

# FILIGRAN Elementwand

## Montagezustand

- ☞ W-2-2011 Zulässige Betoniergeschwindigkeiten
- ☞ W-2-2012 Wandfertigteile als Auflager im Montagezustand
- ☞ Montageanleitung von Elementwänden

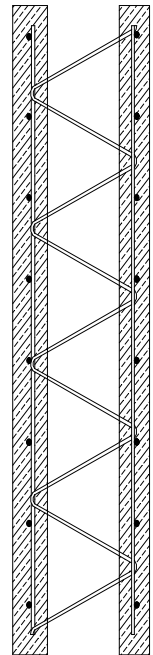
## Endzustand

Querkraftbemessungstabelle

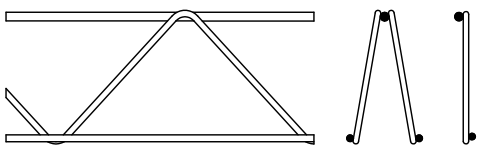
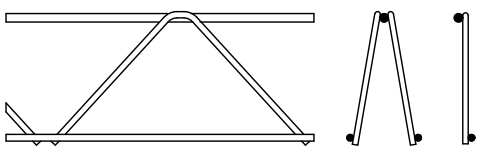
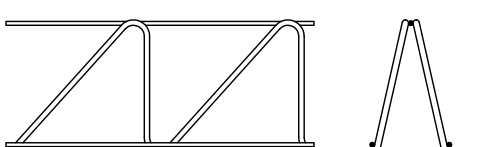
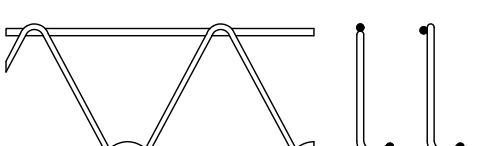
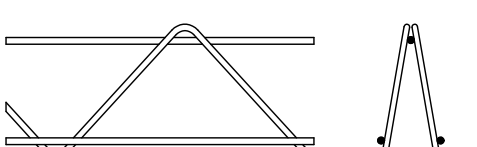
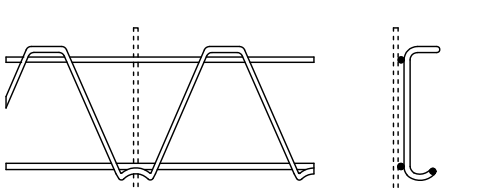
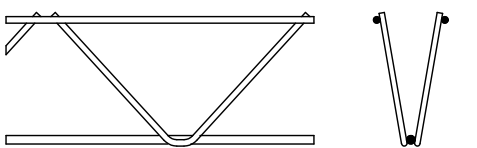
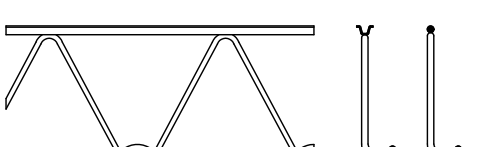
- ☞ E-2-4539 – Allgemeine Querkraftbemessung

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-Gitterträger

	<b>E / EH</b>	Trägerhöhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt - Ø	70 - 400 mm 5 - 14 mm 5 - 9 mm 200 mm / variabel 8 - 16 mm
	<b>D / DH</b>	Trägerhöhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt - Ø	60 - 200 mm 5 - 14 mm 5 - 7 mm 200 mm / variabel 8 - 16 mm
	<b>EQ</b>	Trägerhöhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt - Ø	80 - 300 mm 5 mm 7 mm 200 mm 5 mm
	<b>SE2A / SE2B</b>	Trägerhöhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt - Ø	120 - 410 / 400 mm 5 - 12 mm 5 - 9 mm 250 oder 300 mm 5 - 12 mm
	<b>EW</b>	Trägerhöhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt - Ø	130 - 320 mm 5 - 12 mm 5 - 7 mm 200 mm 5 - 10 mm
	<b>SWE</b> SWA mit Abstandhalter	Trägerhöhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt - Ø	120 - 390 mm 5 - 12 mm 5 - 9 mm 300 mm 5 - 12 mm
	<b>DSP</b>	Trägerhöhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt - Ø	60 - 200 mm 8 - 16 mm 5 - 7 mm 250 mm / variabel 5 - 14 mm
	<b>S / SE</b>	Trägerhöhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt	120 - 400 mm 6 - 16 mm 7 - 10 mm 250 mm 40 x 2 mm / Ø 8 - 10 mm

#### Bezeichnungssystem und - beispiel:

Typ	Höhe [cm]	Untergurt [mm]	Diagonale [mm]	Obergurt [mm]
E	15	- 06	7	16

### FILIGRAN-Durchstanzbewehrung

	<b>FDB II</b>	Höhe Untergurt - Ø Diagonalen - Ø Diagonalenabstand Obergurt - Ø	130 - 300 mm 10 mm 9 mm 200 mm 10 mm
---	---------------	--	--

#### Bezeichnungssystem und - beispiel:

Typ	Höhe [cm]	Schlaufenüberstand oben [cm]	Elementlänge [cm]
FDB II	16	/ 4	- 60

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. Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2016 und längstens bis zum Ablauf oder der Änderung von Z-15.2-40.

<sup>1)</sup> 1. März 2015

Die zulässige Betoniergeschwindigkeit ergibt sich aus dem Bemessungswiderstand der Gitterträger gegen Ausreißen bzw. Biegebruch der Platte im Vergleich mit dem Bemessungswert des auftretenden Betonierdruckes (Einwirkung).

Der auftretende Frischbetondruck  $\sigma_{hk,max}$  ergibt sich für Normalbeton nach DIN 18218:2010-01 in Abhängigkeit von

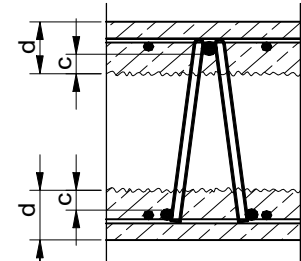
- a) der Betonkonsistenz (hier F3)
- b) der Betoniergeschwindigkeit v
- c) der Erstarrungszeit  $t_E$
- d) der Frischbetonwichte  $\gamma_c$ , der Temperatur, der Verdichtungsart, möglicher Erschütterungen und der Bewehrung.

Der Bemessungswert des Frischbetondruckes ergibt sich zu  $\sigma_{hd,max} = \gamma_F \cdot \sigma_{hk,max}$  mit  $\gamma_F = 1,15$ .

Der Widerstand ergibt sich nach Zulassung in Abhängigkeit von:

- e) der Dicke der Fertigteile d
- f) der Betondeckung c der Gurte nach Innen (in Ausreißrichtung)
- g) dem Gitterträgerabstand

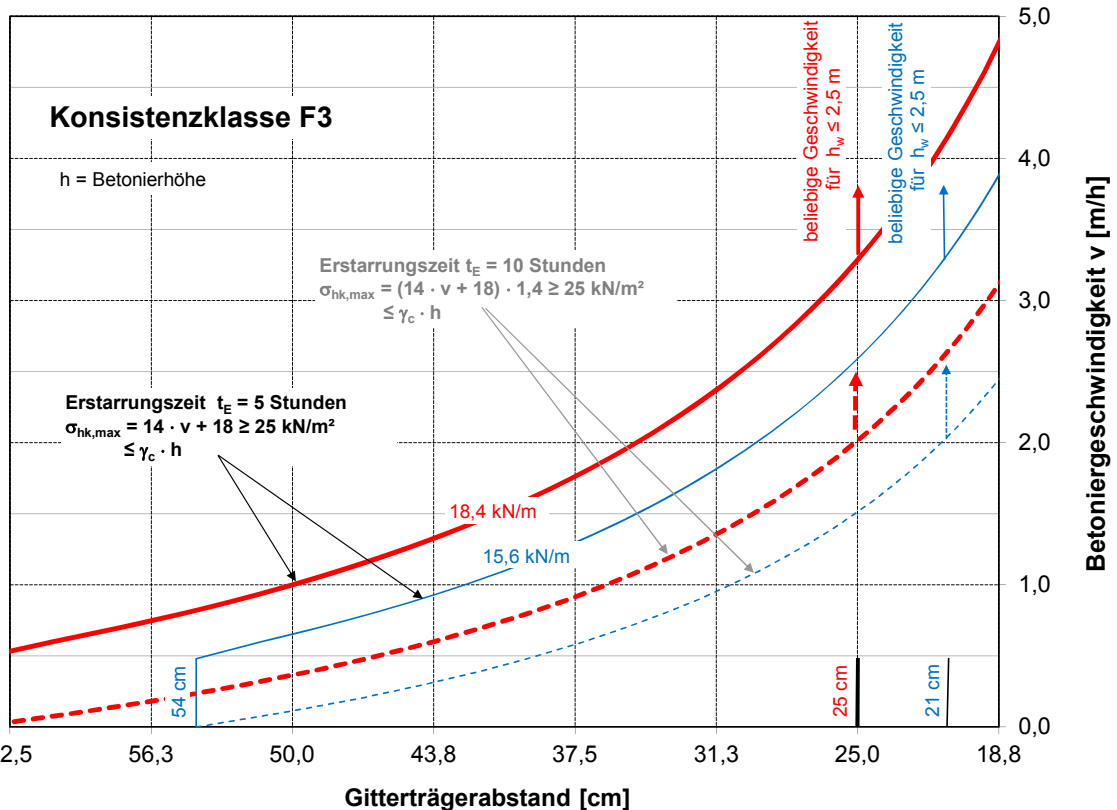
Nach Zulassung Z-15.2-40 für die Filigran-Elementwand beträgt der Bemessungswiderstand je Meter Gitterträger gegen Versagen infolge Schalungsdruck:



