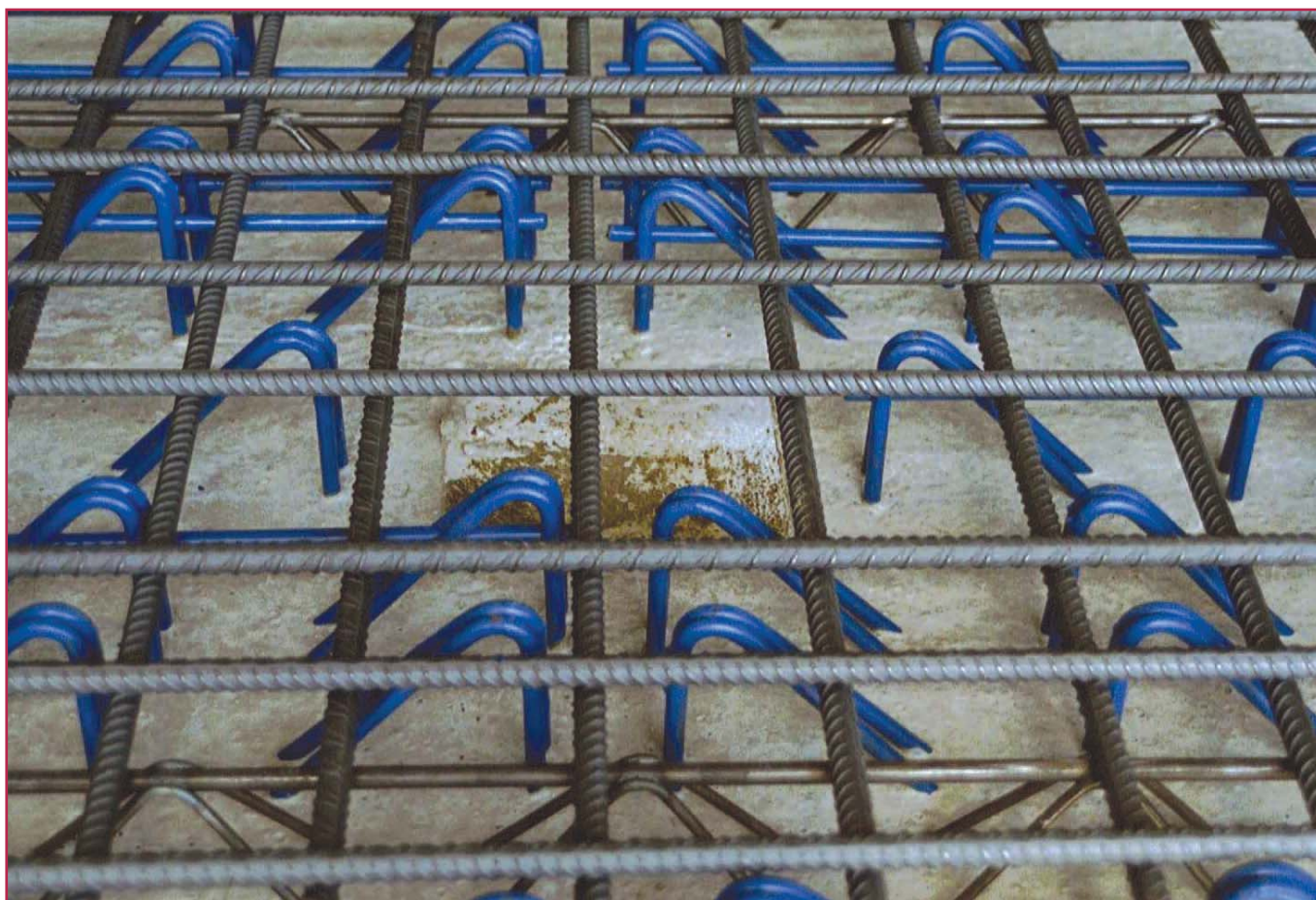


Filigran-Durchstanzbewehrung für Flachdecken

Von Dipl.-Ing. Ulrich Bauermeister und Dr.-Ing. Johannes Furche,
Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG, Leese, Deutschland



Überreicht durch:

FILIGRAN
TRÄGERSYSTEME

FILIGRAN Trägersysteme

Am Zappenberg · 31633 Leese · DEUTSCHLAND

Tel.: ++49 (0) 57 61 / 92 25 0 · Fax: ++49 (0) 57 61 / 92 25 40

E-Mail: u.bauermeister@filigran.de · Internet: www.filigran.de

Sonderdruck aus
BWi BetonWerk
International
Heft 02-03

Filigran Trägersysteme, Leese, Deutschland

Filigran-Durchstanzbewehrung für Flachdecken

Hersteller von Betonfertigteilen sind, wie alle Bauschaffenden, insbesondere in konjunkturell schlechten Zeiten gehalten, technische Entwicklungen mitzugestalten und umzusetzen, um durch den technischen

und wirtschaftlichen Nutzen ihre Marktchancen zu wahren. Eine solche Chance zeichnet sich zunehmend beim Einsatz von gitterträgerbewehrten Elementdecken in Flachdecken ab.

