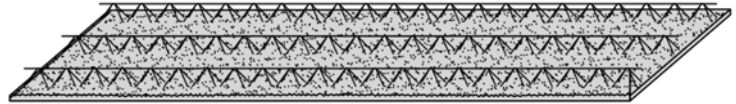


# FILIGRAN Elementdecke



## Montagezustand

- ✎ Montagestützweiten E-1-2100
- ✎ Verlegeanleitung von Elementdecken

## Endzustand

### Querkraftbemessungstabellen

- ✎ E-2-4539 – Allgemeine Querkraftbemessung

#### C20/25 und 2,5m breite Elemente

- |                                                              |                              |             |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|
| ✎ E-2-4515                                                   | Diagonale $\varnothing$ 5 mm | glatte Fuge |
| ✎ E-2-4516                                                   | Diagonale $\varnothing$ 5 mm | raue Fuge   |
| ✎ E-2-4517                                                   | Diagonale $\varnothing$ 6 mm | glatte Fuge |
| ✎ E-2-4518                                                   | Diagonale $\varnothing$ 6 mm | raue Fuge   |
| ✎ E-2-4519                                                   | Diagonale $\varnothing$ 7 mm | glatte Fuge |
| ✎ E-2-4520                                                   | Diagonale $\varnothing$ 7 mm | raue Fuge   |
| ✎ Erläuterungen zu FI-Norm E-2-4518 (ausführliche Beispiele) |                              |             |

- ✎ E-2-4590 – Querkraftbemessung für nicht vorwiegend ruhende Belastung

### Sicherung von Zwei-Ebenen-Stößen mit Gitterträgern (Äquivalente Bügelquerschnitte)

- ✎ F-2-4201 a – EQ-Gitterträger als Stoßumbügelung
- ✎ F-2-4201 b – E-Gitterträger als Stoßumbügelung
- ✎ F-2-4201 c – S-Gitterträger als Stoßumbügelung

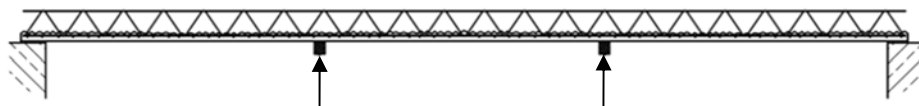
### FILIGRAN-Durchstanzbewehrung FDB II

- ✎ Produktinformationen FDB II
- ✎ Einbauanleitung FDB II

# **FILIGRAN**-Decken im Montagezustand

## Filigran-D- und Filigran-E/EV-Gitterträger

FI-Norm  
**E-1-2100**  
(6/2016)



### **Hinweis:**

Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2018 und längstens bis zum Ablauf oder Änderung der Zulassung. Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

Montagestützweiten von Filigranplatten sind so zu wählen, dass ein Versagen infolge Eigen- und Betonierbelastung ausgeschlossen ist. Im Regelfall sind Montageunterstützungen einzubauen. Bei starken und/oder eng verlegten Gitterträgern können Filigran-Platten auch ohne zusätzliche Montageunterstützung eingebaut werden.

### Anwendung nach Zulassung Z-15.1-90 <sup>1)</sup> und Z-15.1-147 <sup>2)</sup>

Nach den Regelungen der bauaufsichtlichen Zulassungen für Filigran-D-Gitterträger und Filigran-E/EV-Gitterträger sind die Schnittgrößen im Montagezustand an einem Einfeldsystem nachzuweisen. Die einwirkenden Schnittgrößen sind auf zulässige Querkraften (zul Q) und Momente (zul M) unter Ansatz des Teilsicherheitsbeiwertes von  $\gamma_F = 1,0$  zu begrenzen. Diese Werte sind in den Zulassungen in Abhängigkeit von der Gitterträgerdimension angegebenen. Die zulässigen Montagestützweiten  $zul l_M$  können für die Eigenlast  $g$  und die Verkehrslast  $p = 1,5 \text{ kN/m}^2$  bzw.  $F = 1,5 \text{ kN}$  nach den Gleichungen (1) bis (5) in Abhängigkeit vom Gitterträgerabstand  $s_G$  ermittelt werden.

Für die Ermittlung der zulässigen Montagestützweite dienen die Gleichungen (1) bis (5).

$$zul l_M = \sqrt{\frac{8 \cdot zul M}{(g + p) \cdot s_G}} \quad (1)$$

$$zul l_M = \frac{2 \cdot zul Q}{(g + p) \cdot s_G} \quad (2)$$

$$zul l_M = \sqrt{\frac{8 \cdot zul M}{g \cdot s_G} - \frac{4 \cdot F}{g}} \quad (3)$$

$$zul l_M = \frac{2 \cdot (zul Q - F)}{g \cdot s_G} \quad (4)$$

$$zul l_M = \frac{-F}{g \cdot s_G} + \sqrt{\left(\frac{F}{g \cdot s_G}\right)^2 + \frac{8 \cdot zul M}{g \cdot s_G}} \quad (5)$$

Bei Einsatz von Gitterträgern mit Obergurtdurchmessern von 12 mm bis 16 mm ist zusätzlich eine rechnerische Durchbiegung von

maximal 1 cm nachzuweisen. Die aus vorgenannten Kriterien ermittelten zulässigen Montagestützweiten für die **Filigran D- und E-Gitterträger** finden sich in

**Tabelle 3/10** für Obergurtdurchmesser **8 mm**

**Tabelle 4/10** für Obergurtdurchmesser **10 mm**

**Tabelle 5/10** für Obergurtdurchmesser **12 mm**

**Tabelle 6/10** für Obergurtdurchmesser **16 mm**.

In Abhängigkeit vom Obergurtdurchmesser sind die angegebenen Mindestdurchmesser der Diagonalen nach Zulassung einzuhalten.

Bei Verwendung von niedrigen Gitterträgern mit Obergurtdurchmessern 8 mm und 10 mm wird empfohlen, Einfeldträger im Montagezustand nur mit reduzierten Stützweiten auszuführen und nicht die Zulassungswerte (vgl. ()-Werte der Tabellen) auszunutzen.

### Verstärkter Filimont (Filigran-EV-Gitterträger) mit Obergurt 16 mm und Diagonale 9 mm in Bauhöhen von 18 cm bis 30 cm

Für große Deckenstärken wurden verstärkte Gitterträger mit besonderen Anwendungsbedingungen zugelassen. **Tabelle 8/10** gilt für 18 cm bis 30 cm hohe Filigran-EV-Gitterträger mit Obergurtdurchmesser **16 mm und Diagonale 9 mm**.

**Vorraussetzungen** für die Anwendung der **Tabelle 8/10** sind:

- für die Gitterträger gelten gesondert hinterlegte Knotenscherkräfte
- Untergurtnoten der Gitterträger liegen über dem Auflager
- Mindestplattendicke (Nennwert): 5 cm
- Betondruckfestigkeit  $f_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
- es sind mindestens zwei Gitterträger je Fertigteilplatte vorhanden
- es ist eine Mindestzugbewehrung vorhanden

Die erforderliche Mindestzugbewehrung je Gitterträger einschließlich der Gitterträgeruntergurte (2 Ø 6mm) ist in der Zulassung für die jeweils maximal zulässige Momentenbeanspruchung angegeben. Wird die zulässigen Montagestützweite durch die zulässige Querkraft oder das Durchbiegungskriterium begrenzt, ist die Momententragfähigkeit nicht

ausgenutzt und die erforderliche Biegezugbewehrung reduziert. Im unteren Teil der Tabelle 8/10 ist diese erforderliche Feldbewehrung für Standardplatten mit mehreren Gitterträgern angegeben. Bei Passplatten mit nur zwei Gitterträgern kann die Momentenbelastung eines einzelnen Gitterträgers aufgrund geänderter Lastaufteilung größer sein. Für schmale Passplatten bis 40 cm Breite ist dadurch die erforderliche Feldbewehrung höher und die Tabellenwerte sind mit dem angegebenen "Passplattenfaktor" zu erhöhen.

<sup>1)</sup> Zulassung Z-15.1-90 für Filigran-D-Gitterträger vom 01.01.2015

<sup>2)</sup> Zulassung Z-15.1-147 für Filigran-E/EV-Gitterträger vom 01.01.2014

### Filigran-Gitterträger für besondere Anwendungen

#### Tabelle 7/10 :

#### Filimont mit engen Gitterträgerabständen

Filigran-Gitterträger mit Obergurtdurchmesser 16 mm (Filimont) ermöglichen größere Montagestützweiten als nach Tabelle 6/10, wenn engere Gitterträgerabstände gewählt werden. Die Montagestützweiten nach Tabelle 7/10 wurden für **Gitterträgerabstände von 25 cm bis 10 cm** nach vorgenannten Zulassungsgrundsätzen ermittelt. Bei Ausnutzung dieser Werte muss jedoch zusätzlich eine Mindestzugbewehrung in der Fertigteilplatte angeordnet werden. Diese Mindestbewehrung wurde in Abhängigkeit vom vorhandenen Moment auf der Grundlage der Zulassungsregelung zum Verlegezustand ermittelt.

#### Tabelle 10/10 :

#### Kragarme im Montagezustand

In Sonderfällen können im Montagezustand auch Kragarme mit Gitterträgerobergurten als Zugbewehrung auftreten. Dieser Fall ist in den Zulassungen nicht behandelt. Empfohlene maximale Kragarmlängen werden in *Tabelle 10/10* für Gitterträger mit Obergurten 10 mm angegeben. Grundlage sind die zulässigen

Querkräfte und Momente nach Zulassung. Bei niedrigen Gitterträgern wurden die Stützweiten zusätzlich analog Tabelle 4/10 reduziert. Tastversuche haben gezeigt, dass die zulässigen Feldmomente, auf der sicheren Seite liegend, auch als zulässige Stützmomente angesetzt werden können.

### Montagestützweiten im Überblick

#### Diagramm 9/10 :

Die zulässigen Montagestützweiten steigen prinzipiell mit stärkeren Gitterträgerdimensionen und reduziertem Gitterträgerabstand an. Außerdem ist die Montagestützweite abhängig von der Deckenstärke und der Gitterträgerhöhe. Eine Übersicht zeigt das Diagramm 9/10. Für die dort angegebenen Montagestützweiten wurden die Gitterträgerhöhen jeweils 6 cm niedriger als die jeweilige Deckenstärke gewählt, wobei für E/D-Gitterträger mit Obergurtdurchmesser von 12 mm und 16 mm die maximale Gitterträgerhöhe zu 19 cm bzw. 18 cm gewählt wurden. Für die verstärkten EV-Gitterträger gilt als maximale Gitterträgerhöhe 30 cm.

Die Montagestützweiten steigen mit stärkerem Obergurt in Kombination mit entsprechendem Diagonalendurchmesser an, für eine Deckenstärke von z. B. 20 cm von etwa 1,7 m (E/D-5 5 8) über 2,0 m (E/D-6 6 10) und 2,7 m (E/D-06 7 12) bis auf etwa 3 m (E/D-6 7 16). Für größere Montagestützweiten als 3 m sind Filimont-Träger (D/E-06716) mit Trägerabständen kleiner als 62,5 cm zu verlegen.

Die zulässigen Montagestützweiten nehmen mit zunehmender Deckenstärke ab. Dieses resultiert aus der höheren Betonierbelastung und aus der reduzierten Querkrafttragfähigkeit hoher Gitterträger. Letztere kann durch Verwendung der verstärkten Gitterträger mit 9 mm gesteigert werden, welche für Trägerhöhen von 18 cm bis 30 cm zugelassen sind. Der Einsatz des Filigran-Gitterträgers- EV-06 9 16 ermöglicht bei Deckenstärken von 24 cm bis 36 cm erhöhte Montagestützweiten bis zu 6 m.

# FILIGRAN-Decken im Montagezustand

## Montagestützweiten für Obergurt $\varnothing$ 8 mm

FI – NORM  
E-1-2100 3/10

| Träger-<br>abstand<br>[cm] | Träger-<br>höhe<br>[cm] | Zulässige Montagestützweiten [m] für Gitterträger<br>mit <b>Obergurt <math>\varnothing</math> 8 mm und Diagonalen <math>\varnothing</math> 5 mm</b><br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von |                |                |                |                |                |                |                |              |              |              |              |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                            |                         | 10                                                                                                                                                                                      | 12             | 14             | 16             | 18             | 20             | 22             | 24             | 26           | 30           | 35           | 40           |
| 75                         | 6                       | 1,69<br>(1,77)                                                                                                                                                                          | 1,61<br>(1,62) | 1,50           | 1,43           | 1,37           | 1,31           | 1,27           | 1,22           | 1,18         | 1,08         |              |              |
|                            | 7                       | 1,82<br>(1,83)                                                                                                                                                                          | 1,67           | 1,55           | 1,46           | 1,40           | 1,34           | 1,29           | 1,25           | 1,21         | 1,08         |              |              |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                         | 1,71           | 1,58           | 1,48           | 1,42           | 1,36           | 1,31           | 1,27           | 1,23         | 1,08         |              |              |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                         |                | 1,61           | 1,51           | 1,44           | 1,38           | 1,33           | 1,29           | 1,25         | 1,08         |              |              |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                         |                |                | 1,54           | 1,46           | 1,40           | 1,35           | 1,31<br>1,36   | 1,25<br>1,25 | 1,08<br>1,08 |              |              |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                         |                |                |                |                |                |                |                |              |              |              |              |
| 62,5                       | 6                       | 1,82<br>(2,04)                                                                                                                                                                          | 1,74<br>(1,88) | 1,67<br>(1,74) | 1,62<br>(1,63) | 1,54           | 1,46           | 1,39           | 1,33           | 1,28         | 1,20         | 1,12         |              |
|                            | 7                       | 1,94<br>(2,08)                                                                                                                                                                          | 1,87<br>(1,94) | 1,80           | 1,68           | 1,58           | 1,50           | 1,43           | 1,37           | 1,32         | 1,23         | 1,12         |              |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                         | 1,98           | 1,83           | 1,71           | 1,61           | 1,53           | 1,46           | 1,40           | 1,34         | 1,25         | 1,12         |              |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                         |                | 1,86           | 1,74           | 1,64           | 1,56           | 1,49           | 1,42           | 1,37         | 1,27         | 1,12         |              |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                         |                |                | 1,77           | 1,67           | 1,58           | 1,51           | 1,45<br>1,58   | 1,39<br>1,50 | 1,29<br>1,30 | 1,12<br>1,12 |              |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                         |                |                |                |                |                |                |                | 1,16         | 1,00         |              |              |
| 50                         | 6                       | 1,87<br>(2,15)                                                                                                                                                                          | 1,81<br>(2,02) | 1,74<br>(1,88) | 1,68<br>(1,76) | 1,63<br>(1,66) | 1,58           | 1,50           | 1,44           | 1,38         | 1,29         | 1,19         | 1,11         |
|                            | 7                       | 2,00<br>(2,19)                                                                                                                                                                          | 1,93<br>(2,07) | 1,87<br>(1,94) | 1,81<br>(1,82) | 1,71           | 1,63           | 1,55           | 1,48           | 1,43         | 1,33         | 1,23         | 1,15         |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                         | 2,06<br>(2,11) | 2,00<br>(2,00) | 1,87           | 1,77           | 1,68           | 1,60           | 1,53           | 1,47         | 1,37         | 1,27         | 1,19         |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                         |                | 2,04           | 1,93           | 1,82           | 1,73           | 1,65           | 1,58           | 1,51         | 1,41         | 1,30         | 1,22         |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                         |                |                | 1,98           | 1,87           | 1,77           | 1,69           | 1,62<br>1,82   | 1,56<br>1,75 | 1,45<br>1,63 | 1,34<br>1,39 | 1,22<br>1,22 |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                         |                |                |                |                |                |                |                | 1,45         | 1,25         | 1,07         |              |
|                            | 26                      |                                                                                                                                                                                         |                |                |                |                |                |                |                |              |              |              |              |
| 44                         | 6                       | 1,90<br>(2,20)                                                                                                                                                                          | 1,84<br>(2,07) | 1,78<br>(1,95) | 1,71<br>(1,83) | 1,66<br>(1,72) | 1,62<br>(1,63) | 1,56           | 1,49           | 1,43         | 1,33         | 1,23         | 1,15         |
|                            | 7                       | 2,02<br>(2,25)                                                                                                                                                                          | 1,96<br>(2,12) | 1,91<br>(2,01) | 1,84<br>(1,89) | 1,78           | 1,69           | 1,61           | 1,54           | 1,48         | 1,38         | 1,28         | 1,19         |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                         | 2,09<br>(2,18) | 2,03<br>(2,07) | 1,96           | 1,85           | 1,75           | 1,67           | 1,60           | 1,54         | 1,43         | 1,33         | 1,24         |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                         |                | 2,12           | 2,02           | 1,92           | 1,82           | 1,73           | 1,66           | 1,59         | 1,48         | 1,37         | 1,29         |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                         |                |                | 2,07           | 1,98           | 1,88           | 1,79           | 1,72<br>1,97   | 1,65<br>1,89 | 1,53<br>1,76 | 1,42<br>1,58 | 1,33<br>1,39 |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                         |                |                |                |                |                |                |                | 1,64         | 1,42<br>1,03 | 1,22         | 1,07         |
|                            | 26                      |                                                                                                                                                                                         |                |                |                |                |                |                |                |              |              |              |              |
| 33                         | 6                       | 1,97<br>(2,34)                                                                                                                                                                          | 1,90<br>(2,20) | 1,84<br>(2,09) | 1,79<br>(1,99) | 1,74<br>(1,87) | 1,69<br>(1,78) | 1,65<br>(1,70) | 1,61<br>(1,62) | 1,56         | 1,45         | 1,34         | 1,26         |
|                            | 7                       | 2,10<br>(2,40)                                                                                                                                                                          | 2,03<br>(2,26) | 1,97<br>(2,15) | 1,92<br>(2,05) | 1,87<br>(1,95) | 1,82<br>(1,85) | 1,76           | 1,68           | 1,62         | 1,51         | 1,40         | 1,31         |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                         | 2,18<br>(2,36) | 2,12<br>(2,24) | 2,07<br>(2,13) | 2,02<br>(2,04) | 1,95           | 1,86           | 1,78           | 1,71         | 1,59         | 1,48         | 1,38         |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                         |                | 2,33           | 2,22           | 2,12           | 2,04           | 1,96           | 1,87           | 1,80         | 1,68         | 1,55         | 1,45         |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                         |                |                | 2,30           | 2,20           | 2,12           | 2,04           | 1,96<br>2,27   | 1,88<br>2,19 | 1,75<br>2,07 | 1,62<br>1,93 | 1,52<br>1,80 |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                         |                |                |                |                |                |                |                | 2,19         | 1,90<br>1,37 | 1,63<br>1,18 | 1,42<br>1,03 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                                                                         |                |                |                |                |                |                |                |              |              |              |              |

( ) Klammerwerte nur für Durchlaufträger im Montagezustand empfohlen

# FILIGRAN-Decken im Montagezustand

## Montagestützweiten für Obergurt $\varnothing$ 10 mm

FI – NORM  
E-1-2100 4/10

| Träger-<br>abstand<br>[cm] | Träger-<br>höhe<br>[cm] | Zulässige Montagestützweiten [m] für Gitterträger<br>mit <b>Obergurt <math>\varnothing</math> 10 mm und Diagonalen <math>\varnothing</math> 6 mm</b><br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|----------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                            |                         | 10                                                                                                                                                                                       | 12             | 14             | 16             | 18             | 20             | 22             | 24             | 26             | 30             | 35             | 40             |
| 75                         | 6                       | 1,94<br>(2,28)                                                                                                                                                                           | 1,87<br>(2,15) | 1,82<br>(2,04) | 1,76<br>(1,92) | 1,71<br>(1,81) | 1,66<br>(1,72) | 1,62<br>(1,64) | 1,57           | 1,51           | 1,42           | 1,33           | 1,26           |
|                            | 7                       | 2,05<br>(2,31)                                                                                                                                                                           | 1,99<br>(2,18) | 1,93<br>(2,07) | 1,88<br>(1,96) | 1,82<br>(1,85) | 1,75           | 1,67           | 1,60           | 1,54           | 1,44           | 1,35           | 1,27           |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                          | 2,10<br>(2,20) | 2,04<br>(2,08) | 1,98           | 1,87           | 1,77           | 1,69           | 1,62           | 1,55           | 1,45           | 1,36           | 1,29           |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          |                | 2,10           | 2,00           | 1,89           | 1,79           | 1,71           | 1,64           | 1,57           | 1,47           | 1,38           | 1,30           |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                          |                |                | 2,02           | 1,91           | 1,81           | 1,73           | 1,65<br>1,65   | 1,59<br>1,59   | 1,48<br>1,48   | 1,39<br>1,39   | 1,31<br>1,31   |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                          |                |                |                |                |                |                |                | 1,59           | 1,46<br>1,21   | 1,25<br>1,04   | 1,09           |
| 62,5                       | 6                       | 2,05<br>(2,50)                                                                                                                                                                           | 1,98<br>(2,36) | 1,92<br>(2,23) | 1,87<br>(2,13) | 1,82<br>(2,04) | 1,77<br>(1,95) | 1,73<br>(1,86) | 1,69<br>(1,78) | 1,65<br>(1,71) | 1,59           | 1,47           | 1,38           |
|                            | 7                       | 2,16<br>(2,53)                                                                                                                                                                           | 2,09<br>(2,39) | 2,03<br>(2,26) | 1,98<br>(2,16) | 1,93<br>(2,07) | 1,89<br>(1,98) | 1,84<br>(1,89) | 1,80<br>(1,81) | 1,74           | 1,62           | 1,50           | 1,40           |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                          | 2,20<br>(2,40) | 2,14<br>(2,28) | 2,09<br>(2,18) | 2,04<br>(2,08) | 2,00<br>(2,00) | 1,91           | 1,83           | 1,76           | 1,63           | 1,51           | 1,42           |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          |                | 2,25<br>(2,30) | 2,19           | 2,10           | 2,02           | 1,93           | 1,85           | 1,77           | 1,65           | 1,53           | 1,43           |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                          |                |                | 2,21           | 2,12           | 2,03           | 1,95           | 1,87<br>1,87   | 1,79<br>1,79   | 1,67<br>1,67   | 1,54<br>1,54   | 1,44<br>1,44   |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                          |                |                |                |                |                |                |                | 1,79           | 1,67<br>1,45   | 1,50<br>1,24   | 1,31<br>1,09   |
| 50                         | 6                       | 2,18<br>(2,75)                                                                                                                                                                           | 2,10<br>(2,60) | 2,03<br>(2,46) | 1,97<br>(2,35) | 1,92<br>(2,25) | 1,88<br>(2,16) | 1,84<br>(2,08) | 1,81<br>(2,01) | 1,77<br>(1,93) | 1,70<br>(1,80) | 1,63<br>(1,67) | 1,56           |
|                            | 7                       | 2,29<br>(2,79)                                                                                                                                                                           | 2,21<br>(2,63) | 2,15<br>(2,49) | 2,09<br>(2,38) | 2,04<br>(2,28) | 1,99<br>(2,19) | 1,95<br>(2,11) | 1,92<br>(2,04) | 1,88<br>(1,97) | 1,81<br>(1,83) | 1,69           | 1,58           |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                          | 2,33<br>(2,66) | 2,26<br>(2,53) | 2,20<br>(2,41) | 2,15<br>(2,31) | 2,11<br>(2,22) | 2,07<br>(2,14) | 2,03<br>(2,06) | 2,00           | 1,86           | 1,72           | 1,61           |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          |                | 2,38<br>(2,56) | 2,32<br>(2,44) | 2,27<br>(2,34) | 2,22<br>(2,25) | 2,16           | 2,09           | 2,02           | 1,89           | 1,75           | 1,64           |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                          |                |                | 2,47           | 2,37           | 2,27           | 2,19           | 2,12<br>2,12   | 2,05<br>2,05   | 1,92<br>1,92   | 1,78<br>1,78   | 1,66<br>1,66   |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                          |                |                |                |                |                |                |                | 2,05           | 1,92<br>1,81   | 1,78<br>1,55   | 1,64<br>1,36   |
| 44                         | 6                       | 2,25<br>(2,91)                                                                                                                                                                           | 2,17<br>(2,74) | 2,10<br>(2,60) | 2,04<br>(2,48) | 1,99<br>(2,37) | 1,94<br>(2,28) | 1,90<br>(2,20) | 1,86<br>(2,12) | 1,83<br>(2,06) | 1,76<br>(1,93) | 1,69<br>(1,78) | 1,63<br>(1,67) |
|                            | 7                       | 2,37<br>(2,95)                                                                                                                                                                           | 2,29<br>(2,78) | 2,22<br>(2,64) | 2,16<br>(2,51) | 2,10<br>(2,41) | 2,06<br>(2,31) | 2,01<br>(2,23) | 1,98<br>(2,15) | 1,94<br>(2,08) | 1,88<br>(1,96) | 1,81<br>(1,81) | 1,70           |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                          | 2,41<br>(2,82) | 2,34<br>(2,68) | 2,28<br>(2,55) | 2,22<br>(2,45) | 2,17<br>(2,35) | 2,13<br>(2,26) | 2,09<br>(2,19) | 2,06<br>(2,12) | 2,00           | 1,85           | 1,73           |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          |                | 2,46<br>(2,72) | 2,40<br>(2,59) | 2,34<br>(2,48) | 2,29<br>(2,39) | 2,25<br>(2,30) | 2,21<br>(2,22) | 2,15           | 2,03           | 1,88           | 1,76           |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                          |                |                | 2,63           | 2,52           | 2,42           | 2,34           | 2,26<br>2,26   | 2,18<br>2,18   | 2,06<br>2,06   | 1,92<br>1,92   | 1,79<br>1,79   |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                          |                |                |                |                |                |                |                | 2,18           | 2,06<br>2,06   | 1,92<br>1,77   | 1,79<br>1,55   |
| 33                         | 6                       | 2,45<br>(3,30)                                                                                                                                                                           | 2,36<br>(3,11) | 2,28<br>(2,95) | 2,21<br>(2,82) | 2,15<br>(2,70) | 2,10<br>(2,59) | 2,05<br>(2,50) | 2,01<br>(2,41) | 1,97<br>(2,34) | 1,90<br>(2,20) | 1,83<br>(2,06) | 1,77<br>(1,94) |
|                            | 7                       | 2,57<br>(3,35)                                                                                                                                                                           | 2,48<br>(3,16) | 2,40<br>(2,99) | 2,33<br>(2,86) | 2,27<br>(2,73) | 2,21<br>(2,63) | 2,17<br>(2,53) | 2,12<br>(2,45) | 2,08<br>(2,37) | 2,02<br>(2,23) | 1,95<br>(2,09) | 1,89<br>(1,97) |
|                            | 9                       |                                                                                                                                                                                          | 2,61<br>(3,23) | 2,53<br>(3,06) | 2,46<br>(2,92) | 2,40<br>(2,79) | 2,34<br>(2,69) | 2,29<br>(2,59) | 2,25<br>(2,50) | 2,21<br>(2,42) | 2,14<br>(2,28) | 2,07<br>(2,14) | 2,01<br>(2,02) |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          |                | 2,66<br>(3,13) | 2,59<br>(2,98) | 2,53<br>(2,85) | 2,47<br>(2,74) | 2,42<br>(2,64) | 2,38<br>(2,55) | 2,34<br>(2,47) | 2,27<br>(2,33) | 2,18           | 2,06           |
|                            | 13<br>20                |                                                                                                                                                                                          |                |                | 3,04           | 2,91           | 2,80           | 2,70           | 2,61<br>2,61   | 2,52<br>2,52   | 2,38<br>2,38   | 2,23<br>2,23   | 2,10<br>2,10   |
|                            | 22<br>24                |                                                                                                                                                                                          |                |                |                |                |                |                |                | 2,52           | 2,38<br>2,38   | 2,23<br>2,23   | 2,10<br>2,06   |
|                            | 26                      |                                                                                                                                                                                          |                |                |                |                |                |                |                |                | 2,18           | 1,87           | 1,64           |

( ) Klammerwerte nur für Durchlaufträger im Montagezustand empfohlen

# FILIGRAN-Decken im Montagezustand

## Montagestützweiten für Obergurt $\varnothing$ 12 mm

FI – NORM  
E-1-2100 5/10

| Träger-<br>abstand<br>[cm] | Träger-<br>höhe<br>[cm] | Zulässige Montagestützweiten [m] für Gitterträger<br>mit <b>Obergurt <math>\varnothing</math> 12 mm und Diagonalen <math>\varnothing</math> 7 mm</b> <sup>1)</sup><br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                            |                         | 12                                                                                                                                                                                                     | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 30   |
|                            |                         |                                                                                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 75                         | 9                       | 2,43                                                                                                                                                                                                   | 2,31 | 2,20 | 2,11 | 2,03 | 1,96 | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                                                                                      | 2,53 | 2,41 | 2,31 | 2,22 | 2,14 | 2,06 | -    | -    |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | 2,61 | 2,49 | 2,40 | 2,31 | 2,23 | 2,16 | 1,96 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | 2,67 | 2,58 | 2,47 | 2,39 | 2,26 | 1,96 |
|                            | 17                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | 2,59 | 2,53 | 2,44 | 2,26 | 1,96 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 2,56 | 2,44 | 2,26 | 1,96 |
|                            | 19                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 2,59 | 2,44 | 2,26 | 1,96 |
| 62,5                       | 9                       | 2,67                                                                                                                                                                                                   | 2,53 | 2,42 | 2,31 | 2,21 | 2,14 | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                                                                                      | 2,77 | 2,64 | 2,53 | 2,44 | 2,35 | 2,26 | -    | -    |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | 2,85 | 2,73 | 2,63 | 2,53 | 2,44 | 2,37 | 2,23 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | 2,91 | 2,81 | 2,70 | 2,61 | 2,53 | 2,39 |
|                            | 17                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | 2,84 | 2,77 | 2,68 | 2,59 | 2,35 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 2,81 | 2,71 | 2,62 | 2,35 |
|                            | 19                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 2,84 | 2,74 | 2,65 | 2,35 |
| 55                         | 9                       | 2,80                                                                                                                                                                                                   | 2,70 | 2,57 | 2,46 | 2,37 | 2,27 | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                                                                                      | 2,89 | 2,82 | 2,70 | 2,59 | 2,50 | 2,41 | -    | -    |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | 2,95 | 2,89 | 2,80 | 2,70 | 2,61 | 2,52 | 2,38 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | 3,01 | 2,95 | 2,88 | 2,79 | 2,70 | 2,54 |
|                            | 17                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | 2,97 | 2,93 | 2,85 | 2,76 | 2,61 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 2,98 | 2,89 | 2,80 | 2,64 |
|                            | 19                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,02 | 2,92 | 2,83 | 2,67 |
| 50                         | 9                       | 2,86                                                                                                                                                                                                   | 2,79 | 2,70 | 2,59 | 2,48 | 2,39 | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                                                                                      | 2,96 | 2,89 | 2,82 | 2,72 | 2,62 | 2,52 | -    | -    |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | 3,03 | 2,96 | 2,90 | 2,83 | 2,73 | 2,65 | 2,49 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | 3,08 | 3,02 | 2,96 | 2,91 | 2,83 | 2,67 |
|                            | 17                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | 3,04 | 3,00 | 2,95 | 2,90 | 2,73 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,06 | 3,01 | 2,94 | 2,77 |
|                            | 19                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,12 | 3,06 | 2,97 | 2,80 |
| 44                         | 9                       | 2,96                                                                                                                                                                                                   | 2,88 | 2,81 | 2,74 | 2,56 | 2,65 | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                                                                                      | 3,05 | 2,98 | 2,92 | 2,86 | 2,78 | 2,70 | -    | -    |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | 3,13 | 3,06 | 3,00 | 2,94 | 2,89 | 2,81 | 2,66 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | 3,18 | 3,09 | 3,06 | 3,01 | 2,96 | 2,83 |
|                            | 17                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | 3,14 | 3,10 | 3,05 | 3,00 | 2,88 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,17 | 3,11 | 3,05 | 2,93 |
|                            | 19                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,23 | 3,17 | 3,10 | 2,97 |
| 37                         | 9                       | 3,09                                                                                                                                                                                                   | 3,01 | 2,94 | 2,88 | 2,82 | 2,75 | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                                                                                      | 3,19 | 3,11 | 3,05 | 2,99 | 2,94 | 2,89 | -    | -    |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | 3,27 | 3,19 | 3,13 | 3,07 | 3,02 | 2,97 | 2,87 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | 3,33 | 3,26 | 3,20 | 3,14 | 3,09 | 3,00 |
|                            | 17                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | 3,28 | 3,24 | 3,18 | 3,13 | 3,04 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,31 | 3,25 | 3,19 | 3,10 |
|                            | 19                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,37 | 3,31 | 3,25 | 3,16 |
| 33                         | 9                       | 3,18                                                                                                                                                                                                   | 3,09 | 3,03 | 2,96 | 2,90 | 2,85 | 2,80 | 2,72 | 2,56 |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                                                                                      | 3,28 | 3,20 | 3,13 | 3,07 | 3,02 | 2,96 | 2,91 | 2,83 |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | 3,36 | 3,28 | 3,22 | 3,16 | 3,11 | 3,06 | 2,97 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | 3,42 | 3,35 | 3,29 | 3,23 | 3,18 | 3,07 |
|                            | 17                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | 3,37 | 3,33 | 3,27 | 3,22 | 3,13 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,40 | 3,34 | 3,28 | 3,19 |
|                            | 19                      | -                                                                                                                                                                                                      | -    | -    | -    | -    | 3,46 | 3,40 | 3,34 | 3,25 |

<sup>1)</sup> Bei Bauhöhen von 9 bis 12 cm Diagonalen  $\varnothing$  6 mm  
Untergurte mindestens  $\varnothing$  6 mm

6/2016

# FILIGRAN-Decken im Montagezustand

## Montagestützweiten für Obergurt ø 16 mm

FI – NORM  
E-1-2100 6/10

| Träger-<br>abstand<br>[cm] | Träger-<br>höhe<br>[cm] | Zulässige Montagestützweiten [m] für Gitterträger<br>mit <b>Obergurt ø 16 mm und Diagonalen ø 7 mm</b><br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                            |                         | 12                                                                                                                                         | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 30   |
| 75                         | 7                       | 2,24                                                                                                                                       | 2,17 | 2,10 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 8                       | 2,40                                                                                                                                       | 2,33 | 2,27 | 2,21 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 9                       | 2,61                                                                                                                                       | 2,54 | 2,47 | 2,41 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                          | 2,83 | 2,75 | 2,69 | 2,63 | 2,57 | 2,44 | 2,26 | 1,96 |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                          | -    | 2,96 | 2,88 | 2,82 | 2,67 | 2,44 | 2,26 | 1,96 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | 3,03 | 2,87 | 2,67 | 2,44 | 2,26 | 1,96 |
| 62,5                       | 18                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | -    | -    | 2,67 | 2,44 | 2,26 | 1,96 |
|                            | 7                       | 2,37                                                                                                                                       | 2,30 | 2,23 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 8                       | 2,51                                                                                                                                       | 2,44 | 2,38 | 2,33 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 9                       | 2,75                                                                                                                                       | 2,67 | 2,60 | 2,54 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                          | 2,98 | 2,90 | 2,83 | 2,77 | 2,71 | 2,66 | 2,61 | 2,35 |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                          | -    | 3,11 | 3,04 | 2,97 | 2,91 | 2,85 | 2,71 | 2,35 |
| 55                         | 15                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | 3,19 | 3,11 | 3,05 | 2,93 | 2,71 | 2,35 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | -    | -    | 3,20 | 2,93 | 2,71 | 2,35 |
|                            | 7                       | 2,47                                                                                                                                       | 2,39 | 2,32 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 8                       | 2,60                                                                                                                                       | 2,53 | 2,46 | 2,41 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 9                       | 2,84                                                                                                                                       | 2,76 | 2,69 | 2,63 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                          | 3,09 | 3,00 | 2,93 | 2,87 | 2,81 | 2,75 | 2,70 | 2,62 |
| 50                         | 13                      | -                                                                                                                                          | -    | 3,23 | 3,15 | 3,08 | 3,02 | 2,96 | 2,90 | 2,67 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | 3,30 | 3,23 | 3,16 | 3,10 | 3,05 | 2,67 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | -    | -    | 3,34 | 3,27 | 3,08 | 2,67 |
|                            | 7                       | 2,54                                                                                                                                       | 2,46 | 2,39 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 8                       | 2,67                                                                                                                                       | 2,59 | 2,53 | 2,47 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 9                       | 2,91                                                                                                                                       | 2,83 | 2,76 | 2,70 | -    | -    | -    | -    | -    |
| 44                         | 11                      | -                                                                                                                                          | 3,17 | 3,09 | 3,01 | 2,95 | 2,89 | 2,83 | 2,78 | 2,69 |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                          | -    | 3,32 | 3,24 | 3,16 | 3,10 | 3,04 | 2,98 | 2,88 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | 3,39 | 3,32 | 3,25 | 3,19 | 3,13 | 2,93 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | -    | -    | 3,43 | 3,36 | 3,30 | 2,93 |
|                            | 7                       | 2,64                                                                                                                                       | 2,56 | 2,48 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 8                       | 2,76                                                                                                                                       | 2,68 | 2,62 | 2,56 | -    | -    | -    | -    | -    |
| 37                         | 9                       | 3,02                                                                                                                                       | 2,93 | 2,86 | 2,79 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                          | 3,28 | 3,20 | 3,12 | 3,05 | 2,99 | 2,93 | 2,88 | 2,79 |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                          | -    | 3,44 | 3,36 | 3,28 | 3,21 | 3,15 | 3,09 | 2,99 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | 3,52 | 3,44 | 3,37 | 3,30 | 3,24 | 3,14 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | -    | -    | 3,54 | 3,48 | 3,42 | 3,31 |
|                            | 7                       | 2,77                                                                                                                                       | 2,69 | 2,62 | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 33                         | 8                       | 2,88                                                                                                                                       | 2,81 | 2,74 | 2,68 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 9                       | 3,16                                                                                                                                       | 3,07 | 2,99 | 2,92 | -    | -    | -    | -    | -    |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                          | 3,44 | 3,35 | 3,27 | 3,20 | 3,14 | 3,08 | 3,02 | 2,93 |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                          | -    | 3,61 | 3,52 | 3,45 | 3,37 | 3,31 | 3,25 | 3,14 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | 3,69 | 3,61 | 3,54 | 3,47 | 3,41 | 3,29 |
|                            | 18                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | -    | -    | 3,71 | 3,64 | 3,58 | 3,47 |
| 33                         | 7                       | 2,84                                                                                                                                       | 2,76 | 2,70 | 2,64 | 2,59 | 2,54 | -    | -    | -    |
|                            | 8                       | 2,96                                                                                                                                       | 2,88 | 2,81 | 2,75 | 2,70 | 2,65 | -    | -    | -    |
|                            | 9                       | 3,23                                                                                                                                       | 3,14 | 3,07 | 3,00 | 2,94 | 2,89 | 2,84 | 2,80 | 2,71 |
|                            | 11                      | -                                                                                                                                          | 3,49 | 3,41 | 3,34 | 3,27 | 3,21 | 3,16 | 3,11 | 3,02 |
|                            | 13                      | -                                                                                                                                          | -    | 3,66 | 3,58 | 3,51 | 3,45 | 3,39 | 3,33 | 3,24 |
|                            | 15                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | 3,77 | 3,69 | 3,63 | 3,56 | 3,51 | 3,41 |
| 33                         | 18                      | -                                                                                                                                          | -    | -    | -    | -    | 3,81 | 3,74 | 3,68 | 3,58 |