Plattendicke d [mm]	Betongüte	Betondeckung innen c [mm]	Bemessungswiderstand / m Gitterträger [kN/m]	Diagramm
≥ 40	≥ C20/25	≥ 15	<b>15,6</b>	
	≥ C30/37	≥ 12		
≥ 50	≥ C20/25	≥ 17	<b>18,4</b>	

Mit diesen Angaben errechnen sich die zulässigen Betoniergeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Gitterträgerabstand. Für eine Frischbetonwichte  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$  und eine Konsistenz F3 sind zulässige Betoniergeschwindigkeiten im Diagramm dargestellt. Zusätzlich zur bisher üblicherweise angesetzten Erstarrungszeit von  $t_E = 5$  Stunden erfolgte auch eine Auswertung für eine längere Erstarrungszeit von 10 Stunden.

Die **senkrechten Pfeile** markieren den maximalen Gitterträgerabstand um den hydrostatischen Druck bei einer Wandhöhe h bis 2,5 m abzudecken. Wände bis zu dieser Höhe können beim angegebenen Gitterträgerabstand beliebig schnell betoniert werden.



Juni 2015 / JF

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme GmbH & Co. KG, Leese.

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. Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2016 und längstens bis zum Ablauf oder der Änderung von Z-15.2-40.

<sup>1)</sup> 1. März 2015

Die zulässige Betoniergeschwindigkeit ergibt sich aus dem Bemessungswiderstand der Gitterträger gegen Ausreißen bzw. Biegebruch der Platte im Vergleich mit dem Bemessungswert des auftretenden Betonierdruckes (Einwirkung).

Der auftretende Frischbetondruck  $\sigma_{hk,max}$  ergibt sich für Normalbeton nach DIN 18218:2010-01 in Abhängigkeit von

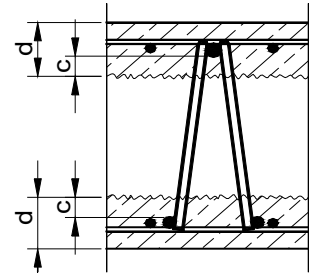
- a) der Betonkonsistenz (hier F6)
- b) der Betoniergeschwindigkeit v
- c) der Erstarrungszeit  $t_E$
- d) der Frischbetonwichte  $\gamma_c$ , der Temperatur, der Verdichtungsart, möglicher Erschütterungen und der Bewehrung.

Der Bemessungswert des Frischbetondruckes ergibt sich zu  $\sigma_{hd,max} = \gamma_F \cdot \sigma_{hk,max}$  mit  $\gamma_F = 1,15$ .

Der Widerstand ergibt sich nach Zulassung in Abhängigkeit von:

- e) der Dicke der Fertigteile d
- f) der Betondeckung c der Gurte nach Innen (in Ausreißrichtung)
- g) dem Gitterträgerabstand

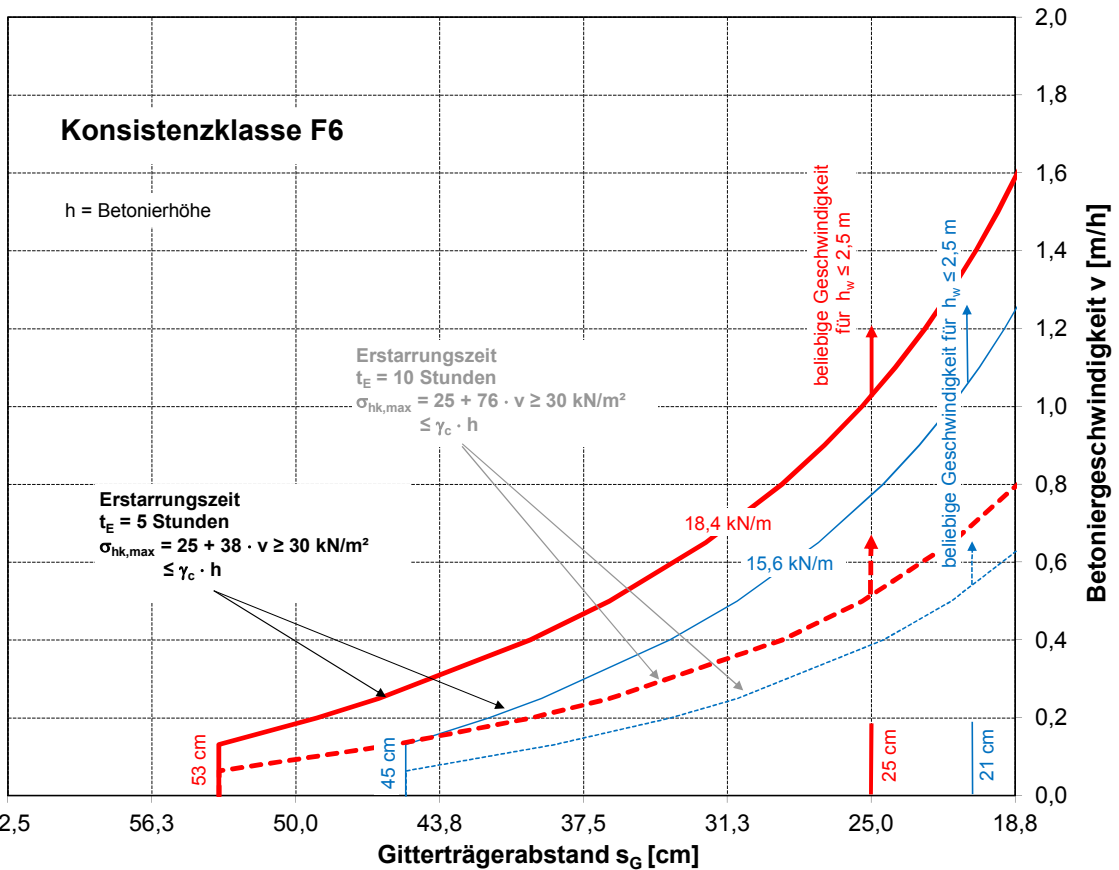
Nach Zulassung Z-15.2-40 für die Filigran-Elementwand beträgt der Bemessungswiderstand je Meter Gitterträger gegen Versagen infolge Schalungsdruck:



Plattendicke d [mm]	Betongüte	Betondeckung innen c [mm]	Bemessungswiderstand / m Gitterträger [kN/m]	Diagramm
≥ 40	≥ C20/25	≥ 15	<b>15,6</b>	
≥ 50	≥ C30/37	≥ 12	<b>18,4</b>	
≥ 50	≥ C20/25	≥ 17	<b>18,4</b>	

Mit diesen Angaben errechnen sich die zulässigen Betoniergeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Gitterträgerabstand. Für eine Frischbetonwichte  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$  und eine Konsistenz F6 sind zulässige Betoniergeschwindigkeiten im Diagramm dargestellt. Zusätzlich zur bisher üblicherweise angesetzten Erstarrungszeit von  $t_E = 5$  Stunden erfolgte auch eine Auswertung für eine längere Erstarrungszeit von 10 Stunden.