Von Dipl.-Ing. Ulrich Bauermeister und Dr.-Ing. Johannes Furche, Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG, Leese, Deutschland

Wurde der Vorteil der unterzugslosen Decken vor wenigen Jahren fast ausschließlich im Ortbetonbau genutzt, so werden heute zunehmend wirtschaftliche Lösungen mit vorgefertigten Elementplatten eingesetzt. Der Einbau der häufig erforderlichen Durchstanzbewehrung in die gitterträgerbewehrten Platten gestaltet sich mit den für den Ortbeton entwickelten Bolzensystemen jedoch zum Teil schwierig. Die für den Einsatz in Elementdecken entwickelte Filigran-Durchstanzbewehrung hat für den Einsatz im Fertigteilwerk klare Vorteile.

Flachdecken und Durchstanzbewehrung

Flachdecken (Bild 1) sind punktförmig gestützte Decken, bei denen die tragenden Stützen keine Vouten am Stützkopf aufweisen. Kennzeichnend für das Tragverhalten solcher Flachdecken ist das mögliche Durchstanzen (Bild 2) der Stütze durch die Decke. Die Ausbildung eines solchen kegelförmigen Betonausbruchs kann bei entsprechender Dimensionierung der Stütze sowie der Decke bzw. bei Be-

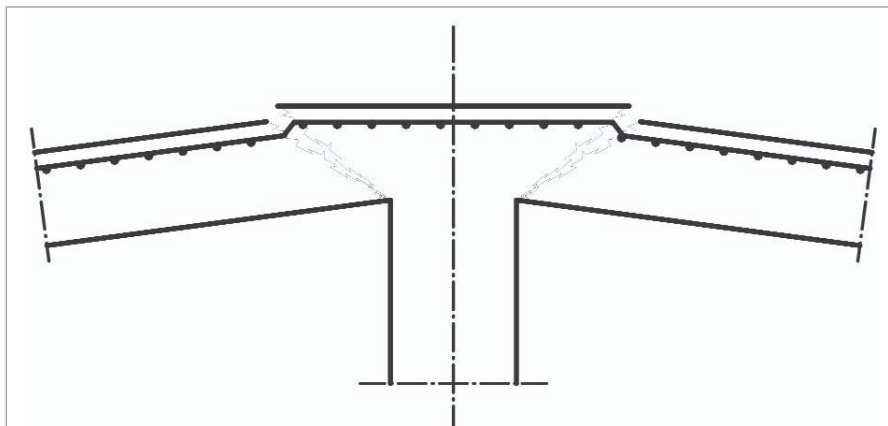


Bild 2: Durchstanzversagen ist durch entsprechende Bemessung zu vermeiden

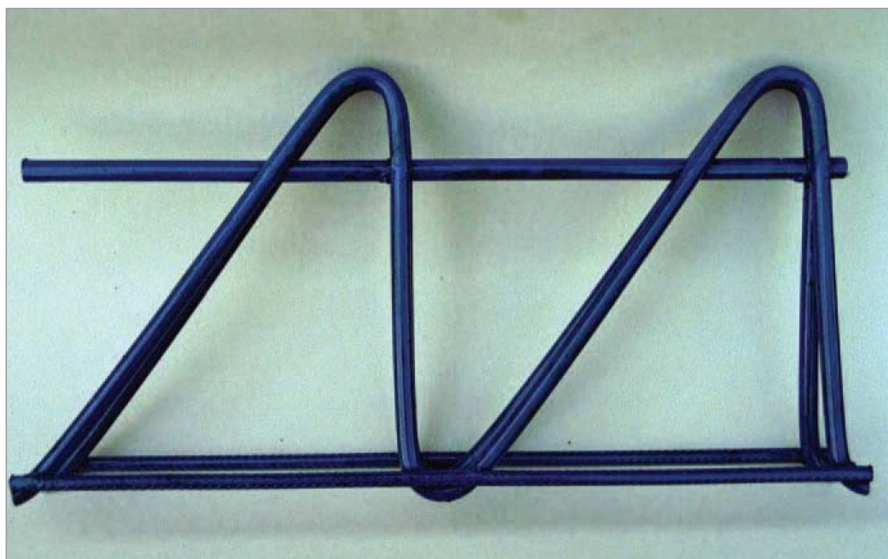


Bild 3: Filigran-Durchstanzbewehrung (FDB)

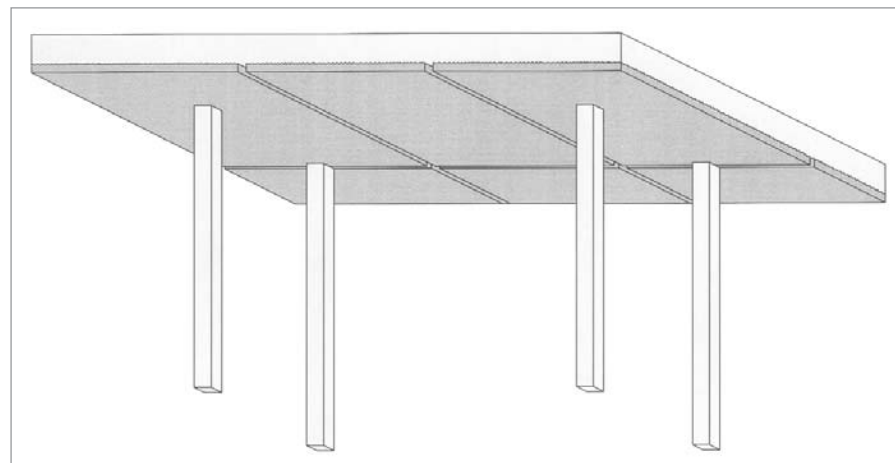


Bild 1: Flachdecken werden zunehmend mit Filigran-Elementen ausgeführt

grenzung der Stützenlast bzw. der Schubspannung im Bereich der Stütze verhindert werden. Geringere Bauteildimensionen können gewählt oder größere Stützenlasten ausgenutzt werden, wenn im Bereich des Durchstanzkegels Durchstanzbewehrung eingebaut wird.