Untergurte mindestens ø 6 mm

6/2016



# FILIGRAN-Decken im Montagezustand

## Montagestützweiten für Obergurt $\varnothing$ 16 mm mit geringen Abständen

FI – NORM  
E-1-2100 7/10

| Träger-<br>abstand<br>[cm] | Träger-<br>höhe<br>[cm] | zulässige Montagestützweiten [m] für Gitterträger<br>mit <b>Obergurt <math>\varnothing</math> 16 mm und Diagonalen <math>\varnothing</math> 7 mm</b><br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von |      |      |      |                                                  |      |      |      |      |
|----------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|--------------------------------------------------|------|------|------|------|
|                            |                         | 12                                                                                                                                                                                       | 14   | 16   | 18   | 20                                               | 22   | 24   | 26   | 30   |
| 25                         | 7                       | 3,08                                                                                                                                                                                     | 3,00 | 2,92 |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 8                       | 3,19                                                                                                                                                                                     | 3,10 | 3,02 | 2,95 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 9                       | 3,47                                                                                                                                                                                     | 3,38 | 3,29 | 3,22 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          | 3,82 | 3,72 | 3,64 | 3,56                                             | 3,50 | 3,43 | 3,37 | 3,26 |
|                            | 13                      |                                                                                                                                                                                          |      | 4,02 | 3,93 | 3,84                                             | 3,76 | 3,69 | 3,62 | 3,51 |
|                            | 15                      |                                                                                                                                                                                          |      |      | 4,11 | 4,02                                             | 3,94 | 3,87 | 3,79 | 3,68 |
|                            | 18                      |                                                                                                                                                                                          |      |      |      |                                                  | 4,13 | 4,05 | 3,99 | 3,86 |
| 16,6                       | 7                       | 3,40                                                                                                                                                                                     | 3,31 | 3,23 |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 8                       | 3,51                                                                                                                                                                                     | 3,42 | 3,34 | 3,27 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 9                       | 3,83                                                                                                                                                                                     | 3,73 | 3,65 | 3,57 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          | 4,22 | 4,12 | 4,03 | 3,95                                             | 3,88 | 3,81 | 3,75 | 3,64 |
|                            | 13                      |                                                                                                                                                                                          |      | 4,47 | 4,38 | 4,29                                             | 4,21 | 4,13 | 4,06 | 3,93 |
|                            | 15                      |                                                                                                                                                                                          |      |      | 4,59 | 4,49                                             | 4,40 | 4,32 | 4,25 | 4,12 |
|                            | 18                      |                                                                                                                                                                                          |      |      |      |                                                  | 4,60 | 4,52 | 4,44 | 4,31 |
| 12,5                       | 7                       | 3,65                                                                                                                                                                                     | 3,56 | 3,47 |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 8                       | 3,77                                                                                                                                                                                     | 3,67 | 3,59 | 3,51 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 9                       | 4,11                                                                                                                                                                                     | 4,01 | 3,91 | 3,83 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          | 4,53 | 4,42 | 4,33 | 4,24                                             | 4,17 | 4,09 | 4,03 | 3,91 |
|                            | 13                      |                                                                                                                                                                                          |      | 4,80 | 4,70 | 4,61                                             | 4,52 | 4,44 | 4,37 | 4,24 |
|                            | 15                      |                                                                                                                                                                                          |      |      | 4,93 | 4,83                                             | 4,75 | 4,66 | 4,58 | 4,44 |
|                            | 18                      |                                                                                                                                                                                          |      |      |      |                                                  | 4,95 | 4,86 | 4,78 | 4,64 |
| 10                         | 7                       | 3,86                                                                                                                                                                                     | 3,76 | 3,67 |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 8                       | 3,99                                                                                                                                                                                     | 3,88 | 3,79 | 3,71 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 9                       | 4,35                                                                                                                                                                                     | 4,24 | 4,14 | 4,05 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          | 4,79 | 4,68 | 4,58 | 4,49                                             | 4,40 | 4,33 | 4,26 | 4,14 |
|                            | 13                      |                                                                                                                                                                                          |      | 5,08 | 4,97 | 4,87                                             | 4,78 | 4,70 | 4,62 | 4,49 |
|                            | 15                      |                                                                                                                                                                                          |      |      | 5,22 | 5,11                                             | 5,02 | 4,93 | 4,85 | 4,71 |
|                            | 18                      |                                                                                                                                                                                          |      |      |      |                                                  | 5,23 | 5,14 | 5,06 | 4,91 |
| Träger-<br>abstand<br>[cm] | Träger-<br>höhe<br>[cm] | erforderliche Feldbewehrung <sup>1)</sup> [cm <sup>2</sup> / m]<br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von                                                                                      |      |      |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            |                         | 12                                                                                                                                                                                       | 14   | 16   | 18   | 20                                               | 22   | 24   | 26   | 30   |
| 25                         | 7                       | 3,22                                                                                                                                                                                     | 3,38 | 3,53 |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 8                       | 2,95                                                                                                                                                                                     | 3,10 | 3,24 | 3,37 | vorh. As <sup>2)</sup> = 2,26 cm <sup>2</sup> /m |      |      |      |      |
|                            | 9                       | 3,04                                                                                                                                                                                     | 3,20 | 3,35 | 3,49 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          | 3,24 | 3,39 | 3,54 | 3,67                                             | 3,81 | 3,92 | 4,03 | 4,27 |
|                            | 13                      |                                                                                                                                                                                          |      | 3,29 | 3,43 | 3,55                                             | 3,67 | 3,79 | 3,89 | 4,11 |
|                            | 15                      |                                                                                                                                                                                          |      |      | 3,30 | 3,42                                             | 3,53 | 3,65 | 3,74 | 3,95 |
|                            | 18                      |                                                                                                                                                                                          |      |      |      |                                                  | 3,12 | 3,22 | 3,33 | 3,51 |
| 16,6                       | 7                       | 3,92                                                                                                                                                                                     | 4,13 | 4,34 |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 8                       | 3,58                                                                                                                                                                                     | 3,78 | 3,96 | 4,14 | vorh. As <sup>2)</sup> = 3,40 cm <sup>2</sup> /m |      |      |      |      |
|                            | 9                       | 3,71                                                                                                                                                                                     | 3,91 | 4,10 | 4,28 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          | 3,97 | 4,16 | 4,35 | 4,52                                             | 4,69 | 4,86 | 5,02 | 5,32 |
|                            | 13                      |                                                                                                                                                                                          |      | 4,08 | 4,26 | 4,43                                             | 4,59 | 4,74 | 4,89 | 5,15 |
|                            | 15                      |                                                                                                                                                                                          |      |      | 4,12 | 4,26                                             | 4,41 | 4,55 | 4,70 | 4,96 |
|                            | 18                      |                                                                                                                                                                                          |      |      |      |                                                  | 3,88 | 4,01 | 4,14 | 4,37 |
| 12,5                       | 7                       | 4,52                                                                                                                                                                                     | 4,76 | 5,00 |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 8                       | 4,13                                                                                                                                                                                     | 4,35 | 4,56 | 4,77 | vorh. As <sup>2)</sup> = 4,52 cm <sup>2</sup> /m |      |      |      |      |
|                            | 9                       | 4,27                                                                                                                                                                                     | 4,51 | 4,73 | 4,94 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          | 4,57 | 4,79 | 5,01 | 5,21                                             | 5,41 | 5,60 | 5,78 | 6,13 |
|                            | 13                      |                                                                                                                                                                                          |      | 4,70 | 4,91 | 5,11                                             | 5,30 | 5,49 | 5,67 | 6,00 |
|                            | 15                      |                                                                                                                                                                                          |      |      | 4,74 | 4,94                                             | 5,12 | 5,29 | 5,46 | 5,76 |
|                            | 18                      |                                                                                                                                                                                          |      |      |      |                                                  | 4,49 | 4,64 | 4,79 | 5,08 |
| 10                         | 7                       | 5,05                                                                                                                                                                                     | 5,33 | 5,59 |      |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 8                       | 4,61                                                                                                                                                                                     | 4,86 | 5,10 | 5,33 | vorh. As <sup>2)</sup> = 5,65 cm <sup>2</sup> /m |      |      |      |      |
|                            | 9                       | 4,78                                                                                                                                                                                     | 5,04 | 5,28 | 5,52 |                                                  |      |      |      |      |
|                            | 11                      |                                                                                                                                                                                          | 5,11 | 5,36 | 5,60 | 5,83                                             | 6,05 | 6,26 | 6,46 | 6,86 |
|                            | 13                      |                                                                                                                                                                                          |      | 5,25 | 5,49 | 5,71                                             | 5,93 | 6,13 | 6,34 | 6,72 |
|                            | 15                      |                                                                                                                                                                                          |      |      | 5,30 | 5,52                                             | 5,73 | 5,93 | 6,12 | 6,50 |
|                            | 18                      |                                                                                                                                                                                          |      |      |      |                                                  | 5,02 | 5,19 | 5,37 | 5,69 |

<sup>1)</sup> einschließlich Gitterträgeruntergurte

<sup>2)</sup> vorhandene Biegezugbewehrung der Gitterträgeruntergurte  $\varnothing$  6 mm

6/2016

# FILIGRAN-Decken im Montagezustand

Montagestützweiten für EV-Gitterträger mit Obergurt ø 16 mm

FI – NORM

E-1-2100 8/10

| Träger-<br>abstand<br>[cm] | Träger-<br>höhe<br>[cm] | Zulässige Montagestützweiten [m] für EV-Gitterträger<br>mit Obergurt ø 16 mm und Diagonalen ø 9 mm<br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                            |                         | 22                                                                                                                                     | 24   | 26   | 28   | 30   | 32   | 34   | 36   | 38   | 40   | 42   | 44   |
| 62,5                       | 18                      | 3,52                                                                                                                                   | 3,29 | 3,08 | 2,90 | 2,74 | 2,59 | 2,46 | 2,35 | 2,24 | 2,14 | 2,05 | 1,97 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 3,29 | 3,08 | 2,90 | 2,74 | 2,59 | 2,46 | 2,35 | 2,24 | 2,14 | 2,05 | 1,97 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 3,08 | 2,90 | 2,74 | 2,59 | 2,46 | 2,35 | 2,24 | 2,14 | 2,05 | 1,97 |
|                            | 24                      |                                                                                                                                        |      |      | 2,90 | 2,74 | 2,59 | 2,46 | 2,35 | 2,24 | 2,14 | 2,05 | 1,97 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 2,74 | 2,59 | 2,46 | 2,35 | 2,24 | 2,14 | 2,05 | 1,97 |
|                            | 28                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      | 2,59 | 2,46 | 2,35 | 2,24 | 2,14 | 2,05 | 1,97 |
| 50                         | 18                      | 4,05                                                                                                                                   | 3,91 | 3,79 | 3,62 | 3,42 | 3,24 | 3,08 | 2,93 | 2,80 | 2,68 | 2,57 | 2,46 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 4,07 | 3,85 | 3,62 | 3,42 | 3,24 | 3,08 | 2,93 | 2,80 | 2,68 | 2,57 | 2,46 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 3,85 | 3,62 | 3,42 | 3,24 | 3,08 | 2,93 | 2,80 | 2,68 | 2,57 | 2,46 |
|                            | 24                      |                                                                                                                                        |      |      | 3,62 | 3,42 | 3,24 | 3,08 | 2,93 | 2,80 | 2,68 | 2,57 | 2,46 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 3,42 | 3,24 | 3,08 | 2,93 | 2,80 | 2,68 | 2,57 | 2,46 |
|                            | 28                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      | 3,24 | 3,08 | 2,93 | 2,80 | 2,68 | 2,57 | 2,46 |
| 33                         | 18                      | 4,53                                                                                                                                   | 4,44 | 4,35 | 4,27 | 4,20 | 4,13 | 4,07 | 4,01 | 3,96 | 3,88 | 3,80 | 3,72 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 4,59 | 4,50 | 4,42 | 4,36 | 4,29 | 4,23 | 4,16 | 4,10 | 4,03 | 3,89 | 3,73 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 4,70 | 4,62 | 4,54 | 4,47 | 4,40 | 4,34 | 4,24 | 4,06 | 3,89 | 3,73 |
|                            | 24                      |                                                                                                                                        |      |      | 4,76 | 4,68 | 4,61 | 4,54 | 4,44 | 4,24 | 4,06 | 3,89 | 3,73 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 4,80 | 4,72 | 4,64 | 4,44 | 4,24 | 4,06 | 3,89 | 3,73 |
|                            | 28                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      | 4,83 | 4,67 | 4,44 | 4,24 | 4,06 | 3,89 | 3,73 |
| 20                         | 18                      | 5,04                                                                                                                                   | 4,93 | 4,83 | 4,74 | 4,66 | 4,59 | 4,52 | 4,45 | 4,39 | 4,34 | 4,29 | 4,24 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 5,12 | 5,01 | 4,92 | 4,84 | 4,76 | 4,69 | 4,62 | 4,56 | 4,50 | 4,45 | 4,40 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 5,22 | 5,13 | 5,04 | 4,96 | 4,88 | 4,81 | 4,75 | 4,69 | 4,63 | 4,58 |
|                            | 24                      |                                                                                                                                        |      |      | 5,29 | 5,20 | 5,12 | 5,04 | 4,97 | 4,90 | 4,84 | 4,78 | 4,73 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 5,32 | 5,23 | 5,16 | 5,08 | 5,01 | 4,95 | 4,89 | 4,83 |
|                            | 28                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      | 5,35 | 5,26 | 5,19 | 5,12 | 5,06 | 4,99 | 4,94 |
| 10                         | 18                      | 5,89                                                                                                                                   | 5,77 | 5,65 | 5,55 | 5,45 | 5,37 | 5,28 | 5,21 | 5,14 | 5,07 | 5,01 | 4,95 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 5,97 | 5,85 | 5,75 | 5,66 | 5,57 | 5,48 | 5,41 | 5,34 | 5,27 | 5,20 | 5,14 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 6,11 | 5,99 | 5,89 | 5,80 | 5,71 | 5,63 | 5,55 | 5,48 | 5,42 | 5,35 |
|                            | 24                      |                                                                                                                                        |      |      | 6,19 | 6,08 | 5,98 | 5,89 | 5,81 | 5,73 | 5,66 | 5,59 | 5,52 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 6,21 | 6,11 | 6,02 | 5,94 | 5,86 | 5,78 | 5,71 | 5,65 |
|                            | 28                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      | 6,24 | 6,14 | 6,06 | 5,97 | 5,90 | 5,83 | 5,76 |
| Träger-<br>abstand<br>[cm] | 30                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      | 6,26 | 6,17 | 6,09 | 6,01 | 5,93 | 5,87 |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Träger-<br>abstand<br>[cm] | Träger-<br>höhe<br>[cm] | erforderliche Feldbewehrung <sup>1)</sup> [cm <sup>2</sup> /m]<br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         | 22                                                                                                                                     | 24   | 26   | 28   | 30   | 32   | 34   | 36   | 38   | 40   | 42   | 44   |
| 62,5                       | 18                      | 2,30                                                                                                                                   | 2,15 | 2,02 | 1,90 | 1,79 | 1,70 | 1,61 | 1,54 | 1,47 | 1,40 | 1,34 | 1,29 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 1,92 | 1,80 | 1,69 | 1,60 | 1,52 | 1,44 | 1,37 | 1,31 | 1,25 | 1,20 | 1,15 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 1,63 | 1,53 | 1,45 | 1,37 | 1,30 | 1,24 | 1,18 | 1,13 | 1,09 | 1,04 |
|                            | 24                      | vorh. As <sup>2)</sup> = 0,90 cm <sup>2</sup> /m                                                                                       |      |      | 1,39 | 1,31 | 1,24 | 1,18 | 1,12 | 1,07 | 1,03 | 0,98 | 0,94 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 1,21 | 1,15 | 1,09 | 1,04 | 0,99 | 0,95 | 0,91 | 0,87 |
|                            | 28                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      | 1,06 | 1,01 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,84 | 0,81 |
| 50                         | 18                      | 3,06                                                                                                                                   | 3,06 | 3,06 | 2,98 | 2,81 | 2,66 | 2,53 | 2,41 | 2,30 | 2,20 | 2,11 | 2,02 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 2,96 | 2,83 | 2,66 | 2,51 | 2,38 | 2,26 | 2,15 | 2,06 | 1,97 | 1,89 | 1,81 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 2,57 | 2,41 | 2,28 | 2,16 | 2,05 | 1,95 | 1,87 | 1,78 | 1,71 | 1,64 |
|                            | 24                      | vorh. As <sup>2)</sup> = 1,13 cm <sup>2</sup> /m                                                                                       |      |      | 2,20 | 2,07 | 1,96 | 1,87 | 1,78 | 1,70 | 1,62 | 1,56 | 1,49 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 1,93 | 1,83 | 1,73 | 1,65 | 1,58 | 1,51 | 1,45 | 1,39 |
|                            | 28                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      | 1,70 | 1,61 | 1,54 | 1,47 | 1,40 | 1,34 | 1,29 |
| 33                         | 18                      | 3,86                                                                                                                                   | 3,96 | 4,06 | 4,16 | 4,25 | 4,34 | 4,44 | 4,53 | 4,62 | 4,64 | 4,64 | 4,64 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 3,80 | 3,89 | 3,99 | 4,11 | 4,19 | 4,30 | 4,37 | 4,45 | 4,48 | 4,36 | 4,19 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 3,87 | 3,97 | 4,06 | 4,15 | 4,23 | 4,32 | 4,33 | 4,15 | 3,97 | 3,81 |
|                            | 24                      | vorh. As <sup>2)</sup> = 1,71 cm <sup>2</sup> /m                                                                                       |      |      | 3,86 | 3,95 | 4,03 | 4,12 | 4,15 | 3,96 | 3,79 | 3,63 | 3,48 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 3,88 | 3,96 | 4,03 | 3,88 | 3,71 | 3,55 | 3,40 | 3,26 |
|                            | 28                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      | 3,88 | 3,82 | 3,63 | 3,47 | 3,32 | 3,18 | 3,05 |
| 20                         | 18                      | 4,86                                                                                                                                   | 4,98 | 5,11 | 5,23 | 5,35 | 5,47 | 5,58 | 5,69 | 5,81 | 5,92 | 6,03 | 6,13 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 4,85 | 4,97 | 5,09 | 5,21 | 5,32 | 5,44 | 5,55 | 5,66 | 5,76 | 5,87 | 5,97 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 4,99 | 5,11 | 5,23 | 5,34 | 5,45 | 5,57 | 5,67 | 5,78 | 5,89 | 5,99 |
|                            | 24                      | vorh. As <sup>2)</sup> = 2,83 cm <sup>2</sup> /m                                                                                       |      |      | 5,03 | 5,15 | 5,26 | 5,37 | 5,48 | 5,59 | 5,70 | 5,80 | 5,90 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 5,17 | 5,28 | 5,39 | 5,50 | 5,61 | 5,72 | 5,82 | 5,93 |
|                            | 28                      | Passplattenfaktor <sup>3)</sup> = 1,02                                                                                                 |      |      |      |      | 5,28 | 5,39 | 5,50 | 5,61 | 5,71 | 5,82 | 5,92 |
| 10                         | 18                      | 6,75                                                                                                                                   | 6,92 | 7,09 | 7,26 | 7,43 | 7,59 | 7,75 | 7,91 | 8,06 | 8,22 | 8,37 | 8,52 |
|                            | 20                      |                                                                                                                                        | 6,76 | 6,93 | 7,11 | 7,29 | 7,45 | 7,61 | 7,77 | 7,94 | 8,07 | 8,22 | 8,36 |
|                            | 22                      |                                                                                                                                        |      | 7,06 | 7,23 | 7,40 | 7,56 | 7,72 | 7,88 | 8,03 | 8,19 | 8,34 | 8,48 |
|                            | 24                      | vorh. As <sup>2)</sup> = 5,65 cm <sup>2</sup> /m                                                                                       |      |      | 7,20 | 7,37 | 7,53 | 7,69 | 7,84 | 8,00 | 8,15 | 8,30 | 8,45 |
|                            | 26                      |                                                                                                                                        |      |      |      | 7,54 | 7,70 | 7,86 | 8,03 | 8,18 | 8,34 | 8,49 | 8,64 |
|                            | 28                      | Passplattenfaktor <sup>3)</sup> = 1,15                                                                                                 |      |      |      |      | 7,84 | 8,01 | 8,17 | 8,33 | 8,49 | 8,65 | 8,80 |
| Träger-<br>abstand<br>[cm] | 30                      |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      | 8,12 | 8,29 | 8,45 | 8,61 | 8,77 | 8,92 |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                            |                         |                                                                                                                                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

<sup>1)</sup> einschließlich Gitterträgeruntergurte

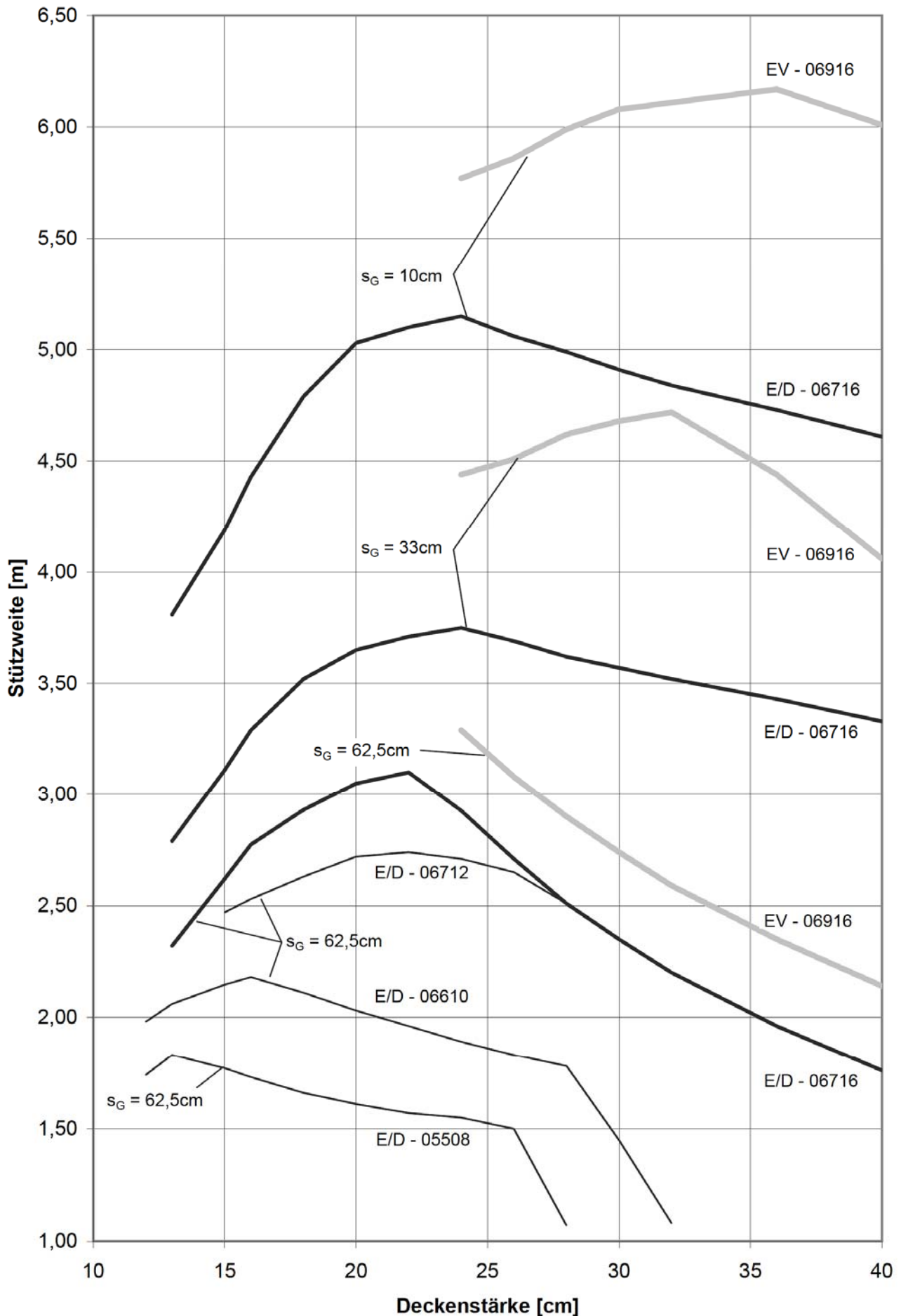
<sup>2)</sup> vorhandene Biegezugbewehrung der Gitterträgeruntergurte ø 6 mm

<sup>3)</sup> Erhöhungsfaktor für erf. As bei Passplatten mit 2 Gitterträgern

6/2016

Änderungen vorbehalten.

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme, Lese.

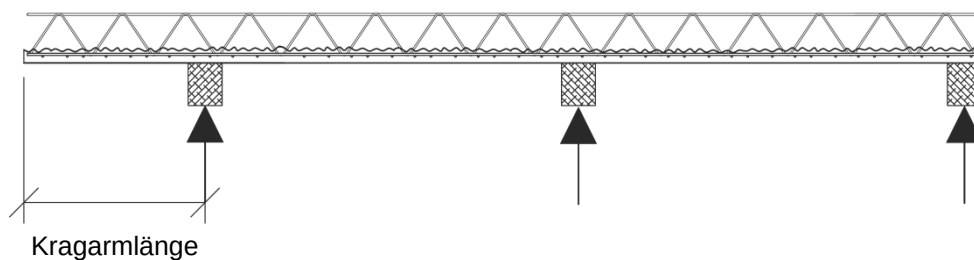


# FILIGRAN-Decken im Montagezustand

## Kragarme mit E/D - 06 6 10

FI – NORM  
E-1-2100 10/10

| Gitterträger-<br>abstand<br>[cm] |              | Obergurt $\varnothing$ 10 mm und Diagonalen $\varnothing$ 6 mm<br>bei einer Gesamtdicke h [cm] von |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                                  | höhe<br>[cm] | 10                                                                                                 | 12   | 14   | 16   | 20   | 22   | 24   | 26   | 30   | 35   | 40   |  |
| 75                               | 6            | 0,87                                                                                               | 0,83 | 0,79 | 0,74 | 0,66 | 0,63 | 0,61 | 0,58 | 0,54 | 0,50 | 0,47 |  |
|                                  | 7            |                                                                                                    | 0,88 | 0,82 | 0,76 | 0,68 | 0,65 | 0,62 | 0,60 | 0,56 | 0,52 | 0,48 |  |
|                                  | 8            |                                                                                                    | 0,89 | 0,82 | 0,77 | 0,69 | 0,66 | 0,63 | 0,60 | 0,56 | 0,52 | 0,49 |  |
|                                  | 10           |                                                                                                    |      | 0,84 | 0,79 | 0,70 | 0,67 | 0,64 | 0,62 | 0,57 | 0,53 | 0,50 |  |
|                                  | 12           |                                                                                                    |      |      | 0,80 | 0,71 | 0,68 | 0,65 | 0,63 | 0,58 | 0,54 | 0,51 |  |
|                                  | 14 - 20      |                                                                                                    |      |      |      | 0,72 | 0,69 | 0,66 | 0,63 | 0,59 | 0,55 | 0,51 |  |
| 60                               | 6            | 0,99                                                                                               | 0,94 | 0,90 | 0,87 | 0,82 | 0,80 | 0,76 | 0,73 | 0,68 | 0,63 | 0,59 |  |
|                                  | 7            |                                                                                                    | 1,00 | 0,96 | 0,93 | 0,86 | 0,82 | 0,78 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,61 |  |
|                                  | 8            |                                                                                                    | 1,03 | 0,99 | 0,96 | 0,86 | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,70 | 0,65 | 0,61 |  |
|                                  | 10           |                                                                                                    |      | 1,05 | 0,98 | 0,88 | 0,83 | 0,80 | 0,77 | 0,71 | 0,66 | 0,62 |  |
|                                  | 12           |                                                                                                    |      |      | 0,99 | 0,89 | 0,85 | 0,81 | 0,78 | 0,73 | 0,67 | 0,63 |  |
|                                  | 14 - 20      |                                                                                                    |      |      |      | 0,89 | 0,85 | 0,82 | 0,78 | 0,73 | 0,68 | 0,63 |  |
| 50                               | 6            | 1,08                                                                                               | 1,02 | 0,97 | 0,93 | 0,88 | 0,86 | 0,84 | 0,82 | 0,78 | 0,72 | 0,68 |  |
|                                  | 7            |                                                                                                    | 1,08 | 1,03 | 1,00 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,86 | 0,80 | 0,74 | 0,69 |  |
|                                  | 8            |                                                                                                    | 1,11 | 1,07 | 1,03 | 0,97 | 0,94 | 0,90 | 0,87 | 0,81 | 0,75 | 0,70 |  |
|                                  | 10           |                                                                                                    |      | 1,13 | 1,09 | 1,01 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,82 | 0,76 | 0,71 |  |
|                                  | 12           |                                                                                                    |      |      | 1,15 | 1,03 | 0,98 | 0,94 | 0,90 | 0,84 | 0,78 | 0,73 |  |
|                                  | 14 - 20      |                                                                                                    |      |      |      | 1,04 | 0,99 | 0,95 | 0,91 | 0,85 | 0,79 | 0,73 |  |
| 40                               | 6            | 1,16                                                                                               | 1,11 | 1,07 | 1,02 | 0,96 | 0,93 | 0,91 | 0,89 | 0,85 | 0,82 | 0,79 |  |
|                                  | 7            |                                                                                                    | 1,17 | 1,13 | 1,08 | 1,02 | 0,99 | 0,97 | 0,95 | 0,91 | 0,86 | 0,80 |  |
|                                  | 8            |                                                                                                    | 1,21 | 1,16 | 1,12 | 1,05 | 1,02 | 1,00 | 0,98 | 0,94 | 0,87 | 0,81 |  |
|                                  | 10           |                                                                                                    |      | 1,23 | 1,19 | 1,12 | 1,09 | 1,06 | 1,04 | 0,96 | 0,89 | 0,83 |  |
|                                  | 12           |                                                                                                    |      |      | 1,35 | 1,21 | 1,15 | 1,10 | 1,06 | 0,99 | 0,91 | 0,86 |  |
|                                  | 14 - 20      |                                                                                                    |      |      |      | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,87 |  |





Fachvereinigung  
Betonbauteile  
mit Gitterträgern



## Verlegeanleitung **Elementdecken**





# Vorbemerkung

Vor der Planung bzw. vor Produktionsbeginn ist folgendes zu klären:

- Elementgrößen bezüglich der vorhandenen Krantragkraft prüfen - dabei auch LKW-Abladestandort beachten
- eventuelle Lieferabschnitte/Lieferreihenfolge der Fertigteile festlegen
- Zufahrtsmöglichkeit für schwere Lastzüge und gegebenenfalls Autokran zur Abladestelle prüfen/sicherstellen
- mögliche Fahrzeugart klären (Hängerzug, Sattelaufleger, Motorwagen)

## 1. Was vor der Anlieferung erledigt sein muss

- Erforderliche Geräte und Material disponieren:  
Montagestützen (Sprieße), Kanthölzer oder Schalungsträger, Bretter, Schalmaterial, Nivelliergerät, Absturzgerüste, Ausgleichsgehänge zum Abladen, eventuell Traversen bei großen Elementlängen, Rüttler, Abziehlatten usw.
- Verlegeplanmaße mit den Bau-Ist-Maßen auf Übereinstimmung prüfen (siehe Bild 1).
- Wie im Verlegeplan angegeben, sind Montagejoche über die Elementbreite anzuordnen. Auf saubere und ebene Oberseiten der Kanthölzer achten. Die Montagejoche müssen grundsätzlich senkrecht zu den Gitterträgern verlaufen. Die Stützen müssen ausreichend tragfähig sein und gegen Umkippen bzw. Verschieben durch Aussteifungen gesichert werden.
- Bei Auflagertiefe kleiner als 3,5 cm ist ein Montagejoch im Abstand von maximal 30 cm von der Auflagervorderkante erforderlich (siehe Bild 2)!
- Auflagerbereiche der Elemente bezüglich Höhe und ausreichender Tiefe kontrollieren.
- Absturzsicherungen an Deckenrändern gemäß BG-Vorschriften anbringen.



Bild 1

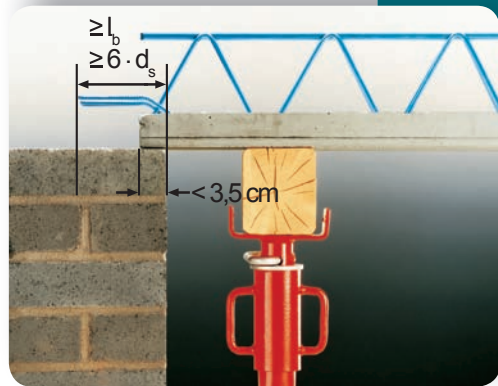


Bild 2



Bild 3

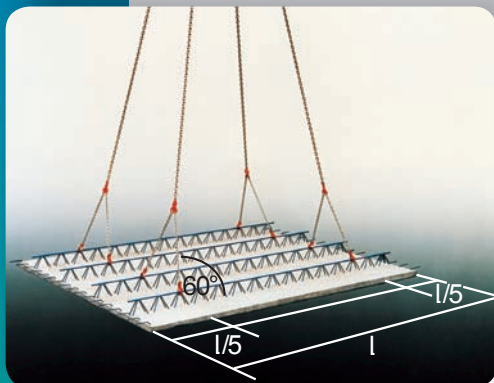


Bild 4

## 2. Beim Abladen ist folgendes zu beachten

- Die Elemente müssen normgerecht gekennzeichnet sein.
- Vor Beginn des Abladens die Elementnummern auf Übereinstimmung mit Verlegeplan prüfen.
- Elemente auf Beschädigungen oder Fehler prüfen.
- Geeignetes Krangelänge verwenden. Es müssen Gehänge mit Lastausgleichsvorrichtung verwendet werden, um die Lasten der einzelnen Haken auszugleichen (Beispiel siehe Bild 4).  
Bei großen Elementlängen sind eventuell besondere Maßnahmen (Traversen) notwendig.
- Haken nur in die Gitterträger-Knotenpunkte einhängen (siehe Bild 3).
- Haken vom Rand weg etwa bei  $1/5$  der Elementlänge einhängen (siehe Bild 4).
- Nie unter den am Kranhaken schwebenden Elementen aufhalten!
- Bei Zwischenlagerung der Elemente auf der Baustelle: Kanthölzer über die gesamte Elementbreite alle 2 m eben und auf tragfähigem Untergrund quer zu den Gitterträgern auslegen. Maximale Höhe des Stapels: 1,50 m.

### 3. Wichtig beim Verlegen

- Immer von Zwangspunkten aus mit der Verlegung beginnen (z. B.: Fahrstuhlschacht, Treppenöffnungen, Unterzüge).
- Bei großen Verlegefeldern: Ein oder mehrere Zwischenmaße von Elementkanten anreißen, um Montagetoleranzen ausgleichen zu können.
- Bei Auflagertiefen der Elemente, die größer als 4,0 cm sind, ist ein vollflächiges Mörtelbett erforderlich.
- Im Bereich von Zwischentragwänden muss der Abstand von zwei zusammentreffenden Elementkanten mindestens 3,5 cm betragen, um ein korrektes Einbringen und Verdichten des Betons in der Fuge zu gewährleisten (siehe Bild 5).



Bild 5



Bild 6

### 4. Arbeiten vor dem Betonieren

- Aussparungen, Treppenaufleger, Einbauteile und Gitterträgerhöhen maßlich und auf Vollständigkeit prüfen.
- Aussparungen bis Oberkante Decke abschalen.
- Freie Ränder abschalen.
- Eventuelle Elektroinstallationen oder sonstige Einbauteile einbauen. Bei Bohr- und Stemmarbeiten beachten, dass kraterförmige Ausbrüche an der Unterseite entstehen, wenn fälschlich von oben nach unten gebohrt/gestemmt wird!
- Stoßfugenbewehrung gemäß Angaben im Verlegeplan verlegen. Sie muss mindestens um das im Plan angegebene Maß  $l_s$  über den Plattenstoß reichen (siehe Bild 6).
- Eventuelle Querbewehrung und sonstige Zulagen auf den Elementplatten gemäß Verlegeplan einbauen.
- Obere Bewehrungslage gemäß Bewehrungsplan „obere Lage“ einbauen.
- Kontrolle der oberen Betondeckung.
- Falls mehrteilige Iso-Körbe in den Elementen eingebaut sind: Die lose mitgelieferten Oberteile gemäß Einbauskizze montieren.
- Falls gefordert: Bewehrung durch Statiker oder Prüfstatiker abnehmen lassen.
- Lage der Elemente hinsichtlich Höhe bzw. Versätze von unten prüfen.
- Eventuelle Spalte durch geeignete Maßnahmen schließen.
- Elementplatten von Verunreinigungen säubern und ausreichend wässern.
- Lage und Tragfähigkeit der Montageunterstützung nochmals prüfen.
- Bei Bestellung des Ortbetons: Betongüte und Konsistenz gemäß Angaben auf den Plänen.



**Fachvereinigung  
Betonbauteile  
mit Gitterträgern**



## 5. So läuft das Betonieren richtig ab

- Beim Verfüllen von einem Auflager aus beginnen.
- Keine Anhäufungen des Betons auf den Elementen entstehen lassen - bei Anhäufungen besteht die Gefahr von größeren Durchbiegungen und Rissen!
- Beton in einem Arbeitsgang und einer Lage einbringen.
- Beton fachgerecht verdichten.
- Einige Zeit nach dem Betonieren eventuell ausgetretene Betonschlämme entfernen.

