

Durchstanznachweis nach EC 2

1. Allgemeines

Bei der Einleitung von konzentrierten Lasten in Plattentragwerke (z.B. Decken und Fundamente) ist die Sicherheit gegen Durchstanzen nachzuweisen. Im Eurocode 2 wurde gegenüber der DIN 1045-1 die Bemessung gegen Durchstanzen überarbeitet. Die Zahl der zu führenden Nachweise hat sich zwar erhöht, die Art der Nachweisführung erfolgt dafür aber nach den gleichen Grundsätzen wie bei der Querkraftbeanspruchung. Die Grundlage für die Bemessung ist ein räumliches Fachwerkmodell.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden im Rahmen dieses Scriptes nur Platten und Fundamente ohne Einsatz von Dübelleisten behandelt. Allerdings ist zu bemerken, dass die Nachweismethode für Dübelleisten im Prinzip der Nachweismethode im Eurocode 2 entspricht.

Im folgenden Bild ist das Tragverhalten in prinzipieller Form dargestellt: Über der Stütze entsteht ein räumlicher Spannungszustand mit **radial ausgerichteten Druckspannungen** (im Bild als Kraft F_{cd} zusammengefasst), die im Gleichgewicht mit der Querkraft V_{Ed} stehen. Auf der Plattenoberseite bildet die Stahlzugkraft F_{sd} das Gleichgewicht zur Betondruckkraft.

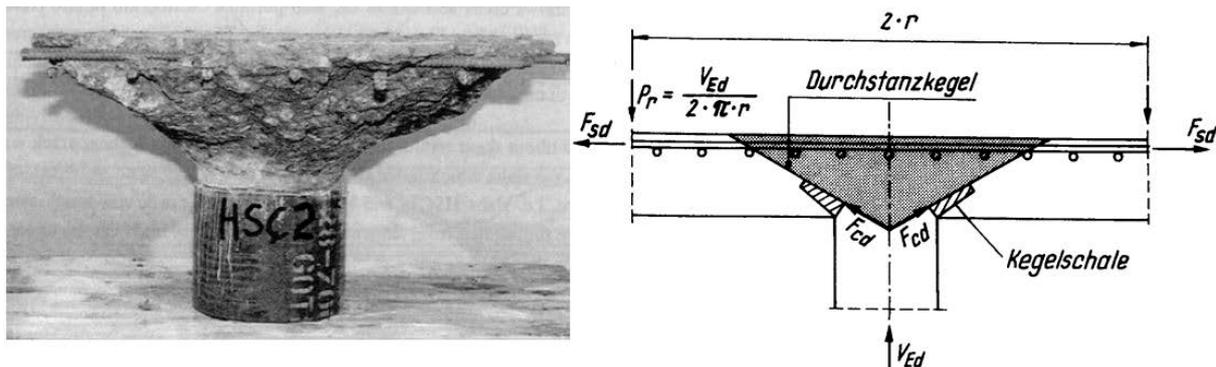


Bild 1.1: Bruchkegel und Modell für das Durchstanzen kurz vor dem Bruch

Bei nicht allzu hoher Beanspruchung bilden sich **zuerst Biegerisse in radialer Richtung** auf der Biegezugseite der Platte, was zu einer Momentenumlagerung in die noch nicht gerissene, steifere Tangentialrichtung führt. Bei Steigerung der Last reißt der Beton dann auch **tangential, was dann zum Bruch** führt (vgl. folgendes Bild).

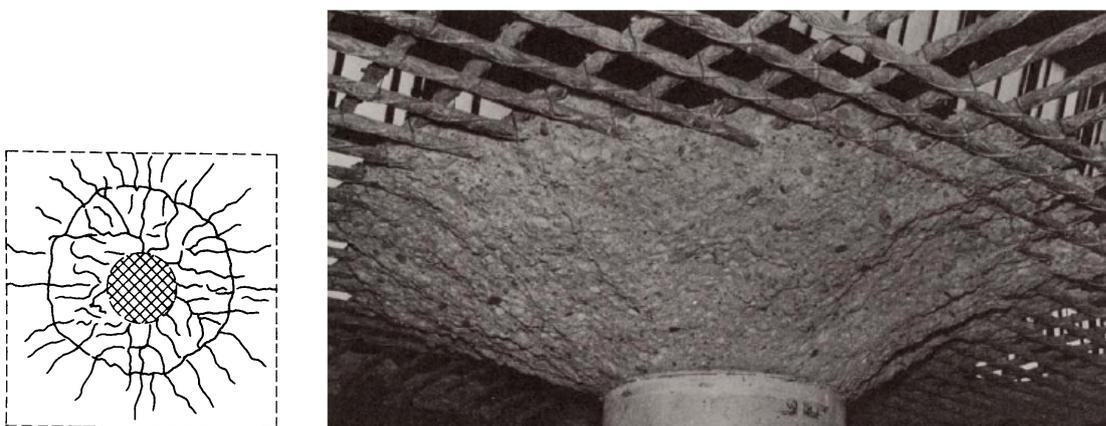


Bild 1.2: Rissbild auf der Biegezugseite der Platte kurz vor dem Bruch

2. Nachweiskonzept

Durchstanzen ist ein **lokales Versagen** der Konstruktionsbetondecke unter konzentriert angreifenden Querkräften. Je nach Beanspruchung und Konstruktion kann sich dieses spröde Bauteilversagen aus **Überschreiten der Betonzugfestigkeit**, einem **Versagen der Betondruckzone**, einem lokalen **Verbundversagen der Biegezugbewehrung** oder infolge einer **unzureichenden Verankerung der Durchstanzbewehrung** entwickeln. Aufgrund dieser komplexen Versagensmechanismen wird der **Durchstanznachweis mit einer experimentell ermittelten Vergleichsquerkraft in definierten Nachweisschnitten** geführt.

Bei der Bemessung gegen Durchstanzen ist nachzuweisen, dass die auf einen sog. **kritischen Rundschnitt** $u_1 \cdot d$ um die Einzellast bezogene einwirkende Querkraft v_{Ed} kleiner ist, als der Bemessungswiderstand v_{Rd} . Wenn hierfür Durchstanzbewehrung erforderlich ist, müssen zusätzlich auf mehreren Rundschnitten u_i weitere Querkräftenachweise gemacht werden.

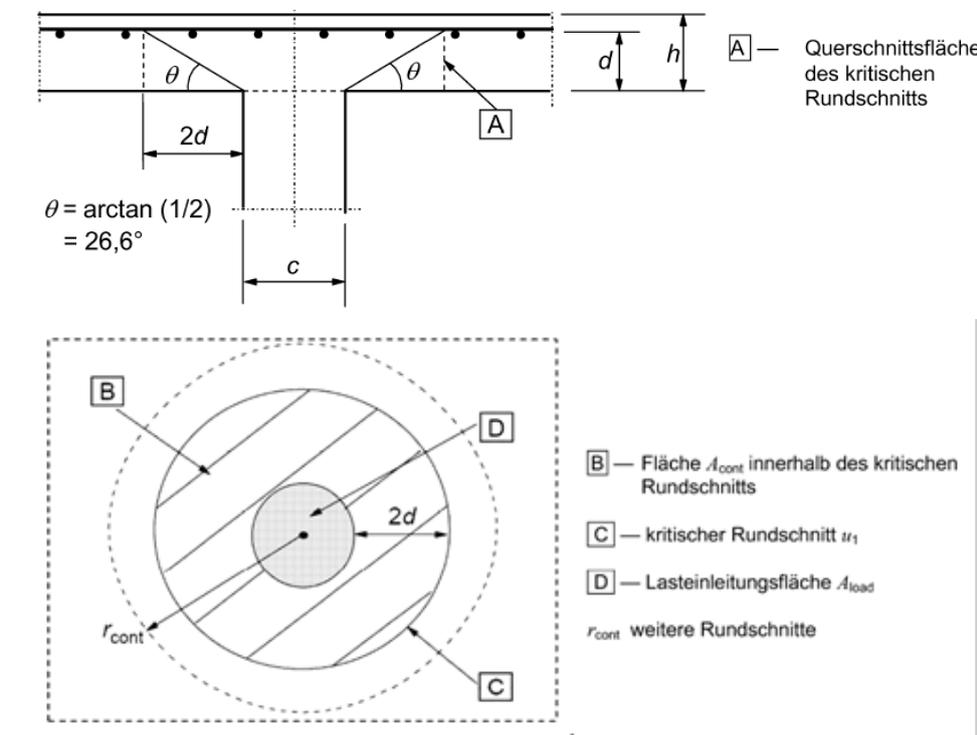


Bild 2.1: Bemessungsmodell für den Nachweis gegen Durchstanzen

Der Durchstanznachweis kann wie folgt formuliert werden:

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} \leq v_{Rd} \quad (2.1)$$

- V_{Ed} Bemessungswert der aufzunehmenden Querkraft
 Eine Reduzierung von V_{Ed} infolge auflagnaher Einzellasten ist nicht zulässig.
 v_{Ed} Bemessungswert der maximal zu übertragenden Schubspannung (kN/m²).
 u_i Umfang des betrachteten Rundschnittes
 d die mittlere statische Nutzhöhe der Platte, die als $(d_y + d_z)/2$ angenommen werden darf.
 β ein Korrekturfaktor zur Berücksichtigung einer Biegebeanspruchung und einer daraus folgenden ungleichmäßigen Querkraftverteilung auf dem Rundschnitt (siehe Kapitel 2.2).