Diese Durchstanzbewehrung kann aus Bügeln, Gitterträgern oder speziell zugelassenen Systemen wie zum Beispiel Doppelkopf-Bolzen bestehen. Durch gezielte Bauteilversuche wurde bereits 1997 nachgewiesen, dass Durchstanzbewehrungen für Ortbetondek-

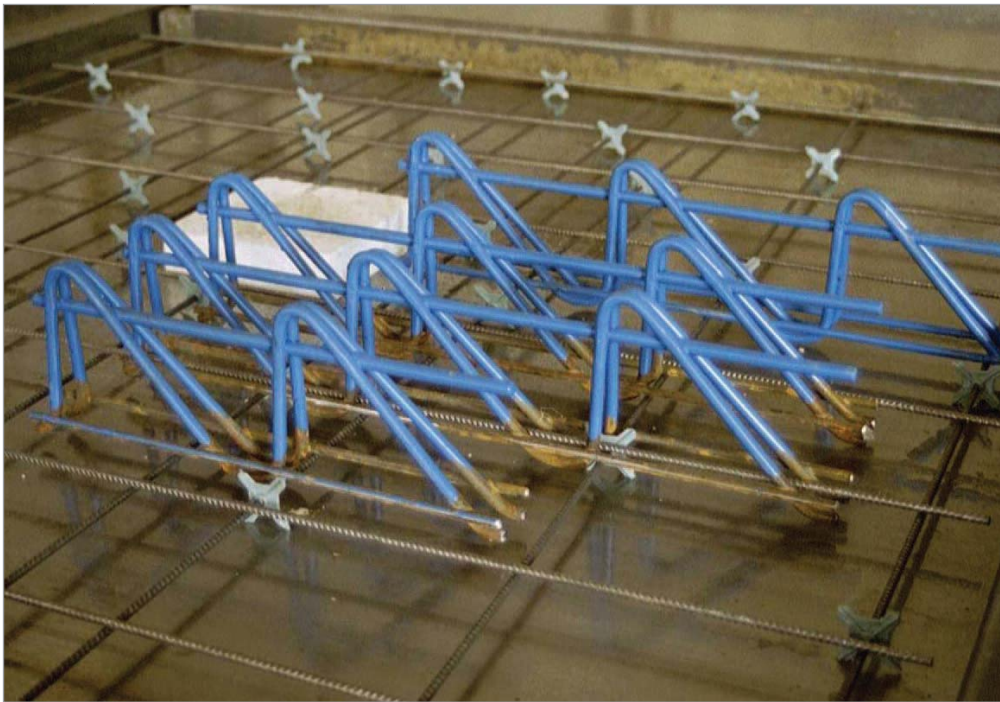


Bild 4: Einbau der Filigran-Durchstanzbewehrung im Fertigteilwerk

ken bei gleichen zulässigen Lasten auch in Elementdecken eingesetzt werden dürfen.

Die mögliche Lasterhöhung durch Durchstanzbewehrung ist in Abhängigkeit vom eingesetzten System unterschiedlich. In Abhängigkeit unter anderem von der Verankerungssteifigkeit der Durchstanzbewehrung werden in den Bemessungsnormen und bauaufsichtlichen Zulassungen unterschied-

lich hohe zulässige Schubspannungen festgelegt.

Bei der Auswahl eines geeigneten Durchstanzsystems ist jedoch nicht nur die unterschiedlich hohe Steigerung der Durchstanzlast, sondern auch die Einbaufreundlichkeit und -sicherheit zu berücksichtigen. So ermöglichen bauaufsichtlich zugelassene Bolzensysteme zwar bis zu 60 Prozent höhere Stützlasten als nach DIN 1045 [1] ohne

Durchstanzbewehrung zulässig sind. Jedoch gestaltet sich der Einbau dieser im Ortbeton bewährten sternförmig anzuordnenden Elemente nicht unproblematisch, da Durchdringungspunkte mit den untereinander parallel verlaufenden Gitterträgern, welche zum Beispiel für Transport und Montagezustände erforderlich sind, entstehen. EQ-Gitterträger als Durchstanzbewehrung [2] lassen sich dagegen einfach in Elementdecken einbauen. Sie steigern jedoch wie auch Bügel die Durchstanzlast gegenüber schubbewehrten Platten nach DIN 1045 [1] nur um rund 30 Prozent.

Für die Auswahl von Durchstanzbewehrungen in Elementdecken sollten zusätzlich zur zulässigen Last und zur Einbausicherheit die Verfügbarkeit und mögliche Lagerhaltung sowie die Kosten berücksichtigt werden. Tabelle 1 zeigt eine mögliche Abschätzung dieser Einflussgrößen für verschiedene Durchstanzsysteme. Dabei wird auch die neue Filigran-Durchstanzbewehrung (s. Abschnitt 2) berücksichtigt, welche den Einbauvorteil beim Einsatz in Elementdecken mit hohen zulässigen Lasten kombiniert.