## 6. Wichtig nach dem Betonieren

- Montageunterstützungen dürfen erst nach ausreichender Erhärtung des Betons entfernt werden.
- Werden Montageunterstützungen für darüber liegende Decken auf eine Decke gestellt, so muss diese durch eine ausreichende Anzahl von Hilfsstützen gegen Überlastung gesichert werden.
- Der frisch eingebaute Ortbeton muss durch geeignete Maßnahmen vor Austrocknung gemäß DIN 1045-3 geschützt werden (Abdecken, Sperrschicht, Wässern ...).



*Diese Verlegeanleitung wurde nach bestem Wissen und mit unserer jahrzehntelangen Erfahrung entsprechend Normen und Zulassung verfasst und soll Sie bei der Montage von Elementdecken beraten.  
Eine Verbindlichkeit kann daraus nicht abgeleitet werden.  
Technische bzw. statische Änderungen bleiben vorbehalten.*

Stand: 02/2008

Herausgegeben von

**Fachvereinigung Betonbauteile  
mit Gitterträgern e.V.**  
Raiffeisenstraße 8  
30938 Burgwedel

Telefon 0 51 39 / 95 99 30  
Telefax 0 51 39 / 99 94 50  
[www.fachvereinigung-bmg.de](http://www.fachvereinigung-bmg.de)  
[info@betonverbaende-nord.de](mailto:info@betonverbaende-nord.de)

- Mitglied der Betonbauteile Deutschland (BDB) -

Überreicht von

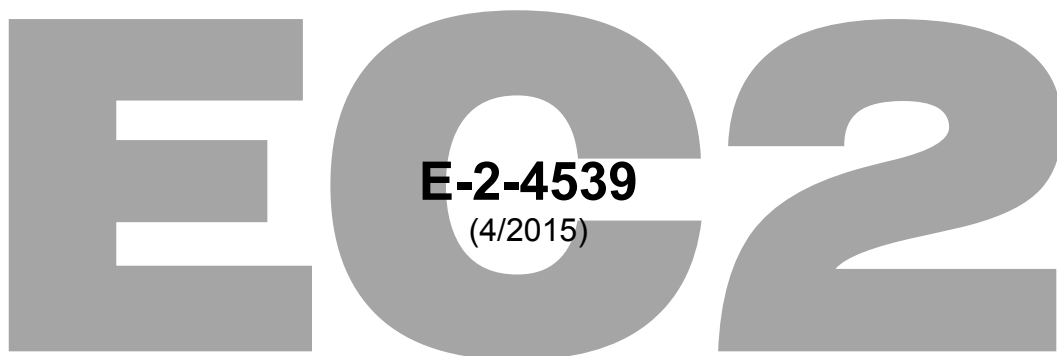
**FILIGRAN**  
Trägersysteme  
GmbH & Co. KG  
Zappenberg 6  
31 633 Leese  
[www.filigran.de](http://www.filigran.de)





# **FILIGRAN-Decken** im Endzustand

## Querkraftnachweis nach EUROCODE 2



### **Hinweis:**

Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

Die Anwendung von Gitterträgern in Elementdecken erfolgt nach bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt jeweils in Verbindung mit der darin zitierten Bemessungsnorm. Diese Bemessungshilfe dient dem Verbund- bzw. Querkraftnachweis von FILIGRAN-Elementdecken auf der Grundlage der bauaufsichtlichen Zulassungen: Z-15.1-147 FILIGRAN-E-Gitterträger vom 7. Mai 2014, Z-15.1-90 FILIGRAN-D-Gitterträger vom 1. Januar 2015, Z-15.1-93 FILIGRAN-EQ-Gitterträger vom 1. Juli 2014 und ETA-13-0521 FILIGRAN-Durchstanzbewehrung FDB II vom 13. Juni 2013 in Verbindung mit der Bemessungsnorm DIN EN 1992-1-1:2011-01 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau sowie dem zugehörigen Nationalen Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 (EC2).

### 1. Sicherheitskonzept

Der EC2 beruht auf einem Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten. Dabei sind die Lasten 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:

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

mit

$\gamma_F$  = Teilsicherheitsbeiwert für die Lastseite

Der Entwurfswiderstand der Querkraft  $V_{Rd}$  beinhaltet 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 6.2 der DIN EN 1992-1-1 wie bei Ortbetonkonstruktionen sowie zusätzlich die Schubkraftübertragung in der Fuge (Verbundfuge) nachzuweisen.

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

- Einsatz von Normalbeton bis C50/60
- 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/mm<sup>2</sup>] in der Fuge nachzuweisen:

$$v_{Edi} \leq v_{Rdi} \quad (6.23)$$

mit

$$v_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i) \quad [\text{N/mm}^2] \quad (6.24)$$

$\beta$  = Verhältniswert der in der Fuge wirkenden Längskraft (im Standardfall und auf der sicheren Seite liegend gilt  $\beta = 1$ )

$V_{Ed}$  = Bemessungsquerkraft [N]

$z$  = innerer Hebelarm [mm]

$z = 0,9 \cdot d \leq d - 2c_{vl} \geq d - c_{vl} - 30 \text{ mm}$

( $d$  = statische Höhe)

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

$b_i$  = Breite der Verbundfuge [mm]

#### a) Tragfähigkeit der Verbundfuge

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \Sigma v_{Rdi}^* \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25)$$

mit

$c$ ,  $\mu$  und  $v$  nach **Tabelle 1**

$f_{ctd}$  und  $f_{cd}$  nach **Tabelle 2**

$\Sigma v_{Rdi}^*$  = Stahltraganteile verschiedener Gitterträger

$$v_{Rdi}^* = \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \quad [\text{N/mm}^2]$$

mit

$\rho$  = Querschnittsfläche der Verbundbewehrung pro Flächeneinheit [m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>]

$\alpha$  = Neigung der Verbundbewehrung (Diagonalen)

$f_{yd}$  = Bemessungsstreckgrenze der

Verbundbewehrung (hier für glatte Diagonalen:

$f_{yd} = 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 = 365 \text{ N/mm}^2$ )

| Fugenbeschaffenheit | c   | $\mu$ | v   |
|---------------------|-----|-------|-----|
| glatt               | 0,2 | 0,6   | 0,2 |
| rau                 | 0,4 | 0,7   | 0,5 |

**Tabelle 1: Rauigkeitsbeiwerte**

Die Anwendung der Gleichung (6.25) setzt eine definierte Rauigkeit voraus. Maßgebend sind die Kommentare im nationalen Anhang NCI bzw. in Heft 600 DAfStb zu 6.2.5 (2). Danach ist z.B. für eine raue Fuge eine Rautiefe  $R_t = 1,5 \text{ mm}$  mit dem Sandflächenverfahren nach Kaufmann nachzuweisen. Unbehandelte Fertigteiloberflächen, welche mit einer Ausbreitmaßklasse  $\leq F4$  hergestellt werden, können als glatte Fuge eingestuft werden.

Der Bemessungswiderstand des Betontraganteils ist für ausgewählte Parameter in **Tabelle 2** aufgeführt. Bei Elementdecken wird jedoch grundsätzlich empfohlen einen maximalen Gitterträgerabstand von 75 cm einzuhalten, um eine Mindeststeifigkeit der Fertigteilplatten für Transport und Montage zu gewährleisten.

| Beton<br>-güte | $f_{ck}$             | $f_{cd}$    | $f_{ctd}$   | $c \cdot f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |              |
|----------------|----------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|--------------|
|                | [N/mm <sup>2</sup> ] |             |             | Fuge<br>glatt                          | Fuge<br>rau  |
| <b>C20/25</b>  | <b>20</b>            | <b>11,3</b> | <b>0,85</b> | <b>0,170</b>                           | <b>0,340</b> |
| C25/30         | 25                   | 14,2        | 1,02        | 0,204                                  | 0,408        |
| <b>C30/37</b>  | <b>30</b>            | <b>17,0</b> | <b>1,13</b> | <b>0,227</b>                           | <b>0,453</b> |
| C35/45         | 35                   | 19,8        | 1,25        | 0,249                                  | 0,499        |
| <b>C40/50</b>  | <b>40</b>            | <b>22,7</b> | <b>1,42</b> | <b>0,283</b>                           | <b>0,567</b> |
| C45/55         | 45                   | 25,5        | 1,53        | 0,306                                  | 0,612        |
| <b>C50/60</b>  | <b>50</b>            | <b>28,3</b> | <b>1,64</b> | <b>0,329</b>                           | <b>0,657</b> |

**Tabelle 2:** Bemessungswiderstand der Verbundfuge ohne Verbundbewehrung für ausgewählte Parameter

Nach DIN EN 1992-1-1/NA – NCI zu 10.9.3 (NA. 17) wird für Elementdecken, (nur) bei Endauflagern ohne Wandaufasten eine Verbundsicherungsbewehrung von 6 cm<sup>2</sup>/m entlang der Auflagerlinie gefordert. Diese Bewehrung sollte in einem Streifen von 75 cm vom Auflager angeordnet werden.

| Trägerab-<br>stand<br>[cm]  | Trägerhöhe [mm]           |                         |                          |                          |                          |                          |                          |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                             | ≤ 70<br>$\alpha=37^\circ$ | 90<br>$\alpha=46^\circ$ | 150<br>$\alpha=60^\circ$ | 200<br>$\alpha=68^\circ$ | 250<br>$\alpha=72^\circ$ | 320<br>$\alpha=76^\circ$ | 400<br>$\alpha=79^\circ$ |
| Diagonale $\varnothing$ 5mm | 25                        | 0,353                   | 0,348                    | 0,322                    | 0,299                    | 0,285                    | 0,270                    |
|                             | 36                        | 0,245                   | 0,242                    | 0,224                    | 0,208                    | 0,198                    | 0,187                    |
|                             | 42                        | 0,210                   | 0,207                    | 0,192                    | 0,178                    | 0,170                    | 0,161                    |
|                             | 50                        | 0,177                   | 0,174                    | 0,161                    | 0,149                    | 0,143                    | 0,135                    |
|                             | 100*                      | 0,088                   | 0,087                    | 0,081                    | 0,075                    | 0,071                    | 0,064                    |
| Diagonale $\varnothing$ 6mm | 25                        | 0,509                   | 0,501                    | 0,464                    | 0,430                    | 0,410                    | 0,388                    |
|                             | 36                        | 0,353                   | 0,348                    | 0,322                    | 0,299                    | 0,285                    | 0,270                    |
|                             | 42                        | 0,303                   | 0,298                    | 0,276                    | 0,256                    | 0,244                    | 0,231                    |
|                             | 50                        | 0,254                   | 0,250                    | 0,232                    | 0,215                    | 0,205                    | 0,194                    |
|                             | 100*                      | 0,127                   | 0,125                    | 0,116                    | 0,108                    | 0,103                    | 0,093                    |
| Diagonale $\varnothing$ 7mm | 25                        | 0,693                   | 0,682                    | 0,632                    | 0,586                    | 0,559                    | 0,529                    |
|                             | 36                        | 0,481                   | 0,473                    | 0,439                    | 0,407                    | 0,388                    | 0,367                    |
|                             | 42                        | 0,412                   | 0,406                    | 0,376                    | 0,349                    | 0,333                    | 0,315                    |
|                             | 50                        | 0,346                   | 0,341                    | 0,316                    | 0,293                    | 0,279                    | 0,264                    |
|                             | 100*                      | 0,173                   | 0,170                    | 0,158                    | 0,146                    | 0,140                    | 0,126                    |
| Diagonale $\varnothing$ 8mm | 25                        | 0,905                   | 0,890                    | 0,825                    | 0,765                    | 0,730                    | 0,691                    |
|                             | 36                        | 0,628                   | 0,618                    | 0,573                    | 0,531                    | 0,507                    | 0,480                    |
|                             | 42                        | 0,538                   | 0,530                    | 0,491                    | 0,456                    | 0,434                    | 0,411                    |
|                             | 50                        | 0,452                   | 0,445                    | 0,413                    | 0,383                    | 0,365                    | 0,345                    |
|                             | 100*                      | 0,226                   | 0,223                    | 0,206                    | 0,191                    | 0,182                    | 0,165                    |
| Diagonale $\varnothing$ 9mm | 25                        | 1,145                   | 1,127                    | 1,044                    | 0,969                    | 0,924                    | 0,874                    |
|                             | 36                        | 0,795                   | 0,783                    | 0,725                    | 0,673                    | 0,641                    | 0,607                    |
|                             | 42                        | 0,682                   | 0,671                    | 0,622                    | 0,577                    | 0,550                    | 0,520                    |
|                             | 50                        | 0,572                   | 0,563                    | 0,522                    | 0,484                    | 0,462                    | 0,437                    |
|                             | 100*                      | 0,286                   | 0,282                    | 0,261                    | 0,242                    | 0,231                    | 0,209                    |

\* nur Bemessungshilfe, max. Trägerabstand ≤ 75cm ≤ 5h

**Tabelle 3a:** E / D - Gitterträger

Aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rd1}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
für glatte Fugen je m Deckenbreite

Dieses entspricht z.B. E-Gitterträgern mit Diagonale 6 mm, l = 80 cm im Abstand von 45 cm, oder E-Gitterträgern mit Diagonale 5 mm, l = 80 cm im Abstand von 31 cm. Diese Bewehrung ist einzubauen bei Platten ohne durchgehende Gitterträger. Bei Elementdecken, die üblicherweise eine durchgehende Gitterträgerbewehrung enthalten, ist diese Verbundbewehrung bereits enthalten. In diesem Fall werden die Schubspannungen auch außerhalb des Randstreifens über durchgehende Gitterträger übertragen.

Der Stahltraganteil des Bemessungswiderstandes der Fuge  $v_{Rd1}$  kann den **Tabellen 3, 4 und 5** für FILIGRAN-E/D-, FILIGRAN-EV-, FILIGRAN-EQ-Gitterträger und FDBII Elemente entnommen werden. Tabellen a gelten für glatte und Tabellen b für raue Fugen.

| Trägerab-<br>stand<br>[cm]  | Trägerhöhe [mm]           |                         |                          |                          |                          |                          |                          |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                             | ≤ 70<br>$\alpha=37^\circ$ | 90<br>$\alpha=46^\circ$ | 150<br>$\alpha=60^\circ$ | 200<br>$\alpha=68^\circ$ | 250<br>$\alpha=72^\circ$ | 320<br>$\alpha=76^\circ$ | 400<br>$\alpha=79^\circ$ |
| Diagonale $\varnothing$ 5mm | 25                        | 0,374                   | 0,373                    | 0,352                    | 0,331                    | 0,318                    | 0,291                    |
|                             | 36                        | 0,260                   | 0,259                    | 0,245                    | 0,230                    | 0,221                    | 0,211                    |
|                             | 42                        | 0,223                   | 0,222                    | 0,210                    | 0,197                    | 0,189                    | 0,180                    |
|                             | 50                        | 0,187                   | 0,186                    | 0,176                    | 0,165                    | 0,159                    | 0,152                    |
|                             | 100*                      | 0,094                   | 0,093                    | 0,088                    | 0,083                    | 0,079                    | 0,073                    |
| Diagonale $\varnothing$ 6mm | 25                        | 0,539                   | 0,537                    | 0,507                    | 0,476                    | 0,458                    | 0,419                    |
|                             | 36                        | 0,374                   | 0,373                    | 0,352                    | 0,331                    | 0,318                    | 0,291                    |
|                             | 42                        | 0,321                   | 0,319                    | 0,302                    | 0,284                    | 0,272                    | 0,260                    |
|                             | 50                        | 0,269                   | 0,268                    | 0,254                    | 0,238                    | 0,229                    | 0,218                    |
|                             | 100*                      | 0,135                   | 0,134                    | 0,127                    | 0,119                    | 0,114                    | 0,105                    |
| Diagonale $\varnothing$ 7mm | 25                        | 0,733                   | 0,730                    | 0,690                    | 0,648                    | 0,623                    | 0,594                    |
|                             | 36                        | 0,509                   | 0,507                    | 0,479                    | 0,450                    | 0,433                    | 0,396                    |
|                             | 42                        | 0,436                   | 0,435                    | 0,411                    | 0,386                    | 0,371                    | 0,354                    |
|                             | 50                        | 0,367                   | 0,365                    | 0,345                    | 0,324                    | 0,311                    | 0,297                    |
|                             | 100*                      | 0,183                   | 0,183                    | 0,173                    | 0,162                    | 0,156                    | 0,143                    |
| Diagonale $\varnothing$ 8mm | 25                        | 0,958                   | 0,954                    | 0,901                    | 0,847                    | 0,814                    | 0,776                    |
|                             | 36                        | 0,665                   | 0,662                    | 0,626                    | 0,588                    | 0,565                    | 0,518                    |
|                             | 42                        | 0,570                   | 0,568                    | 0,537                    | 0,504                    | 0,484                    | 0,444                    |
|                             | 50                        | 0,479                   | 0,477                    | 0,451                    | 0,423                    | 0,407                    | 0,388                    |
|                             | 100*                      | 0,239                   | 0,238                    | 0,225                    | 0,212                    | 0,203                    | 0,186                    |
| Diagonale $\varnothing$ 9mm | 25                        | 1,212                   | 1,207                    | 1,141                    | 1,072                    | 1,030                    | 0,982                    |
|                             | 36                        | 0,842                   | 0,838                    | 0,792                    | 0,744                    | 0,715                    | 0,682                    |
|                             | 42                        | 0,721                   | 0,719                    | 0,679                    | 0,638                    | 0,613                    | 0,585                    |
|                             | 50                        | 0,606                   | 0,604                    | 0,570                    | 0,536                    | 0,515                    | 0,491                    |
|                             | 100*                      | 0,303                   | 0,302                    | 0,285                    | 0,268                    | 0,257                    | 0,236                    |

\* nur Bemessungshilfe, max. Trägerabstand ≤ 75cm ≤ 5h

**Tabelle 3b:** E / D - Gitterträger

Aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rd1}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
für raue Fugen je m Deckenbreite

| Trägerab-<br>stand<br>[cm] |      | Trägerhöhe |       |       |       |
|----------------------------|------|------------|-------|-------|-------|
|                            |      | ≤150       | 200   | 250   | 300   |
|                            |      | α=45°      | α=53° | α=59° | α=64° |
| Diagonale ø 7mm            | 10   | 2,721      | 2,666 | 2,603 | 2,538 |
|                            | 25   | 1,089      | 1,066 | 1,041 | 1,015 |
|                            | 36   | 0,756      | 0,741 | 0,723 | 0,705 |
|                            | 42   | 0,648      | 0,635 | 0,620 | 0,604 |
|                            | 50   | 0,544      | 0,533 | 0,521 | 0,508 |
|                            | 55   | 0,495      | 0,485 | 0,473 | 0,461 |
|                            | 62,5 | 0,435      | 0,427 | 0,417 | 0,406 |
|                            | 75   | 0,363      | 0,355 | 0,347 | 0,338 |
|                            | 100* | 0,272      | 0,267 | 0,260 | 0,254 |

\* nur Bemessungshilfe, max. Trägerabstand ≤ 75cm ≤ 5h

**Tabelle 4a: EQ - Gitterträger**

aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rd1}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
für **glatte** Fugen je m Deckenbreite

|                 |      | Trägerab-<br>stand<br>[cm] | Trägerhöhe |       |       |       |
|-----------------|------|----------------------------|------------|-------|-------|-------|
|                 |      |                            | ≤150       | 200   | 250   | 300   |
|                 |      |                            | α=45°      | α=53° | α=59° | α=64° |
| Diagonale ø 7mm | 10   | 3,009                      | 2,969      | 2,917 | 2,858 |       |
|                 | 25   | 1,204                      | 1,188      | 1,167 | 1,143 |       |
|                 | 36   | 0,836                      | 0,825      | 0,810 | 0,794 |       |
|                 | 42   | 0,717                      | 0,707      | 0,694 | 0,680 |       |
|                 | 50   | 0,602                      | 0,594      | 0,583 | 0,572 |       |
|                 | 55   | 0,547                      | 0,540      | 0,530 | 0,520 |       |
|                 | 62,5 | 0,481                      | 0,475      | 0,467 | 0,457 |       |
|                 | 75   | 0,401                      | 0,396      | 0,389 | 0,381 |       |
|                 | 100* | 0,301                      | 0,297      | 0,292 | 0,286 |       |

\* nur Bemessungshilfe, max. Trägerabstand ≤ 75cm ≤ 5h

**Tabelle 4b: EQ - Gitterträger**

aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rd1}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
für **raue** Fugen je m Deckenbreite

| Trägerab-<br>stand<br>[cm] |      | Trägerhöhe |       |       |       |
|----------------------------|------|------------|-------|-------|-------|
|                            |      | ≤150       | 200   | 250   | 300   |
|                            |      | α=45°      | α=49° | α=56° | α=60° |
|                            |      | α=78°      | α=82° | α=84° | α=85° |
| Diagonale ø 9mm            | 10   | 5,887      | 5,675 | 5,467 | 5,333 |
|                            | 25   | 2,355      | 2,270 | 2,187 | 2,133 |
|                            | 36   | 1,635      | 1,576 | 1,519 | 1,481 |
|                            | 42   | 1,402      | 1,351 | 1,302 | 1,270 |
|                            | 50   | 1,177      | 1,135 | 1,093 | 1,067 |
|                            | 55   | 1,070      | 1,032 | 0,994 | 0,970 |
|                            | 62,5 | 0,942      | 0,908 | 0,875 | 0,853 |
|                            | 75   | 0,785      | 0,757 | 0,729 | 0,711 |
|                            | 100* | 0,589      | 0,567 | 0,547 | 0,533 |

\* nur Bemessungshilfe, max. Trägerabstand ≤ 75cm ≤ 5h

**Tabelle 5a: FDB II-Elemente**

aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rd1}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
für **glatte** Fugen je m Deckenbreite  
mit  $f_{yd} = 435$  N/mm<sup>2</sup> (für gerippte Diagonalen)

| Trägerab-<br>stand<br>[cm] |      | Trägerhöhe |       |       |       |
|----------------------------|------|------------|-------|-------|-------|
|                            |      | ≤150       | 200   | 250   | 300   |
|                            |      | α=45°      | α=49° | α=56° | α=60° |
|                            |      | α=78°      | α=82° | α=84° | α=85° |
| Diagonale ø 9mm            | 10   | 6,446      | 6,254 | 6,073 | 5,951 |
|                            | 25   | 2,579      | 2,502 | 2,429 | 2,380 |
|                            | 36   | 1,791      | 1,737 | 1,687 | 1,653 |
|                            | 42   | 1,535      | 1,489 | 1,446 | 1,417 |
|                            | 50   | 1,289      | 1,251 | 1,215 | 1,190 |
|                            | 55   | 1,172      | 1,137 | 1,104 | 1,082 |
|                            | 62,5 | 1,031      | 1,001 | 0,972 | 0,952 |
|                            | 75   | 0,860      | 0,834 | 0,810 | 0,793 |
|                            | 100* | 0,645      | 0,625 | 0,607 | 0,595 |

\* nur Bemessungshilfe, max. Trägerabstand ≤ 75cm ≤ 5h

**Tabelle 5b: FDB II-Elemente**

aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rd1}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
für **raue** Fugen je m Deckenbreite  
mit  $f_{yd} = 435$  N/mm<sup>2</sup> (für gerippte Diagonalen)

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

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

zu begrenzen.

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

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

### b) Obergrenze der Verbundfugentragfähigkeit

Die maximale Tragfähigkeit von Verbundbauteilen mit Gitterträgern wird durch drei Regelungen begrenzt:

1.) Für Verbundfugen gilt nach DIN EN 1992-1-1 eine maximale der Verbundspannung in Abhängigkeit von der Fugenrauheit und der Betonfestigkeitsklasse nach Gleichung (6.25).

$$v_{Rd1} \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25)$$

mit

v nach **Tabelle 1**

$f_{cd}$  nach **Tabelle 2**

2.) Entsprechend den Zulassungen Z-15.1-147 und Z-15.1-90, Tabelle 4a sowie Z-15.1-93, Tabelle 1a wird zusätzlich die maximale Querkraft auf den bisherigen Erfahrungsbereich begrenzt. Diese Begrenzung greift nur im Fall **rauer** Fugen.

Das Minimum aus diesen beiden Regelungen kann in **Tabelle 6** abgelesen werden.

| Betongüte     | glatte Fugen | raue Fugen  |
|---------------|--------------|-------------|
| <b>C20/25</b> | <b>1,13</b>  | <b>2,40</b> |
| C25/30        | 1,42         | 2,80        |
| <b>C30/37</b> | <b>1,70</b>  | <b>3,30</b> |
| C35/45        | 1,98         | 3,60        |
| <b>C40/50</b> | <b>2,27</b>  | <b>3,80</b> |
| C45/55        | 2,55         | 4,00        |
| <b>C50/60</b> | <b>2,83</b>  | <b>4,10</b> |

**Tabelle 6: Obergrenze der Tragfähigkeit der Verbundfuge**  
 $v_{Rd1,max}$  [N/mm<sup>2</sup>] je m Deckenbreite

3.) Bilden Gitterträger wie aufgebogene Längsstäbe die vollständige Querkraftbewehrung, ist zusätzlich die maximale Querkraft entsprechend DIN EN 1992-1-1, 9.3.2 (3) zu begrenzen:

$$V_{Rd,max,GT} = 1/3 V_{Rd,max}$$

(s. hierzu Abschnitt 2.3 dieser FI-NORM)



### 2.2 Querkraftbemessung

Für Stahlbetonplatten ist grundsätzlich ein Querkraftnachweis nach Abschnitt 6.2 der DIN EN 1992-1-1 zu führen. Es ist entweder nachzuweisen, dass keine Querkraftbewehrung erforderlich ist, oder es ist eine entsprechende Querkraftbewehrung zu ermitteln.

Für **Platten ohne Querkraftbewehrung** ist nachzuweisen:

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

mit  $V_{Rd,c}$  = Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft schubunbewehrter Platten

$$V_{Rd,c} = [0,1 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d \quad (6.2a)$$

$$\geq 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

mit

$\rho_l$  = Längsbewehrungsgrad =  $A_{sl}/(b_w \cdot d) \leq 0,02$

$d$  [mm] = statische Höhe

$f_{ck}$  = char. Betondruckfestigkeit (vgl. Tab. 2)

$k$  = Maßstabsbeiwert =  $1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$

$b_w$  = kleinste Querschnittsbreite innerhalb der Zugzone

(weitere Bezeichnungen s. DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 6.2.2)

**Bild 1** zeigt die Auswertung der Gleichungen (6.2a+b).

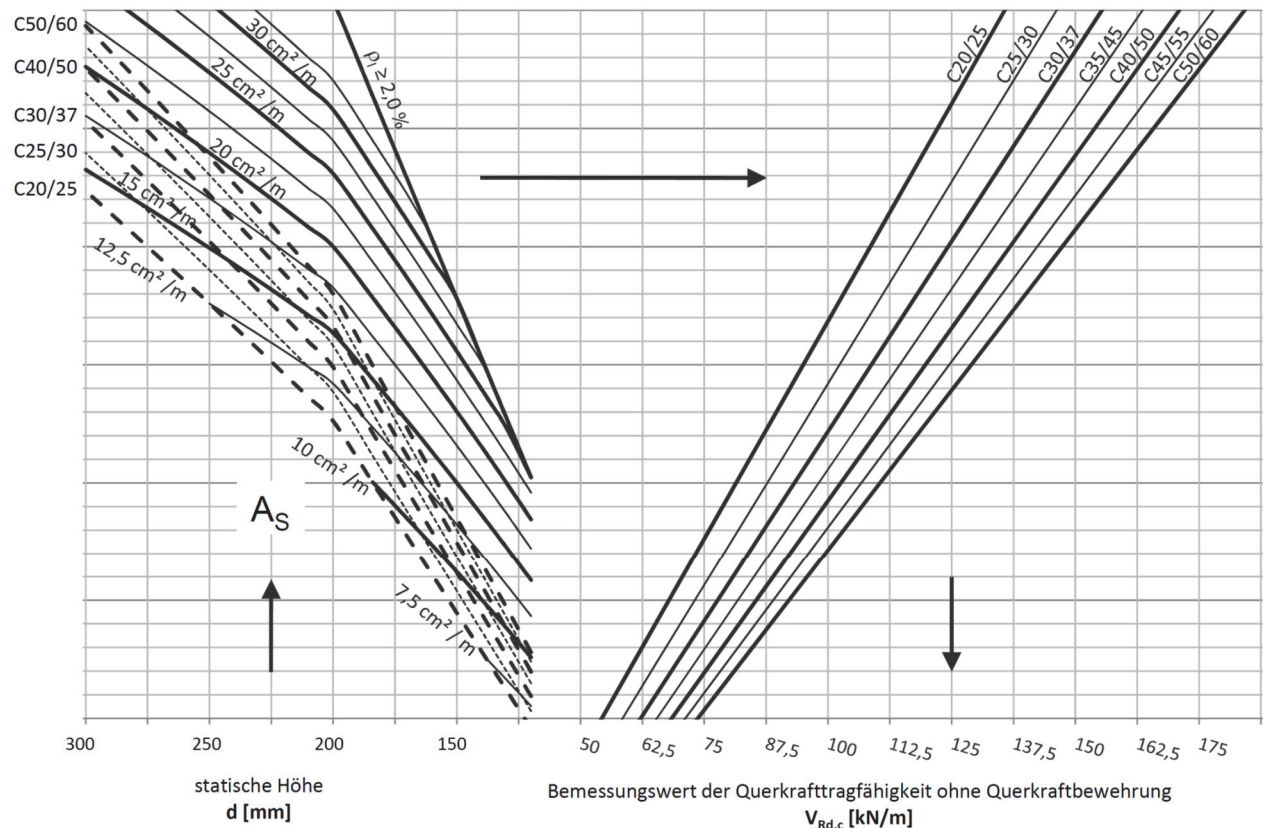
Ausgehend von der statischen Höhe  $d$  [mm] lässt sich mit der Längsbewehrung [ $\text{cm}^2/\text{m}$ ] und der Betongüte die Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd,c}$  der schubunbewehrten Platte nach Gleichung (6.2a) mit den durchgezogenen Linien in **Bild 1** ermitteln.

Unabhängig vom Längsbewehrungsgrad ergibt sich gemäß Gleichung (6.2b) eine Mindestschubtragfähigkeit nach EC2 in Abhängigkeit von der Betongüte. Diese wird in **Bild 1** durch die gestrichelten Linien berücksichtigt. Bei Längsbewehrungsmengen unterhalb dieser Linien, können die gestrichelten Linien zum Nachweis verwendet werden.

Ist  $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$ , ist die nach Abschnitt 2.1 a) ermittelte Bewehrung allein zur Sicherung der Verbundfuge erforderlich. In diesen Fällen reicht eine Gitterträgerhöhe aus, welche 2 cm Zwischenraum zwischen Fertigteiloberkante und dem Obergurt sicherstellt.

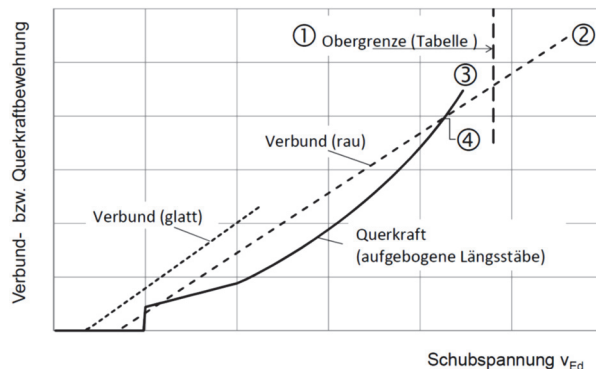
Bei  $V_{Ed} > V_{Rd,c}$  sind die **Platten mit Querkraftbewehrung** auszuführen und nachzuweisen.

Die Ermittlung der Tragfähigkeit von Gitterträgern als Querkraftbewehrung muss dann zusätzlich nach Gleichung (6.13) der DIN EN 1992-1-1 erfolgen. Die erforderlichen Bewehrungsmengen aus dem Verbundnachweis und dem Querkraftnachweis (Schubbewehrung) sind nicht zu addieren. Die maximale Bewehrungsmenge wird maßgebend.



**Bild 1:** Grafische Ermittlung des Grenzwertes  $V_{Rd,c}$  für schubunbewehrte Platten

Bei rauen Fugen kann der Nachweis der Querkraftbewehrung maßgebend sein und höhere Bewehrungsmengen erfordern. Dieses kann bei einer geringen Schubspannung etwas oberhalb von  $V_{Rd,c}$  und im Bereich der Obergrenze zutreffen (vgl. **Bild 2**). Daher wird bei Ansatz einer rauen Verbundfuge ein zusätzlicher Nachweis der erforderlichen Querkraftbewehrung (Schubbewehrung) erforderlich.



**Bild 2:** Schema zur Querkraft- und Verbundbemessung

Soll vereinfachend und auf der sicheren Seite auf einen zusätzlichen rechnerischen Nachweis der Querkraftbewehrung (Schubbewehrung) verzichtet werden, ist folgender Ansatz möglich:

- Bis zur Schubspannungsgrenze für die glatte Verbundfuge nach **Tabelle 6** erfolgt der Verbundnachweis für eine glatte Verbundfuge.
- Bei höheren Schubspannungen ist die Fuge rau auszuführen und wird als solche bemessen. Die maximale Schubspannung wird zusätzlich auf den Wert beschränkt, welcher für den Verbund- und Querkraftnachweis die gleiche Bewehrungsmenge fordert (vgl. Punkt ④ in **Bild 2**). Diese Schubspannungen sind in **Tabelle 7** zusammengestellt.

Für Platten mit erforderlicher Querkraftbewehrung (Schubbewehrung) gilt für Dicken  $h \leq 40$  cm als maximaler Gitterträgerabstand  
 $s_{\max} = 40\text{cm}$

In zweiachsig gespannten Platten in denen auch Querkraftbewehrung ( $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ ) für die Richtung senkrecht zur Gitterträgerlängsrichtung erforderlich wird, gilt:

$$s_{\max} \leq \cot \theta \cdot z \leq 40\text{cm}$$

Maßgebend für den Neigungswinkel der Druckstrebe  $\theta$  ist hierbei die Querkraft senkrecht zur Gitterträgerlängsrichtung.

Als erforderliche Querkraftbewehrung sind die Gitterträger über die volle Deckenhöhe zu führen.

### 2.3 Querkraftobergrenze

Bilden Gitterträger wie aufgebogene Längsstäbe die vollständige Querkraftbewehrung, ist zusätzlich die maximale Querkraft entsprechend DIN EN 1992-1-1, 9.3.2 (3) zu begrenzen:

$$V_{Rd,max,GT} = 1/3 V_{Rd,max}$$

Dieser Grenzwert (vgl. Punkt ③ in **Bild 2**) kann gegenüber dem tabellierten Grenzwert der Zulassung nach **Tabelle 6** (vgl. Punkt ① in **Bild 2**) oder auch gegenüber der maximalen Tragfähigkeit der Verbundfuge nach Gleichung (6.25) (vgl. Punkt ② in **Bild 2**) maßgebend werden.

Die maximale Querkraftobergrenze  $1/3 V_{Rd,max}$  ist als Schubspannung in Abhängigkeit von der Betongüte und dem Neigungswinkel  $\alpha$  der Gitterträgerdiagonalen in **Tabelle 8** tabelliert. Die Diagonalen von FILIGRAN-EQ-Gitterträgern haben jeweils zwei unterschiedliche Neigungen von etwa  $90^\circ$  und einem variablen Wert, welcher von der jeweiligen Trägerhöhe abhängt. Für die Ermittlung der Querkraftobergrenze wurde interpoliert. Für den Anwender ergibt sich so die Obergrenze in Abhängigkeit von der Trägerhöhe. Bei der Kombination verschiedener Trägertypen, kann der jeweils kleinere Wert der FILIGRAN-E-Träger verwendet werden, um auf eine aufwändige Interpolation zu verzichten.

Bei Ausnutzung der Obergrenze nach **Tabelle 8** über die Werte nach **Tabelle 7** hinaus wird in jedem Fall ein zusätzlicher Querkraftnachweis erforderlich.