Der **Querschnittswiderstand** V_{Rd} in Gleichung. (2.1) wird durch einen der nachfolgenden Werte bestimmt:

- $V_{Rd,c}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit **ohne Durchstanzbewehrung**.
- $V_{Rd,max}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit der **Druckstreben (Beton)**.
- $V_{Rd,cs}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit der **Zugstreben (Stahl)**
- $V_{Rd,out}$ Bemessungswert der **Querkrafttragfähigkeit** ohne **Querkraftbewehrung**.

Bei der Nachweisführung wird zwischen Platten ohne Durchstanzbewehrung und mit Durchstanzbewehrung unterschieden:

Bei **Platten ohne Durchstanzbewehrung** ist nachzuweisen, dass im kritischen Rundschnitt u_1 die **Durchstanztragfähigkeit** des Betons ausreichend ist: $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$ (2.2)

Bei **Platten mit Durchstanzbewehrung** ist nachzuweisen:

- Betonversagen: die max. vorhandene Schubspannung (kN/m^2) V_{Ed} nach Gleichung (2.1) darf den Bemessungswert der **Durchstanztragfähigkeit** $V_{Rd,max}$ nicht überschreiten: $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$ (2.3)
- Stahlversagen: in jedem Rundschnitt muss die Tragfähigkeit des Querschnitts mit **Durchstanzbewehrung** ausreichend sein: $V_{Ed} \leq V_{Rd,cs}$ (2.4)
- Außerhalb des durchstanzbewehrten Bereichs muss die Tragfähigkeit für **Querkraft** **ohne Querkraftbewehrung** gewährleistet sein: $V_{Ed} \leq V_{Rd,out}$ (2.5)

2.1 Kritischer Rundschnitt u_1

Der kritische Rundschnitt u_1 darf **im Allgemeinen in einem Abstand von $2d$ von der Lasteinleitungsfläche** angenommen werden. Er ist so zu konstruieren, dass er einen möglichst geringen Umfang aufweist:

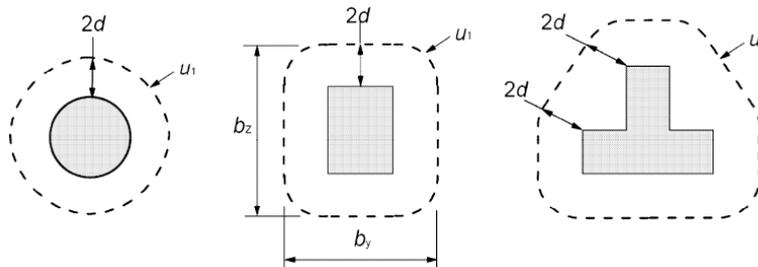


Bild 2.1.1: Typische kritische Rundschnitte um Lasteinzugsflächen

Rundschnitte in einem Abstand kleiner als $2d$ sind in der Regel zu berücksichtigen, wenn der konzentrierten Last ein **hoher Gegendruck** (z. B. Sohldruck auf das Fundament) oder die Auswirkungen einer Last oder einer Auflagerreaktion **innerhalb eines Abstands von $2d$ vom Rand der Lasteinleitungsfläche** entgegenstehen.

Nach dem nationalen Anhang (NA) ist in solchen Fällen der Abstand a_{crit} des maßgebenden kritischen Rundschnitts **iterativ** zu ermitteln.

NA: Die oben gezeigten Konstruktionen für einen **durchlaufenden kritischen Rundschnitt** gelten nur für Lasteinleitungsflächen mit einem **Umfang $u_0 \leq 12d$ und einem Seitenverhältnis $a/b \leq 2$** . u_0 ist hierbei so klein wie möglich zu wählen wie in Bild 2.1.2 dargestellt.

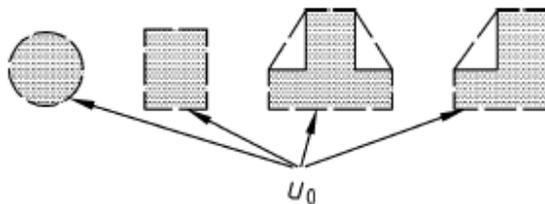


Abbildung 2.1.2: Typische Umfänge u_0 von Lasteinzugsflächen

NA: Bei **Rundstützen mit $u_0 > 12d$** sind **querkraftbeanspruchte Flachdecken** nachzuweisen. Dabei darf der Vorwert $C_{Rd,c}$ wie folgt verwendet werden:

$$C_{Rd,c} = (12d / u_0) \cdot 0,18 / \gamma_C \geq 0,15 / \gamma_C \quad (2.1.1)$$

NA: Die Rundschnitte benachbarter Lasteinleitungsflächen dürfen sich nicht überschneiden.

Treten Überschneidungen zwischen zwei Rundschnitten auf, so ist der gesamte Rundschnittumfang der kleinsten Umhüllenden unter Berücksichtigung der Umfangsbegrenzung der Lasteinleitungsfläche von $12d$ im Durchstanznachweis in Ansatz zu bringen.

Für **Stützen mit größeren Abmessungen** sind nur Teile des kritischen Rundschnitts anzusetzen. Für diesen Fall beinhaltet der nationale Anhang eine Abbildung, anhand welcher man die benötigten Rundschnitte berechnen kann. (Bild 2.1.3).

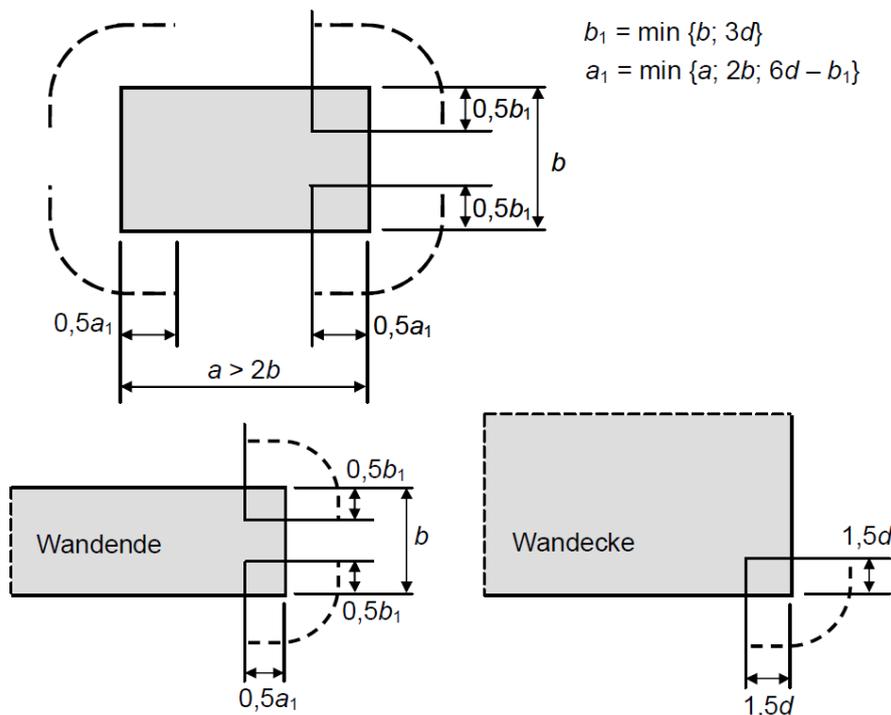


Bild 2.1.3: Kritischer Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen

Befindet sich die **Lasteinleitungsfläche in der Nähe einer Öffnung (Abstand $\leq 6d$)**, so muss ein Teil des kritischen Umfangs als unwirksam betrachtet werden. Vermindert wird der Umfang dann wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

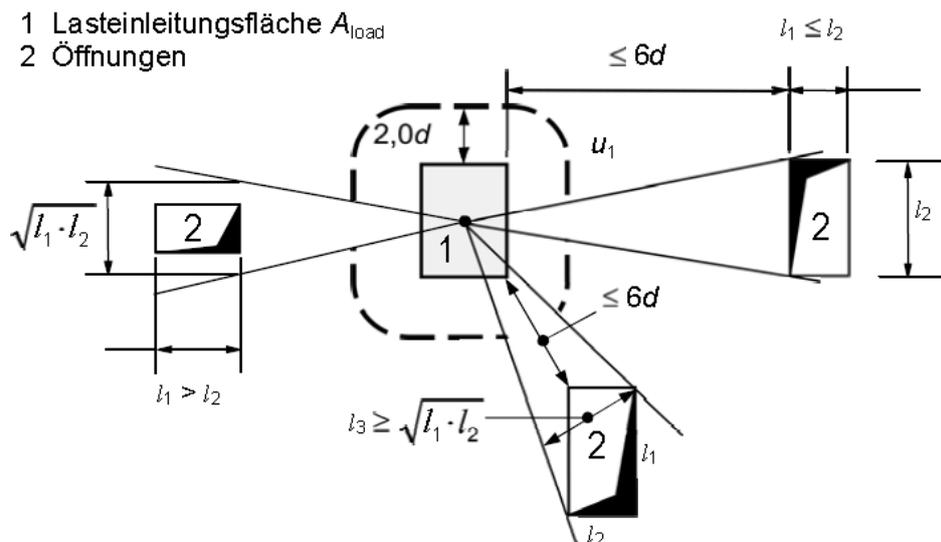


Abbildung 2.1.4: Rundschnitte in der Nähe von Öffnungen

Bei Lasteinleitungsflächen, die sich in der Nähe eines freien Randes oder einer freien Ecke befinden, ist in der Regel der kritische Rundschnitt nach Bild 2.1.5 anzunehmen, sofern dieser einen Umfang ergibt (ausschließlich des freien Randes), der kleiner als der Regelrundschnitt ist.

Bei Lasteinleitungsflächen nahe eines freien Rands oder einer Ecke (Entfernung < d) ist in der Regel eine besondere Randbewehrung einzulegen.