Filigran-Durchstanzbewehrung (FDB)

Für gitterträgerbewehrte Elementdecken wurde eine Durchstanzbewehrung entwickelt, welche den Einbauvorteil von Gitterträgern mit einer hohen Traglaststeigerung verbindet. Dazu wurden, ausgehend von einem Gitterträger, Schlaufenüberstände an den Gurten realisiert, welche in die Lage der Biegezugbewehrung eingreifen (Bild 3). Diese Durchstanzbewehrung besteht aus Betonstahl BSt 500 G. Die Durchmesser der Untergurte betragen 7 mm, des Obergurtes 10 mm und der tragenden Diagonalen 9 Millimeter. Das Knotenpunktrastrer beträgt 20 Zentimeter. Durch den Schlaufenüberstand, insbesondere am Obergurt, werden für den Einsatz als Durchstanzbewehrung zwei Bedingungen erfüllt. Erstens entsteht durch die Schlaufe mit angeschweißtem Querstab eine sehr steife Verankerung.

Diese ermöglicht eine Aktivierung der Bewehrung bereits bei ersten Anrissen im Beton. Zweitens wird durch die Einbindung der Schlaufe in die Biegezug-Bewehrung der Verankerungspunkt der Schubbewehrung weit nach



Bild 5: Obere Biegezugbewehrung auf den Obergurten der Filigran-Durchstanzbewehrung

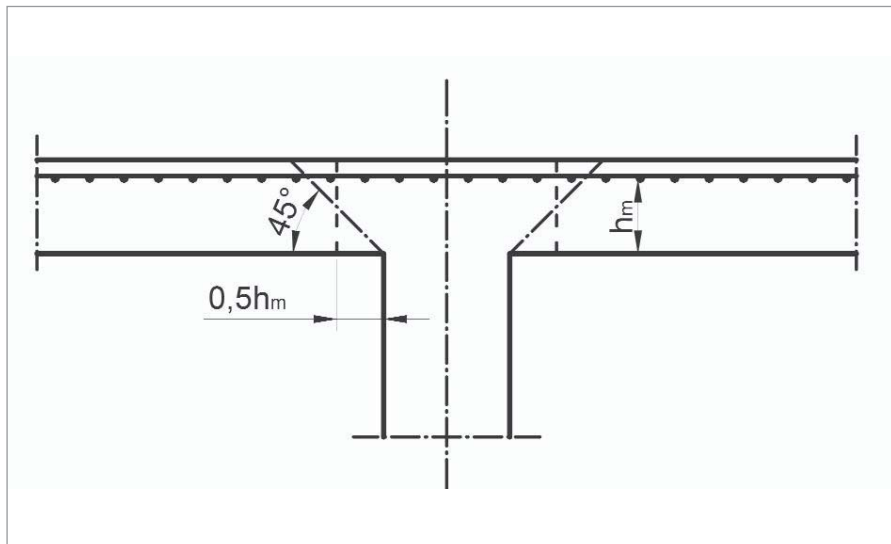


Bild 6: Maßgebender Bemessungsquerschnitt analog bisheriger DIN 1045 [1]

außen verlagert, was sich günstig auf die mögliche Ausbildung eines inneren Fachwerks im Durchstanzbereich auswirkt.

Der Einbau der Filigran-Durchstanzbewehrung (FDB) in den Betonfertigteilelementen erfolgt wie der von Gitterträgern. Sie werden üblicherweise auf die mit Abstandhaltern bestückten Querstäbe gestellt. Der Schlaufenüberstand am Untergurt entspricht etwa der Dicke dieser Querstäbe. Der Einbau der Durchstanzbewehrung erfolgt parallel zueinander und parallel zu den durchgehenden Gitterträgern. Dieses ist einfach und sicher.

Die Schlaufenüberstände der Filigran-Durchstanzbewehrung am Obergurt können entsprechend der Dicke der oberen Bewehrungslage zwischen 2 und 4 Zentimeter, in Sonderfällen bis zu 5 Zentimeter, angepasst werden. (Bild 4) Dadurch kann die obere Biegezugbewehrung direkt auf den Obergurten abgelegt werden (Bild 5).

Die Höhe der Durchstanzbewehrung ergibt sich aus der Deckendicke abzüglich der Betondeckung an der Plattenoberseite und -unterseite. Die Bezeichnung beschränkt sich auf die Parameter Höhe, Schlaufenüberstand am Obergurt und Länge des Elementes.

nik (DIBt) vor [3]. Grundlage dieser Zulassung waren Untersuchungen zum Tragverhalten, welche in [4] dargestellt werden. Das wesentliche Ergebnis der durchgeführten Bauteilversuche war die Festlegung zulässiger Schubspannungen im maßgebenden inneren Rundschnitt. Für die Rundschnittführung (Bild 6) analog anderer bauaufsichtlich zugelassenen Durchstanzsysteme wurde die zulässige Schubspannung nach Gleichung (1) festgelegt.

Damit liegen die zulässigen Stützenlasten bei der Verwendung der FDB bis zu 33 Prozent höher als beim Einsatz von Gitterträgern oder Bügeln und liegen damit etwa in dem Lastbereich von Bolzensystemen.

