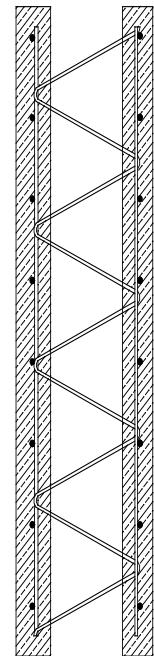


# **FILIGRAN® Elementwand**



## **Montagezustand**

- \* W-2-2011 Zulassige Betoniergeschwindigkeiten
- \* W-2-2012 Wandfertigteile als Auflager im Montagezustand
- \* Montageanleitung Elementwände (BmG)

## **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

## **Wasserundurchlässige Konstruktionen aus Beton**

- \* Positionspapier zur Anwendung der DAfStb-Richtlinie "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)" Ausgabe Dezember 2017

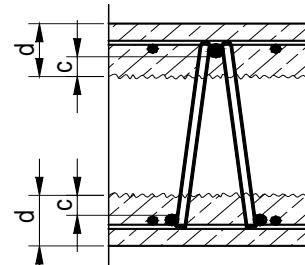
Hinweis: Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten allgemeinen Geschäftsbedingungen. Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2024 und längstens bis zum Ablauf oder der Änderung von Z-15.2-40 vom 19.12.2019.

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

- d) der Betonkonsistenz (hier F3)
- e) der Betoniergeschwindigkeit v
- f) der Erstarrungszeit  $t_E$
- g) 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:

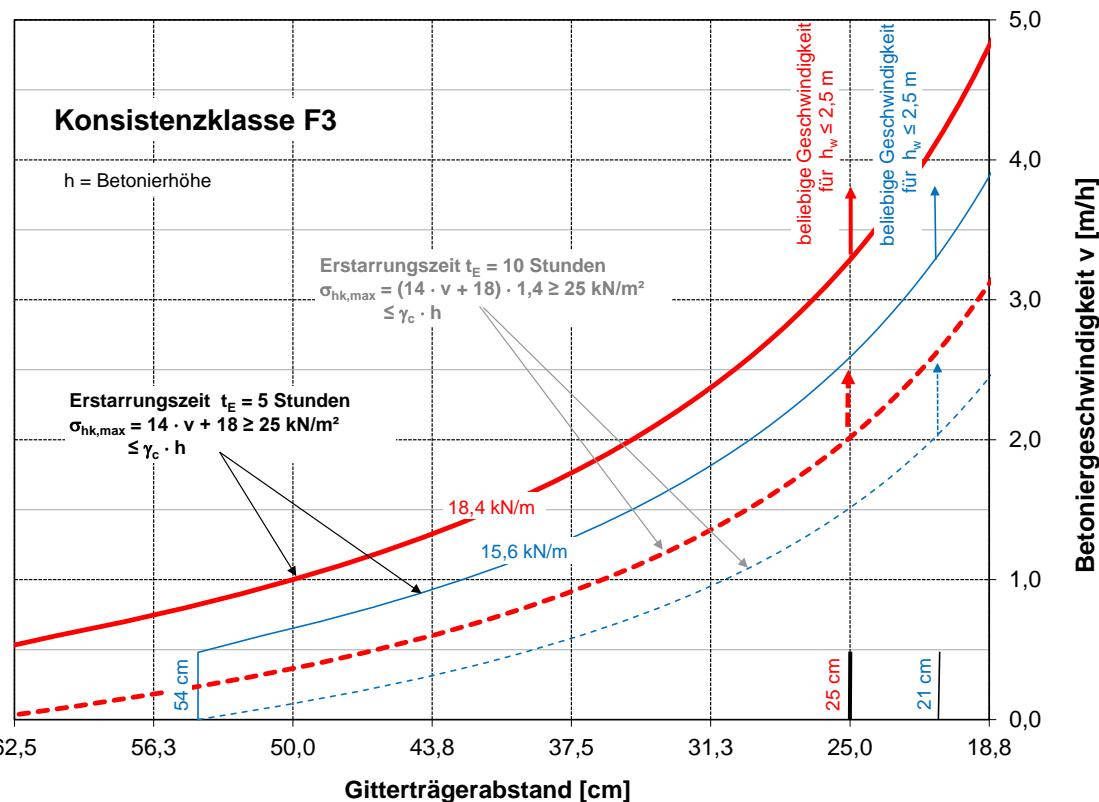
- a) der Dicke der Fertigteile d
- b) der Betondeckung c der Gurte nach Innen (in Ausreißrichtung)
- c) dem Gitterträgerabstand

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
$\geq 40$	$\geq C20/25$	$\geq 15$	<b>15,6</b>	
	$\geq C30/37$	$\geq 12$		
$\geq 50$	$\geq C20/25$	$\geq 17$	<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 angegebenem Gitterträgerabstand beliebig schnell betoniert werden.

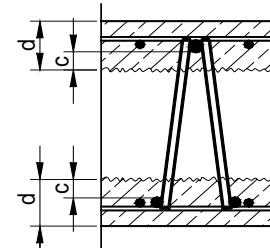


Hinweis: Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten allgemeinen Geschäftsbedingungen. Die Bemessungshilfe gilt längstens bis Ende 2024 und längstens bis zum Ablauf oder der Änderung von Z-15.2-40 vom 19.12.2019.

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 Widerstand ergibt sich nach Zulassung in Abhängigkeit von:

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



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

Der auftretende Frischbetondruck  $\sigma_{hk,max}$  ergibt sich für Normalbeton nach

DIN 18218:2010-01 in Abhängigkeit von

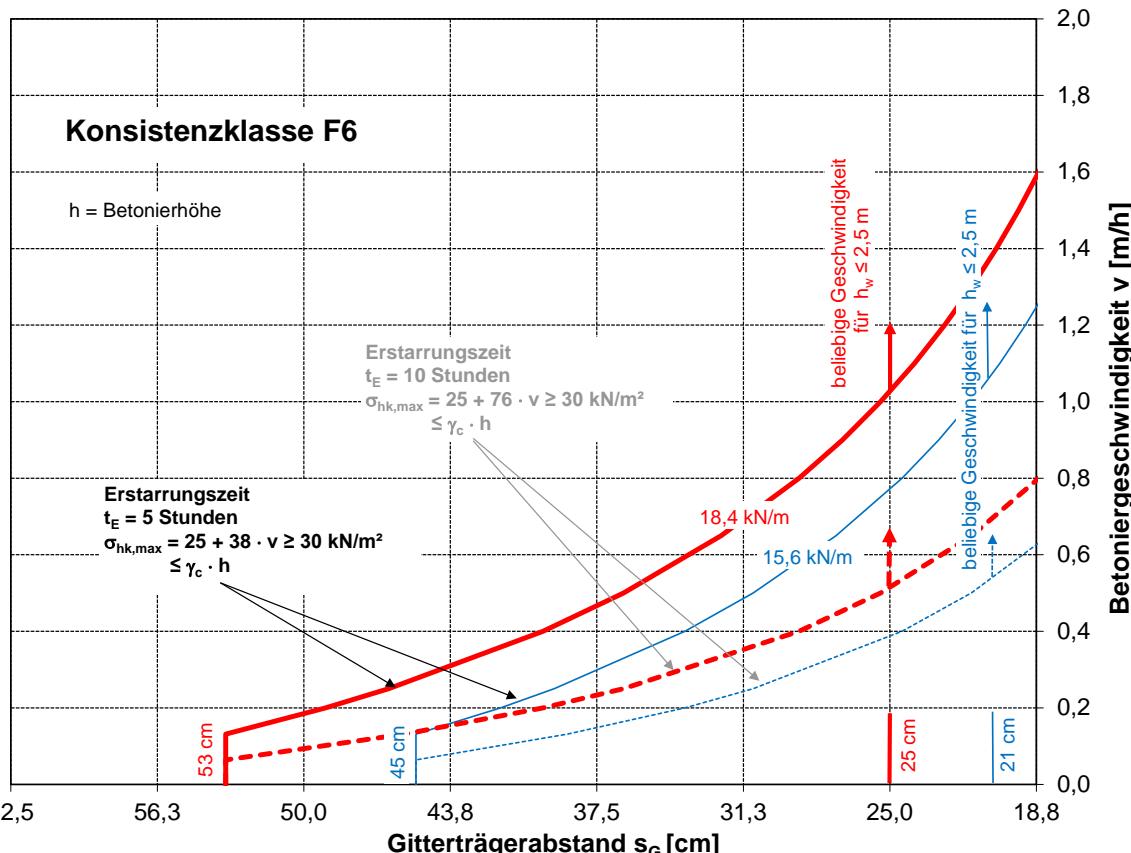
- der Betonkonsistenz (hier F6)
- der Betoniergeschwindigkeit  $v$
- der Erstarrungszeit  $t_E$
- der Frischbetonwichte  $\gamma_c$ , der Temperatur, der Verdichtungsart, möglicher Erschütterungen und der Bewehrung.