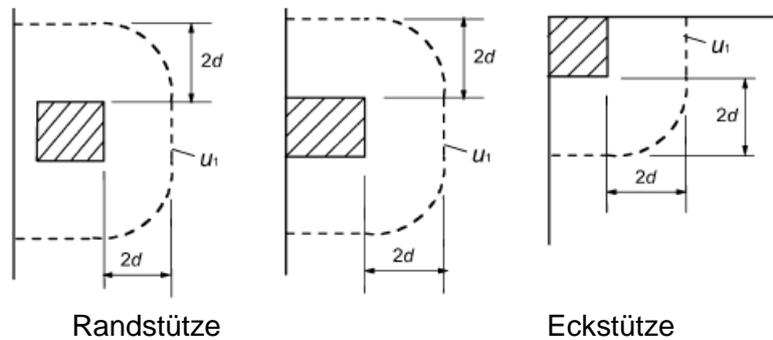


Abbildung 2.1.5: Kritische Rundschnitte nahe eines Randes oder einer Ecke

Flachdecken und Fundamente veränderlicher Dicke

Bei Platten oder Fundamenten mit veränderlicher Dicke (gilt nicht für Stufenfundamente) darf als wirksame statische Nutzhöhe die am Rand der Lasteinleitungsfläche auftretende statische Nutzhöhe wie in Bild 2.1.6 angenommen werden.

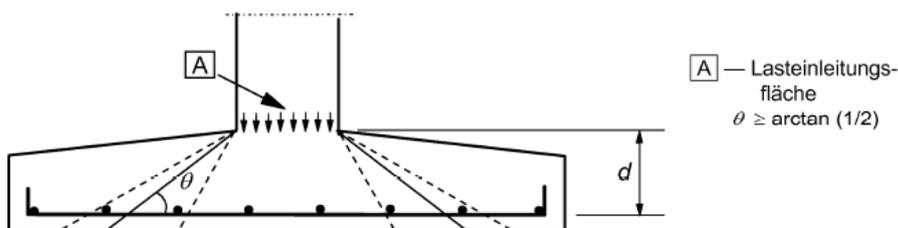


Bild 2.1.6 (6.16 EC2): Höhe der Querschnittsfläche des Rundschnitts in einem Fundament mit veränderlicher Dicke

Stützenkopfstärkung mit $l_H < 2h_H$ (EC2 allgemein)

Runde Stützenkopfstärkung:

Der Nachweis ist nur außerhalb der Stützenkopfstärkung erforderlich. Der Abstand r_{cont} dieses Schnittes darf im Abstand von $2d$ zur Querschnittsstärkung angenommen werden:

$$r_{cont} = l_H + 2d + 0,5c \quad (2.1.2)$$

Rechteckige Stützenkopfstärkung:

Bei Gesamtabmessungen von $l_1 = c_1 + 2l_{H1}$, $l_2 = c_2 + 2l_{H2}$ ($l_1 \leq l_2$) darf r_{cont} als der kleinere der folgenden Werte angenommen werden:

$$r_{cont} = 2 \cdot d + 0,56 \cdot \sqrt{l_1 \cdot l_2} \quad (2.1.3) \quad r_{cont} = 2 \cdot d + 0,69 \cdot l_1 \quad (2.1.4)$$

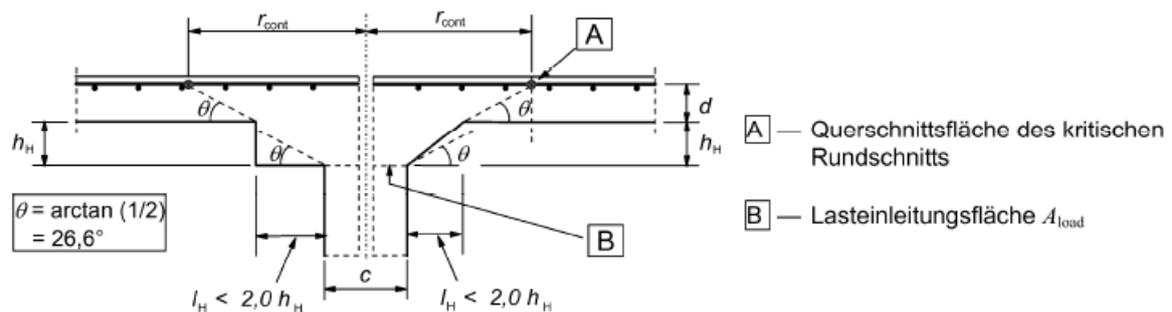


Bild 2.1.7(6.17 EC2): Platte mit Stützenkopfstärkung mit $l_H < 2h_H$

Stützenkopfstärkung mit $l_H \geq 2h_H$ (EC2 allgemein)

Bei Platten mit Stützenkopfstärkung mit $l_H \geq 2h_H$ (siehe Bild 2.1.8) sind in der Regel die Querschnitte der Rundschnitte sowohl innerhalb der Stützenkopfstärkung als auch in der Platte nachzuweisen.

Runde Stützenkopfstärkung:

Bei Stützen mit Kreisquerschnitt dürfen die Abstände vom Schwerpunkt der Stützenquerschnittsfläche zu den Querschnittsflächen der Rundschnitte in Bild 2.1.8 wie folgt ermittelt werden:

$$r_{cont,ext} = l_H + 2d + 0,5c \quad (2.1.5)$$

$$r_{cont,int} = 2 \cdot (d + h_H) + 0,5c \quad (2.1.6)$$

Nicht runde Stützenkopfstärkung:

Für nicht kreisförmige Stützen sind die Rundschnitte affin zu Bild 6.13 anzunehmen. Dabei sind die kritischen Rundschnitte für die Stützenkopfstärkung mit d_H und für die anschließende Platte mit d zu ermitteln.

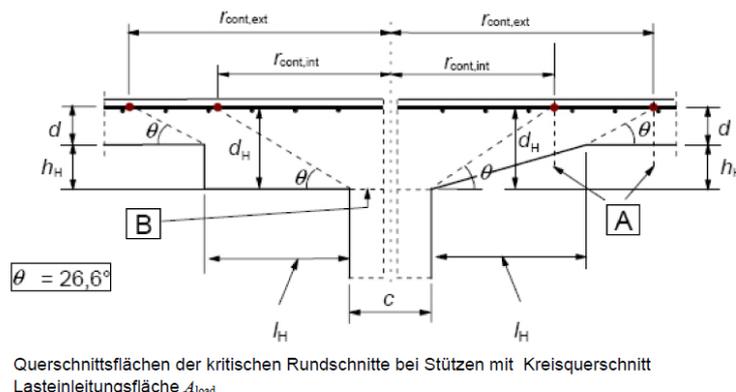


Bild 2.1.8(6.18 EC2): Platte mit Stützenkopfstärkung mit $l_H \geq 2h_H$

Stützenkopfverstärkung mit $1,5h_H \leq l_H < 2,0h_H$ (EC2 NA)

Für **Stützenkopfverstärkungen mit $1,5h_H \leq l_H < 2,0h_H$** ist ein zusätzlicher Nachweis im Abstand $1,5(d + h_H) = 1,5d_H$ erforderlich, damit bei Rissneigungen zwischen 30° und 35° ein Versagen innerhalb der Verstärkung ausgeschlossen werden kann (vgl. Bild unten). Die auf den Rundschnitt im Abstand $2,0d_H$ kalibrierte Durchstanstragfähigkeit $v_{Rd,c}$ darf für den Nachweis im engeren Rundschnitt bei $1,5d_H$ proportional im Verhältnis der Rundschnittumfänge mit dem Faktor $u_{2,0d_H} / u_{1,5d_H}$ vergrößert werden.

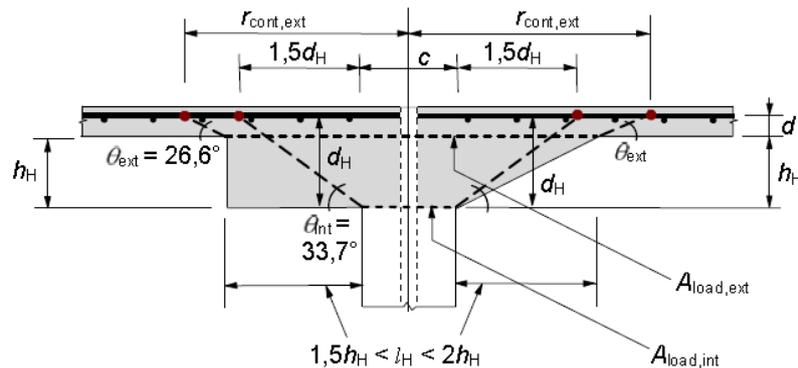


Bild 2.1.9: Zusatznachweis bei $1,5d_H$ bei Stützenkopfverstärkungen mit $1,5h_H \leq l_H < 2,0h_H$

Der Grenzwert $12d$ ist auch bei Stützenkopfverstärkungen zu verwenden. Hierbei sind bei gedungenen Stützenkopfverstärkungen ($l_H < 1,5h_H$) der äußere Rand der Stützenkopfverstärkung und bei ausladenden Stützenkopfverstärkungen ($l_H > 1,5h_H$) sowohl der Verstärkungsrand als auch der Stützenrand als Lasteinleitungsfläche zu betrachten.

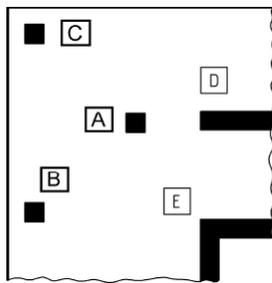
2.2 Korrekturfaktor β wegen unsymmetrischer Belastung

Infolge von Biegung ist die zu übertragende **Querkraft nicht mehr gleichmäßig über den Umfang verteilt**, wodurch auf einer Seite eine erhöhte Belastung entsteht. Dies wird durch den Korrekturfaktor β berücksichtigt.