*Anmerkung: Ein solcher Querkraftnachweis wird in dieser FI-NORM nicht gesondert dargestellt. Die Übernahme der Ergebnisse einer Bemessung für aufgebogene Längsstäbe in Ortbetondecken unter Berücksichtigung der Querkraftobergrenze von  $1/3 V_{Rd,max}$  nach DIN EN 1992-1-1, 9.3.2 (3) ist möglich.*



|           |                                    | Gitterträgertyp mit Höhe |                   |                   |                                            |                   |                                            |                   |                                            |                   |                                            |                   |
|-----------|------------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|
|           |                                    | E/D 9                    | E/D 12            | E/D 15            | EQ 15                                      | E/D 20            | EQ 20                                      | E 25              | EQ 25                                      | E 32              | EQ 30                                      | E 40              |
| Betongüte | Diagonalen-<br>winkel $\alpha$ [°] | $\alpha=46^\circ$        | $\alpha=53^\circ$ | $\alpha=60^\circ$ | $\alpha_1=45^\circ$<br>$\alpha_2=90^\circ$ | $\alpha=68^\circ$ | $\alpha_1=53^\circ$<br>$\alpha_2=90^\circ$ | $\alpha=72^\circ$ | $\alpha_1=59^\circ$<br>$\alpha_2=90^\circ$ | $\alpha=76^\circ$ | $\alpha_1=64^\circ$<br>$\alpha_2=90^\circ$ | $\alpha=79^\circ$ |
|           | <b>C20/25</b>                      | <b>2,40</b>              | <b>2,36</b>       | <b>2,13</b>       | <b>1,93</b>                                | <b>1,92</b>       | <b>1,83</b>                                | <b>1,82</b>       | <b>1,76</b>                                | <b>1,72</b>       | <b>1,70</b>                                | <b>1,65</b>       |
|           | C25/30                             | 2,80                     | 2,80              | 2,70              | 2,44                                       | 2,42              | 2,31                                       | 2,29              | 2,22                                       | 2,17              | 2,14                                       | 2,08              |
|           | <b>C30/37</b>                      | <b>3,30</b>              | <b>3,30</b>       | <b>3,26</b>       | <b>2,95</b>                                | <b>2,92</b>       | <b>2,79</b>                                | <b>2,76</b>       | <b>2,67</b>                                | <b>2,61</b>       | <b>2,58</b>                                | <b>2,50</b>       |
|           | C35/45                             | 3,60                     | 3,60              | 3,60              | 3,45                                       | 3,42              | 3,26                                       | 3,24              | 3,13                                       | 3,06              | 3,02                                       | 2,93              |
|           | <b>C40/50</b>                      | <b>3,80</b>              | <b>3,80</b>       | <b>3,80</b>       | <b>3,80</b>                                | <b>3,80</b>       | <b>3,74</b>                                | <b>3,71</b>       | <b>3,59</b>                                | <b>3,51</b>       | <b>3,46</b>                                | <b>3,36</b>       |
|           | C45/55                             | 4,00                     | 4,00              | 4,00              | 4,00                                       | 4,00              | 4,00                                       | 4,00              | 4,00                                       | 3,95              | 3,90                                       | 3,78              |
|           | <b>C50/60</b>                      | <b>4,10</b>              | <b>4,10</b>       | <b>4,10</b>       | <b>4,10</b>                                | <b>4,10</b>       | <b>4,10</b>                                | <b>4,10</b>       | <b>4,10</b>                                | <b>4,10</b>       | <b>4,10</b>                                | <b>4,10</b>       |

**Tabelle 7:** Grenz-Schubspannung für einen Verbundfugennachweis bei rauer Fuge ohne zusätzlich erforderliche Querkraftbemessung (vgl. **Punkt ④** in Bild 2)

|           |                                    | Gitterträgertyp mit Höhe |                   |                   |                                            |                   |                                            |                   |                                            |                   |                                            |                   |
|-----------|------------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------|
|           |                                    | E/D 9                    | E/D 12            | E/D 15            | EQ 15                                      | E/D 20            | EQ 20                                      | E 25              | EQ 25                                      | E 32              | EQ 30                                      | E 40              |
| Betongüte | Diagonalen-<br>winkel $\alpha$ [°] | $\alpha=46^\circ$        | $\alpha=53^\circ$ | $\alpha=60^\circ$ | $\alpha_1=45^\circ$<br>$\alpha_2=90^\circ$ | $\alpha=68^\circ$ | $\alpha_1=53^\circ$<br>$\alpha_2=90^\circ$ | $\alpha=72^\circ$ | $\alpha_1=59^\circ$<br>$\alpha_2=90^\circ$ | $\alpha=76^\circ$ | $\alpha_1=64^\circ$<br>$\alpha_2=90^\circ$ | $\alpha=79^\circ$ |
|           | <b>C20/25</b>                      | <b>2,78</b>              | <b>2,48</b>       | <b>2,23</b>       | <b>2,00</b>                                | <b>1,99</b>       | <b>1,89</b>                                | <b>1,88</b>       | <b>1,81</b>                                | <b>1,77</b>       | <b>1,74</b>                                | <b>1,69</b>       |
|           | C25/30                             | 3,48                     | 3,11              | 2,79              | 2,50                                       | 2,49              | 2,36                                       | 2,35              | 2,26                                       | 2,21              | 2,18                                       | 2,12              |
|           | <b>C30/37</b>                      | <b>4,18</b>              | <b>3,73</b>       | <b>3,35</b>       | <b>3,01</b>                                | <b>2,98</b>       | <b>2,84</b>                                | <b>2,82</b>       | <b>2,71</b>                                | <b>2,65</b>       | <b>2,62</b>                                | <b>2,54</b>       |
|           | C35/45                             | 4,87                     | 4,35              | 3,91              | 3,51                                       | 3,48              | 3,31                                       | 3,28              | 3,17                                       | 3,10              | 3,05                                       | 2,96              |
|           | <b>C40/50</b>                      | <b>5,57</b>              | <b>4,97</b>       | <b>4,47</b>       | <b>4,01</b>                                | <b>3,98</b>       | <b>3,78</b>                                | <b>3,75</b>       | <b>3,62</b>                                | <b>3,54</b>       | <b>3,49</b>                                | <b>3,38</b>       |
|           | C45/55                             | 6,27                     | 5,59              | 5,03              | 4,51                                       | 4,48              | 4,25                                       | 4,22              | 4,07                                       | 3,98              | 3,92                                       | 3,81              |
|           | <b>C50/60</b>                      | <b>6,96</b>              | <b>6,21</b>       | <b>5,59</b>       | <b>5,01</b>                                | <b>4,97</b>       | <b>4,73</b>                                | <b>4,69</b>       | <b>4,52</b>                                | <b>4,42</b>       | <b>4,36</b>                                | <b>4,23</b>       |

**Tabelle 8:** Querkraftobergrenze  $1/3 V_{Rd,max}$  für aufgebogene Längsstäbe als alleinige Schubbewehrung (vgl. **Punkt ③** in Bild 2)

# Beispiele zu FI-NORM E-2-4539

1 / 8

Beispiel 1:

## Vorgaben:

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft – incl. Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$

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

Betongüte

C20/25

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

Deckendicke

$h = 200 \text{ mm}$

Statische Höhe

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

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

Längsbewehrungsgrad laut Biegebemessung

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

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

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

innerer Hebelarm

$$z = 0,9 \cdot d = 158 \text{ mm}$$

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

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

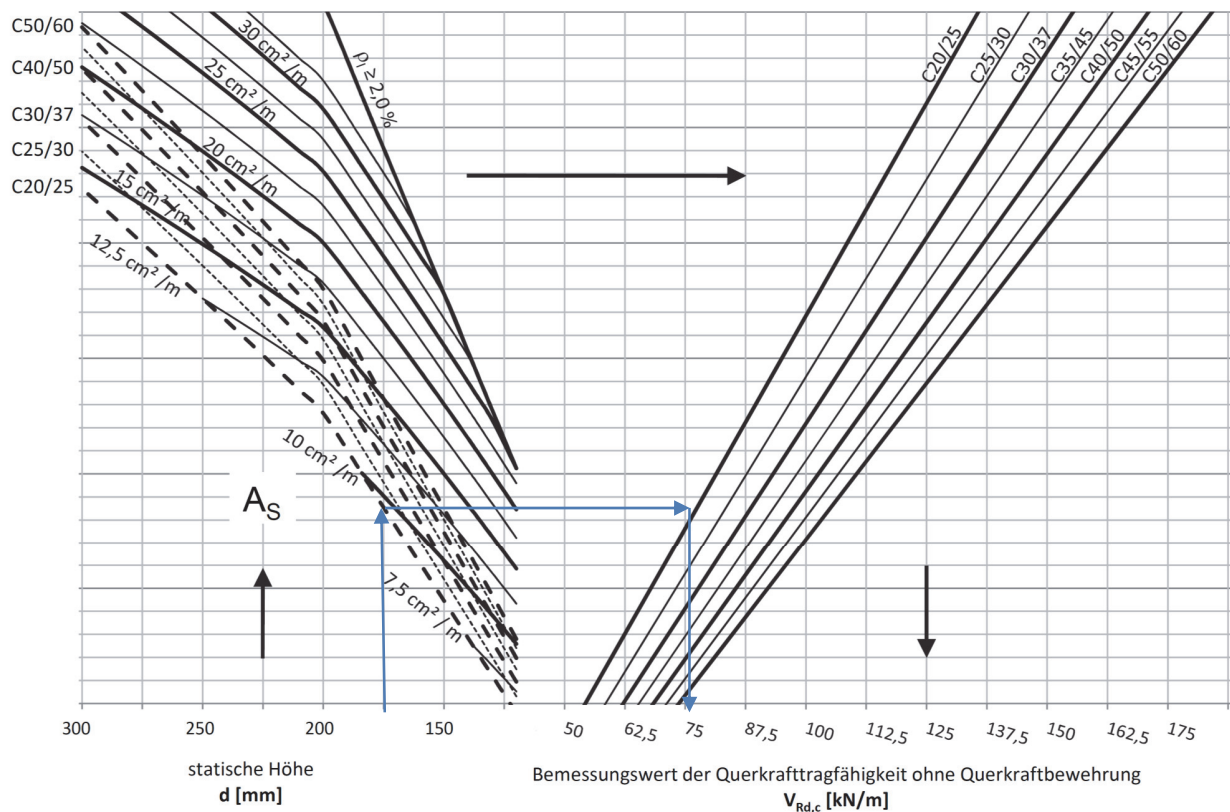
$$(V_{Ed} > V_{Rd,c})$$

glatte Fuge

## Querkraftbemessung

mit **FI-Norm E-2-4539**

### a) Querkraft-Ortbeton



$$V_{Rd,c} = 77 \text{ kN/m} (= \text{Widerstand unbewehrte Platte})$$

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

→ Keine Schubbewehrung erforderlich!

$$\rightarrow z = 0,9 \cdot d = 158 \text{ mm}$$

Bild 1 auf Seite 4

## Beispiele zu FI-NORM E-2-4539

2 / 8

### b) Querkraft-Verbund

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$V_{Ed} = V_{Ed} / (z \cdot b_i)$$

$$V_{Ed} = 34.500 \text{ N} / (158 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm})$$

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

$$c \cdot f_{ctd} = 0,170 \text{ N/mm}^2 \text{ (= Betontraganteil der glatten Verbundfuge)}$$

Tabelle 2 auf Seite 2

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

→ Zusätzliche Verbundbewehrung erforderlich

Gitterträger laut Montage

$$\text{z. B. E 11 - 06 6 10 - Abstand} = 62,5 \text{ cm}$$

Tabelle 3a auf Seite 2

$$\rightarrow V_{Rdi}^* = 0,186 \text{ N/mm}^2 \text{ (hier auf der sicheren Seite für E 15 abgelesen)}$$

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + V_{Rdi}^*$$

$$V_{Rdi} = 0,170 \text{ N/mm}^2 + 0,186 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rdi} = 0,356 \text{ N/mm}^2$$

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

→ Nachweis der Stahltragfähigkeit Verbundfuge erbracht

$$V_{Rdi,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$\text{mit } v = 0,2 \text{ (glatte Fuge)}$$

Tabelle 1 auf Seite 1

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

Tabelle 2 auf Seite 2

$$V_{Rdi,max} = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 11,3$$

$$V_{Rdi,max} = 1,13 \text{ N/mm}^2 \text{ (= maximal Widerstand der glatten Verbundfuge)}$$

Tabelle 6 auf Seite 3

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

→ Nachweis der maximalen Tragfähigkeit der Verbundfuge erbracht

## Beispiele zu FI-NORM E-2-4539

3 / 8

Beispiel 2:

Vorgaben:

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Ortbeton) – incl. Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_L$

$$V_{Ed} = 250 \text{ kN/m}$$

Betongüte

C20/25

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

Längsbewehrungsgrad laut Biegebemessung

$$A_s = 750 \text{ mm}^2$$

$$\rho_l = 750 / (1000 \cdot 175) \cdot 100 \%$$

$$\rho_l = 0,43 \%$$

Statische Höhe

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

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

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

innerer Hebelarm

$$z = 0,9 \cdot d = 158 \text{ mm}$$

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

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

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

raue Fuge

Querkraftbemessung

mit **FI-Norm E-2-4539**

**a) Querkraft-Ortbeton**

$$V_{Rd,c} = 77 \text{ kN/m} \text{ (= Widerstand unbewehrte Platte)}$$

Bild 1 auf Seite 4

$$< V_{Ed} = 250 \text{ kN/m}$$

→ Schubbewehrung erforderlich (siehe b)

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

→ Gitterträger über die volle Deckenhöhe führen, gewählt 13 cm  
(Nachweis der Schubbewehrung siehe c)

**b) Querkraft - Verbund**

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$V_{Ed} = V_{Ed} / (z \cdot b_l)$$

$$V_{Ed} = 250.000 \text{ N} / (135 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm})$$

$$V_{Ed} = 1,85 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rdi,max} = 2,40 \text{ N/mm}^2 \text{ (= maximal Widerstand der } \mathbf{rauen Verbundfuge})$$

Tabelle 6 auf Seite 3

$$> V_{Ed} = 1,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{gewählt E13-06712 } v_{Rdi}^* (s_g = 100 \text{ cm}) = 0,173 \text{ N/mm}^2$$

Tabelle 3b auf Seite 2

(hier auf der sicheren Seite Wert für E 15 abgelesen)

$$\text{erf. } v_{Rdi}^* = V_{Ed} - c \cdot f_{ctd}$$

$$\text{erf. } v_{Rdi}^* = 1,85 \text{ N/mm}^2 - 0,340 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{erf. } v_{Rdi}^* = 1,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{erf. } s_g = v_{Rdi}^* (s_g = 100 \text{ cm}) / v_{Ed}$$

$$\text{erf. } s_g = 0,173 \text{ N/mm}^2 / 1,51 \text{ N/mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{erf. } s_g = 0,115 \text{ m}$$

→ Gewählt 22 Gitterträger je 2,5 m Plattenbreite ( $s_g = 0,114 \text{ m}$ )

**c) Querkraft – Ortbeton (Nachweis der Querkraftbewehrung) <sup>1)</sup>**

Druckstrebenneigung  $\theta$

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 / (1 - V_{Rd,cc} / V_{Ed}) \leq 3$$

mit  $V_{Rd,cc} = c \cdot 0,48 \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot (1 - 1,2 \cdot \sigma_{cd} / f_{cd}) \cdot b_w \cdot z$

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

$\sigma_{cd} = 0 \text{ N/mm}^2$  (Längsspannung darf nach bauaufsichtlicher Zulassung nicht berücksichtigt werden)

$b_w = 1 \text{ m}$

$$= 0,5 \cdot 0,48 \cdot 20^{1/3} \cdot (1 - 1,2 \cdot 0 / (0,85 \cdot 20 / 1,5)) \cdot 1 \cdot 0,135$$

$$= 0,088 \text{ MN} = 88 \text{ kN}$$

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 / (1 - 88 / 250) = \mathbf{1,85} \leq 3$$

Querkraftobergrenze

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

mit  $\alpha_c = 0,75$

$$V_{Rd,max} = 1/3 \cdot 1 \cdot 135 \cdot 0,75 \cdot 11,3 \cdot (1,85 + 1/\tan 56^\circ) / (1 + 1,85^2)$$

$$V_{Rd,max} = 218 \text{ kN/m}$$

→  $V_{Ed} > (!) V_{Rd,max}$  →  $\cot \theta$  reduzieren bis Nachweis erfüllt (Iteration)

→  $\cot \theta = 1,55$

$$V_{Rd,max} = 1/3 \cdot 1 \cdot 135 \cdot 0,75 \cdot 11,3 \cdot (1,55 + 1/\tan 56^\circ) / (1 + 1,55^2)$$

$$V_{Rd,max} = 249 \text{ kN/m}$$

→  $V_{Rd,max} \approx V_{Ed}$

Stahltragfähigkeit E-Gitterträger

$$V_{Rd,sy} = a_s / s_g \cdot f_{yd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot b_w \cdot z$$

mit  $f_{yd} = 420/1,15 = 365 \text{ N/mm}^2$  (glatte Diagonalen – B500A+G)

$\alpha = 56^\circ$  (E-Gitterträger Bauhöhe 13cm)

$b_w = 1 \text{ m}$

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

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

$s_g = 0,114 \text{ m}$  (Gitterträgerabstand)

$$V_{Rd,sy} = 385/10^6 / 0,114 \cdot 365 \cdot (1,55 + 1/\tan 56^\circ) \cdot \sin 56^\circ \cdot 1 \cdot 0,135$$

$$V_{Rd,sy} = 0,307 \text{ MN} = 307 \text{ kN}$$

→  $V_{Rd,sy} > V_{Ed}$

Hier wird der Verbundnachweis b) maßgebend!

<sup>1)</sup> Diese Nachweise werden nicht erforderlich, wenn die Schubspannungen der Tabelle 7 eingehalten werden. In diesem Fall  $v_{Ed} = 1,85 \text{ N/mm}^2 < 2,13 \text{ N/mm}^2$  (s. Tabelle 7, E 15).  
→ Nachweise in unserem Fall entbehrlich



# Beispiele zu FI-NORM E-2-4539

5 / 8

## alternativ mit EQ-Zulageträgern d) Querkraft - Verbund

Gitterträger für Montagezustand  
E13-06712 – Abstand = 50 cm

$$v_{Rdi}^* (s_g = 50 \text{ cm}) = 0,345 \text{ N/mm}^2$$

Tabelle 3b auf Seite 2

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + v_{Rdi}^* \text{ (nur E-Gitterträger)}$$

$$v_{Rdi} = 0,340 \text{ N/mm}^2 + 0,345 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rdi} = 0,685 \text{ N/mm}^2 < v_{Ed} = 1,85 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\begin{aligned} \Delta v_{Rdi}^* &= v_{Ed} - c \cdot f_{ctd} - v_{Rdi}^* \text{ (nur E-Gitterträger)} \\ &= 1,85 - 0,340 - 0,345 \\ &= 1,165 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Zulageträger gewählt EQ 14

$$v_{Rdi}^* (\text{EQ14}, s_g = 1 \text{ m}) = 0,301 \text{ N/mm}^2$$

Tabelle 4b auf Seite 3

$$\text{erf. } s_g = v_{Rdi}^* (\text{EQ14}, s_g = 1 \text{ m}) / \Delta v_{Ed}^*$$

$$\text{erf. } s_g = 0,301 \text{ N/mm}^2 / 1,165 \text{ N/mm}^2 / \text{m}$$

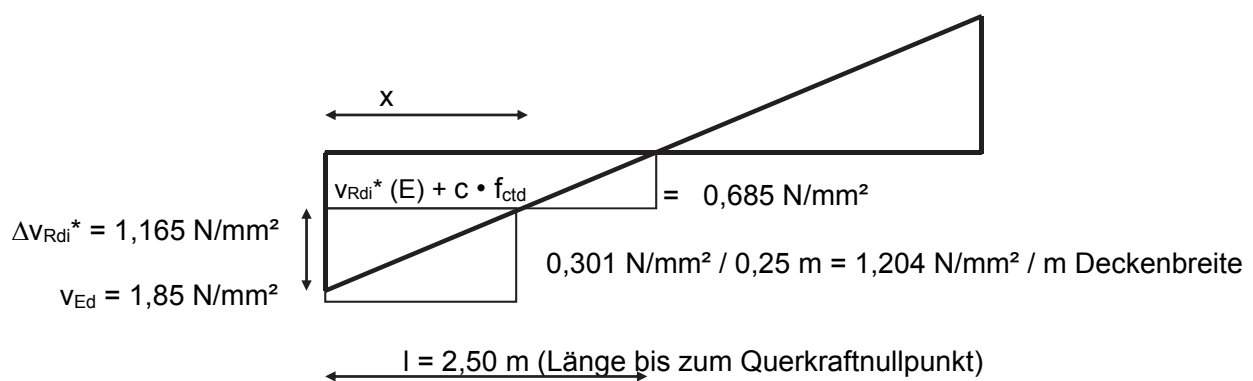
$$\text{erf. } s_g = 0,258 \text{ m}$$

gewählt  $s_g = 250 \text{ cm}$  (Plattenbreite) / 10 Träger = 25 cm

$$v_{Rdi} = 0,340 \text{ N/mm}^2 + 0,345 \text{ N/mm}^2 + 0,301 \text{ N/mm}^2 / 0,25$$

$$v_{Rdi} = 1,89 \text{ N/mm}^2 > v_{Ed} = 1,85 \text{ N/mm}^2$$

## Ermittlung der Zulageträgerlänge



$$v_{Ed} / l = \Delta v_{Rdi}^* / x$$

$$x = \Delta v_{Rdi}^* \cdot l / v_{Ed}$$

$$x = 1,165 \cdot 2,5 / 1,85$$

$$x = 1,57 \text{ m}$$

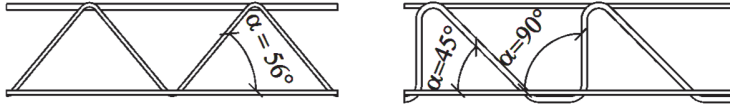
gewählt  $x = 1,6 \text{ m}$

## e) Querkraft – Ortbeton (Nachweis der Querkraftbewehrung) <sup>1)</sup>

Druckstrebenneigung  $\theta$  (wie Beispiel 2c)

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 / (1 - 88 / 250) = 1,85 \leq 3$$

→ gewählt  $\cot \theta = 1,17$  (iterativ bestimmt für Nachweis der Obergrenze)



### Stahltragfähigkeit E-Gitterträger

$$V_{Rd,sy} (56^\circ) = a_s / s_g \cdot f_{yd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot b_w \cdot z$$

mit  $\alpha = 56^\circ$

(E-Gitterträger Bauhöhe 13cm)

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

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

$$s_g = 0,5 \text{ m (Gitterträgerabstand)}$$

$$V_{Rd,sy} (56^\circ) = 385/10^6 / 0,5 \cdot 365 \cdot (1,17 + 1/\tan 56^\circ) \cdot \sin 56^\circ \cdot 1 \cdot 0,135$$

$$V_{Rd,sy} (56^\circ) = 0,058 \text{ MN} = 58 \text{ kN}$$

### Stahltragfähigkeit EQ-Gitterträger

$$V_{Rd,sy} (45^\circ) = a_s / s_g \cdot f_{yd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot b_w \cdot z$$

mit  $\alpha = 45^\circ$

(EQ-Gitterträger Bauhöhe 14 cm)

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

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

$$s_g = 0,25 \text{ m (Gitterträgerabstand)}$$

$$V_{Rd,sy} (45^\circ) = 385/10^6 / 0,25 \cdot 365 \cdot (1,17 + 1/\tan 45^\circ) \cdot \sin 45^\circ \cdot 1 \cdot 0,135$$

$$V_{Rd,sy} (45^\circ) = 0,116 \text{ MN} = 116 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,sy} (90^\circ) = a_s / s_g \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta \cdot b_w \cdot z$$

mit  $\alpha = 90^\circ$

(EQ-Gitterträger senkrechte Stäbe)

$$V_{Rd,sy} (90^\circ) = 385/10^6 / 0,25 \cdot 365 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 0,135$$

$$V_{Rd,sy} (90^\circ) = 0,089 \text{ MN} = 89 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,sy} = V_{Rd,sy} (56^\circ) + V_{Rd,sy} (45^\circ) + V_{Rd,sy} (90^\circ)$$

$$V_{Rd,sy} = 58 \text{ kN} + 116 \text{ kN} + 89 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,sy} = 263 \text{ kN}$$

$$> V_{Ed} = 250 \text{ kN}$$

<sup>1)</sup> Diese Nachweise werden nicht erforderlich, wenn die Schubspannungen der Tabelle 7 eingehalten werden. In diesem Fall  $v_{Ed} = 1,85 \text{ N/mm}^2 < 1,93 \text{ N/mm}^2$  (s. Tabelle 7, EQ 15).

→ Nachweise in unserem Fall entbehrlich

## Beispiele zu FI-NORM E-2-4539

7 / 8

### Querkraftobergrenze

$$V_{Rd,max}(56^\circ) = 1/3 \cdot b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

mit  $\alpha_c = 0,75$

$$V_{Rd,max}(56^\circ) = 1/3 \cdot 1 \cdot 135 \cdot 0,75 \cdot 11,3 \cdot (1,17 + 1/\tan 56^\circ) / (1 + 1,17^2)$$
$$V_{Rd,max}(56^\circ) = 297 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,max}(45^\circ) = 1/3 \cdot b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$

mit  $\alpha_c = 0,75$

$$V_{Rd,max}(45^\circ) = 1/3 \cdot 1 \cdot 135 \cdot 0,75 \cdot 11,3 \cdot (1,17 + 1/\tan 45^\circ) / (1 + 1,17^2)$$
$$V_{Rd,max}(45^\circ) = 349 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,max}(90^\circ) = 1/3 \cdot b_w \cdot z \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

mit  $\alpha_c = 0,75$

$$V_{Rd,max}(90^\circ) = 1/3 \cdot 1 \cdot 135 \cdot 0,75 \cdot 11,3 / (1,17 + 1/1,17)$$
$$V_{Rd,max}(90^\circ) = 188 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,sy}(56^\circ) / V_{Rd,max}(56^\circ) + V_{Rd,sy}(45^\circ) / V_{Rd,max}(45^\circ) + V_{Rd,sy}(90^\circ) / V_{Rd,max}(90^\circ) \leq 1$$
$$58 / 297 + 116 / 349 + 89 / 188 = 1 \leq 1$$

## Beispiel 3: Ermittlung von $v_{Rdi}^*$ bei rauer Fuge ( $\mu = 0,7$ )

$$f_{yd} = 420/1,15$$

(glatte Diagonalen – B500A+G)

### a) E 15 – 06 7 12 in Spannrichtung (vgl. Tabelle 3b)

$$v_{Rdi}^* = \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$\text{mit } \alpha = 60^\circ$$

(E-Gitterträger Bauhöhe 15cm)

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot 0,007^2 / 4 / 0,2 / 1 = 385 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

(2 Diagonalen  $\varnothing 7\text{mm}$  im Knotenpunktabstand 0,2 m mit Gitterträgerabstand 1 m)

$$v_{Rdi}^* = 385 / 10^6 \cdot 420/1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 60^\circ + \cos 60^\circ)$$

$$v_{Rdi}^* = 0,173 \text{ N/mm}^2$$

### b) E 15 – 06 7 12 – quer zur Spannrichtung

Alle Diagonalen werden mit dem vertikalen Kraftanteil berücksichtigt (zusammengeklappt auf  $90^\circ$  Ebene)

$$v_{Rdi}^{*q} = \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$\text{mit } \alpha = 60^\circ$$

(E-Gitterträger Bauhöhe 15cm)

$$\rho = 4 \cdot \pi \cdot 0,007^2 / 4 / 0,2 / 1 \cdot \sin 60^\circ = 667 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

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

Gitterträgerabstand 1 m mit vertikalem Kraftanteil ( $\sin \alpha$ ))

$$v_{Rdi}^{*q} = 667 / 10^6 \cdot 420/1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 90^\circ + \cos 90^\circ)$$

$$v_{Rdi}^{*q} = 0,204 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rdi}^{*q} / v_{Rdi}^* = 0,204 / 0,173 = 1,18 > 1$$

➔ Verhältnis der Schubtragfähigkeit der **E-Gitterträger** quer zu längs  $> 1$ !

Für die praktische Anwendung, wird ein **Faktor von 1,0** empfohlen

### c) EQ 20 – 05 7 05 in Spannrichtung (vgl. Tabelle 4b)

$$v_{Rdi}^* = \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$\text{mit } \alpha_1 = 53^\circ \text{ und } \alpha_2 = 90^\circ$$

(EQ-Gitterträger Bauhöhe 15cm)

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot 0,007^2 / 4 / 0,2 / 1 = 385 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

(2 Diagonalen  $\varnothing 7\text{mm}$  im Knotenpunktabstand 0,2 m mit Gitterträgerabstand 1 m)

$$v_{Rdi}^* = 385 / 10^6 \cdot 420/1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 53^\circ + \cos 53^\circ + 1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 90^\circ)$$

$$v_{Rdi}^* = 0,297 \text{ N/mm}^2$$

### d) EQ 20 – 05 7 05 – quer zur Spannrichtung

Alle Diagonalen werden mit dem vertikalen Kraftanteil berücksichtigt (zusammengeklappt auf  $90^\circ$  Ebene)

$$v_{Rdi}^{*q} = \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$\text{mit } \alpha_1 = 53^\circ \text{ und } \alpha_2 = 90^\circ$$

(EQ-Gitterträger Bauhöhe 15cm)

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot 0,007^2 / 4 / 0,2 / 1 \cdot (\sin 53^\circ + \sin 90^\circ) = 692 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

(2 senkrechte und 2 geneigte Diagonalen  $\varnothing 7\text{mm}$  im Knotenpunktabstand

0,2 m mit Gitterträgerabstand 1 m mit vertikalem Kraftanteil ( $\sin \alpha$ ))

$$v_{Rdi}^{*q} = 692 / 10^6 \cdot 420/1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 90^\circ + \cos 90^\circ)$$

$$v_{Rdi}^{*q} = 0,212 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rdi}^{*q} / v_{Rdi}^* = 0,212 / 0,297 = 0,71 > 0,7$$

➔ Verhältnis der Schubtragfähigkeit der **EQ-Gitterträger** quer zu längs  $> 0,7$ !

Die bauaufsichtliche Zulassung für EQ-Gitterträger erlaubt einen pauschalen **Faktor von 0,7** für die Tragrichtung quer zur Gitterträgerlängsrichtung.

| FILIGRAN - Elementdecke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              | FI-Tafel                                           |                      |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------|-----------------|--------|-------------------|--------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|-----|
| Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1 <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              | E-2-4515                                           |                      |     |
| <small>Hinweis: Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen.</small> |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| FILIGRAN - E / D - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |                                                         |        |                                                              | Diagonale: 5 mm |        | Betongüte: C20/25 |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| FILIGRAN - EQ - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |                                                         |        |                                                              | Diagonale: 7 mm |        | glatte Fuge       |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| Trägeranzahl D / E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | 4                                                       | 5      | 7                                                            | 9               | 10     | 12                | 16     | 20                                                           | max. zul. V <sub>Rd</sub><br>kN/m                  |                      |     |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 62,5                                                    | 50,0   | 35,7                                                         | 27,8            | 25,0   | 20,8              | 15,6   | 12,5                                                         |                                                    |                      |     |
| Decken-<br>dicke<br>cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  | Träger<br>höhe <sup>5)</sup><br>cm                      |        | Querkrafttragfähigkeit V <sub>Rd</sub> ( kN/m )              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | Verbundbewehrung (V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> ) |        |                                                              |                 | ρ=1,0% |                   | ρ=1,5% | ρ=2,0%                                                       |                                                    |                      |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 6                                                       |        | (25,2)                                                       | (28,1)          | (33,8) | (39,5)            | (42,4) | (48,1)                                                       | (59,6)                                             | (61,6) <sup>3)</sup> |     |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 7                                                       |        | (30,8)                                                       | (34,3)          | (41,3) | (48,3)            | (51,8) | (58,8)                                                       | (72,8)                                             | (75,2) <sup>3)</sup> |     |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 9                                                       |        | 36,2                                                         | 40,2            | 48,4   | 56,5              | 57,6   | 57,6                                                         | 65,4                                               | 77,9                 | 102 |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 11                                                      |        | 41,4                                                         | 46,1            | 55,3   | 64,6              | 66,4   | 66,4                                                         | 79,0                                               | 94,1                 | 125 |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 13                                                      |        | 46,3                                                         | 51,4            | 61,5   | 71,7              | 75,3   | 75,3                                                         | 91,1                                               | 108                  | 147 |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 15                                                      |        | 51,1                                                         | 56,6            | 67,6   | 78,7              | 84,1   | 84,1                                                         | 103                                                | 122                  | 170 |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 17                                                      |        | 55,7                                                         | 61,6            | 73,3   | 85,1              | 91,0   | 92,4                                                         | 114                                                | 135                  | 193 |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 19                                                      |        | 60,5                                                         | 66,8            | 79,4   | 92,1              | 96,7   | 102                                                          | 125                                                | 148                  | 215 |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 21                                                      |        | 64,9                                                         | 71,5            | 84,8   | 98,1              | 102    | 110                                                          | 135                                                | 160                  | 238 |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 23                                                      |        | 69,4                                                         | 76,4            | 90,4   | 104               | 107    | 119                                                          | 145                                                | 172                  | 261 |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 25                                                      |        | 74,1                                                         | 81,6            | 96,4   | 111               | 114    | 128                                                          | 157                                                | 185                  | 283 |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 27                                                      |        | 78,4                                                         | 86,2            | 102    | 117               | 121    | 136                                                          | 166                                                | 196                  | 306 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |                                                         |        | ρ=0% <sup>4)</sup>                                           |                 | ρ=1,0% | ρ=1,5%            | ρ=2,0% | Querkraftbewehrung<br>(V <sub>Rd</sub> > V <sub>Rd,c</sub> ) |                                                    |                      |     |
| 4 E / D - Träger + Zulageträger EQ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | 3                                                       | 4      | 5                                                            | 6               | 8      | 10                | 12     | 14                                                           | max. zul.<br>V <sub>Rd</sub> <sup>2)</sup><br>kN/m |                      |     |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 83,3                                                    | 62,5   | 50,0                                                         | 41,7            | 31,3   | 25,0              | 20,8   | 17,9                                                         |                                                    |                      |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | ρ=1,5%                                                  | ρ=2,0% | Querkraftbewehrung<br>(V <sub>Rd</sub> > V <sub>Rd,c</sub> ) |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 8                                                       |        | (63,2)                                                       | (73,9)          | (75,2) |                   |        |                                                              |                                                    | (75,2) <sup>3)</sup> |     |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 9                                                       |        | 57,6                                                         | 67,0            | 76,8   | 86,6              | 102    |                                                              |                                                    |                      | 102 |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 11                                                      |        | 69,7                                                         | 81,7            | 93,6   | 106               | 125    |                                                              |                                                    |                      | 125 |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 13                                                      |        | 81,8                                                         | 95,9            | 110    | 124               | 147    |                                                              |                                                    |                      | 147 |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 15                                                      |        | 93,8                                                         | 110             | 126    | 143               | 170    |                                                              |                                                    |                      | 170 |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 17                                                      |        | 105                                                          | 124             | 142    | 161               | 193    |                                                              |                                                    |                      | 193 |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 19                                                      |        | 117                                                          | 137             | 157    | 178               | 215    |                                                              |                                                    |                      | 215 |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 21                                                      |        | 127                                                          | 150             | 172    | 194               | 238    |                                                              |                                                    |                      | 238 |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 23                                                      |        | 138                                                          | 162             | 186    | 211               | 259    | 261                                                          |                                                    |                      | 261 |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 25                                                      |        | 149                                                          | 175             | 201    | 227               | 279    | 283                                                          |                                                    |                      | 283 |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | 27                                                      |        | 159                                                          | 187             | 215    | 243               | 299    | 306                                                          |                                                    |                      | 306 |
| Erläuterungen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              | <sup>3)</sup> V <sub>Rd,c</sub> für ρ=2,0%         |                      |     |
| Oberhalb & links der Stufenlinien für den Biegezugbewehrungsgrad ist nur Verbundbewehrung erforderlich                                                                                                                                                                                                                                                                |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| Unterhalb & rechts der Stufenlinien ist Querkraftbewehrung erforderlich. (Trägerhöhe beachten! siehe Zulassung)                                                                                                                                                                                                                                                       |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| Dünne kursive Felder ermöglichen Querkräfte größer 0,5•V <sub>Rd,max,GT</sub> (Gitterträger muss in die Biegezugbewehrung eingreifen)                                                                                                                                                                                                                                 |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| V <sub>Rd</sub> = Minimum aus Stahltragfähigkeit (Verbundfuge bzw. Querkraft) und Querkraftobergrenze (Verbundfuge bzw. Querkraft)                                                                                                                                                                                                                                    |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| ( ) Für Plattendicken < 160mm gilt: V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> Mindestlängsbewehrungsgrad (rechte Stufenlinie oder Einzelnachweis) einhalten!                                                                                                                                                                                                                |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| <sup>1)</sup> und Z-15.1-147 vom 7. Mai 2014, Z-15.1-90 vom 1. Januar 2015 sowie Z-15.1-93 vom 1. Juli 2014                                                                                                                                                                                                                                                           |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| <sup>2)</sup> Minimum aus V <sub>Rd,max,GT</sub> = 1/3 • V <sub>Rd,max</sub> (für θ = 45°) bei Anrechnung ausschließlich der geeigneten Stäbe bei EQ-Gitterträgern                                                                                                                                                                                                    |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| und V <sub>Rd,max</sub> (EC2 Gl. (6.25) oder Z-15.1-147 bzw. Z-15.1-90, Tab. 4a oder Z-15.1-93, Tab. 1a)                                                                                                                                                                                                                                                              |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| <sup>4)</sup> Mindestquerkrafttragfähigkeit gemäß DIN EN 1992-1-1; Gleichung (6.2b)                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| <sup>5)</sup> Trägerhöhe zur Bestimmung der Bewehrungsneigung                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2018 und längstens bis zum Ablauf oder Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung.                                                                                                                                                                                                                                          |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| Annahmen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| statische Höhe d = h - 3cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |
| innerer Hebelarm: für V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> <sup>4)</sup> z = 0,9 • d, sonst z = 0,9 • d ≤ d - 2 • c <sub>nom</sub> hier mit c <sub>nom</sub> = 20mm                                                                                                                                                                                                    |  |                                                         |        |                                                              |                 |        |                   |        |                                                              |                                                    |                      |     |

Juli 2016 / UB

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme, Leese.

