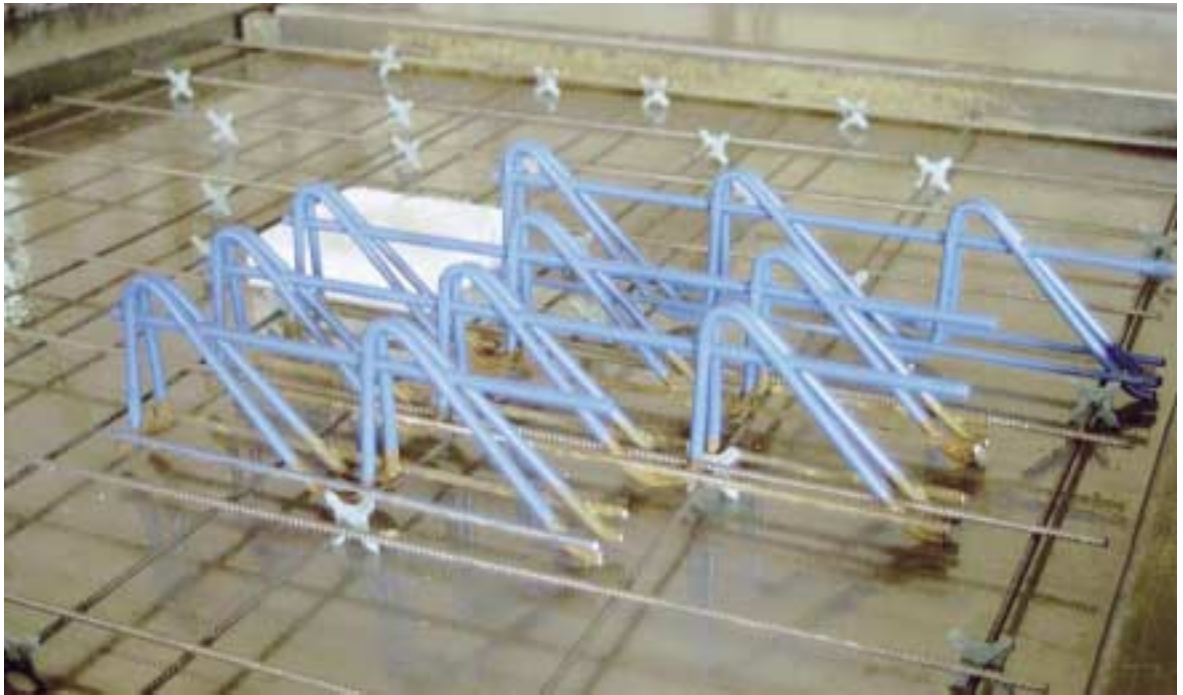




Einbau der Filigran-Durchstanzbewehrung im Fertigteilwerk
Installation of the Filigran punching reinforcement in the precast plant



Einsatz der Filigran-Durchstanzbewehrung

Flachdecken in Elementbauweise

Flachdecken werden zunehmend mit vorgefertigten Elementplatten ausgeführt. Erforderliche Durchstanzbewehrung im Bereich der Unterstützungen wird im Fertigteilwerk direkt in die Fertigteile eingebaut. Der Einbau in die gitterträgerbewehrten Platten gestaltet sich mit den für den Ort beton entwickelten Durchstanzsystemen aus Bolzen jedoch zum Teil schwierig. Die für den Einsatz in Elementdecken entwickelte Filigran-Durchstanzbewehrung hat für den Einsatz im Fertigteilwerk klare Vorteile.

Kennzeichnend für das Tragverhalten von Flachdecken (Bild 1) ist der zweiachsige Lastabtrag der Decken und das mögliche Durchstanzversagen der Flachdecke im Bereich der Stützen. Der mögliche zweiachsige Lastabtrag der Filigran-Decken ist bereits seit 1965 in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Gitterträger enthalten. Seit 1988 finden sich Regelungen zu zweiachsig tragenden Elementdecken in der Bemessungsnorm für Beton und Stahlbeton DIN 1045 [1]. Grundlage dieser Regelungen waren auch Versuche zur Drillsteifigkeit von Elementdecken Ende der 70er Jahre, welche 1996 [2] veröffentlicht wurden. Seit 1992 liegen Untersuchungen [3] vor, nach denen eine Umsetzung von Berechnungen nach der Methode der Finiten Elemente (FEM) möglich ist. Damit war es möglich, Flachdecken als teilvorgefertigte Konstruktionen zu berechnen und auszuführen.