Die **senkrechten Pfeile** markieren den maximalen Gitterträgerabstand um den hydrostatischen Druck bei einer Wandhöhe h bis 2,5 m abzudecken. Wände bis zu dieser Höhe können beim angegebenen Gitterträgerabstand beliebig schnell betoniert werden.



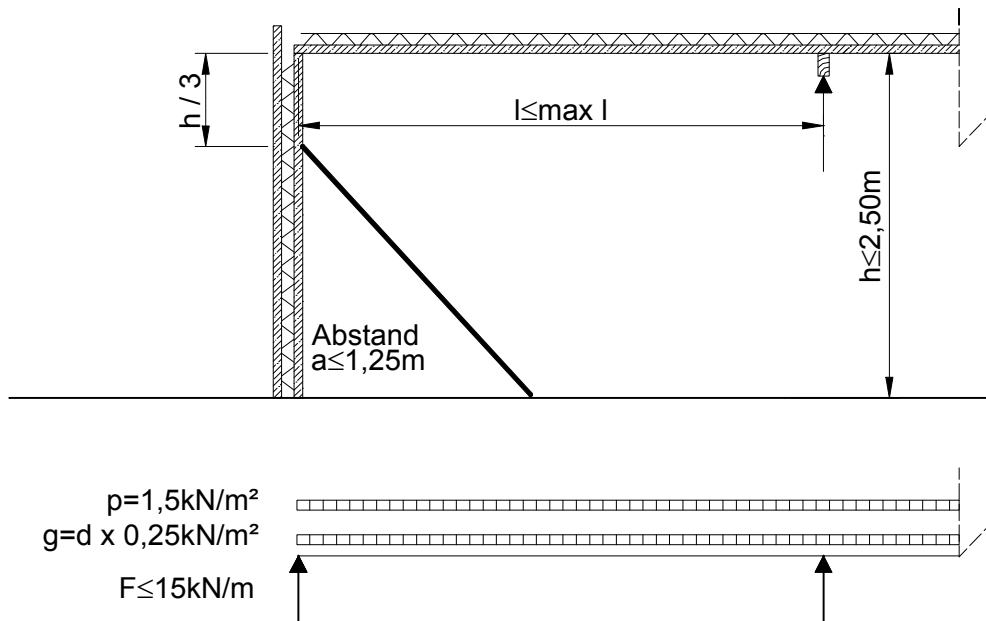
Juni 2015 / JF

Urheber- und wettbewerbsrechtlich geschützt. **FILIGRAN** Trägersysteme GmbH & Co. KG, Leese.

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. Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2016 und längstens bis zum Ablauf oder der Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung Z-15.2-40 vom 01.03.2015.



Zulassungsbedingungen lt. **Z-15.2-40** /Abs. 4.2 vom 20.03.2014:

Eine Montageunterstützung am Auflager ist nicht erforderlich, wenn:

- a) die Deckenlasten im Montagezustand (Eigenlast der Rohdecke und  $p=1,5 \text{ kN/m}^2$ ) bis zum Erhärten des Kernbetons der Wand 15 kN/m nicht überschreiten,
- b) die lichte Geschoßhöhe nicht größer als 2,5 m ist,
- c) die Betonfestigkeit der Wand-Fertigplatten mindestens 20 N/mm² beträgt,
- d) die belastete Plattenwandseite im oberen Drittelpunkt im Abstand von 1,25 m gegen seitliches Ausweichen gehalten wird. Die Aussteifung ist zusätzlich zur Windbeanspruchung für die Horizontallast von 1/100 der Deckenlast im Montagezustand zu bemessen.

Max. Stützweiten zur Einhaltung der max. Auflagerlast von 15 kN/m

$$\text{max } l = 2 \cdot 15 / (1,5 + d[\text{cm}] \cdot 0,25)$$

h [cm]	max l [m] <sup>1)</sup>
14	6,00
16	5,45
18	5,00
20	4,62
22	4,29
24	4,00
26	3,75
28	3,53
30	3,33

<sup>1)</sup> **Die Montagestützweiten für die Decke sind** gesondert zu ermitteln, diese sind im Allgemeinen **maßgebend!**

Juni 2015/UB

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.



Fachvereinigung  
Betonbauteile  
mit Gitterträgern



## Montageanleitung Elementwände



## Vorbemerkung

Vor der Planung bzw. vor Produktionsbeginn sollte folgendes geklärt sein:

- Elementgrößen bezüglich der vorhandenen Krantragkraft prüfen – dabei auch LKW-Abladestandort beachten.
- Evtl. Lieferabschnitte oder gewünschte Lieferreihenfolge der Fertigteile festlegen.
- Zufahrtsmöglichkeit für schwere Lastzüge und gegebenenfalls Autokran zur Abladestelle prüfen/sicherstellen.
- Transport- bzw. Fahrzeugart klären (stehender/liegender Transport, Tiefbett, Sattelaufleger, Motorwagen).
- Lage und Form der Anschlussbewehrung Bodenplatte/Wand im Bereich des Ortbetonkerns klären (ausreichende Toleranzen vorsehen!).
- Prüfen, ob die Fuge zwischen Elementwand + Bodenplatte Druck übertragen muss:  
In diesem Fall ist eine Fuge von min. 3 cm erforderlich!
- Prüfen, mit welcher Steiggeschwindigkeit die Wand verfüllt werden soll:  
(insbesondere bei kleinen Bauten oder dünnen Wänden) – Evtl. ist engerer Gitterträgerabstand erforderlich!
- Festlegen, ob leicht verdichtender Beton zum Verfüllen verwendet werden soll:  
Evtl. ist engerer Gitterträgerabstand erforderlich!
- Prüfen, ob die Wand zeitweise oder dauerhaft mit Feuchtigkeit beaufschlagt wird:  
In diesem Fall sind Maßnahmen gemäß der WU – Richtlinie zu treffen!
- Prüfen, ob bei hohen Wänden (> 3 m) besondere Maßnahmen bei der Montage erforderlich sind.

## 1. Was vor der Anlieferung der Elemente erledigt sein muss

- Erforderliches Gerät und Material disponieren – beispielsweise: Nivelliergerät, Schlagschnur, Anschlagbretter, Schlagbolzen bzw. Dübel, Schrägstützen (min. 2 pro Element), Eckwinkel, Dübel, Unterlegplättchen, Schalmaterial, Werkzeug etc., Kübel, Rüttler mit geeignetem Flaschendurchmesser, usw.
- Versetzpläne mit den Bau-Ist-Maßen auf Übereinstimmung prüfen.
- Bodenplatte auf absolute Höhe und auf Ebenheit (max. +/- 1 cm) prüfen.
- Im Normalfall: Wandinnenkanten anreißen.
- Türöffnungen, Fugen und Wandenden anzeichnen.
- Entlang dem Riss mit Brettern o. ä. eine Anschlagkante andübeln.
- Genaue Lage der Anschlussbewehrung (nur Rundstäbe – keine Matten!) prüfen – der Abstand zu den Wandaußenflächen muss mindestens die planmäßige Schalstärke + 2 cm Toleranz betragen; die Stäbe müssen genau senkrecht eingebaut sein.
- Den höchsten Punkt der Bodenplatte am Wandfuß ausnivellieren.
- Am höchsten Punkt der Bodenplatte mit Unterlegplättchen die minimale Fugenbreite zwischen Bodenplatte und Fertigteile vorgeben und pro Wandelement mindestens 4 Auflagerpunkte auf diese Höhe ausnivellieren. Achtung: gleichzeitig die absolute Geschoßhöhe überprüfen.
- Der Beton der Bodenplatte muss bei der Montage eine ausreichende Frühfestigkeit aufweisen, um die Fußpunkte der Stützen sicher andübeln zu können.
- Bei schweren Wandfertigteilen (circa > 3 t) ist mit dem Hersteller zu klären, welches Lastaufnahmemittel beim Versetzen verwendet werden soll.
- Mit Lieferwerk klären, in welcher Lage die Fertigteile transportiert werden. Falls nötig, Hilfsmittel/Vorrichtungen zum Aufrichten bereit legen.