Für die Bestimmung des Faktors β stehen 3 Verfahren zur Verfügung:

2.2.1 konstante Faktoren für ausgesteifte Systeme mit annähernd gleichen Stützweiten

Für **unverschiebliche Systeme mit Stützweitendifferenzen < 25%** darf β vereinfacht mit festen Näherungswerten angenommen werden (Bild 2.2.1). NA: Für Randstützen mit großen Ausmitten $e/c \geq 1,2$ ist der Lasterhöhungsfaktor β genauer zu ermitteln (z. B. nach Gleichung NA 6.39.1).



- A = Innenstütze $\beta = 1,1$ (EC 2 1,15)
- B = Randstütze $\beta = 1,4$
- C = Eckstütze $\beta = 1,5$
- D = Wandende $\beta = 1,35$ (NA)
- E = Wanddecke $\beta = 1,2$ (NA)

Bild EC2 6.21DE: Vereinfachte Beiwerte β

2.2.2 Sektormodelle (bzw. Lasteinzugsflächen)

Ein Beispiel für die alternative Ermittlung des Lasterhöhungsfaktors über Lasteinleitungssektoren A_i ist für ein Wandende in Bild 2.2.2 dargestellt. Zur Bestimmung der Lasteinzugsflächen A_{LE} für jede Lasteinleitungsfläche A_{load} sind zunächst die **Querkraftnulllinien (Lastscheiden) unter Volllast** ingenieurmäßig abzuschätzen oder linear-elastisch zu berechnen. Die Lasteinzugsfläche A_{LE} wird dann in i -Lasteinleitungssektoren A_i unterteilt (Empfehlung: mindestens 3-4 je Quadrant). Der Lastanteil des Sektors wird durch den dazugehörigen Teilumfang u_i dividiert und ergibt die bezogene Sektorquerkraft $v_{Ed,i}$, die dann mit den Widerständen $v_{Rd,c}$ bzw. $v_{Rd,max}$ verglichen wird. Alternativ darf der Lasterhöhungsfaktor ermittelt werden, indem die maximale Sektorquerkraft $v_{Ed,i}$ durch den Mittelwert der über den kritischen Rundschnittumfang verteilten Auflagerkraft $v_{Ed,m}$ dividiert wird.

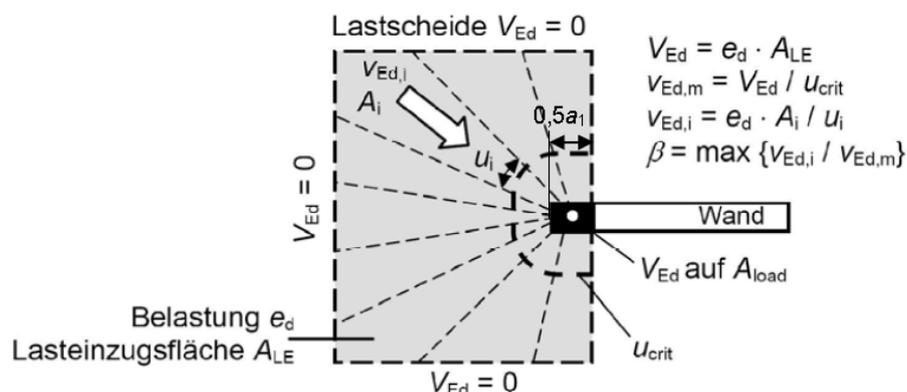


Bild 2.2.2: Beispiel für Lasteinleitungssektoren bei Wandenden

2.2.3 Genauere Verfahren mit der plastischen Schubspannungsverteilung

Eine genauere Berechnung des Lasterhöhungsfaktors β lässt sich unter der Annahme einer **vollplastischen Schubspannungsverteilung im kritischen Rundschnitt** (siehe Bild 2.2.3) durchführen:

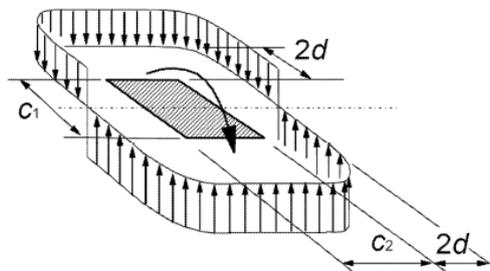


Bild 2.2.3(6.19 EC2): Querkraftverteilung infolge eines Kopfmomentes einer Stütze

Für einen Decken-Stützenknoten ergibt sich der Lasterhöhungsfaktor mit einer vollplastischen Schubspannungsverteilung nach Gleichung (2.2.1). Hierbei gibt der Beiwert k den Anteil des Momentes an, der zusätzliche Schubspannungen im kritischen Rundschnitt erzeugt. Nimmt die Abmessung der Stütze senkrecht zur Achse des Momentes zu, so steigen die Schubspannungen infolge des Momentes im kritischen Rundschnitt an. Der restliche Anteil $(1 - k)$ wird über Biegung und Torsion in die Stütze eingeleitet. M_{Ed} ist das **auf die Schwerlinie des kritischen Rundschnitts bezogene Moment**, das von der Decke in die Stütze unter Berücksichtigung der Steifigkeiten eingeleitet wird, V_{Ed} ist die resultierende Deckenquerkraft. Das Widerstandsmoment W_1 wird entlang des kritischen Rundschnitts u_1 bestimmt.

Es gilt:

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(k_y \cdot \frac{M_{Edy}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1y}}\right)^2 + \left(k_z \cdot \frac{M_{Edz}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1z}}\right)^2} \quad (\text{NA 6.39.1})$$

NA: $\beta \geq 1,10$, M_{Ed} mit Berücksichtigung der Steifigkeiten angrenzender Bauteile.

u_1 der Umfang des kritischen Rundschnitts.

k ein Beiwert, der sich aus dem Verhältnis der Abmessungen der Stütze c_1 und c_2 ergibt (siehe Tabelle 2.2.1);

$W_1 = \int_0^{u_1} |e| \cdot du$ eine Funktion des kritischen Rundschnitts u_1 zur Ermittlung der in Bild 2.2.3

dargestellten Querkraftverteilung: $W_1 = 0,5 \cdot c_1^2 + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1$

c_1/c_2	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
k	0,45	0,60	0,70	0,80

Tabelle 2.2.1(6.1 EC2): Werte für k bei rechteckigen Lasteinleitungsflächen

c_1 die Abmessung der Stütze parallel zur Lastausmitte;

c_2 die Abmessung der Stütze senkrecht zur Lastausmitte, wie im Bild 2.2.3 dargestellt.

Bei Rand- und Eckstützen befindet sich der **Schwerpunkt des kritischen Rundschnitts in der Regel nicht im Schnittpunkt der Stützenachsen**. Das von der Decke auf die Stütze übertragene Moment $M_{Ed,col} = V_{Ed} \cdot e$ ist daher auf die Schwerlinie des kritischen Rundschnitts mit $M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e'$ (Bild 2.2.4) zu beziehen und ergibt sich dann zu

$$M_{Ed} = M_{Ed,col} - V_{Ed} \cdot y(z)_0 \quad (2.2.2)$$

Der Abstand y_0 (bzw. z_0) ist die Entfernung zwischen der Schwerlinie des kritischen Rundschnitts und der Stützenachse. Für kleine Werte y_0 (bzw. z_0) ergibt sich die größte Schubspannung an der Innenseite der Stütze (Bild 2.2.4 a).

Wenn y_0 (bzw. z_0) so groß wird, dass M_{Ed} das Vorzeichen wechselt, tritt bei Randstützen die größte Schubspannung am freien Rand der Platte auf, d. h. die Ausmitte e' bezogen auf die Schwerlinie des kritischen Rundschnitts wird negativ. In diesem Fall ist bei der Berechnung von β das Widerstandsmoment W_1 mit negativem Vorzeichen einzusetzen, damit sich für β ein Wert größer als 1,0 ergibt.

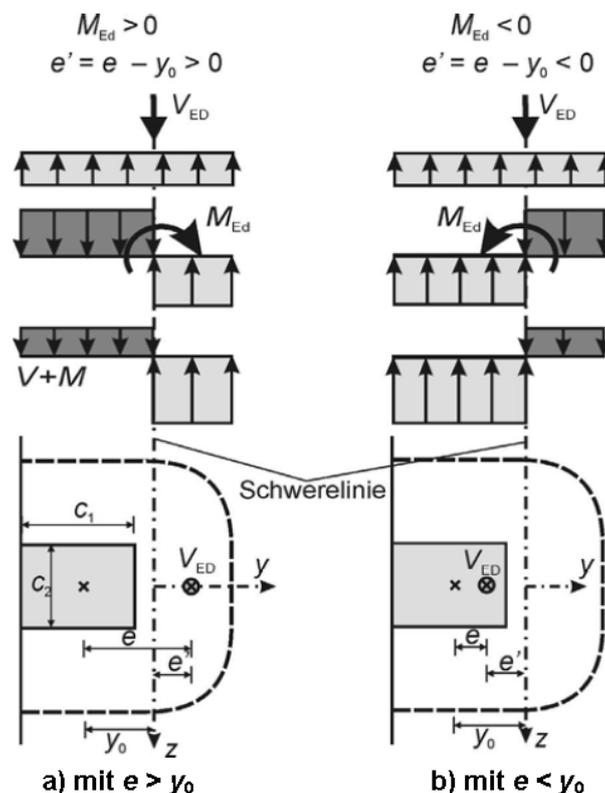


Bild 2.2.4: Umrechnung von V und M auf die Schwerlinie des kritischen Rundschnitts u_1

Es ist zu beachten, dass sich eine Exzentrizität in y -Richtung aus einem Moment um die z -Achse ergibt und umgekehrt.

