

Durchstanzen B6+ RFA-Tech

Inhaltsverzeichnis

Über FRILO Software	2
Installation, Konfiguration und Bedienungsgrundlagen	2
Anwendungsmöglichkeiten	3
Berechnungsgrundlagen	4
Eingabe	5
Grundparameter	5
System	5
Geometrie	5
Platte	5
Stütze	6
Aussparungen	8
Direkte Vorgabe von Einzel-Aussparungen	9
Biegebewehrung	10
Belastung	13
Bemessung	16
Durchstanznachweis nach BS EN 1992:2015	16
Durchstanzbewehrung nach EN 1992	19
Durchstanznachweis mit RFA-Tech-Dübelleisten	20
Reduzierung des Rundschnitts bei ausgedehnten Auflagerflächen	21
Ausgabe	22
Literatur	23

Über FRILO Software

Mit über 40 Jahren Erfahrung und rund 100 Statik-Software-Lösungen ist FRILO einer der führenden Anbieter von innovativen Berechnungsprogrammen für baustatische Aufgabenstellungen und Tragwerksplanung.

FRILO-Software-Lösungen zeichnen sich durch ihre einfache Bedienbarkeit, schnellen Ergebnisse und kontinuierliche Anpassung an aktuelle Normen aus. Dabei orientiert sich FRILO an den praktischen Erfordernissen des Ingenieuralltags und stellt darüber hinaus einen hochqualifizierten Kundenservice bereit.

Seit 1999 ist FRILO, mit Hauptsitz in Stuttgart, als eigenständige Marke in der Nemetschek Group integriert.

Installation, Konfiguration und Bedienungsgrundlagen

Grundlegende Dokumentationen - Übersicht

Neben den einzelnen Programmhandbüchern (Manuals) finden Sie grundlegende Erläuterungen zur Bedienung der Programme auf unserer Homepage www.frilo.eu im Downloadbereich (Handbücher).

Tip: Zurück - z.B. nach einem Link auf ein anderes Kapitel/Dokument – geht es im PDF mit der Tastenkombination „ALT“ + „Richtungstaste links“

Informationen zu Installation, Konfiguration oder zum FRILO.Control.Center (Programmstart, Datenverwaltung, Ordner, Projekte, Positionen) finden Sie in den folgenden Dokumenten: .

Frilo.Software	FSO: Installation, Konfiguration, Control-Center
Control Center	Data administration, Folder, Projects, Items

Anwendungsmöglichkeiten

Mit diesem Programm kann der Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen bei punktförmig gestützten Platten für

- Platten,
- Fundamentplatten,
- Einzelfundamente (gedrungene Fundamente)

Das Schubtragverhalten beim Durchstanzen ist im Gegensatz zum Schub bei Trägern und Platten durch einen räumlichen Spannungszustand gekennzeichnet, der sich infolge der rotationssymmetrischen Beanspruchung einstellt.

Das Programm führt folgende Einzelberechnungen durch:

- Durchstanznachweis nach BS EN 1992-1-1:2015 nach Abs. 6.4 für Dübelleisten der Firma RFA-Tech.

Die rechnerischen Querkraftbemessungswiderstände werden in den maßgebenden kritischen Rundschnitten für den durchstanzgefährdeten Deckenbereich ermittelt. Es werden die Problembereiche Innenstützen, Rand- und Eckstützen, Wandende und Wandinneneck unterschieden. Entweder zeigt ein Nachweis an, dass die vorhandene Stahlbetontragfähigkeit ausreicht oder dass Durchstanzbewehrung eingelegt werden muss. Sind Nachweisgrenzen überschritten, so wird das Nachweisergebnis als unzulässig gekennzeichnet.

Berechnungsgrundlagen

Die Berechnungsverfahren für das Programm "Durchstanzen" basieren auf der Norm BS EN 1992-1-1:2015 Abs. 6.4 sowie Abs. 9.4.3.

Technische Zulassungen für Dübelleisten:

- RFA-Tech Sheartech (Technical Solutions) sowie
- CARES Technical Approval Report TA7 5028

Bei der Behandlung eines realen Durchstanzproblems ist es wichtig, dass das statische Problem durch die Festlegung der maßgebenden Länge des Rundschnittes über die Eingaben im Programm richtig abgebildet wird. Bei ungleichmäßiger Lastabtragung sollten lokale Spitzenbeanspruchungen durch einen pauschalen Faktor β für V_{Ed} abgedeckt werden. Der Erhöhungsfaktor β ist vom Anwender zu verantworten. Die Norm empfiehlt Werte für Standardfälle. Eine Berechnung von β nach dem Verfahren der plastischen Schubspannungsverteilung ist möglich (siehe Abschnitt [Belastung](#)).

Eingabe

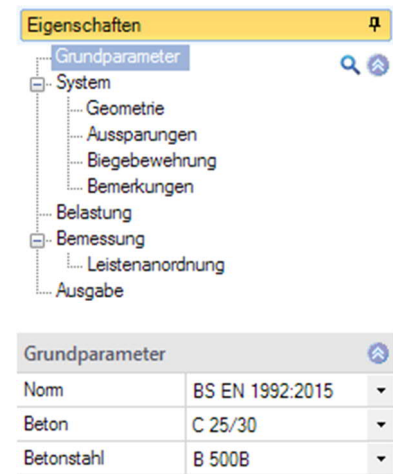
Die Eingabe der wichtigsten Werte und Parameter erfolgt über den [Assistenten](#). Das daraus hervorgehende System kann dann über die interaktiven Eingabemöglichkeiten in der 3D-Grafik angepasst werden.

Grundlegende Informationen zu den Eingabemöglichkeiten finden Sie im Dokument „[Bedienungsgrundlagen-PLUS](#)“.

Grundparameter

Norm: BS EN 1992:2015

Die entsprechenden Materialparameter - Betonfestigkeit und die Betonstahlgüte – werden zur Auswahl aufgeführt.



Grundparameter	
Norm	BS EN 1992:2015
Beton	C 25/30
Betonstahl	B 500B

System

Bemerkungen zur Position: Über den Punkt Bemerkungen können Sie Texte eingeben, die dann am Anfang des Statikdokumentes erscheinen.

Geometrie

Platte

Hier können Sie zwischen den Plattenarten wählen:

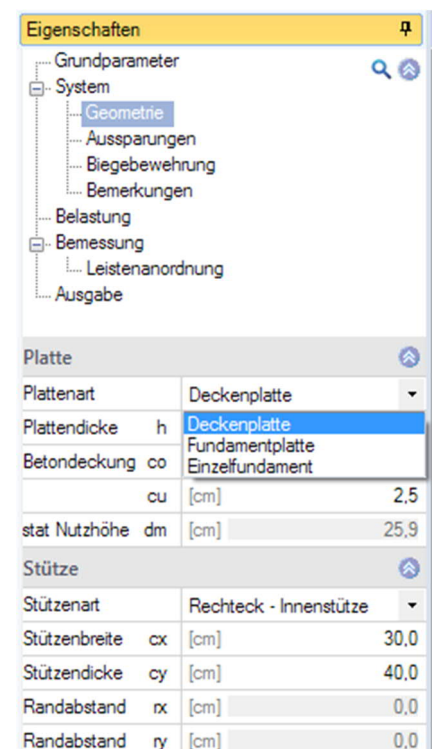
- Deckenplatte
- Fundamentplatte
- Einzelfundament (gedrungenes Fundament)

Für die Fundamentplatte und für das gedrungene Fundament wird der kritische Rundschnitt a_{crit} standardmäßig iterativ ermittelt. Dies ergibt für den Anwender meist günstigere Ergebnisse im Vergleich zur Näherung $a_{crit} = 1.0 \cdot d_m$.