**Fachvereinigung  
Betonbauteile  
mit Gitterträgern**

## 2. Beim Abladen ist folgendes zu beachten

- Die Elemente müssen regelkonform gekennzeichnet sein und mit dem Montageplan übereinstimmen.
- Elemente auf Beschädigungen oder Fehler prüfen. Bei beschädigten oder fehlerhaften Teilen umgehend – spätestens jedoch vor dem Einbau – Rücksprache mit dem Lieferwerk halten.
- Ein unbeschädigtes, ausreichend tragfähiges und langes Krangelänge verwenden. Der Winkel zwischen lotrechter Richtung und Gehängestrang soll kleiner als  $30^\circ$  sein.
- Kranhaken nur in die dafür einbetonierten Aufnahmen (keinesfalls in die Gitterdiagonalen oder waagerechten Abstandhalter!) einhängen.
- Nie unter den am Kranhaken schwebenden Elementen aufhalten!
- Werden die Elemente liegend angeliefert, kann folgendermaßen verfahren werden:

Der LKW muss beim Abladevorgang waagrecht stehen.

Der Kran muss die Elemente an den dafür vorgesehenen Aufnahmen genau senkrecht nach oben anheben – kein Schrägzug! (s. Bild 1).

Der Fußpunkt der Wand ist vor dem Aufrichtvorgang durch folgende Vorgehensweise auf eine tragfähige Fläche zu verschieben: (s. Bild 1)

- Element leicht anheben und ein Stahlrohr (2) etwa in Wandmitte unterlegen.
- Element wieder absenken, circa 50 cm Richtung Wandkopf verschieben und unter den Drehpunkt am Wandfuß eine Schutzdiele (3) einlegen.

Falls der Kranhaken gegen die obere Schale drückt, ist diese vor Beschädigung durch ein Kantholz (1) zu sichern (s. Bild 2).

Am Fußpunkt der Wand ist vor dem Aufrichtvorgang der Hohlraum mit Hilfe von Kanthölzern und Keilen (4) auszusteifen (s. Bild 3).

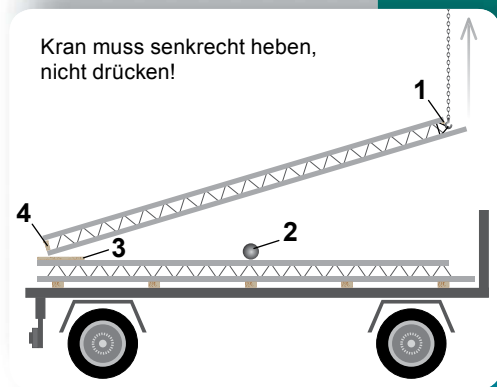


Bild 1

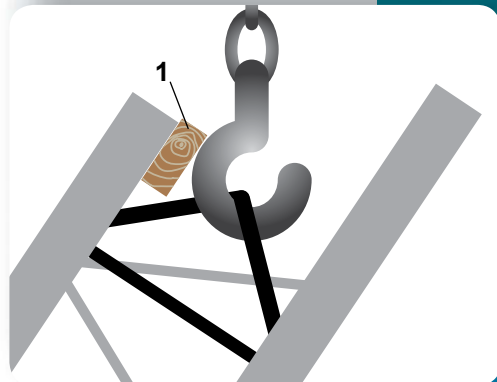


Bild 2

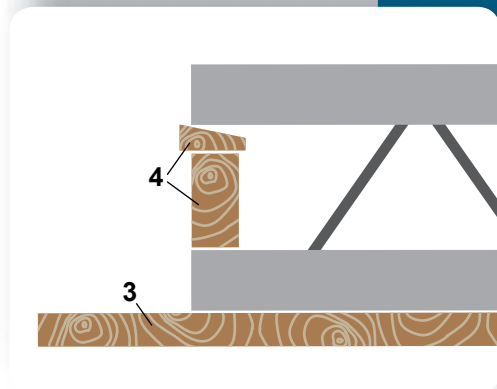


Bild 3



Abladen



Aufstellen



### 3. Wichtig beim Versetzen

- Anordnung der Eckstöße beachten (welches Element endet an der Wandaußenkante? s. Skizze in Bild 4).
- An einem Außeneck beginnen. Bei eventuell vorhandener Anschlussbewehrung Element genau senkrecht über die Endposition bringen und dann über der Bewehrung absenken.
- Beachten, dass in manchen Fällen Bewehrung im Zuge der Montage eingebaut werden muss.
- Element auf die vorbereiteten Unterlegplättchen absetzen.
- Jedes Element mit mindestens 2 Schrägstützen sichern. Dafür die im Element einbetonierten Dübel als Befestigungspunkte benutzen und auf der Bodenplatte, deren Beton eine ausreichende Festigkeit aufweisen muss, tragfähige Dübel (mindestens derselben Größe wie im Fertigteil) setzen und Stützenfuß mit passenden Schrauben befestigen.
- Oberkante des Elements auf richtige Höhe und gleiche Flucht wie bei den anderen Elementen prüfen – gegebenenfalls durch weitere Unterlagen ausrichten.
- Element durch gleichzeitiges Drehen der Spindeln an den Stützen lotrecht stellen.
- Erst nachdem das Fertigteil ausreichend gesichert und seine Einbauposition geprüft wurde, kann das Element von den Kranhaken abgehängt werden.

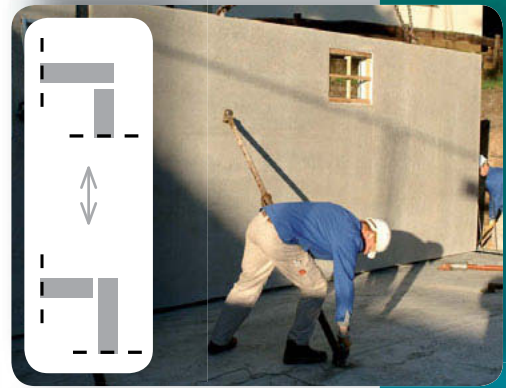


Bild 4

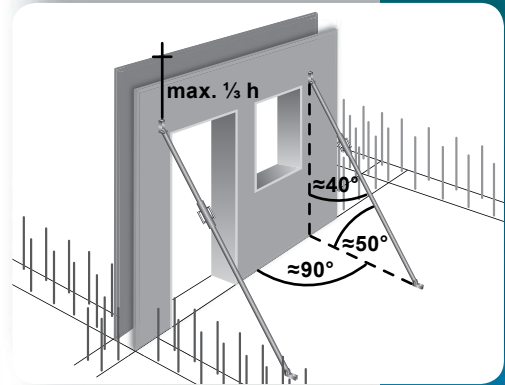
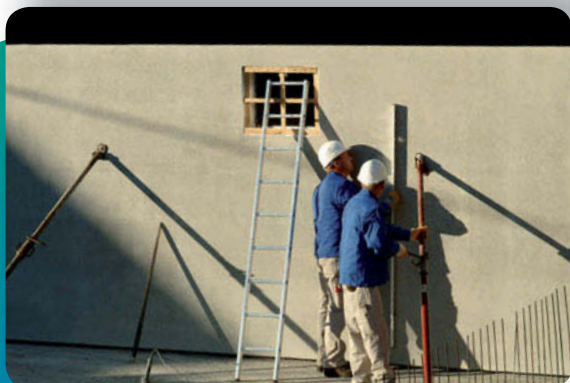