#### Allgemeine Geschäftsbedingungen:

Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG (nachfolgend FILIGRAN) auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

| FILIGRAN - Elementdecke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        | FI-Tafel                                                     |                                                    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--|
| Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1 <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        | E-2-4516                                                     |                                                    |  |
| Hinweis: Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen. |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| FILIGRAN - E / D - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    | Diagonale: 5 mm                                         |        |                                                              |        |        | Betongüte: C20/25 |        |                                                              |                                                    |  |
| FILIGRAN - EQ - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    | Diagonale: 7 mm                                         |        |                                                              |        |        | raue Fuge         |        |                                                              |                                                    |  |
| Trägeranzahl D / E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    | 4                                                       | 5      | 7                                                            | 9      | 10     | 12                | 16     | 20                                                           | max. zul. V <sub>Rd</sub><br>kN/m                  |  |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    | 62,5                                                    | 50,0   | 35,7                                                         | 27,8   | 25,0   | 20,8              | 15,6   | 12,5                                                         |                                                    |  |
| Decken-<br>dicke<br>cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Träger<br>höhe <sup>5)</sup><br>cm | Querkrafttragfähigkeit V <sub>Rd</sub> ( kN/m )         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    | Verbundbewehrung (V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> ) |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    | ρ=0% <sup>4)</sup>                                      |        |                                                              |        |        |                   | ρ=1,0% | ρ=1,5%                                                       | ρ=2,0%                                             |  |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6                                  | (39,6)                                                  | (42,7) | (48,7)                                                       | (54,7) | (57,8) | (61,6)            |        |                                                              | (61,6) <sup>3)</sup>                               |  |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 7                                  | (48,5)                                                  | (52,2) | (59,6)                                                       | (67,0) | (70,7) | (75,2)            |        |                                                              | (75,2) <sup>3)</sup>                               |  |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 9                                  | 57,2                                                    | 57,6   | 57,6                                                         | 60,8   | 64,1   | 70,8              | 84,3   | 97,7                                                         | 216                                                |  |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 11                                 | 65,8                                                    | 66,4   | 66,4                                                         | 73,9   | 78,0   | 86,1              | 102    | 119                                                          | 264                                                |  |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 13                                 | 74,1                                                    | 75,3   | 77,0                                                         | 86,3   | 91,0   | 100               | 119    | 138                                                          | 308                                                |  |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 15                                 | 82,2                                                    | 84,1   | 88,0                                                         | 98,5   | 104    | 114               | 136    | 157                                                          | 335                                                |  |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 17                                 | 90,1                                                    | 91,3   | 98,5                                                         | 110    | 116    | 128               | 151    | 174                                                          | 358                                                |  |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 19                                 | 96,7                                                    | 96,7   | 109                                                          | 122    | 129    | 141               | 167    | 193                                                          | 389                                                |  |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 21                                 | 102                                                     | 102    | 120                                                          | 133    | 140    | 154               | 182    | 209                                                          | 412                                                |  |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 23                                 | 107                                                     | 107    | 130                                                          | 145    | 152    | 167               | 196    | 226                                                          | 438                                                |  |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 25                                 | 112                                                     | 113    | 141                                                          | 157    | 164    | 180               | 212    | 244                                                          | 469                                                |  |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 27                                 | 117                                                     | 122    | 151                                                          | 167    | 176    | 192               | 226    | 260                                                          | 492                                                |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    | ρ=0% <sup>4)</sup>                                      | ρ=1,0% |                                                              |        |        |                   |        | Querkraftbewehrung<br>(V <sub>Rd</sub> > V <sub>Rd,c</sub> ) |                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                                         |        | ρ=1,5%                                                       |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                                         |        |                                                              | ρ=2,0% |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| 4 E / D - Träger + Zulageträger EQ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              | max. zul.<br>V <sub>Rd</sub> <sup>2)</sup><br>kN/m |  |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    | 3                                                       | 4      | 5                                                            | 6      | 8      | 10                | 12     | 14                                                           |                                                    |  |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    | 83,3                                                    | 62,5   | 50,0                                                         | 41,7   | 31,3   | 25,0              | 20,8   | 17,9                                                         |                                                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    | ρ=1,5%                                                  | ρ=2,0% | Querkraftbewehrung<br>(V <sub>Rd</sub> > V <sub>Rd,c</sub> ) |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 8                                  | (75,2)                                                  |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              | (75,2) <sup>3)</sup>                               |  |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 9                                  | 76,5                                                    | 87,3   | 98,2                                                         | 109    | 131    | 152               | 174    | 185                                                          | 216                                                |  |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 11                                 | 93,4                                                    | 107    | 120                                                          | 133    | 160    | 186               | 213    | 225                                                          | 264                                                |  |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 13                                 | 110                                                     | 126    | 141                                                          | 157    | 188    | 219               | 251    | 265                                                          | 312                                                |  |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 15                                 | 126                                                     | 144    | 162                                                          | 180    | 217    | 253               | 289    | 305                                                          | 360                                                |  |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 17                                 | 142                                                     | 163    | 183                                                          | 204    | 244    | 285               | 326    | 341                                                          | 408                                                |  |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 19                                 | 158                                                     | 181    | 204                                                          | 226    | 272    | 317               | 358    | 372                                                          | 456                                                |  |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 21                                 | 174                                                     | 198    | 223                                                          | 248    | 298    | 348               | 389    | 403                                                          | 504                                                |  |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 23                                 | 189                                                     | 216    | 243                                                          | 270    | 324    | 378               | 419    | 433                                                          | 530                                                |  |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 25                                 | 204                                                     | 233    | 263                                                          | 292    | 350    | 408               | 450    | 464                                                          | 559                                                |  |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 27                                 | 219                                                     | 250    | 282                                                          | 313    | 375    | 438               | 479    | 494                                                          | 587                                                |  |
| Erläuterungen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              | <sup>3)</sup> V <sub>Rd,c</sub> für ρ=2,0%         |  |
| Oberhalb & links der Stufenlinien für den Biegezugbewehrungsgrad ist nur Verbundbewehrung erforderlich                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| Unterhalb & rechts der Stufenlinien ist Querkraftbewehrung erforderlich. (Trägerhöhe beachten! siehe Zulassung)                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| Dünne kursive Felder ermöglichen Querkräfte größer 0,5·V <sub>Rd,max,GT</sub> (Gitterträger muss in die Biegezugbewehrung eingreifen)                                                                                                                                                                                                                  |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| V <sub>Rd</sub> = Minimum aus Stahltragfähigkeit (Verbundfuge bzw. Querkraft) und Querkraftobergrenze (Verbundfuge bzw. Querkraft)                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| ( ) Für Plattendicken < 160mm gilt: V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> Mindestlängsbewehrungsgrad (rechte Stufenlinie oder Einzelnachweis) einhalten!                                                                                                                                                                                                 |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| <sup>1)</sup> und Z-15.1-147 vom 7. Mai 2014, Z-15.1-90 vom 1. Januar 2015 sowie Z-15.1-93 vom 1. Juli 2014.                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| <sup>2)</sup> Minimum aus V <sub>Rd,max,GT</sub> = 1/3 · V <sub>Rd,max</sub> (für θ = 45°) bei Anrechnung ausschließlich der geneigten Stäbe bei EQ-Gitterträgern                                                                                                                                                                                      |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| und v <sub>Rd,max</sub> (EC2 Gl. (6.25) oder Z-15.1-147 bzw. Z-15.1-90, Tab. 4a oder Z-15.1-93, Tab. 1a)                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| <sup>4)</sup> Mindestquerkrafttragfähigkeit gemäß DIN EN 1992-1-1; Gleichung (6.2b)                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| <sup>5)</sup> Trägerhöhe zur Bestimmung der Bewehrungsneigung                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2018 und längstens bis zum Ablauf oder Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung.                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| Annahmen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| statische Höhe d = h - 3cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |
| innerer Hebelarm: für V <sub>Ed</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> <sup>4)</sup> z = 0,9 · d, sonst z = 0,9 · d ≤ d - 2 · c <sub>nom</sub> hier mit c <sub>nom</sub> = 20mm                                                                                                                                                                                     |                                    |                                                         |        |                                                              |        |        |                   |        |                                                              |                                                    |  |

Juli 2016 / UB

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme, Leese.

#### Allgemeine Geschäftsbedingungen:

Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG (nachfolgend FILIGRAN) auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.



| FILIGRAN - Elementdecke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        | FI-Tafel |                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------------------------------------|--------|----------|----------------------------------------------------|
| Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1 <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        | E-2-4517 |                                                    |
| Hinweis: Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen. |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| FILIGRAN - E / D - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    | Diagonale: 6 mm                                 |                                                         |                                                              |        |        | Betongüte: C20/25                                            |        |          |                                                    |
| FILIGRAN - EQ - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    | Diagonale: 7 mm                                 |                                                         |                                                              |        |        | glatte Fuge                                                  |        |          |                                                    |
| Trägeranzahl D / E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    | 4                                               | 5                                                       | 7                                                            | 9      | 10     | 12                                                           | 16     | 20       | max. zul. V <sub>Rd</sub><br>kN/m                  |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    | 62,5                                            | 50,0                                                    | 35,7                                                         | 27,8   | 25,0   | 20,8                                                         | 15,6   | 12,5     |                                                    |
| Decken-<br>dicke<br>cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Träger<br>höhe <sup>5)</sup><br>cm | Querkrafttragfähigkeit V <sub>Rd</sub> ( kN/m ) |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    | p=0% <sup>4)</sup>                              | Verbundbewehrung (V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> ) |                                                              |        |        | p=1,0%                                                       | p=1,5% | p=2,0%   |                                                    |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6                                  | (30,1)                                          | (34,2)                                                  | (42,4)                                                       | (50,6) | (54,7) | (61,6)                                                       |        |          | (61,6) <sup>3)</sup>                               |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 7                                  | (37,0)                                          | (42,0)                                                  | (52,1)                                                       | (62,2) | (67,2) | (75,2)                                                       |        |          | (75,2) <sup>3)</sup>                               |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 9                                  | 43,3                                            | 49,2                                                    | 57,6                                                         | 57,6   | 60,4   | 69,4                                                         | 87,4   | 102      | 102                                                |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 11                                 | 49,6                                            | 56,2                                                    | 66,4                                                         | 67,5   | 73,0   | 83,8                                                         | 106    | 125      | 125                                                |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 13                                 | 55,2                                            | 62,5                                                    | 75,3                                                         | 78,0   | 84,2   | 96,6                                                         | 121    | 146      | 147                                                |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 15                                 | 60,8                                            | 68,7                                                    | 84,1                                                         | 88,2   | 95,1   | 109                                                          | 137    | 165      | 170                                                |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 17                                 | 66,0                                            | 74,5                                                    | 91,3                                                         | 97,5   | 105    | 120                                                          | 151    | 181      | 193                                                |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 19                                 | 71,6                                            | 80,7                                                    | 96,7                                                         | 107    | 116    | 133                                                          | 166    | 199      | 215                                                |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 21                                 | 76,6                                            | 86,1                                                    | 102                                                          | 116    | 125    | 143                                                          | 179    | 214      | 238                                                |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 23                                 | 81,7                                            | 91,8                                                    | 107                                                          | 125    | 135    | 154                                                          | 192    | 230      | 261                                                |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 25                                 | 87,2                                            | 97,9                                                    | 114                                                          | 135    | 145    | 166                                                          | 207    | 248      | 283                                                |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 27                                 | 92,0                                            | 103                                                     | 121                                                          | 143    | 154    | 175                                                          | 219    | 262      | 306                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    | p=0% <sup>4)</sup>                              |                                                         | p=1,0%                                                       | p=1,5% | p=2,0% | Querkraftbewehrung<br>(V <sub>Rd</sub> > V <sub>Rd,c</sub> ) |        |          |                                                    |
| 4 E / D - Träger + Zulageträger EQ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          | max. zul.<br>V <sub>Rd</sub> <sup>2)</sup><br>kN/m |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    | 3                                               | 4                                                       | 5                                                            | 6      | 8      | 10                                                           | 12     | 14       |                                                    |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    | 83,3                                            | 62,5                                                    | 50,0                                                         | 41,7   | 31,3   | 25,0                                                         | 20,8   | 17,9     |                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    | p=1,5%                                          | p=2,0%                                                  | Querkraftbewehrung<br>(V <sub>Rd</sub> > V <sub>Rd,c</sub> ) |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 8                                  | (69,3)                                          | (75,2)                                                  |                                                              |        |        |                                                              |        |          | (75,2) <sup>3)</sup>                               |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 9                                  | 62,7                                            | 72,5                                                    | 82,3                                                         | 92,1   | 102    |                                                              |        |          | 102                                                |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 11                                 | 76,3                                            | 88,3                                                    | 100                                                          | 112    | 125    |                                                              |        |          | 125                                                |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 13                                 | 89,4                                            | 104                                                     | 118                                                          | 132    | 147    |                                                              |        |          | 147                                                |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 15                                 | 102                                             | 119                                                     | 135                                                          | 151    | 170    |                                                              |        |          | 170                                                |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 17                                 | 115                                             | 133                                                     | 152                                                          | 170    | 193    |                                                              |        |          | 193                                                |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 19                                 | 127                                             | 147                                                     | 168                                                          | 188    | 215    |                                                              |        |          | 215                                                |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 21                                 | 138                                             | 161                                                     | 183                                                          | 205    | 238    |                                                              |        |          | 238                                                |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 23                                 | 150                                             | 174                                                     | 198                                                          | 222    | 261    |                                                              |        |          | 261                                                |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 25                                 | 162                                             | 188                                                     | 214                                                          | 240    | 283    |                                                              |        |          | 283                                                |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 27                                 | 173                                             | 200                                                     | 228                                                          | 256    | 306    |                                                              |        |          | 306                                                |
| Erläuterungen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          | <sup>3)</sup> V <sub>Rd,c</sub> für p=2,0%         |
| Oberhalb & links der Stufenlinien für den Biegezugbewehrungsgrad ist nur Verbundbewehrung erforderlich                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| Unterhalb & rechts der Stufenlinien ist Querkraftbewehrung erforderlich. (Trägerhöhe beachten! siehe Zulassung)                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| Dünne kursive Felder ermöglichen Querkräfte größer 0,5·V <sub>Rd,max,GT</sub> (Gitterträger muss in die Biegezugbewehrung eingreifen)                                                                                                                                                                                                                  |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| V <sub>Rd</sub> = Minimum aus Stahltragfähigkeit (Verbundfuge bzw. Querkraft) und Querkraftobergrenze (Verbundfuge bzw. Querkraft)                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| ( ) Für Plattendicken < 160mm gilt: V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> Mindestlängsbewehrungsgrad (rechte Stufenlinie oder Einzelnachweis) einhalten!                                                                                                                                                                                                 |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| <sup>1)</sup> und Z-15.1-147 vom 7. Mai 2014, Z-15.1-90 vom 1. Januar 2015 sowie Z-15.1-93 vom 1. Juli 2014.                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| <sup>2)</sup> Minimum aus V <sub>Rd,max,GT</sub> = 1/3 · V <sub>Rd,max</sub> (für θ = 45°) bei Anrechnung ausschließlich der geneigten Stäbe bei EQ-Gitterträgern und v <sub>Rd,max</sub> (EC2 Gl. (6.25) oder Z-15.1-147 bzw. Z-15.1-90, Tab. 4a oder Z-15.1-93, Tab. 1a)                                                                             |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| <sup>4)</sup> Mindestquerkrafttragfähigkeit gemäß DIN EN 1992-1-1; Gleichung (6.2b)                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| <sup>5)</sup> Trägerhöhe zur Bestimmung der Bewehrungsneigung                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2018 und längstens bis zum Ablauf oder Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung.                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| Annahmen:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| statische Höhe d = h - 3cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |
| innerer Hebelarm: für V <sub>Ed</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> <sup>4)</sup> z = 0,9 · d, sonst z = 0,9 · d ≤ d - 2 · c <sub>nom</sub> hier mit c <sub>nom</sub> = 20mm                                                                                                                                                                                     |                                    |                                                 |                                                         |                                                              |        |        |                                                              |        |          |                                                    |

Juli 2016 / UB

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme, Leese.

**Allgemeine Geschäftsbedingungen:**

Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG (nachfolgend FILIGRAN) auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

| FILIGRAN - Elementdecke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                                                            |                                               |              |              |                                               |              |              |              | FI-Tafel                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------------|-----|
| Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1 <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |                                                            |                                               |              |              |                                               |              |              |              | E-2-4518                                    |     |
| <b>Hinweis:</b> Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                                            |                                               |              |              |                                               |              |              |              |                                             |     |
| <b>FILIGRAN - E / D - Träger</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    | Diagonale: 6 mm                                            |                                               |              |              | <b>Betongüte: C20/25</b>                      |              |              |              |                                             |     |
| <b>FILIGRAN - EQ - Träger</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    | Diagonale: 7 mm                                            |                                               |              |              | <b>raue Fuge</b>                              |              |              |              |                                             |     |
| <b>Trägeranzahl D / E</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |                                                            |                                               |              |              |                                               |              |              |              |                                             |     |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    | 4                                                          | 5                                             | 7            | 9            | 10                                            | 12           | 16           | 20           | max. zul. $V_{Rd}$<br>kN/m                  |     |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 62,5                                                       | 50,0                                          | 35,7         | 27,8         | 25,0                                          | 20,8         | 15,6         | 12,5         |                                             |     |
| Decken-<br>dicke<br>cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Träger<br>höhe <sup>5)</sup><br>cm | <b>Querkrafttragfähigkeit <math>V_{Rd}</math> ( kN/m )</b> |                                               |              |              |                                               |              |              |              |                                             |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    | $\rho=0\%$ <sup>4)</sup>                                   | Verbundbewehrung ( $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$ )   |              |              |                                               | $\rho=1,0\%$ | $\rho=1,5\%$ | $\rho=2,0\%$ |                                             |     |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 6                                  | (39,8)                                                     | (45,0)                                        | (49,3)       | (58,0)       | (61,6)                                        |              |              |              | (61,6) <sup>3)</sup>                        |     |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 7                                  | (48,7)                                                     | (55,0)                                        | (60,3)       | (71,0)       | (75,2)                                        |              |              |              | (75,2) <sup>3)</sup>                        |     |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 9                                  | 57,6                                                       | 57,6                                          | 57,6         | 64,4         | 74,1                                          | 78,9         | 88,5         | 108          | 127                                         | 216 |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 11                                 | 66,4                                                       | 66,4                                          | 66,6         | 78,3         | 90,0                                          | 95,8         | 108          | 131          | 154                                         | 264 |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 13                                 | 75,3                                                       | 75,3                                          | 77,9         | 91,4         | 105                                           | 112          | 125          | 152          | 179                                         | 308 |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 15                                 | 84,1                                                       | 84,1                                          | 89,0         | 104          | 119                                           | 127          | 142          | 173          | 203                                         | 335 |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 17                                 | 91,3                                                       | 91,3                                          | 99,7         | 116          | 133                                           | 142          | 158          | 192          | 225                                         | 358 |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 19                                 | 96,7                                                       | 98,8                                          | 111          | 129          | 148                                           | 157          | 175          | 212          | 249                                         | 389 |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 21                                 | 102                                                        | 110                                           | 121          | 141          | 161                                           | 171          | 190          | 230          | 270                                         | 412 |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 23                                 | 107                                                        | 120                                           | 131          | 153          | 174                                           | 185          | 206          | 248          | 291                                         | 438 |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 25                                 | 112                                                        | 131                                           | 142          | 165          | 188                                           | 199          | 222          | 268          | 314                                         | 469 |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 27                                 | 117                                                        | 140                                           | 152          | 176          | 201                                           | 213          | 237          | 285          | 333                                         | 492 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    | $\rho=0\%$ <sup>4)</sup>                                   | $\rho=1,0\%$                                  | $\rho=1,5\%$ | $\rho=2,0\%$ | Querkraftbewehrung<br>( $V_{Rd} > V_{Rd,c}$ ) |              |              |              |                                             |     |
| <b>4 E / D - Träger + Zulageträger EQ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |                                                            |                                               |              |              |                                               |              |              |              | max. zul.<br>$V_{Rd}$ <sup>2)</sup><br>kN/m |     |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    | 3                                                          | 4                                             | 5            | 6            | 8                                             | 10           | 12           | 14           |                                             |     |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    | 83,3                                                       | 62,5                                          | 50,0         | 41,7         | 31,3                                          | 25,0         | 20,8         | 17,9         |                                             |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    | $\rho=2,0\%$                                               | Querkraftbewehrung<br>( $V_{Rd} > V_{Rd,c}$ ) |              |              |                                               |              |              |              |                                             |     |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 8                                  | (75,2)                                                     |                                               |              |              |                                               |              |              |              | (75,2) <sup>3)</sup>                        |     |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 9                                  | 82,4                                                       | 93,2                                          | 104          | 115          | 137                                           | 158          | 180          | 188          | 216                                         |     |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 11                                 | 101                                                        | 114                                           | 127          | 140          | 167                                           | 193          | 219          | 229          | 264                                         |     |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 13                                 | 118                                                        | 134                                           | 149          | 165          | 196                                           | 228          | 257          | 269          | 312                                         |     |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 15                                 | 136                                                        | 154                                           | 172          | 190          | 226                                           | 262          | 296          | 308          | 360                                         |     |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 17                                 | 153                                                        | 173                                           | 193          | 214          | 255                                           | 295          | 331          | 344          | 408                                         |     |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 19                                 | 169                                                        | 192                                           | 215          | 237          | 283                                           | 328          | 362          | 376          | 456                                         |     |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 21                                 | 186                                                        | 211                                           | 235          | 260          | 310                                           | 360          | 393          | 407          | 503                                         |     |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 23                                 | 202                                                        | 229                                           | 256          | 283          | 337                                           | 391          | 423          | 437          | 526                                         |     |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 25                                 | 218                                                        | 247                                           | 277          | 306          | 364                                           | 422          | 454          | 468          | 556                                         |     |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 27                                 | 234                                                        | 265                                           | 296          | 328          | 390                                           | 453          | 483          | 498          | 583                                         |     |
| <b>Erläuterungen:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |                                                            |                                               |              |              |                                               |              |              |              | <sup>3)</sup> $V_{Rd,c}$ für $\rho=2,0\%$   |     |
| <p>Oberhalb &amp; links der Stufenlinien für den Biegezugbewehrungsgrad ist nur Verbundbewehrung erforderlich<br/>Unterhalb &amp; rechts der Stufenlinien ist Querkraftbewehrung erforderlich. (Trägerhöhe beachten! siehe Zulassung)<br/><i>Dünne kursive Felder</i> ermöglichen Querkräfte größer <math>0,5 \cdot V_{Rd,max,GT}</math> (Gitterträger muss in die Biegezugbewehrung eingreifen)<br/><math>V_{Rd}</math> = Minimum aus Stahltragfähigkeit (Verbundfuge bzw. Querkraft) und Querkraftobergrenze (Verbundfuge bzw. Querkraft)<br/>( ) Für Plattendicken &lt; 160mm gilt: <math>V_{Rd} \leq V_{Rd,c}</math> Mindestlängsbewehrungsgrad (rechte Stufenlinie oder Einzelnachweis) einhalten!<br/><sup>1)</sup> und Z-15.1-147 vom 7. Mai 2014, Z-15.1-90 vom 1. Januar 2015 sowie Z-15.1-93 vom 1. Juli 2014.<br/><sup>2)</sup> Minimum aus <math>V_{Rd,max,GT} = 1/3 \cdot V_{Rd,max}</math> (für <math>\theta = 45^\circ</math>) bei Anrechnung ausschließlich der geneigten Stäbe bei EQ-Gitterträgern<br/>und <math>V_{Rd,max}</math> (EC2 Gl. (6.25) oder Z-15.1-147 bzw. Z-15.1-90, Tab. 4a oder Z-15.1-93, Tab. 1a)<br/><sup>4)</sup> Mindestquerkrafttragfähigkeit gemäß DIN EN 1992-1-1; Gleichung (6.2b)<br/><sup>5)</sup> Trägerhöhe zur Bestimmung der Bewehrungsneigung<br/>Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2018 und längstens bis zum Ablauf oder Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung.</p> |                                    |                                                            |                                               |              |              |                                               |              |              |              |                                             |     |
| <b>Annahmen:</b><br>statische Höhe $d = h - 3cm$<br>innerer Hebelarm: für $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$ <sup>4)</sup> $z = 0,9 \cdot d$ , sonst $z = 0,9 \cdot d \leq d - 2 \cdot c_{nom}$ hier mit $c_{nom} = 20mm$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                                                            |                                               |              |              |                                               |              |              |              |                                             |     |

Juli 2016 / UB

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme, Leese.

**Allgemeine Geschäftsbedingungen:**

Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG (nachfolgend FILIGRAN) auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

|                                                                                               |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>FILIGRAN - Elementdecke</b><br><b>Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1<sup>1)</sup></b> | <b>FI-Tafel</b><br><b>E-2-4519</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|

**Hinweis:** Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

|                                                                                                   |                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>FILIGRAN - E / D - Träger</b> Diagonale: 7 mm<br><b>FILIGRAN - EQ - Träger</b> Diagonale: 7 mm | <b>Betongüte: C20/25</b><br><b>glatte Fuge</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|

| Trägeranzahl D / E     |                                    |                                                 |                                                         |                   |                   |                                                              |                   |                   |                   |                                   |                      |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------|
| je Element (b = 2,5m)  |                                    | 4                                               | 5                                                       | 7                 | 9                 | 10                                                           | 12                | 16                | 20                | max. zul. V <sub>Rd</sub><br>kN/m |                      |
| Trägerabstand (cm)     |                                    | 62,5                                            | 50,0                                                    | 35,7              | 27,8              | 25,0                                                         | 20,8              | 15,6              | 12,5              |                                   |                      |
| Decken-<br>dicke<br>cm | Träger<br>höhe <sup>5)</sup><br>cm | Querkrafttragfähigkeit V <sub>Rd</sub> ( kN/m ) |                                                         |                   |                   |                                                              |                   |                   |                   |                                   |                      |
|                        |                                    | <div>ρ=0% <sup>4)</sup></div>                   | Verbundbewehrung (V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> ) |                   |                   |                                                              | <div>ρ=1,0%</div> | <div>ρ=1,5%</div> | <div>ρ=2,0%</div> |                                   |                      |
| 12                     | 6                                  | (36,2)                                          | (41,8)                                                  | (53,0)            | (61,6)            |                                                              |                   |                   |                   |                                   | (61,6) <sup>3)</sup> |
| 14                     | 7                                  | (44,3)                                          | (51,1)                                                  | (64,8)            | (75,2)            |                                                              |                   |                   |                   |                                   | (75,2) <sup>3)</sup> |
| 16                     | 9                                  | 51,8                                            | 57,6                                                    | 58,2              | 70,5              | 76,7                                                         | 88,9              | 102               |                   | 102                               |                      |
| 18                     | 11                                 | 59,2                                            | 66,4                                                    | 70,4              | 85,2              | 92,6                                                         | 107               | 125               |                   | 125                               |                      |
| 20                     | 13                                 | 65,8                                            | 75,3                                                    | 81,2              | 98,1              | 107                                                          | 123               | 147               |                   | 147                               |                      |
| 22                     | 15                                 | 72,3                                            | 83,1                                                    | 91,8              | 111               | 120                                                          | 139               | 170               |                   | 170                               |                      |
| 24                     | 17                                 | 78,3                                            | 89,8                                                    | 102               | 122               | 133                                                          | 153               | 193               |                   | 193                               |                      |
| 26                     | 19                                 | 84,7                                            | 96,7                                                    | 112               | 135               | 146                                                          | 169               | 214               | 215               | 215                               |                      |
| 28                     | 21                                 | 90,4                                            | 102                                                     | 121               | 145               | 157                                                          | 182               | 230               | 238               | 238                               |                      |
| 30                     | 23                                 | 96,3                                            | 107                                                     | 130               | 156               | 169                                                          | 195               | 247               | 261               | 261                               |                      |
| 32                     | 25                                 | 103                                             | 112                                                     | 140               | 168               | 182                                                          | 210               | 266               | 283               | 283                               |                      |
| 34                     | 27                                 | 108                                             | 119                                                     | 149               | 178               | 193                                                          | 222               | 281               | 306               | 306                               |                      |
|                        |                                    | <div>ρ=0% <sup>4)</sup></div>                   | <div>ρ=1,0%</div>                                       | <div>ρ=1,5%</div> | <div>ρ=2,0%</div> | Querkraftbewehrung<br>(V <sub>Rd</sub> > V <sub>Rd,c</sub> ) |                   |                   |                   |                                   |                      |

| 4 E / D - Träger + Zulageträger EQ |    | 3                                                    | 4            | 5            | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | max. zul. $V_{Rd}$ <sup>2)</sup><br>kN/m |
|------------------------------------|----|------------------------------------------------------|--------------|--------------|------|------|------|------|------|------------------------------------------|
| je Element (b = 2,5m)              |    | 83,3                                                 | 62,5         | 50,0         | 41,7 | 31,3 | 25,0 | 20,8 | 17,9 |                                          |
| Trägerabstand (cm)                 |    | 83,3                                                 | 62,5         | 50,0         | 41,7 | 31,3 | 25,0 | 20,8 | 17,9 |                                          |
|                                    |    | $\rho=1,0\%$                                         | $\rho=1,5\%$ | $\rho=2,0\%$ |      |      |      |      |      |                                          |
|                                    |    | <b>Querkraftbewehrung</b><br>( $V_{Rd} > V_{Rd,c}$ ) |              |              |      |      |      |      |      |                                          |
| 14                                 | 8  | (75,2)                                               |              |              |      |      |      |      |      | (75,2) <sup>3)</sup>                     |
| 16                                 | 9  | 69,2                                                 | 79,0         | 88,8         | 98,6 | 102  |      |      |      | 102                                      |
| 18                                 | 11 | 84,2                                                 | 96,1         | 108          | 120  | 125  |      |      |      | 125                                      |
| 20                                 | 13 | 98,4                                                 | 113          | 127          | 141  | 147  |      |      |      | 147                                      |
| 22                                 | 15 | 112                                                  | 129          | 145          | 161  | 170  |      |      |      | 170                                      |
| 24                                 | 17 | 126                                                  | 144          | 163          | 181  | 193  |      |      |      | 193                                      |
| 26                                 | 19 | 139                                                  | 159          | 180          | 200  | 215  |      |      |      | 215                                      |
| 28                                 | 21 | 151                                                  | 174          | 196          | 218  | 238  |      |      |      | 238                                      |
| 30                                 | 23 | 164                                                  | 188          | 212          | 236  | 261  |      |      |      | 261                                      |
| 32                                 | 25 | 176                                                  | 203          | 229          | 255  | 283  |      |      |      | 283                                      |
| 34                                 | 27 | 188                                                  | 216          | 244          | 272  | 306  |      |      |      | 306                                      |

Erläuterungen: <sup>3)</sup>  $V_{Rd,c}$  für  $\rho=2,0\%$

Oberhalb & links der Stufenlinien für den Biegezugbewehrungsgrad ist nur Verbundbewehrung erforderlich  
 Unterhalb & rechts der Stufenlinien ist Querkraftbewehrung erforderlich. (Trägerhöhe beachten! siehe Zulassung)  
*Dünne kursive Felder* ermöglichen Querkräfte größer  $0,5 \cdot V_{Rd,max,GT}$  (Gitterträger muss in die Biegezugbewehrung eingreifen)  
 $V_{Rd}$  = Minimum aus Stahltragfähigkeit (Verbundfuge bzw. Querkraft) und Querkraftobergrenze (Verbundfuge bzw. Querkraft)  
 ( ) Für Plattendicken < 160mm gilt:  $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$  Mindestlängsbewehrungsgrad (rechte Stufenlinie oder Einzelnachweis) einhalten!  
<sup>1)</sup> und Z-15.1-147 vom 7. Mai 2014, Z-15.1-90 vom 1. Januar 2015 sowie Z-15.1-93 vom 1. Juli 2014.  
<sup>2)</sup> Minimum aus  $V_{Rd,max,GT} = 1/3 \cdot V_{Rd,max}$  (für  $\theta = 45^\circ$ ) bei Anrechnung ausschließlich der geneigten Stäbe bei EQ-Gitterträgern  
 und  $v_{Rd,max}$  (EC2 Gl. (6.25) oder Z-15.1-147 bzw. Z-15.1-90, Tab. 4a oder Z-15.1-93, Tab. 1a)  
<sup>4)</sup> Mindestquerkrafttragfähigkeit gemäß DIN EN 1992-1-1; Gleichung (6.2b)  
<sup>5)</sup> Trägerhöhe zur Bestimmung der Bewehrungsneigung  
 Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2018 und längstens bis zum Ablauf oder Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung.

**Annahmen:**  
 statische Höhe  $d = h - 3cm$   
 innerer Hebelarm: für  $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$  <sup>4)</sup>  $z = 0,9 \cdot d$ , sonst  $z = 0,9 \cdot d \leq d - 2 \cdot c_{nom}$  hier mit  $c_{nom} = 20mm$

Juli 2016 / UB

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme, Leese.

**Allgemeine Geschäftsbedingungen:**  
 Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG (nachfolgend FILIGRAN) auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

| FILIGRAN - Elementdecke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      | FI-Tafel                                    |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|--------------|-------------------|--------------|----------------------|---------------------------------------------|-----|
| Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1 <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      | E-2-4520                                    |     |
| <b>Hinweis:</b> Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen. |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| FILIGRAN - E / D - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                          | Diagonale: 7 mm                               |              |                                               |              | Betongüte: C20/25 |              |                      |                                             |     |
| FILIGRAN - EQ - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |                          | Diagonale: 7 mm                               |              |                                               |              | raue Fuge         |              |                      |                                             |     |
| Trägeranzahl D / E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      | max. zul. $V_{Rd}$<br>kN/m                  |     |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    | 4                        | 5                                             | 7            | 9                                             | 10           | 12                | 16           | 20                   |                                             |     |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    | 62,5                     | 50,0                                          | 35,7         | 27,8                                          | 25,0         | 20,8              | 15,6         | 12,5                 |                                             |     |
| Decken-<br>dicke<br>cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Träger<br>höhe <sup>5)</sup><br>cm | $\rho=0\%$ <sup>4)</sup> | Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd}$ ( kN/m )      |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                          | Verbundbewehrung ( $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$ )   |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                          |                                               |              |                                               | $\rho=1,0\%$ | $\rho=1,5\%$      | $\rho=2,0\%$ |                      |                                             |     |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 6                                  | (39,8)                   | (51,2)                                        | (57,2)       | (61,6)                                        |              |                   |              | (61,6) <sup>3)</sup> |                                             |     |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 7                                  | (48,7)                   | (62,7)                                        | (70,0)       | (75,2)                                        |              |                   |              | (75,2) <sup>3)</sup> |                                             |     |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 9                                  | 57,6                     | 57,6                                          | 63,5         | 76,6                                          | 89,8         | 96,3              | 109          | 136                  | 162                                         | 216 |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 11                                 | 66,4                     | 69,2                                          | 77,2         | 93,1                                          | 109          | 117               | 133          | 165                  | 196                                         | 264 |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 13                                 | 75,3                     | 80,9                                          | 90,1         | 108                                           | 127          | 136               | 154          | 191                  | 228                                         | 308 |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 15                                 | 84,1                     | 92,4                                          | 103          | 123                                           | 144          | 155               | 175          | 217                  | 258                                         | 335 |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 17                                 | 91,3                     | 103                                           | 115          | 138                                           | 160          | 172               | 195          | 240                  | 286                                         | 358 |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 19                                 | 96,7                     | 115                                           | 127          | 152                                           | 177          | 190               | 215          | 265                  | 315                                         | 389 |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 21                                 | 102                      | 125                                           | 139          | 166                                           | 193          | 206               | 233          | 287                  | 341                                         | 412 |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 23                                 | 107                      | 136                                           | 151          | 180                                           | 209          | 223               | 252          | 310                  | 368                                         | 438 |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 25                                 | 112                      | 147                                           | 163          | 194                                           | 225          | 241               | 272          | 334                  | 396                                         | 469 |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 27                                 | 117                      | 158                                           | 174          | 207                                           | 240          | 256               | 289          | 355                  | 421                                         | 492 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    | $\rho=0\%$ <sup>4)</sup> | $\rho=1,5\%$                                  | $\rho=2,0\%$ | Querkraftbewehrung<br>( $V_{Rd} > V_{Rd,c}$ ) |              |                   |              |                      |                                             |     |
| 4 E / D - Träger + Zulageträger EQ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      | max. zul.<br>$V_{Rd}$ <sup>2)</sup><br>kN/m |     |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    | 3                        | 4                                             | 5            | 6                                             | 8            | 10                | 12           | 14                   |                                             |     |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    | 83,3                     | 62,5                                          | 50,0         | 41,7                                          | 31,3         | 25,0              | 20,8         | 17,9                 |                                             |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                    | $\rho=2,0\%$             | Querkraftbewehrung<br>( $V_{Rd} > V_{Rd,c}$ ) |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 8                                  | (75,2)                   |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      | (75,2) <sup>3)</sup>                        |     |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 9                                  | 89,4                     | 100                                           | 111          | 122                                           | 144          | 165               | 184          | 192                  | 216                                         |     |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 11                                 | 109                      | 122                                           | 135          | 149                                           | 175          | 202               | 224          | 233                  | 264                                         |     |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 13                                 | 128                      | 144                                           | 159          | 175                                           | 206          | 237               | 262          | 273                  | 312                                         |     |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 15                                 | 147                      | 165                                           | 183          | 201                                           | 237          | 273               | 301          | 313                  | 360                                         |     |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 17                                 | 165                      | 185                                           | 206          | 226                                           | 267          | 308               | 336          | 349                  | 408                                         |     |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 19                                 | 183                      | 205                                           | 228          | 251                                           | 296          | 341               | 367          | 381                  | 456                                         |     |
| 28                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 21                                 | 200                      | 225                                           | 250          | 275                                           | 324          | 374               | 398          | 412                  | 499                                         |     |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 23                                 | 217                      | 244                                           | 271          | 298                                           | 352          | 406               | 427          | 441                  | 523                                         |     |
| 32                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 25                                 | 235                      | 264                                           | 293          | 322                                           | 381          | 439               | 458          | 473                  | 552                                         |     |
| 34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 27                                 | 251                      | 283                                           | 314          | 345                                           | 408          | 470               | 488          | 502                  | 579                                         |     |
| <b>Erläuterungen:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      | <sup>3)</sup> $V_{Rd,c}$ für $\rho=2,0\%$   |     |
| Oberhalb & links der Stufenlinien für den Biegezugbewehrungsgrad ist nur Verbundbewehrung erforderlich.                                                                                                                                                                                                                                                       |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| Unterhalb & rechts der Stufenlinien ist Querkraftbewehrung erforderlich. (Trägerhöhe beachten! siehe Zulassung)                                                                                                                                                                                                                                               |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| <i>Dünne kursive Felder</i> ermöglichen Querkräfte größer $0,5 \cdot V_{Rd,max,GT}$ (Gitterträger muss in die Biegezugbewehrung eingreifen)                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| $V_{Rd}$ = Minimum aus Stahltragfähigkeit (Verbundfuge bzw. Querkraft) und Querkraftobergrenze (Verbundfuge bzw. Querkraft)                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| ( ) Für Plattendicken < 160mm gilt: $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$ Mindestlängsbewehrungsgrad (rechte Stufenlinie oder Einzelnachweis) einhalten!                                                                                                                                                                                                                     |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| <sup>1)</sup> und Z-15.1-147 vom 7. Mai 2014, Z-15.1-90 vom 1. Januar 2015 sowie Z-15.1-93 vom 1. Juli 2014.                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| <sup>2)</sup> Minimum aus $V_{Rd,max,GT} = 1/3 \cdot V_{Rd,max}$ (für $\theta = 45^\circ$ ) bei Anrechnung ausschließlich der geeigneten Stäbe bei EQ-Gitterträgern                                                                                                                                                                                           |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| und $V_{Rd,max}$ (EC2 Gl. (6.25) oder Z-15.1-147 bzw. Z-15.1-90, Tab. 4a oder Z-15.1-93, Tab. 1a)                                                                                                                                                                                                                                                             |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| <sup>4)</sup> Mindestquerkrafttragfähigkeit gemäß DIN EN 1992-1-1; Gleichung (6.2b)                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| <sup>5)</sup> Trägerhöhe zur Bestimmung der Bewehrungsneigung                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2018 und längstens bis zum Ablauf oder Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung.                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| <b>Annahmen:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| statische Höhe d = h - 3cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |
| innerer Hebelarm: für $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$ <sup>4)</sup> $z = 0,9 \cdot d$ , sonst $z = 0,9 \cdot d \leq d - 2 \cdot c_{nom}$ hier mit $c_{nom} = 20mm$                                                                                                                                                                                                     |                                    |                          |                                               |              |                                               |              |                   |              |                      |                                             |     |

Juli 2016 / UB

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme, Leese.

