

Mitteilung des DIBt
Technische Regel

Referat I 2
Befestigungs- und Bewehrungstechnik
Treppen

**Bemessung von Flachdecken, Einzelfundamenten und
Bodenplatten aus Stahlbeton mit Gitterträgern als
Durchstanzbewehrung**

(Deutsches Anwendungsdokument zu EOTA TR 058 vom Juni 2017)

Stand: August 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	3
1.1	Anwendungsbereich.....	3
1.2	Annahmen.....	3
1.3	Besondere Begriffe in dieser Technischen Regel.....	4
1.3.1	Formelzeichen.....	4
1.3.2	Einwirkungen und Widerstände.....	4
1.3.3	Beton, Bewehrung und Gitterträger.....	5
2	Durchstanzbemessung.....	5
2.1	Allgemeine Regeln und Rundschnitt.....	5
2.2	Nachweise.....	6
2.2.1	Einwirkungen – Bemessungswert der Querkraft.....	6
2.2.2	Flachdecken.....	6
2.2.3	Fundamente und Bodenplatten.....	7
2.3	Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung.....	7
2.3.1	Flachdecken.....	7
2.3.2	Fundamente und Bodenplatten.....	8
2.4	Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung.....	8
2.4.1	Monolithische Flachdecken.....	8
2.4.2	Fertigteileplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht.....	9
2.4.3	Fundamente und Bodenplatten.....	10
2.4.4	Äußerer Rundschnitt.....	10
3	Anordnung der Durchstanzbewehrungselemente.....	11
3.1	Flachdecken.....	11
3.2	Fundamente und Bodenplatten.....	13
4	Nachweis gegen Ermüdung.....	13
4.1	Allgemeines.....	13
4.2	Methode I.....	13
4.3	Methode II.....	15
5	Nachweis der Schubtragfähigkeit in der Fuge.....	15
6	Verweise.....	16

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Diese technische Regel beschreibt eine Methode zur Durchstanzbemessung von Flachdecken oder Einzelfundamenten und Bodenplatten unter statischer, quasi-statischer und ermüdungswirksamer Beanspruchung.

Sie gilt für Bewehrungselemente in spezifizierter Form von Gitterträgern zur Erhöhung des Durchstanzwiderstandes. Im Fall von Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht können die Bewehrungselemente auch als Verbundbewehrung genutzt werden.

Diese Technische Regel gilt für Gitterträger mit einer ETA, die auf der Grundlage des EAD 160055-00-0301 erteilt wurde.

Die Bewehrungselemente befinden sich in der Nähe von Stützen oder hohen konzentrierten Einzellasten.

Diese Technische Regel umfasst die folgenden Spezifikationen für den Verwendungszweck:

- Flachdecken oder Einzelfundamente und Bodenplatten aus bewehrtem Normalbeton der Druckfestigkeitsklassen C20/25 bis C50/60 gemäß DIN EN 206-1
- Flachdecken oder Einzelfundamente und Bodenplatten mit einer Mindesthöhe von $h = 180$ mm
- Bewehrungselemente sind im Durchstanzbereich um eine Stütze oder neben hohen konzentrierten Einzellasten angeordnet
- Bewehrungselemente sind im Allgemeinen parallel zueinander angeordnet
- Bewehrungselemente sind so positioniert, dass der obere Teil des Gitterträgers mindestens bis zur Außenseite der obersten Lage der Biegebewehrung reicht
- Bewehrungselemente sind so positioniert, dass der untere Teil des Gitterträgers mindestens bis zur Außenseite der untersten Lage der Biegebewehrung reicht
- Bewehrungselemente sind so positioniert, dass die Betondeckung den Anforderungen nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA entspricht

Die Bemessung für statische, quasi-statische und ermüdungswirksamer Beanspruchung von Flachdecken oder Fundament- und Bodenplatten muss nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA erfolgen.

1.2 Annahmen

Es gelten die folgenden Annahmen:

- Die Tragfähigkeit der Stütze unter der Durchstanzbewehrung sowie die lokale Druckbeanspruchung an der Verbindung zwischen Platte und Stütze werden unter Berücksichtigung der nationalen Bestimmungen und Richtlinien nachgewiesen.
- Das Tragvermögen der Betonplatte außerhalb des Durchstanzbereichs wird getrennt und in Übereinstimmung mit den relevanten nationalen Bestimmungen nachgewiesen.
- Der Biegenachweis der gesamten Betonplatte wird separat und in Übereinstimmung mit den relevanten nationalen Bestimmungen geführt.
- In Ortbetondecken wird der Bereich der Durchstanzbewehrung monolithisch mit der Platte vergossen. Bei Betonplatten, die aus dünnen Betonfertigteilen (Elementdecken) und zusätzlichem Ortbeton bestehen, wird die Durchstanzbewehrung in der Betonfertigplatte angeordnet.
- Die Biegebewehrung über der Stütze muss außerhalb des äußeren Rundschnittes u_{out} verankert werden.