Die erforderliche Länge der Durchstanzbewehrung ergibt sich wie bei anderen bauaufsichtlichen zugelassenen Systemen durch den Schubspannungsnachweis am äußeren Rundschnitt. Hier gelten jeweils die selben Gleichungen, so dass die erforderlichen Längen identisch sind mit denen anderer zugelassener Systeme.

Die erforderlichen Spannungsnachweise können einfach mit einem Bemessungsprogramm geführt werden [5], welches kostenlos im Internet heruntergeladen werden kann. Nach der Eingabe der Systemdaten (Bild 7) führt

Durchstanzsystem	zulässige Belastung	Einbau in Elementdecke	mögliche Lagerhaltung	Kosten
Bolzensystem	+	0	0	-
Filigran-Durchstanzbewehrung	0	+	+	0
EQ-Gitterträger	-	+	+	+
Bügel	-	-	0	+

+ gut bzw. günstig
 0 eingeschränkt bzw. mäßig
 - schlecht bzw. ungünstig

Tabelle 1: Mögliche Beurteilungskriterien für die Auswahl von Durchstanzbewehrung für Elementdecken

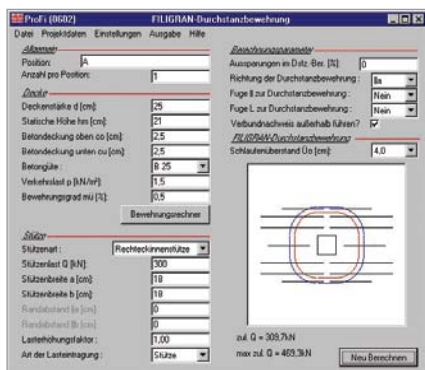


Bild 7: Eingabe der Systemdaten für den Durchstanznachweis [8]

FDB 18/4 -60 bedeutet:

Filigran-Durchstanz-Bewehrung
 Höhe: 18 cm
 Schlaufenüberstand (oben): 4 cm
 Länge: 60 cm

Zulassung und Bemessung

Für die Anwendung und Bemessung der Filigran-Durchstanzbewehrung (FDB) liegt seit dem 1. Oktober 2001 eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautech-

das Bemessungsprogramm diese Nachweise und gibt die erforderlichen Durchstanzelemente in Anzahl und Lage aus. Dabei werden die maximal zulässigen Abstände entsprechend der Zulassung eingehalten (Bild 8). Diese Abstände gewährleisten eine optimale Durchdringung möglicher Durchstanzrisse mit Durchstanzbewehrung.

Beim Nachweis der erforderlichen Menge an Durchstanzbewehrung wird die unterschiedliche Neigung der Tragstäbe zur Stütze berücksichtigt. Ent-

$$\tau_{r,ui} \leq \kappa_2 \cdot \tau_{02} \quad (1)$$

mit $\kappa_2 = 0,6 \cdot \alpha_5 \cdot \sqrt{\mu_9} \leq 0,9$

mit $\tau_{r,ui}$ = zulässige Schubspannung im inneren Rundschnitt
 τ_{02} = Schubspannungsgrenzwert nach DIN 1045 [1]
 $\alpha_5 = 1,4$ für BSt 500
 μ_9 = Längsbewehrungsgrad in % nach DIN 1045 [1]

in die Querbewehrungslage bei üblichen Stabdurchmessern von 6 beziehungsweise 8 Millimeter ein. Werden ausnahmsweise Querstäbe mit größeren Durchmessern eingesetzt, kann dieser Schlaufenüberstand auch größer gefertigt werden. Entscheidend bleibt, dass die erforderliche Betondeckung durch die Querstäbe sichergestellt wird. Es ist also kein zusätzlicher Ab-

sprechend der Zulassung [3] werden alle senkrechten Stäbe mit ihrer vollen Querschnittsfläche angesetzt. Bei den geneigten Stäben werden vereinfachend nur diejenigen Stäbe, welche direkt auf die Stütze zulaufen, unter Berücksichtigung ihres Neigungswinkels angerechnet. Die anderen Schrägstäbe werden bei der Bemessung nicht berücksichtigt.

Einbau der Durchstanzbewehrung

Die Filigran-Durchstanzbewehrung wurde für den einfachen Einbau in gitterträgerbewehrte Fertigteilplatten optimiert. Bei der Herstellung dieser Platten werden üblicherweise zunächst mit Abstandhaltern bestückte Querstäbe in die Schalung eingelegt (Bild 9) auf die später die Längsbewehrung und Gitterträger aufgelegt werden. Diese Querstäbe werden auch als Auflager für die Filigran-Durchstanzbewehrung genutzt (Bild 10). Der Schlaufenüberstand von rund 9 Millimeter am Untergurt greift damit