Beim Einsatz von Fertigteilplatten in Flachdecken sind Kombinationen mit reinen Ortbetonbereichen möglich. Jedoch ist es

Use of Filigran punching shear reinforcement

Flat slabs constructed with precast slabs with cast in-situ concrete topping

Flat slabs are increasingly constructed with precast slabs with cast in-situ concrete topping. The punching shear reinforcement required in the areas of support is installed in the precast slabs in the precast plant. But the installation of the reinforcement in the slabs, reinforced with lattice girders, using the punching shear systems with the studrails developed for in-situ application, is not always without problems. The punching shear reinforcement for precast slabs developed by Filigran has clear advantages for use in precast plants.

Characteristic for the loadbearing behavior of flat slabs (Fig. 1) is that the load of the slabs is transmitted in two directions and that they are subject punching failure in the column zone.

The possibility of two-way load transmission of Filigran slabs has been considered in the general national approvals for lattice girders already since 1965. Since 1988, regulations on two-way spanning precast slabs are considered in the design code for concrete and reinforced concrete DIN 1045 [1]. The basis of these regulations were also torsional rigidity tests on precast slabs in the late 70s. The findings of these tests were published in 1996 [2]. Since 1992, research results have been



Bild 1. Flachdecken werden zunehmend mit Filigran-Elementen ausgeführt
Fig. 1. Flat slabs are increasingly constructed with Filigran elements



Dr.-Ing. Johannes Furche (1959), Bauingenieurstudium an der Universität Dortmund und wissenschaftliche Tätigkeit an den Universitäten Karlsruhe und Stuttgart, Mitarbeit in nationalen und internationalen Ausschüssen für Betonfertigteile und Betonstähle, Technischer Leiter bei der Firma Filigran Trägersysteme.



Dipl.-Ing. Ulrich Bauermeister (1976), Bauingenieurstudium an der HTWK Leipzig (FH) und an der University of Paisley (Schottland), 1999 Tätigkeit in einem Ingenieurbüro, seit 2000 bei der Firma Filigran Trägersysteme, Produktmanager für Filigran-Durchstanzbewehrung.

nicht erforderlich, solche Bereiche um Stützen herum anzuordnen, um auf diese Weise eine Druckübertragung an der Deckenunterseite zu gewährleisten. In den Deckenbereichen, in denen an der Plattenunterseite Druckkräfte übertragen werden müssen, sollten Fugen zwischen Fertigteilplatten entweder vermieden werden oder als 4 cm breite Druckfuge mit Ortbetonverfüllung ausgebildet werden. Diese Lösung wurde in Durchstanzversuchen untersucht und seitdem erfolgreich in der Praxis ausgeführt.

Durchstanzbewehrung

Im Bereich der konzentrierten Lasteneinleitung in die Decken kann es durch hohe Stützenlasten zu einer Überlastung in den Stahlbetondecken kommen, welche zur Ausbildung eines kegelförmigen Betonausbruches führen kann.

Dieses Durchstanzversagen (Bild 2) ist durch entsprechende Nachweise und Ausführung zu vermeiden. Zur Erhöhung der zulässigen Lasten kann eine Schubbewehrung im durchstanzgefährdeten Bereich eingebaut werden. Diese Durchstanzbewehrung kann aus Bügeln, Gitterträgern oder speziell zugelassenen Systemen wie z. B. Doppelkopfbolzen bestehen. Durch gezielte Bauteilversuche wurde bereits 1997 [4] nachgewiesen, dass Durchstanzbewehrungen für Ortbetondecken bei gleichen zulässigen Lasten auch in Elementdecken eingesetzt werden dürfen.

Bei der Auswahl eines geeigneten Durchstanzsystems ist sowohl die unterschiedlich hohe Steigerung der Durchstanzlast als auch die Einbaufreundlichkeit und -sicherheit zu berücksichtigen. So ermöglichen bauaufsichtlich zugelassene Bolzensysteme bis zu 60 % höhere Stützenlasten 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 für Transport- und Montagezustände sowie für den Endzustand erforderlich sind, entstehen. EQ-Gitterträger als Durchstanzbewehrung [5] lassen sich dagegen einfach – parallel zu den durchlaufenden Standardgitterträgern – in Elementdecken einbauen. Sie steigern jedoch wie auch Bügel die Durchstanzlast gegenüber schubunbewehrten Platten nach DIN 1045 [1] nur um ca. 30 %.

