

Die neue Bemessungsnorm DIN 1045-1 für Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton vom Juli 2001 wurde gegenüber der bisherigen DIN 1045 (7/88) komplett überarbeitet. Dieses betrifft insbesondere das Sicherheitskonzept und die Querkraftnachweise.

Diese FI-Tafel dient als Bemessungshilfe zum Querkraftnachweis von Elementdecken nach der DIN 1045-1(07/2001) und den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt für Filigran-Gitterträger (November 2004).

1. Sicherheitskonzept

Die DIN 1045-1 beruht auf einem Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten. Dabei sind die Lasten (maßgebende Kombination entsprechend der DIN 1055-100(3/01)) bzw. die daraus resultierenden Schnittgrößen mit Teilsicherheitsbeiwerten zu multiplizieren. Der so ermittelte Bemessungswert z.B. der einwirkenden Querkraft V_{Ed} ist dem Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft V_{Rd} gegenüberzustellen:

$$V_{Ed} = V \cdot \gamma_F \leq V_{Rd}$$

γ_F = Teilsicherheitsbeiwert für die Lastseite

Die aufnehmbare Querkraft V_{Rd} (entspricht: Tragfähigkeit, Entwurfswiderstand) bzw. die aufnehmbaren Schubspannungen beinhalten jeweils die Teilsicherheitsbeiwerte für die Materialwiderstände:

$$V_{Rd} = V_{u,0,05} / \gamma_{c,s}$$

2. Querkraft

Bei Elementdecken ist grundsätzlich die Tragfähigkeit für Querkraft nach Abschnitt 10.3 der DIN 1045-1 wie bei Ortbetonkonstruktionen sowie zusätzlich die Schubkraftübertragung in der Fuge (Verbundfuge) nach Abschnitt 10.3.6 nachzuweisen.

Für alle Querkraftnachweise ist der Neigungswinkel θ der Betondruckstrebe im Fachwerkmodell innerhalb zulässiger Grenzen festzulegen. Um auf die Ermittlung der Druckstrebenneigung zu verzichten, kann auf der sicheren Seite liegend der steilste zulässige Winkel gewählt werden. Die obere Grenze des Druckstrebenneigungswinkels wird innerhalb der Gitterträgerzulassungen (z.B. Z-15.1-147, November 2004) in Abhängigkeit der Neigung der Gitterträgerdiagonalen festgelegt.

Vereinfachend kann bei einem Winkel α der Gitterträgerdiagonalen

$$\alpha < 55^\circ \text{ immer } \theta = 40^\circ (\cot \theta = 1,2) \text{ und bei } \alpha \geq 55^\circ \text{ immer } \theta = 45^\circ (\cot \theta = 1,0)$$

gewählt werden.

Für die Nachweise von Stahlbetonplatten nach dieser FI-Tafel gelten folgende weitere Annahmen:

- Einsatz von Normalbeton
- keine Normalspannung in Plattenebene oder senkrecht dazu
- vorwiegend ruhende Belastung

2.1 Schubkraftübertragung in Fugen

Für Ortbetonplatten wird häufig keine Querkraftbewehrung erforderlich (dieses kann einer vorhandenen statischen Berechnung entnommen oder ggfs. nach Punkt 2.2. nachgewiesen werden).

Wird eine solche Platte als Elementdecke ausgeführt, ist allein der Nachweis der Schubkraftübertragung in der Verbundfuge erforderlich.

Es ist für die Schubkraft v_{Ed} [N/mm²] in der Fuge nachzuweisen:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,ct} \quad (1a)$$

oder

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,sy} \quad (1b)$$

mit

$$v_{Ed} = F_{cdj} / F_{cd} \cdot V_{Ed} / z \quad [\text{N/mm}^2]$$

F_{cdj} / F_{cd} = Verhältniswert der in der Fuge wirkenden Längskraft (im Standardfall und auf der sicheren Seite liegend gilt $F_{cdj} / F_{cd} = 1$)

V_{Ed} = Bemessungsquerkraft [kN/m]

z = innerer Hebelarm [m] = $0,9d \leq d - 2c_{nom}$ (d = statische Höhe)