Bild 5



Bild 6



Abstützen



Betonieren

## 4. Arbeiten vor dem Betonieren

- Alle Maße – vor allem von Aussparungen, Durchbrüchen, Türen-, Fenstern, und Einbauteilen kontrollieren. Bei Schalter- und Steckdosen auch auf die richtige Ausrichtung achten – gegebenenfalls korrigieren.
- Eventuelle Elektroinstallationen oder sonstige Einbauteile montieren. Leerrohre auf richtigen Verlauf überprüfen, gegebenenfalls mit Anschlussrohren verbinden.
- Elementstöße auf Versätze prüfen.
- Fenster-, Türen- und sonstige Aussparungen und Durchbrüche, soweit nicht schon werkseitig geschehen, abschalen und aussteifen.
- Es wird empfohlen, Stahlwinkel zur Sicherung gegen Aufweiten der Ecke anzubringen (s. Bild 7 und 10). Falls leichtverdichtender Beton verwendet wird, sind mindestens 4 solche Winkel pro Ecke notwendig (im unteren Bereich enger).
- Bei Fugen im Bereich von T-Stößen ist die Fuge der durchgehenden Wand durch geeignete Maßnahmen gegen Ausweichen infolge des Betonierdrucks zu sichern (s. Bild 9).
- Eventuell erforderliche Stoßfugen- und Eckbewehrung gemäß Angaben im Versetzplan einbauen (s. Bild 7 und 8).
- Eventuell erforderliche Zulagebewehrung und Einspannbewehrung (Eckwinkel) gemäß Versetzplan einbauen.
- Falls erforderlich, Bewehrung durch Statiker oder Prüfstatiker abnehmen lassen.
- Horizontale Fugen über 2 cm Höhe sollten abgeschalt und gesichert werden.
- Vertikale Fugen können abgeschalt (s. Bild 11) bzw. mit geeignetem Material abgedichtet werden. Dieses darf nicht in den Ortbetonkern hineinragen.
- Bei größeren Aussparungen bzw. Brüstungen müssen Betonieröffnungen in den oberseitigen Abschalungen angebracht werden, um eine hohlraumfreie Befüllung zu ermöglichen.
- Falls die Deckenfertigteile ohne Montageunterstützung direkt auf die Innenschale der Elementwände aufgelegt werden sollen, sind besondere Maßnahmen und Einschränkungen gemäß Wandzulassung zu beachten.
- Bei Betonbestellung der Ortbetonenschicht auf richtige Betongüte und Konsistenz laut Planung achten.
- Bei Wänden, die in der unteren Fuge Druck übertragen oder nach der WU – Richtlinie konstruiert sind: Für den untersten Wandbereich (bis ca. 0,30 m Höhe) eine Betonmischung mit Größtkorn 8 mm bestellen.
- Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, dass sich der Beton nicht beim Verfüllen infolge zu großer Fallhöhe oder durch Siebwirkung an den Gitterträgern entmischt. Das kann beispielsweise durch einen Verfüllschlauch oder eine Betonmischung mit kleiner Korngröße erreicht werden.

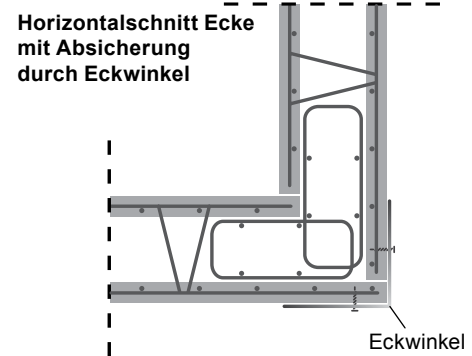


Bild 7

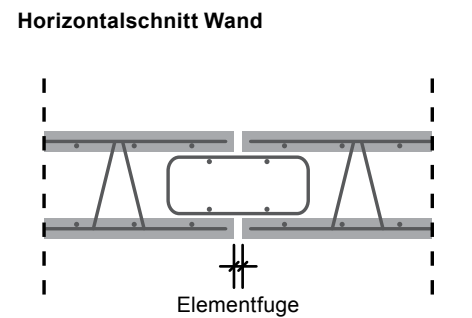


Bild 8

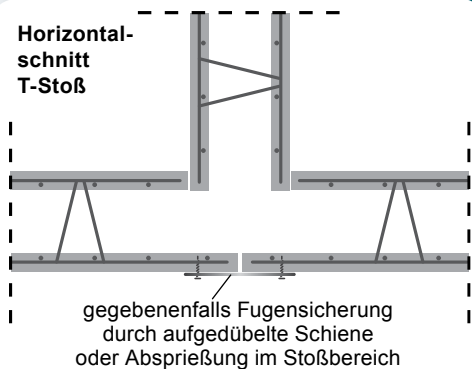


Bild 9

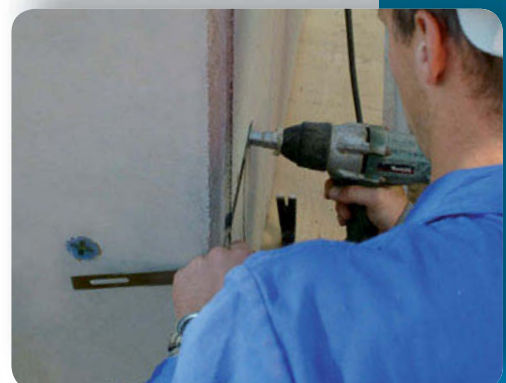


Bild 10



Bild 11

## 5. So läuft das Betonieren richtig ab

- Die inneren Flächen der Fertigteile müssen vor dem Betonieren ausreichend gewässert werden.
- Angelieferte Betonqualität auf Richtigkeit prüfen!
- Die zulässige Betoniergeschwindigkeit laut Wandstellplan ist zwingend einzuhalten!
- Beton gleichmäßig und lagenweise einfüllen – falls notwendig mit Innenrüttler verdichten.
- Beim Verfüllen von Wandpfeilern, bspw. neben Fensteröffnungen, darauf achten, dass die zulässige Füllhöhe nicht überschritten wird!
- Brüstungen von einer Seite befüllen, damit keine Hohlräume entstehen können.
- Einige Zeit nach dem Betonieren eventuell aus den Fugen ausgetretene Betonschlämme mit Wasserstrahl entfernen.

## 6. Wichtig nach dem Betonieren

- Die Schrägstützen dürfen erst nach ausreichender Erhärtung des Betons entfernt werden.
- Der frisch eingebaute Ortbeton muss durch geeignete Maßnahmen vor Austrocknung gemäß DIN 1045 geschützt werden (Abdecken, Wässern ...).

## 7. Bei den Arbeiten sind alle zutreffenden Richtlinien/Merkblätter/Vorschriften zu beachten!

*Diese Montageanleitung wurde nach bestem Wissen und mit unserer jahrzehntelangen Erfahrung entsprechend Normen und Zulassung verfasst und soll Sie bei der Montage von Elementwänden beraten.*

*Eine Verbindlichkeit kann daraus nicht abgeleitet werden. Bei unklaren Sachverhalten setzen Sie sich bitte mit dem Lieferwerk in Verbindung. Technische bzw. statische Änderungen bleiben vorbehalten.*

Stand: 09/2009



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  
info@betonverbaende-nord.de**

**- Mitglied der Betonbauteile Deutschland (BDB) -**

Überreicht von

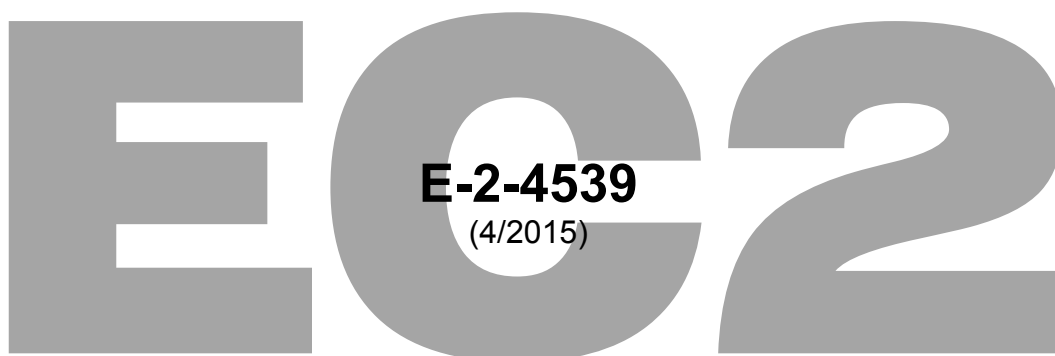
**FILIGRAN**  
Trägersysteme  
GmbH & Co. KG  
Zappenberg 6  
31 633 Leese  
www.filigran.de

# **FILIGRAN-Decken** im Endzustand

gilt auch für  
**FILIGRAN-Wände**  
nach Z-15.2-40

## Querkraftnachweis nach

## EUROCODE 2



**E-2-4539**  
(4/2015)

### **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.

## Querkraftnachweis nach DIN EN 1992-1-1

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.

## Querkraftnachweis nach DIN EN 1992-1-1

Beton-güte	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$f_{ctd}$	$C \cdot f_{ctd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
	[N/mm <sup>2</sup> ]			Fuge glatt	Fuge 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.