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 3) berücksichtigt, welche den Einbauvorteil beim Einsatz in Elementdecken mit hohen zulässigen Lasten kombiniert.

Filigran-Durchstanzbewehrung (FDB)

System

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 Biegebewehrung eingreifen (Bild 3). Diese Durchstanzbewehrung

available [3], based on which calculations by the method for finite elements (FEM) is possible. This opened up the possibility to calculate and construct flat slabs using precast slabs and cast in-situ topping.

When using precast slabs for flat slabs, combinations in areas cast purely with in-situ concrete are possible. Here, however, these areas need not be arranged around columns to ensure transmission of compressive forces on the undersides of the slabs. In those areas of the slabs where compressive forces must be transmitted on the undersides of the slabs, joints between precast slabs should be eliminated altogether or designed as compression joints of 4 cm width, cast with in-situ concrete. This solution was investigated in punching shear tests and has since then been successfully applied in practice.

Punching shear reinforcement

In the area of concentrated load transfer into the slabs, reinforced-concrete slabs can become excessively loaded by high column loads. This can lead to a conical breakthrough in the concrete.

This punching failure (Fig. 2) must be avoided through appropriate checks and design. A shear reinforcement can be provided in the areas subject to punching failure to increase the permissible loads. This punching shear reinforcement may consist of stirrups, lattice girders or individually approved systems, such as e.g. double-headed studs. The results of selective tests performed on structural components already back in 1997 [4] have shown that punching shear reinforcement for slabs cast in-situ can also be used in precast slabs for equal permissible loads.

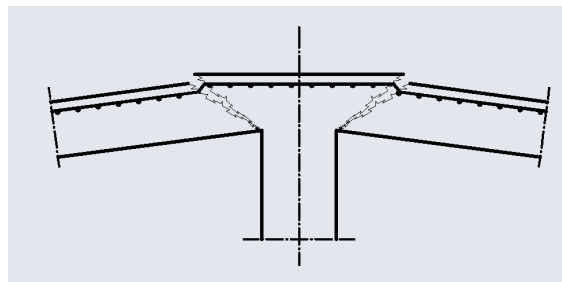


Bild 2. Durchstanzversagen ist durch entsprechende Bemessung zu vermeiden

Fig. 2. Punching failure is avoided through appropriate design

In selecting suitable punching shear reinforcement, both the varying increase in the punching shear load and the ease and safety of installation should be considered. Nationally approved studrail systems, for example, permit column loads up to 60% higher than those stipulated in DIN 1045 [1] without punching shear reinforcement. The installation of these elements, which are arranged radially, and which have been tried and tested for in-situ concrete, is however, not without problems, as penetration points are created with the parallel running lattice girders needed for the transport and erection states, as well as for the final state. EQ lattice girders as punching shear reinforcement [5], on the other hand, can be easily installed – in parallel to the continuous standard lattice girders. They increase, however, like stirrups, the punching load compared to the slabs without shear reinforcement to DIN 1045 [1] by only approx. 30%.

For the selection of punching shear reinforcement in precast slabs, the availability and possible storage costs as well as the



Tabelle 1. Mögliche Beurteilungskriterien für die Auswahl von Durchstanzbewehrung für Elementdecken
Table 1. Possible assessment criteria for choosing punching shear reinforcement for precast floors

Durchstanzsystem <i>Punching shear system</i>	zulässige Belastung <i>permissible loading</i>	Einbau in Elementdecke <i>Installation in precast slab</i>	mögliche Lagerhaltung <i>possible storage</i>	Kosten <i>Costs</i>
Bolzensystem <i>Anchor system</i>	+	o	o	-
Filigran-Durchstanzbewehrung <i>Filigran punching shear reinforcement</i>	o	+	+	o
EQ-Gitterträger <i>EQ lattice girders</i>	-	+	+	+
Bügel <i>Stirrups</i>	-	-	o	+

+ gut bzw. günstig/*good or favorable*
 o eingeschränkt/*limited*
 - schlecht bzw. ungünstig/*poor or unfavorable*

Die Filigran-Durchstanzbewehrung (FDB) besteht aus Betonstahl BSt 500 G. Die Durchmesser der Untergurte betragen 7 mm, des Obergurtes 10 mm und der tragenden Diagonalen 9 mm. Das Knotenpunktrastrer beträgt 20 cm. 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 Biegezugbewehrung der Verankerungspunkt der Schubbewehrung weit nach außen verlagert, was sich günstig auf die mögliche Ausbildung eines inneren Fachwerks im Durchstanzbereich auswirkt.