	1	2	3
	Grundriss	W_1	y_0, z_0
1		<p>Lastausmitte e_z in z-Richtung: $W_1 = \frac{b^2}{2} + 2 \cdot a \cdot l_u + a \cdot b + \pi \cdot l_u \cdot b + 4 \cdot l_u^2$</p> <p>Lastausmitte e_y in y-Richtung: $W_1 = \frac{a^2}{2} + 2 \cdot b \cdot l_u + a \cdot b + \pi \cdot l_u \cdot a + 4 \cdot l_u^2$</p> <p>2-achsige Lastausmitte: $\beta = 1 + 1,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{e_y}{b + 2 \cdot l_u}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{a + 2 \cdot l_u}\right)^2}$</p>	<p>$y_0 = 0$ $z_0 = 0$</p>
2		<p>Lastausmitte in y-Richtung: $\rightarrow y_0 \leq a/2$ $W_1 = 2 \cdot \left(2 \cdot c \cdot \left(\frac{c}{2} + \frac{a}{2} + y_0\right) + 2 \cdot \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{a}{4} + y_0\right) + 2 \cdot y_0 \cdot \frac{y_0}{2}\right)$ $\rightarrow y_0 > a/2$ $W_1 = 2 \cdot \left(2 \cdot c \cdot \left(\frac{c}{2} + \frac{a}{2} + y_0\right) + 2 \cdot a \cdot y_0 + 2 \cdot l_u \cdot \alpha \cdot y_{SB}\right)$ $\alpha = \arcsin\left(\frac{y_0 - \frac{a}{2}}{l_u}\right); \quad y_{SB} = y_0 - \frac{a}{2} - \frac{l_u \cdot \left(\sin\frac{\alpha}{2}\right)^2}{\frac{\alpha}{2}}$</p> <p>Lastausmitte in z-Richtung: $W_1 = \frac{b^2}{4} + 2 \cdot a \cdot l_u + a \cdot b + \frac{\pi}{2} \cdot l_u \cdot b + 2 \cdot l_u^2 + 2 \cdot c \cdot \left(l_u + \frac{b}{2}\right)$</p>	<p>$y_0 = \frac{a^2 + b \cdot (a + l_u) + \pi \cdot l_u \cdot \left(a + \frac{2 \cdot l_u}{\pi}\right) - c^2}{2 \cdot a + b + \pi \cdot l_u + 2 \cdot c} - \frac{a}{2}$ $z_0 = 0$</p>
3		<p>Lastausmitte in y-Richtung: $\rightarrow y_0 \leq a/2$ $W_1 = 2 \cdot \left(c \cdot \left(\frac{c}{2} + \frac{a}{2} + y_0\right) + \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{a}{4} + y_0\right) + y_0 \cdot \frac{y_0}{2}\right)$ $\rightarrow y_0 > a/2$ $W_1 = 2 \cdot \left(2 \cdot c \cdot \left(\frac{c}{2} + \frac{a}{2} + y_0\right) + a \cdot y_0 + l_u \cdot \alpha \cdot y_{SB}\right)$ α und y_{SB} wie in Zeile 2</p> <p>Lastausmitte in z-Richtung: $\rightarrow z_0 \leq b/2$ $W_1 = 2 \cdot \left(e \cdot \left(\frac{e}{2} + \frac{b}{2} + z_0\right) + \frac{b}{2} \cdot \left(\frac{b}{4} + z_0\right) + z_0 \cdot \frac{z_0}{2}\right)$ $\rightarrow z_0 > b/2$ $W_1 = 2 \cdot \left(e \cdot \left(\frac{e}{2} + \frac{b}{2} + z_0\right) + b \cdot z_0 + l_u \cdot \alpha \cdot z_{SB}\right)$ $\alpha = \arcsin\left(\frac{z_0 - \frac{b}{2}}{l_u}\right); \quad z_{SB} = z_0 - \frac{b}{2} - \frac{l_u \cdot \left(\sin\frac{\alpha}{2}\right)^2}{\frac{\alpha}{2}}$</p>	<p>$y_0 = \frac{\frac{a^2}{2} + (b+e) \cdot (a+l_u)}{a+b+\frac{\pi}{2} \cdot l_u+c+e} + \frac{\frac{\pi}{2} \cdot l_u \cdot \left(a + \frac{2 \cdot l_u}{\pi}\right) - \frac{c^2}{2}}{a+b+\frac{\pi}{2} \cdot l_u+c+e} - \frac{a}{2}$ $z_0 = \frac{\frac{b^2}{2} + (a+c) \cdot (b+l_u)}{b+a+\frac{\pi}{2} \cdot l_u+e+c} + \frac{\frac{\pi}{2} \cdot l_u \cdot \left(b + \frac{2 \cdot l_u}{\pi}\right) - \frac{e^2}{2}}{b+a+\frac{\pi}{2} \cdot l_u+e+c} - \frac{b}{2}$</p>
4		<p>$W_1 = 4 \cdot \left(l_u + \frac{b}{2}\right)^2$ $\beta = 1 + 0,6 \cdot \pi \cdot \left(\frac{e}{b + 2 \cdot l_u}\right)$</p>	<p>$y_0 = 0$ $z_0 = 0$</p>

Tabelle 2.2.2: Statische Momente W_1 der Schwerlinien des kritischen Rundschnitts bei Innen-, Rand- und Eckstützen.

Nur EC2:

Nach EC 2 dürfen die Lasterhöhungsfaktoren β für ausmittig belastete Rand- und Eckstützen vereinfacht über verkürzte Rundschnitte u_{1^*} ermittelt werden. Dieses Verfahren erreicht insbesondere für Randstützen nicht das erforderliche Sicherheitsniveau und weist sogar eine größere Streuung auf als bei Ansatz von konstanten Lasterhöhungsbeiwerten. Daher wurde das Verfahren mit verkürztem Rundschnitt in Deutschland weder für Randstützen noch für Eckstützen zugelassen.

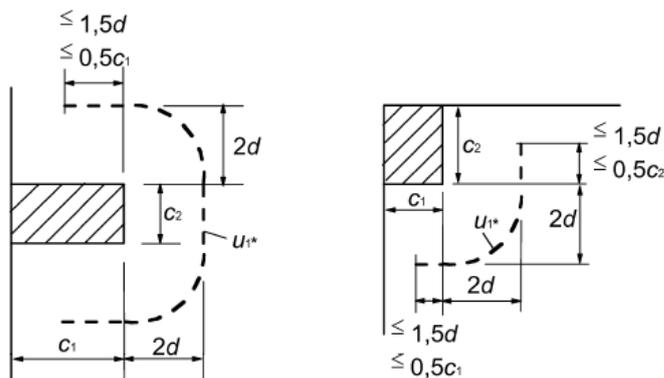


Abbildung 2.2.5(6.20 EC2): Kritische Rundschnitte u_{1^*} nahe eines Randes oder einer Ecke

Bei **Anschlüssen von Randstützen** mit einer Lastausmitte rechtwinklig zum Plattenrand zum Platteninneren (infolge eines Moments um eine Achse parallel zum Plattenrand) und ohne Lastausmitte parallel zum Rand darf gemäß Bild 2.2.5 von einer **gleichmäßig** entlang des kritischen Rundschnittes u_{1^*} verteilten Durchstanzquerkraft ausgegangen werden.

Bei Lastausmitten in beide orthogonale Richtungen gilt:

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1^*}} + k \cdot \frac{u_1}{W_1} \cdot e_{par} \quad (2.2.3)$$

e_{par} die parallel zum Plattenrand verlaufende Lastausmitte aus einem Moment um eine Achse senkrecht zum Plattenrand.

W_1 für den kritischen Rundschnitt u_1 ermittelt.

$$\text{Rechteck: } W_1 = 0,25 \cdot c_2^2 + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_1 \cdot d + 8 \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot c_2$$

Wenn die Lastausmitte senkrecht zum Plattenrand nicht zum Platteninneren gerichtet ist, gilt Gleichung (2.2.1). Bei der Berechnung von W_1 ist in der Regel die Lastausmitte e von der Schwerachse des Rundschnittes aus zu berücksichtigen.

Bei **Anschlüssen von Eckstützen** mit einer Lastausmitte zum Platteninneren wird angenommen, dass die Querkraft gemäß Bild 2.2.5 gleichmäßig entlang dem reduzierten

Rundschnitt u_{1^*} verteilt ist. Der Wert β darf dann wie folgt ermittelt werden:

$$\beta = \frac{u_1}{u_{1^*}}$$

Wenn die Lastausmitte nach außen gerichtet ist, gilt Gleichung (2.2.1).

3. Nachweis ohne Durchstanzbewehrung

Bei **Platten ohne Durchstanzbewehrung** ist im kritischen Rundschnitt in der Regel folgendes nachzuweisen: $v_{Ed} \leq v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}$ (3.1)

$C_{Rd,c}$ $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C$ bei Flachdecken (EC2 allgemein)
 $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C \cdot (0,1 u_0/d + 0,6) \geq 0,15 / \gamma_C$ für Flachdecken mit $u_0/d < 4$ (NA)

k Maßstabsfaktor zur Berücksichtigung der Bauteilhöhe

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad (d \text{ in mm})$$

d mittlere statische Höhe $d = (d_z + d_y)/2$
 d_z, d_y Nutzhöhe der Platte in z- bzw. y-Richtung im betrachteten Rundschnitt.