Anmerkung: Ist $v_{Ed} \leq v_{Rd,ct}$ (vgl. Abschnitt 2.2), so darf immer $z = 0,9d$ angenommen werden.

a) $v_{Rd,ct}$ = Bemessungswiderstand der Verbundfuge ohne Verbundbewehrung

$$v_{Rd,ct} = 0,042 \cdot \beta_{ct} \cdot f_{ck}^{1/3} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (2a)$$

Oberflächenbeschaffenheit	β_{ct}
rau	2,0
glatt	1,4
sehr glatt	0,0

Tabelle 1:
Rauhigkeitsbeiwerte β_{ct} (Auszug aus Tab. 13 der DIN 1045-1)

Betongüte	f_{ck}	$v_{Rd,ct}$
C20/25	20	0,160
C25/30	25	0,172
C30/37	30	0,183
C40/50	40	0,201

Tabelle 2:
Charakteristische Betondruckfestigkeiten f_{ck} [N/mm²] (Auszug aus Tab. 9 der DIN 1045-1) und $v_{Rd,ct}$ -Werte [N/mm²] für „glatte“ Fugen und ausgewählte Betongüten

Bei Ansatz von $v_{Rd,ct}$ nach Gleichung (2a) wird auf der sicheren Seite liegend empfohlen, die Rauhigkeitsklasse „glatt“ anzusetzen, um Diskussionen zur tatsächlichen Rauhigkeit von ausgelieferten Fertigteileplatten zu vermeiden.

Es wird empfohlen, einen maximalen Trägerabstand von 75cm einzuhalten, um eine Mindeststeifigkeit der Fertigteilplatten für Transport und Montage zu gewährleisten. Nach DIN 1045-1 13.4.3 (5) wird für Elementdecken ohne Verbundbewehrung in bestimmten Fällen eine Verbundsicherungsbewehrung gefordert. Zu deren Vermeidung empfiehlt sich ein Verbundnachweis unter Ansatz von Verbundbewehrung nach Abschnitt 2.1 b).

b) $v_{Rd,sy}$ = Bemessungswert der Stahltragfähigkeit der Verbundbewehrung

$$v_{Rd,sy} = a_s \cdot f_{yd} \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha \quad [N/mm^2] \quad (2b)$$

mit

a_s = Querschnittsfläche der Verbundbewehrung pro Flächeneinheit [m^2/m^2]

θ = Neigungswinkel der Betondruckstrebe (entsprechend der Querkraftbemessung oder vereinfachend 45° bzw. 40°)

α = Neigung der Verbundbewehrung (Diagonalen)

f_{yd} = Bemessungstreckgrenze der Verbundbewehrung (hier für glatte Diagonalen: $f_{yd} = 420N/mm^2/1,15 = 365N/mm^2$)

Die aufnehmbaren Verbundkräfte $v_{Rd,sy}$ in der Fuge können für $\theta = 45^\circ$ bzw. 40° in Abhängigkeit von den verwendeten Filigran-E/D-Gitterträgern der Tabelle 3 und für Filigran-EQ-Gitterträger Tabelle 4 entnommen werden.

Bei Kombinationen der beiden Gitterträgertypen können die Tabellenwerte für $v_{Rd,sy}$ addiert werden:
 $v_{Rd,sy} = v_{Rd,sy}(E/D) + v_{Rd,sy}(EQ)$

Der Abstand der Gitterträger als Verbundbewehrung untereinander ist in **einachsiger** gespannten Decken auf

$$s_{max} = 75cm \leq 5h \text{ zu begrenzen.}$$

Wird bei **zweiachsiger** gespannten Decken auch die zweite Richtung der Biegezugbewehrung im Fertigteil angeordnet, so ist der Abstand der Gitterträger untereinander zusätzlich zu begrenzen auf:

$$s_{max} \leq 2h$$

Aufnehmbare Schubspannungen je m Deckenbreite - $v_{Rd,sy}$ [N/mm^2]