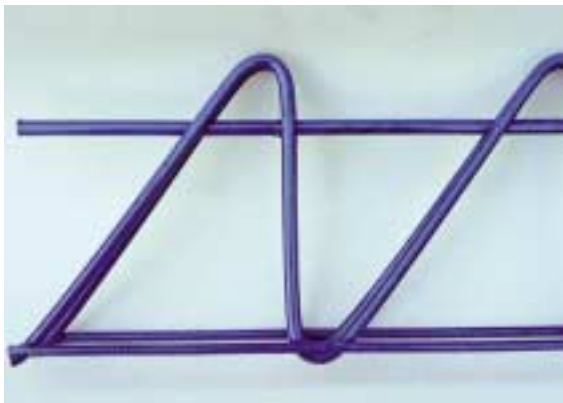


Bild 3. Filigran-Durchstanzbewehrung (FDB)
Fig. 3. Filigran punching shear reinforcement (FDB)

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

costs should be considered in addition to the permissible load and the safety of installation. **Table 1** shows a possible estimation of the influencing variables for different punching system. In this table, the new Filigran punching shear reinforcement (see paragraph 3) has been considered, which combines the advantage of installation in precast slabs with high permissible loads.

Filigran punching shear reinforcement (FDB)

System

Punching shear reinforcement has been developed for precast slabs reinforced with lattice girders, combining the advantages of lattice girder installation with a higher increase in load. For this, based on a lattice girder, loop projections on the chords were realized, which enclose the layer of flexural reinforcement (Fig. 3). This punching shear reinforcement consists of reinforcing steel BSt 500 G. The diameters of the lower chords are 7 mm, those of the upper chords 10 mm, and those of the loadbearing diagonals 9 mm. The node grid is 20 cm. The loop projection, in particular that on the upper chord, fulfills two conditions for use as punching shear reinforcement: Firstly, the loop, with welded-on transverse bar, results in a very rigid anchorage. This enables activation of the reinforcement already at the onset of first initial cracking of the concrete. Secondly, by integrating the loop in the flexural reinforcement, the anchorage point of the shear reinforcement is moved far out towards the outside. This is favorable for the formation of a possible truss in the zone subject to punching shear. Installation of the Filigran punching shear reinforcement (FDB) in the precast slabs takes place in the same way as for lattice girders. It is typically placed on the transverse bars fitted with spacers. The loop projection on the lower chord corresponds approximately to the thickness of these transverse bars.



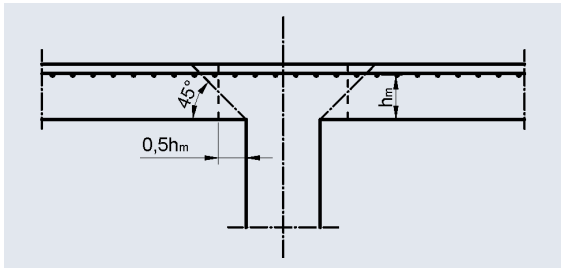
Bild 4. Obere Biegezugbewehrung auf den Obergurten der Filigran-Durchstanzbewehrung
Fig. 4. Upper flexural reinforcement on the upper chords of the Filigran punching shear reinforcement

The loop projections of the Filigran punching shear reinforcement on the upper chord can be adjusted from 2 cm to 4 cm (in special cases up to 5 cm) to the given thickness of the upper layer of reinforcement. This is why the upper flexural reinforcement can be laid directly onto the upper chords (Fig. 4).

The height of the punching shear reinforcement results from the thickness of the slab minus the concrete cover above the reinforcement on the slabs' top and underside. The designation is restricted to the parameters height, loop projection on the upper chord and length of the reinforcement element. FDB 18/4 -60 denotes: Filigran punching shear reinforcement of 18 cm height, a loop projection of 4 cm and a length of 60 cm.



Bild 5. Maßgebender Bemessungsquerschnitt analog bisheriger DIN 1045 [1]
Fig. 5. Circular section relevant to the design in analogy to the previous DIN 1045 [1]



FDB 18/4 –60 bedeutet: Filigran Durchstanzbewehrung in der Höhe 18 cm, Schlaufenüberstand 4 cm und Länge 60 cm.