#### Allgemeine Geschäftsbedingungen:

Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG (nachfolgend FILIGRAN) auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

# Erläuterungen zu FI-NORM E-2-4518

Seite 1 / 13

## Beispiel 1: Dünne Platte ohne Schubbewehrung

| FILIGRAN - Elementdecke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |                                    |                 |                                                                                                                                                                                                                                 |        |        |                   |         | FI-Tafel |                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------------------|---------|----------|-----------------------------------|
| Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1 <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |                                    |                 |                                                                                                                                                                                                                                 |        |        |                   |         | E-2-4518 |                                   |
| <small>Hinweis: Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen.</small> |    |                                    |                 |                                                                                                                                                                                                                                 |        |        |                   |         |          |                                   |
| FILIGRAN - E / D - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |                                    | Diagonale: 6 mm |                                                                                                                                                                                                                                 |        |        | Betongüte: C20/25 |         |          |                                   |
| FILIGRAN - EQ - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |                                    | Diagonale: 7 mm |                                                                                                                                                                                                                                 |        |        | raue Fuge         |         |          |                                   |
| Trägeranzahl D / E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |                                    |                 |                                                                                                                                                                                                                                 |        |        |                   |         |          |                                   |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    | 4                                  | 5               | 7                                                                                                                                                                                                                               | 9      | 10     | 12                | 16      | 20       | max. zul. V <sub>Rd</sub><br>kN/m |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    | 62,5                               | 50,0            | 35,7                                                                                                                                                                                                                            | 27,8   | 25,0   | 20,8              | 15,6    | 12,5     |                                   |
| Decken-<br>dicke<br>cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    | Träger<br>höhe <sup>5)</sup><br>cm |                 | Querkrafttragfähigkeit V <sub>Rd</sub> ( kN/m )                                                                                                                                                                                 |        |        |                   |         |          |                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |                                    |                 | Verbundbewehrung (V <sub>Rd</sub> ≤ V <sub>Rd,c</sub> )                                                                                                                                                                         |        |        |                   |         |          |                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    | ρ=0% <sup>4)</sup>                 |                 | <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> |        |        |                   |         |          |                                   |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 6  | (39,8)                             | (45,0)          | (49,3)                                                                                                                                                                                                                          | (58,0) | (61,6) |                   |         |          | (61,6) <sup>3)</sup>              |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 7  | (48,7)                             | (55,0)          | (60,3)                                                                                                                                                                                                                          | (71,0) | (75,2) |                   |         |          | (75,2) <sup>3)</sup>              |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 9  | 57,6                               | 57,6            | 57,6                                                                                                                                                                                                                            | 64,4   | 74,1   | 78,9              | 88,5    | 108 127  | 216                               |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 11 | 66,4                               | 66,4            | 66,6                                                                                                                                                                                                                            | 78,3   | 90,0   | 95,8              | 108 131 | 154      | 264                               |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 13 | 75,3                               | 75,3            | 77,9                                                                                                                                                                                                                            | 91,4   | 105    | 112               | 125 152 | 179      | 308                               |

### Vorgaben:

Die Bemessung für Querkraft erfolgt für einen Streifen von 1m Breite.

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft – incl. Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$

$$V_{Ed} = 55,0 \text{ kN/m}$$

Betongüte

C20/25

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

Deckendicke

$h = 140 \text{ mm}$

Statische Höhe

$d = h - 30 = 110 \text{ mm}$

Fertigteiloberfläche

raue Fuge

Längsbewehrungsgrad laut Stufenlinie

$\rho = 1,0 \%$  (grau)<sup>a)</sup>

innerer Hebelarm

$z = 0,9 \cdot d = 99 \text{ mm}$

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

Gitterträger

Diagonale  $\varnothing 6 \text{ mm}$

Abstand 62,5 cm

Höhe 7 cm ( $\alpha = 37^\circ$ )

<sup>a)</sup> Gemäß Eurocode 2, Abs. 9.3.2 müssen Ortbetonplatten mit aufgebogenen Längsstäben als Querkraftbewehrung eine Mindestplattendicke von 160 mm haben. Somit muss für alle Platten mit einer Dicke von weniger als 160 mm (in diesem Beispiel 140 mm) gewährleistet sein, dass keine Querkraftbewehrung erforderlich ist. Um dieses zu gewährleisten ist ggfs. ein bestimmter Längsbewehrungsgrad sicher zu stellen. Dieser wird in der Tabelle durch Stufenlinien gekennzeichnet. Bei Ausnutzung der in den Feldern links einer Stufenlinie angegebenen Querkraften sind die jeweiligen Längsbewehrungsgrade einzubauen, welche für die rechts davon liegende Stufenlinie gilt.

Im gewählten Beispiel (55 kN/m) ist eine Mindestlängsbewehrung von  $\rho = 1,00 \%$  zur Sicherung der Querkrafttragfähigkeit erforderlich („graues Feld“ mit gestrichelter Stufenlinie). Ist keine Querkraftbewehrung erforderlich, müssen die Gitterträger als Verbundbewehrung nicht über die volle Bauteildicke geführt werden. In der Spalte max. zul.  $V_{Rd}$  steht in diesen Zeilen ( $h < 160 \text{ mm}$ )  $V_{Rd,c}$  ermittelt mit dem maximal anrechenbaren Bewehrungsgrad  $\rho = 2,00 \%$ .

# Erläuterungen zu FI-NORM E-2-4518

Seite 2 / 13

## Querkraftbemessung

(DIN EN 1992-1-1 mit NA für Deutschland)

### **Querkraft-Ortbeton**

Widerstand schubunbewehrte Platte

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2a)$$

$$\begin{aligned} \text{mit } k &= \min \{ 2 ; 1 + \sqrt{(200/d)} \} = \min \{ 2 ; 1 + \sqrt{(200/110)} \} = 2 \\ &= (0,15/1,5) \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,01 \cdot 20 \text{ N/mm}^2)^{1/3} \cdot 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \\ &= 59,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,c} &= v_{\min} \cdot b_w \cdot d = (0,0525/\gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b) \\ &= (0,0525/1,5) \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} \text{ N/mm}^2 \cdot 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} = 48,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Rd,c} = 59,7 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 55,0 \text{ kN}$$

→ Keine Schubbewehrung erforderlich!

→ Nachweise Stahltragfähigkeit  $V_{Rd,sy}$  (6.13) &  
Querkraftobergrenze  $1/3 \cdot V_{Rd,max}$  (6.14) entbehrlich!

→  $z = 0,9 \cdot d = 99 \text{ mm}$

### **Querkraft-Verbundfuge**

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$V_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i) \quad (6.24)$$

$$V_{Ed} = 1,0 \cdot 55.000 \text{ N} / (99 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm})$$

$$V_{Ed} = 0,556 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Verbundfugentragfähigkeit

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25)$$

$$\text{mit } f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 1,5 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot (6 \text{ mm})^2 / 4 / 0,2 \text{ m} / 0,625 \text{ m} = 452,4 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{mm}^2$$

(2 Diagonalen  $\varnothing 6 \text{ mm}$  im Knotenpunktabstand 0,2 m mit Gitterträgerabstand 0,625m)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_{Rdi} &= 0,4 \cdot 0,85 \text{ N/mm}^2 + 452,4 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{mm}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 37^\circ + \cos 37^\circ) \\ &\leq 0,5 \cdot 0,5 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{Rdi} = 0,5555 \text{ N/mm}^2 \leq 2,833 \text{ N/mm}^2$$

$$\leq V_{Rdi,max} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (Obergrenze nach Z-15.1-147, Tab. 4a)}$$

$$V_{Rdi} \approx V_{Ed} = 0,556 \text{ N/mm}^2$$

→ Gitterträger als Verbundbewehrung ausreichend

In diesem Bemessungsbeispiel wird die Bemessung der Verbundfuge maßgebend:

$$\text{Tabellenwert: } V_{Rd} = V_{Rdi} \cdot z \cdot b_i = 0,5555 \text{ N/mm}^2 \cdot 99 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm}$$

$$V_{Rd} = 55,0 \text{ kN}$$



## Beispiel 2: Platte mit Schubbewehrung

| FILIGRAN - Elementdecke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                                          |                                             |        |        |        |                   |      |              | FI-Tafel                   |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|--------|--------|--------|-------------------|------|--------------|----------------------------|----------------------|
| Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1 <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    |                                          |                                             |        |        |        |                   |      |              | E-2-4518                   |                      |
| <small>Hinweis: Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen.</small> |                    |                                          |                                             |        |        |        |                   |      |              |                            |                      |
| FILIGRAN - E / D - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |                                          | Diagonale: 6 mm                             |        |        |        | Betongüte: C20/25 |      |              |                            |                      |
| FILIGRAN - EQ - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                    |                                          | Diagonale: 7 mm                             |        |        |        | raue Fuge         |      |              |                            |                      |
| Trägeranzahl D / E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                                          |                                             |        |        |        |                   |      |              | max. zul. $V_{Rd}$<br>kN/m |                      |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    | 4                                        | 5                                           | 7      | 9      | 10     | 12                | 16   | 20           |                            |                      |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    | 62,5                                     | 50,0                                        | 35,7   | 27,8   | 25,0   | 20,8              | 15,6 | 12,5         |                            |                      |
| Decken-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Träger             | Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd}$ ( kN/m ) |                                             |        |        |        |                   |      |              |                            |                      |
| dicke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | höhe <sup>5)</sup> | $\rho=0\%$ <sup>4)</sup>                 | Verbundbewehrung ( $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$ ) |        |        |        |                   |      | $\rho=1,0\%$ |                            | $\rho=1,5\%$         |
| cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | cm                 |                                          |                                             |        |        |        |                   |      |              |                            |                      |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 6                  | (39,8)                                   | (45,0)                                      | (49,3) | (58,0) | (61,6) |                   |      |              |                            | (61,6) <sup>3)</sup> |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 7                  | (48,7)                                   | (55,0)                                      | (60,3) | (71,0) | (75,2) |                   |      |              |                            | (75,2) <sup>3)</sup> |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 9                  | 57,6                                     | 57,6                                        | 57,6   | 64,4   | 74,1   | 78,9              | 88,5 | 108          | 127                        | 216                  |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 11                 | 66,4                                     | 66,4                                        | 66,6   | 78,3   | 90,0   | 95,8              | 108  | 131          | 154                        | 264                  |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 13                 | 75,3                                     | 75,3                                        | 77,9   | 91,4   | 105    | 112               | 125  | 152          | 179                        | 308                  |

### Vorgaben:

Die Bemessung für Querkraft erfolgt für einen Streifen von 1m Breite.

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft – incl. Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$

$$V_{Ed} = 77,9 \text{ kN/m}$$

Betongüte

C20/25

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

Deckendicke

$h = 200 \text{ mm}$

Statische Höhe

$d = h - 30 = 170 \text{ mm}$

Fertigteiloberfläche

raue Fuge

Längsbewehrungsgrad

$$\rho = 0,3 \% \text{ b)}$$

innerer Hebelarm

$$z = 0,9 \cdot d = 153 \text{ mm}$$

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

$$\leq d - 2 \cdot c_{nom} = 130 \text{ mm}$$

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

Gitterträger

Diagonale  $\varnothing 6 \text{ mm}$

Abstand  $50 \text{ cm}$

Höhe  $13 \text{ cm}$  ( $\alpha = 56^\circ$ )

### Querkraftbemessung

(DIN EN 1992-1-1 mit NA für Deutschland)

### Querkraft-Ortbeton

Widerstand Schubunbewehrte Platte

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2a)$$

$$= (0,15/1,5) \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,003 \cdot 20 \text{ N/mm}^2)^{1/3} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 170 \text{ mm}$$

$$= 61,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = V_{min} \cdot b_w \cdot d = (0,0525/\gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

$$= (0,0525/1,5) \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} \text{ N/mm}^2 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 170 \text{ mm} = 75,3 \text{ kN}$$

$$< V_{Ed} = 77,9 \text{ kN}$$

→ Schubbewehrung erforderlich! b)

$$\rightarrow z = d - 2 \cdot c_{nom} = 130 \text{ mm}$$

b) Bei einem höheren Längsbewehrungsgrad wäre ggf. keine Schubbewehrung erforderlich. Bei einem Längsbewehrungsgrad von  $\rho = 1,0 \%$  (s. Stufenlinie) sind Querkraften ohne erforderliche Querkraftbewehrung bis zu 90,9 kN ausgewiesen.

Bestimmung der Druckstrebenneigung  $\cot \theta$

$$V_{Rd,cc} = c \cdot 0,48 \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot b_w \cdot z \quad (6.7bDE)$$

$$V_{Rd,cc} = 0,5 \cdot 0,48 \cdot 20^{1/3} \text{ N/mm}^2 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 130 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,cc} = 84,6 \text{ kN}$$

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 / (1 - V_{Rd,cc} / V_{Ed}) \leq 3 \quad (6.7aDE)$$

$$1,2 / (1 - 84,6 \text{ kN} / 77,6 \text{ kN}) = -13,3$$

→ gewählt  $\cot \theta = 3$

Bestimmung der Stahltragfähigkeit

$$V_{Rd,s} = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

$$(A_{SW} / s) = (2 \cdot \pi \cdot (6 \text{ mm})^2 / 4) / 0,5 \text{ m} / 0,2 \text{ m} = 565 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2 / \text{mm}^2 \text{ (ermittelt für 1m Breite)}$$

$$V_{Rd,s} = 565 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2 / \text{mm}^2 \cdot 130 \text{ mm} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (3 + 1/\tan 56^\circ) \cdot \sin 56^\circ$$

$$V_{Rd,s} = 81,7 \text{ kN/m} > V_{Ed}$$

Nachweis der Querkraftobergrenze

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad (6.14)$$

$$V_{Rd,max} = 1.000 \text{ mm} \cdot 130 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \cdot (3 + 1/\tan 56^\circ) / (1 + 3^2)$$

$$V_{Rd,max} = 404,8 \text{ kN}$$

$$1/3 V_{Rd,max} = 134,9 \text{ kN} > V_{Ed}$$

## Querkraft-Verbundfuge

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$V_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i) \quad (6.24)$$

$$V_{Ed} = 1,0 \cdot 77.900 \text{ N} / (130 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm})$$

$$V_{Ed} = 0,599 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Verbundfugentragfähigkeit

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25)$$

$$\text{mit } f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 1,5 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot (6 \text{ mm})^2 / 4 / 0,2 \text{ m} / 0,5 \text{ m} = 565,5 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2 / \text{mm}^2$$

(2 Diagonalen  $\varnothing 6 \text{ mm}$  im Knotenpunktabstand 0,2 m mit Gitterträgerabstand 0,5 m)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rdi} = 0,4 \cdot 0,85 \text{ N/mm}^2 + 565 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2 / \text{mm}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 56^\circ + \cos 56^\circ)$$

$$\leq 0,5 \cdot 0,5 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rdi} = 0,599 \text{ N/mm}^2 \leq 2,833 \text{ N/mm}^2$$

$$\leq V_{Rdi,max} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (Obergrenze nach Z-15.1-147, Tab. 4a)}$$

$$V_{Rdi} \geq V_{Ed} = 0,599 \text{ N/mm}^2$$

→ Gitterträger sind als Verbundbewehrung ausreichend

In diesem Bemessungsbeispiel wird die Bemessung der Verbundfuge maßgebend:

$$\text{Tabellenwert: } V_{Rd} = V_{Rdi} \cdot z \cdot b_i = 0,599 \text{ N/mm}^2 \cdot 130 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm}$$

$$V_{Rd} = 77,9 \text{ kN}$$

# Erläuterungen zu FI-NORM E-2-4518

Seite 5 / 13

## Beispiel 3: Grenzfall schubunbewehrte Platte

| FILIGRAN - Elementdecke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |                                             |                 |        |        |        |                   |              |              | FI-Tafel                   |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|--------|--------|--------|-------------------|--------------|--------------|----------------------------|----------------------|
| Querkraftbemessung nach DIN EN 1992-1-1 <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            |                                             |                 |        |        |        |                   |              |              | E-2-4518                   |                      |
| <u>Hinweis:</u> Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen. |                                            |                                             |                 |        |        |        |                   |              |              |                            |                      |
| FILIGRAN - E / D - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                            |                                             | Diagonale: 6 mm |        |        |        | Betongüte: C20/25 |              |              |                            |                      |
| FILIGRAN - EQ - Träger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                            |                                             | Diagonale: 7 mm |        |        |        | raue Fuge         |              |              |                            |                      |
| Trägeranzahl D / E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                            |                                             |                 |        |        |        |                   |              |              |                            |                      |
| je Element (b = 2,5m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | 4                                           | 5               | 7      | 9      | 10     | 12                | 16           | 20           | max. zul. $V_{Rd}$<br>kN/m |                      |
| Trägerabstand (cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                            | 62,5                                        | 50,0            | 35,7   | 27,8   | 25,0   | 20,8              | 15,6         | 12,5         |                            |                      |
| Decken-<br><br>dicke<br><br>cm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Träger<br><br>höhe <sup>5)</sup><br><br>cm | Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd}$ ( kN / m )  |                 |        |        |        |                   |              |              |                            |                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                            | Verbundbewehrung ( $V_{Rd} \leq V_{Rd,c}$ ) |                 |        |        |        |                   |              |              |                            |                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                            | $\rho=0\%$ <sup>4)</sup>                    |                 |        |        |        | $\rho=1,0\%$      | $\rho=1,5\%$ | $\rho=2,0\%$ |                            |                      |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 6                                          | (39,8)                                      | (45,0)          | (49,3) | (58,0) | (61,6) |                   |              |              |                            | (61,6) <sup>3)</sup> |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 7                                          | (48,7)                                      | (55,0)          | (60,3) | (71,0) | (75,2) |                   |              |              |                            | (75,2) <sup>3)</sup> |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 9                                          | 57,6                                        | 57,6            | 57,6   | 64,4   | 74,1   | 78,9              | 88,5         | 108          | 127                        |                      |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 11                                         | 66,4                                        | 66,4            | 66,6   | 78,3   | 90,0   | 95,8              | 108          | 131          | 154                        |                      |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 13                                         | 75,3                                        | 75,3            | 77,9   | 91,4   | 105    | 112               | 125          | 152          | 179                        |                      |

### Vorgaben:

Die Bemessung für Querkraft erfolgt für einen Streifen von 1m Breite.

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft – incl. Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$

$$V_{Ed} = 66,6 \text{ kN/m}$$

Betongüte

C20/25

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

Deckendicke

$h = 180 \text{ mm}$

Statische Höhe

$d = h - 30 = 150 \text{ mm}$

Fertigteiloberfläche

raue Fuge

Längsbewehrungsgrad laut Stufenlinie

$\rho = 0 \%$  bzw. beliebig (weiße Felder)

innerer Hebelarm

$z = 0,9 \cdot d = 162 \text{ mm}$  ( $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$ )

$\leq d - 2 \cdot c_{nom} = 110 \text{ mm}$  ( $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ )

Gitterträger

Diagonale  $\varnothing 6 \text{ mm}$

Abstand 62,5 cm

Höhe 11 cm ( $\alpha = 50^\circ$ )

# Erläuterungen zu FI-NORM E-2-4518

Seite 6 / 13

## Querkraftbemessung

(DIN EN 1992-1-1 mit NA für Deutschland)

### Querkraft-Ortbeton

Widerstand Schubunbewehrte Platte

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 0 \quad (6.2a)$$

$$V_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d = (0,0525/\gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

mit  $k = \min \{ 2 ; 1 + \sqrt{(200/d)} \} = \min \{ 2 ; 1 + \sqrt{(200/150)} \} = 2$   
 $= (0,0525/1,5) \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} \text{ N/mm}^2 \cdot 1.000 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} = 66,4 \text{ kN}$

$$V_{Rd,c} = 66,4 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 66,4 \text{ kN}$$

→ Nachweis maßgebend!

→ Keine Schubbewehrung erforderlich!

$$\rightarrow z = 0,9 \cdot d = 162 \text{ mm}$$

### Querkraft-Verbundfuge

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$V_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i) \quad (6.24)$$

$$V_{Ed} = 1,0 \cdot 66.400 \text{ N} / (162 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm})$$

$$V_{Ed} = 0,410 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Verbundfugentragfähigkeit

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25)$$

mit  $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 1,5 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 0,85 \text{ N/mm}^2$

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot (6 \text{ mm})^2 / 4 / 0,2 \text{ m} / 0,625 \text{ m} = 452,4 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{mm}^2$$

(2 Diagonalen  $\varnothing 6 \text{ mm}$  im Knotenpunktabstand 0,2 m mit Gitterträgerabstand 0,625 m)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rdi} = 0,4 \cdot 0,85 \text{ N/mm}^2 + 452,4 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{mm}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 50^\circ + \cos 50^\circ) \leq 0,5 \cdot 0,5 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rdi} = 0,553 \text{ N/mm}^2 \leq 2,833 \text{ N/mm}^2$$

$$\leq V_{Rdi, \max} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (Obergrenze nach Z-15.1-147, Tab. 4a)}$$

$$V_{Rdi} \geq V_{Ed} = 0,410 \text{ N/mm}^2$$

Aus dem Verbundnachweis errechnet sich:

$$V_{Rdi} = v_{Rdi} \cdot b_i \cdot z = 0,553 \text{ N/mm}^2 \cdot 1.000 \text{ mm} \cdot 162 \text{ mm}$$

$$V_{Rd} = 89,6 \text{ kN}$$

Bei Ansatz dieses Wertes wäre die Einwirkung größer als  $V_{Rd,c}$  und es müsste der Hebelarm reduziert werden auf:

$$z = d - 2 \cdot c_{nom} = 110 \text{ mm},$$

die Tragfähigkeit der Verbundfuge reduziert sich auf:

$$V_{Rd} = v_{Rdi} \cdot b_i \cdot z$$

$$V_{Rd} = 0,553 \text{ N/mm}^2 \cdot 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm}$$

$$V_{Rd} = 60,8 \text{ kN}$$

$$\leq V_{Ed} = 66,4 \text{ kN/m.}$$

In diesem Fall ist also der Nachweis des Schubunbewehrten Querschnitts der maßgebende Nachweis.

Tabellenwert:

$$V_{Rd} = V_{Rd,c}$$

$$V_{Rd} = 66,4 \text{ kN}$$

# Erläuterungen zu FI-NORM E-2-4518

Seite 7 / 13

## Beispiel 4: Schubbewehrte Platte mit EQ-Gitterträgern

| 4 E / D - Träger + Zulageträger EQ |    |              |                                               |      |      |      |      |      | max. zul.<br>$V_{Rd}^{2)}$<br>kN/m |      |
|------------------------------------|----|--------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------------------------------------|------|
| je Element (b = 2,5m)              |    | 3            | 4                                             | 5    | 6    | 8    | 10   | 12   |                                    | 14   |
| Trägerabstand (cm)                 |    | 83,3         | 62,5                                          | 50,0 | 41,7 | 31,3 | 25,0 | 20,8 |                                    | 17,9 |
|                                    |    | $\rho=2,0\%$ | Querkraftbewehrung<br>( $V_{Rd} > V_{Rd,c}$ ) |      |      |      |      |      |                                    |      |
| 14                                 | 8  |              | (75,2)                                        |      |      |      |      |      |                                    |      |
| 16                                 | 9  | 82,4         | 93,2                                          | 104  | 115  | 137  | 158  | 180  | 188                                | 216  |
| 18                                 | 11 | 101          | 114                                           | 127  | 140  | 167  | 193  | 219  | 229                                | 264  |
| 20                                 | 13 | 118          | 134                                           | 149  | 165  | 196  | 228  | 257  | 269                                | 312  |
| 22                                 | 15 | 136          | 154                                           | 172  | 190  | 226  | 262  | 296  | 308                                | 360  |
| 24                                 | 17 | 153          | 173                                           | 193  | 214  | 255  | 295  | 331  | 344                                | 408  |
| 26                                 | 19 | 169          | 192                                           | 215  | 237  | 283  | 328  | 362  | 376                                | 456  |
| 28                                 | 21 | 186          | 211                                           | 235  | 260  | 310  | 360  | 393  | 407                                | 503  |
| 30                                 | 23 | 202          | 229                                           | 256  | 283  | 337  | 391  | 423  | 437                                | 527  |
| 32                                 | 25 | 218          | 247                                           | 277  | 306  | 364  | 422  | 454  | 468                                | 556  |
| 34                                 | 27 | 234          | 265                                           | 296  | 328  | 390  | 453  | 483  | 498                                | 583  |

### Vorgaben:

Die Bemessung für Querkraft erfolgt für einen Streifen von 1m Breite.

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft – incl. Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$

$$V_{Ed} = 193 \text{ kN}$$

Betongüte

C20/25

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

Deckendicke

$h = 180 \text{ mm}$

$b = 1.000 \text{ mm}$

Statische Höhe

$d = h - 30 = 150 \text{ mm}$

Längsbewehrungsgrad

$\rho = 2 \%$  (maximal anrechenbarer Bew.-Grad)

innerer Hebelarm

$z = 0,9 \cdot d = 135 \text{ mm}$

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

$\leq d - 2 \cdot c_{nom} = 110 \text{ mm}$  ( $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ )

Gitterträger

Typ E, Diagonale  $\varnothing 6 \text{ mm}$ , Abstand 62,5 cm,  $\alpha = 50^\circ$

Typ EQ, Diagonale  $\varnothing 7 \text{ mm}$ , Abstand 25 cm,  $\alpha = 45^\circ \& 90^\circ$

Fertigteiloberfläche

raue Fuge

### Querkraftbemessung

(DIN EN 1992-1-1 mit NA für Deutschland)

### Querkraft-Ortbeton

Widerstand unbewehrte Platte

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2a)$$

$$= (0,15/1,5) \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,02 \cdot 20)^{1/3} \cdot 1000 \cdot 150 = 102,6 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d = (0,0525/\gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

$$= (0,0525/1,5) \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} \cdot 1000 \cdot 150 = 66,4 \text{ kN/m}$$

$< V_{Ed} = 193 \text{ kN/m}$

→ Schubbewehrung erforderlich!

→  $z = d - 2 \cdot c_{nom} = 110 \text{ mm}$

Bestimmung der Druckstrebenneigung  $\cot \theta$

$$V_{Rd,cc} = c \cdot 0,48 \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot b_w \cdot z \quad (6.7bDE)$$

$$V_{Rd,cc} = 0,5 \cdot 0,48 \cdot 20^{1/3} \text{ N/mm}^2 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,cc} = 71,65 \text{ kN}$$

## 1. Iterationsschritt<sup>c)</sup>

Bestimmung der Stahltragfähigkeit und der Querkraftobergrenze

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 / (1 - V_{Rd,cc} / V_{Ed}) \leq 3 \quad (6.7aDE)$$

$$1,2 / (1 - 71,65 \text{ kN} / 193 \text{ kN}) = 1,91$$

→ gewählt  $\cot \theta = 1,91$

$$V_{Rd,s} (E) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

$$(A_{SW} / s) = (2 \cdot \pi \cdot (6 \text{ mm})^2 / 4) / 0,625 / 0,2 = 452 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$V_{Rd,s} (E) = 452 \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,91 + 1/\tan 50^\circ) \cdot \sin 50^\circ$$

$$V_{Rd,s} (E) = 38,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (E) = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad (6.14)$$

$$V_{Rd,max} (E) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \cdot (1,91 + 1/\tan 50^\circ) / (1 + 1,91^2)$$

$$V_{Rd,max} (E) = 551,4 \text{ kN}$$

Gewählt EQ 12 mit Dia. 7 mm und  $s_g = 25 \text{ cm} \rightarrow \alpha_1 = 45^\circ$  und  $\alpha_2 = 90^\circ$

$$(A_{SW} / s) = (2 \cdot \pi \cdot (7 \text{ mm})^2 / 4) / 0,25 \text{ m} / 0,2 \text{ m} = 1.539 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = 1.539 \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,91 + 1/\tan 45^\circ) \cdot \sin 45^\circ$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = 127,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad (6.14)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \cdot (1,91 + 1/\tan 45^\circ) / (1 + 1,91^2)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = 583,6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (6.8)$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = 1.539 \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot 1,91$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = 118,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad (6.9)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 / (1,91 + 1/1,91)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = 383,1 \text{ kN}$$

Nachweis der Obergrenze (analog DAfStb Heft 600, Gl. (H.6-7))

$$\frac{V_{Rd,s} (E)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (E)} + \frac{V_{Rd,s} (EQ-45^\circ)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (EQ-45^\circ)} + \frac{V_{Rd,s} (EQ-90^\circ)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (EQ-90^\circ)} = \frac{38,2 \text{ kN}}{183,8 \text{ kN}} + \frac{127,2 \text{ kN}}{194,5 \text{ kN}} + \frac{118,1 \text{ kN}}{127,7 \text{ kN}} = 1,79 > 1$$

→ der Nachweis der Betondruckstrebe ist **nicht** erfüllt

→ die Druckstrebenneigung  $\cot \theta$  wird so weit reduziert, bis der Nachweis der Betondruckstrebe erfüllt ist (in diesem Beispiel  $\cot \theta = 1,268$ )

<sup>c)</sup> Die Druckstrebenneigung ist innerhalb der zulässigen Grenzen so zu bestimmen, dass bei vorgegebener Schubbewehrungsmenge die Stahltragfähigkeit  $V_{Rd,s}$  maximal wird und gleichzeitig die Querkraftobergrenze eingehalten wird. Die einzelnen Traganteile sind für jede Diagonalenneigung gesondert zu bestimmen.



## 2. Iterationsschritt

→ gewählt  $\cot \theta = 1,268$

$$V_{Rd,s} (E) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

$$V_{Rd,s} (E) = 452 \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,268 + 1/\tan 50^\circ) \cdot \sin 50^\circ$$

$$V_{Rd,s} (E) = 29,3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (E) = b_W \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad (6.14)$$

$$V_{Rd,max} (E) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \cdot (1,268 + 1/\tan 50^\circ) / (1 + 1,268^2)$$

$$V_{Rd,max} (E) = 753,3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = 1.539 \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,268 + 1/\tan 45^\circ) \cdot \sin 45^\circ$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = 99,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = b_W \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad (6.14)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \cdot (1,268 + 1/\tan 45^\circ) / (1 + 1,268^2)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = 810,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (6.8)$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = 1.539 \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot 1,268$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = 78,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = b_W \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad (6.9)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 / (1,268 + 1/1,268)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = 453,3 \text{ kN}$$

Nachweis der Obergrenze (analog DAfStb Heft 600, Gl. (H.6-7))

$$\frac{V_{Rd,s} (E)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (E)} + \frac{V_{Rd,s} (EQ - 45^\circ)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (EQ - 45^\circ)} + \frac{V_{Rd,s} (EQ - 90^\circ)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (EQ - 90^\circ)} = \frac{29,3 \text{ kN}}{251,1 \text{ kN}} + \frac{99,2 \text{ kN}}{270,3 \text{ kN}} + \frac{78,1 \text{ kN}}{151,1 \text{ kN}} = 1,00$$

→ der Nachweis der Betondruckstrebe ist erfüllt

Nachweis der Stahltragfähigkeit der Schubbewehrung

$$V_{Rd,s} = V_{Rd,s} (E) + V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) + V_{Rd,s} (EQ-90^\circ)$$

$$V_{Rd,s} = 29,3 \text{ kN} + 99,2 \text{ kN} + 78,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = 206,6 \text{ kN} = V_{Rd,max} > V_{Ed} = 193 \text{ kN/m}$$

## Querkraft-Verbundfuge

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$V_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i) \quad (6.24)$$

$$V_{Ed} = 1,0 \cdot 193.000 \text{ N} / (110 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm})$$

$$V_{Ed} = 1,755 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Verbundfugentragfähigkeit

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25)$$

mit  $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 1,5 / 1,5 = 0,85 \text{ N/mm}^2$

$$\rho(E) = 2 \cdot \pi \cdot 0,006^2 / 4 / 0,2 / 0,625 = 452 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

(2 Diagonalen ø6mm im Knotenpunktabstand 0,2 m mit Gitterträgerabstand 62,5cm)

$$\rho(EQ) = 2 \cdot \pi \cdot 0,007^2 / 4 / 0,2 / 0,25 = 1.539 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2$$

(2 Diagonalen ø7mm im Knotenpunktabstand 0,2 m mit Gitterträgerabstand 25cm)

$\alpha = 45^\circ \text{ \& } 90^\circ$  (EQ-Gitterträger Bauhöhe 11cm)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 / 1,5 = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rdi} = 0,4 \cdot 0,85$$

$$+ 452/10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 50^\circ + \cos 50^\circ)$$

$$+ 1.539/10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 45^\circ + \cos 45^\circ)$$

$$+ 1.539/10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 90^\circ + \cos 90^\circ)$$

$$\leq 0,5 \cdot 0,5 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rdi} = 1,756 \text{ N/mm}^2 \leq 2,833 \text{ N/mm}^2$$

$$\leq V_{Rdi, \max} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (Obergrenze nach Z-15.1-147, Tab. 4a)}$$

$$V_{Rdi} \geq V_{Ed} = 1,755 \text{ N/mm}^2$$

➔ Gitterträger als Verbundbewehrung ausreichend

In diesem Bemessungsbeispiel wird die Bemessung der Verbundfuge maßgebend:

Tabellenwert:  $V_{Rd} = V_{Rdi} \cdot z \cdot b_i = 1,756 \text{ N/mm}^2 \cdot 110 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm}$

**$V_{Rd} = 193,2 \text{ kN}$**

Für max. zul.  $V_{Rd}$  wir in dieser Zeile folgender Nachweis maßgebend:

Tabellenwert:  $V_{Rdi, \max} = V_{Rdi, \max} \cdot z \cdot b_i$

$$V_{Rdi, \max} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \cdot 110 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm}$$

$$V_{Rdi, \max} = 264 \text{ kN}$$

**max. zul.  $V_{Rd} = 264 \text{ kN}$**

## Beispiel 5: hochbelastete Platte

| 4 E / D - Träger + Zulageträger EQ |      |              |                                               |      |      |      |      |      | max. zul.<br>$V_{Rd}^{2)}$<br>kN/m |                      |
|------------------------------------|------|--------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------------------------------------|----------------------|
| je Element (b = 2,5m)              | 3    | 4            | 5                                             | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   |                                    |                      |
| Trägerabstand (cm)                 | 83,3 | 62,5         | 50,0                                          | 41,7 | 31,3 | 25,0 | 20,8 | 17,9 |                                    |                      |
|                                    |      | $\rho=2,0\%$ | Querkraftbewehrung<br>( $V_{Rd} > V_{Rd,c}$ ) |      |      |      |      |      |                                    |                      |
| 14                                 | 8    |              | (75,2)                                        |      |      |      |      |      |                                    | (75,2) <sup>3)</sup> |
| 16                                 | 9    | 82,4         | 93,2                                          | 104  | 115  | 137  | 158  | 180  | 188                                | 216                  |
| 18                                 | 11   | 101          | 114                                           | 127  | 140  | 167  | 193  | 219  | 229                                | 264                  |
| 20                                 | 13   | 118          | 134                                           | 149  | 165  | 196  | 228  | 257  | 269                                | 312                  |
| 22                                 | 15   | 136          | 154                                           | 172  | 190  | 226  | 262  | 296  | 308                                | 360                  |
| 24                                 | 17   | 153          | 173                                           | 193  | 214  | 255  | 295  | 331  | 344                                | 408                  |
| 26                                 | 19   | 169          | 192                                           | 215  | 237  | 283  | 328  | 362  | 376                                | 456                  |
| 28                                 | 21   | 186          | 211                                           | 235  | 260  | 310  | 360  | 393  | 407                                | 503                  |
| 30                                 | 23   | 202          | 229                                           | 256  | 283  | 337  | 391  | 423  | 437                                | 527                  |
| 32                                 | 25   | 218          | 247                                           | 277  | 306  | 364  | 422  | 454  | 468                                | 556                  |
| 34                                 | 27   | 234          | 265                                           | 296  | 328  | 390  | 453  | 483  | 498                                | 583                  |

### Vorgaben:

Die Bemessung für Querkraft erfolgt für einen Streifen von 1m Breite.

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft – incl. Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_F$

$$V_{Ed} = 229 \text{ kN}$$

Betongüte

C20/25

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

Deckendicke

$h = 180 \text{ mm}$

$b = 1.000 \text{ mm}$

Statische Höhe

$d = h - 30 = 150 \text{ mm}$

Längsbewehrungsgrad

$\rho = 2 \%$  (maximal anrechenbarer Bew.-Grad)

innerer Hebelarm

$z = 0,9 \cdot d = 135 \text{ mm}$

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

$\leq d - 2 \cdot c_{nom} = 110 \text{ mm}$  ( $V_{Ed} > V_{Rd,c}$ )

Gitterträger

Typ E, Diagonale  $\varnothing 6 \text{ mm}$ , Abstand 62,5 cm,  $\alpha = 50^\circ$

Typ EQ, Diagonale  $\varnothing 7 \text{ mm}$ , Abstand 17,9 cm,  $\alpha = 45^\circ \& 90^\circ$

Fertigteiloberfläche

raue Fuge

### Querkraftbemessung

(DIN EN 1992-1-1 mit NA für Deutschland)

### Querkraft-Ortbeton

Widerstand unbewehrte Platte

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2a)$$

$$= (0,15/1,5) \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,02 \cdot 20)^{1/3} \cdot 1000 \cdot 150 = 102,6 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d = (0,0525/\gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

$$= (0,0525/1,5) \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} \cdot 1000 \cdot 150 = 66,4 \text{ kN/m}$$

$< V_{Ed} = 229 \text{ kN/m}$

→ Schubbewehrung erforderlich!