Plattendicke und statische Nutzhöhe

h Plattendicke
 $h \geq 20 \text{ cm}$ nach EN 1992 Abs. 9.3.2 Platte mit Durchstanzbewehrung

dm statische Nutzhöhe
 mittlere statische Nutzhöhe $d_m = h - c_o - d_{sl}$
 bei Fundament gilt: $d_m = h - c_u - d_{sl}$
 cu/ co untere (obere) Betondeckung
 dsl Durchmesser der Längsbewehrung



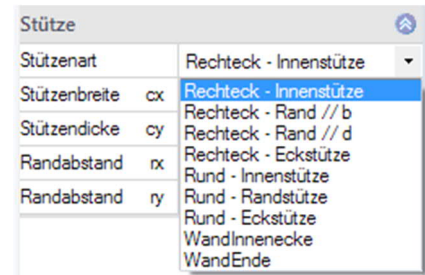
Platte	
Plattenart	Deckenplatte
Plattendicke h	Deckenplatte
Betondeckung co	Fundamentplatte
cu [cm]	2.5
stat Nutzhöhe dm [cm]	25.9

Stütze	
Stützenart	Rechteck - Innenstütze
Stützenbreite cx [cm]	30.0
Stützendicke cy [cm]	40.0
Randabstand rx [cm]	0.0
Randabstand ry [cm]	0.0

Stütze

Hier wählen Sie die Stützenart:

- Rechteck - Innenstütze
- Rechteck - Rand // b
- Rechteck - Rand // d
- Rechteck - Eckstütze
- Rund - Innenstütze
- Rund - Randstütze
- Rund - Eckstütze
- WandInnenecke
- WandEnde



Abmessungen

Je nach ausgewählter Form/Stützenart werden die entsprechenden Eingabefelder für die Eingabe freigegeben.

- cx Stützenabmessung in x-Richtung (horizontal)
- cy Stützenabmessung in y-Richtung (vertikal)
- rx Randabstand bei Rand- und Eckstütze in x-Richtung
- Lx zu rx zugehörige Stützweite in x-Richtung (Einzelfundament)
- ry Randabstand bei Rand- und Eckstütze in y-Richtung
- Ly zu ry zugehörige Stützweite in y-Richtung

Rundstütze:

- c Durchmesser der Rundstütze

Wandende oder Wandinnenecke:

- b für Wand vorgegebene Wandbreite
- d zur Wand-Lasteinleitungsflächendefinition vorgegebene Einflusslänge

Bei Auswahl des gedruckten Fundamentes sind Lx und Ly die Abmessungen des Fundamentes in x- und in y-Richtung.

Randabstand

Für Randstützen können je nach Lage des freien Randes die Randabstände r_x bzw. r_y vorgegeben werden.

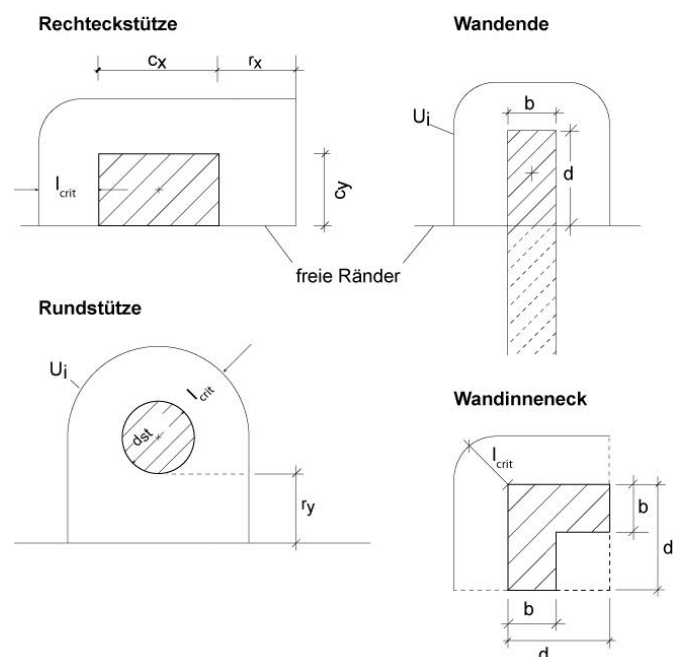
r_x bzw. r_y sind die Abstände in x- bzw. y-Richtung vom Stützenrand bis zum Decken- oder Fundamentrand. Bei (rechteckigen) Randstützen muss die Richtung des Randes gewählt werden.

Bei Eckstützen können die Randabstände r_x und r_y vorgegeben werden.

Kann damit eine Belastungssituation nicht befriedigend abgebildet werden, kann auf Eck- oder Randstütze ausgewichen werden.

Abb. 1: Kritischer Querschnitt bei Rand- und Eckstütze, Wandende und -innenecke im Abstand

$$l_{crit} = 2,0 \cdot d_m \text{ nach EN 1992-1-1}$$



Ergibt sich bei Rand- oder Eckstützen für die dargestellten Rundschnittverläufe (Abb. 1) eine größere Länge als für einen umlaufenden Rundschnitt (analog zur Innenstütze), so wird nach Abs. 6.4.2 (4) mit dem umlaufenden Rundschnitt gerechnet.

Nicht rotationssymmetrische Querkraftbeanspruchung tritt auf z.B. infolge der Stützengeometrie bzw. Stützenabmessung, bei Einleitung eines Momentes in die Stütze oder bei ungleichmäßiger Lastabtragung im Gesamtragsystem. Ein Lasterhöhungsfaktor β soll die Maximalbeanspruchung abbilden. Zur Abschätzung des Faktors eignet sich der Ansatz über die Ausmitte gemäß EN 1992-1-1 Abs. 6.4.3 (3) bzw. der Fachliteratur z. B. /2/ oder /4/.

Eine Berechnung des Lasterhöhungsfaktors β nach dem Verfahren der plastischen Schubspannungsverteilung einschließlich Zwischenwertausgabe ist mit dem Programm B6+ möglich (siehe Abschnitt [Belastung](#)).

Bei rechteckigem Stützenraster mit vorwiegend lotrechter Belastung darf bei ausgesteiften Systemen für Randstützen vereinfachend die Querkrafteinwirkung um 40% erhöht werden, wenn die Stützweiten nicht mehr als 25% voneinander abweichen. Bei Eckstützen werden 50%, bei Innenstützen 15% empfohlen. Die Erhöhungsfaktoren sind Eingabewerte, die der Anwender anhand der geometrischen und statischen Situation bewerten muss. Sind die Voraussetzungen nicht erfüllt, muss die Lasteinleitungsfläche u.U. sektorweise nachgewiesen werden.

Wandende - Wandinnenecke

Für Wandecken kann außer der Wandbreite „b“ auch eine Einflusslänge „d“ vorgegeben werden, so dass eine vorhandene Belastungssituation besser abgebildet werden kann. Genügt die verfügbare Fläche einer Wand nicht den statischen Anforderungen, dann sollte das System als Rand- oder Eckstütze definiert werden.

Als rechnerisch anzusetzende Querkraft sollte die im definierten Flächenanteil wirkende Wandlast bestimmt werden. Bei Finite-Elemente-Berechnungen werden häufig an Singularitätsstellen Einspannmomente mit hoher Druckbeanspruchung am äußersten Diskretisierungspunkt bestimmt. Dies sind i.R. theoriebedingte Spitzenwerte, die sich durch konstruktive Eingriffe oder wegen Verlagerung der Steifigkeitsproportionen infolge von Rissen abmindern.

Aussparungen

Aussparungen können bei allen Stützenarten bzw. -typen mitberücksichtigt werden.

Zur Eingabe von mehreren Aussparungen siehe [Tabelleneingabe](#) in den Bedienungsgrundlagen – alternativ kann auch die Tabelleneingabe über das Register „Aussparungen“ aufgerufen werden.

Gemäß EN 1992 sind die Aussparungen maßgebend, die einen geringeren Abstand als $6 \cdot d_m$ zum Stützenrand haben. Die Abzugslängensumme δu_i [cm] beschreibt die Fehllänge auf dem inneren Rundschnitt im Abstand $= 2,0 \cdot d_m$, die von den vom Stützenschwerpunkt ausgehenden Tangenten an die Aussparungsumfänge herausgeschnitten wird. Es erfolgt intern eine Umrechnung auf den jeweiligen Rundschnitt.