Trägerabstand [cm]	Trägerhöhe [mm]							
	≤ 70	90	150	200	250	320	400	
	$\alpha=37^\circ$	$\alpha=46^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=68^\circ$	$\alpha=72^\circ$	$\alpha=76^\circ$	$\alpha=79^\circ$	
Diagonale $\varnothing$ 5mm	25	0,353	0,348	0,322	0,299	0,285	0,270	0,257
	36	0,245	0,242	0,224	0,208	0,198	0,187	0,179
	42	0,210	0,207	0,192	0,178	0,170	0,161	0,153
	50	0,177	0,174	0,161	0,149	0,143	0,135	0,129
	100*	0,088	0,087	0,081	0,075	0,071	0,067	0,064
Diagonale $\varnothing$ 6mm	25	0,509	0,501	0,464	0,430	0,410	0,388	0,371
	36	0,353	0,348	0,322	0,299	0,285	0,270	0,257
	42	0,303	0,298	0,276	0,256	0,244	0,231	0,221
	50	0,254	0,250	0,232	0,215	0,205	0,194	0,185
	100*	0,127	0,125	0,116	0,108	0,103	0,097	0,093
Diagonale $\varnothing$ 7mm	25	0,693	0,682	0,632	0,586	0,559	0,529	0,505
	36	0,481	0,473	0,439	0,407	0,388	0,367	0,350
	42	0,412	0,406	0,376	0,349	0,333	0,315	0,300
	50	0,346	0,341	0,316	0,293	0,279	0,264	0,252
	100*	0,173	0,170	0,158	0,146	0,140	0,132	0,126
Diagonale $\varnothing$ 8mm	25	0,905	0,890	0,825	0,765	0,730	0,691	0,659
	36	0,628	0,618	0,573	0,531	0,507	0,480	0,458
	42	0,538	0,530	0,491	0,456	0,434	0,411	0,392
	50	0,452	0,445	0,413	0,383	0,365	0,345	0,330
	100*	0,226	0,223	0,206	0,191	0,182	0,173	0,165
Diagonale $\varnothing$ 9mm	25	1,145	1,127	1,044	0,969	0,924	0,874	0,834
	36	0,795	0,783	0,725	0,673	0,641	0,607	0,579
	42	0,682	0,671	0,622	0,577	0,550	0,520	0,497
	50	0,572	0,563	0,522	0,484	0,462	0,437	0,417
	100*	0,286	0,282	0,261	0,242	0,231	0,219	0,209

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

**Tabelle 3a:** E / D - Gitterträger

Aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rdi}^*$  [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  $v_{Rdi}^*$  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.

Trägerabstand [cm]	Trägerhöhe [mm]							
	≤ 70	90	150	200	250	320	400	
	$\alpha=37^\circ$	$\alpha=46^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=68^\circ$	$\alpha=72^\circ$	$\alpha=76^\circ$	$\alpha=79^\circ$	
Diagonale $\varnothing$ 5mm	25	0,374	0,373	0,352	0,331	0,318	0,303	0,291
	36	0,260	0,259	0,245	0,230	0,221	0,211	0,202
	42	0,223	0,222	0,210	0,197	0,189	0,180	0,173
	50	0,187	0,186	0,176	0,165	0,159	0,152	0,146
	100*	0,094	0,093	0,088	0,083	0,079	0,076	0,073
Diagonale $\varnothing$ 6mm	25	0,539	0,537	0,507	0,476	0,458	0,437	0,419
	36	0,374	0,373	0,352	0,331	0,318	0,303	0,291
	42	0,321	0,319	0,302	0,284	0,272	0,260	0,250
	50	0,269	0,268	0,254	0,238	0,229	0,218	0,210
	100*	0,135	0,134	0,127	0,119	0,114	0,109	0,105
Diagonale $\varnothing$ 7mm	25	0,733	0,730	0,690	0,648	0,623	0,594	0,571
	36	0,509	0,507	0,479	0,450	0,433	0,413	0,396
	42	0,436	0,435	0,411	0,386	0,371	0,354	0,340
	50	0,367	0,365	0,345	0,324	0,311	0,297	0,285
	100*	0,183	0,183	0,173	0,162	0,156	0,149	0,143
Diagonale $\varnothing$ 8mm	25	0,958	0,954	0,901	0,847	0,814	0,776	0,746
	36	0,665	0,662	0,626	0,588	0,565	0,539	0,518
	42	0,570	0,568	0,537	0,504	0,484	0,462	0,444
	50	0,479	0,477	0,451	0,423	0,407	0,388	0,373
	100*	0,239	0,238	0,225	0,212	0,203	0,194	0,186
Diagonale $\varnothing$ 9mm	25	1,212	1,207	1,141	1,072	1,030	0,982	0,944
	36	0,842	0,838	0,792	0,744	0,715	0,682	0,655
	42	0,721	0,719	0,679	0,638	0,613	0,585	0,562
	50	0,606	0,604	0,570	0,536	0,515	0,491	0,472
	100*	0,303	0,302	0,285	0,268	0,257	0,246	0,236

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

**Tabelle 3b:** E / D - Gitterträger

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

Trägerabstand [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  $v_{Rdi}$ \* [N/mm<sup>2</sup>]  
für glatte Fugen je m Deckenbreite

Trägerabstand [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  $v_{Rdi}$ \* [N/mm<sup>2</sup>]  
für raue Fugen je m Deckenbreite

Trägerabstand [cm]	Trägerhöhe				
	≤150	200	250	300	
	α=45°	α=49°	α=56°	α=60°	
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  $v_{Rdi}$ \* [N/mm<sup>2</sup>]  
für glatte Fugen je m Deckenbreite  
mit  $f_{yd} = 435$  N/mm<sup>2</sup> (für gerippte Diagonalen)

Trägerabstand [cm]	Trägerhöhe				
	≤150	200	250	300	
	α=45°	α=49°	α=56°	α=60°	
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  $v_{Rdi}$ \* [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).

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

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**  
 $v_{Rdi,max}$  [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)

## Querkraftnachweis nach DIN EN 1992-1-1

### 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).

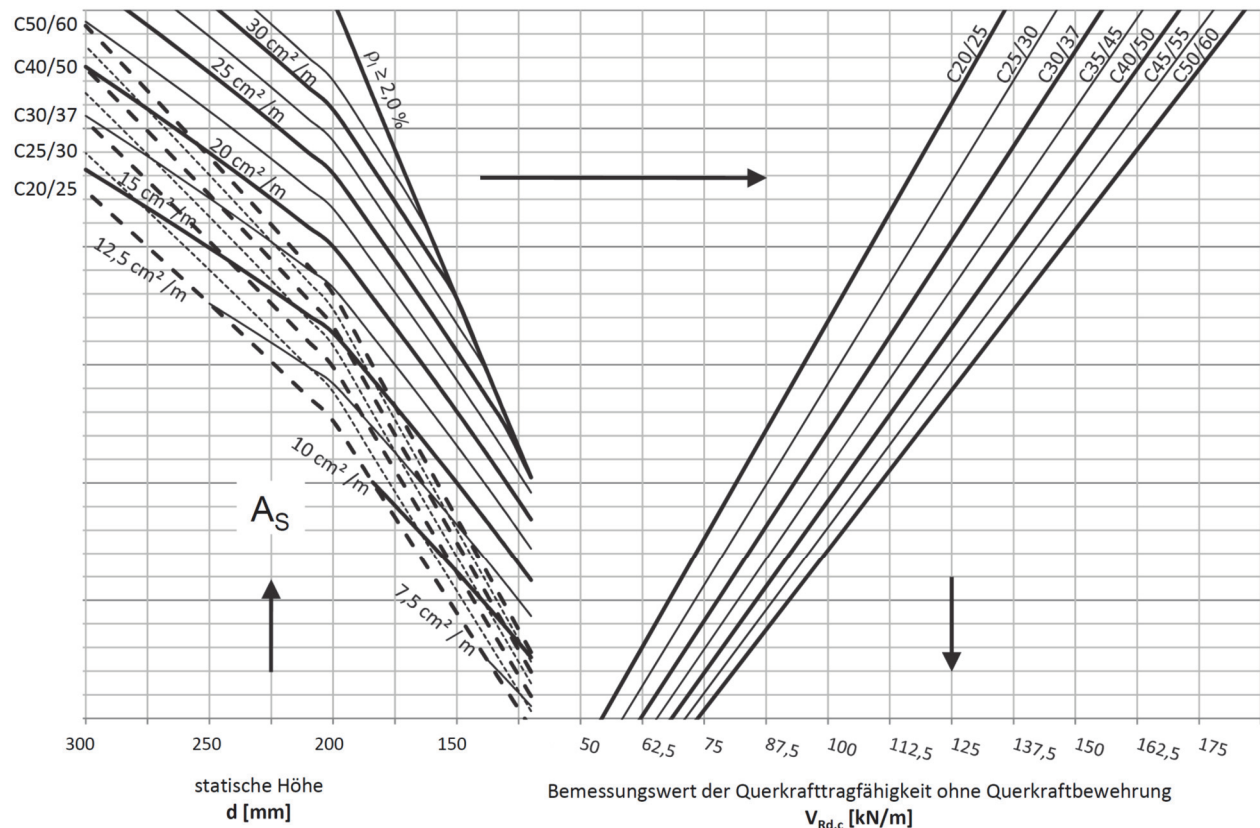
Ausgehend von der statischen Höhe  $d$  [mm] lässt sich mit der Längsbewehrung [cm<sup>2</sup>/m] und der Betongüte die Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd,c}$  der schubunbewehrten Platte nach Gleichung (6.2a) mit den durchgezogenen Linien in **Bild 1** ermitteln.