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

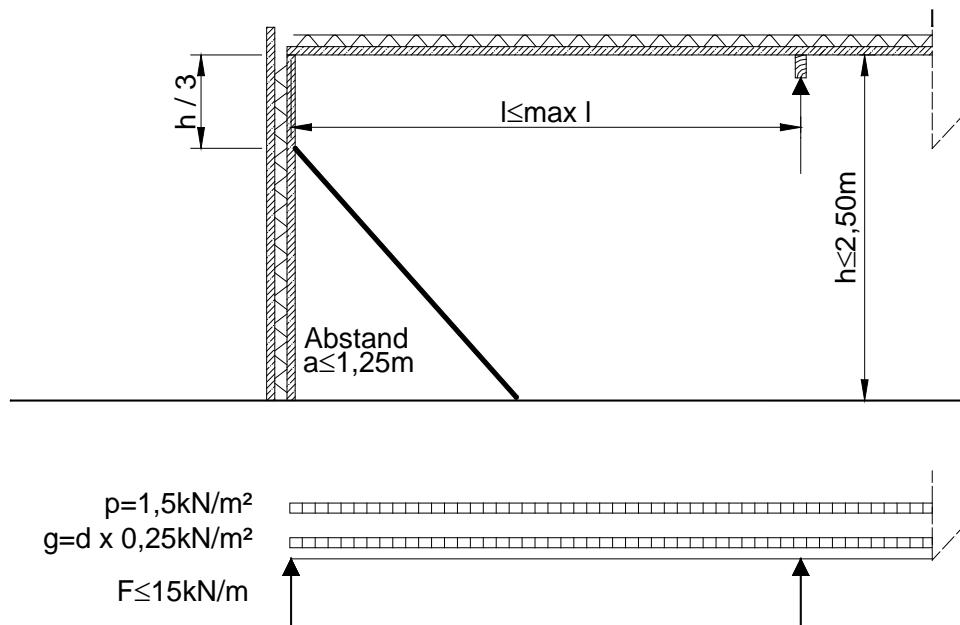
Plattendicke $d$ [mm]	Betongüte	Betondeckung innen $c$ [mm]	zulässige Betonierkraft / m Gitterträger [kN/m]	Diagramm
$\geq 40$	$\geq C20/25$ $\geq C30/37$	$\geq 15$ $\geq 12$	<b>15,6</b>	—
$\geq 50$	$\geq C20/25$	$\geq 17$	<b>18,4</b>	—

Mit diesen Angaben ergeben 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 Gitterträgerabstand, der erforderlich ist um den hydrostatischen Druck bei der angegebenen Wandhöhe  $h$  abzudecken. Wände dieser Höhe können bei dem gegebenen oder geringeren Gitterträgerabstand beliebig schnell betoniert werden.



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 2024 und längstens bis zum Ablauf oder der Änderung der bauaufsichtlichen Zulassung Z-15.2-40 vom 19.12.2019.



#### Zulassungsbedingungen lt. Z-15.2-40/Abs. 3.3.3:

Eine Montageunterstützung am Auflager ist nicht erforderlich, wenn:

- 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,
- die lichte Geschoßhöhe nicht größer als 2,5 m ist,
- die Betonfestigkeit der Wand-Fertigplatten mindestens 20 N/mm² beträgt,
- 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

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

$h [\text{cm}]$	$\max l [\text{m}]^{1)}$
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!

#### 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 Schalenstärke + 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 Fertigteil 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/Vorrangungen 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 Krangehänge 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).

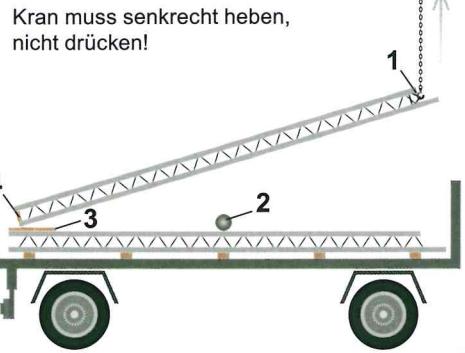


Bild 1



Bild 2

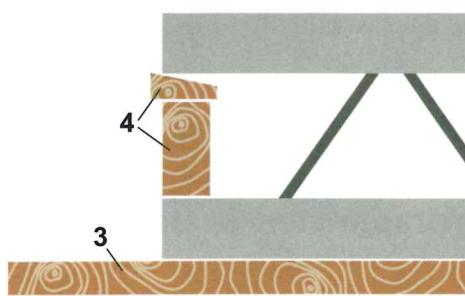


Bild 3



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.

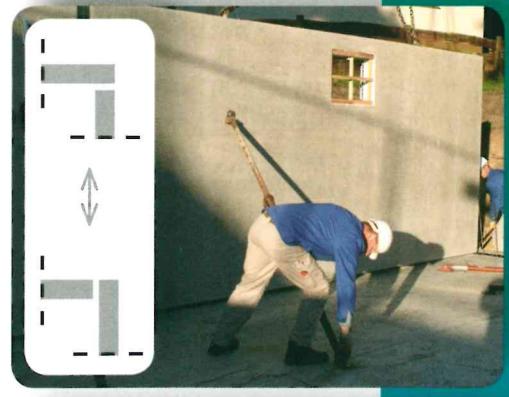


Bild 4

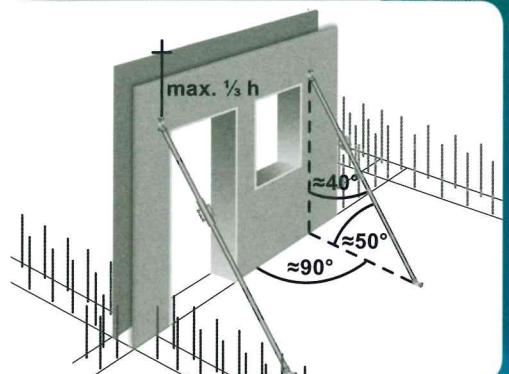
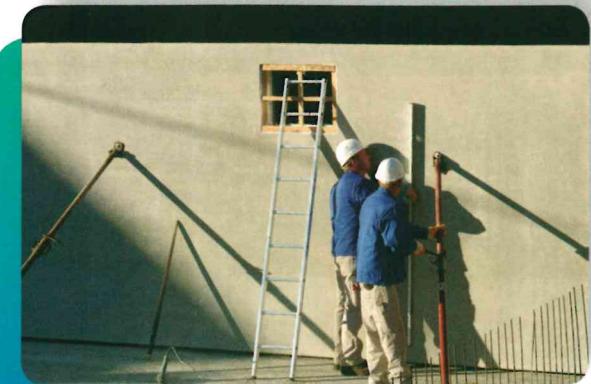


Bild 5



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. Leerohre 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 abgeschaltet und gesichert werden.
- Vertikale Fugen können abgeschaltet (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 Abschaltungen 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 Ortbetonschicht 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.

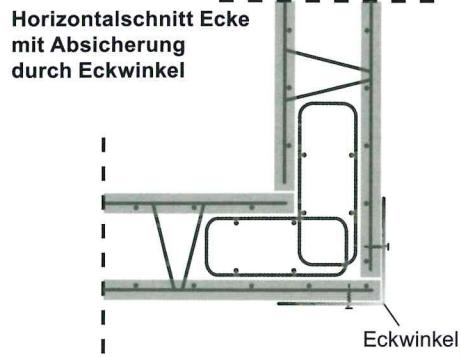


Bild 7

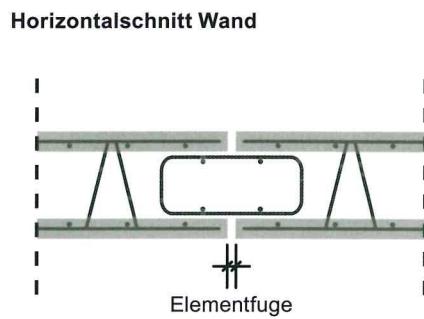


Bild 8

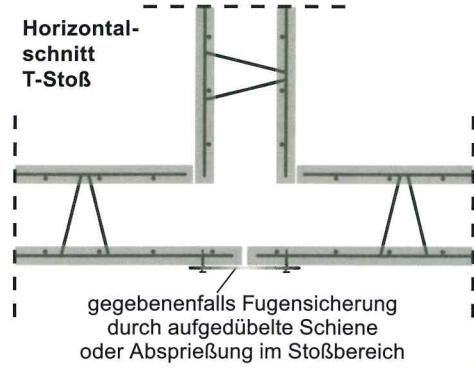


Bild 9



Bild 10

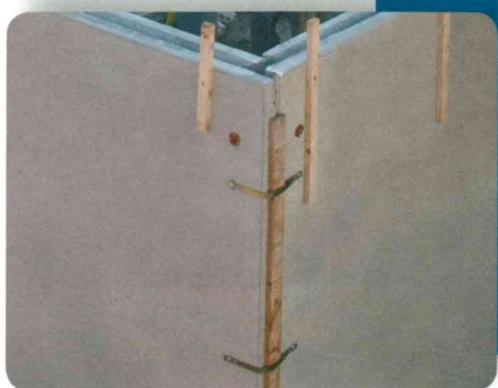


Bild 11

## 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 Ort beton muss durch geeignete Maßnahmen vor Austrocknung gemäß DIN 1045 geschützt werden (Abdecken, Wässern ...).