ρ_l mittlerer Längsbewehrungsgrad innerhalb des maßgebenden Bereichs

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02 \quad \text{NA zusätzlich: } \rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,50 \cdot f_{cd} / f_{yd}$$

ρ_{ly}, ρ_{lz} Bewehrungsgrad, bezogen jeweils auf die Zugbewehrung in y- bzw. z-Richtung jeweils mit **Abstand 3d vom Stützenanschnitt**, die innerhalb des betrachteten Bereichs im Verbund liegt und außerhalb des betrachteten Bereichs verankert ist. (Bei Eck- und Randstützen sind Steckbügel im Abstand $s_e < 100$ mm anzuordnen)

σ_{cp} Bemessungswert der Betonnormalspannung (Druck positiv) innerhalb des kritischen

Rundschnitts mit
$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2} \quad \sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}} \quad \sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}$$

σ_{cz}, σ_{cy} Bemessungswerte der Betonnormalspannung innerhalb des kritischen Rundschnitts in z- bzw. y-Richtung

$N_{Ed,z}, N_{Ed,y}$ Bemessungswerte der mittleren Längskräfte in den Querschnitten A_{cz} und A_{cy} durch den kritischen Rundschnitt infolge Vorspannung oder sonstiger Einwirkungen ($N_{Ed} > 0$ als Längsdruckkraft)

A_c die Betonquerschnittsfläche gemäß der Definition von N_{Ed} .

$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ (EC2 allgemein)

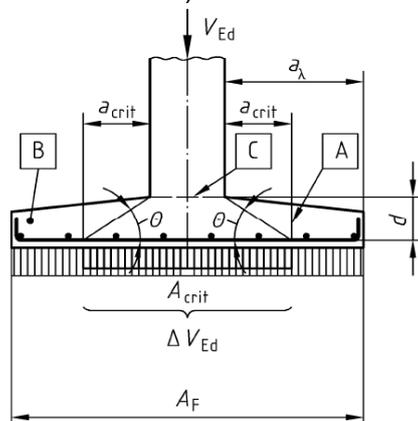
$v_{min} = (0,0525/\gamma_C) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ für $d \leq 600$ mm (NA)
 $= (0,0375/\gamma_C) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ für $d > 800$ mm
Für $600 \text{ mm} < d \leq 800 \text{ mm}$ darf interpoliert werden.

$k_1 = 0,10$

Die Querkrafttragfähigkeit von **Stützenfundamenten und Bodenplatten** ist in der Regel in einem Rundschnitt innerhalb von $2d$ vom Stützenanschnitt nachzuweisen. Hierfür darf die Querkraft V_{Ed} um die günstige Wirkung der Bodenpressung innerhalb der kritischen Fläche abgemindert werden.

NA: Der Abstand a_{crit} des maßgebenden Rundschnitts (kleinstes Verhältnis v_{Rd}/v_{Ed}) ist iterativ zu ermitteln (vgl. Bild 3.1). Für Bodenplatten und schlanke Fundamente mit $\lambda > 2,0$ darf zur Vereinfachung der Rechnung ein konstanter Rundschnitt im Abstand $1,0d$ angenommen werden. Allerdings darf dann nur 50% der Bodenpressung abgezogen werden. λ ist hierbei mit dem kleinsten Abstand zum Rand (bzw. zum Momentennullpunkt bei Bodenplatten) zu berechnen.

Für **ausmittig belastete Fundamente mit klaffender Fuge im Rundschnittbereich** unter Bemessungseinwirkungen sollte eine Berechnung mit Sektorlasteinzugsflächen erfolgen. Der Abzugswert für den Sohldruck ergibt sich dann jeweils in jedem Sektor separat (vgl. Kap. 2.2 oder Heft 600 DAfStb).



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

$$a_{crit} \leq 2d$$

$$\lambda = \frac{a_{\lambda}}{d}$$

Bild 3.1: B: Fundament A: kritischer Rundschnitt C: Lasteinleitungsfläche A_{load}

ΔV_{Ed} ist hierbei der resultierende Sohldruck innerhalb der kritischen Fläche ohne Fundamenteigengewicht. Für Fundamente, in denen keine Normalspannungen vorhanden sind und somit $\sigma_{cp} = 0$ ist, wird $v_{Rd,c}$ in modifizierter Form berechnet:

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed,red}}{u_{crit} \cdot d} \quad \text{NA: } \beta \geq 1,1$$

$$\beta = 1,0 \text{ für mittige Belastung} \quad \beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed} \cdot u_{crit}}{V_{Ed,red} \cdot W} \text{ für ausmittige Belastung}$$

$W = W_1$ für den Rundschnittumfang u_{crit} bei a_{crit}

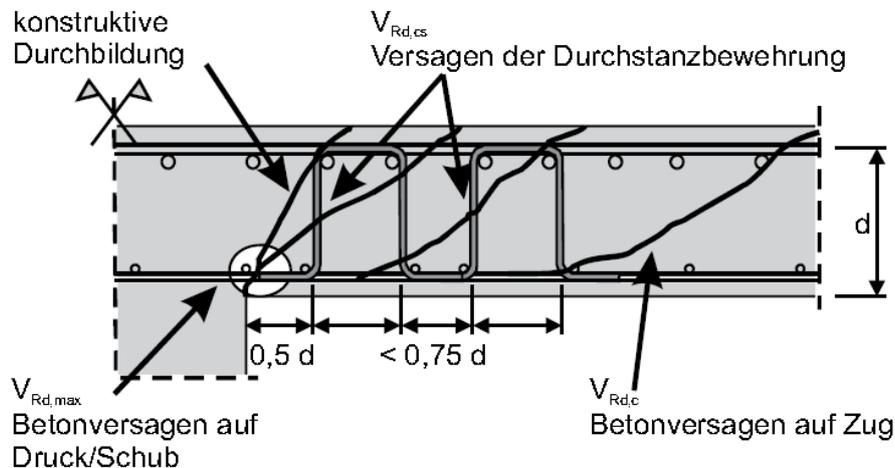
Eine genauere Bestimmung des Lasterhöhungsfaktors β ist in Kapitel 2.2 dargestellt.

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot \frac{2d}{a_{crit}} \geq v_{min} \cdot 2d \quad \text{NA: } \geq v_{min} \cdot \frac{2d}{a_{crit}} \quad (4.2)$$

$C_{Rd,c} = 0,15 / \gamma_c$ bei Fundamenten und Bodenplatten (NA) $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$ (EC2)

Die Durchstantragfähigkeit wird offensichtlich analog zur Querkrafttragfähigkeit von biegebewehrten Stahlbetonquerschnitten ermittelt. Sie ist allerdings höher, womit einer stärkeren Rissverzahnung des rotationssymmetrischen Durchstanzkegels Rechnung getragen wird.

4. Nachweis mit Durchstanzbewehrung



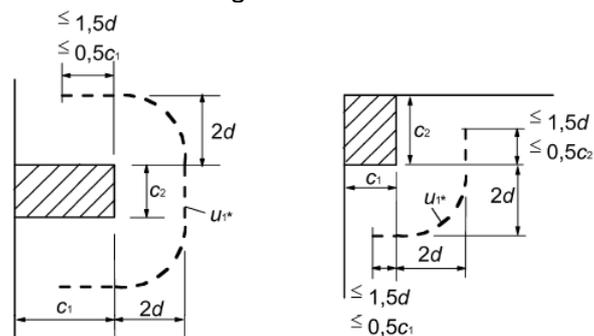
4.1 Tragfähigkeit der Betondruckstrebe

Die maximal aufnehmbare Durchstanzkraft ist durch die Tragfähigkeit der Betondruckstrebe des räumlichen Fachwerkmodells begrenzt.

Nach EC 2 wird der Nachweis am Stützenrand mit dem Umfang u_0 geführt:

$$v_{Ed,u0} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} \leq v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} \quad v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) \quad (\text{EC2 allgemein}) \quad (4.1)$$

- u_0 für eine Innenstütze $u_0 =$ umfassender minimaler Umfang
für eine Randstütze $u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$
für eine Eckstütze $u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$;
 c_1, c_2 jeweils eine der Stützenabmessungen nach Bild EC 2.6.20:



Nach EC 2 NA wird der Nachweis im kritischen Rundschnitt u_1 geführt:

$$v_{Ed,u1} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \leq v_{Rd,max} = 1,4 \cdot v_{Rd,c,u1} \quad (\text{NA}) \quad (4.2)$$

NA: Eine Betondrucknormalspannung σ_{cp} infolge Vorspannung darf bei der Berechnung von $v_{Rd,c}$ nicht berücksichtigt werden. Bei Fundamenten ist der iterativ ermittelte kritische Rundschnitt u_{crit} für u_1 einzusetzen.

4.2 Tragfähigkeit der Durchstanzbewehrung

Die Durchstanzbewehrung wird für den kritischen Rundschnitt u_1 nachgewiesen und über mehrere Rundschnitte verteilt.

Nachweisform:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs} = 0,75 \cdot v_{Rd,c} + 1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha}{u_1 \cdot d} \quad (4.2)$$

Umgestellt nach A_{sw} ergibt sich

$$A_{sw} = (v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot \frac{u_1 \cdot d}{1,5 \cdot \frac{d}{s_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha}$$

- s_r der radiale Abstand der Durchstanzbewehrungsreihen.
 A_{sw} die Querschnittsfläche der Durchstanzbewehrung in einer Bewehrungsreihe um die Stütze.
 α der Winkel zwischen Durchstanzbewehrung und Plattenebene.
 $f_{ywd,ef}$ der wirksame Bemessungswert der Streckgrenze der Durchstanzbewehrung,
 $f_{ywd,ef} = 250 + 250 \cdot d \leq f_{ywd}$ (MN/m²) d in m

EC2: Bei einer einzelnen Reihe aufgebogener Stäbe darf für das Verhältnis d/s_r in Gleichung (5.2) der Wert 0,67 angesetzt werden.