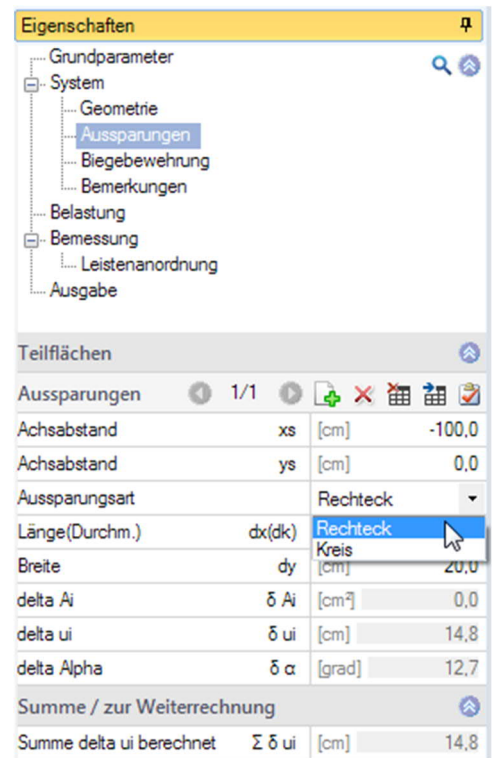
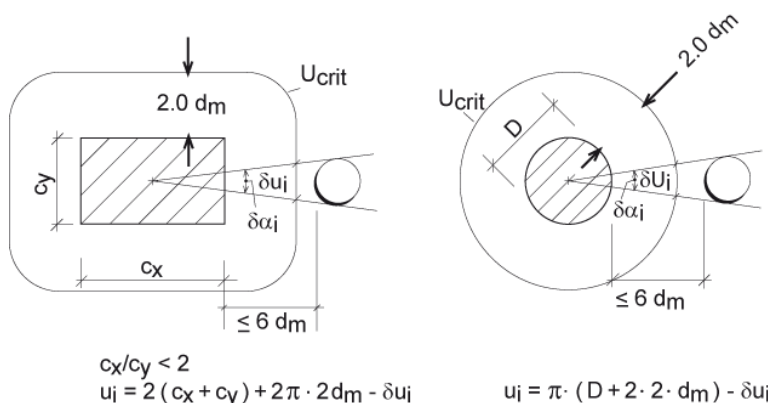


Abb.: Innere Rundschnitte (Innenstützen) für Rundschnittsabzug δu_i nach EN 1992-1-1

Die Abzugslänge δu_i muss in zulässiger Relation zur Rundschnittlänge eines Stützentyps stehen. Ein Systemübergang zum nächsten Stützentyp sollte vermieden werden. Es sollte dann statt der Aussparung der Stützentyp mit geringerer Rundschnittlänge (z.B. Randstütze statt Innenstütze) als Ausgangssystem gewählt werden. In der Nähe von Treppenhausausparungen können konzentrierte Beanspruchungen z.B. aus Treppenlasten oder infolge von Lasten aus der Gebäudeaussteifung entstehen. Diese können die Durchstanzttragfähigkeit herabsetzen.

Bei langen Schlitten sind die Öffnungsabmessungen mit einer ideellen Aussparungsbreite L_2^* neu zu bestimmen. Dies erfolgt programmintern gemäß Bild 6.14 in bzw. dem Bild H6-32 S. 93 in /2/.

$$\text{für } L_1 > L_2 \text{ ist } L_2^* = \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

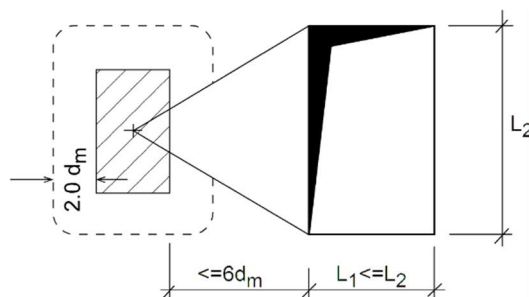


Abb.: Große Aussparungen

Direkte Vorgabe von Einzel-Aussparungen

Mit der Vorgabe von Rechteck- oder Kreis-Aussparungen im x-y-Koordinatensystem können die Schwächungswerte für den Längenabzug ΔU_i in den maßgebenden Rundschnittbereichen bestimmt werden.

Die Eingabe der Einzelaussparungen ist nur als Hilfsmittel gedacht, um die summarischen Abzugswerte leichter bestimmen zu können und um das geometrische Durchstanzproblem darstellen zu können. Das Programm arbeitet nur mit den als Summenwerte bestätigten Eingaben.

Bei Vorhandensein größerer Aussparungen empfiehlt es sich, für den Durchstanznachweis stattdessen den Rand- oder Eckstützentyp zu wählen. Verhindert das Programm die Eingabe einer großen Aussparung, kann diese durch mehrere kleinere approximiert werden. Für den Nachweis ist es wichtig, dass der Rundschnittabzug richtig abgebildet wird.

Das Programm besitzt einen Algorithmus, der polygonale Verschneidungen prüft und die Ergebnisse für die Einzelaussparungen errechnet. In einem nachträglichen Berechnungsgang werden Überschneidungen bei den Längensummen berücksichtigt.

Eine Einzelaussparung wird durch ihre Schwerpunktkoordinaten x_s , y_s und ihre Außenabmessungen festgelegt.

Bei der Eingabe von Aussparungen ist darauf zu achten, dass x_s und y_s beide nicht gleichzeitig 0 sind und dass d_x größer als 0 ist. Die Eingabewerte für Aussparungen werden mit $x_s = -100$ cm, $y_s = 0$ cm, $d_x = d_y = 20$ cm vorgelegt.

Die Aussparung soll außerhalb der Stützenmitte liegen und möglichst mit einem Öffnungs-Winkel unter 45° eingeschlossen sein.

Vom Programm nicht berechenbare Aussparungen werden durch prägnante Zahlenwerte ($\Delta A_i = 999$ $\Delta U_i = 999$ $\Delta \alpha_i = 360^\circ$) angezeigt.

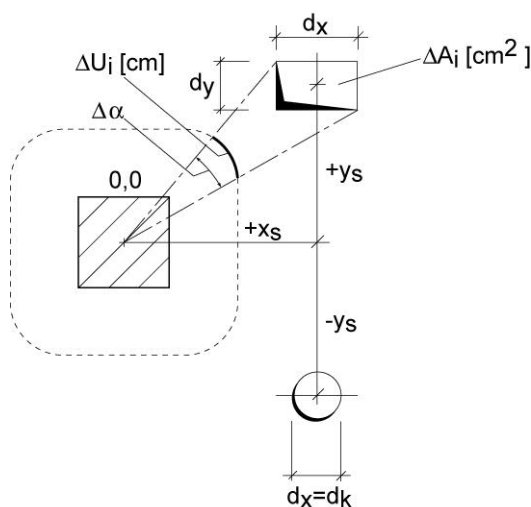


Abb.: Definition zur Eingabe von Einzelaussparungen

Eine Plausibilitätsprüfung der Gesamtergebnisse und insbesondere der Abzugslängen infolge der Aussparungen sollte in jedem Fall vom Anwender durchgeführt werden.

Die Abzugslängen der Aussparungen werden auf die Abstände der jeweiligen Rundschnitte extrapoliert bzw. interpoliert.

Biegebewehrung

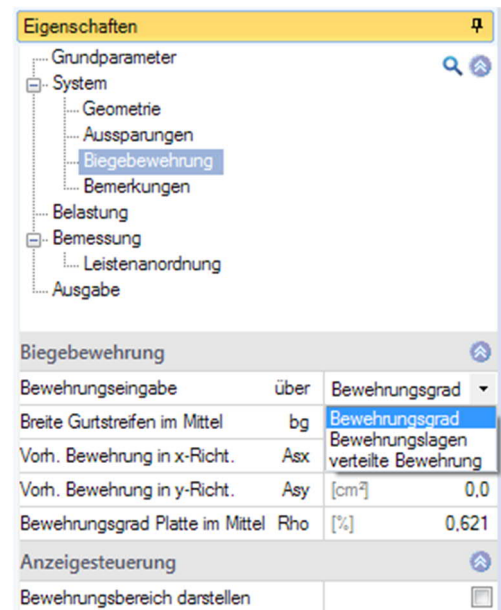
Eingabe über den Bewehrungsgrad

Um den Bewehrungsgrad zu bestimmen, ist eine Gurtstreifenbreite „bg“ festzulegen, da sie den engeren Durchstanzbereich in beide Tragrichtungen abdeckt. Alle angezeigten As-Werte sind auf das vorgegebene „bg“ eines idealisierten Innenstützensystems bezogen - bei Rand- und Eckstützen sind nur die As-Anteile im „real existenten“ Plattenbereich einzulegen.