## 7. Bei den Arbeiten sind alle zu treffenden 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: 12/2012



Herausgegeben von

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

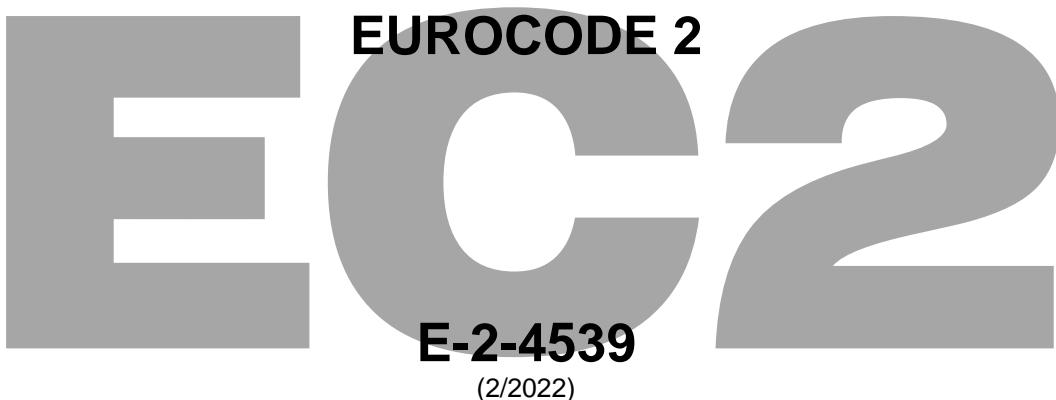
Telefon 0 51 39 / 95 99 30  
Telefax 0 51 39 / 99 94 51  
[www.fachvereinigung-bmg.de](http://www.fachvereinigung-bmg.de)  
[info@betonverband-nord.de](mailto:info@betonverband-nord.de)

Überreicht von

# **FILIGRAN®-Decken**

## **im Endzustand**

**Querkraftnachweis nach**



### **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 2023 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.

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 5. November 2018, Z-15.1-90 FILIGRAN-D-Gitterträger vom 7. Oktober 2019, Z-15.1-93 FILIGRAN-EQ-Gitterträger vom 18. Juni 2019 und ETA-13-0521 FILIGRAN-Durchstanzbewehrung FDB vom 14. Juni 2018 in Verbindung mit der Bemessungsnorm DIN EN 1992-1-1:2011-01+A1 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:2013-04+A1 (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 Ort betonkonstruktionen 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 Ort betonplatten 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  $V_{Ed}$  in der Fuge nachzuweisen:

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

mit

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

$\beta$  = 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**

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

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

mit

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

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

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

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

mit

$\rho$  = Querschnittsfläche der Verbundbewehrung pro Flächeneinheit [ $m^2/m^2$ ]

$\alpha$  = 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 DAStB zu 6.2.5 (2). Danach ist z.B. für eine rauhe 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.

# FILIGRAN® – ELEMENTDECKE

## Querkraftnachweis nach DIN EN 1992-1-1

FI – NORM  
E-2-4539 2/6

Beton -güte	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$f_{ctd}$	$c \cdot f_{ctd}$ [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 Wandauflasten 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-stand [cm]	Trägerhöhe [mm]						
	≤ 70	90	150	200	250	320	400
	α=37°	α=46°	α=60°	α=68°	α=72°	α=76°	α=79°
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
55	0,161	0,158	0,146	0,136	0,130	0,123	0,117
62,5	0,141	0,139	0,129	0,120	0,114	0,108	0,103
75	0,118	0,116	0,107	0,100	0,095	0,090	0,086
100*	0,088	0,087	0,081	0,075	0,071	0,067	0,064
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
55	0,231	0,228	0,211	0,196	0,187	0,177	0,169
62,5	0,204	0,200	0,186	0,172	0,164	0,155	0,148
75	0,170	0,167	0,155	0,143	0,137	0,129	0,124
100*	0,127	0,125	0,116	0,108	0,103	0,097	0,093
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
55	0,315	0,310	0,287	0,266	0,254	0,240	0,229
62,5	0,277	0,273	0,253	0,234	0,223	0,212	0,202
75	0,231	0,227	0,211	0,195	0,186	0,176	0,168
100*	0,173	0,170	0,158	0,146	0,140	0,132	0,126
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
55	0,411	0,405	0,375	0,348	0,332	0,314	0,300
62,5	0,362	0,356	0,330	0,306	0,292	0,276	0,264
75	0,302	0,297	0,275	0,255	0,243	0,230	0,220
100*	0,226	0,223	0,206	0,191	0,182	0,173	0,165
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
55	0,520	0,512	0,475	0,440	0,420	0,397	0,379
62,5	0,458	0,451	0,418	0,387	0,369	0,350	0,334
75	0,382	0,376	0,348	0,323	0,308	0,291	0,278
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 mit 20 cm Knotenabstand und FDB Elemente mit entnommen werden. Tabellen a gelten für glatte und Tabellen b für rauhe Fugen.

Trägerab-stand [cm]	Trägerhöhe [mm]						
	≤ 70	90	150	200	250	320	400
α=37°	α=46°	α=60°	α=68°	α=72°	α=76°	α=79°	
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
55	0,170	0,169	0,160	0,150	0,144	0,138	0,132
62,5	0,150	0,149	0,141	0,132	0,127	0,121	0,117
75	0,125	0,124	0,117	0,110	0,106	0,101	0,097
100*	0,094	0,093	0,088	0,083	0,079	0,076	0,073
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
55	0,245	0,244	0,230	0,217	0,208	0,198	0,191
62,5	0,215	0,215	0,203	0,191	0,183	0,175	0,168
75	0,180	0,179	0,169	0,159	0,153	0,146	0,140
100*	0,135	0,134	0,127	0,119	0,114	0,109	0,105
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
55	0,333	0,332	0,314	0,295	0,283	0,270	0,259
62,5	0,293	0,292	0,276	0,259	0,249	0,238	0,228
75	0,244	0,243	0,230	0,216	0,208	0,198	0,190
100*	0,183	0,183	0,173	0,162	0,156	0,149	0,143
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
55	0,435	0,434	0,410	0,385	0,370	0,353	0,339
62,5	0,383	0,382	0,361	0,339	0,325	0,310	0,298
75	0,319	0,318	0,300	0,282	0,271	0,259	0,249
100*	0,239	0,238	0,225	0,212	0,203	0,194	0,186
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
55	0,551	0,549	0,519	0,487	0,468	0,447	0,429
62,5	0,485	0,483	0,456	0,429	0,412	0,393	0,377
75	0,404	0,402	0,380	0,357	0,343	0,327	0,315
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

# FILIGRAN® – ELEMENTDECKE

## Querkraftnachweis nach DIN EN 1992-1-1

FI – NORM

E-2-4539 3/6

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 rau 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-Elemente  
aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rdi}^*$  [N/mm<sup>2</sup>] für glatte Fugen je m Deckenbreite mit  $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$  (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).  $v_{Rdi} \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$  (6.25)

mit

v nach **Tabelle 1**  
 $f_{cd}$  nach **Tabelle 2**

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-Elemente  
aufnehmbare Schubspannungen  $v_{Rdi}^*$  [N/mm<sup>2</sup>] für rau Fugen je m Deckenbreite mit  $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$  (für gerippte Diagonalen)

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)

#### 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

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

$d$  [mm] = statische Höhe

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

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

$b_w$  = 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).