- Die untere Bewehrung der Platte nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, 9.4.1 (3) wird über die Stütze geführt.
- Die obere Bewehrung der Platte ist gleichmäßig über dem Durchstanzbereich angeordnet.
- Im Fall von Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht sind die Anforderungen aus Abschnitt 2.4.2 erfüllt.
- Position und Länge der Bewehrungselemente sind in den Konstruktionszeichnungen angegeben.
- Das Material der Gitterträger ist im EAD 160055-00-0301 angegeben.

1.3 Besondere Begriffe in dieser Technischen Regel

1.3.1 Formelzeichen

E	Einwirkungen
R	Widerstand
V	Querkraft
P	Durchstanzbewehrung
C	Bereich C angrenzend an die Stütze
D	Bereich D angrenzend an Bereich C
c	Beton
d	Bemessungswert
db	Diagonalstab
fo	Einzelfundament oder Bodenplatte
k	charakteristischer Wert
max	Maximum
min	Minimum
pu	Durchstanzen
re	Bewehrung
s	Stahl
sl	Flachdecke
msl	Ortbetonplatte
csl	Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht
y	Streckgrenze

1.3.2 Einwirkungen und Widerstände

γ	Teilsicherheitsbeiwert
$V_{Rd,max}$	maximaler Durchstanzwiderstand entlang des kritischen Rundschnitts u_1
V_{min}	minimaler Durchstanzwiderstand entlang des kritischen Rundschnitts u_1
$V_{Rd,c}$	Durchstanzwiderstand ohne Schubbewehrung
V_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
V_{Ed}	Querkraftbeanspruchung, berechnet entlang des durch den Rundschnitt und die statische Nutzhöhe ($u_1 \cdot d$) definierten Bereichs
f_{cd}	Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons (Zylinder mit 150 mm Durchmesser und 300 mm Höhe)
f_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Bewehrungsstahls
f_{yk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze der Bewehrung
σ_{cp}	Normalspannungen im Beton im kritischen Querschnitt
f_{ywd}	Bemessungswert der Streckgrenze der tragenden Stäbe der Gitterträger

1.3.3 Beton, Bewehrung und Gitterträger

d	statische Nutzhöhe der Platte
ρ	Bewehrungsgrad der Biegebewehrung
a	Abstand vom Stützenrand zum betrachteten Rundschnitt
u_0	Umfang der Stütze
κ	Koeffizient zur Berücksichtigung von Maßstabeffekten
\emptyset	Stabdurchmesser
γ_s	produktabhängiger Teilsicherheitsbeiwert = 1,15
$A_{sw; 0,8d}$	Querschnittsfläche der Durchstanzbewehrung in einem Abstand von $0,3 \cdot d$ bis $0,8 \cdot d$ vom Stützenrand
A_{crit}	Fläche innerhalb des kritischen Rundschnittes u_{crit} im iterativ bestimmten Abstand a_{crit} von der Stütze
A	Fläche der Fundamentplatte (bei durchgehenden Bodenplatten: Fläche, die durch die in radialer Richtung verlaufenden Momenten-Nullpunkte eingegrenzt wird)
s	Abstand
β	Koeffizient zur Berücksichtigung der Effekte aus Lastexzentrizitäten
β_{red}	reduzierter Koeffizient zur Berücksichtigung der Effekte von Lastexzentrizitäten
u_1	Umfang des kritischen Rundschnittes bei einem Abstand von $2,0 \cdot d$ vom Stützenrand
u_{out}	Umfang des äußeren Rundschnittes bei einem Abstand von $1,5 \cdot d$ von der äußersten Reihe der Durchstanzbewehrung
l_s	Abstand zwischen Stützenrand und äußerster Durchstanzbewehrung

2 Durchstanzbemessung

2.1 Allgemeine Regeln und Rundschnitt

Die Bemessung der Durchstanzbewehrung besteht typischerweise aus den folgenden Schritten:

- Tragfähigkeit der Platte ohne Durchstanzbewehrung am kritischen Rundschnitt u_1

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c} \quad (2.1)$$

- Maximale Tragfähigkeit der Platten am kritischen Rundschnitt u_1

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max} \quad (2.2)$$

- Tragfähigkeit der Durchstanzbewehrung:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,sy} \quad (2.3)$$

- Tragfähigkeit der Platten am äußeren Rundschnitt u_{out}

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c} \quad (2.4)$$

Der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird wie folgt geführt:

Der Grenzzustand des Durchstanzwiderstandes wird entlang des Rundschnittes nachgewiesen. Die Platte muss so bemessen sein, dass sie ein Mindestbiegemoment gemäß den nationalen Bestimmungen aufnehmen kann. Außerhalb des äußeren Rundschnittes wird der Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit für Querkraft und Biegung nach den nationalen Richtlinien durchgeführt.

Zur Bestimmung des Durchstanzwiderstandes wird ein innerer kritischer Rundschnitt u_1 im Abstand von $2,0 \cdot d$ (d = statische Nutzhöhe der Platte) und ein äußerer Rundschnitt u_{out} im Abstand von $1,5 \cdot d$ von der äußersten Reihe der Durchstanzbewehrung, umlaufend um die Stütze senkrecht zur

Plattenebene angenommen. Für Fundamentplatten und Bodenplatten muss der Abstand zum kritischen Rundschnitt iterativ ermittelt werden.