Tabelle 3: E/D-Gitterträger

Trägerabstand [cm]	E-Gitterträger						
	D-Gitterträger						
	Trägerhöhe [mm]						
	<110 ¹⁾	130	150	200	250	320	
	$\alpha=46^\circ$	$\alpha=59^\circ$	$\alpha=63^\circ$	$\alpha=68^\circ$	$\alpha=72^\circ$	$\alpha=76^\circ$	
Diagonale \varnothing 5mm	25	0,447	0,393	0,386	0,373	0,361	0,348
	36	0,310	0,273	0,268	0,259	0,251	0,242
	42	0,266	0,234	0,230	0,222	0,215	0,207
	50	0,223	0,197	0,193	0,186	0,180	0,174
	55	0,203	0,179	0,175	0,170	0,164	0,158
	62,5	0,179	0,157	0,154	0,149	0,144	0,139
	75	0,149	0,131	0,129	0,124	0,120	0,116
	100 ²⁾	0,112	0,098	0,096	0,093	0,090	0,087
Diagonale \varnothing 6mm	25	0,643	0,566	0,556	0,537	0,520	0,502
	36	0,447	0,393	0,386	0,373	0,361	0,348
	42	0,383	0,337	0,331	0,320	0,309	0,299
	50	0,322	0,283	0,278	0,268	0,260	0,251
	55	0,292	0,257	0,253	0,244	0,236	0,228
	62,5	0,257	0,227	0,222	0,215	0,208	0,201
	75	0,214	0,189	0,185	0,179	0,173	0,167
	100 ²⁾	0,161	0,142	0,139	0,134	0,130	0,125
Diagonale \varnothing 7mm	25	0,876	0,771	0,756	0,731	0,707	0,683
	36	0,608	0,535	0,525	0,508	0,491	0,474
	42	0,521	0,459	0,450	0,435	0,421	0,407
	50	0,438	0,386	0,378	0,365	0,354	0,341
	55	0,398	0,350	0,344	0,332	0,321	0,310
	62,5	0,350	0,308	0,303	0,292	0,283	0,273
	75	0,292	0,257	0,252	0,244	0,236	0,228
	100 ²⁾	0,219	0,193	0,189	0,183	0,177	0,171

Tabelle 4: EQ-Gitterträger

Trägerabstand [cm]	Diagonale \varnothing 7mm			
	Trägerhöhe [mm]			
	<160 ¹⁾	200	250	300
	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=56^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=61^\circ$
10	3,873	3,357	3,321	3,317
25	1,549	1,343	1,329	1,327
36	1,076	0,932	0,923	0,921
42	0,922	0,799	0,791	0,790
50	0,775	0,671	0,664	0,663
55	0,704	0,610	0,604	0,603
62,5	0,620	0,537	0,531	0,531
75	0,516	0,448	0,443	0,442
100 ²⁾	0,387	0,336	0,332	0,332

¹⁾ $v_{Rd,sy}$ für $\theta = 40^\circ$ ($\alpha \leq 55^\circ$), andere Werte für $\theta = 45^\circ$

²⁾ Dieser Abstand ist nur eine Bemessungshilfe ! max. Trägerabstand $\leq 75cm \leq 5h!$

2.2 Querkraftbemessung

Für Stahlbetonplatten ist grundsätzlich ein Querkraftnachweis nach Abschnitt 10.3 der DIN 1045-1 zu führen. Es ist entweder nachzuweisen, dass keine Querkraftbewehrung in Platten erforderlich ist, oder es ist eine entsprechende Querkraftbewehrung zu ermitteln.

Für **Platten ohne Querkraftbewehrung** ist nachzuweisen:

$V_{Ed} \leq V_{Rd,ct}$
mit $V_{Rd,ct}$ = Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft schubunbewehrter Platten

$$V_{Rd,ct} = [0,10 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d \quad (3)$$

ρ_l = Längsbewehrungsgrad = $A_{sl}/(b_w \cdot d) \leq 0,02$
mit d [mm] = statische Höhe
 f_{ck} = char. Betondruckfestigkeit (vgl. Tab. 2)
 κ = Maßstabsbeiwert = $1 + \sqrt{200/d} \leq 2$
(weitere Bezeichnungen s. DIN 1045-1, Abschnitt 10.3.3)

Kann dieser Nachweis geführt werden, ist die nach Punkt 2.1 b) ermittelte Bewehrung allein zur Sicherung der Verbundfuge erforderlich. In diesen Fällen reicht eine Gitterträgerhöhe aus, welche 2cm Platz zwischen Fertigteilerkante und dem Obergurt sicherstellt.