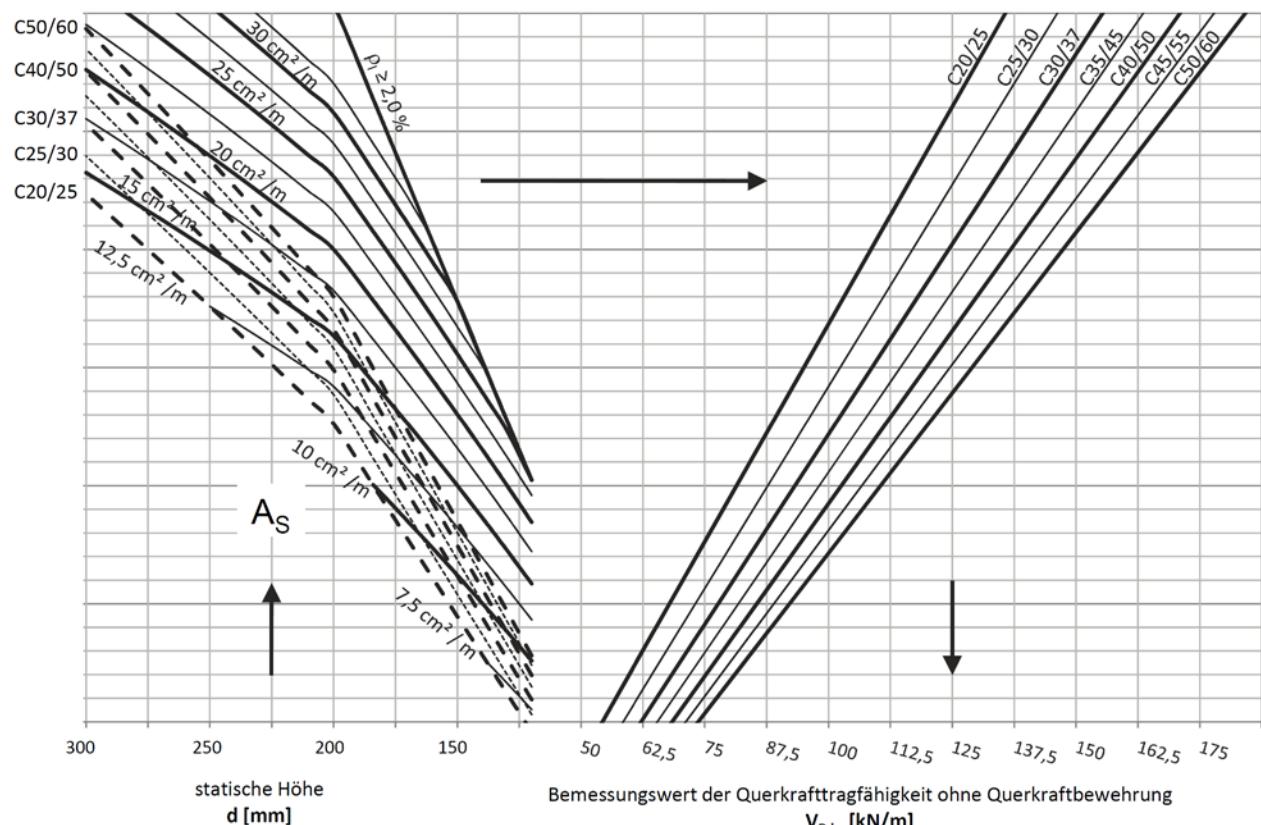
Ausgehend von der statischen Höhe  $d$  [mm] lässt sich mit der Längsbewehrung [cm<sup>2</sup>/m] und der Betongüte die Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd,c}$  der schubunbewehrten Platte nach Gleichung (6.2a) mit den durchgezogenen Linien in **Bild 1** ermitteln.

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.

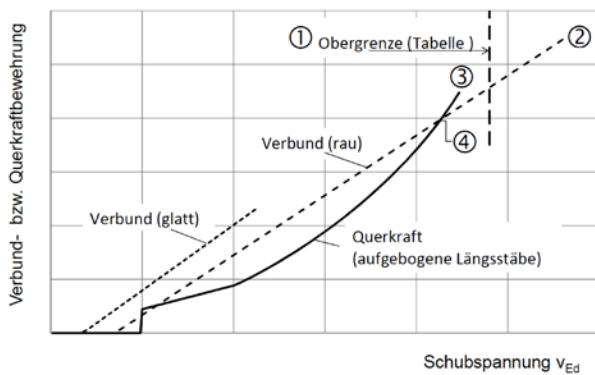
Bei  $V_{Ed} > V_{Rd,c}$  sind die **Platten mit Querkraftbewehrung** auszuführen und nachzuweisen.

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  $V_{Rdc}$  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:

$$s_{\max} \leq \cot \theta \cdot z \leq 21\text{cm}$$

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 Ortsteckdecken unter Berücksichtigung der Querkraftobergrenze von  $1/3 V_{Rd,max}$  nach DIN EN 1992-1-1, 9.3.2 (3) ist möglich.*

**FILIGRAN® – ELEMENTDECKE**  
Querkraftnachweis nach DIN EN 1992-1-1

FI – NORM  
E-2-4539 6/6

		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	Diagonalenwinkel $\alpha$ [°]	$\alpha=46^\circ$	$\alpha=53^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=68^\circ$	$\alpha_1=53^\circ$ $\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=72^\circ$	$\alpha_1=59^\circ$ $\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=76^\circ$	$\alpha_1=64^\circ$ $\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=79^\circ$
	<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	Diagonalenwinkel $\alpha$ [°]	$\alpha=46^\circ$	$\alpha=53^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha_1=45^\circ$ $\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=68^\circ$	$\alpha_1=53^\circ$ $\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=72^\circ$	$\alpha_1=59^\circ$ $\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=76^\circ$	$\alpha_1=64^\circ$ $\alpha_2=90^\circ$	$\alpha=79^\circ$
	<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)

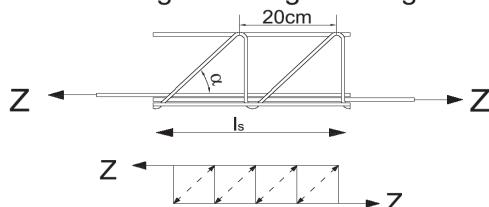
## Äquivalente Bügelquerschnitte

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 Bewehrungsstäbe unter folgenden Bedingungen gesichert werden:

- ausreichende Übergreifung
- Durchmesser der Bewehrungsstäbe  $\varnothing \leq 14$  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) Äquivalente Bügelkräfte ohne anrechenbare Diagonalen

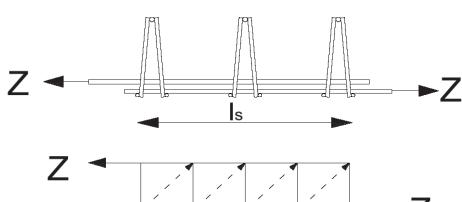
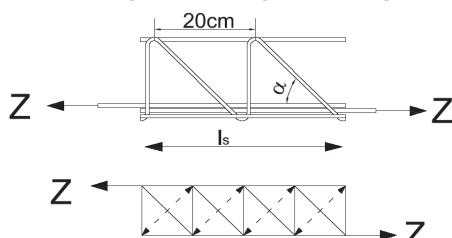
Stoßsicherung durch  
Gitterträger in Längsrichtung

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		
16	46		
18	49		
20	53	140	3,2
25	59		
30	64		

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

## b) Äquivalente Bügelkräfte mit anrechenbare Diagonalen

Stoßsicherung durch  
Gitterträger in QuerrichtungStoßsicherung 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

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

$a_{s,Bügel}$  = 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. Hieron ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.

# FILIGRAN - Gitterträger E + D

## Äquivalente Bügelquerschnitte

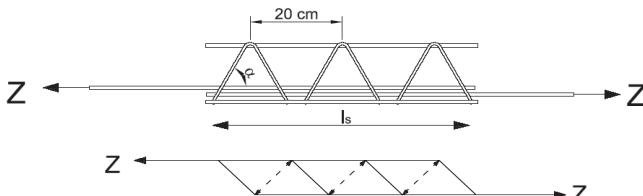
FI - Tafel  
F-2-4201b

**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 Bewehrungsstäbe unter folgenden Bedingungen gesichert werden:

- ausreichende Übergreifung
- Durchmesser der Bewehrungsstäbe  $\varnothing \leq 14$  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

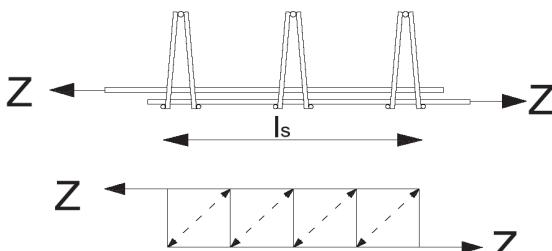


Nur Stäbe, die im Fachwerk als Zugstreben wirken, dürfen für den Kraftabtrag angesetzt werden!