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.

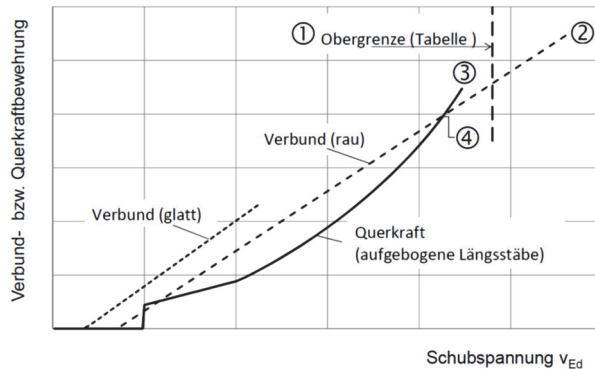
Die Ermittlung der Tragfähigkeit von Gitterträgern als Querkraftbewehrung muss dann zusätzlich nach Gleichung (6.13) der DIN EN 1992-1-1 erfolgen. Die erforderlichen Bewehrungsmengen aus dem Verbundnachweis und dem Querkraftnachweis (Schubbewehrung) sind nicht zu addieren. Die maximale Bewehrungsmenge 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
Diagonalen- winkel $\alpha$ [°]	$\alpha=46^\circ$	$\alpha=53^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha_1=45^\circ$	$\alpha=68^\circ$	$\alpha_1=53^\circ$	$\alpha=72^\circ$	$\alpha_1=59^\circ$	$\alpha=76^\circ$	$\alpha_1=64^\circ$	$\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=79^\circ$
				$\alpha_2=90^\circ$		$\alpha_2=90^\circ$		$\alpha_2=90^\circ$				
Betongüte	<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
Diagonalen- winkel $\alpha$ [°]	$\alpha=46^\circ$	$\alpha=53^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha_1=45^\circ$	$\alpha=68^\circ$	$\alpha_1=53^\circ$	$\alpha=72^\circ$	$\alpha_1=59^\circ$	$\alpha=76^\circ$	$\alpha_1=64^\circ$	$\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=79^\circ$
				$\alpha_2=90^\circ$		$\alpha_2=90^\circ$		$\alpha_2=90^\circ$				
Betongüte	<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

Beispiel 1:

Vorgaben:

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

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

Betongüte

C20/25

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

Längsbewehrungsgrad laut Biegebemessung

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

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

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

Deckendicke

$h = 200 \text{ mm}$

innerer Hebelarm

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

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

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

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

Statische Höhe

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

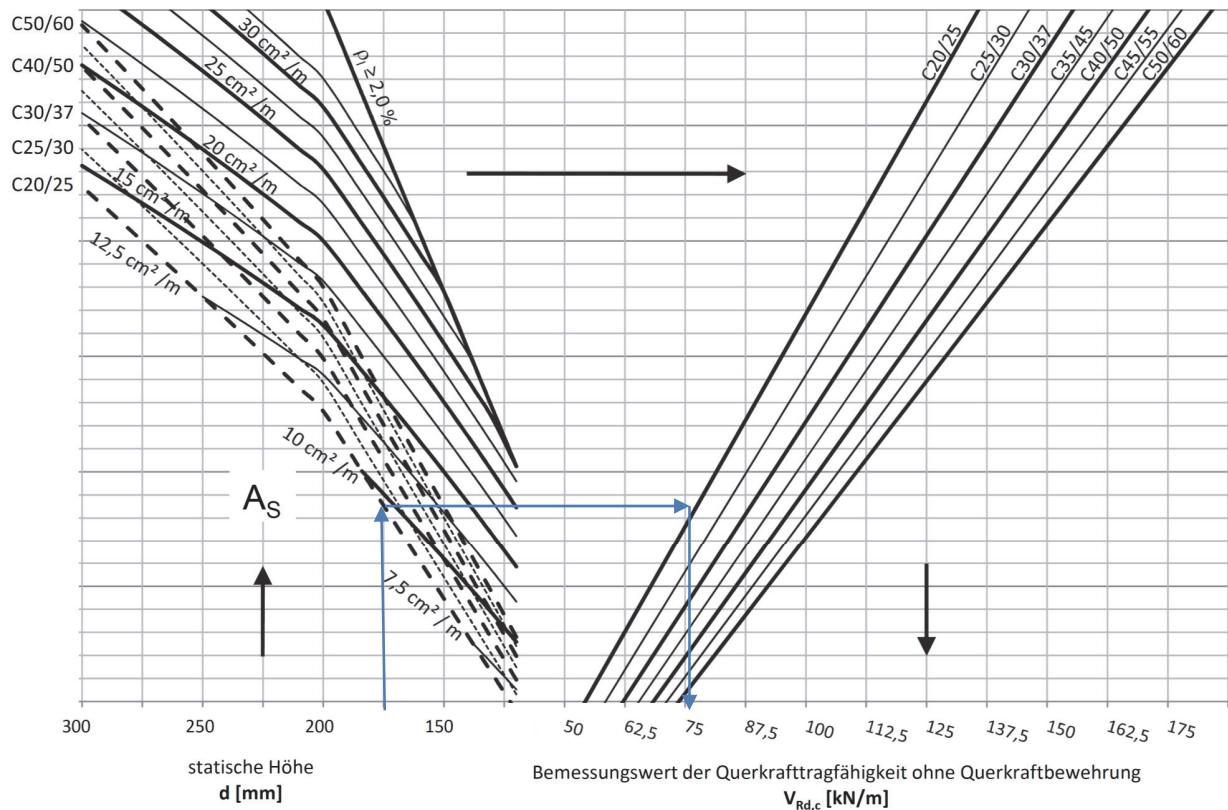
$$d = 175 \text{ mm}$$

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!