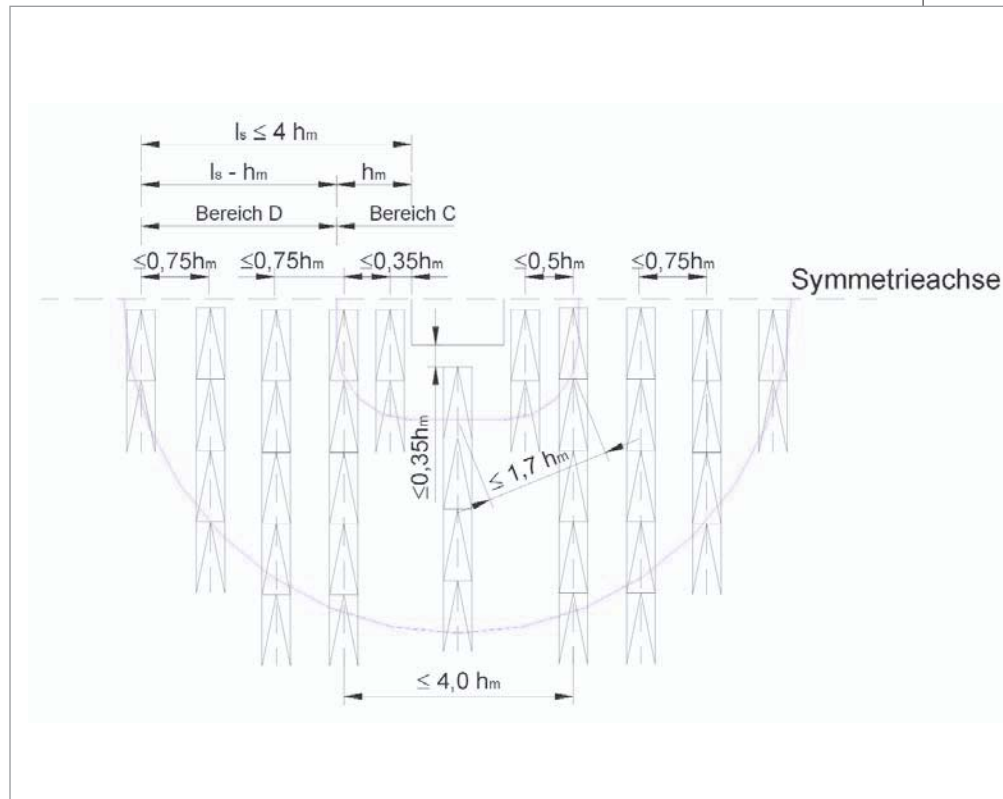


Bild 8: Maximale Abstände der Filigran-Durchstanzbewehrung



Bild 9: Einbau der Querbewehrung in Elementplatten

standhalter oder eine Höhenjustierung an der Durchstanzbewehrung selbst erforderlich.

Bei Innenstützen werden häufig nur kurze Durchstanzelemente erforderlich. Damit gestaltet sich der Einbau einfach (Bild 10). Bei Rand- und Eckstützen werden aufgrund der Bemessung, wie bei anderen Durchstanzsystemen auch, längere Elemente erforderlich. Auch in diesem Fall bleibt der einfache Einbau erhalten, da durch den parallelen Einbau keine Durchdringungspunkte mit Gitterträgern entstehen. Lange und hohe Elemente können gegebenenfalls fixiert werden (Bild 11). Auch stark bewehrte Durchstanzbereiche sind beim Einbau unproblematisch (Bild 12).

Die Filigran-Durchstanzbewehrung wird an das Fertigteilwerk sowohl als objektbezogene Fixlängen als auch in Lagerlängen (5 Meter) geliefert. Im letztgenannten Fall werden sie im Fer-



Bild 10: Die Filigran-Durchstanzbewehrung wird auf die Querstäbe gestellt

tigteilwerk wie Gitterträger geschnitten. Fixlängen bieten sich dort an, wo kleinere Objekte und seltener Flachdecken ausgeführt werden. Der Kostenvorteil und die kurzfristige Verfügbarkeit der Lagerhaltung kann dort genutzt werden, wo Flachdecken wiederholt zur Ausführung kommen oder dort wo bei großen Bauvorhaben zwar die Deckenstärken der nächsten Geschosse bereits bekannt sind, nicht jedoch die erforderlichen Einzellängen aufgrund noch fehlender Durchstanznachweise.

Einsatz auf der Baustelle

Die Elementplatten werden wie üblich auf die Baustelle geliefert und montiert. Bei Lagerung und Transport