Gitterträger-höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale Ø 5mm		Diagonale Ø 6mm		Diagonale Ø 7mm	
		Bügelkraft [kN/m]	$A_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$A_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$A_{s,Bügel}$ [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-höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale Ø 5mm		Diagonale Ø 6mm		Diagonale Ø 7mm	
		Bügelkraft [kN/m]	$A_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$A_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$A_{s,Bügel}$ [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

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

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

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

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

#### 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 - Gitterträger SE2 + SWE-25 cm Raster

Äquivalente Bügelquerschnitte

Fl - Tafel  
F-2-4201c

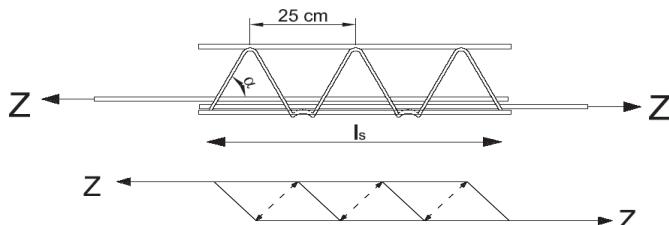
Hinweis: Diese Bemessungshilfe darf nur unverändert in der vorliegenden Form an Dritte weitergegeben werden. Der Nutzer der Bemessungshilfe verpflichtet sich, die erzielten Ergebnisse auf Richtigkeit und die Zulassung auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Im Übrigen gelten die am Ende dieser Seite abgedruckten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

Gemäß DIN EN 1992-1-1 Abs. 10.9.3 (NA.14) dürfen übereinander liegende Bewehrungsstäbe unter folgenden

Bedingungen gesichert werden:

- ausreichende Übergreifung
- Durchmesser der Bewehrungsstäbe  $\varnothing \leq 14$  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

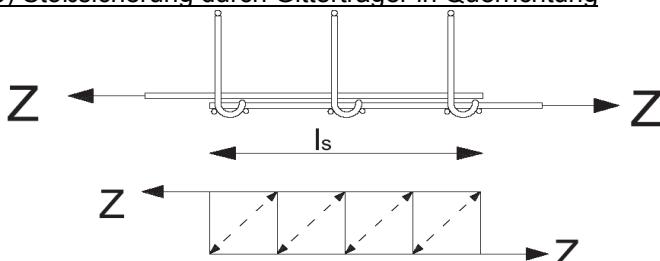


Nur Stäbe, die im Fachwerk als Zugstreben wirken, dürfen für den Kraftabtrag angesetzt werden!

Gitterträger- höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale Ø 6mm		Diagonale Ø 7mm		Diagonale Ø 8mm		Diagonale Ø 9mm	
		Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm²/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

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

## b) Stoßsicherung durch Gitterträger in Querrichtung



Gitterträger- höhe [cm]	$\alpha$ [°]	Diagonale Ø 6mm		Diagonale Ø 7mm		Diagonale Ø 8mm		Diagonale Ø 9mm	
		Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm²/m]	Bügelkraft [kN/m]	$a_{s,Bügel}$ [cm²/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

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

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

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

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

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. Hierzu ausgenommen ist die Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz.



## Positionspapier

der  
Fachvereinigung Betonbauteile mit Gitterträgern (BmG) e.V.  
Qualitätsgemeinschaft Doppelwand Bayern  
Syspro-Gruppe Betonbauteile e. V.

zur Anwendung der  
DAfStb-Richtlinie  
**Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton**  
(WU-Richtlinie)  
Ausgabe Dezember 2017

### Präambel

Wasserundurchlässige Bauwerke werden seit Jahren auch mit Elementwänden sicher ausgeführt. Bei dieser Wandbauweise werden jeweils zwei mit Gitterträgern verbundene dünne Betonplatten auf der Baustelle mit Ortbeton zu einer monolithischen Wand verbunden. Bereits in den 1990er Jahren wurde dieses Wandsystem als Teil von WU-Bauwerken bei drückendem Wasser eingesetzt. Mit Einführung der damaligen [WU-Richtlinie 2003] wurde diese Bauweise zur anerkannten Regel der Technik.

Vorteile der Elementwand sind der Abbau von Eigenspannungen durch vorweggenommene Schwindverformungen im Fertigteil und die systembedingten Stoßfugen. Als Sollrissfugen können diese zur Umsetzung des Entwurfskonzeptes, bei dem wenige Trennrisse planmäßig und zielsicher abgedichtet werden und die Bereiche dazwischen frei von Rissen bleiben, genutzt werden. Das entspricht dem Entwurfsgrundsatz A nach der WU-Richtlinie.

Im Dezember 2017 wurde die neue [WU-Richtlinie 2017] herausgegeben. Diese enthält geänderte Anforderungen für die Anwendung von Elementwänden mit Gitterträgern. Änderungen betreffen die resultierende Mindestwandstärke und die Rauheit der Verbundfuge.

Unter den Herausgebern dieses Positionspapiers<sup>1)</sup> sind Gitterträgerhersteller, Antragsteller von Zulassungen für Elementwände, Hersteller von Elementwänden sowie Planungsbüros organisiert, welche Erfahrungen mit der Anwendung von Elementwänden als Teil einer WU-Konstruktion teilen. Dieses Positionspapier gibt die abgestimmten Empfehlungen für die Anwendung von Elementwänden als Teil eines wasserundurchlässigen Bauwerkes auf Grundlage der Änderungen in der neuen [WU-Richtlinie 2017] wieder.

<sup>1)</sup> **Redaktionsgruppe:** S. Bergerhoff, fdu GmbH & Co. KG; M. Biesenecker, Weimer & Müller GmbH; Dipl.-Ing. W. Braun, Qualitätsgemeinschaft Doppelwand Bayern + Betonbauteile mit Gitterträgern e. V.; Dipl.-Ing.(FH) J. Durach, Concrete Rudolph GmbH; Dr.-Ing. J. Furche, Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG; U. Hofmann, H-Bau Technik GmbH; Dipl.-Ing. M. Janda; Heidelberger Betonelemente GmbH & Co. KG; Dr.-Ing. H. Kahmer, Syspro-Gruppe Betonbauteile e.V.; Dipl.-Ing. F. Klein, Otto Knecht GmbH & Co. KG; Dr.-Ing. C. Piehl, B-Tec Concept GmbH; Dr.-Ing. J. U. Pott, Betonbauteile mit Gitterträgern e. V.; Dipl.-Ing. V. Steinhoff, B. Lütkenhaus GmbH

## 1 Elementwand

Elementwände sind aus jeweils zwei mit Gitterträgern verbundenen dünnen Betonplatten und einem inneren Ortbetonkern hergestellte Wände. Grundlage für Bemessung, Planung und Ausführung sind allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen wie [Z-15.2-40] oder [Z-15.2-9] des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt). Bei der Bemessung der Wand darf so vorgegangen werden, als ob der Gesamtquerschnitt von Anfang an einheitlich hergestellt worden wäre. Voraussetzung hierfür ist die Sicherung der Verbundfuge zwischen Fertigteilplatte und Ortbeton durch eine ausreichende Rauigkeit der Fertigteiloberfläche zum Ortbeton sowie durch Verbundbewehrung in Form von Gitterträgerdiagonalen [Furche 2016].

Die Zulassungen regeln sowohl die Anwendung der Elementwand als unbewehrte als auch als bewehrte Wand. Wird eine Wand im Hinblick auf den Tragwiderstand als unbewehrte Wand nachgewiesen, erübrigen sich sowohl die Anschlußbewehrung zur Bodenplatte als auch eine Stoßfugenbewehrung zwischen benachbarten Wandelementen. Dies ist für die Betonierbarkeit des Ortbetons im Bereich von innenliegenden Abdichtungen vorteilhaft. Auch bei gelenkig an die Bodenplatte angeschlossenen bewehrten Wänden ermöglichen die Zulassungen bei entsprechendem Nachweis den Verzicht auf solche Bewehrung. [Furche 2016] fasst hierzu Parameterstudien von [Eligehausen 2003] zusammen. Bei der Planung von Elementwänden als Teil einer WU-Konstruktion wird empfohlen, auf statisch nicht erforderliche Bewehrung im Bereich der Anschlussfuge zur Bodenplatte und in den Stoßfugen zwischen den Fertigteilen zu verzichten.

## 2 Wanddicke

Die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen erlauben im Hinblick allein auf die Tragfähigkeit und Ausführbarkeit der Elementwände Dicken von unter 200 mm. Die maximalen Wanddicken ergeben sich mit zugelassenen Gitterträgerhöhen bis 410 mm abhängig von der erforderlichen Betonüberdeckung zu etwa 460 mm. Bei Anwendung von Elementwänden als Teil der WU-Konstruktion ergeben sich größere Mindestdicken durch Anforderungen an die lichten Abstände zwischen den Fertigteilplatten bzw. an gegebenenfalls vorhandene Bewehrungslagen im Ortbeton, welche die gute Betonierbarkeit des Ortbetons sicherstellen sollen.