Die Gurtstreifenbreite „bg“ gibt die Breite an, die in die Berechnung des Bewehrungsgrades eingeht.

Es ist zu empfehlen, für „bg“ 100 cm einzutragen – das erforderliche As wird dann pro lfd m dargestellt. Der vorgegebene Bewehrungsgrad muss entweder für eine Breite von „Stützenabmessung + 3 * d auf jeder Seite“ oder bis zum äußersten Nachweisschnitt garantiert sein (der größere Abstand ist maßgebend) – die erforderliche Spanne wird als „erf bg“ ausgewiesen. Die Ausgabe von „erf bg“ erfolgt getrennt für die x- bzw. y-Richtung. Randabstände der Stützen vom Deckenrand werden bei Rand- bzw. Eckstützen berücksichtigt.

Siehe auch [Biegebewehrungsgrad](#)



Bewehrungsbereich darstellen

Bei markierter Option „Bewehrungsbereich darstellen“ werden in der Grafik die Abstände bgli, bgre, bgob und bgun dargestellt. Dies sind die Abstände von der jeweiligen Stützenkante nach links, rechts, oben und unten. Diese geben an, bis zu welchem Abstand von der jeweiligen Stützenkante die in der Berechnung angenommene Längsbewehrung anzuordnen ist (erf. bgx = bgli + cx + bgre, erf. bgy = bgun + cy + bgob).

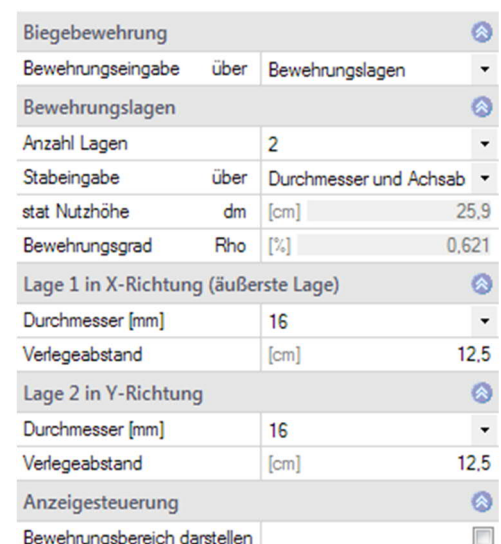
Eingabe über Bewehrungslagen

Bei Eingabe über Bewehrungslagen kann die Längsbewehrung (Bewehrung auf der Zugseite der Platte) über den Durchmesser und den Achsabstand der Bewehrungsseisen lagenweise definiert werden. Alternativ ist auch die Eingabe über die Anzahl der Bewehrungsseisen je Meter möglich.

Für Deckenplatten ist damit die Bewehrung an der Oberseite der Platte, für Bodenplatten und Einzelfundamente die Bewehrung an der Unterseite gemeint. Es wird angenommen, dass sich die Bewehrung seitlich beliebig weit erstreckt.

Die 1. Lage liegt am dichtesten an der zugehörigen Oberfläche und die Bewehrung verläuft in x Richtung. Direkt darunter verläuft die 2. Lage in y-Richtung. Optional kann auch eine 3. Bewehrungslage (Bewehrung in x-Richtung) und eine 4. Lage (Bewehrung in y-Richtung) definiert werden. Die Bewehrungsseisen aller Lage liegen direkt (kreuzweise) aufeinander. Der Durchmesser und der Achsabstand (bzw. die Anzahl je Meter) können für jede Lage unabhängig definiert werden.

Aus diesen Werten und der Betondeckung oben bzw. unten wird die Schwerpunktlage für die Bewehrung in x- bzw. y-Richtung ermittelt. Aus dem Mittelwert daraus ergibt sich die statische Höhe dm. Weiterhin wird noch der Bewehrungsgrad Rho (sowie Rhox und Rhoy) ermittelt.



Bewehrungsbereich darstellen

Siehe Beschreibung oben „Eingabe über den Bewehrungsgrad“.

Vorgabe der Bewehrungsverteilung

Abgestufte Bewehrung kann für eine Bemessung in jeweils 3 Bereichen (je Richtung) alternativ vorgegeben werden.

As1 und b1 beschreiben den Stützenmittenbereich, As2 und b2 die angrenzenden Übergangsbereiche und As3 die durchschnittliche Bewehrung im restlichen Plattenbereich.

Die Bewehrungsbereiche werden im Programm immer (auch bei Rand- und Eckstützen) als symmetrisch zu den Stützenachsen angenommen. Analoges gilt für Wandende und Wandinnenecke.

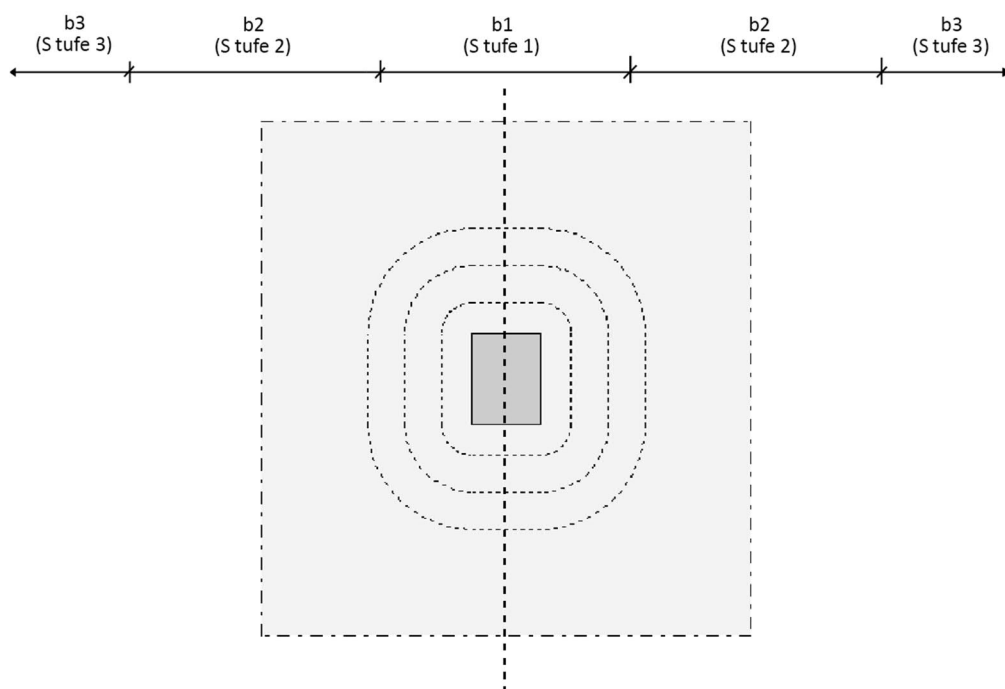
As/m, As: Die Bewehrung kann wahlweise in cm² oder als cm²/m vorgegeben werden.

b1/2/3 entsprechen in der [Ausgabe](#) den Zeilen Stufe 1/2/3

Bewehrungsvorgabe A_{sx} , A_{sy} abgestuft :

Stufe 1: $A_{sx} = 26.00 \text{ cm}^2$	$b_y = 100.0 \text{ cm}$	$a_{sx} = 26.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Stufe 2: $A_{sx} = 20.00 \text{ cm}^2$	$b_y = 100.0 \text{ cm}$	$a_{sx} = 20.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Stufe 3:		$a_{sx} = 15.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Stufe 1: $A_{sy} = 26.00 \text{ cm}^2$	$b_x = 100.0 \text{ cm}$	$a_{sy} = 26.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Stufe 2: $A_{sy} = 20.00 \text{ cm}^2$	$b_x = 100.0 \text{ cm}$	$a_{sy} = 20.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
Stufe 3:		$a_{sy} = 15.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Biegebewehrung			
Bewehrungseingabe	über	verteilte Bewehrung	
Eingabe als		As / m	
in x-Richtung			
x-Richtung (Mitte)	Asx1	[cm ²]	0,0
Breite y-Richtung (Mitte)	by1	[cm]	100,0
x-Richtung (Mitte)	asx1	[cm ² /m]	0,00
x-Richtung (ob/un von Mitte)	Asx2	[cm ²]	0,0
Breite y-Richtung	by2	[cm]	100,0
x-Richtung (ob/un von Mitte)	asx2	[cm ² /m]	0,00
x-Richtung (ausser)	asx3	[cm ² /m]	0,00
in y-Richtung			
y-Richtung (Mitte)	Asy1	[cm ²]	0,0
Breite x-Richtung (Mitte)	bx1	[cm]	100,0
y-Richtung (Mitte)	asy1	[cm ² /m]	0,00
y-Richtung (li/re von Mitte)	Asy2	[cm ²]	0,0
Breite x-Richtung	bx2	[cm]	100,0
y-Richtung (li/re von Mitte)	asy2	[cm ² /m]	0,00
y-Richtung (ausser)	asy3	[cm ² /m]	0,00
Anzeigesteuerung			
Bewehrungsbereich darstellen			☐



Bewehrungsbereich darstellen

Bei markierter Option „Bewehrungsbereich darstellen“ werden in der Grafik die Bewehrungsbereiche Stufe 1 und Stufe 2 jeweils für die x- und y-Richtung vermaßt.