Für Stützen mit einem Umfang u_0 kleiner als $12 \cdot d$ und einem Verhältnis der längeren Stützenseite zur kürzeren Stützenseite von maximal 2,0 darf der kritische Rundschnitt, wie oben beschrieben, bestimmt werden. Für ungleichmäßig geformte Stützen ist für den Umfang u_0 die kürzeste Länge um den Lasteinleitungsbereich anzunehmen.

Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, konzentrieren sich die Querkkräfte entlang der Ränder der Stütze und der kritische Rundschnitt muss verringert werden.

2.2 Nachweise

2.2.1 Einwirkungen – Bemessungswert der Querkraft

In einem ersten Schritt wird der Bemessungswert der Querbeanspruchung v_{Ed} je Fläche ($u \cdot d$) entlang des kritischen Rundschnittes u_1 berechnet:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \quad (2.5)$$

v_{Ed} Querkraftbeanspruchung, berechnet entlang des durch den Rundschnitt und die statische Nutzhöhe ($u_1 \cdot d$) definierten Bereichs

β Koeffizient zur Berücksichtigung der Effekte von Lastexzentrizitäten

d statische Nutzhöhe

V_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

u_1 Umfang des kritischen Rundschnittes in einem Abstand von $2,0 \cdot d$ vom Stützenrand

Bei Tragwerken, deren Stabilität gegen seitliches Ausweichen von der Rahmenwirkung zwischen Platte und Stütze unabhängig ist und bei denen sich die Spannweiten der angrenzenden Decken um nicht mehr als 25% unterscheiden, dürfen für β folgende Näherungswerte verwendet werden.

Innenstützen: $\beta = 1,10$

Randstützen: $\beta = 1,40$

Eckstützen: $\beta = 1,50$

Wanddecke: $\beta = 1,20$

Wandende: $\beta = 1,35$

Alternativ darf der Faktor β nach dem genaueren Verfahren nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, Kapitel 6.4.3 (3) verwendet werden. Die Anwendung des verringerten Rundschnittes nach EN 1992-1-1, Kapitel 6.4.3 (4) ist nicht zulässig.

2.2.2 Flachdecken

Die Tragfähigkeit von Flachdecken mit Durchstanzbewehrung wird wie folgt nachgewiesen:

$$\beta \cdot V_{Ed} \leq V_{Rd,sy} \quad (2.6)$$

und

$$\beta \cdot V_{Ed} \leq v_{Rd,max} \cdot u_1 \cdot d \quad (2.7)$$

β wird gemäß Abschnitt 2.2.1 bestimmt

$V_{Rd,sy}$ wird gemäß Abschnitt 2.4.1 bestimmt

$v_{Rd,max}$ wird gemäß Abschnitt 2.4.1 bzw. 2.4.2 bestimmt

2.2.3 Fundamente und Bodenplatten

Die Tragfähigkeit von Fundament- und Bodenplatten mit Durchstanzbewehrung wird wie folgt nachgewiesen:

$$\beta \cdot V_{Ed} \leq V_{Rd,sy} \quad (2.8)$$

und

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq v_{Rd,max} \cdot u \cdot d \quad (2.9)$$

β	wird gemäß Abschnitt 2.2.1 bestimmt
$V_{Rd,s}$	wird gemäß Abschnitt 2.4.2 bestimmt
$v_{Rd,max}$	wird gemäß Abschnitt 2.4.2 bestimmt
u	Rundschnitt, der iterativ gemäß Abschnitt 2.3.2 bestimmt wird.

$$\text{Im Allgemeinen: } \beta \cdot V_{Ed,red} = \beta \cdot (V_{Ed} - \Delta V_{Ed}) = \beta \cdot (V_{Ed} - \sigma_{gd} \cdot A_{crit}) \quad (2.10)$$

(wobei σ_{gd} der Mittelwert des Sohldruck innerhalb des kritischen Bereichs A_{crit} ist)

$$\text{Für eine gleichförmige Sohldruckverteilung: } \beta \cdot V_{Ed,red} = \beta \cdot V_{Ed} \left(1 - \frac{A_{crit}}{A}\right) \quad (2.11)$$

A_{crit} :	Fläche innerhalb des kritischen Umfangs u_{crit} am iterativ bestimmten Abstand a_{crit} vom Stützenrand
A :	Fläche der Fundamentplatte (bei durchgehenden Bodenplatten: Fläche, die durch die in radialer Richtung verlaufenden Momenten-Nullpunkte eingegrenzt wird)

Wenn außerhalb von $0,8 \cdot d$ weitere Durchstanzbewehrung erforderlich wird, so darf der erforderliche Querschnitt dieses zusätzlichen Ringes der Durchstanzbewehrung für 33% des Bemessungswerts der einwirkenden Querkraft ausgelegt werden. Dabei darf der innerhalb des äußeren Bewehrungsringes günstig wirkende Sohldruck berücksichtigt werden.