Zulassung und Bemessung

Für die Anwendung und Bemessung der Filigran-Durchstanzbewehrung (FDB) liegt seit dem 01. 10. 2001 eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt) vor [6]. Grundlage dieser Zulassung waren Untersuchungen zum Tragverhalten, welche in [7] dargestellt werden. Das wesentliche Ergebnis der durchgeführten Bauteilversuche war die Festlegung zulässiger Schubspannungen im maßgebenden inneren Rundschnitt. Für die Rundschnittführung (Bild 5) analog anderer bauaufsichtlich zugelassenen Durchstanzsysteme wurde die zulässige Schubspannung nach Gleichung (1) festgelegt.

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

mit $\tau_{r,ui}$ = zulässige Schubspannung im inneren Rundschnitt

$$\kappa_2 = 0,6 \cdot \alpha_S \cdot \sqrt{\mu_g} \leq 0,9$$

$$\alpha_S = 1,4 \text{ für BSt 500}$$

$$\mu_g = \text{Längsbewehrungsgrad in \% nach DIN 1045 [1]}$$

$$\tau_{02} = \text{Schubspannungsgrenzwert nach DIN 1045 [1]}$$

Damit liegen die zulässigen Stützenlasten bei der Verwendung der FDB bis zu 33 % 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 dieselben Gleichungen, sodass die erforderlichen Längen identisch sind mit denen anderer zugelassener Systeme.

Die erforderlichen Spannungsnachweise können einfach mit einem Bemessungsprogramm geführt werden [8], welches kostenlos im Internet erhältlich ist. Nach der Eingabe der Systemdaten (Bild 6) führt das Bemessungsprogramm diese



Bild 6. Eingabe der Systemdaten für den Durchstanznachweis [8]

Fig. 6. Input of system data for the punching shear check [8]

Approval and design

A general national approval of the German Institute for Construction Engineering (Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt) for application and design of the Filigran punching shear reinforcement (FDB) was issued on 01. 10. 2001 [6]. The basis of this approval were investigations into the loadbearing behavior shown in [7]. The essential result of the experimental testing of the members was the stipulation of a permissible shear stress in the relevant inner perimeter. For the circular section (Fig. 5), in analogy to other approved punching shear systems, the permissible shear stress was determined from equation (1).

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

where $\tau_{r,ui}$ = permissible shear stress in the inner perimeter

$$\kappa_2 = 0.6 \cdot \alpha_S \cdot \sqrt{\mu_g} \leq 0.9$$

$$\alpha_S = 1.4 \text{ in case of BSt 500}$$

$$\mu_g = \text{Percentage of reinforcement to DIN 1045 [1]}$$

$$\tau_{02} = \text{Shear stress limit value to DIN 1045 [1]}$$

The permissible column loads for use of FDB are thus up to 33% higher than for use of lattice girders or stirrups and are therefore within about the loading range of studrail systems.

The required length of the punching shear reinforcement results, as is the case with other approved systems, from the shear stress check of the outer perimeter. Here apply always the same equations, so that the required lengths are identical with the other approved systems.

The required shear stress checks can be easily performed with a design program [8] available free of charge in the Internet. Following entry of the system data (Fig. 6), the design program performs these checks and outputs the required punching shear elements in number and position. The program adheres to the maximally permissible spacing stipulated in the relevant approval (Fig. 7). This spacing ensures optimal penetration of possible punching shear cracks with punching shear reinforcement.

The verification for the required percentage of punching shear reinforcement takes into account the different inclinations of the diagonal bars. In accordance with the approval [6], all vertical bars are considered with their full cross-sectional areas. For the inclined bars, by way of simplification, only the bars running directly to the column are considered with their angle of inclination. The other inclined bars are not considered for the design.

Installation of the punching shear reinforcement

The Filigran punching shear reinforcement was optimized to facilitate installation in precast slabs. The punching shear rein-

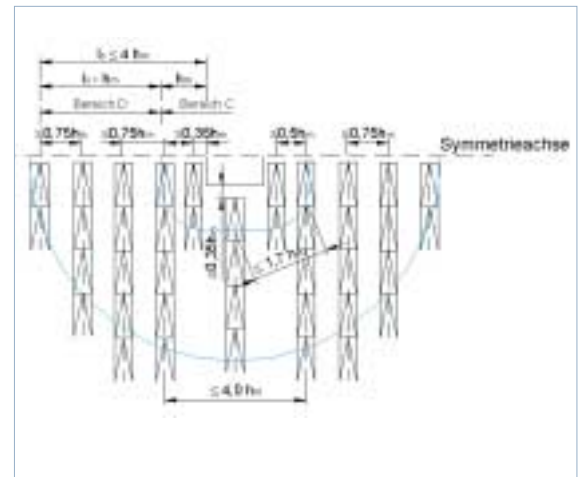


Bild 7. Maximale Abstände der Filigran-Durchstanzbewehrung

Fig. 7. Maximum spacing of the Filigran punching shear reinforcement



Bild 8. Einbau der Querbewehrung in Elementplatten
Fig. 8. Installation of transverse reinforcement in the precast slabs