Biegebewehrungsgrad

Bei der Eingabe des Biegebewehrungsgrades bzw. bei dessen Ermittlung aus den vorgegebenen As-Werten ist zu beachten, dass der Bewehrungsgrad auf die normale, unverstärkte Platte zu beziehen ist. Der eingegebene Bewehrungsgrad darf den zulässigen Wert überschreiten - während der Berechnung wird er auf den rechnerisch zulässigen Wert reduziert.

Der Biegebewehrungsgrad ρ (ρ in %) kann entweder direkt als Mittelwert vorgegeben werden oder wird vom Programm durch Bezug der Bewehrungsquerschnittsflächen A_{sx} [cm²] und A_{sy} [cm²] auf eine ideelle Gurtstreifenbreite selbst ermittelt.

Die rechnerische vorgegebene Gurtstreifenbreite „cal bg“ bestimmt die Betonbezugsfläche – sie kann willkürlich gewählt werden. Bei 100 cm-Vorgabe sind die ausgewiesenen As-Werte je lfdm definiert. Die erforderlichen Verlegebreiten für die Längsbewehrung werden getrennt für x- und y-Richtung bei Berücksichtigung der Randabstände für Rand- und Eckstützen ausgegeben.

Bei vorgegebener Bewehrung wird der Bewehrungsgrad in jedem aktuell zu prüfenden Rundschnitt neu als Mittelwert der vorhandenen Bewehrung, bezogen auf den Bereich innerhalb des Rundschnittes, bestimmt.

$$\text{vorh } \rho = 100 \cdot \frac{\sqrt{A_{sx} \cdot A_{sy}}}{b_g \cdot (d_m \text{ bzw. } d_r)}$$

Übersteigt der vorhandene Bewehrungsgrad den maximal zulässigen Wert, so wird der rechnerische Bewehrungsgrad reduziert.

Belastung

max. Querkraft VE

VE ist die Querkraftresultierende im Rundschnitt um die Stütze; sie wird meist entsprechend der Stützenlast gesetzt. Bei gleichmäßiger Flächenbeanspruchung darf (bei Fundamentplatten und gedrunenen Fundamenten) die Last um den Flächenlastanteil im Rundschnitt reduziert werden. Bei stark unsymmetrischer Beanspruchung (z.B. bei Wandende oder bei Biegebeanspruchung der Stütze) sollte entweder die Querkrafttragfähigkeit erhöht werden oder der Nachweis sollte in Teilbereichen der Stütze sektoral - als Rand- oder Eckstütze - durchgeführt werden. In der 3D-Ansicht wird die Querkraftresultierende dargestellt.

Belastung			
max Querkraft	VE	[kN]	850,0
Sicherheitsbeiwert	γ_E		1,00
Erhöhung	β		1,150
Bodenpressung		[kN/m ²]	0,00
Lasterhöhungsfaktor			
Beta berechnen			☐

Sicherheitsbeiwert γ_E

Um zum Vergleichen das Umschalten zwischen Normen zu erleichtern, wird ein Sicherheitsbeiwert γ_E angeboten – er soll als Mittelwert die Einflüsse der Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte abbilden. Der Bemessungswert VE_d ist das Produkt von $VE \cdot \gamma_E$. Wurde ein Ergebnis entsprechend der Kombinationsvorschrift nach EN 1992 bestimmt, dann ist γ_E mit dem Wert 1,0 zu belegen. Der Sicherheitsbeiwert γ_E gilt auch für die Bodenpressung und für die Momente $M_{Ex,col}$ und $M_{Ey,col}$.

Erhöhung β

Wegen nicht rotationssymmetrischer Beanspruchung ist die Bemessungsquerkraft mit einem Faktor β zu erhöhen. Die Durchstanztragfähigkeit soll damit im Bereich der Schubspannungsspitzen nachgewiesen werden.

Aktuelle Empfehlungen nach BS EN 1992-1-1:2015

$\beta = 1,15$ für Innenstützen allgemein

$\beta = 1,40$ für Randstützen

$\beta = 1,50$ für Eckstützen

In Anlehnung an DIN EN 1992-1-1:2015 Bild 6.21DE werden für Wandenden und -ecken folgende Beta-Werte vorgeschlagen:

$\beta = 1,35$ für Wandende und

$\beta = 1,20$ für Wandinneneck

Bei genauerer Untersuchung dürfen andere β -Werte bestimmt werden.

Sofern keine Aussparungen vorhanden sind, ist die Berechnung des Erhöhungswertes β nach dem Verfahren mit plastischer Schubspannungsverteilung möglich.

Die Lasterhöhung wird auch bei der Ermittlung der Durchstanzbewehrung berücksichtigt.

Bodenpressung

Bei Fundamentplatten und gedrunenen Fundamenten kann ergänzend zur Stützenlast eine der maßgeblichen Kombination zugehörige Bodenpressung eingegeben werden. Sofern die eingegebene Bodenpressung $> 0 \text{ kN/m}^2$ ist, wird beim Durchstanznachweis das 1.35-fache des Fundamenteigengewichtes von der Bodenpressung abgezogen.

Berechnung des Lasterhöhungsfaktors β

Die Berechnung des Lasterhöhungsfaktors β ist nach dem Verfahren der plastischen Schubspannungsverteilung optional möglich, sofern keine Aussparungen vorhanden sind.

Lasterhöhungsfaktor			
Beta berechnen			☐
Moment	M _{Ex,col}	[kNm]	0,00
Moment	M _{Ey,col}	[kNm]	0,00
β Kopfverstärkung			0,000

Zur Berechnung von β können die Momente M_{Ex,col} und M_{Ey,col} eingegeben werden. Sind die Momente ungleich Null, werden sie graphisch dargestellt.

Dabei bedeuten:

M_{Ex,col} Moment um die x-Achse bezogen auf den Stützenmittelpunkt.
Positiv: wenn der Momentenvektor nach rechts (positive x-Richtung) zeigt.

M_{Ey,col} Moment um die y-Achse bezogen auf den Stützenmittelpunkt.
Positiv: wenn der Momentenvektor nach oben (positive y-Richtung) zeigt.

Diese Momente werden dann programmintern auf den Schwerpunkt des kritischen Rundschnittes umgerechnet.

Die Berechnung von β erfolgt nach Gleichung 1992-1-1 / NA.6.39.1 im NA für Deutschland.

$$\beta = 1.0 + \sqrt{\left(k_x \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_{1,x}}\right)^2 + \left(k_y \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_{1,y}}\right)^2} \geq 1.10 \quad \text{Gl. NA 6.39.1}$$

mit

k_x, k_y Formbeiwerte nach Tabelle 6.1

M_{Ed,x / y} Moment um x- bzw. y-Achse bzgl. des Rundschnittschwerpunktes (wird programmintern ermittelt)

V_{Ed} entspricht VE siehe [max. Querkraft](#). Für Fundamente und Bodenplatten ist gemäß Gl. 6.51 bzw. Gl. NA.6.51.1 anstelle von V_{Ed} mit V_{Ed,red} zu rechnen (geschieht automatisch programmintern)

u₁ Länge des kritischen Rundschnittes

W_{1,x / y} plastisches Widerstandsmoment des kritischen Rundschnittes bzgl. der x- bzw. y-Achse

Die Formeln für W_{1,x} und W_{1,y} sowie den Rundschnittschwerpunkt wurden /2/ entnommen.