2.3 Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung

2.3.1 Flachdecken

In Flachdecken wird die Tragfähigkeit der Platte ohne Durchstanzbewehrung entweder nach der Gleichung (2.12) oder nach DIN EN 1992-1-1/NA berechnet:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot \kappa \cdot \sqrt[3]{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \quad (2.12)$$

$C_{Rd,c}$	empirischer Faktor, der empfohlene Wert ist $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert für Beton (empfohlener Wert ist $\gamma_c = 1,5$)
κ	Koeffizient zur Berücksichtigung von Maßstabeffekten, d in [mm]

$$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad (2.13)$$

ρ_l mittlerer Biegebewehrungsgrad in x- und y-Richtung

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \leq \begin{cases} 2,0\% \\ 0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd} \end{cases} \quad (2.14)$$

f_{cd}	Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
f_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Bewehrungsstahls
k_1	empirischer Faktor, der empfohlene Wert ist 0,1

σ_{cp} Normalspannung im Beton innerhalb des kritischen Rundschnittes

$$v_{min} = \frac{0,0525}{\gamma_c} \cdot \kappa^{1,5} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad \text{für} \quad d \leq 600 \text{ mm} \quad (2.15)$$

$$v_{min} = \frac{0,0375}{\gamma_c} \cdot \kappa^{1,5} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad \text{für} \quad d > 800 \text{ mm} \quad (2.16)$$

(Zwischenwerte können linear interpoliert werden)

Bei kleinen Verhältnissen von Stützenumfang zur statischen Nutzhöhe (u_0/d), muss der Durchstanzwiderstand verringert werden.

$$u_0/d < 4,0: \quad C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \cdot \left(0,1 \cdot \frac{u_0}{d} + 0,6\right) \geq \frac{0,15}{\gamma_c} \quad (2.17)$$

2.3.2 Fundamente und Bodenplatten

Für Fundament- und Bodenplatten wird der Durchstanzwiderstand entlang des maßgebenden Rundschnitts wie folgt bestimmt.

Der Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung $v_{Rd,c}$ für Fundament- und Bodenplatten wird nach der folgenden Gleichung oder nach DIN EN 1992-1-1/NA definiert:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot \kappa \cdot \sqrt[3]{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}} \cdot \frac{2 \cdot d}{a} \geq v_{min} \cdot \frac{2 \cdot d}{a} \quad (2.18)$$

$C_{Rd,c}$ 0,15/ γ_c

a Abstand vom Stützenrand zum betrachteten Rundschnitt

Der maßgebende Abstand a ($\leq 2 d$) führt zum kleinsten Wert für $v_{Rd,c}$ und wird iterativ bestimmt.

2.4 Durchstanzwiderstand mit Durchstanzbewehrung

2.4.1 Monolithische Flachdecken

Der maximale Durchstanzwiderstand entlang des kritischen Rundschnitts u_1 ist als die Tragfähigkeit der Platte ohne Schubbewehrung, multipliziert mit dem Faktor $k_{pu,mssl(asl)}$ nach Gleichung (2.19) definiert:

$$v_{Rd,max} = k_{pu,mssl(asl)} \cdot v_{Rd,c} \quad (2.19)$$

Der Nachweis gemäß Gleichung (6.53) in DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA ist nicht anwendbar.

Der Wert $k_{pu,mssl(asl)}$ ist produktabhängig und in der ETA angegeben. Der Wert $v_{Rd,c}$ in Gleichung (2.19) ist der berechnete Durchstanzwiderstand gemäß Gleichung (2.12) unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwerts für die Materialeigenschaften.

Der Effekt von Drucknormalspannungen wird für die Berechnung des maximalen Durchstanzwiderstandes der Platte nicht berücksichtigt, sofern nichts anderes in der ETA angegeben ist. Wenn geneigte Spannglieder den Durchstanzwiderstand verringern, muss dieser Effekt bei der Bemessung der Durchstanzbewehrung mit dem maximalen Wert des negativen Einflusses berücksichtigt werden. Wenn geneigte Spannglieder den Durchstanzwiderstand erhöhen, müssen sie in beiden Bereichen C und D wirksam sein.

Zur Bemessung der Durchstanzbewehrung wird zwischen Bereich C ($\leq 1,125 d$ vom Stützenrand entfernt) und dem Bereich D ($> 1,125 d$ vom Stützenrand entfernt) unterschieden.

Die Durchstanzbewehrung im Bereich C wird nach der folgenden Gleichung dimensioniert:

$$\beta \cdot V_{Ed} \leq V_{Rd,sy} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot \sum A_{sy} \cdot \sin \alpha_i \quad (2.20)$$

A_{sy}	Querschnitt von jedem effektiven Stab wie in Abbildung 2.1 angegeben
α_i	Neigung der wirksamen Schrägstäbe bezogen auf die Plattenebene
f_{yk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze der wirksamen Diagonalstäbe ($f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$)
γ_s	produktabhängiger Teilsicherheitsbeiwert für die Durchstanzbewehrung = 1,15 (wenn in der ETA nichts anderes festgelegt ist)

In Bereich D erfolgt die Dimensionierung der Durchstanzbewehrung nach Gleichung (2.21).