Bild 9. Die Filigran-Durchstanzbewehrung wird auf die Querstäbe gestellt
Fig. 9. The Filigran punching shear reinforcement is placed on the transverse bars

Nachweise und gibt die erforderlichen Durchstanzelemente in Anzahl und Lage aus. Dabei werden die maximal zulässigen Abstände entsprechend der Zulassung eingehalten (**Bild 7**). 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. Entsprechend der Zulassung [6] 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 Fertigteilplatten optimiert. Der Einbau der Durchstanzbewehrung erfolgt parallel zueinander und parallel zu den durchgehenden Gitterträgern. Dieses ist einfach und sicher. Bei der Herstellung dieser Fertigteilplatten werden üblicherweise zunächst mit Abstandhaltern bestückte Querstäbe in die Schalung eingelegt (**Bild 8**), auf die später die Längsbewehrung und Gitterträger aufgelegt werden. Diese Querstäbe werden auch als Auflager für die Filigran-Durchstanzbewehrung genutzt (**Bild 9**). Der Schlaufenüberstand von etwa 9 mm am Untergurt greift damit in die Querbewehrungslage bei üblichen Stabdurchmessern von 6 mm bzw. 8 mm 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 Abstandhalter oder eine Höhenjustierung an der Durchstanzbewehrung selbst erforderlich.

Bei Innenstützen werden häufig nur kurze Durchstanzelemente erforderlich. Damit gestaltet sich der Einbau einfach. Bei Rand- und Eckstützen werden auf Grund 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 ggf. fixiert werden (**Bild 10**). Auch stark bewehrte Durchstanzbereiche sind beim Einbau unproblematisch.

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

forcement is installed in parallel to each other and in parallel to the continuous lattice girders. This procedure is simple and safe. During manufacture of these precast slabs, it is common practice to first place the transverse bars, fitted with spacer into the form (**Fig. 8**), onto these the longitudinal reinforcement and the lattice girders are subsequently laid. These transverse bars are also used as support for the Filigran punching shear reinforcement (**Fig. 9**). The projection of around 9 mm on the lower chord therefore surrounds the transverse reinforcement layer, when the bars have a typical diameter of 6 mm or 8 mm. In the exceptional cases when transverse bars of larger diameter are used, this loop projection can also be further extended. Decisive is in either case that the required concrete cover is ensured by the transverse bars. Accordingly, no additional spacer bars or vertical adjustment on the punching shear reinforcement is required.

For interior columns, only short punching shear elements are often required. This simplifies installation. For edge and corner columns, longer elements are also required depending on the design. Installation is simple, also in these cases, as no penetration points with lattice girders are produced, due to the parallel installation. Long and high elements can also be fixed, if required (**Fig. 10**). Installation is unproblematic also in heavily reinforced areas.

The Filigran punching shear reinforcement is delivered to the precast plant both in project-related fixed lengths and in stock lengths (5 m). In the latter case, the reinforcement is cut to size in the precast plant like lattice girders. Fixed lengths may be a good choice for smaller projects with less common flat slabs. The cost advantage and the short-term availability from stock could be made use of where flat slabs are repeatedly used, as well as for larger-scale projects where the slab thickness of the next floor is already known, but not the required



Bild 10. Einbau von hohen und langen Elementen
Fig. 10. Installation of high and long elements



Bild 11. Transport von Elementdecken
Fig. 11. Precast slabs in transport

Bauvorhaben zwar die Deckenstärken der nächsten Geschosse bereits bekannt sind, nicht jedoch die erforderlichen Einzellängen auf Grund noch fehlender Durchstanznachweise.

Einsatz auf der Baustelle

Die Elementplatten werden wie üblich auf die Baustelle geliefert und montiert. Bei Lagerung und Transport (**Bild 11**) ist wie bei allen Durchstanzsystemen, welche in die spätere Biegezugbewehrung eingreifen darauf zu achten, dass mit Zwischenlagen (z. B. 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 eventuell 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 cm breiten Fugen bzw. Aussparungen zu planen (**Bild 12**) und vollständig mit Ort beton zu verfüllen (**Bild 13**).