→  $z = d - 2 \cdot c_{nom} = 110 \text{ mm}$

## Bestimmung der Druckstrebenneigung

$$V_{Rd,cc} = c \cdot 0,48 \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot b_w \cdot z \quad (6.7bDE)$$

$$V_{Rd,cc} = 0,5 \cdot 0,48 \cdot 20^{1/3} \text{ N/mm}^2 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,cc} = 71,65 \text{ kN}$$

$$1 \leq \cot \theta \leq 1,2 / (1 - V_{Rd,cc} / V_{Ed}) \leq 3 \quad (6.7aDE)$$

$$1,2 / (1 - 71,65 \text{ kN} / 229 \text{ kN}) = 1,75$$

### 1. Iterationsschritt

#### Bestimmung der Stahltragfähigkeit und der Querkraftobergrenze

→ gewählt  $\cot \theta = 1,00$  (siehe Nachweis Betondruckstrebe)

$$V_{Rd,s} (E) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

$$(A_{SW} / s) = (2 \cdot \pi \cdot (6 \text{ mm})^2 / 4) / 0,625 / 0,2 = 452,4 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$V_{Rd,s} (E) = 452,4 \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,00 + 1/\tan 50^\circ) \cdot \sin 50^\circ$$

$$V_{Rd,s} (E) = 25,6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (E) = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad (6.14)$$

$$V_{Rd,max} (E) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \cdot (1,00 + 1/\tan 50^\circ) / (1 + 1,00^2)$$

$$V_{Rd,max} (E) = 857,3 \text{ kN}$$

Gewählt EQ 12 mit Dia. 7 mm und  $s_g = (2,5\text{m}/14) \rightarrow \alpha_1 = 45^\circ$  und  $\alpha_2 = 90^\circ$

$$(A_{SW} / s) = (2 \cdot \pi \cdot (7 \text{ mm})^2 / 4) / 0,179 \text{ m} / 0,2 \text{ m} = 2.155 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = 2.155 \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,00 + 1/\tan 45^\circ) \cdot \sin 45^\circ$$

$$V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) = 122,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \quad (6.14)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \cdot (1,00 + 1/\tan 45^\circ) / (1 + 1,00^2)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-45^\circ) = 932,3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = (A_{SW} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (6.8)$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = 2.155 \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot 1,00$$

$$V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) = 86,6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad (6.9)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = 1.000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 / (1,00 + 1/1,00)$$

$$V_{Rd,max} (EQ-90^\circ) = 466,1 \text{ kN}$$

#### Nachweis der Obergrenze (analog DAfStb Heft 600, Gl. (H.6-7))

$$\frac{V_{Rd,s} (E)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (E)} + \frac{V_{Rd,s} (EQ-45^\circ)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (EQ-45^\circ)} + \frac{V_{Rd,s} (EQ-90^\circ)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (EQ-90^\circ)} = \frac{25,6 \text{ kN}}{285,8 \text{ kN}} + \frac{122,4 \text{ kN}}{310,8 \text{ kN}} + \frac{86,6 \text{ kN}}{155,4 \text{ kN}} = 1,04 > 1$$

- der Nachweis der Betondruckstrebe ist **nicht** erfüllt
- die Druckstrebenneigung  $\cot \theta$  ist bereits zu 1,00 gewählt und darf gemäß bauaufsichtlichen Zulassungen nicht weiter reduziert werden
- daher werden die senkrechten Streben der EQ-Gitterträger nur anteilig angerechnet, um so die Stahltragfähigkeit zu reduzieren

## 2. Iterationsschritt

→ Es werden nur 93,2 % aller senkrechten Streben der EQ-Gitterträger angerechnet

$$\begin{aligned} V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) &= 93,2\% \cdot (A_{sw} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta \\ V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) &= 0,932 \cdot 2.155 \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 0,110 \text{ m} \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot 1,00 \\ V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) &= 80,7 \text{ kN} \end{aligned} \quad (6.8)$$

$$\frac{V_{Rd,s} (E)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (E)} + \frac{V_{Rd,s} (EQ-45^\circ)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (EQ-45^\circ)} + \frac{V_{Rd,s} (EQ-90^\circ)}{\frac{1}{3} V_{Rd,max} (EQ-90^\circ)} = \frac{25,6 \text{ kN}}{285,8 \text{ kN}} + \frac{122,4 \text{ kN}}{310,8 \text{ kN}} + \frac{80,7 \text{ kN}}{155,4 \text{ kN}} = 1,00 \leq 1,00$$

→ der Nachweis der Betondruckstrebe ist erfüllt

Bemessungswert der Stahltragfähigkeit

$$\begin{aligned} V_{Rd,s} &= V_{Rd,s} (E) + V_{Rd,s} (EQ-45^\circ) + V_{Rd,s} (EQ-90^\circ) \\ V_{Rd,s} &= 25,6 \text{ kN} + 122,4 \text{ kN} + 80,7 \text{ kN} \\ V_{Rd,s} &= 229 \text{ kN} = V_{Rd,max} \\ &\geq V_{Ed} = 229 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### Querkraft-Verbundfuge

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

$$\begin{aligned} V_{Ed} &= \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i) \\ V_{Ed} &= 1,0 \cdot 229.000 \text{ N} / (110 \text{ mm} \cdot 1.000 \text{ mm}) \\ V_{Ed} &= 2,082 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (6.24)$$

Bemessungswert der Verbundfugentragfähigkeit

$$\begin{aligned} V_{Rdi} &= c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \cdot \mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \\ \text{mit } f_{ctd} &= \alpha_{ct} \cdot f_{ctk, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 1,5 / 1,5 = 0,85 \text{ N/mm}^2 \\ \rho(E) &= 2 \cdot \pi \cdot (0,006\text{m})^2 / 4 / 0,2\text{m} / 0,625\text{m} = 452 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2 \\ &\quad (2 \text{ Diagonalen } \varnothing 6\text{mm im Knotenpunktabstand } 0,2 \text{ m mit Gitterträgerabstand } 62,5\text{cm}) \\ \alpha &= 50^\circ \quad (E\text{-Gitterträger Bauhöhe } 11\text{cm}) \\ \rho(EQ) &= 2 \cdot \pi \cdot (0,007\text{m})^2 / 4 / 0,2\text{m} / (2,5\text{m}/14) = 2.155 / 10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2 \\ &\quad (2 \text{ Diagonalen } \varnothing 7\text{mm im Knotenpunktabstand } 0,2 \text{ m mit Gitterträgerabstand } 2,5\text{m}/14\text{Träger} = 17,9\text{cm}) \\ \alpha &= 45^\circ \text{ \& } 90^\circ \quad (EQ\text{-Gitterträger Bauhöhe } 11\text{cm}) \\ f_{cd} &= \alpha_{cc} \cdot f_{ck, 0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 / 1,5 = 11,3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (6.25)$$

$$\begin{aligned} V_{Rdi} &= 0,4 \cdot 0,85 \\ &\quad + 452/10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 50^\circ + \cos 50^\circ) \\ &\quad + 2.155/10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 45^\circ + \cos 45^\circ) \\ &\quad + 2.155/10^6 \text{ m}^2/\text{m}^2 \cdot 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 90^\circ + \cos 90^\circ) \\ &\leq 0,5 \cdot 0,5 \cdot 11,3 \text{ N/mm}^2 \\ V_{Rdi} &= 2,238 \text{ N/mm}^2 \leq 2,833 \text{ N/mm}^2 \\ &\leq V_{Rdi,max} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (Obergrenze nach Z-15.1-147, Tab. 4a)} \\ &\geq V_{Ed} = 2,073 \text{ N/mm}^2 \\ &\rightarrow \text{Gitterträger als Verbundbewehrung ausreichend} \end{aligned}$$

In diesem Bemessungsbeispiel wird die Stahltragfähigkeit der Schubbewehrung in Verbindung mit der Querkraftobergrenze maßgebend:

$$\begin{aligned} \text{Tabellenwert: } V_{Rd} &= V_{Rd,s} \\ V_{Rd} &= \mathbf{229 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Filigran-Elementdecken nach DIN EN 1992-1-1: 2011-01 und dem zugehörigen nationalen Anhang (zusammen im Folgenden auch "Eurocode 2" genannt) dürfen entsprechend der **Zulassung Z-15.1-93 vom 7.5.2014** auch im Fall einer nicht vorwiegend ruhenden Belastung eingesetzt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Einsatz von Filigran-EQ-Gitterträgern
- Verbundfuge rau nach Eurocode 2
- Mindestfertigteilplattendicke 6 cm
- Gitterträger mindestens 10 cm hoch
- maximaler Durchmesser der Biegezugbewehrung: 16 mm
- Biegezugbewehrung nicht gestaffelt
- Gitterträger werden nicht als Biegezugbewehrung angesetzt

Bei der Bemessung sind folgende Nachweise zu führen:

**1. Verbund- und Querkraftbewehrung für die maximale Querkraft**

**2. Querkraftobergrenze nach Zulassung**

**3. Ermüdungsnachweis der Gitterträgerdiagonalen (Spannungsschwingbreite)**

Diese FI-NORM dient als Bemessungshilfe für die vorgenannten Nachweise bei nicht vorwiegend ruhender Belastung.<sup>1)</sup>

Für die Anwendung dieser Tafel gelten zusätzlich folgende Annahmen:

- Einsatz von Normalbeton
- keine Normalspannung in Plattenebene ( $\sigma_{cd}=0$ ) oder senkrecht dazu ( $\sigma_n=0$ )
- es handelt sich um ein Verbundbauteil
- Schubspannungen wirken in Gitterträgerlängsrichtung

Gleichungsnummern in runden Klammern ( ) und die Bezeichnungen beziehen sich auf DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2) bzw. dem zugehörigen nationalen Anhang.

**Nicht vorwiegend ruhende Belastung**

Nicht vorwiegend ruhende Einwirkungen sind nach nationalem Anhang NA. 1.5.2.7 stoßende Einwirkungen oder sich wiederholende Einwirkung, die eine vielfache Beanspruchungsänderung während der Nutzungsdauer des Tragwerkes oder des Bauteils hervorruft und die für die Tragwerksplanung nicht als ruhende Einwirkung angesehen werden darf (z.B. Kran-, Kranbahn-, Gabelstaplerlasten, Verkehrslasten auf Brücken).

Nach dieser Normendefinition gehören Nutzlasten in Parkhäusern sowie in Fabriken und Werkstätten nicht dazu.

Unabhängig davon galten nach früherer Lastnorm DIN 1055 Verkehrslasten in Fabriken und Werkstätten über  $10 \text{ kN/m}^2$  als "schwerer Betrieb". Die Gitterträger-Zulassung fordert für diesen Fall - unabhängig von der Einstufung als ruhende Belastung - den Einsatz von gesondert zugelassenen Gitterträgern. D.h. es sind EQ-Gitterträger als alleinige Verbund- und Schubbewehrung einzusetzen. Ein Ermüdungsnachweis ist jedoch nicht zu führen.

**Sicherheitskonzept**

Der Eurocode beruht auf einem Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten. Dabei sind die Lasten mit Teilsicherheitsbeiwerten zu multiplizieren und daraus die resultierenden Schnittgrößen wie die einwirkende Querkraft  $V_{Ed}$  zu ermitteln. Dieser Bemessungswert ist der aufnehmbaren Querkraft  $V_{Rd}$  gegenüberzustellen:

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

$\gamma_F$  = Teilsicherheitsbeiwert für die Lastseite

Der Teilsicherheitsbeiwert für die Lastseite beträgt  $\gamma_F = 1,35$  für Eigengewicht und  $\gamma_F = 1,5$  für Verkehrslasten. Diese Werte sind beim Nachweis der Obergrenze und bei der Bemessung für die maximale Querkraft anzusetzen.

Für den Nachweis gegen Ermüdung (Spannungsschwingbreite) bei nicht vorwiegend ruhender Belastung wird nach DIN EN 1992-1-1, NA 2.4.2.3(1)  $\gamma_{F,fat} = 1,0$  gesetzt.

Die aufnehmbare Querkraft bzw. der Entwurfswiderstand  $V_{Rd}$  bzw. die aufnehmbaren Schubspannungen beinhalten jeweils die Teilsicherheitsbeiwerte für die Materialwiderstände:

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

Für die Bemessung der Bewehrung wird ein Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_s = \gamma_{s,fat} = 1,15$  angesetzt (vgl. NA 6.8.4). Dieser Wert gilt somit auch für den Schwingbreitennachweis nach Abschnitt 3.

<sup>1)</sup> Im Fall der vorwiegend ruhenden Belastung kann die FI-Tafel E-2-4539 genutzt werden



**1. Verbund- und Querkraftbemessung****Maßgebende Schubspannung in der Verbundfuge**

Zur Bemessung der Filigran-Elementdecke ist die einwirkende Schubkraft  $V_{Edi}$  in der Verbundfuge zu bestimmen:

$$V_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i) \quad (6.24)$$

$\beta$  = das Verhältnis der Normalkraft in der Betongergänzung und der Gesamtnormalkraft in der Druck- bzw. Zugzone im betrachteten Querschnitt (*Anm.: im Standardfall und auf der sicheren Seite liegend gilt  $\beta = 1$* )

$V_{Ed}$  = Bemessungsquerkraft

$z$  = innerer Hebelarm

$$= 0,9 d \leq \max \{d - c_{v,i} - 30\text{mm}; d - 2c_{v,i}\}$$

mit  $d$  = statische Höhe

$c_{nom}$  = Betondeckung in der Druckzone

(Für Bauteile ohne erforderliche Schubbewehrung darf  $z = 0,9 d$  gesetzt werden.)

$b_i$  = die Breite der Fuge

Für den Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft  $V_{Rd,c}$  schubunbewehrter Platten gilt:

$$V_{Rd,c} = [0,15/1,5 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d \quad (6.2a)$$

mit Mindestwert

$$V_{Rd,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

$$v_{min} = 0,0525/1,5 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$\rho_l$  = Längsbewehrungsgrad =  $A_{sl}/(b_w \cdot d) \leq 0,02$

$f_{ck}$  = char. Betondruckfestigkeit

$k$  = Maßstabsbeiwert =  $1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$

Ist die einwirkende Querkraft  $V_{Ed}$  größer als  $V_{Rd,c}$ , ist wie für monolithische Bauteile eine Querkraftbewehrung erforderlich. In diesem Fall

- ist eine Schubbewehrung durchzuführen (vgl. Abs. 1.2),
- beträgt der maximale Gitterträgerabstand 40cm,
- sind die Gitterträger als Schubbewehrung über die ganze Höhe zu führen,
- ist sowohl der Querkraftnachweis als auch der Verbundnachweis unter Berücksichtigung von  $z \leq \max \{d - c_{v,i} - 30\text{mm}; d - 2c_{v,i}\}$  zu führen.

Die vorgenannten Regelungen greifen auch, wenn aufgrund des Ermüdungsnachweises des Betons nach Eurocode 2, 6.8.7 (4) eine Schubbewehrung erforderlich wird (vgl. hierzu Erläuterungen zur Querkraftobergrenze).

**1.1 Verbundbemessung**

Für die Schubspannung in der Verbundfuge ist nachzuweisen:

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi} \quad (6.23)$$

$$V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25)$$

$V_{Rdi}$  = Bemessungswert der der Schubtragfähigkeit in der Fuge

$c$  = Rauigkeitsbeiwert,

**bei Ermüdungsbeanspruchung gilt  $c = 0$**

vgl. Eurocode 6.2.5 (5)

$\mu = 0,7$  (für raue Fuge)

$v = 0,5$  (für raue Fuge)

$f_{ctd}$  = Bemessungswert der Betonzugfestigkeit

$\rho = A_s / A_i$  (Schubbewehrungsgrad)

$A_s$  = Querschnittsfläche der Verbundbewehrung

$A_i$  = Fläche der Fuge

$\alpha$  = Neigungswinkel der Verbundbewehrung

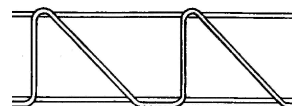
$f_{yd}$  = Bemessungsstreckgrenze der Verbundbewehrung (hier für glatte Diagonalen:

$$f_{yd} = 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 = 365 \text{ N/mm}^2)$$

EQ-Gitterträger besitzen Diagonalen mit jeweils zwei unterschiedlichen Neigungswinkeln. Mit  $\alpha_1 < 90^\circ$  und  $\alpha_2 = 90^\circ$  ergibt sich aus (6.25) folgende Bemessungsgleichung:

$$V_{Rdi} = \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \mu \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1 + 1,2 \mu) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25-A)$$

mit  $\rho$  ermittelt aus 2 Diagonalen je 20 cm

**1.2 Schubbewehrung**

Nach Eurocode 2 gilt Gleichung (6.8) für senkrechte und Gleichung (6.13) für geneigte Schubbewehrung.

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (6.8)$$

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad (6.13)$$

$A_{sw}$  = Querschnittsfläche der Schubbewehrung

$s$  = Abstand in Längsrichtung (hier 20 cm)

$\theta$  = Neigungswinkel der Betondruckstrebe

$\alpha$  = Neigung der Schubbewehrung (Diagonale)

$f_{yd}$  = Bemessungsstreckgrenze der Schubbewehrung

(hier für glatte Diagonalen:

$$f_{yd} = 420 \text{ N/mm}^2 / 1,15 = 365 \text{ N/mm}^2)$$

Für EQ-Gitterträger sind die Widerstände nach vorgenannten Gleichungen entsprechend der jeweiligen Diagonalenneigung zu bestimmen und zu addieren.

Für den Neigungswinkel  $\theta$  der Betondruckstrebe bei **nicht** vorwiegend ruhender Belastung gilt:

$$\tan\theta_{\text{fat}} = \sqrt{\tan\theta} \leq 1 \quad (6.65)$$

mit

$$1,0 \leq \cot\theta \leq 1,2 / (1 - v_{\text{Rd,cc}} / v_{\text{Ed}}) \leq 3 \quad (6.7aDE)$$

$$v_{\text{Rd,cc}} = 0,5 \cdot 0,48 \cdot f_{\text{ck}}^{1/3} \quad (6.7bDE)$$

*Anm.: Anders als im Eurocode 2 wurden hier in den Gleichungen (6.7) Schubspannungen anstelle von Querkraften verwendet.*

## **2. Querkraftobergrenze**

Im Fall der nicht vorwiegend ruhenden Belastung ist die einwirkende Querkraft gesondert zu begrenzen.

Zusätzlich zur Obergrenze nach Gleichung (6.25) sind tabellierte Querkraftobergrenzen nach Zulassung Z-15.1-93 einzuhalten. Die für ruhende Belastung festgelegten Grenzwerte sind im Fall der nicht vorwiegend ruhenden Belastung zu halbieren. In **Tabelle 1** sind diese Grenzwerte zusammen mit denen für raue Fugen nach Gl. (6.25) zusammengestellt. Maßgebend sind die reduzierten tabellierten Werte nach Zulassung.

|                                                         | C20<br>/25 | C25<br>/30 | C30<br>/37  | C35<br>/45 | C40<br>/50 | C45<br>/55 | C50<br>/60  |
|---------------------------------------------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| Gl. (6.25)                                              | 2,8        | 3,5        | 4,25        | 5,0        | 5,7        | 6,4        | 7,1         |
| $v_{\text{Rdi,max}}$<br>( <b>ruhend</b> )               | 2,4        | 2,8        | 3,3         | 3,6        | 3,8        | 4,0        | 4,1         |
| $0,5 v_{\text{Rdi,max}}$<br>( <b>nicht<br/>ruhend</b> ) | <b>1,2</b> | <b>1,4</b> | <b>1,65</b> | <b>1,8</b> | <b>1,9</b> | <b>2,0</b> | <b>2,05</b> |

**Tabelle 1: Obergrenze der Schubspannung**

Die Begrenzung der Schubspannungen nach Tabelle 1 erübrigt einen zusätzlichen Nachweis der Betondruckstrebe bei Ermüdung. Der Nachweis nach Eurocode 2, 6.8.7 (3) wird nicht maßgebend.

Zur Abgrenzung ob eine Querkraftbewehrung (Schubbewehrung) erforderlich wird, ist bei Ermüdungsbeanspruchung auch Gleichung (6.78) bzw. (6.79) aus Eurocode 2 zu überprüfen. Hier wird stellvertretend allein Gleichung (6.78) für  $v_{\text{Ed,min}}/v_{\text{Ed,max}} \geq 0$  widergegeben.

$$|v_{\text{Ed,max}}/v_{\text{Rd,c}}| \leq 0,5 + 0,45 |v_{\text{Ed,min}}/v_{\text{Rd,c}}| \quad (6.78)$$

## **3. Schwingbreitennachweis der Diagonalen**

Die Diagonalen sind nach Zulassung Z-15.1-93 für eine Spannungsschwingbreite von  $\Delta\sigma_{\text{Rsk}} = 92 \text{ N/mm}^2$  nachzuweisen. Dieser Wert gilt für 2 Millionen Lastwechsel ( $N^* = 2 \cdot 10^6$ ).

Nach Zulassung Z-15.1-93 gilt für den Ermüdungswiderstand:

$$\Delta v_{\text{Rd,fat}} = \rho \cdot \Delta\sigma_{\text{Rsk}} / \gamma_{\text{S,fat}} \cdot (1,4 \cdot \sin\alpha + 1,67 \cdot \cos\alpha) \quad (6.25-B)$$

Dieser Ermüdungswiderstand  $\Delta v_{\text{Rd,fat}}$  kann mit  $c=0$  (kein Adhäsionsanteil),  $\mu=0,7$  (raue Fuge) und Ersetzen von  $f_{\text{yd}}$  durch  $\Delta\sigma_{\text{Rsk}}/\gamma_{\text{S,fat}}$  aus dem Widerstand  $v_{\text{Rdi}}$  nach Gleichung (6.25) hergeleitet werden, wenn der Widerstand um 1/0,6 erhöht wird. Der Nachweis lässt sich somit interpretieren als eine Reduktion der Einwirkung mit dem Faktor 0,6, was dem Konzept nach DIN 1045:88 entsprach.

Für EQ-Gitterträger mit abwechselnd geneigten und senkrechten Streben gilt analog (6.25-A):

$$\Delta v_{\text{Rd,fat}} = \rho \cdot \Delta\sigma_{\text{Rsk}} / \gamma_{\text{S,fat}} \cdot (1,4 \cdot \sin\alpha + 1,67 \cdot \cos\alpha + 1,4) \quad (6.25-C)$$

Die für den Ermüdungsnachweis maßgebliche einwirkende Spannungsschwingbreite ergibt sich nur aus dem nicht ruhenden Lastanteil  $\Delta v_{\text{Ed}}$  (z. B. aus Gabelstapler) mit  $\gamma_{\text{F,fat}} = 1,0$ .

Der Nachweis einer ggfs. erforderlichen Querkraftbewehrung wie für monolithische Bauteile nach Eurocode 2 (Gleichung (6.13)) ist ergänzend zu führen. Hier sind die Stahlspannungen in einem Fachwerk mit einer **Druckstrebenneigung**  $\theta_{\text{fat}}$  nach Gleichung (6.65) zu bemessen.

Die aus den zwei Nachweisen (Verbundfuge + Querkraftbewehrung) maximal erforderliche Bewehrung ist einzubauen.

**Bemessungstabellen**

Für die Bemessung im Fall der nicht vorwiegend ruhenden Belastung kann die **Tabelle 2** genutzt werden. Sie gibt die maximalen Gitterträgerabstände abhängig von der einwirkenden Schubspannung  $v_{Ed}$  und dem Verhältnis  $\Delta V_{Ed} / V_{Ed}$  aus der nicht ruhenden Belastung zur Gesamtlast an. Diese Ausgangswerte sind als Eingangswerte für die **Tabelle 2** jeweils mit den Teilsicherheitsbeiwerten für ruhende Lasten beaufschlagt.

Die Tabellenwerte geben den jeweils kleinsten Trägerabstand aus den vorgenannten Nachweisen an.

Die **Tabelle 2** gilt für  $v_{Ed} = v_{Edi}$  ( $\beta=1$ ). Sie wurde für die steilste Diagonalenneigung der EQ-Gitterträger  $\alpha_1 = 64^\circ$  (Gitterträgerhöhe 30 cm) erstellt. Dieser Ansatz liegt im Hinblick auf die erforderliche Verbund- und Querkraftbewehrung bzw. im Hinblick auf den maximal zulässigen Gitterträgerabstand auf der sicheren Seite.

Bei genauerem Nachweis nach Gleichung (6.25) und (6.13) ergeben sich für niedrige Gitterträger mit Höhen  $\leq 15$  cm und Diagonalenneigung von  $45^\circ$  größere Gitterträgerabstände von bis zu ca. 5%. Wird jedoch die Schubbemessung nach maßgebend, reduziert sich die mögliche Erhöhung auf etwa 2%.

In **Tabelle 2** wurde die Mindestbetongüte zur Einhaltung der Querkraftobergrenze  $0,5 V_{Rdi,max}$  nach **Tabelle 1** eingetragen. Danach lässt sich die erforderliche Betongüte in Abhängigkeit von der einwirkenden Schubspannung ablesen.

Die Betongüte hat bei nicht vorwiegend ruhender Belastung keinen Einfluss auf die erforderliche Menge an Verbundbewehrung. Sie hat einen Einfluss auf die erforderliche Schubbewehrung. Der Nachweis der Schubbewehrung wird jedoch nur bei höherer Schubspannung (bei C30/37 ab  $1,5 \text{ N/mm}^2$ ) maßgebend (markierter Bereich in **Tabelle 2**). Dieser Nachweis wurde mit der jeweils geringsten zulässigen Betongüte geführt. Dieser Ansatz liegt gegenüber der Anwendung höherer Betonfestigkeitsklassen geringfügig auf der sicheren Seite.

In **Tabelle 2** sind Gitterträgerabstände größer 40 cm durch Hinterlegung markiert. Diese großen Gitterträgerabstände können nur ausgenutzt werden, wenn keine Querkraftbewehrung (Schubbewehrung) erforderlich ist. Die maximale Schubspannung bzw. Querkraft muss auch die Bedingung der Gleichung (6.78) erfüllen. Ein entsprechender Nachweis ist zu führen.

**Empfehlung:**

Ohne weiteren Nachweis sollte der **maximale Gitterträgerabstand zu 40 cm** gewählt und die Randbedingungen für eine Schubbewehrung eingehalten werden.

**Konstruktive Regelung**

Die Mindestplattendicke beträgt für eine Schubbewehrung aus aufgebogenen Stäben (Gitterträger) 16 cm.

### Bemessungsbeispiel (Tabelle)

Beton C 20/25

Betondeckung:  $c_u = c_o = 2 \text{ cm}$

Plattendicke:  $h = 22 \text{ cm}$

Statische Höhe:  $d = 18 \text{ cm}$

Einwirkende Entwurfsquerkraft:

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot 17,8 \text{ kN} + 1,5 \cdot 64 \text{ kN} = 120 \text{ kN}$$

$$v_{Ed} = V_{Ed} / z = 120 / (180 - 2 \cdot 20) = 0,857 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

(nach Gleichung (6.24))

Anteil aus nicht ruhender Last:

$$\Delta V_{Ed} = 1,5 \cdot 64 \text{ kN} = 96 \text{ kN (für die Tab.2 mit } \gamma_F = 1,5)$$

$$\Delta V_{Ed} / V_{Ed} = 96 / 120 = 0,8$$

| $v_{Ed}$<br>N/mm <sup>2</sup> | Mindest-<br>betongüte | maximaler Gitterträgerabstand (cm) |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                               |                       | bis 0,5                            | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
| 0,05                          |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 75   | 75   |
| 0,1                           |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 75   | 75   |
| 0,15                          |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 75   | 75   |
| 0,2                           |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 75   | 75   |
| 0,25                          |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 69,5 | 62,6 |
| 0,3                           |                       | 75                                 | 75   | 74,5 | 65,2 | 57,9 | 52,1 |
| 0,35                          |                       | 75                                 | 74,5 | 63,8 | 55,9 | 49,7 | 44,7 |
| 0,4                           |                       | 71,4                               | 65,2 | 55,9 | 48,9 | 43,5 | 39,1 |
| 0,45                          |                       | 63,5                               | 57,9 | 49,7 | 43,5 | 38,6 | 34,8 |
| 0,5                           |                       | 57,1                               | 52,1 | 44,7 | 39,1 | 34,8 | 31,3 |
| 0,55                          |                       | 51,9                               | 47,4 | 40,6 | 35,6 | 31,6 | 28,4 |
| 0,6                           |                       | 47,6                               | 43,5 | 37,2 | 32,6 | 29,0 | 26,1 |
| 0,65                          |                       | 43,9                               | 40,1 | 34,4 | 30,1 | 26,7 | 24,1 |
| 0,7                           |                       | 40,8                               | 37,2 | 31,9 | 27,9 | 24,8 | 22,3 |
| 0,75                          |                       | 38,1                               | 34,8 | 29,8 | 26,1 | 23,2 | 20,9 |
| 0,8                           |                       | 35,7                               | 32,6 | 27,9 | 24,4 | 21,7 | 19,6 |
| 0,85                          |                       | 33,6                               | 30,7 | 26,3 | 23,0 | 20,4 | 18,4 |
| 0,9                           |                       | 31,7                               | 29,0 | 24,8 | 21,7 | 19,3 | 17,4 |
| 0,95                          |                       | 30,1                               | 27,4 | 23,5 | 20,6 | 18,3 | 16,5 |
| 1                             |                       | 28,6                               | 26,1 | 22,3 | 19,6 | 17,4 | 15,6 |
| 1,05                          |                       | 27,2                               | 24,8 | 21,3 | 18,6 | 16,6 | 14,9 |
| 1,1                           |                       | 26,0                               | 23,7 | 20,3 | 17,8 | 15,8 | 14,2 |
| 1,15                          |                       | 24,8                               | 22,7 | 19,4 | 17,0 | 15,1 | 13,6 |
| 1,2                           | C20/25                | 23,8                               | 21,7 | 18,6 | 16,3 | 14,5 | 13,0 |
| 1,25                          |                       | 22,9                               | 20,9 | 17,9 | 15,6 | 13,9 | 12,5 |
| 1,3                           |                       | 22,0                               | 20,1 | 17,2 | 15,0 | 13,4 | 12,0 |
| 1,35                          |                       | 21,2                               | 19,3 | 16,6 | 14,5 | 12,9 | 11,6 |
| 1,4                           | C 25/30               | 20,4                               | 18,6 | 15,9 | 13,9 | 12,4 | 11,2 |
| 1,45                          |                       | 19,7                               | 18,0 | 15,4 | 13,5 | 12,0 | 10,8 |
| 1,5                           |                       | 19,0                               | 17,3 | 14,8 | 13,0 | 11,5 | 10,4 |
| 1,55                          |                       | 18,4                               | 16,5 | 14,1 | 12,4 | 11,0 | 9,9  |
| 1,6                           |                       | 17,9                               | 15,8 | 13,5 | 11,8 | 10,5 | 9,5  |
| 1,65                          | C 30/37               | 17,3                               | 15,1 | 13,0 | 11,4 | 10,1 | 9,1  |
| 1,7                           |                       | 16,8                               | 14,8 | 12,7 | 11,1 | 9,9  | 8,9  |
| 1,75                          |                       | 16,3                               | 14,2 | 12,2 | 10,7 | 9,5  | 8,5  |
| 1,8                           | C 35/40               | 15,9                               | 13,7 | 11,8 | 10,3 | 9,1  | 8,2  |
| 1,85                          |                       | 15,4                               | 13,4 | 11,5 | 10,1 | 8,9  | 8,1  |
| 1,9                           | C 40/50               | 15,0                               | 12,9 | 11,1 | 9,7  | 8,6  | 7,8  |
| 1,95                          |                       | 14,6                               | 12,7 | 10,9 | 9,5  | 8,4  | 7,6  |
| 2                             | C 45/55               | 14,3                               | 12,3 | 10,5 | 9,2  | 8,2  | 7,4  |
| 2,05                          | C 50/60               | 13,9                               | 12,0 | 10,3 | 9,0  | 8,0  | 7,2  |

Querkraftbemessung (Ortbeton) maßgebend.

Abstände über 40 cm  
nur bei gesondertem  
Nachweis möglich

max EQ-Trägerabstand:  $\approx 23 \text{ cm}$

maximale Obergrenze ist für alle Tabellenwerte  
eingehalten:

hier:  $v_{Ed} = 0,857 \text{ N/mm}^2 \leq 1,2 \text{ N/mm}^2$  (für C20/25)

**Bemessungsbeispiel (Handrechnung)**

(zum Vergleich und zur Kontrolle)

Beton C 20/25

Betondeckung:  $c_u = c_o = 2 \text{ cm}$ Plattendicke:  $h = 22 \text{ cm}$ Statische Höhe:  $d = 18 \text{ cm}$ Längsbewehrungsgrad:  $\rho_l = 0,002 \text{ (0,2 \%)}$ 

Einwirkende Entwurfsquerkraft:

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot 17,8 \text{ kN} + 1,5 \cdot 64 \text{ kN} = 120 \text{ kN}$$

Schubbewehrung erforderlich?

$$V_{Rd,c} = 0,10 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2a)$$

$$= 0,1 \cdot 2 \cdot (0,2 \cdot 20)^{1/3} \cdot 1000 \cdot 180$$

$$= 57.146 \text{ [N]} = 57,1 \text{ [kN]}$$

bzw. mindestens

$$V_{Rd,c} = 0,0525/1,5 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

$$= 0,0525/1,5 \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} \cdot 1000 \cdot 180$$

$$= 79.689 \text{ [N]} = 79,7 \text{ [kN]}$$

$$V_{Ed} = 120 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 79,7 \text{ kN}$$

d.h. Schubbewehrung erforderlich!

$$z = 180 - 2 \cdot 20 = 140 \text{ [mm]}$$

Zum Vergleich wird hier zusätzlich überprüft, ob Schubbewehrung nach Gleichung (6.78) erforderlich wird.

$$|V_{Ed,max}/V_{Rd,c}| \leq 0,5 + 0,45 |V_{Ed,min}/V_{Rd,c}| \quad (6.78)$$

$$(17,8 \text{ kN} + 64 \text{ kN}) / 57,1 \text{ kN} = 1,43$$

$$> 0,5 + 0,45 \cdot (17,8 \text{ kN} / 57,1 \text{ kN}) = 0,64$$

Auch danach ist eine Schubbewehrung erforderlich.

**Einwirkende Bemessungsschubspannung**

$$v_{Ed} = V_{Ed} / z = 120 / 140 = 0,86 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (6.24)$$

**1 Verbund- und Querkraftbewehrung für die maximale Querkraft**

„gewählt“: EQ-Träger

( $\alpha_1 = 64^\circ$  auf der sicheren Seite und zum Vergleich mit den Tabellen)

Diagonalenabstand: 200 mm

rechnerischer Trägerabstand: **zunächst 33 cm**

(maximaler Trägerabstand für Schubbewehrung: 40 cm)

$$A_s = 2 \cdot 7^2 \cdot \pi/4 = 77 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 77 \text{ mm}^2 / (330 \text{ mm} \times 200 \text{ mm})$$

$$\rho = 0,117\%$$

**1.1 Nachweis als Verbundbewehrung**

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \rho \cdot f_{yd} \cdot (1,2 \mu \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1 + 1,2 \mu \sin 90^\circ) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.25)$$

$$v_{Rdi} = 0 + 0,00117 \cdot 420/1,15 \cdot (1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 64^\circ + \cos 64^\circ + 1,2 \cdot 0,7 \cdot \sin 90^\circ) \leq 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 20/1,5$$

$$v_{Rdi} = 0,87 \text{ N/mm}^2 \leq 2,4 \text{ N/mm}^2 = v_{Rdi,max} \text{ (Tab. 1)}$$

$$v_{Ed} = 0,86 \text{ N/mm}^2 \leq v_{Rdi} = 0,87 \text{ N/mm}^2$$

**1.2 Nachweis als Schubbewehrung**

Ermittlung der Druckstrebenneigung:

$$\cot \theta \leq 1,2 / (1 - v_{Rd,cc} / v_{Ed}) \leq 3 \quad (6.7aDE)$$

$$\cot \theta \leq 1,2 / (1 - 0,5 \cdot 0,48 \cdot 20^{1/3} / 0,86) \leq 3$$

$$\cot \theta \leq 4,95$$

$$\leq 3$$

für EQ mit  $\alpha_1 < 90^\circ$  und  $\alpha_2 = 90^\circ$  gilt entsprechend (6.8) und (6.13):

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot ((\cot \theta + \cot \alpha_1) \cdot \sin \alpha_1 + \cot \theta) \quad (6.8 + 6.13)$$

$$V_{Rd,s} = ((77 / 0,33) / 200) \cdot 140 \cdot 420/1,15 \cdot ((1,73 + \cot 64^\circ) \cdot \sin 64^\circ + 1,73)$$

$$= 1,166 \cdot 51130 (1,99 + 1,73)$$

$$= 221777 \text{ N}$$

$$= 222 \text{ kN}$$

Hieraus ergibt sich ein maximaler rechnerischer Trägerabstand von:

$$\max r = 222 \text{ kN} / 120 \text{ kN} \times 33 \text{ cm} = 61 \text{ cm}$$

(als Schubbewehrung jedoch maximal 40 cm)

**2 Nachweis der Obergrenze**

Nach Zulassung ist nachzuweisen:

$$v_{Ed} = 0,86 \text{ N/mm}^2 \leq 1,2 \text{ N/mm}^2 = 0,5 v_{Rdi,max} \quad (\text{nach Tabelle 1})$$

Nachweis erfüllt!

Ein zusätzlicher Nachweis der Betondruckstrebe erübrigt sich.