$$0,5 \cdot \beta \cdot V_{Ed} \cdot \frac{s_D}{0,75 d} \leq V_{Rd,sy} \quad (2.21)$$

s_D	Breite des virtuellen Ringes im Bereich D $s_D \leq 0,75 d$
-------	--

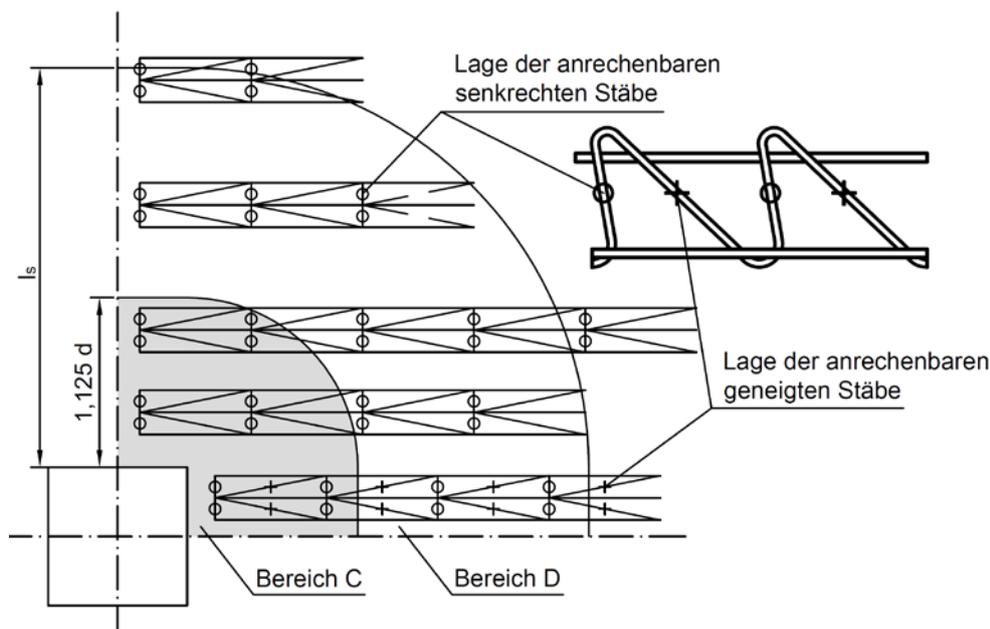


Abbildung 2.1: Wirksame Schrägstäbe der Gitterträger als Durchstanzbewehrung

2.4.2 Fertigteilplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht

Für Durchstanzbewehrung in Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht ist Gleichung (2.19) zu erfüllen, wobei $k_{pu,mst} = k_{pu,csl}$.

Der Wert $k_{pu,csl}$ ist produktabhängig und in der ETA angegeben.

Für Fertigteilplatten mit Ortbetonschicht gilt das Bemessungskonzept nach Abschnitt 2.4.1.

Wenn die Fertigteilelemente im Durchstanzbereich gestoßen werden müssen, muss der Abstand zwischen den Fertigteilen $\geq 40 \text{ mm}$ betragen und sorgfältig mit Ortbeton vergossen werden. Der Abstand zwischen Fertigteilen und dem Rand der Stütze ist auf -10 mm (Betonfertigteile liegt auf der Stütze auf) bis 40 mm beschränkt.

Die Schubtragfähigkeit in der Fuge ist nach Abschnitt 5 nachzuweisen.

2.4.3 Fundamente und Bodenplatten

Der maximale Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt u_{crit} ist als das Vielfache der Tragfähigkeit der Fundamentplatte ohne Durchstanzbewehrung, definiert:

$$v_{Rd,max} = k_{pu,fo} \cdot v_{Rd,c} \quad (2.22)$$

Der Nachweis gemäß Gleichung (6.53) in DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA ist nicht anwendbar.

Der Wert $k_{pu,fo}$ ist produktabhängig und in der ETA angegeben. Der Wert $v_{Rd,c}$ in Gleichung (2.22) ist der berechnete Durchstanzwiderstand bei gedrungenen Fundamenten gemäß Gleichung (2.18). Bei schlanken Fundamenten darf in Gleichung (2.18) $C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c$ verwendet werden.

Die Durchstanzbewehrung in Fundament- und Bodenplatten wird nach der folgenden Gleichung ermittelt:

$$V_{Rd,s} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot \sum A_{sy,0.8d} \cdot \sin \alpha_i \quad (2.23)$$

$A_{sy,0.8d}$ Querschnittsfläche der wirksamen Stäbe in einem Abstand von $0,3 \cdot d$ bis $0,8 \cdot d$ vom Stützenrand

Wenn außerhalb von $0,8 \cdot d$ weitere Durchstanzbewehrung erforderlich wird, so darf der erforderliche Querschnitt dieses zusätzlichen Ringes der Durchstanzbewehrung für 33% des Bemessungswerts der einwirkenden Querkraft ausgelegt werden. Dabei darf der innerhalb des äußeren Bewehrungsringes günstig wirkende Sohldruck berücksichtigt werden.

