

Hartmut Land

# Teilfertigdecken nach DIN 1045-1

## Wichtige Punkte der Bemessung und Konstruktion

Mit der Anwendung von DIN 1045-1, Ausgabe Juli 2001 sind eingreifende Änderungen bei der Bemessung und Konstruktion von Teilfertigdecken verbunden. Das betrifft insbesondere den Nachweis der Schubkraftaufnahme in der Fuge Fertigplatte/Ortbeton. Für diesen aufwendigen Nachweis werden die Grundlagen zusammengestellt und ein Beispiel gegeben. Detailliert werden Regelungen für die Anordnung von Gitterträgern als Verbund-/Querkraftbewehrung sowie für die Betondeckungen aufgeführt. Auflagerausbildungen sind zukünftig einfacher ausführbar.

### Partly pre-fabricated reinforced concrete Floors/Ceilings according to DIN 1045-1

#### Important Points of Design and Construction

*There are invasive changes in design and construction of partly pre-fabricated reinforced concrete floors/ceilings connected with the application of DIN 1045-1, July 2001 issue. This applies specifically to the verification of acceptance of thrust force in the joint between pre-cast slab and the on-site concrete. The basic elements will be gathered for this extensive verification and an example is given. Regulations for the arrangement of lattice girders as bond/shear force reinforcement as well as concrete covers will be shown in detail. Structures of support are easier to implement in the future.*

## 1 Allgemeines

Seit über 40 Jahren werden in der Bundesrepublik „nachträglich mit Ortbeton ergänzte Fertigplatten“ (DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3) hergestellt, kurz auch Teilfertigdecken, Elementdecken, Plattendecken oder Filigrandecken genannt. Diese Stahlbeton-Deckenkonstruktionen verbinden in wirtschaftlicher und konstruktiver Hinsicht die Vorteile der Fertigteilbauweise mit denen der Ortbetonbauweise. So ist es nur folgerichtig, daß die Teilfertigdecken einen immer größeren Marktanteil gewinnen konnten. Weit mehr als die Hälfte aller Stahlbetondecken werden heute in Deutschland derart ausgeführt.

Die Bemessung der Teilfertigdecken (mit Gitterträgern) ist in den Betonwerken und Ingenieurbüros inzwischen zur Routine geworden. Mit Einführung der neuen Norm DIN 1045-1, Juli 2001 haben sich aber auch für diese Konstruktion größere Änderungen bei der Bemessung und Konstruktion ergeben, die nicht unumstritten sind. Darauf wird in dem folgenden Beitrag eingegangen.

## 1.1 Konstruktion

Die Teilfertigdecke ist eine massive Stahlbetondecke. Sie besteht aus einer im Normalfall 5 – 6 cm dicken Stahlbetonfertigplatte, die auf der Baustelle bis zur endgültigen Deckendicke mit Ortbeton ergänzt wird. Stahlbetonfertigplatte und Ortbeton haben miteinander einen festen Verbund. Dieser wird durch die raue Oberfläche der Fertigplatte und durch Stahlgitterträger gewährleistet, die bereits im Betonfertigteilwerk in die Fertigplatten einbetoniert werden. Fertigplatte und Ortbeton wirken daher zusammen genauso, als ob die gesamte Decke in einem Guß hergestellt worden wäre (Bild 1).

Im Betonfertigteilwerk werden außer den Gitterträgern auch die komplette Feldlängsbewehrung (x-Richtung) sowie die Querbewehrung (y-Richtung) in die Fertigplatte eingebaut. Dabei verlaufen Gitterträger und Feldlängsbewehrung bei ein- und zweiachsig gespannten Platten gewöhnlich in Richtung der kürzeren Spannweite  $l_x$ .

## 1.2 Norm und Zulassung

Die Teilfertigdecke ist eine „nachträglich mit Ortbeton ergänzte Fertigplatte“ nach DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3. Die Konstruktion dieser Stahlbetondecke entspricht also der Norm und bedarf keiner bauaufsichtlichen Zulassung. Lediglich die eingebauten Gitterträger, die den Verbund zwischen Fertigplatte und Ortbeton sicherstellen und entscheidend zur Montagesteifigkeit der Fertigplatte beitragen, müssen allgemein bauaufsichtlich zugelassen sein (z. B. [1]).

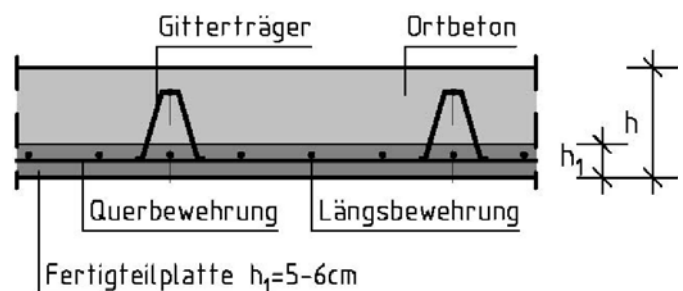


Bild 1. Querschnitt Teilfertigdecke

Fig.1. Cross section of a partly prefabricated reinforced concrete floor

### 1.3 Anwendungsbereiche

Die Anwendungsbereiche der Teilfertigdecke erstrecken sich auf alle Gebiete des Massivplattenbaus. Dazu gehören auch Ausführungen als Flachdecken sowie im Stahlverbundbau und im Brückenbau.