**3 Ermüdungsnachweis****(Spannungsschwingbreite der Diagonalen)**

Anteil aus nicht vorwiegend ruhender Last:

$$\Delta V_{Ed} = 1,5 \cdot 64 \text{ kN} = 96 \text{ kN}$$

(mit  $\gamma_F=1,5$  für den Eingang in die Tabelle)

$$\Delta V_{Ed} / V_{Ed} = 96 \text{ kN} / 120 \text{ kN} = 0,8$$

**3.1 Verbundbewehrung****Einwirkung mit  $\gamma_{F,fat} = 1,0$** 

$$V_{Ed, fat} = 1,0 \cdot 64.000 \text{ N} / 140 \text{ mm} / 1000 \text{ mm} \\ = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

gewählt: EQ-Gitterträger ( $\alpha_1=64^\circ$ )

Diagonalenabstand: 200 mm

**Maximaler Gitterträgerabstand r aus Vordimensionierung:**

$$\max r = v_{Rdi} / v_{Ed, fat} \cdot \Delta \sigma_{Rsk} / f_{yk} \cdot 1/0,6 \cdot r_{ruhend}$$

$$\max r = 0,87 / 0,46 \cdot 92/420 \cdot 1/0,6 \times 33 \text{ cm}$$

$$\max r = 22,7 \text{ cm.}$$

$$\rho = 77 \text{ mm}^2 / (200 \text{ mm} \cdot 227 \text{ mm}) = 0,00170$$

**Nachweis des Widerstandes (Schwingbreite der Diagonalen) nach Gleichung (6.25-C):**

$$\Delta v_{Rd, fat} =$$

$$\rho \cdot \Delta \sigma_{Rsk} / \gamma_{S, fat} \cdot (1,4 \cdot \sin \alpha + 1,67 \cdot \cos \alpha + 1,4)$$

$$\Delta v_{Rd, fat} =$$

$$0,00170 \cdot 92/1,15 \cdot (1,4 \cdot \sin 64^\circ + 1,67 \cdot \cos 64^\circ + 1,4) = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Ed, fat} = 0,46 \text{ N/mm}^2 \leq \Delta v_{Rd, fat} = 0,46 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

**3.2 Schubbewehrung****Einwirkung mit  $\gamma_{F, fat} = 1,0$** 

$$V_{Ed, fat} = 1,0 \cdot 64.000 \text{ N} \\ = 64,0 \text{ kN}$$

**Widerstand nach Gleichung (6.13) und (6.65) unter Berücksichtigung von (6.65):**

$$V_{Rd, s, fat} = (A_{sw} / s) \cdot z \cdot f_{yd, fat} \cdot ((\cot \theta + \cot \alpha_1) \cdot \sin \alpha_1 + \cot \theta) \quad (6.8 + 6.13)$$

Druckstrebenneigung  $\theta_{fat}$  ergibt sich aus dem Grenzzustand der Tragfähigkeit (s. vorne) unter Ansatz von Gleichung (6.65).

$$\tan \theta_{fat} = \sqrt{\tan \theta} = \sqrt{1/3} = 0,58 \quad (6.65)$$

oder entsprechend

$$\cot \theta_{fat} = 1,73$$

$$V_{Rd, s, fat} = ((77 / 0,23) / 200) \cdot 140 \cdot 92/1,15 \cdot ((1,73 + \cot 64^\circ) \cdot \sin 64^\circ + 1,73) \\ = 1,674 \times 11200 \times (1,99 + 1,73) \\ = 69746 \text{ N} \\ = 69,7 \text{ kN}$$

$$V_{Ed, fat} = 64,0 \text{ kN} \leq V_{Rd, s, fat} = 69,7 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Fazit:

Maßgebend für den Gitterträgerabstand wird hier der Schwingbreitennachweis als Verbundbewehrung!



| $V_{ED}$<br>N/mm <sup>2</sup> | Mindest-<br>betongüte | maximaler Gitterträgerabstand (cm) |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                               |                       | für $\Delta V_{Ed} / V_{Ed}$       |      |      |      |      |      |
|                               |                       | bis 0,5                            | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
| 0,05                          | C20/25                | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 75   | 75   |
| 0,1                           |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 75   | 75   |
| 0,15                          |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 75   | 75   |
| 0,2                           |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 75   | 75   |
| 0,25                          |                       | 75                                 | 75   | 75   | 75   | 69,5 | 62,6 |
| 0,3                           |                       | 75                                 | 75   | 74,5 | 65,2 | 57,9 | 52,1 |
| 0,35                          |                       | 75                                 | 74,5 | 63,8 | 55,9 | 49,7 | 44,7 |
| 0,4                           |                       | 71,4                               | 65,2 | 55,9 | 48,9 | 43,5 | 39,1 |
| 0,45                          |                       | 63,5                               | 57,9 | 49,7 | 43,5 | 38,6 | 34,8 |
| 0,5                           |                       | 57,1                               | 52,1 | 44,7 | 39,1 | 34,8 | 31,3 |
| 0,55                          |                       | 51,9                               | 47,4 | 40,6 | 35,6 | 31,6 | 28,4 |
| 0,6                           |                       | 47,6                               | 43,5 | 37,2 | 32,6 | 29,0 | 26,1 |
| 0,65                          |                       | 43,9                               | 40,1 | 34,4 | 30,1 | 26,7 | 24,1 |
| 0,7                           |                       | 40,8                               | 37,2 | 31,9 | 27,9 | 24,8 | 22,3 |
| 0,75                          |                       | 38,1                               | 34,8 | 29,8 | 26,1 | 23,2 | 20,9 |
| 0,8                           |                       | 35,7                               | 32,6 | 27,9 | 24,4 | 21,7 | 19,6 |
| 0,85                          |                       | 33,6                               | 30,7 | 26,3 | 23,0 | 20,4 | 18,4 |
| 0,9                           |                       | 31,7                               | 29,0 | 24,8 | 21,7 | 19,3 | 17,4 |
| 0,95                          |                       | 30,1                               | 27,4 | 23,5 | 20,6 | 18,3 | 16,5 |
| 1                             |                       | 28,6                               | 26,1 | 22,3 | 19,6 | 17,4 | 15,6 |
| 1,05                          | C 25/30               | 27,2                               | 24,8 | 21,3 | 18,6 | 16,6 | 14,9 |
| 1,1                           |                       | 26,0                               | 23,7 | 20,3 | 17,8 | 15,8 | 14,2 |
| 1,15                          |                       | 24,8                               | 22,7 | 19,4 | 17,0 | 15,1 | 13,6 |
| 1,2                           |                       | 23,8                               | 21,7 | 18,6 | 16,3 | 14,5 | 13,0 |
| 1,25                          | C 30/37               | 22,9                               | 20,9 | 17,9 | 15,6 | 13,9 | 12,5 |
| 1,3                           |                       | 22,0                               | 20,1 | 17,2 | 15,0 | 13,4 | 12,0 |
| 1,35                          |                       | 21,2                               | 19,3 | 16,6 | 14,5 | 12,9 | 11,6 |
| 1,4                           |                       | 20,4                               | 18,6 | 15,9 | 13,9 | 12,4 | 11,2 |
| 1,45                          | C 35/40               | 19,7                               | 18,0 | 15,4 | 13,5 | 12,0 | 10,8 |
| 1,5                           |                       | 19,0                               | 17,3 | 14,8 | 13,0 | 11,5 | 10,4 |
| 1,55                          |                       | 18,4                               | 16,5 | 14,1 | 12,4 | 11,0 | 9,9  |
| 1,6                           |                       | 17,9                               | 15,8 | 13,5 | 11,8 | 10,5 | 9,5  |
| 1,65                          | C 40/50               | 17,3                               | 15,1 | 13,0 | 11,4 | 10,1 | 9,1  |
| 1,7                           |                       | 16,8                               | 14,8 | 12,7 | 11,1 | 9,9  | 8,9  |
| 1,75                          |                       | 16,3                               | 14,2 | 12,2 | 10,7 | 9,5  | 8,5  |
| 1,8                           |                       | 15,9                               | 13,7 | 11,8 | 10,3 | 9,1  | 8,2  |
| 1,85                          | C 45/55               | 15,4                               | 13,4 | 11,5 | 10,1 | 8,9  | 8,1  |
| 1,9                           |                       | 15,0                               | 12,9 | 11,1 | 9,7  | 8,6  | 7,8  |
| 1,95                          |                       | 14,6                               | 12,7 | 10,9 | 9,5  | 8,4  | 7,6  |
| 2                             |                       | 14,3                               | 12,3 | 10,5 | 9,2  | 8,2  | 7,4  |
| 2,05                          | C 50/60               | 13,9                               | 12,0 | 10,3 | 9,0  | 8,0  | 7,2  |

Abstände über 40 cm  
nur bei gesondertem  
Nachweis möglich

Querkraftbemessung (Ortbeton) maßgebend.

**Tabelle 2:** Maximale EQ-Gitterträgerabstände  
nach Zulassung Z-15.1-93 (Eurocode 2)  
bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

**Äquivalente Bügelquerschnitte**

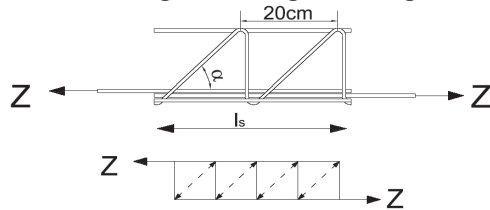
**Hinweis:** Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

Gemäß DIN EN 1992-1-1 Abs. 10.9.3 (NA.14) dürfen übereinander liegende Bewehrungsstöße unter folgenden Bedingungen gesichert werden:

- ausreichende Übergreifung
- Durchmesser der Bewehrungsstäbe  $\phi \leq 14$  mm
- Bewehrungsquerschnitt  $a_s \leq 10$  cm<sup>2</sup>/m
- Bemessungswert der Querkraft  $V_{Ed} \leq 0,3V_{Rd,max}$
- Stoßsicherung durch Bewehrung
  - mit maximalem Abstand der zweifachen Deckendicke
  - Bemessung des Betonstahlquerschnitts für die Zugkraft der gestoßenen Längsbewehrung

**a) Äquivalente Bügelkräfte ohne anrechenbare Diagonalen**

Stoßsicherung durch  
Gitterträger in Längsrichtung



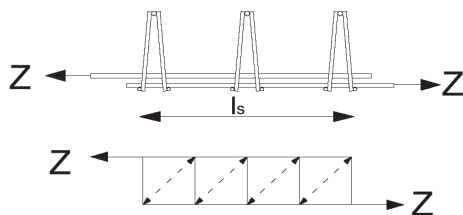
Nur Stäbe, die im Fachwerk als Zugstreben wirken, dürfen für den Kraftabtrag angesetzt werden!

| Gitterträger-<br>höhe<br>[cm] | $\alpha$<br>[°] | Diagonale Ø 7mm      |                                    |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|------------------------------------|
|                               |                 | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m] |
| ≤ 15                          | 45              | 140                  | 3,2                                |
| 16                            | 46              |                      |                                    |
| 18                            | 49              |                      |                                    |
| 20                            | 53              |                      |                                    |
| 25                            | 59              |                      |                                    |
| 30                            | 64              |                      |                                    |

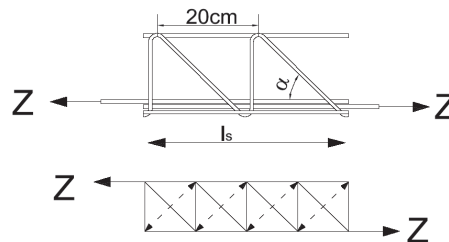
$$\text{Bügelkraft} = 2 \cdot A_s \cdot f_{yD,D} / 0,2m$$

**b) Äquivalente Bügelkräfte mit anrechenbare Diagonalen**

Stoßsicherung durch  
Gitterträger in Querrichtung



Stoßsicherung durch  
Gitterträger in Längsrichtung



| Gitterträger-<br>höhe<br>[cm] | $\alpha$<br>[°] | Diagonale Ø 7mm      |                                    |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|------------------------------------|
|                               |                 | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m] |
| ≤ 15                          | 45              | 240                  | 5,5                                |
| 16                            | 46              | 242                  | 5,6                                |
| 18                            | 49              | 246                  | 5,7                                |
| 20                            | 53              | 253                  | 5,8                                |
| 25                            | 59              | 261                  | 6,0                                |
| 30                            | 64              | 267                  | 6,1                                |

$$\text{Bügelkraft} = 2 \cdot A_s \cdot f_{yD,D} \cdot (\sin \alpha + 1) / 0,2m$$

$a_{s,Bügel}$  = äquivalenter Bügelquerschnitt der Diagonalen ( $f_{yD,D}$ ) im Vergleich mit Bügeln ( $f_{yD,B}$ )

$$f_{yD,B} = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yD,D} = 420 / 1,15 = 365 \text{ N/mm}^2$$

(für glatte Diagonalen B500 A+G)

**Allgemeine Geschäftsbedingungen:**

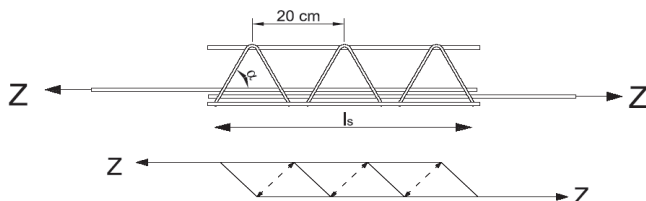
Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

**Hinweis:** Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

Gemäß DIN EN 1992-1-1 Abs. 10.9.3 (NA.14) dürfen übereinander liegende Bewehrungsstöße unter folgenden Bedingungen gesichert werden:

- ausreichende Übergreifung
- Durchmesser der Bewehrungsstäbe  $\varnothing \leq 14 \text{ mm}$
- Bewehrungsquerschnitt  $a_s \leq 10 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Bemessungswert der Querkraft  $V_{Ed} \leq 0,3V_{Rd,max}$
- Stoßsicherung durch Bewehrung
  - mit maximalem Abstand der zweifachen Deckendicke
  - Bemessung des Betonstahlquerschnitts für die Zugkraft der gestoßenen Längsbewehrung

#### a) Stoßsicherung durch Gitterträger in Längsrichtung

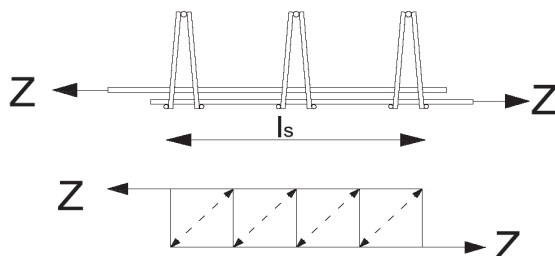


Nur Stäbe, die im Fachwerk als Zugstreben wirken, dürfen für den Kraftabtrag angesetzt werden!

| Gitterträger-<br>höhe<br>[cm] | $\alpha$<br>[°] | Diagonale Ø 5mm      |                          | Diagonale Ø 6mm      |                          | Diagonale Ø 7mm      |                          |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|                               |                 | Bügelkraft<br>[kN/m] | $A_{s,Bügel}$<br>[cm²/m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $A_{s,Bügel}$<br>[cm²/m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $A_{s,Bügel}$<br>[cm²/m] |
| 6                             | 35              | 41                   | 0,9                      | 59                   | 1,4                      | 81                   | 1,9                      |
| 8                             | 42              | 48                   | 1,1                      | 69                   | 1,6                      | 94                   | 2,2                      |
| 10                            | 47              | 52                   | 1,2                      | 75                   | 1,7                      | 103                  | 2,4                      |
| 12                            | 53              | 57                   | 1,3                      | 82                   | 1,9                      | 112                  | 2,6                      |
| 14                            | 58              | 61                   | 1,4                      | 88                   | 2,0                      | 119                  | 2,7                      |
| 16                            | 62              | 63                   | 1,5                      | 91                   | 2,1                      | 124                  | 2,9                      |
| 18                            | 65              | 65                   | 1,5                      | 94                   | 2,2                      | 127                  | 2,9                      |
| 20                            | 68              | 66                   | 1,5                      | 96                   | 2,2                      | 130                  | 3,0                      |
| 32                            | 76              | 70                   | 1,6                      | 100                  | 2,3                      | 136                  | 3,1                      |

$$\text{Bügelkraft} = 2 \cdot A_s \cdot f_{yD,D} \cdot \sin \alpha / 0,2\text{m}$$

#### b) Stoßsicherung durch Gitterträger in Querrichtung



| Gitterträger-<br>höhe<br>[cm] | $\alpha$<br>[°] | Diagonale Ø 5mm      |                          | Diagonale Ø 6mm      |                          | Diagonale Ø 7mm      |                          |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|                               |                 | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm²/m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm²/m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm²/m] |
| 6                             | 35              | 82                   | 1,9                      | 118                  | 2,7                      | 161                  | 3,7                      |
| 8                             | 42              | 96                   | 2,2                      | 138                  | 3,2                      | 188                  | 4,3                      |
| 10                            | 47              | 105                  | 2,4                      | 151                  | 3,5                      | 205                  | 4,7                      |
| 12                            | 53              | 114                  | 2,6                      | 165                  | 3,8                      | 224                  | 5,2                      |
| 14                            | 58              | 122                  | 2,8                      | 175                  | 4,0                      | 238                  | 5,5                      |
| 16                            | 65              | 130                  | 3,0                      | 187                  | 4,3                      | 255                  | 5,9                      |
| 18                            | 65              | 130                  | 3,0                      | 187                  | 4,3                      | 255                  | 5,9                      |
| 20                            | 68              | 133                  | 3,1                      | 191                  | 4,4                      | 260                  | 6,0                      |
| 32                            | 76              | 139                  | 3,2                      | 200                  | 4,6                      | 273                  | 6,3                      |

$$\text{Bügelkraft} = 4 \cdot A_s \cdot f_{yD,D} \cdot \sin \alpha / 0,2\text{m}$$

$$a_{s,Bügel} = \text{äquivalenter Bügelquerschnitt der Diagonalen } (f_{yD,D}) \text{ im Vergleich mit Bügeln } (f_{yD,B})$$

$$f_{yD,B} = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yD,D} = 420 / 1,15 = 365 \text{ N/mm}^2 \text{ (für glatte Diagonalen B500 A+G)}$$

#### Allgemeine Geschäftsbedingungen:

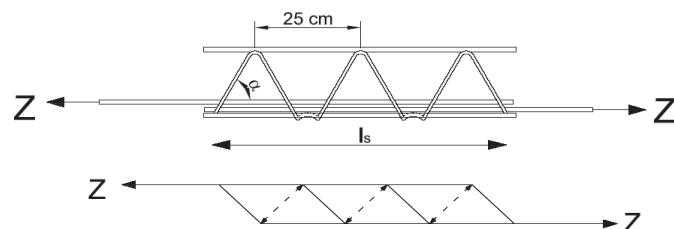
Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

**Hinweis:** Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

Gemäß DIN EN 1992-1-1 Abs. 10.9.3 (NA.14) dürfen übereinander liegende Bewehrungsstöße unter folgenden Bedingungen gesichert werden:

- ausreichende Übergreifung
- Durchmesser der Bewehrungsstäbe  $\varnothing \leq 14$  mm
- Bewehrungsquerschnitt  $a_s \leq 10$  cm<sup>2</sup>/m
- Bemessungswert der Querkraft  $V_{Ed} \leq 0,3V_{Rd,max}$
- Stoßsicherung durch Bewehrung
  - mit maximalem Abstand der zweifachen Deckendicke
  - Bemessung des Betonstahlquerschnitts für die Zugkraft der gestoßenen Längsbewehrung

### a) Stoßsicherung durch Gitterträger in Längsrichtung

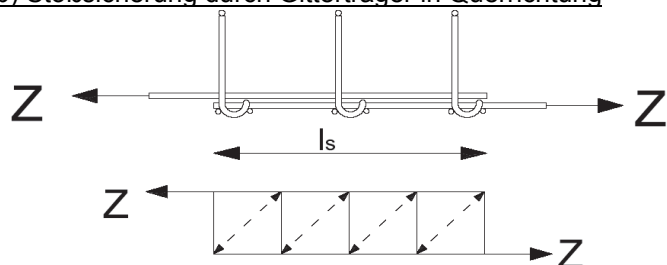


Nur Stäbe, die im Fachwerk als Zugstreben wirken, dürfen für den Kraftabtrag angesetzt werden!

| Gitterträger-<br>höhe<br>[cm] | $\alpha$<br>[°] | Diagonale Ø 6mm      |                                       | Diagonale Ø 7mm      |                                       | Diagonale Ø 8mm      |                                       | Diagonale Ø 9mm      |                                       |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
|                               |                 | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm <sup>2</sup> /m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm <sup>2</sup> /m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm <sup>2</sup> /m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm <sup>2</sup> /m] |
| 11                            | 45              | 29                   | 0,7                                   | 40                   | 0,9                                   | 52                   | 1,2                                   | 66                   | 1,5                                   |
| 14                            | 54              | 33                   | 0,8                                   | 45                   | 1,0                                   | 59                   | 1,4                                   | 75                   | 1,7                                   |
| 16                            | 58              | 35                   | 0,8                                   | 48                   | 1,1                                   | 62                   | 1,4                                   | 79                   | 1,8                                   |
| 18                            | 62              | 36                   | 0,8                                   | 50                   | 1,1                                   | 65                   | 1,5                                   | 82                   | 1,9                                   |
| 20                            | 65              | 37                   | 0,9                                   | 51                   | 1,2                                   | 67                   | 1,5                                   | 84                   | 1,9                                   |
| 30                            | 74              | 40                   | 0,9                                   | 54                   | 1,2                                   | 71                   | 1,6                                   | 89                   | 2,1                                   |
| 42                            | 78              | 40                   | 0,9                                   | 55                   | 1,3                                   | 72                   | 1,7                                   | 91                   | 2,1                                   |

$$\text{Bügelkraft} = A_s \cdot f_{y,d,D} \cdot \sin \alpha / 0,25m$$

### b) Stoßsicherung durch Gitterträger in Querrichtung



| Gitterträger-<br>höhe<br>[cm] | $\alpha$<br>[°] | Diagonale Ø 6mm      |                                       | Diagonale Ø 7mm      |                                       | Diagonale Ø 8mm      |                                       | Diagonale Ø 9mm      |                                       |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
|                               |                 | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm <sup>2</sup> /m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm <sup>2</sup> /m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm <sup>2</sup> /m] | Bügelkraft<br>[kN/m] | $a_{s,Bügel}$<br>[cm <sup>2</sup> /m] |
| 11                            | 45              | 58                   | 1,3                                   | 79                   | 1,8                                   | 104                  | 2,4                                   | 131                  | 3,0                                   |
| 14                            | 54              | 67                   | 1,5                                   | 91                   | 2,1                                   | 119                  | 2,7                                   | 150                  | 3,5                                   |
| 16                            | 58              | 70                   | 1,6                                   | 95                   | 2,2                                   | 124                  | 2,9                                   | 158                  | 3,6                                   |
| 18                            | 62              | 73                   | 1,7                                   | 99                   | 2,3                                   | 130                  | 3,0                                   | 164                  | 3,8                                   |
| 20                            | 65              | 75                   | 1,7                                   | 102                  | 2,3                                   | 133                  | 3,1                                   | 168                  | 3,9                                   |
| 30                            | 74              | 79                   | 1,8                                   | 108                  | 2,5                                   | 141                  | 3,2                                   | 179                  | 4,1                                   |
| 42                            | 78              | 81                   | 1,9                                   | 110                  | 2,5                                   | 144                  | 3,3                                   | 182                  | 4,2                                   |

$$\text{Bügelkraft} = 2 \cdot A_s \cdot f_{y,d,D} \cdot \sin \alpha / 0,25m$$

$a_{s,Bügel}$  = äquivalenter Bügelquerschnitt der Diagonalen ( $f_{y,d,D}$ ) im Vergleich mit Bügeln ( $f_{y,d,B}$ )

$$f_{y,d,B} = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{y,d,D} = 420 / 1,15 = 365 \text{ N/mm}^2 \text{ (für glatte Diagonalen B500 A+G)}$$

#### Allgemeine Geschäftsbedingungen:

Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer nicht leistungsbezogenen Schutzpflicht von FILIGRAN oder eines gesetzlichen Vertreters oder eines Erfüllungsgehilfen von FILIGRAN beruhen. Eine weitergehende Haftung von FILIGRAN ist ausgeschlossen. Hiervon ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.



# **FILIGRAN**-Durchstanzbewehrung **FDB II** für Filigran-Flachdecken



**Mit überragenden Schlaufen  
zur Höchstlast !**

Europäische Technische Zulassung ETA-13/0521  
nach Eurocode 2

*Höchster Widerstand bei großer Planungs- und Ausführungssicherheit !*

## Filigran-Flachdecken

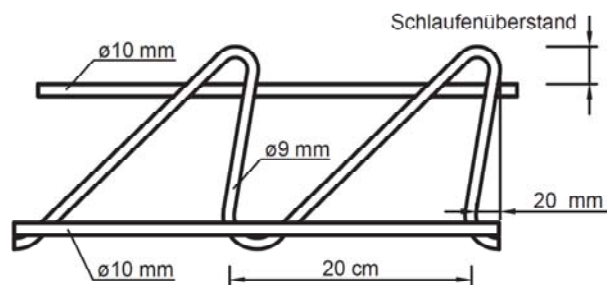
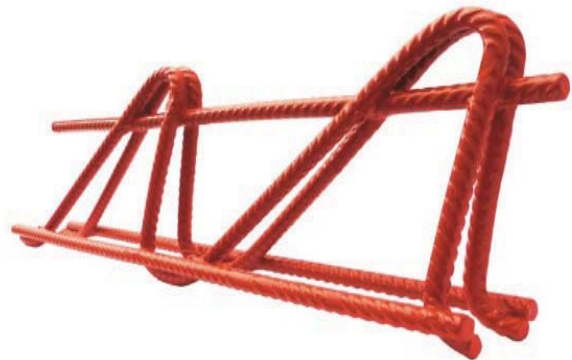
Filigran-Flachdecken mit vorgefertigten und mit Gitterträgern bewehrten Platten werden seit Jahren erfolgreich ausgeführt. Grundlage sind normative Bemessungsregelungen und Zulassungen für Bewehrungssysteme zur Steigerung des Durchstanzwiderstandes dieser Decken.

Die Filigran-Durchstanzbewehrung FDB wurde für die Anwendung in Filigran-Decken entwickelt. Bei höchstem Durchstanzwiderstand und einfachem Einbau gewährleistet diese Bewehrung eine hohe Ausführungssicherheit.

### Durchstanzbewehrung FDB II

Die FDB II ist eine Weiterentwicklung der bereits national zugelassenen Filigran-Durchstanzbewehrung. Die als Durchstanzbewehrung tragenden gerippten Streben aus B500A  $\varnothing$  9 mm überragen den Obergurt um ein festgelegtes Maß. Die Verankerung erfolgt über diese Schlaufen und durch die steife Schweißverbindung mit den Gurten aus B500A  $\varnothing$  10 mm. Die Streben sind abwechselnd unterschiedlich stark geneigt.

Typisch für die weiterentwickelte FDB II ist die zusätzlich Neigung der ursprünglich senkrechten Streben um 2 cm in Richtung der Lasteinleitungsfläche.



*Bezeichnungsbeispiel:*

*FDB II 16 / 4 - 60  
Filigran-Durchstanzbewehrung FDB II  
Bauhöhe 16 cm  
Schlaufenüberstand oben 4 cm  
Elementlänge 60 cm*

### Abmessungen und Bezeichnungen

|                              |                                              |
|------------------------------|----------------------------------------------|
| Strebendurchmesser           | 9 mm (B500A)                                 |
| Deckendicke                  | 18 cm bis 36 cm                              |
| Höhe der Durchstanzbewehrung | 13 cm bis 30 cm                              |
| Schlaufenüberstand oben      | 3 / 4 <sup>1)</sup> / 5 <sup>2)</sup> / 6 cm |
| Lagerlängen                  | 40 cm / 60 cm / 80 cm                        |

<sup>1)</sup> Standardüberstand bis Bauhöhe 19 cm

<sup>2)</sup> Standardüberstand ab Bauhöhe 20 cm



## Höchster Durchstanzwiderstand

Der Tragwiderstand der FDB II wurde in Bauteilversuchen an der RWTH Aachen ermittelt. Es wurden Ausschnitte an Elementdecken mit horizontaler Verbundfuge, Stoßfugen zwischen den Fertigteilplatten und unterschiedlichen Abständen der Fertigteilplatten von der Stütze getestet. Die Neigung der tragenden Streben und die Anordnung der Elemente nahe an der Stütze gewährleisten eine effektive Durchdringung der Durchstanzrisse auch beim Heranführen der Fertigteilplatten bis direkt an die Stütze.

Der Durchstanzwiderstand der Platten wird bei Anordnung der Filigran-Durchstanzbewehrung FDB II mehr als verdoppelt. Der Lasterhöhungsfaktor gegenüber Platten nach Eurocode 2 ohne Durchstanzbewehrung beträgt  $\alpha_{FDBII} = 2,09$ . Ein Vergleich mit den Erhöhungsfaktoren für andere Durchstanzbewehrungen zeigt die mögliche Laststeigerung.

## Europäische Technische Zulassung ETA-13/0521

Bauteilversuche nach europäisch abgestimmter Prüfrichtlinie bilden die Grundlage der europäisch technischen Zulassung ETA-13/0521 vom 13. Juni 2013.

## Bemessung nach Eurocode 2

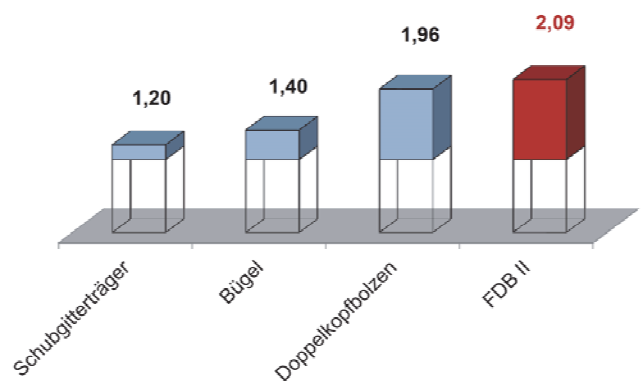
Für den Nachweis der maximalen Schubspannung  $v_{Rd,max}$  im Bemessungsrundschnitt wurde die Bemessungsgleichung auf der Grundlage von Eurocode 2 für eine Schnittführung in einer Entfernung vom zweifachen Wert der statischen Höhe  $d$  und der Tragfähigkeit der schubunbewehrten Platte  $v_{Rd,c}$  nach Eurocode 2 festgelegt:

$$v_{Rd,max} = 2,09 \cdot v_{Rd,c}$$

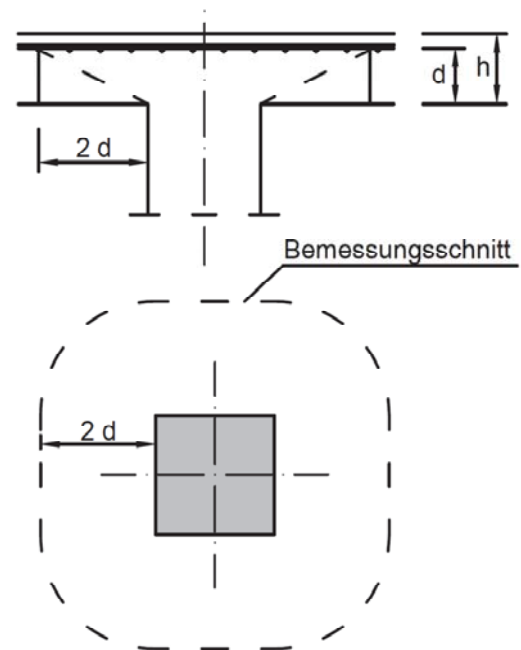
$v_{Rd,c}$  Bemessungswiderstand nach nationalem Anwendungsdokument zum Eurocode 2 für Platten ohne Durchstanzbewehrung

Die optimale Durchstanzbewehrung für Filigran-Decken

- ist einfach im Einbau,
- sichert den Verbund zwischen Fertigteilplatte und Ortbeton,
- ist unempfindlich gegenüber Abweichungen von der Sollage der Bewehrung,
- ermöglicht die freie Wahl des Abstandes der Fertigteilplatte zur Stütze,
- gewährleistet höchsten Durchstanzwiderstand.



*Lasterhöhungsfaktoren  
verschiedener Durchstanzsysteme*



*Rundschnitt beim Durchstanznachweis*

## Konstruktion

Plattendicken: 18 cm bis 36 cm  
Betongüten: C20/25 bis C50/C60

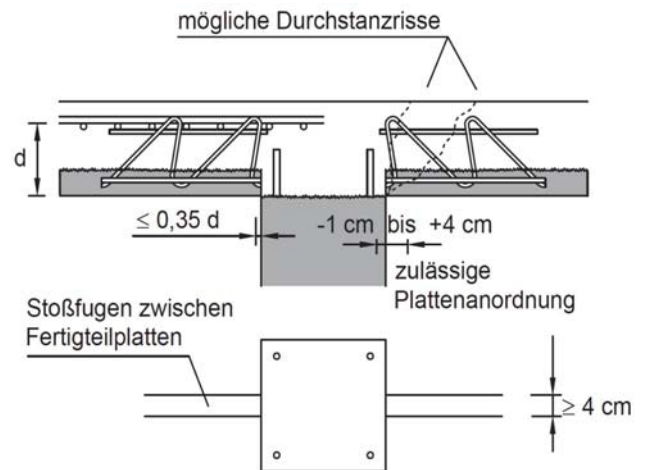
### Plattenanordnung im Durchstanzbereich

Fugen zwischen den Fertigteilplatten:

4 cm

Abstand der Fertigteilplatte zur Stütze:  
- 1 cm bis + 4 cm

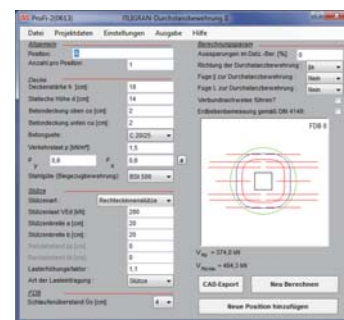
Maximaler Abstand der Bewehrung zur Stütze:  
0,35 d



## Bemessungsprogramm ProFi-2

Für die Bemessung und Durchführung der erforderlichen Nachweise wird ein Bemessungsprogramm ProFi-2 zur Verfügung gestellt. Das Programm bietet:

- Durchstanzbemessung und -nachweise
- Nachweis der Verbundfuge
- Schnittstelle zu CAD-Systemen



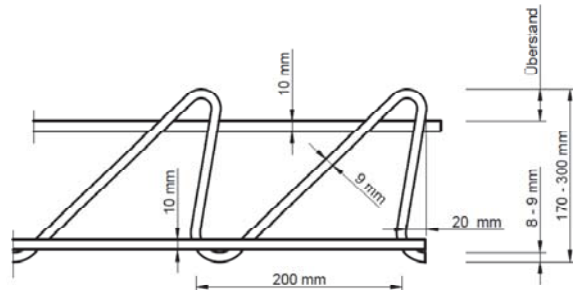
Bemessungsprogramm ProFi-2

## Vorteile für Planer und Anwender

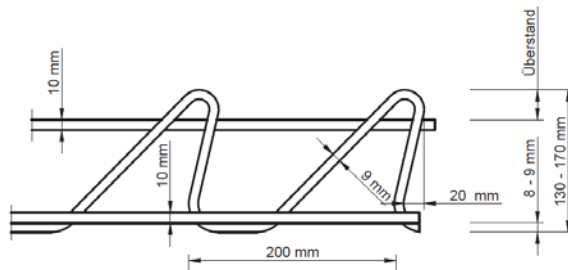
- **hohe Planungssicherheit**
  - o Durchstanzversuche an Elementdecken
  - o Zulassung ETA mit klaren Regelungen für Elementdecken
  - o FDB II als Verbundbewehrung geregelt
  - o Bemessungsprogramm mit CAD-Schnittstelle für Fertigteilwerke
- **hohe Ausführungssicherheit**
  - o Heranführen der Fertigteilplatte direkt an die Stütze möglich
  - o paralleler Einbau zu den Montagegitterträgern
  - o robuste Durchstanzbewehrung
  - o obere Biegezugbewehrung auf den Obergurten
- **höchster Durchstanzwiderstand**
  - o Durchstanzwiderstand mehr als verdoppelt !
- **hohe Wirtschaftlichkeit**
  - o faire Einkaufsbedingungen
  - o einfacher Einbau im Fertigteilwerk
  - o problemloser Einbau auf der Baustelle

# FILIGRAN Durchstanzbewehrung **FDB II**

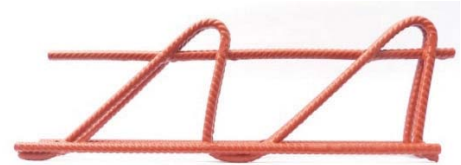
## Einbauanleitung Fertigteilwerk



a) Höhen ab 17 cm



b) Höhen bis 17 cm



### Bezeichnung:

**FDB II** Höhe (cm) / ü<sub>o</sub> (cm)- Länge (cm)

Beispiel:

**FDB II 16 / 4 – 60**

Bauhöhe: 16 cm

Schlaufenüberstand oben: 4 cm

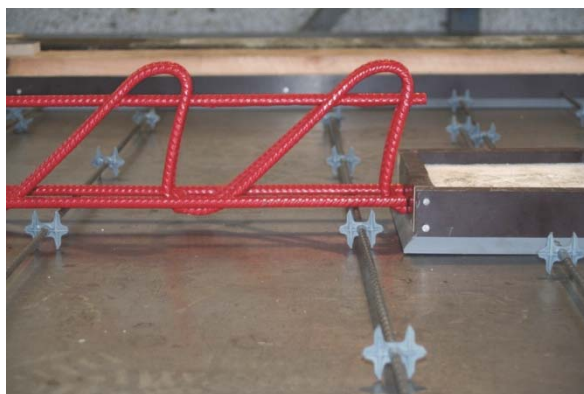
Elementlänge 60 cm

**Bild 1: Filigran-Durchstanzbewehrung **FDB II****

Bei der Produktion von Fertigteilplatten mit Gitterträgern werden üblicherweise zunächst die mit Abstandhaltern bestückten Querstäbe (Ø 6mm bis Ø 8mm) in die Schalung eingelegt.

Im Bereich der Filigran-Durchstanzbewehrung **FDB II** sollen die **Abstände dieser Querstäbe** so eng gewählt werden, dass auch **kurze Elemente (40 cm)** aufgelegt werden können. Durch den Überstand der Schlaufen am Untergurt greifen diese ausreichend in die Lage der Querstäbe ein.

Die **stütznahen Bewehrungselemente** werden **direkt am Rand** angeordnet (Bild 2).



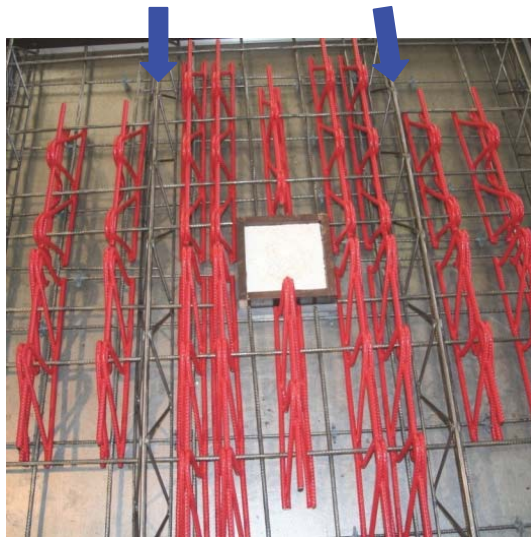
**Bild 2: Einbau der **FDB II** direkt am Stützenrand**

Die **Anordnung** der **FDB II** in der Fertigteilplatte erfolgt **parallel zu den Montagegitterträgern nach Vorgabe der Bemessung**.

In einer Zeichnung sind die einzelnen Längen (40 cm, 60 cm oder 80 cm) und Abstände der Elemente untereinander angegeben.

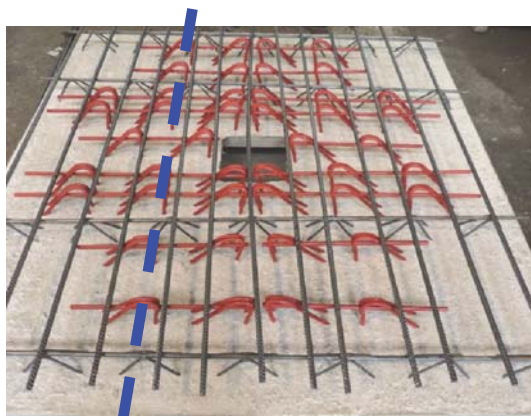


Bild 3: Einbau der **FDB II**



Die **Streben** der Filigran-Durchstanzbewehrung **FDB II** müssen **zur Stütze** hin bzw. in Richtung der Achse **aufsteigend** angeordnet werden (Bild 3 und 4). Zwischen den ersten zwei stützennahen und dem dritten FDB II - Elementen kann ein Montagegitterträger angeordnet werden (Bild 4).

Bild 4: Streben der **FDB II** steigen in Richtung der Stütze



Auf der Baustelle wird die obere Bewehrung direkt auf den Obergurt der Durchstanzbewehrung abgelegt. Es ist daher beim Einbau der Durchstanzbewehrung im Fertigteilwerk darauf zu achten, dass die **Schlaufen** sich **in einer Achse** befinden (Bild 5). Eine von 20cm Abstand versetzte Achse soll maximal einmal auftreten.

Bild 5: Ausrichten der Schlaufen