2.4.4 Äußerer Rundschnitt

Wenn Durchstanzbewehrung erforderlich ist, muss eine ausreichend große Fläche der Platte mit Durchstanzbewehrungselementen bewehrt sein. Der Rundschnitt u_{out} , ab dem keine Durchstanzbewehrung mehr erforderlich ist, wird durch folgende Gleichung bestimmt.

$$u_{out} = \frac{\beta_{red} \cdot V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d} \quad (2.24)$$

β_{red} reduzierter Koeffizient zur Berücksichtigung der Effekte von Exzentrizität im Rundschnitt u_{out}

$v_{Rd,c}$ Bemessungswert des Durchstanzwiderstandes ohne Durchstanzbewehrung gemäß Gleichung (2.12)

$C_{Rd,c}$ darf für Bauteile ohne rechnerische Querkraftbewehrung, d. h. einachsige Lastabtragung (EN 1992-1-1, 6.2.2(1)), aus den nationalen Richtlinien entnommen werden, der empfohlene Wert ist $0,15/\gamma_c$

Zur Bestimmung des Durchstanzwiderstandes entlang des äußeren Rundschnitts (u_{out}) von Rand- und Eckstützen darf ein reduzierter Faktor β_{red} für die Nachweisführung entlang des äußeren Rundschnittes verwendet werden.

Randstützen:

$$\beta_{red} = \frac{\beta}{1,2 + \frac{\beta}{20} \cdot \frac{l_s}{d}} \geq 1,1 \quad (2.25)$$

Eckstützen:

$$\beta_{red} = \frac{\beta}{1,2 + \frac{\beta}{15} \cdot \frac{l_s}{d}} \geq 1,1 \quad (2.26)$$

Wanddecken; Wandenden, Innenstützen:

$$\beta_{red} = \frac{\beta}{1,2 + \frac{\beta}{40} \cdot \frac{l_s}{d}} \geq \beta_{int.col} \quad (2.27)$$

l_s Abstand zwischen Stützenrand und äußerstem Anker

$\beta_{int.col}$ entsprechend DIN EN 1992-1-1/NA

Wenn geeignete Spannglieder zur Erhöhung des Durchstanzwiderstandes berücksichtigt werden, so müssen diese in den beiden Bereichen C und D wirksam sein.

Für die Berechnung des Durchstanzwiderstandes außerhalb des durchstanzbewehrten Bereichs ist es zulässig, den Sohldruck innerhalb der äußersten Reihe der Durchstanzbewehrung abzuziehen.

3 Anordnung der Durchstanzbewehrungselemente

3.1 Flachdecken

Die Anordnung der Durchstanzbewehrung wird durch den maximalen Abstand der Elemente zur Stütze und zueinander angegeben. Es wird unterschieden zwischen Elementen, die in Richtung der Stütze verlaufen (radial angeordnet) und in Elemente, die parallel zum Stützenrand verlaufen (tangential angeordnet). Außerdem werden die Bereiche C und D unterschieden.

Der Bereich mit einem radialen Abstand vom Stützenrand von $\leq 1,125d$ wird Bereich C genannt.

Der Bereich mit einem radialen Abstand vom Stützenrand von $> 1,125d$ wird Bereich D genannt.

Der maximale Abstand des ersten Elementes zum Stützenrand beträgt $0,35d$. Im Fall von radial angeordneten Elementen wird dieser Abstand zwischen dem nächsten wirksamen Stab zum Stützenrand gemessen. Im Fall von tangential angeordneten Elementen wird dieser Abstand von der Achse des Gitterträgers zum Stützenrand gemessen.

Der maximale Abstand zwischen den Achsen der Gitterträger ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

Maximaler Achsabstand bei tangential angeordneten Elementen im Bereich C: $0,5d$

Maximaler Achsabstand bei tangential angeordneten Elementen im Bereich D in Achse der Stütze, senkrecht zur Richtung der parallelen Bewehrungselemente: $0,75d$

Maximaler Achsabstand im Bereich C:

$$\beta \cdot v_{Ed} = k_{pu,sl} \cdot v_{Rd,c} \quad 0,75d$$

$$\beta \cdot v_{Ed} \leq 1,8 \cdot v_{Rd,c} \quad 1,25d$$

Eine lineare Interpolation zwischen $1,8 \cdot v_{Rd,c}$ und $k_{pu,sl} \cdot v_{Rd,c}$ ist möglich.

Maximaler Achsabstand im Bereich D $2,5d$

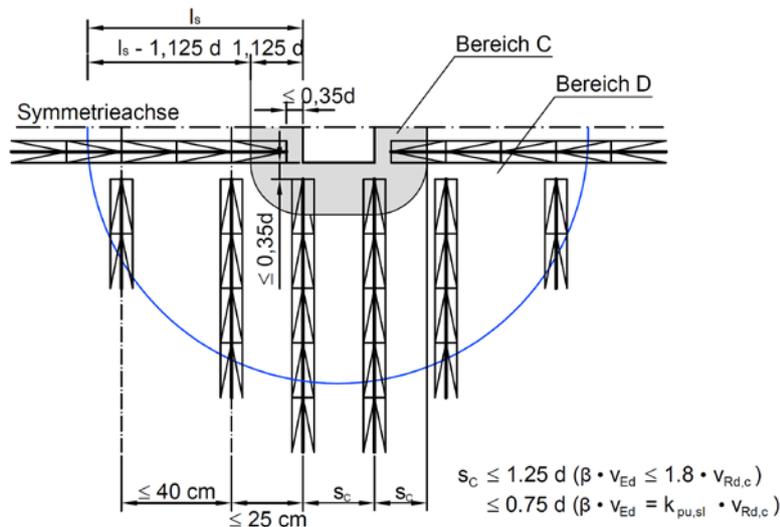


Abbildung 3.2: Alternative Anordnung der Durchstanzbewehrungselemente in Flachdecken

3.2 Fundamente und Bodenplatten

Der Bereich mit einem radialen Abstand zum Stützenrand von $\leq 0,8d$ wird als Bereich C bezeichnet.

