibt sich damit zu

$$v_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed,red} / (u \cdot d)$$

d mittlere Nutzhöhe der Platte

u Umfang des betrachteten Rundschnitts

β Lasterhöhungsfaktor

• kritischen Rundschnitt iterativ ermitteln

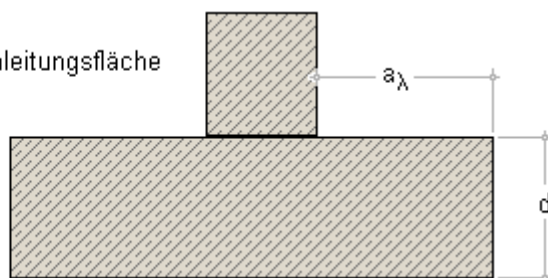
Da sich aufgrund des Abzugs des Sohldrucks bei verschiedenen betrachteten Rundschnitten unterschiedliche resultierende Querkraftbelastungen in den Rundschnitten ergeben, ist nach NA-Deutschland der für den kritischen Rundschnitt maßgebende Abstand $a_{crit} < 2 \cdot d$ iterativ zu ermitteln.

Bei schlanken Fundamenten mit $\lambda > 2.0$ darf zur Vereinfachung der Abstand des kritischen Rundschnitts zu $a_{crit} = 1.0 \cdot d$ angenommen werden.

In diesem Fall darf allerdings nur noch die Hälfte der resultierenden Sohldruckpressung zur Reduzierung der einwirkenden Querkraft angesetzt werden.

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - 0.5 \cdot \Delta V_{Ed}$$

$\lambda = a_{\lambda} / d$ mit a_{λ} und d an der Lasteinleitungsfläche



Da der Nachweis gegen Durchstanzen ohne Durchstanzbewehrung für den Abstand $2 \cdot d$ formuliert ist, ist die Gleichung 6.47 zur Betrachtung anderer Rundschnitte um den Faktor $2 \cdot d / a$ ergänzt.

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot 2 \cdot d / a \geq v_{min} \cdot 2 \cdot d$$

a Abstand vom Stützenrand zum betrachteten Rundschnitt

• Bemessung

Nach NA-Deutschland ist aufgrund der steileren Neigung der Druckstreben die maßgebende Querkraft $\beta \cdot V_{Ed,red}$ von den ersten beiden Bewehrungsreihen ohne Abzug eines Betontraganteils aufzunehmen.

Für Bügel gilt

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd,ef}$$

Für aufgebogene Bewehrung gilt

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = 1.3 \cdot A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha$$

Ist der Nachweis des äußeren **Rundschnitts** bzgl. der 2. Bewehrungsreihe nicht erfüllt, sind weitere Reihen erforderlich. Je weitere Reihe sind 33% von $A_{sw,1+2}$ einzulegen.

• Konstruktionsregeln

Nach NA-Deutschland ist die Bewehrungsmenge $A_{sw,1+2}$ gleichmäßig auf die ersten beiden Reihen aufzuteilen.

Diese Reihen haben die Abstände $a_1 = 0.3 \cdot d$ und $a_2 = 0.8 \cdot d$ von Stützenrand.

Weitere Bewehrungsreihen sind mit maximal $0.75 \cdot d$ Abstand zwischen den Reihen anzuordnen

(s. hierzu Bild 9.10DE c)).

Darüber hinaus darf bei gedrungenen Fundamenten eine eventuell erforderliche dritte Reihe nur $0.5 \cdot d$ von der zweiten entfernt sein.

zur Hauptseite [4H-STANZ](#), Durchstanznachweise



© [pcae](#) GmbH Kopernikusstr. 4A 30167 Hannover Tel. 0511/70083-0 Fax 70083-99 Mail dte@pcae.de