Die [WU-Richtlinie 2017] fordert für Elementwände eine Mindestwanddicke von 240 mm. Unter Beachtung besonderer betontechnischer und ausführungstechnischer Maßnahmen ist bei nicht drückendem Wasser (Beanspruchungsklasse 2) eine Abminderung auf 200 mm möglich.

Zusätzlich wird ein liches Maß zwischen den Fertigteilplatten von 120 mm gefordert. Mit einer außenliegenden Abdichtung oder mit einer innenliegenden Abdichtung ohne Bewehrung im Ortbeton lässt sich eine 240 mm dicke Elementwand ausführen (Bild 1). Die Summe der Schalendicken ist in diesem Fall auf 120 mm begrenzt, was üblichen Ausführungen entspricht.

Die [WU-Richtlinie 2017] fordert bei Ausnutzung der Mindestwanddicke unabhängig von der Beanspruchungsklasse immer eine Anschlussmischung im Fußpunkt der Wand. Hierfür gilt:

- Wanddicken: kleiner ca. 280 mm
- Anschlussmischung: WU-Beton mit Größtkorn 8 mm
- Mindeststeinbauhöhe: 300 mm

Der genannte Grenzwert von ca. 280 mm ergibt sich nach [WU-Richtlinie 2017] aus der Mindestwanddicke von 240 mm zuzüglich 15%.

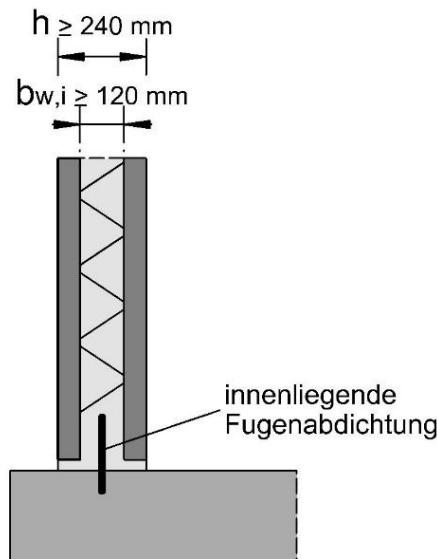


Bild 1: Elementwand mit Mindestdicke von 240 mm und innenliegender Fugenabdichtung am Fußpunkt ohne Anschlussbewehrung aus der Bodenplatte

Die Verwendung einer Anschlussmischung am Fußpunkt wird an dieser Stelle generell für die Ausführung von WU-Wänden empfohlen.

Ein Größtkorn von maximal 8 mm ist bei Beanspruchungsklasse 1 über die gesamte Wandhöhe einzuhalten, wo das lichte Maß zwischen den Fertigteilplatten von 120 mm ausgenutzt wird. Dies wird an dieser Stelle auch bei Beanspruchungsklasse 2 empfohlen.

Der Verzicht auf eine Anschlussbewehrung aus der Bodenplatte in die Wand ist in vielen Fällen möglich. In unbewehrten Wänden lässt sich die horizontale Auflagerkraft am Fußpunkt auf der Grundlage geltender Bemessungsregeln allein über den Verbund in der unbewehrten Fuge übertragen. Hinweise hierzu gibt [Furche 2016]. Auch bei gelenkig angeschlossenen bewehrten Wänden lässt sich in vielen Fällen dieser Nachweis führen. Anstelle einer Verankerung der vertikalen Wandbewehrung in der Bodenplatte lässt sich zudem ein Nachweis wie für ein indirektes Auflager führen. Das Nachweiskonzept mit dem Ergebnis von Parameterstudien aus [Eligehausen 2003] wurde von [Furche 2016] zusammengestellt.

Die Bodenplatte im Bereich der Wand soll aufgeraut und vor dem Aufstellen der Wandelemente gesäubert werden. Dies ist sowohl für die Tragfähigkeit als auch für die Dichtheit der Anschlussfuge vorteilhaft.

Die [WU-Richtlinie 2017] fordert bei Beanspruchungsklasse 1 (drückendes Wasser) und innenliegenden Fugenabdichtungen die Einhaltung eines lichten Innenmaßes  $b_{w,i}$  zwischen den „Bewehrungslagen“ und bei Elementwänden ohne Bewehrung in der Ortbetonergänzung zwischen den Innenflächen der Fertigteilplatten. Diese Forderung dient zur Sicherstellung der Betonierbarkeit und eines fachgerechten Einbaus innenliegender Fugenabdichtungen.

Bei Elementwänden ist im Ortbetonkern grundsätzlich eine Bewehrung in Form von Gitterträgerdiagonalen vorhanden. Diese Bewehrung stört die Betonierbarkeit des Ortbetons nicht. Dies gilt auch für einzelne senkrechte Anschlussstäbe aus der Bodenplatte. Anders als bei einer „Bewehrungslage“ mit auch horizontaler Zulagebewehrung lassen sich Verdichtungsgeräte bei nur einzelnen vertikalen Anschlussstäben problemlos einführen, Fehlstellen unterhalb horizontaler Bewehrungsstäbe können nicht auftreten und das Risiko einer Entmischung des Ortbetons an der horizontalen Bewehrung besteht nicht.



Bei einzelnen vertikalen Stäben im Ortbetonkern kann daher das lichte Maß  $b_{w,i}$  nach [WU-Richtlinie 2017] auf den Abstand der Innenflächen der Fertigteilplatten bezogen werden. In diesem Fall sollte ein Mindestabstand der Einzelstäbe in Längsrichtung der Wand von mindesten 120 mm analog dem geforderten  $b_{w,i}$  der [WU-Richtlinie 2017] eingehalten werden. Für ein optionales Einführen von Betonierschläuchen bis in diese Bereiche hinein kann eine Erhöhung dieses Werte in Wandlängsrichtung auf 150 mm sinnvoll sein (s. Bild 2).

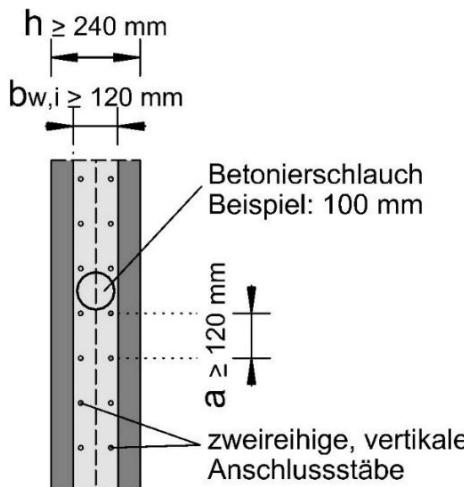


Bild 2: Mögliches Einbringen eines Betonierrohrs in eine Elementwand mit Wanddicke von 240 mm bei zweireihiger Anschlussbewehrung aus einzelnen vertikalen Bewehrungsstäben mit Mindestabstand in Wandlängsrichtung

Bild 3 zeigt die Ausführung einer 240 mm dicken Elementwand mit zweireihiger Anschlussbewehrung aus einzelnen lotrechten Stäben. Durch die Einhaltung der Mindeststababstände von 120 mm in Längsrichtung der Wand sowie des Mindestabstandes der Wandschalen ist auch bei dieser die fachgerechte Verdichtung und auch die Betoneinbringung mittels geeignetem Betonierrohr sichergestellt.

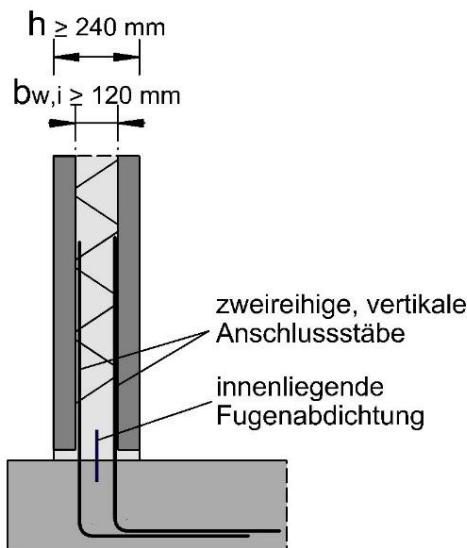


Bild 3: Elementwand mit Wanddicke von 240 mm und innenliegender Fugenabdichtung mit zweireihiger Anschlussbewehrung aus einzelnen vertikalen Bewehrungsstäben

Als Mindestabstand zwischen einer Fugenabdichtung aus z. B. beschichteten Fugenblechen und einzelnen Bewehrungsstäben wird ein Mindestabstand von 30 mm bzw. die dreifache Größe des Größtkorns empfohlen.