Für ein Moment um nur eine Achse wird nach Gl. NA 6.39 gerechnet.

$$\beta = 1.0 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_1} \geq 1.10 \quad \text{Gl. 6.39}$$

Hinweis: Eingangsparameter analog zu Gl. NA 6.39.1

Für Innenstützen mit Kreisquerschnitt vereinfacht sich Gl. 6.39 zu

$$\beta = 1.0 + 0.6\pi \frac{e}{D + 2u_1} \geq 1.10 \quad \text{analog Gl. 6.42}$$

mit

e resultierende Lastausmitte bzgl. Stützenmittelpunkt

D Durchmesser der Stütze

l_u Abstand des kritischen Rundschnittes u₁ vom Rand der Lasteinleitungsfläche

Zur besseren Veranschaulichung werden in der Grafik sowohl der kritische Rundschnitt als auch der Rundschnittschwerpunkt und der Lastpunkt (Angriffspunkt der durch die Momente verschobenen Stützenlast)

angezeigt. Liegt der Lastpunkt genau auf dem Schwerpunkt des kritischen Rundschnittes, so wäre theoretisch die plastische Schubspannungsverteilung entlang des kritischen Rundschnittes gleichmäßig, d. h. $\beta = 1.0$. Gemäß NCI zu 6.4.3 (3) ist ein $\beta < 1.10$ unzulässig, so dass $\beta = 1.10$ ausgegeben wird. Mit wachsendem Abstand des Lastpunktes vom Rundschnittschwerpunkt wird β größer.

Für Bodenplatten und Fundamente wird bei der Iteration zur Ermittlung des kritischen Rundschnittes der Lasterhöhungsfaktor β bei jeder Iteration neu ermittelt.

Zur besseren Kontrolle von β können Zwischenergebnisse ausgegeben werden.

Bemessung

Durchstanznachweis nach BS EN 1992:2015

Bezeichnungen und Definitionen nach EN 1992

Die Nachweise für die EN 1992 wurden auf Grundlage der BS EN 1992-1-1:2015 entwickelt.

Dynamische Beanspruchung wird z.Zt. nicht behandelt. Platten müssen im Bereich einer Lasteintragung Vollquerschnitt haben, der kritische Rundschnitt wird für Deckenplatten im Abstand

$a_{crit} = 2,0 \cdot d_m$ vom Lasteinleitungsrand geführt. Bei Fundamentplatten und gedungenen Fundamenten wird der Abstand des kritischen Rundschnitts als Ort des größten Verhältnisses aus Beanspruchung und Widerstand bestimmt.

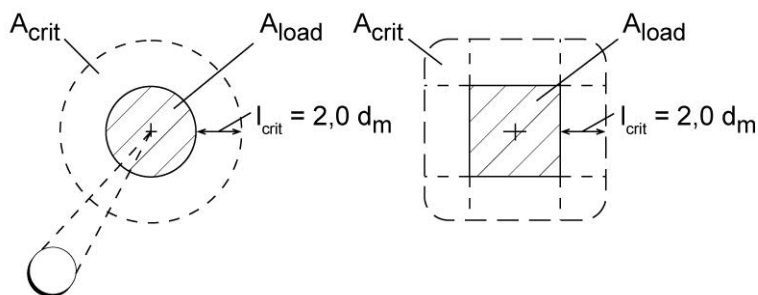


Abb.: kritischer Rundschnitt um Lasteinleitungsflächen nach EN 1992 6.4.2

Nachweis im Grenzzustand

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d_m} \leq v_{Rd,max} \quad [N/mm^2] \quad (6.38), (6.53)$$

$v_{Rd,max}$ darf nicht überschritten werden. Der maßgebliche Schnitt für den Nachweis der Betondruckspannung ist mit dem Umfang u_0 am Stützenanschnitt zu führen.

- β = Korrekturfaktor für nichtrotationssymmetrische Lasteinleitung
- V_{Ed} = vorhandene Querkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit
- u_0 = Umfang des Rundschnittes am Stützenanschnitt abzüglich des Rundschnittlängenabzuges infolge der Aussparungen im Abstand $< 6 \cdot d_m$.

Bemessungskriterien nach EN 1992 ohne Durchstanzbewehrung

Ohne Durchstanzbewehrung muss im Nachweisschnitt erfüllt sein

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \text{mit}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cd}] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cd}) \quad (6.47)$$

Bei Fundamenten gilt:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot 2d_m/a] \geq (v_{min} \cdot 2 \cdot d_m/a) \quad (6.50)$$

Eigenschaften		
Grundparameter		
System		
Geometrie		
Aussparungen		
Biegebewehrung		
Bemerkungen		
Belastung		
Bemessung		
Leistenanordnung		
Ausgabe		

Bemessung		
Durchstanzbewehrung	mit Leisten	
Dübelleisten	RFA-Tech	
Bemessung mit Leisten		
Betondeckung:	co [cm]	2.5
	cu [cm]	2.5
gew. Leiste	10 mm, 15* (5 Anker)	
Leisten zurücksetzen		
Leistenzahl/Stütze nL		15
Bolzenzahl/Leiste nD		5

Dabei ist:

$$C_{rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$k_1 = 0,1$$

$$d_m [\text{mm}] = \text{mittlere Nutzhöhe} = \frac{d_{m,x} + d_{m,y}}{2}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_m}} \leq 2,0$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} \quad (6.3N)$$

ρ_l = mittlere Längsbewehrungsgrad im betrachteten Rundschnitt

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \leq 0,02$$

ρ_{lx}, ρ_{ly} = Bewehrungsgrad in x- bzw. y- Richtung innerhalb des betrachteten Rundschnittes.

σ_{cd} = Bemessungswert der Betonnormalspannung (Vorspannung) in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für den kritischen Querschnitt (Druck positiv):

$$\sigma_{cd} = \frac{\sigma_{cd,x} + \sigma_{cd,y}}{2}$$

$$\sigma_{cd,x} = \frac{N_{Ed,x}}{A_{c,x}} \quad \text{und} \quad \sigma_{cd,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{c,y}}$$

mit σ_{cd} (+ = Vorspannung) Vorzeichendefinition gemäß EN 1992

a = Abstand des Rundschnitts zum Anschnitt

Eine Vorspannung kann für die Berechnung von RFA-Tech Dübelleisten nicht berücksichtigt werden.

Außerdem wird noch geprüft, dass folgende Bedingung eingehalten ist:

$$v_{Ed,u1} \leq 2 \cdot v_{Rd,c}$$

mit

$$v_{Ed,u1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d_m}$$

dabei ist:

u_1 = Länge des kritischen Rundschnittes

Bemessungskriterien nach EN 1992 mit Durchstanzbewehrung

Durchstanzbewehrung ist einzulegen, wenn gilt

$$v_{Rd,c} \leq v_{Ed,u1} \leq 2 \cdot v_{Rd,c} \quad \text{sowie} \quad v_{Ed,u0} \leq v_{Rd,max}$$

Die Gesamttragfähigkeit aus Beton und Stahl $v_{Rd,cs}$ wird (für senkrechte Durchstanzbewehrung) wie folgt ermittelt:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 \cdot v_{Rd,c} + 1,5 \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd,ef}}{s_r \cdot u_1} \quad \text{nach EN 1992 (6.52)}$$

- V_{Ed} = Bemessungswert der mittleren vorhandenen Querkraft im betrachteten Rundschnitt.
 $V_{Rd,cs}$ = Bemessungswert der mittleren zulässigen Querkraft im betrachteten Rundschnitt.
 $V_{Rd,c}$ = Betontraganteil im kritischen Rundschnitt.
 A_{sw} = vorhandene Bewehrungsquerschnittsfläche je Bewehrungsreihe
 u_1 = Umfang des kritischen Rundschnittes abzüglich des Rundschnittlängenabzuges infolge der Aussparungen im Abstand $< 6 \cdot d_m$.
 s_r = wirksame Breite einer Bewehrungsreihe; $s_r \leq 0,75 \cdot d_m$
 $V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$ gemäß NA+A2:2014 to BS EN 1992-1-1

mit

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) \quad \text{BS EN 1992-1-1 6.6N}$$

für den äußeren Rundschnitt gilt:

Der äußere Rundschnitt liegt im Abstand $k \cdot d = 1,5 \cdot d_m$ von der letzten Bewehrungsreihe.