➔  $z = 0,9 \cdot d = 158 \text{ mm}$

**Bild 1 auf Seite 4**

## 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

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

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

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

$$z = 0,9 \cdot d = 158 \text{ mm} \quad (V_{Ed} \leq V_{Rd,c})$$

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

raue Fuge

## Querkraftbemessung

mit FI-Norm E-2-4539

### a) **Querkraft-Ortbeton**

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

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

→ 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)

Bild 1 auf Seite 4

### b) **Querkraft - Verbund**

Bemessungswert der einwirkenden Querkraft(Verbund)

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

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

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

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

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

Tabelle 6 auf Seite 3

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

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

Tabelle 3b auf Seite 2

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

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

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

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

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

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

→ 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

**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

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

Tabelle 4b auf Seite 3

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

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

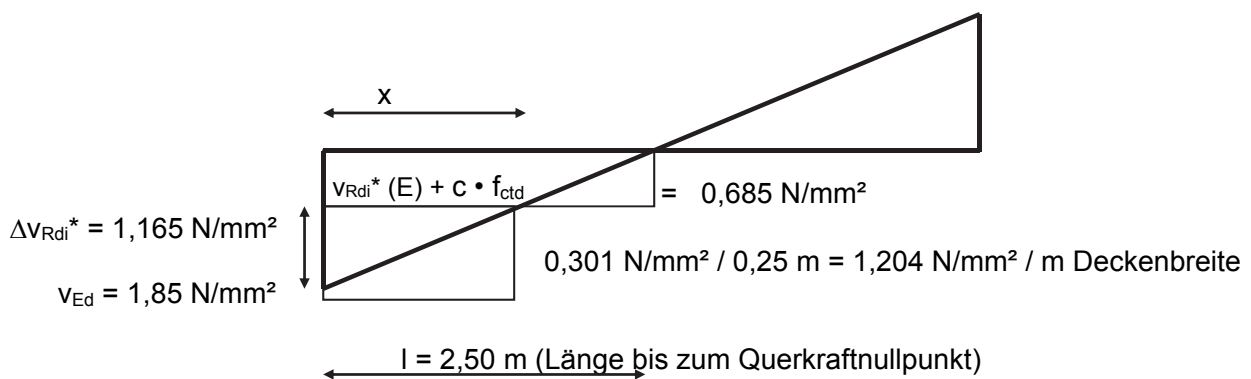
$$\text{erf. } s_g = 0,258 \text{ m}$$

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

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

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

**Ermittlung der Zulageträgerlänge**



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

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

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

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

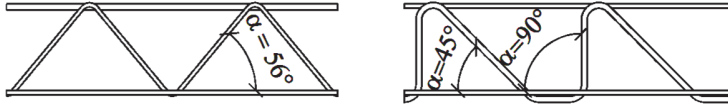
gewählt  $x = 1,6 \text{ m}$

**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 Knotenpunktstand 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 Knotenpunktstand 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)**

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

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)

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

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)**

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

mit  $\alpha_1 = 53^\circ$  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)

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

mit  $\alpha_1 = 53^\circ$  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.

**Äquivalente Bügelquerschnitte**

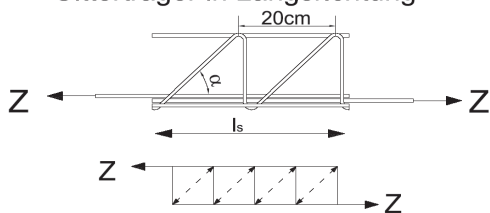
**Hinweis:** Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten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



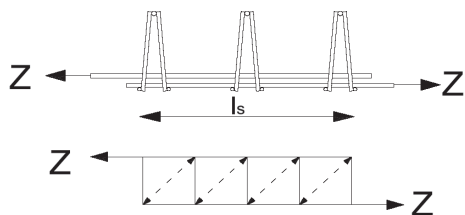
Nur Stäbe, die im Fachwerk als Zugstreben wirken, dürfen für den Kraftabtrag angesetzt werden!

Gitterträger-höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale Ø 7mm	
		Bügelkraft [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		

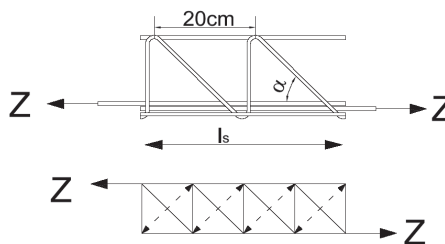
Bügelkraft =  $2 \cdot A_s \cdot f_{yd,D} / 0,2m$

**b) Äquivalente Bügelkräfte mit anrechenbare Diagonalen**

Stoßsicherung durch Gitterträger in Querrichtung



Stoßsicherung durch Gitterträger in Längsrichtung



Gitterträger-höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale Ø 7mm	
		Bügelkraft [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

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 ( $f_{yd,B}$ )

$f_{yd,B} = 500 / 1,15 = 435$  N/mm<sup>2</sup>

$f_{yd,D} = 420 / 1,15 = 365$  N/mm<sup>2</sup>

(für glatte Diagonalen B500 A+G)

Juni 2015 / UB

**Allgemeine Geschäftsbedingungen:**

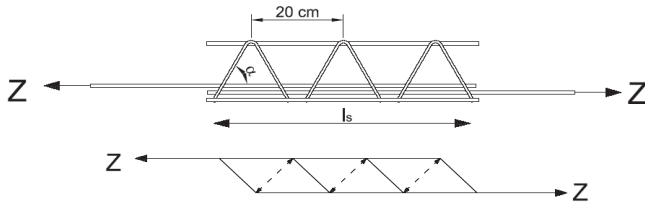
Grundsätzlich ist die Haftung von FILIGRAN auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit beschränkt. Die Haftung für Sach- und Rechtsmängel ist auf Vorsatz beschränkt. Im Übrigen haftet FILIGRAN für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, die auf einer fahrlässigen Verletzung einer 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  $\phi \leq 14$  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) Stoßsicherung durch Gitterträger in Längsrichtung**

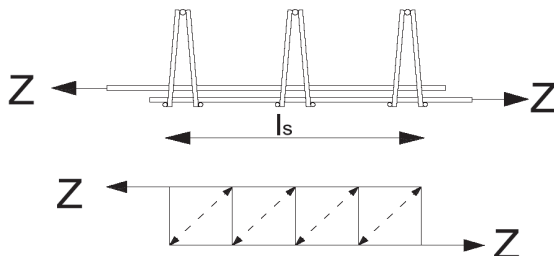


Nur Stäbe, die im Fachwerk als Zugstreben wirken, dürfen für den Kraftabtrag angesetzt werden!

Gitterträger- höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale Ø 5mm		Diagonale Ø 6mm		Diagonale Ø 7mm	
		Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /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

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

**b) Stoßsicherung durch Gitterträger in Querrichtung**



Gitterträger- höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale Ø 5mm		Diagonale Ø 6mm		Diagonale Ø 7mm	
		Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /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

$$\text{Bügelkraft} = 4 \cdot A_s \cdot f_{yD} \cdot \sin \alpha / 0,2m$$

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

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

$$f_{yD} = 420 / 1,15 = 365 \text{ N/mm}^2 \text{ (für glatte Diagonalen B500 A+G)}$$

**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.

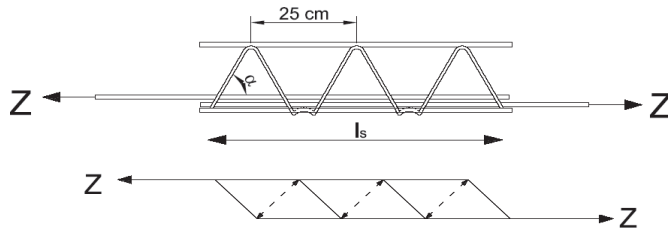
### Äquivalente Bügelquerschnitte

**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  $\varnothing \leq 14$  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

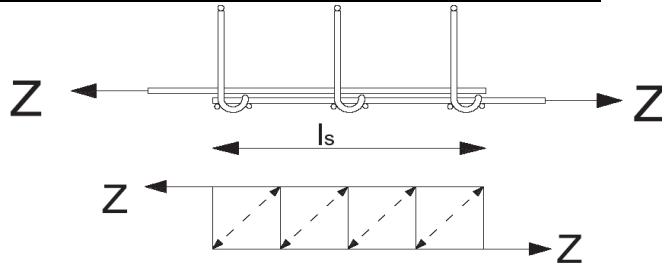


Nur Stäbe, die im Fachwerk als Zugstreben wirken, dürfen für den Kraftabtrag angesetzt werden!

Gitterträger- höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale $\varnothing$ 6mm		Diagonale $\varnothing$ 7mm		Diagonale $\varnothing$ 8mm		Diagonale $\varnothing$ 9mm	
		Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [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

$$\text{Bügelkraft} = A_s \cdot f_{y,d,D} \cdot \sin \alpha / 0,25\text{m}$$

#### b) Stoßsicherung durch Gitterträger in Querrichtung



Gitterträger- höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale $\varnothing$ 6mm		Diagonale $\varnothing$ 7mm		Diagonale $\varnothing$ 8mm		Diagonale $\varnothing$ 9mm	
		Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [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

$$\text{Bügelkraft} = 2 \cdot A_s \cdot f_{y,d,D} \cdot \sin \alpha / 0,25\text{m}$$

$a_{s,Bügel}$  = 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.