Wird im Ortbetonbereich eine mattenartige Bewehrung mit horizontaler Bewehrung eingebaut, gelten die Regelungen der [WU-Richtlinie 2017] bezüglich der Mindestabstände  $b_{w,i}$  zwischen diesen Bewehrungslagen. Eine solche Bewehrung aus der Bodenplatte ist die große Ausnahme, da Kollisionspunkte mit den Gitterträgern entstehen. Im Bereich vertikaler Stoßfugen werden teilweise korbatige Bewehrungen eingesetzt, obwohl eine Bewehrung durch eine Sollrissfuge hinweg nicht empfohlen wird. Zudem gibt es Ausführungen, bei denen horizontale Zulagebewehrungen im Ortbetonkern eingebracht werden. Durch vorgenannte Bewehrungsanordnung können sich Bewehrungslagen im Ortbetonkern ergeben, zwischen denen der Mindestabstand einzuhalten ist. Bei einer Anschlussmischung mit 8 mm Größtkorn ergibt sich ein Mindestwert von  $b_{w,i} = 120\text{mm}$ . Wird beispielhaft ein Abstand der Bewehrungslage von der Platteninnenseite von etwa 20 mm ausgeführt und die Summe der Schalendicken von nicht mehr als 120 mm (z.B. 2 x 60mm) vorausgesetzt, ergibt sich eine Mindestwandstärke von 300 mm (vgl. Bild 4).

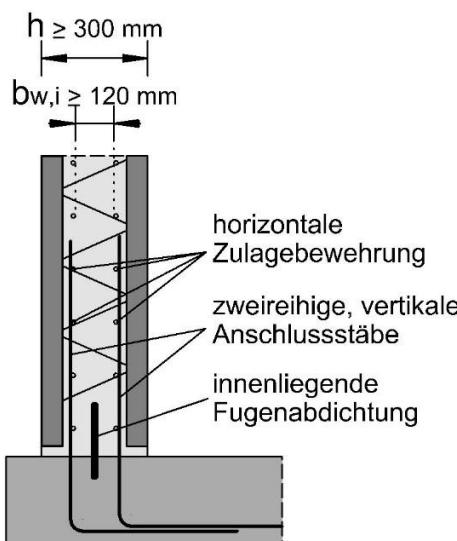


Bild 4: Elementwand mit Wanddicke von 300 mm und innenliegender Fugenabdichtung und Bewehrungslagen im Ortbeton mit dem Sonderfall horizontaler Bewehrungsstäbe

Für eine Elementwand als WU-Konstruktion wird von einigen Autoren [Hohmann 2018], [Alfes 2018], [Lohmeyer 2018] eine Mindestdicke von 300 mm empfohlen. Begründung ist die mit steigender Wanddicke größere Ausführungssicherheit im Hinblick auf die Verdichtung des Betons. Die Verdichtung des Ortbetons kann durch enge Bewehrung und insbesondere horizontale Bewehrung in der Wand beeinträchtigt werden. Durch horizontale Bewehrungsstäbe wird das Einbringen von Füllrohren und Innenrüttlern erschwert und die Betonentmischung gefördert. Für solche Bewehrungslagen bestehend aus vertikalen und horizontalen Stäben, wie sie in Ortbetonwänden üblich sind, fordert die [WU-Richtlinie 2017] einen Mindestabstand von 120 mm und es ergibt sich die vorgenannte Mindestwanddicke von 300 mm.

Wie bereits in Bild 3 dargestellt und durch ausgeführte Praxis bestätigt, sind geringere Wanddicken bis 240 mm ausführbar, wenn nur einzelne senkrechte Anschlussstäbe in den Ortbeton geführt werden. Darüber hinaus ergeben sich günstigere Randbedingungen, wenn nur einreihige Anschlussbewehrung eingebaut wird. Bild 5 zeigt einen solchen Wandquerschnitt. Eine statisch erforderliche Anschlussbewehrung muss mit der senkrechten Bewehrung in der Fertigteilplatte einen Übergreifungsstoß bilden. Eine erforderliche Übergreifungsbewehrung ist nach Zulassung [Z-15.2-40] mit einem lichten Abstand zwischen 5 mm und 20 mm anzutragen. Eine mittig in der Wand angeordnete Bewehrungsreihe ist nicht zu empfehlen. Neben der eingeschränkten Funktion als Übergreifungsstoß stört eine mittige Bewehrungsanordnung den sachgerechten Einbau von Dichtungssystemen in der Wand [Hohmann 2018].



Beim Wandquerschnitt nach Bild 5 ist der geforderte lichte Abstand entsprechend Bild 2 zwischen den Stäben der Anschlussbewehrung in Längsrichtung eingehalten. Ein Füllrohr mit z. B. 100 mm Durchmesser kann bis in den Bereich der Anschlussbewehrung eingeführt werden. Wird als Abdichtungssystem z. B. ein beschichtetes Blech gewählt, ist ein Abstand zur Innenseite der Wandschale von mindestens 50 mm einzuhalten.

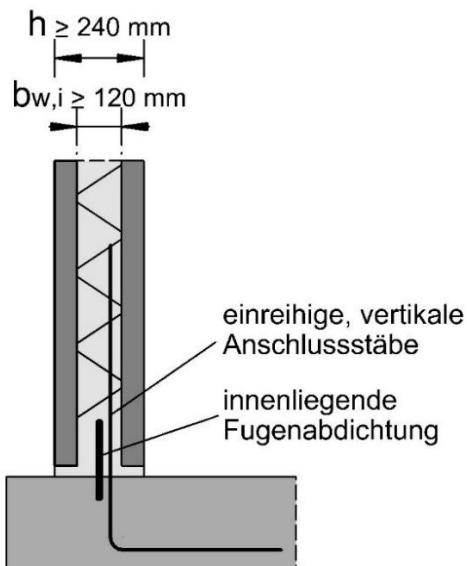


Bild 5: Elementwand mit Wanddicke von 240 mm und innenliegender Fugenabdichtung und einreihiger Anschlussbewehrung aus einzelnen vertikalen Bewehrungsstäben

Die Bewehrungsanordnung nach Bildern 1, 3 und 5 ermöglicht die bedingungsgemäße Ausführung einer Elementwand als WU-Konstruktion bei einer Wanddicke von 240 mm. Eine entsprechend sorgfältige Planung ist bei einer WU-Konstruktion obligatorisch.

### 3 Länge der Wandelemente

Elementwände haben als Teil einer WU-Konstruktion den Vorteil, dass die Stoßfugen zwischen den Fertigteilen als Sollrissquerschnitt genutzt werden können. Bei entsprechender Wahl der Elementlänge bleiben die Wandabschnitte zwischen den Sollrissfugen frei von Trennrissen. Die zu wählende Abschnittslängen richten sich nach den Lagerungsbedingungen. Nach den Erläuterungen [DAfStb-Heft 555] zur früheren [WU-Richtlinie 2003] sollten, falls der Spannungszustand der Wandabschnitte nicht näher untersucht wird, für die Bedingungen einer (nahezu) Volleinspannung bzw. (nahezu) keiner Krümmungsbehinderung die Abstände der Sollrissquerschnitte die 2-fache bzw. 4-fache Wandhöhe nicht überschreiten, für Elementwände konnte bei üblichen Bodenplattendicken bis zu 300 mm vom oberen Grenzwert ausgegangen werden.

Die neue [WU-Richtlinie 2017] sieht für Elementwände mit abgedichteten Sollrissquerschnitten den Nachweis der Trennriss sicherheit als erbracht, wenn die Sollrissquerschnitte oder Fugenabstände so gewählt werden, dass Risse infolge von Lasten und Zwang in den dazwischenliegenden Bereichen vermieden werden.

Für Elementwände kann ohne weiteren Nachweis von einer Trennriss sicherheit zwischen den Sollrissfugen ausgegangen werden, wenn die Länge der Wand die dreifache Wandhöhe [Alfes 2018] nicht überschreitet. Aufgrund von rechnerischen Studien von [Eligehausen 2003] und [Kerkeni 2002] wird an dieser Stelle ohne weiteren Nachweis eine zusätzliche Begrenzung auf 9 m und auf die 2,5-fache Wandhöhe empfohlen.