Bei $V_{Ed} > V_{Rd,ct}$ sind auch im Ortbeton **Platten mit Querkraftbewehrung** auszuführen.

Die Ermittlung der Tragfähigkeit von Gitterträgern als Querkraftbewehrung erfolgt dann nach Gleichung (77) der DIN 1045-1. Bei gleichen Systemwerten und gleichen Druckstrebenneigungswinkeln führt diese zu den selben Ergebnissen wie die Verbundbemessung nach Gleichung (2b) und damit zu den **Werten der Tabellen 3 bzw. 4.**

In diesem Fall sind die Gitterträger als Querkraftbewehrung analog bisheriger Zulassungen über die volle Deckenhöhe zu führen. Nach Zulassung kann bis $V_{Ed} \leq 0,15V_{Rd,max}$ die gesamte obere Biegezugbewehrung auf dem Obergurt abgelegt werden. Bei größeren Querkraften darf nur die Querbewehrung auf dem Obergurt abgelegt werden, die Längsbewehrung muss unterhalb der Querbewehrung eingebaut werden.

Für Platten mit $h \leq 40$ cm sind folgende maximale Abstände einzuhalten:

$$s_{max} \leq (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot z \leq 40 \text{ cm}$$

Dabei gilt für den Neigungswinkel der Druckstrebe θ der Grenzwert für die jeweils betrachtete Richtung. Wird quer zur Gitterträgerrichtung keine Querkraft übertragen, so kann $\cot \theta = 3$ gesetzt werden. Mit $\alpha = 90^\circ$ ergibt sich für diesen Fall:

$$s_{max} = 3 \cdot z \leq 40 \text{ cm}$$

Die Auswertung der Gleichung (3) zeigt Bild 1. Mit den Systemwerten

- statische Höhe d [mm]

- Betongüte

- Längsbewehrungsgrad ρ_l

lässt sich der Querkraftwiderstand $V_{Rd,ct}$ von schubunbewehrten Betonquerschnitten ermitteln.

Wird Querkraftbewehrung in Ortbetonplatten erforderlich muß die maximale Obergrenze der aufnehmbaren Belastung aufgrund der Betondruckstreben Tragfähigkeit $V_{Rd,max}$ überprüft werden.

Allgemein gilt nach DIN 1045-1:

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

Werden Decken ausschließlich mit Gitterträgern bewehrt und sollen bisherige Abstandsregelungen für Gitterträger ausgenutzt werden, so ist die Betondruckstreben Tragfähigkeit wie folgt zu begrenzen:

$$V_{Ed} \leq 0,3V_{Rd,max}$$

Es gilt

$$V_{Rd,max} = (b_w \cdot z \cdot 0,75 \cdot f_{cd}) \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \cdot k \quad (4)$$

z = innerer Hebelarm = $0,9d \leq d - 2c_{nom}$

(d = statische Höhe)

$1 \leq k \leq 1 + \sin(\alpha - 55^\circ)$ (s. Zulassung)

Bemessungswert der Betondruckspannung:

$$f_{cd} = 0,85 \cdot f_{ck} / 1,5$$

In Tabelle 5 wurde Gleichung (4) ausgewertet und $0,3 \cdot V_{Rd,max}$ in Abhängigkeit von der statischen Höhe und der Betongüte dargestellt.

Bei der Ermittlung von z wurde $c_{nom} = 20$ mm angenommen. Sind die Betondeckung in dem nachzuweisenden Bauteil größer, so ist entsprechend des verminderten inneren Hebelarms der Tabellenwert abzumindern.

Die Werte der Tabelle 5 wurden auf der sicheren Seite liegend mit $\alpha = 90^\circ$ (senkrechte Stäbe bei EQ-Gitterträgern) berechnet. Werden die so berechneten Obergrenzen maßgebend, ist eine genauere Berechnung mit den tatsächlichen Stabneigungen nach Gleichung (4) möglich.

Zusätzlich ist in Tabelle 5 die Obergrenze als „Schubspannung“ $0,3 \cdot V_{Rd,max} / z$ [N/mm²] in Abhängigkeit von der Betongüte dargestellt. In diesem Format kann die Betondruckstreben-Tragfähigkeit direkt mit $V_{Rd,sy}$ entsprechend den Tabellen 3 und 4 verglichen werden.