Nach dem Verlegen wird, wie bei zweiachsig gespannten Platten üblich, die zweite Richtung der unteren Biegezugbewehrung auf den Fertigteilplatten verlegt (**Bild 14**). Später wird die obere Biegezugbewehrung eingebaut, was auch im Bereich der Stützen (**Bild 15**) keine außergewöhnliche Besonderheit gegenüber anderen Elementdecken darstellt.

Anwendung

Die Filigran-Durchstanzbewehrung wird seit über einem Jahr mit Erfolg eingesetzt. Die anwendenden Fertigteilwerke haben nicht nur die Kostenvorteile beim Einbau und Einkauf erkannt und genutzt. Vielmehr konnten auch wirtschaftliche Sonderanschläge ausgeführt werden, bei denen ursprünglich Ortbetondecken geplant waren. Hierbei half auch das Argument eine einbausichere systemkonforme Lösung anzubieten.



Bild 12. Geplante Druckfugen zwischen Fertigteil-elementen
Fig. 12. Planned compression joints between precast slabs

individual lengths, as the punching shear checks have not yet become available.

Use on the construction site

The precast slabs are delivered to the construction site and installed. During storage and transport (**Fig. 11**) care must be taken, as with all other punching shear systems that will later surround the flexural reinforcement, that intermediate layers (e.g. wooden slats) are placed between the individual slabs of a stack. Reports from the field attest to the robustness of this punching shear reinforcement for transport and installation.

When using precast slabs, in particular for the construction of flat slabs, a transmission of compressive force that may be required on the underside, level with the precast slab should be ensured. This would be the case in zones subject to punching shear and in zones with high negative moments (near columns). Where joints cannot be avoided in these areas, then joints or recesses of at least 40 cm width should be designed (**Fig. 12**) and completely filled with in-situ concrete (**Fig. 13**).

Following installation, as is common practice with two-way spanning slabs, the second direction of the lower flexural reinforcement is placed on the precast slab (**Fig. 14**). The upper flexural reinforcement is installed later on. This is no special requirement, also in the areas around the columns (**Fig. 15**), but common practice with other precast slabs.

Application

The Filigran punching shear reinforcement has been successfully used for over a year. Precasters who use this reinforcement have not only recognized and made use of the cost advantages that result during installation and purchase. They were also able to work out special cost-efficient proposals for which originally in-situ concrete floors had been planned. Here, the argument of reliable installation in conformity with a system proved helpful.

New DIN 1045-1 and future approval

The implementation of the new DIN 1045-1 [9] will require an adaptation of the design also for precast slabs [10]. This change affects also the design of approved punching shear reinforcement systems, as the approvals are now being harmonized with the currently valid standards. Accordingly, a new approval for Filigran punching shear reinforcement is currently being worked out to comply with the new DIN 1045-1. For this new approval, both the new partial safety concept is considered and the new design cross-sections and equations for the punching shear check.

In compliance with DIN 1045-1 [9], a design resistance for the shear force along the relevant perimeter will here be defined



Bild 13. Abschalung von Druckfugen
Fig. 13. The formwork for the compression joints is installed



Bild 14. Einbau der unteren Biegezugbewehrung auf der Baustelle
Fig. 14. Installation of the lower flexural reinforcement on the construction site



Bild 15. Stützenbereich mit Filigran-Durchstanzbewehrung
Fig. 15. The Column zone with Filigran punching shear reinforcement

Neue DIN 1045-1 und zukünftige Zulassung

Mit Einführung der neuen DIN 1045-1 [9] wird eine Umstellung der Bemessung auch für Elementdecken erforderlich [10]. 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 [9] wird für Platten ohne Durchstanzbewehrung ein Bemessungswiderstand für die Schubkraft längs des maßgebenden Rundschnittes definiert. Der entsprechende 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 [9] für Bügel $c = 1,5$. Für bauaufsichtlich zugelassene Durchstanzbewehrung

for slabs without punching shear reinforcement. If a punching shear reinforcement is used, the relevant design value $v_{Rd,ct}$ may here be increased up to a maximum value of $v_{Rd,max}$ in accordance with equation (2).

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

The factor by which the value may be increased for stirrups to comply with DIN 1045-1 [9] is $c = 1.5$. For an approved punching shear reinforcement, a higher value can be provided by analysis. For the new approval for the Filigran punching shear reinforcement [11] a factor of $c \approx 1.75$ is under discussion, on the basis of the experimental results presented [7].