Der Bereich mit einem radialen Abstand zum Stützenrand von $> 0,8d$ wird als Bereich D bezeichnet.

Die wirksamen Stäbe der Gitterträger im Bereich C müssen im Abstand von $0,3d$ bis $0,8d$ angeordnet sein.

Der maximale Achsabstand der Durchstanzbewehrungselemente im Bereich C beträgt $0,5d$.

Der maximale Achsabstand der Durchstanzbewehrungselemente im Bereich D beträgt $0,75d$.

Andere Anordnungen der Durchstanzbewehrungselemente mit abweichenden maximalen Abständen können in der ETA angegeben sein.

4 Nachweis gegen Ermüdung

4.1 Allgemeines

Im Fall von Ermüdungsbeanspruchung können zwei Bemessungsmethoden angewendet werden:

Methode I: Komplexe Methode

Methode II: Vereinfachte Methode

In beiden Fällen muss die Ermüdungstragfähigkeit der Durchstanzbewehrung (Stahlversagen) und die Ermüdungstragfähigkeit der Druckstrebe (Betonversagen) separat nachgewiesen werden.

4.2 Methode I

Methode I wird angewendet, wenn die maximale Anzahl der Lastzyklen während der Lebensdauer und der Maximalwert und der Minimalwert der Beanspruchung bekannt sind.

Der Betonermüdungswiderstand wird entsprechend Gleichung (4.1) nachgewiesen (siehe auch Bild (4.1)).

$$\frac{\beta \cdot \max v_{Ed,fat}}{v_{Rd,max}} \leq k_{fat,c} + 0,45 \cdot \frac{\beta \cdot \min v_{Ed,fat}}{v_{Rd,max}} \leq 0,9 \quad (4.1)$$

$\max v_{Ed,fat}$ maximale aufgebrauchte Last unter Verwendung des Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{fat} = 1,0$
 $\min v_{Ed,fat}$ minimale aufgebrauchte Last unter Verwendung des Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma_{fat} = 1,0$
 $k_{fat,c}$ Faktor für den Ermüdungswiderstand bei Betonversagen nach Gleichung (4.2)

$$k_{fat,c} = 1 - \frac{\log n}{14} \quad (4.2)$$

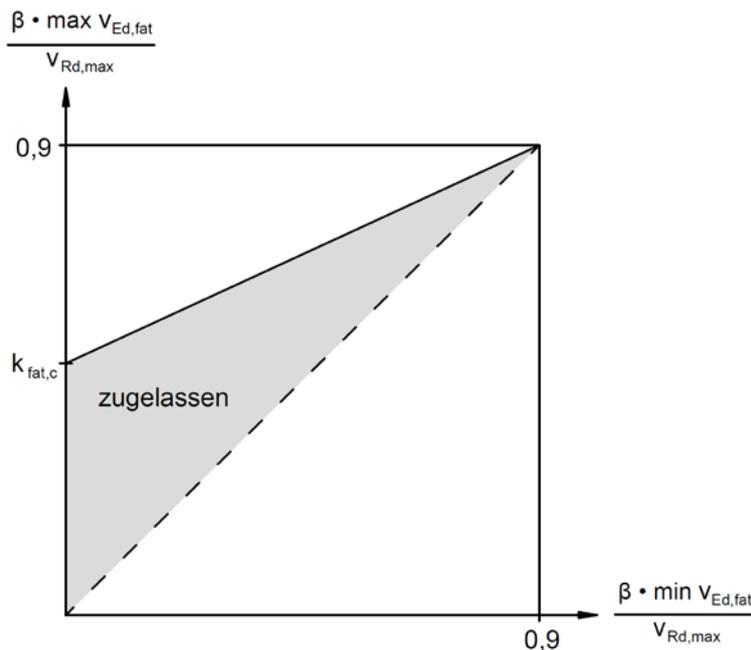


Abbildung 4.1: Goodman-Diagramm zum Nachweis des Durchstanzwiderstandes (Betonversagen) entsprechend Gleichung (4.1)

Für den Nachweis gegen Ermüdung der Durchstanzbewehrung sind zwei Fälle möglich:

Fall 1:

Wenn der Maximalwert eines oder verschiedener Lastkollektive für die Bemessung angenommen wird, muss Gleichung (4.3) erfüllt sein.