Aufnehmbare Schubspannungen $V_{Rd,sy}$, welche oberhalb von $0,3 \cdot V_{Rd,max} / z$ liegen dürfen mit Gitterträgern als alleinige Schubbewehrung nicht ausgenutzt werden.

Bild 1: Grafische Ermittlung des Grenzwertes $V_{Rd,ct}$ für Schubunbewehrte Platten

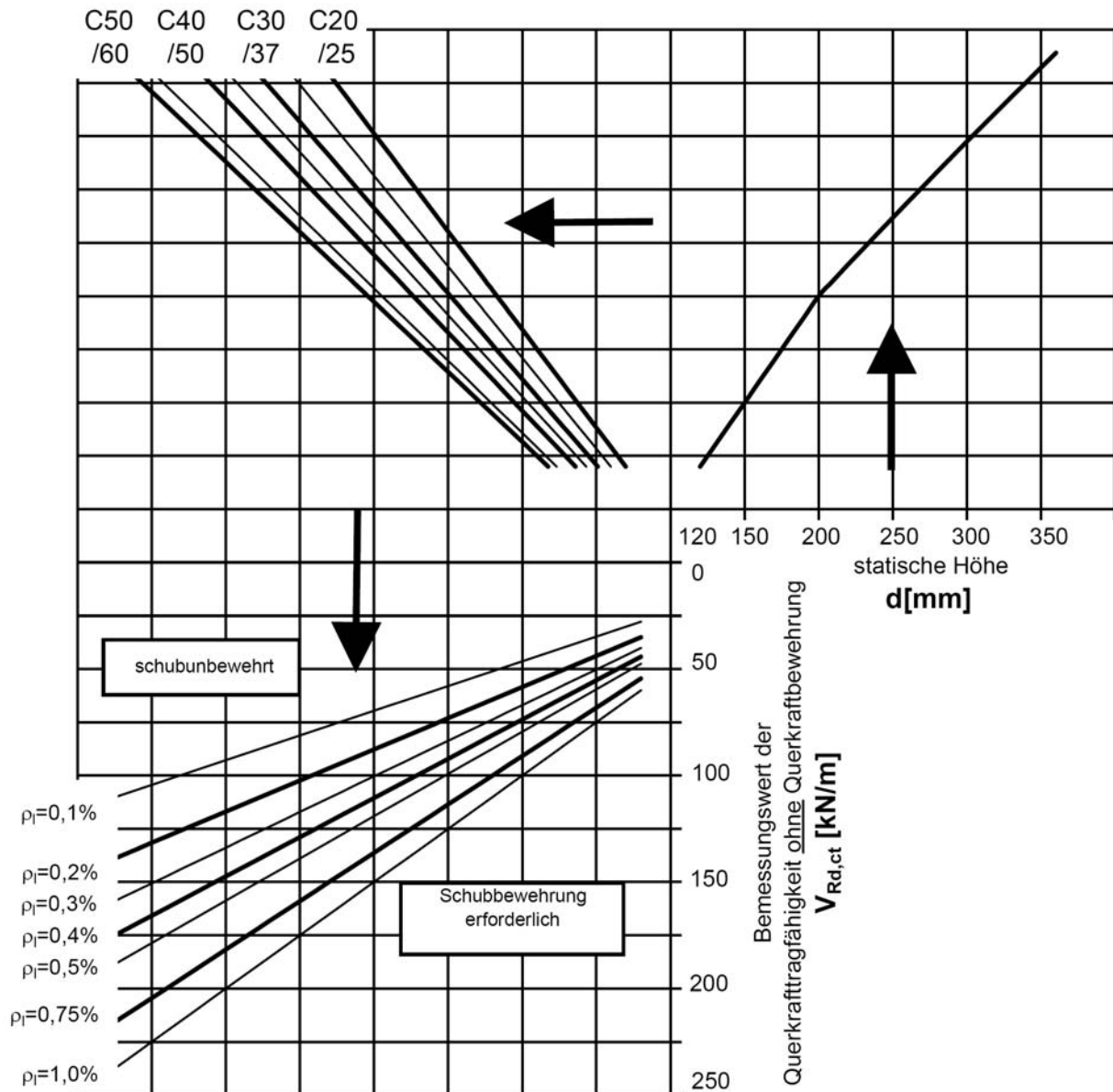


Tabelle 5: Obergrenze der Querkraft $0,3 \cdot V_{Rd,max}$

Betongüte	$0,3 \cdot V_{Rd,max}/z$ [N/mm ²]		$0,3 \cdot V_{Rd,max}$ [kN/m]													
	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=90^\circ$	d= 120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	
	$\theta=40^\circ$	$\theta=45^\circ$	z*= 80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	
C20/25	2,30	2,01	161	201	241	281	321	361	401	441	482	522	562	602	642	
C25/30	2,87	2,51	201	251	301	351	401	451	502	552	602	652	702	752	803	
C30/37	3,45	3,01	241	301	361	421	482	542	602	662	722	782	843	903	963	
C35/45	4,02	3,51	281	351	421	492	562	632	702	772	843	913	983	1053	1124	
C40/50	4,60	4,01	321	401	482	562	642	722	803	883	963	1043	1124	1204	1284	
C45/55	5,17	4,51	361	451	542	632	722	813	903	993	1083	1174	1264	1354	1445	
C50/60	5,75	5,02	401	502	602	702	803	903	1003	1103	1204	1304	1404	1505	1605	

* $z=d-2 \cdot c_{nom}$, wobei $c_{nom} = 20mm$, ist $c_{nom} > 20mm$, so ist $V_{Rd,max}$ entsprechend dem verringerten inneren Hebelarm abzulesen.

Querkraftbemessung von Elementdecken nach DIN 1045-1

Beispiel 1:

Vorgaben:

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft – incl. Teilsicherheitsbeiwerte γ_F