Other changes to the approval will also affect the required factors for load increase for asymmetric loading. Currently, a factor of 1.4 has to be considered for edge and corner columns. In addition to the adaptation to the new increased values in accordance with DIN 1045-1 [9]: 1.05 (interior column) to 1.5 (corner columns) it is being considered to no longer fully consider these values for the analysis in the outer perimeter. Therefore, shorter punching shear elements will in future be required for edge and corner columns. It is now being considered to implement these changes already for the approvals



LITERATUR

- [1] DIN 1045: Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung. Ausgabe Juli 1988.
- [2] Schießl, P.: Drillsteifigkeit von Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht. Beton- und Stahlbetonbau 91 (1996), Teil: Heft 3, Seite 62–67, Teil 2: Heft 4, Seite 67–89, Wilhelm Ernst und Sohn Verlag.
- [3] Bechert, H.; Furche, J.: Bemessung von Elementdecken mit der Methode der Finite Elemente. Betonwerk + Fertigteiltechnik, Heft 5/1993.
- [4] Furche, J.: Elementdecken im Durchstanzbereich von Flachdecken. Betonwerk + Fertigteiltechnik, Heft 6/1997.
- [5] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Zulassung Z-15.1-93 vom 21. Juni 1999 für die Filigran-EQ-Gitterträger für Fertigplatten mit statischer Ortbetonschicht.
- [6] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Zulassung Z-15.1-191 für Filigran-Durchstanzbewehrung vom 1. Oktober 2001.
- [7] 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.
- [8] Bauermeister, U.: Bemessungsprogramm ProFi zur Bemessung von Filigran-Durchstanzbewehrung. Filigran Trägersysteme GmbH & Co. (Download unter www.filigran.de).
- [9] DIN 1045-1 (7/2001): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Beuth Verlag Berlin 2001.
- [10] Technischer Ausschuss Fachgruppe Betonbauteile mit Gitterträgern: Elementdecken nach DIN 1045-1. Betonwerk + Fertigteiltechnik Heft 1, 2003 Bauverlag
- [11] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Zulassung für Filigran-Durchstanzbewehrung für die Anwendung nach neuer DIN 1045-1, in Vorbereitung.

kann ein höherer Wert nachgewiesen werden. Für die Filigran-Durchstanzbewehrung ist für die neue Zulassung [11] aufgrund ausgewerteter Versuche ein Erhöhungsfaktor von $c \approx 1,75$ in der Diskussion [7].

Weitere Zulassungsänderungen werden auch die erforderlichen Lasterhöhungsfaktoren bei unsymmetrischer Belastung betreffen. Derzeit ist dieser Erhöhungsfaktor mit 1,4 bei Rand- und Eckstützen in Ansatz zu bringen. Zusätzlich zur Anpassung an die neuen Erhöhungswerte nach DIN 1045-1 [9] 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 nach DIN 1045 (7/88) [1] angedacht. Dadurch wird das Durchstanzsystem einfacher und wirtschaftlicher.

Zusammenfassung

Filigran-Elemente werden bereits seit einigen Jahren in Flachdecken eingesetzt. Für diese Anwendung wurde eine spezielle Durchstanzbewehrung entwickelt und am 1. 10. 2001 bauaufsichtlich zugelassen [6]. Diese Filigran-Durchstanzbewehrung zeichnet sich durch einen einfachen Einbau parallel zu den eingebauten Gitterträgern und durch entsprechend 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.

J. Furche und U. Bauermeister, Leese

issued under DIN 1045 (7/88) [1]. This will make the punching shear system even more simple and economical.

Summary

Filigran elements have been used in flat slabs already for a number of years. For this application, a special punching shear reinforcement has been developed and approved on 1. 10. 2001 [6]. This Filigran punching shear reinforcement is characterized by simple installation in parallel to the installed lattice girders and by appropriately high permissible loads. These are far higher than those previously permitted with stirrups and lattice girders. The experiences gained with installation in the precast plant and application on the construction site are good.

Filigran Trägersysteme
Am Zappenberg
D-31633 Leese
☎ +49 (0) 57 61/92 25 0
Fax: +49 (0) 57 61/92 25 40
E-Mail: info@filigran.de
www.filigran.de

Have you ever thought about the fact that a special print offers you the possibility to:

- ▶ Inform business partners?
- ▶ Upgrade the quality of presentation events?
- ▶ Intensify image advertising?
- ▶ Train your co-workers?

▶ Interested to find out more?
Give us a call or send us a fax, we will be pleased to advise you!

☎ +49 (0) 52 41/80 89 364 · Fax: +49 (0) 52 41/80 94 115
Your BFT-Editorial Office