Bild 11: Einbau von hohen und langen Elementen

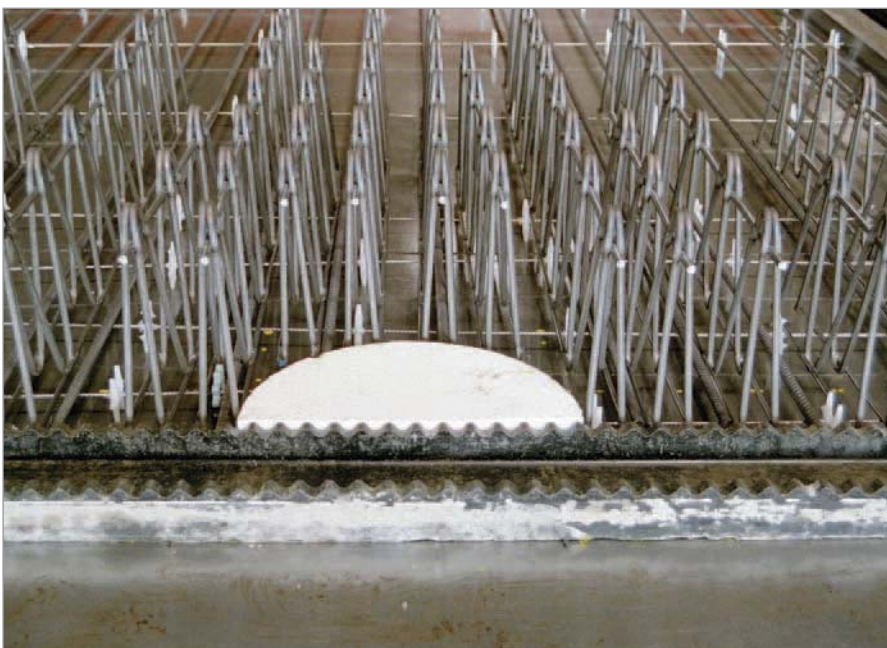


Bild 12: Auch stark bewehrte Durchstanzbereiche sind unproblematisch

(Bild 13) ist wie bei allen Durchstanzsystemen, welche in die spätere Biegezugbewehrung eingreifen darauf zu achten, dass mit Zwischenlagen (zum Beispiel Holzlatten) gestapelt wird. Dabei bestätigt die Praxis diesem Durchstanzsystem im Hinblick auf Transport und Montage eine ausgesprochene Robustheit.

Bei der Anwendung von Elementdecken ist insbesondere beim Einsatz in Flachdecken eine gegebenenfalls erforderliche Druckübertragung auf der Deckenunterseite auf der Höhe der Fertigteilplatten zu gewährleisten. Dieses ist im Durchstanzbereich und im Bereich großer negativer Momente (Stützenbereich) der Fall. Können Elementfugen in diesen Bereichen nicht

vermieden werden, so sind die Fertigteilplatten mindestens mit 4 Zentimeter breiten Fugen bzw. Aussparungen zu planen (Bild 14) und vollständig mit Ortbeton zu verfüllen (Bild 15).

Nach dem Verlegen wird, wie bei zweiachsig gespannten Platten üblich, die zweite Richtung der unteren Biegezugbewehrung auf den Fertigteilplatten verlegt (Bild 16). Später wird die obere Biegezugbewehrung eingebaut, was auch im Bereich der Stützen (Bild 17) keine außergewöhnliche Besonderheit gegenüber anderen Elementdecken darstellt.

Anwendung

Die Filigran-Durchstanzbewehrung wird seit über einem Jahr mit Erfolg eingesetzt. Die anwendenden Fertigteilwer-

ke haben die Kostenvorteile beim Einbau und Einkauf erkannt und genutzt. Darüber hinaus konnten wirtschaftliche Sondervorschläge realisiert werden, bei denen ursprünglich Ortbetondecken geplant waren. Der Einsatz der Filigran-Durchstanzbewehrung zum Beispiel beim Frankfurter Main-Airport-Center (MAC) [6] belegen die guten Erfahrungen mit diesem System. Dort wurde diese Durchstanzbewehrung nach Zulassung Z-15.1-191 [3] eingesetzt.¹⁾

Neue DIN 1045-1 und zukünftige Zulassung

Mit Einführung der neuen DIN 1045-1 [7] erfolgt eine Umstellung der Stahlbetonbemessung. Diese Umstellung betrifft auch die Bemessung von Durchstanzbewehrung nach bauaufsichtlicher Zulassung, da Zulassungen auf die Bemessungskonzepte der jeweils gültigen Normen abgestimmt sind. Dementsprechend wird derzeit eine neue Zulassung für die Filigran-Durchstanzbewehrung in Anlehnung an die neue DIN 1045-1 erarbeitet. Dabei wird sowohl das neue Teilsicherheitskonzept berücksichtigt als auch die neuen Bemessungsschnitte und -gleichungen beim Durchstanznachweis umgesetzt.

Nach DIN 1045-1 [7] wird für Platten ohne Durchstanzbewehrung ein Bemessungswiderstand für die Schubkraft längs des maßgebenden Rundschnittes definiert. Der entsprechen-



Bild 13: Transport von Elementdecken

de Bemessungswert $V_{Rd,ct}$ darf bei Einsatz einer Durchstanzbewehrung bis zum Maximalwert $V_{Rd,max}$ nach Gleichung (2) erhöht werden.

$$V_{Rd,max} = c \cdot V_{Rd,ct} \quad (2)$$

Für den Erhöhungsfaktor gilt nach DIN 1045-1 [7] für Bügel $c = 1,5$. Für bauaufsichtlich zugelassene Durchstanzbewehrung kann ein höherer Wert nachgewiesen werden. Für die Filigran-Durchstanzbewehrung ist für die neue Zulassung [8] aufgrund aus-

gewerteter Versuche ein Erhöhungsfaktor von $c \approx 1,75$ in der Diskussion [4].

Weitere Zulassungsänderungen werden auch die erforderlichen Lasterhöhungsfaktoren betreffen. Derzeit ist dieser Lasterhöhungsfaktor analog der derzeitigen DIN 1045 [1] bei unsymmetrischer Belastung mit 1,4 bei Rand- und Eckstützen in Ansatz zu bringen. Zusätzlich zur Anpassung an die Erhöhungswerte der neuen DIN 1045-1 [7] von 1,05 (Innenstütze) bis 1,5 (Eckstütze) ist angedacht, diese Werte nicht mehr voll beim Nachweis im äußeren Rundschnitt in Rechnung zu stellen. Dadurch werden zukünftig bei Rand- und Eckstützen kürzere Durchstanzelemente erforderlich. Diese Zulassungsänderung ist bereits für die bisherige Zulassung [3] nach DIN 1045 (7/88) [1] angedacht. Dadurch wird das Durchstanzsystem einfacher und wirtschaftlicher.