$$V_{Ed} = 34,5 \text{ kN/m} = 0,0345 \text{ MN/m}$$

Betongüte

C20/25

$$c_{nom} = 20 \text{ mm}$$

Längsbewehrungsgrad laut Biegebemessung

$$A_s = 589 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 589 / (1000 \cdot 175) \cdot 100 \%$$

$$\rho_l = 0,337 \%$$

Statische Höhe

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - d_s/2 = 200 - 20 - 10/2$$

$$d = 175 \text{ mm}$$

innerer Hebelarm

$$z = 0,9 \cdot d = 157,5 \text{ mm}$$

$$(V_{Ed} \leq V_{Rd,ct})$$

$$\leq d - 2 \cdot c_{nom} = 135 \text{ mm}$$

$$(V_{Ed} > V_{Rd,ct})$$

Querkraftbemessung

mit **FI-Norm E-4539**:

a) Querkraft-Ortbeton

$$V_{Rd,ct} = 66 \text{ kN/m} \text{ (= Widerstand unbewehrte Platte)}$$

$$> V_{Ed} = 34,5 \text{ kN/m}$$

→ Keine Schubbewehrung erforderlich

Bild 1 auf Seite 4

b) Querkraft-Verbund

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$v_{Ed} = V_{Ed} / z$$

$$v_{Ed} = 0,0345 / 0,158$$

$$v_{Ed} = 0,218 \text{ MN/m}^2$$

$$v_{Ed} = 0,218 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,ct} = 0,160 \text{ N/mm}^2 \text{ (= Widerstand unbewehrte Platte)}$$

$$< v_{Ed} = 0,218 \text{ N/mm}^2$$

→ Verbundbewehrung erforderlich

Tabelle 2 auf Seite 1

Gitterträger laut Montage

z. B. E11-06612 – Abstand = 50 cm

$$v_{Rd,sy} = 0,322 \text{ N/mm}^2 \text{ (= Widerstand Stahltragfähigkeit)}$$

$$> v_{Ed} = 0,218 \text{ N/mm}^2$$

→ E-Gitterträger im Abstand von 50 cm als Verbundbewehrung ausreichend!