$$\Delta\sigma_{max} \leq \sigma_{fat,Rsk}(n) \quad (4.3)$$

n Anzahl Lastzyklen für den Nachweis gegen Ermüdung
 $\Delta\sigma_{max}$ maximale Spannung in der Durchstanzbewehrung während der Lastzyklen 1 bis n , resultierend aus der ermüdungsrelevanten Belastung, berechnet mit $\gamma_{fat} = 1,0$
 $\sigma_{fat,Rsk}(n)$ Ermüdungstragfähigkeit der Durchstanzbewehrung für n Lastzyklen, = $\sigma_{fat,Rsk,n}$ entsprechend ETA

Fall 2:

Wenn die Beanspruchung aus einem schadensäquivalenten Einstufenkollektiv (umgerechnet durch die Miner-Regel) besteht, muss Gleichung (4.4) erfüllt sein.

$$\Delta\sigma_{max}^{col} \leq \sigma_{fat,Rsk}(n^*) \quad (4.4)$$

n	Anzahl Lastzyklen für den Nachweis gegen Ermüdung
$\Delta\sigma_{max}^{col}$	maximale Spannung in der Durchstanzbewehrung während der Lastzyklen 1 bis n , resultierend aus einem ermüdungsrelevanten Lastkollektiv, berechnet mit $\gamma_{fat} = 1,2$
$\sigma_{fat,Rsk}(n^*)$	Ermüdungstragfähigkeit der Durchstanzbewehrung für $n^* = 10^6$ Lastzyklen, = σ_{fat,Rsk,n^*} entsprechend ETA

4.3 Methode II

Methode II wird angewendet, wenn die maximale Anzahl der Lastzyklen während der Lebensdauer und der Maximalwert der Beanspruchung bekannt sind. Die Methode kann bis maximal $2 \cdot 10^6$ Lastzyklen angewendet werden.

Der Betonermüdungswiderstand wird entsprechend Gleichung (4.1) unter Verwendung von $k_{fat,c}$ nach Gleichung (4.5) nachgewiesen.

$$k_{fat,c} = 0,5 \quad (4.5)$$

Der Nachweis gegen Ermüdung der Durchstanzbewehrung wird nach Gleichung (4.6) geführt:

$$\Delta\sigma_{max} \leq \sigma_{fat,Rsk}(2 \cdot 10^6) \quad (4.6)$$

$\Delta\sigma_{max}$	maximale Spannung in der Durchstanzbewehrung, resultierend aus der ermüdungsrelevanten Belastung bis zu $2 \cdot 10^6$ Lastzyklen, berechnet mit $\gamma_{fat} = 1,0$
$\sigma_{fat,Rsk}(2 \cdot 10^6)$	Ermüdungstragfähigkeit der Durchstanzbewehrung für $2 \cdot 10^6$ Lastzyklen, = $\sigma_{fat,Rsk,n=2 \cdot 10^6}$ entsprechend ETA

5 Nachweis der Schubtragfähigkeit in der Fuge

Die gitterträgerartigen Durchstanzbewehrungselemente dürfen als Querkraftbewehrung in Elementdecken mit Ortbetonschicht genutzt werden. Wenn die Durchstanzbewehrung entsprechend Abschnitt 2.4.2 bemessen wird und die Anforderungen im Abschnitt 3.1 erfüllt sind, ist ein Nachweis der Verbundfugentragfähigkeit im Bereich C nicht erforderlich.

Der Nachweis der Verbundfugentragfähigkeit ist in jedem Rundschnitt um die Stütze zu führen. Der kleinste Abstand des nachzuweisenden Rundschnittes ist $1,5d$ zur Stütze entfernt. Zusätzlich können weiter entfernte Rundschnitte mit reduzierter Schubbewehrung in der Fuge nachgewiesen werden.

Die Schubtragfähigkeit wird nach Gleichung (5.1) ermittelt.

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho_l \cdot f_{yd} (k_i \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq k_{max,i} \cdot 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (5.1)$$

k_i	Faktor
$k_{max,i}$	Erhöhungsfaktor für die maximale Tragfähigkeit (abhängig von der Bewehrung und angegeben in der ETA) Wenn keine Angaben vorhanden sind, wird $k_{max,i} = 1,0$ empfohlen
c, μ, v	Beiwert abhängig von der Rauigkeit der Fuge, entsprechend DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA

6 Verweise

DIN EN 1992-1-1:2011-01 + DIN EN 1992-1-1/A1:2015-03	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004+AC:2010 und EN 1992-1-1:2004/A1:2014
DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau + Änderung A1
EAD 160055-00-0301, 2018	European Organisation for Technical Assessment (EOTA): Lattice girders for the increase of punching shear resistance of flat slabs or footings and ground slabs
DIN EN 206-1:2001-07 + DIN EN 206-1/A1:2004-10 + DIN EN 206-1/A2:2005-09	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

Impressum

Herausgeber:
Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
vertreten durch den Präsidenten
Dipl.-Ing. Gerhard Breitschaft
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin

Telefon: +49 30 787 30-0
Telefax: +49 30 787 30-320
E-Mail: dibt@dibt.de
www.dibt.de

Verantwortlich:
Dr.-Ing. Doris Kirchner

Diese Publikation wird im Internet unter www.dibt.de veröffentlicht und ist kostenfrei verfügbar.
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Herausgebers.