Zusammenfassung

Filigran-Elemente werden bereits seit einigen Jahren auch in Flachdecken eingesetzt. Für diese Anwendung wurde eine spezielle Durchstanzbewehrung entwickelt und bauaufsichtlich zugelassen. Diese Filigran-Durchstanzbewehrung zeichnet sich durch einen einfachen Einbau parallel zu den eingebauten Gitterträgern und durch ent-

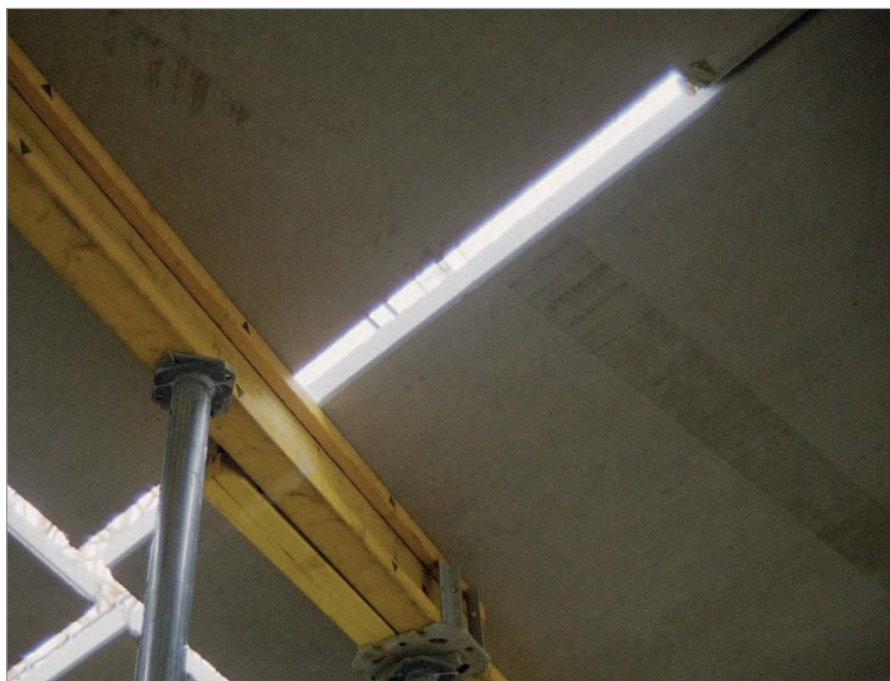


Bild 14: Geplante Druckfugen zwischen Fertigteilenelementen



Bild 15: Abschalung von Druckfugen

sprechend hohe zulässige Lasten, aus, die weit höher sind als bisher mit Bügeln oder Gitterträgern zulässig waren. Die Erfahrungen beim Einbau im Fertigteilwerk und in der Anwendung

auf der Baustelle sind gut. Fertigteilwerke nutzen zunehmend diese Möglichkeit, um sich im Markt der Flachdecke wirtschaftlich zu behaupten. ■

Weitere Informationen:

FILIGRAN TRÄGERSYSTEME

FILIGRAN Trägersysteme
Am Zappenberg
31633 Leese, DEUTSCHLAND
Tel.: ++49 (0) 57 61 / 92 25 0
Fax: ++49 (0) 57 61 / 92 25 40
E-Mail: u.bauermeister@filigran.de
Internet: www.filigran.de

¹⁾ Anmerkung: Die in [6] gezeigten Bilder zeigen nicht die Filigran-Durchstanzbewehrung nach [3], obwohl diese eingesetzt wurde. Zur Klarstellung wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass zur Ausnutzung der zulässigen Schubspannungen nach Gleichung (1) nur das System nach Zulassung [3] verwendet werden darf.



Bild 17: Stützenbereich mit Filigran-Durchstanzbewehrung



Bild 16: Verlegung der unteren Bewehrung auf der Baustelle

Literatur

[1] DIN 1045: Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung. Ausgabe Juli 1988.

[2] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Zulassung Z-15.1-93 vom 21. Juni 1999 für die Filigran-EQ-Gitterträger für Fertigplatten mit statischer Ortbetonschicht.

[3] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Zulassung Z-15.1-191 für Filigran-Durchstanzbewehrung vom 1. Oktober 2001.

[4] Furche, J.: Durchstanzbewehrung für Elementdecken
 In: Holschemacher, K.: Neue Perspektiven im Betonbau. Tagungsband zur 5. Tagung Betonbauteile an der HTWK Leipzig, Bauwerk Verlag, Berlin 2003.

[5] Bauermeister, U.: Bemessungsprogramm Profi zur Bemessung von Filigran-Durchstanzbewehrung. Filigran Trägersysteme GmbH & Co. (Download unter www.filigran.de).

[6] Friedrich, T.: Eine Alternative zur Flachdecke in Ortbeton: Kassettendecke mit vorfabrizierten Elementplatten. BWI-BetonWerk International, Nr. 1, Februar 2003.

[7] DIN 1045-1 (7/2001): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Beuth Verlag Berlin 2001.

[8] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Zulassung für Filigran-Durchstanzbewehrung für die Anwendung nach neuer DIN 1045-1, in Vorbereitung.