Tabelle 3 auf Seite 2

Querkraftbemessung von Elementdecken nach DIN 1045-1

Beispiel 2:

Vorgaben:

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Ortbeton) – incl. Teilsicherheitsbeiwerte γ_L

$$V_{Ed} = 80,0 \text{ kN/m} = 0,080 \text{ MN/m}$$

Betongüte

C20/25

$$c_{nom} = 20 \text{ mm}$$

Längsbewehrungsgrad laut Biegebemessung

$$A_s = 700 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 700 / (1000 \cdot 175) \cdot 100 \%$$

$$\rho_l = 0,4 \%$$

Statische Höhe

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - d_s/2 = 200 - 20 - 10/2$$

$$d = 175 \text{ mm}$$

innerer Hebelarm

$$z = 0,9 \cdot d = 157,5 \text{ mm} \quad (V_{Ed} \leq V_{Rd,ct})$$

$$\leq d - 2 \cdot c_{nom} = 135 \text{ mm} \quad (V_{Ed} > V_{Rd,ct})$$

Querkraftbemessung mit FI-Norm E-4539:

a) Querkraft-Ortbeton

$$V_{Rd,ct} = 71 \text{ kN/m} \text{ (= Widerstand unbewehrte Platte)}$$

Bild 1 auf Seite 4

$$< V_{Ed} = 80,0 \text{ kN/m}$$

→ Schubbewehrung erforderlich (siehe b)

$$0,3 \cdot V_{Rd,max} = 271 \text{ kN/m} \text{ (= maximal Widerstand Beton bewehrt)}$$

Tabelle 5 auf Seite 4

$$> V_{Ed} = 80,0 \text{ kN/m} < 0,15 \cdot V_{Rd,max}$$

→ Nachweis der Betondruckstrebe erfüllt!

→ Gitterträger müssen bis an die obere Lage heranreichen, gewählt 13cm

b) Ermittlung der Querkraftbewehrung

Anmerkung: Die Ermittlung für Querkraftbewehrung für Ortbeton und Verbund ist bei Annahme gleicher Druckstrebenneigung identisch – laut Z-15.1-147 bei $\alpha \leq 55^\circ \rightarrow \theta = 40^\circ$!

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$V_{Ed} = V_{Ed} / z$$

$$V_{Ed} = 0,080 / 0,135$$

$$V_{Ed} = 0,593 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Ed} = 0,593 \text{ N/mm}^2$$

gewählt E13-06712 – Raster 31,25 cm (8 Träger / 2,5m Element)

Tabelle 3 auf Seite 2

$$v_{Rd,sy} = 0,193 \text{ N/mm}^2 \cdot 100 \text{ cm} / 31,25 \text{ cm}$$

$$v_{Rd,sy} = 0,618 \text{ N/mm}^2 > v_{Ed}$$

alternativ mit EQ-Zulageträgern

Gitterträger laut Montage

E13-06610 – Abstand = 62,5cm

$$v_{Rd,sy} = 0,227 \text{ N/mm}^2 \text{ (= Widerstand Stahltragfähigkeit)}$$

Tabelle 3 auf Seite 2

$$< v_{Ed} = 0,593 \text{ N/mm}^2$$

→ E-Gitterträger im Abstand von 62,5cm als Querkraftbewehrung nicht ausreichend!

Querkraftbemessung von Elementdecken nach DIN 1045-1

$$\begin{aligned}\Delta V_{Rd,sy} &= V_{Ed} - V_{Rd,sy} \\ &= 0,593 - 0,227 \\ &= 0,366 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

→ **Zulageträger** gewählt

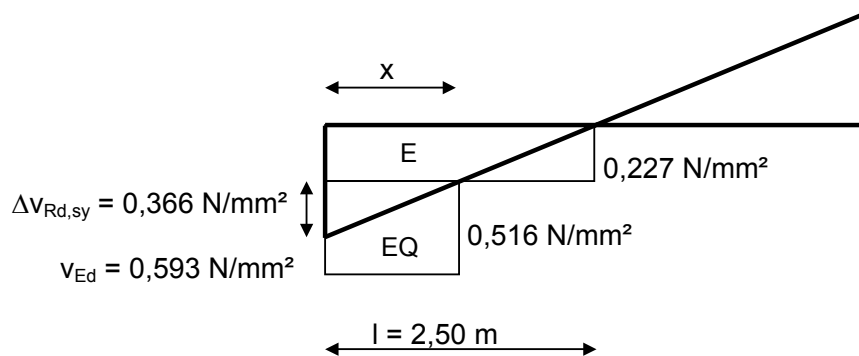
→ EQ13 – Abstand 75 cm = 0,516 N/mm² > $\Delta V_{Rd,sy}$