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

- V_{Ed} = Bemessungswert der einwirkenden Querkraft im äußeren Rundschnitt.
 $V_{Rd,c}$ = Bemessungswert des Querkraftwiderstandes nach Gl. (6.2a) bzw. (6.2b) im äußeren Rundschnitt.

Erforderlicher Bewehrungsquerschnitt nach EN 1992

Allgemein gilt:

$$\text{erf } A_{sw} = \frac{(V_{Ed} - 0,75 \cdot V_{Rd,c}) \cdot u_1 \cdot d}{1,5 \cdot (d/s_r) \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin(\alpha)} \quad (\text{Gl. 6.52) nach } A_{sw} \text{ umgestellt}$$

$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d_m \leq f_{ywd}$ wirksamer Bemessungswert der Streckgrenze der Durchstanzbewehrung

f_{ywd} Bemessungswert der Streckgrenze der Durchstanzbewehrung

α Winkel der Durchstanzbewehrung zur Plattenebene

min A_{sw} erforderliche Mindestbewehrung nach Abs. 9.4.3 (9.11)
(je Bewehrungsreihe)

$$\min A_{sw} = [0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} / (1,5 \cdot \sin(\alpha) + \cos(\alpha))] \cdot (s_r \cdot u_i)$$

Bei Fundamentplatten und gedungenen Fundamenten kann nach Gl. (6.48) die anzusetzende Querkraft um den Anteil ΔV_{Ed} reduziert werden. Bei Ermittlung der Durchstanzbewehrung wird im Programm die Sohlpressung (abzüglich dem 1,35- fachen Fundamenteigengewicht) für die Fläche innerhalb des kritischen Rundschnittes angesetzt. Wird keine Sohlpressung eingegeben, so wird auch kein Fundamenteigengewicht abgezogen. Für die Ermittlung der Durchstanzbewehrung ab der 3. Bewehrungsreihe wird die Fläche innerhalb des jeweiligen Bewehrungsringes angesetzt.

Durchstanzbewehrung nach EN 1992

Für die Anordnung der Durchstanzbewehrung gelten die Regelungen aus EN 1992-1-1, Abs. 9.4.3. Die enger liegende Durchstanzbewehrung sollte innerhalb des Abstandsbereiches von $1,5 \cdot d_m$ eingebaut werden; mindestens 2 Bewehrungsreihen werden vorgeschlagen. Die Bewehrungsrundsnitte erstrecken sich von U_1 im Stützenabstand $\geq 0,3 \cdot d_m$ bis zu einem Abstand von $1,5 \cdot d_m$ vom äußeren Nachweisrundschnitt U_{out} , der sich aus der Gleichung $v_{Ed,a} \approx v_{Rd,a}$ errechnet. Bei den Bewehrungsrundsnitten ist $s_r \leq 0,75 \cdot d_m$ einzuhalten.

Ist nur eine Bewehrungsreihe statisch erforderlich, wird gemäß EN 1992-1-1, 9.4.3(1) stets eine zweite Reihe mit $s_r = 0,75 \cdot d_m$ angeordnet.

Anordnung in B6+ RFA-Tech

Abstand:

U_1 : von Stützenkante $0,5 \cdot d_m$ (bei Fundamenten und Bodenplatten $0,3 \cdot d_m$)

U_2 bis U_i : je s_r

U_{out} : vom äußersten U_i $1,5 \cdot d_m$ (nur Nachweis)

Maximaler radialer Bewehrungsabstand: $s_r \leq 0,75 \cdot d_m$

Maximaler tangentialer Bewehrungsabstand $\leq 1,5 \cdot d_m$ im kritischen Rundschnitt

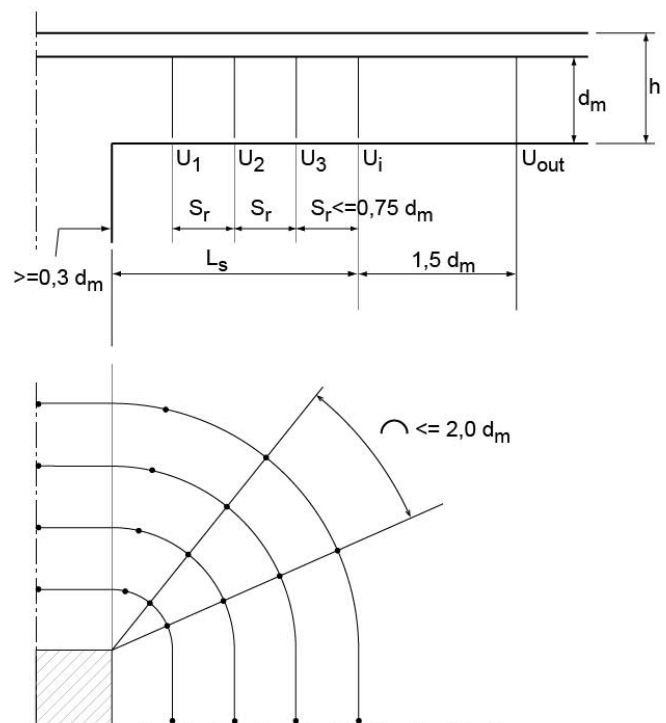
Maximaler tangentialer Bewehrungsabstand $\leq 2,0 \cdot d_m$ im äußeren Rundschnitt

Abb.:

Durchstanzbewehrung mit senkrechten Bügeln
EN 1992 9.4.3. Tangentialer Abstand im kritischen
Rundschnitt:

$\leq 1,5 \cdot d_m$

außerhalb: $\leq 2,0 \cdot d_m$



Durchstanznachweis mit RFA-Tech-Dübelleisten

B6+ gestattet die Bemessung von Dübelleisten nach CARES Zulassung für RFA-Tech Dübelleisten nach BS EN 1992:2015.

Dem Anwender wird – wenn möglich – eine Dübelleistenanordnung vorgeschlagen. Aussparungen in der Platte werden dabei berücksichtigt. Es können sowohl die Durchmesser der Anker, die Anzahl der Dübelleisten pro Stütze (nL), die Anzahl der Anker pro Leiste (nD) als auch die Anordnung der Dübelleisten (Anfangspunkt sowie Winkel zur x-Achse, bei Rundstützen nur der Winkel zur x-Achse) verändern werden. Weiterhin kann die Betondeckung oben und unten (co und cu) vorgegeben werden.

Die Änderungen erfolgen über das Register „Leistenanordnung“ (unter dem Grafikfenster) oder alternativ über die [Tabellen-Symbolleiste](#).

Es werden folgende nachweisrelevanten Größen ermittelt und ausgegeben:

- Anzahl der Anker auf einer Leiste
- vorhandene Beanspruchung eines Ankers
- vorhandene Tragkraft eines Ankers
- Ankerlänge (Höhe)
- Anzahl der gewählten Leisten
- vorhandene Leistenlänge
- maximal zulässige tangentielle Abstände der Leisten untereinander
- vorhandene tangentielle Abstände der Leisten untereinander



Leistenanordnung				
Leistenanordnung 1/15				
Abstand	x	[cm]		-15,0
Abstand	y	[cm]		-20,0
Winkel	Phi	[grad]		186,6

Weiterhin wird die genaue Leistenbezeichnung ausgegeben.

Optional kann auch die Anordnung der Dübelleisten (Koordinaten des Leistenanfangs, Koordinaten des äußersten Ankers und Winkel der Dübelleiste zur x-Achse für jede Leiste) in Tabellenform ausgegeben werden.

Die Erzeugung einer DXF-Datei, insbesondere für die Übernahme der Dübelleistenanordnung in den Schalplan, ist möglich.

Reduzierung des Rundschnitts bei ausgedehnten Auflagerflächen

Untersuchungen /6/ zu Folge tritt bei rechteckigen Auflagerflächen an den Stützenecken ein 3-dimensionaler Spannungszustand auf, welcher die erhöhte Tragfähigkeit beim Durchstanzen begründet. Dieser Effekt nimmt mit zunehmender Entfernung von den Ecken ab – das zeigt sich insbesondere bei großen und langen Stützen.