NA:

Für aufgebogene Durchstanzbewehrung ist für das Verhältnis d/s_r in Gleichung (4.2) der Wert 0,53 anzusetzen. Die aufgebogene Bewehrung darf mit $f_{ywd,ef} = f_{ywd}$ ausgenutzt werden

Die Tragfähigkeit der Durchstanzbewehrung nach Gleichung (4.2), der Betontraganteil $v_{Rd,c}$ nach Gleichung (3.1) und die einwirkende Querkraft v_{Ed} nach Gleichung (6.38) sind für diesen Nachweis für Flachdecken auf den kritischen Umfang u_1 im Abstand $a_{crit} = 2,0d$ bezogen. Diese Durchstanzbewehrung ist in jeder rechnerisch erforderlichen Bewehrungsreihe einzulegen, wobei die Bewehrungsmenge A_{sw} in den ersten beiden Reihen neben A_{load} mit einem Anpassungsfaktor $k_{sw,i}$ zu vergrößern ist:

- Reihe 1 (mit $0,3d \leq s_0 \leq 0,5d$): $k_{sw,1} = 2,5$
- Reihe 2 (mit $s_r \leq 0,75d$): $k_{sw,2} = 1,4$

Bei unterschiedlichen radialen Abständen der Bewehrungsreihen $s_{r,i}$ ist in Gleichung (4.2) der maximale einzusetzen.

Es sind in jedem Fall **mindestens 2 Bewehrungsreihen** innerhalb des durch den Umfang u_{out} begrenzten Bauteilbereiches zu verlegen.

Sonderregelungen für Fundamente nach dem NA

Aufgrund der steileren Neigung der Druckstreben wird für Fundamente und Bodenplatten Folgendes festgelegt:

Die reduzierte einwirkende Querkraft $V_{Ed,red}$ nach Gleichung (6.48) ist von den ersten beiden Bewehrungsreihen neben A_{load} ohne Abzug eines Betontraganteils aufzunehmen. Dabei wird die Bewehrungsmenge $A_{sw,1+2}$ gleichmäßig auf beide Reihen verteilt, die in den Abständen $s_0 = 0,3d$ und $(s_0 + s_1) = 0,8d$ anzuordnen sind:

- Bügelbewehrung: $\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd,ef}$
- aufgebogene Bewehrung: $\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = 1,3 A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd} \cdot \sin \alpha$

β der Erhöhungsfaktor für die Querkraft nach Gleichung (NA.6.51.1);

α der Winkel der geneigten Durchstanzbewehrung zur Plattenebene.

Wenn bei Fundamenten und Bodenplatten ggf. weitere Bewehrungsreihen erforderlich werden, sind je Reihe jeweils 33% der Bewehrung $A_{sw,1+2}$ nach Gleichung (NA6.52.1) vorzusehen. Der Abzugswert des Sohldrucks ΔV_{Ed} in Gleichung (6.48) darf dabei mit der Fundamentfläche innerhalb der betrachteten Bewehrungsreihe angesetzt werden.

Der radiale Abstand der 1. Bewehrungsreihe ist bei **gedrungenen Fundamenten** auf $0,3d$ vom Rand der Lasteinleitungsfläche und die Abstände s_r zwischen den ersten drei Bewehrungsreihen auf $0,5d$ zu begrenzen.

4.3 Nachweis des äußeren Rundschnittes u_{out}

Wenn Durchstanzbewehrung erforderlich ist, dann muss zusätzlich der Rundschnitt u_{out} festgelegt werden, ab dem keine Querkraftbewehrung (nicht Durchstanzbewehrung!) mehr für die Platte erforderlich ist. Dieser kann wie folgt bestimmt werden:

Äußerer Rundschnitt
$$u_{out} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d} \quad (4.3.1)$$

$v_{Rd,c}$ Tragfähigkeit ohne **Querkraft**bewehrung unter Berücksichtigung des Längsbewehrungsgrades ρ_l im äußeren Rundschnitt

Die äußerste Reihe der Durchstanzbewehrung darf in der Regel nicht weiter als $k \cdot d$ ($k = 1,5$) von u_{out} entfernt sein (bzw. $u_{out,ef}$ siehe Bild 6.22).

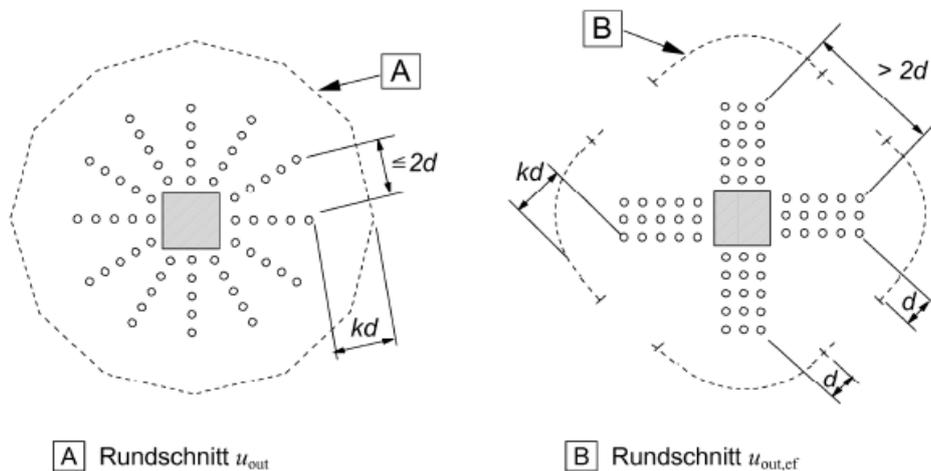


Bild 4.3.1(EC2 6.22): Äußere Rundschnitte

nicht erlaubt im NA

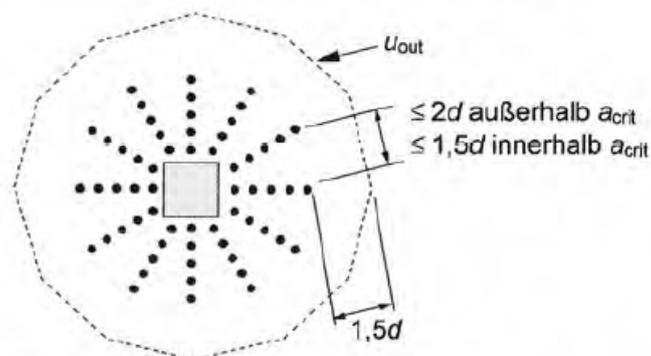


Bild 4.3.2(NA 6.22): Äußere Rundschnitte

5. Mindestmomente (nur NA)

Um die Querkrafttragfähigkeit sicherzustellen, sind Platten im Bereich der Stützen für beide Richtungen (x und y) für die Aufnahme von Mindestmomenten m_{Ed} auszulegen.

$$m_{Ed,x} = \eta_x \cdot V_{Ed} \quad \text{und} \quad m_{Ed,y} = \eta_y \cdot V_{Ed}$$

V_{Ed} aufzunehmende Querkraft, bei Fundamenten und Bodenplatten darf nur die Bodenpressung unter A_{load} abgezogen werden.

$\eta_x \eta_y$ Momentenbeiwerte nach Tabelle unten

Die Aufnahme der Mindestmomente muss in den in der Tabelle und im Bild unten angegebenen Bereichen sichergestellt werden.

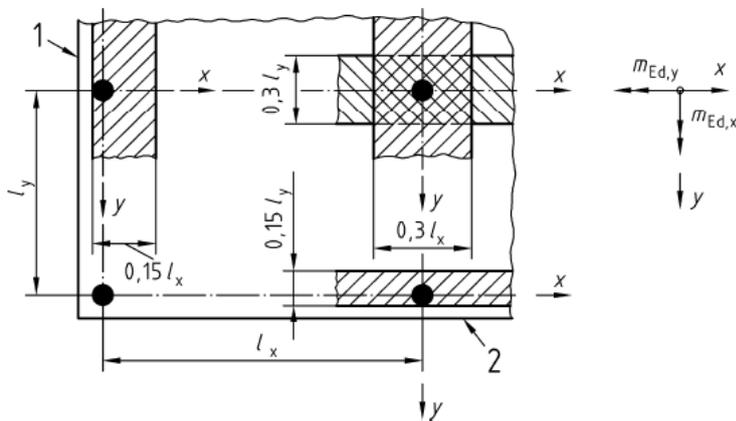


Bild: Ansatz der Mindestmomente (1 – Rand „x“ 2 – Rand „y“)

Zeile	Spalte	Lage der Stütze	η_x		anzu- setzende Breite ^b	η_y		anzu- setzende Breite ^b
			Zug an der Platten- oberseite ^c	Zug an der Platten- unterseite ^c		Zug an der Platten- oberseite ^c	Zug an der Platten- unterseite ^c	
			1	Innenstütze		0,125	0	
2	Randstütze, Rand „x“ ^a	0,25	0	$0,15 l_y$	0,125	0,125	(je m Platten- breite)	
3	Randstütze, Rand „y“ ^a	0,125	0,124	(je m Platten- breite)	0,25	0	$0,15 l_x$	
4	Eckstütze	0,5	0,5	(je m Platten- breite)	0,5	0,5	(je m Platten- breite)	

^a Definition der Ränder und der Stützenabstände l_x und l_y siehe Abb. 13
^b Siehe Abb. 13
^c Die Plattenoberseite bezeichnet die der Lasteinleitungsfläche gegenüberliegende Seite der Platte; die Plattenunterseite diejenige Seite, auf der die Lasteinleitungsfläche liegt.