Tabelle 4 auf Seite 2

$$V_{Rd,sy} = 0,227 \text{ N/mm}^2 + 0,516 \text{ N/mm}^2$$

$$\underline{V_{Rd,sy} = 0,743 \text{ N/mm}^2 > V_{Ed}}$$

Ermittlung der Zulageträgerlänge zu Beispiel 2



$$v_{Ed} / l = \Delta V_{Rd,sy} / x$$

$$x = \Delta V_{Rd,sy} \cdot l / v_{Ed}$$

$$x = 0,366 \cdot 2,5 / 0,593$$

$$x = 1,54 \text{ m}$$

gewählt $x = 1,60 \text{ m}$

Querkraftbemessung von Elementdecken nach DIN 1045-1

Beispiel 3: Berechnung mit variabler Druckstrebenneigung

Vorgaben:

wie Beispiel 2

a) Ermittlung der Druckstrebenneigung (Annahme glatte Fuge)

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 \cdot \mu / (1 - v_{Rd,ct} / v_{Ed}) \leq 3$$

$$\text{mit } v_{Rd,ct} = 0,160 \text{ N/mm}^2$$

Tabelle 2 auf Seite 1

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 \cdot 0,6 / (1 - 0,160 / 0,593) = 0,99$$

→ gewählt $\cot \theta = 1,0$ → Bemessung wie Beispiel 2 mit E-4539

a) Ermittlung des Widerstandes der unbewehrten Verbundfuge $v_{Rd,ct}$ (Annahme raue Fuge)

$$v_{Rd,ct} = 0,042 \cdot \eta_1 \cdot \beta_{ct} \cdot f_{ck}^{1/3}$$

(s. DIN 1045-1, Abs. 10.3.6)

$$v_{Rd,ct} = 0,042 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 20^{1/3}$$

$$v_{Rd,ct} = 0,228 \text{ N/mm}^2$$

b) Ermittlung der Druckstrebenneigung – $\cot \theta$

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 \cdot \mu / (1 - v_{Rd,ct} / v_{Ed}) \leq 3$$

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 \cdot 0,7 / (1 - 0,228 / 0,593) = 1,36 \quad (\theta = 36^\circ)$$

→ gewählt $\cot \theta = 1,36$

c) Ermittlung von $v_{Rd,sy}$

$$v_{Rd,sy} = a_s \cdot f_{yd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

$$\text{mit } f_{yd} = 420 / 1,15 \quad (\text{glatte Diagonalen – BSt 500 G})$$

$$\alpha = 59^\circ \quad (\text{E-Gitterträger Bauhöhe 13cm})$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$a_s = 2 \cdot \pi \cdot 0,007^2 / 4 / 0,2 = 385 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

(2 Diagonalen $\varnothing 7 \text{ mm}$ im Knotenpunktabstand 0,2m)

$$v_{Rd,sy,E} = 0,236 \text{ N/mm}^2$$

(aufnehmbare Schubkraft für einen Träger pro Meter)

$$\text{erf. Raster} \leq v_{Rd,sy} / v_{Ed}$$

$$\text{erf. Raster} \leq 0,236 / 0,593$$

$$\text{erf. Raster} \leq 0,40 \text{ m}$$

→ gewählt Raster = 36 cm (7 Träger / 2,5m Element)

d) Ermittlung von $0,3 \cdot v_{Rd,max}$

$$v_{Rd,max} = 0,3 \cdot b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \cdot k$$

$$\text{mit } f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 / 1,5 = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_c = 0,75$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$k = 1 + \sin(\alpha - 55^\circ) = 1 + \sin(59^\circ - 55^\circ) = 1,07$$

$$v_{Rd,max} = 0,3 \cdot 1000 \cdot 135 \cdot 0,75 \cdot 11,3 \cdot (1,36 + 1/\tan 59^\circ) / (1 + 1,36^2) \cdot 1,07$$

$$v_{Rd,max} = 253 \text{ kN/m}$$

→ $v_{Ed} < v_{Rd,max}$