#### 4 Stoßfugen als Sollrissfugen

Bei üblichen Planungskonzepten von Elementwänden als Teil einer WU-Konstruktion wird die vertikale Stoßfuge zwischen benachbarten Fertigteilelementen als Sollrissfuge ausgebildet. Der Sollriss wird planmäßig durch ein Dichtungssystem abgedichtet. Die [WU-Richtlinie 2017] fordert eine Schwächung des Gesamtquerschnitts im Bereich von Sollrissfugen von mindestens 1/3 der Wanddicke. Diese Schwächung ergibt sich bei Elementwänden im Bereich der Stoßfugen aus der Summe der Fertigteilplattendicken. Bei dickeren Wänden, bei denen die Summe der Schalendicken weniger als ein Drittel der Gesamtwandstärke beträgt, sind zusätzliche Schwächungen im Ortbetonkern vorzusehen.

Auf eine Stoßfugenbewehrung in vertikalen Sollrissfugen soll grundsätzlich verzichtet werden. In Sollrissfugen soll ein Riss auftreten. Eine Stoßfugenbewehrung behindert möglicherweise diese geplante Rissbildung, stört bei der Betonverdichtung in diesem Bereich und ist bei breiten Rissen, wie sie in diesen Sollrissfugen auftreten können, ggf. nicht ausreichend vor Korrosion geschützt.

Für die Abdichtung der vertikalen Stoßfugen als Sollrissfuge werden Dichtungssysteme empfohlen, welche auch bei einer Rissbreite von 1,0 mm funktionsfähig sind.

#### 5 Rauheit der Verbundfuge

Im Hinblick auf den statischen Nachweis der Elementwand kann die Verbundfuge zwischen Fertigteilschale und Ortbetonkern sowohl glatt als auch rau ausgeführt werden. Für die Anwendung als WU-Konstruktion fordert die [WU-Richtlinie 2017] eine vollflächige kornraue Verbundfläche. Während die frühere [WU-Richtlinie 2003] eine mittlere Rautiefe von mindestens 0,9 mm als ausreichend ansah, fordert die neue [WU-Richtlinie 2017] einen mittleren Wert der Rautiefe von mindestens 1,5 mm. Der neuere Wert bedeutet eine Anpassung an die erstmalig mit DIN 1045-1:2008 eingeführte Anforderung an eine raue Fuge beim statischen Nachweis [Furche 2016].

Rauigkeitsmessungen mit dem Sandflächenverfahren an Elementwänden mit mechanisch unbehandelten Oberflächen (Bild 6) zeigen, dass die erhöhten Anforderungen an die mittlere Rautiefe eingehalten werden können aber in Einzelfällen unterschritten wurden. Dies bedeutet, dass die Hersteller von Elementwänden durch gezielte Steuerung der Konsistenz, der Rezeptur und der Verdichtung des Betons die Anforderung sicherstellen.

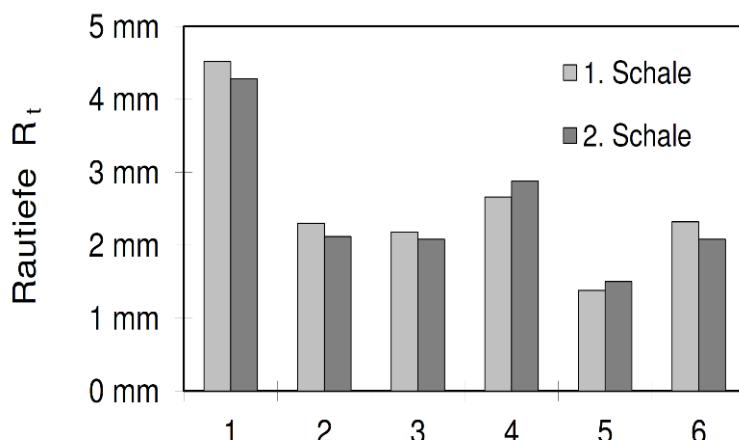


Bild 6: Mit dem Sandflächenverfahren gemessene mittlere Rautiefen  $R_t$  von mechanisch unbehandelten unbearbeiteten Oberflächen der Innenseiten von Elementwänden von sechs Produzenten [Blume 2005]

Die in Bild 6 angegebenen Rautiefe  $R_t$  sind Mittelwerte aus 5 Messungen mit dem Sandflächenverfahren an verschiedenen Stellen der Platten. Um auch an innenliegenden Stellen messen zu können, wurden die Innen- und Außenschale der beprobten Elementwand vor der Rauheitsmessung voneinander getrennt. Die Messergebnisse streuen stark und bestätigen die Erfahrungen aus anderen Messserien. Die Kleinstwerte der gemessenen Rauheiten lagen jeweils deutlich unter der mittleren Rautiefe der jeweiligen Probe. Im Mittel der insgesamt 12 getesteten Platten lag der Kleinstwert bei etwa dem 0,6-fachen Wert der mittleren Rautiefe. Bei einzelnen Platten lagen die Verhältniswerte noch niedriger. Danach entspricht die Forderung nach einer mittleren Rautiefe von  $R_t = 1,5$  mm etwa der Forderung nach einem Mindestwert aus fünf Einzelmessungen von etwa  $R_{t,min} = 0,9$  mm.

Die [WU-Richtlinie 2017] fordert bei der Erstprüfung an einer Referenzplatte und in Zweifelsfällen auf der Baustelle den Nachweis der mittleren Rautiefe  $R_t$  z. B. nach dem Sandflächenverfahren. Das von [Kaufmann 1971] beschriebene Verfahren setzt für die Beurteilungsfläche eine ausreichende Anzahl von Messstellen voraus, die von der Gleichmäßigkeit der Oberflächentextur abhängt und im Regelfall zwischen 5 und 10 liegen kann. Für eine Beurteilung der Rauigkeit sind daher mindestens fünf Messungen an verschiedenen Stellen der Platte durchzuführen. Einzelwerte unterhalb von  $R_t = 1,5$  mm bis  $R_{t,min} = 0,9$  mm und sind aufgrund üblicher Streuungen bei einer mittleren Rautiefe  $R_t = 1,5$  mm systembedingt.

#### Literatur

- [Alfes 2018] Alfes, C.; Fingerloos, F.; Flohner, C.: Hinweise und Erläuterungen zur Neuausgabe der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“, Beton-Kalender 2018, Ernst & Sohn, 2017, Berlin.
- [Blume 2005] Blume, F.; Schmitt, M.: Wasserundurchlässige Elementwände mit Ortbetonergänzung – Rauigkeitsmessungen an den Innenflächen von Elementwandprüfkörpern – Bericht über einen Ringversuch- Bericht 62772/05 vom 18.1.2005, Güteschutz Beton- und Fertigteilwerke Nord e.V. – Prüfstelle-
- [DAfStb-Heft 555] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton, 2006, Berlin.
- [Elgehausen 2003] Elgehausen, R.; Asmus, J.; Mayer, U.: Untersuchungen zur Anschlussbewehrung, zur Verankerung der Biegezugbewehrung sowie Rißbreiten infolge Zwang bei Elementwänden. Bericht vom 5.5.2003 im Auftrag der Fachgruppe Betonbauteile mit Gitterträger im BDB, 2003 Stuttgart.
- [Furche 2016] Furche, J.; Bauermeister, U.: Elementbauweise mit Gitterträgern nach Eurocode 2. In: Beton-Kalender 2016, Ernst & Sohn, 2015, Berlin.
- [Hohmann 2018] Hohmann, R.: Elementwände als WU-Konstruktion – aber richtig! Planung-Ausführung – Fehlervermeidung, Filigran-Seminarreihe 6.3.2018 bis 15.3.2018, Tagungsunterlage.
- [Kaufmann 1971] Kaufmann, N.: Das Sandflächenverfahren. Straßenbautechnik 24 (1971), Nr. 3, S. 131-135
- [Kerkeni 2002] Kerkeni, N.; Hegger, J.; Kahmer, H.: Mindestbewehrung von weißen Wannen aus Doppelwänden. Beton- und Stahlbetonbau 97, 2002, Heft 1 (Seite 1-7).
- [Lohmeyer 2018] Lohmeyer, G.; Ebeling, K.: Weiße Wannen – einfach und sicher. 11. überarbeitete Auflage, Verlag Bau+Technik, 2018.
- [WU-Richtlinie 2003] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), November 2003, Berlin.
- [WU-Richtlinie 2017] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb): DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Dezember 2017, Berlin.
- [Z-15.2-40] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-15.2-40 für Filigran-D-Gitterträger und/oder Filigran-E-Gitterträger und/oder Filigran-EW-Gitterträger und/oder Filigran-SE-Gitterträger und/oder Filigran-SE2-Gitterträger und/oder Filigran-SWE-Gitterträger und Filigran-EQ-Gitterträger für Filigran-Elementwände. 11.7.2016, Berlin.
- [Z-15.2-9] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-15.2-9 für Gitterträger KTW 200 oder KTW 300 für Kaiser-Omnia-Plattenwände. 1.1.2015, Berlin.