Tabelle 5.1: Momentenbeiwerte η und Verteilungsbreiten der Mindestmomente m_{Ed}

6. Mindestbewehrung und Bewehrungsanordnung

(1) Wenn Durchstanzbewehrung erforderlich wird, ist diese in der Regel zwischen der Lasteinleitungsfläche/Stütze bis zum Abstand $k \cdot d$ innerhalb des Rundschnitts einzulegen, an dem Querkraftbewehrung nicht mehr benötigt wird. Sie ist in der Regel mindestens in zwei konzentrischen Reihen von Bügelschenkeln einzulegen (siehe Bild 6.1). Der Abstand zwischen den Bügelschenkelreihen darf in der Regel nicht größer als $0,75d$ sein.

Innerhalb des kritischen Rundschnitts ($2d$ von der Lasteinleitungsfläche) darf in der Regel der tangentielle Abstand der Bügelschenkel in einer Bewehrungsreihe nicht mehr als $1,5d$ betragen. Außerhalb des kritischen Rundschnitts darf in der Regel der Abstand der Bügelschenkel in einer Bewehrungsreihe nicht mehr als $2d$ betragen, wenn die Bewehrungsreihe zum Durchstanzwiderstand beiträgt (siehe Bild 6.22).

Bei aufgebogenen Stäben (wie in Bild 6.1 b) dargestellt) darf eine Bewehrungsreihe als ausreichend betrachtet werden.

NA:

Die Stabdurchmesser einer Durchstanzbewehrung sind auf die vorhandene mittlere statische Nutzhöhe der Platte abzustimmen:

- Bügel: $\varnothing \leq 0,05d$;
- Schrägaufbiegungen: $\varnothing \leq 0,08d$.

Weitere Hinweise zu Bügelformen und Darstellung der Durchstanzbewehrung sind in DAfStb-Heft 600 enthalten.

(2) Wenn Durchstanzbewehrung erforderlich ist, wird der Querschnitt eines Bügelschenkels (oder gleichwertig) wie folgt ermittelt:

Mindestquerschnitt eines Stabes:

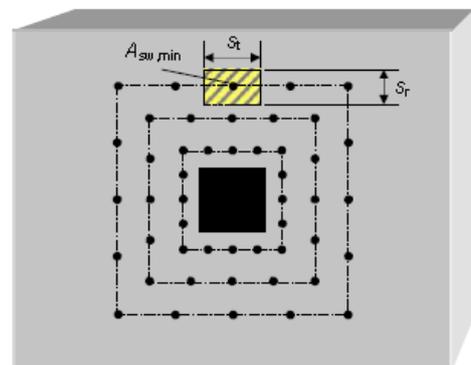
$$A_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot s_r \cdot s_t}{1,5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha} \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \quad (6.1)$$

$$A_{sw,min} = A_s \cdot \sin \alpha = \frac{0,08}{1,5} \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \cdot s_r \cdot s_t \quad (6.2NA)$$

α der Winkel zwischen der Durchstanzbewehrung und der Längsbewehrung (d. h. bei vertikalen Bügeln $\alpha = 90^\circ$ und $\sin \alpha = 1$);

s_r der Abstand der Bügel der Durchstanzbewehrung in radialer Richtung;

s_t der Abstand der Bügel der Durchstanzbewehrung in tangentialer Richtung;



(3) Aufgebogene Stäbe, die die Lasteinleitungsfläche kreuzen oder in einem Abstand von weniger als $0,25d$ vom Rand dieser Fläche liegen, dürfen als Durchstanzbewehrung verwendet werden (siehe Bild 6.1b), oben).

(4) Der Abstand zwischen dem Auflageranschnitt oder dem Umfang einer Lasteinleitungsfläche und der nächsten Durchstanzbewehrung, die bei der Bemessung berücksichtigt wurde, darf nicht größer als $d/2$ sein. Dieser Abstand ist in der Regel in Höhe der Längszugbewehrung zu messen. Bei nur einer Lage von aufgebogenen Stäben darf deren Neigung auf 30° verringert werden.

NA: Werden Schrägstäbe als Durchstanzbewehrung eingesetzt, sollten diese eine Neigung von $45^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ gegen die Plattenebene aufweisen.

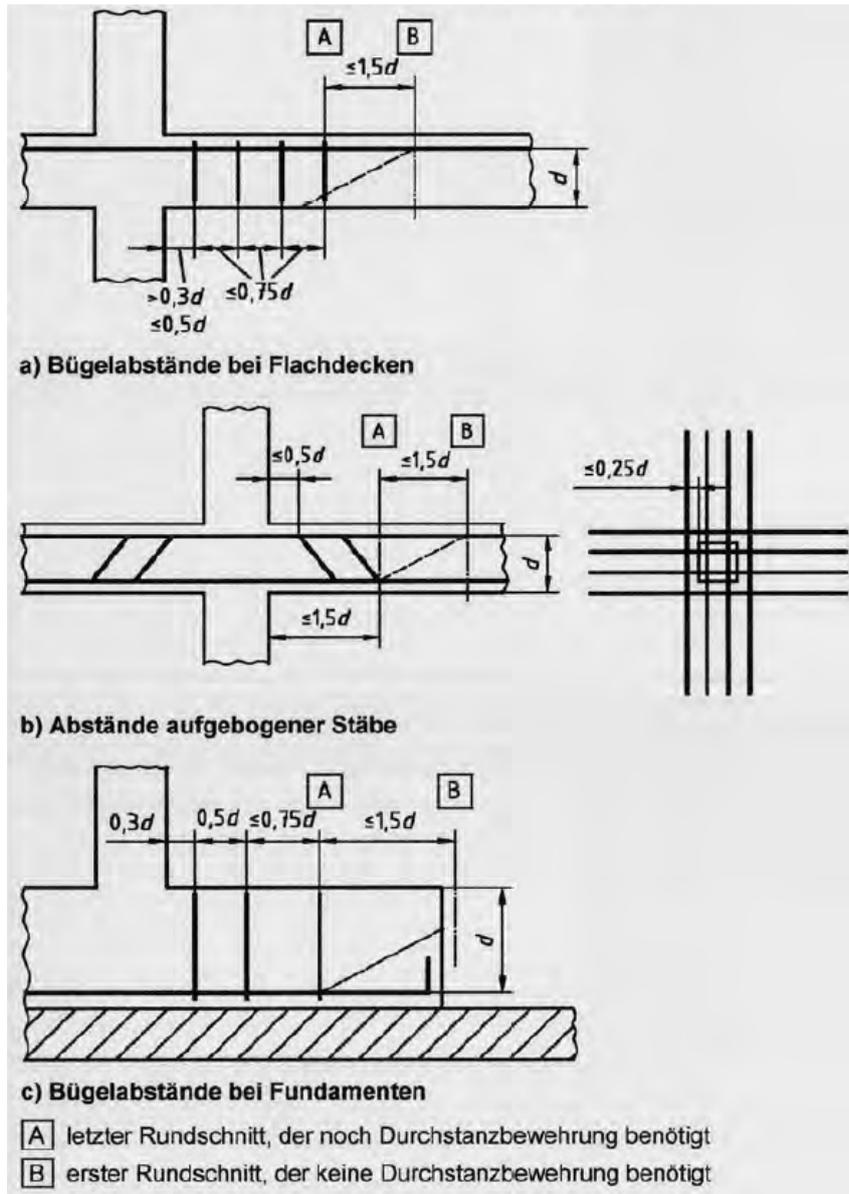


Bild 6.1: Anordnung der Durchstanzbewehrung (c für schlanke Fundamente + Bodenplatten)

Im Grundriss:

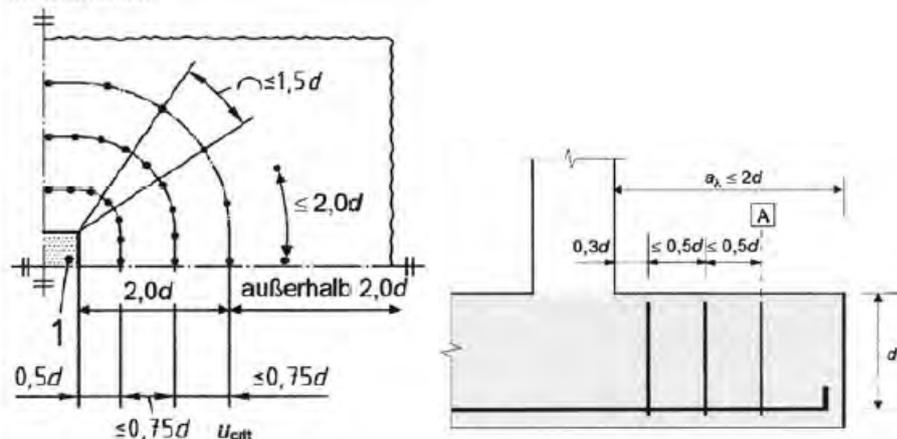


Bild 6.2: Durchstanzbewehrung, gedrunenes Fundament mit mind. 3 Bewehrungsreihen)

7. Literatur

- [1] DIN EN 1992-1-1 Eurocode 2, Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- [2] DIN EN 1992-1-1/NA Eurocode 2, Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- [3] Eurocode 2 für Deutschland, Kommentierte Fassung, Ernst&Sohn, Berlin
- [4] Schneider Bautabellen für Ingenieure, neueste Auflage.
- [5] Heft 600 DAfStb, Beuth-Verlag, Berlin