Weder der Eurocode noch der British Standard bilden jedoch die Lastkonzentration an Stützenecken in ihren Nachweisen ab. Einzig die Unterscheidung von Stützen und Wänden durch das Seitenverhältnis 1:4 in BS EN 1992-1-1, 9.5.1 kann als Ansatz zur Berücksichtigung des Effekts herangezogen werden.

B6+ RFA-Tech bietet zwei Varianten, den Effekt in die Berechnung eingehen zu lassen. Es kann eine Reduktion des Lasteinleitungsrundschnitts für ausgedehnte Stützen gemäß EC2 oder nach der „Best Practice“-Methode gewählt werden.

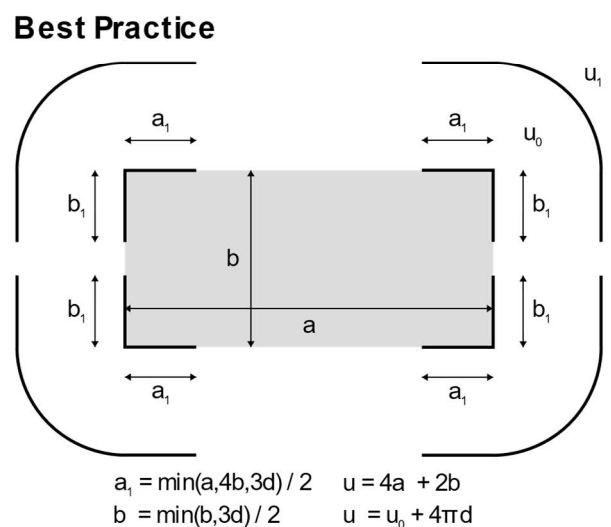
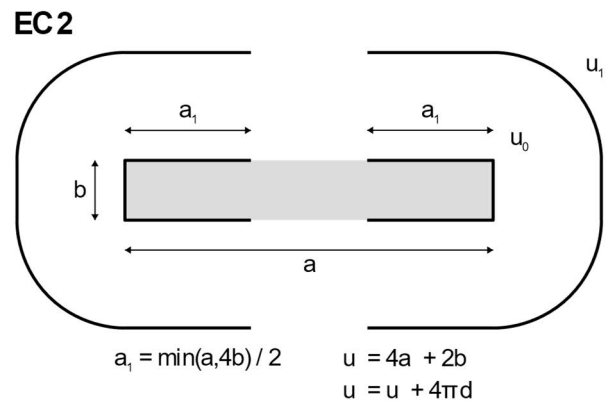


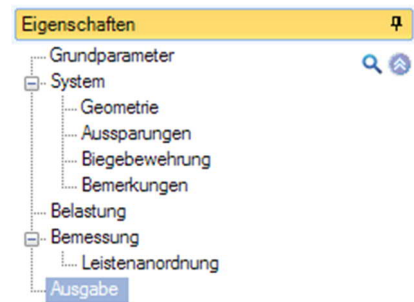
Abb.: Reduzierung des kritischen Rundschnitts bei ausgedehnten Auflagerflächen

Alternativ empfiehlt es sich für eine wandartige Stütze oder eine Stütze mit großer Lasteinleitungsfläche, die Stütze in Wandenden bzw. -ecken aufgeteilt nachzuweisen.

Ausgabe

Ausgabeprofil

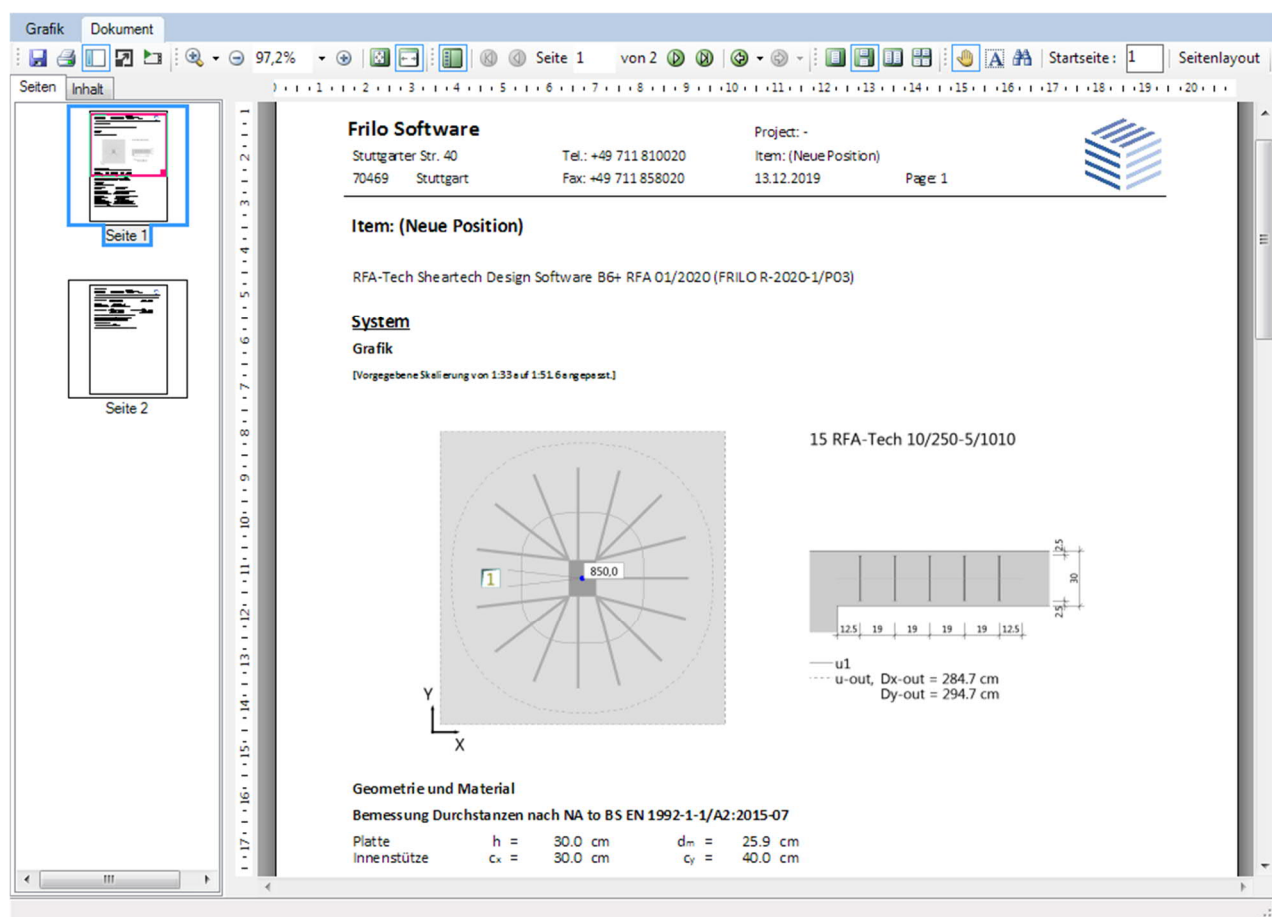
Durch Anklicken der Optionen legen Sie den Umfang der Textausgaben fest. Weiterhin können Schriftgröße und Maßstab angepasst werden.



Ausgabe als PDF-Dokument

Über das Register „Dokument“ wird das Ausgabedokument im PDF-Format angezeigt und kann gedruckt werden.

Siehe auch [Ausgabe und Drucken.pdf](#)



Literatur

- /1/ EN 1992-1-1:2004 / AC:2010
- /2/ Heft 600, Erläuterungen zu Eurocode 2, DAfStb
- /3/ Ricker M., Siburg C., Hegger J.: „Durchstanzen von Fundamenten nach NA(D) zu Eurocode 2“ in: Bauingenieur, 06/2012 S. 267 bis 276
- /4/ Goris A., Hegger J.: „Hintergründe und Nachweise zum Durchstanzen nach Eurocode 2-NAD“ in „Stahlbetonbau aktuell 2011“, Bauwerk Verlag, S. E.3 ff.
- /5/ DIN EN 1992-1-1 / NA:2015-12
- /6/ Einpaul, J., Bujnak, J., Fernandez Ruiz, M. and Muttoni, A.: “Study on Influence of Column Size and Slab Slenderness on Punching Strength” in: “ACI Structural Journal”, V. 113, 2016, S. 135-146
- /7/ BS EN 1992-1-1 / NA+A2: 2014