Die zulässigen Verkehrslasten sind bei nachträglich mit Ortbeton ergänzten Fertigplatten sowohl nach Art als auch nach Größe grundsätzlich unbeschränkt [2]. Für nicht vorwiegend ruhende Belastung muß die verwendete Querkraft-/Schubbewehrung (i. a. Gitterträger) allerdings für diese Belastung zugelassen sein. Hinzuweisen ist, daß die Verkehrsbelastung infolge Feuerwehrfahrzeuge (meistens SLW 30 und  $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ ) im Brandfall für Hofkellerdecken (Feuerwehrezufahrten) als vorwiegend ruhend betrachtet werden kann [3].

### 1.4 Ermittlung der Schnittgrößen

Für Teilfertigdecken können die Schnittgrößen wie für reine Ortbetondecken berechnet werden, wenn

- die Schubkraftübertragung in der Fuge zwischen Fertigteilplatte und Ortbeton nachgewiesen wird (DIN 1045-1, Abschnitt 10.3.6),
- die Konstruktionsregeln nach DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3 eingehalten werden und
- der Höhenunterschied zwischen  $a_{sx}$ - und  $a_{sy}$ -Feldbewehrung nicht mehr als 5 cm oder  $d/10$  beträgt (größerer Wert ist maßgebend) (DIN 1045-1, Abschnitt 8.2 (6)).

Darüber hinaus soll die Fertigplattendicke nicht größer als  $1/3$  der Gesamtdeckendicke sein [6], [7].

*Bei der Ermittlung der Schnittgrößen gibt es unter Beachtung weniger Punkte keinen Unterschied zwischen Teilfertigdecken und reinen Ortbetondecken.*

Von den in DIN 1045-1, Abschnitt 8 aufgeführten Verfahren ist für die Teilfertigdecken wie bisher die linear-elastische Berechnung ohne/mit Momentenumlagerung am geeignetsten. Die Schnittgrößen können – wie für reine Ortbetonplatten – mit Hilfe der FE-Methode ermittelt werden [4] bis [9].

## 2 Zur Bemessung im Endzustand

Die Nachweiskonzepte und die allgemeinen Bemessungsgrundsätze gelten für Ortbetondecken und für Teilfertigdecken gleichermaßen. Teilfertigdecken dürfen wie Ortbetonplatten bemessen werden, wenn der Verbund in der Fuge Fertigplatte/Ortbeton gesichert ist (DIN 1045-1, Abschnitt 10.3.6).

### 2.1 Bemessung für Biegung

Verlaufen Stöße zwischen zwei Fertigplatten im unteren Biegedruckbereich (Bereich negativer Momente), muß ein mindestens 4 cm breiter Zwischenraum (besser  $\geq 5 \text{ cm}$ ) zum kraftschlüssigen Ausbetonieren auf der Baustelle vorhanden sein, damit die Biegedruckkräfte einwandfrei

übertragen werden können. Dadurch ergibt sich keine Änderung der Bemessung für die obere Bewehrung gegenüber Ortbetonplatten.

Auch die Bemessung für die Feldbewehrung erfolgt grundsätzlich wie für Ortbetonplatten. Dabei sind die Untergurtstäbe der Gitterträger bei vorwiegend ruhender Belastung ein Teil der Feldbewehrung. Die Feldbewehrung (der hauptsächlich Lastabtragungsrichtung) liegt in der Fertigplatte.

Mindestens 20 % der erforderlichen Längsbewehrung sind als Querbewehrung einzulegen und über der Plattenfuge mit Zulagen im Ortbeton zu stoßen (DIN 1045-1, Abschnitt 13.3.2 (2) und Zulassung für Gitterträger).

Bei zweiachsig gespannten Platten mit nicht raumgroßen Fertigplatten liegt die Feldbewehrung in x-Richtung im Normalfall in der Fertigplatte (in Richtung der Gitterträger), die Feldbewehrung in y-Richtung auf der Fertigplatte im Ortbeton. Die um ca. 4 cm kleinere statische Höhe  $d_y$  gegenüber  $d_x$  muß bei der Bemessung von  $a_{sy}$  selbstverständlich berücksichtigt werden. Ein größerer Abstand als 5 cm ist nicht zulässig. Die  $a_{sy}$ -Feldbewehrung darf nach neuer Norm auch bei nicht raumgroßen Fertigplatten in den Fertigplatten angeordnet und über den Plattenfugen gestoßen werden (DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3 (2)). Die geringere statische Höhe über der Fuge ist bei der Bemessung zu beachten.

Bei Flachdecken erfolgt die Biegebemessung für Teilfertigdecken unter Beachtung der vorgenannten Punkte wie für Ortbetondecken. Es ist sehr zu empfehlen, die statisch erforderliche  $a_{sy}$ -Feldbewehrung ungestoßen zwischen den Rasterachsen im Ortbeton durchlaufen zu lassen. Bei Flachdecken zeigt die y-Koordinate i. a. in Richtung der kürzeren Feldweite.

### 2.2 Bemessung für Querkraft

Unter der Bedingung, daß die Schubkraft in der Verbundfuge Fertigplatte/Ortbeton aufgenommen werden kann, gelten bei der Querkraftbemessung die gleichen Regeln für Ortbetonplatten und für Teilfertigdecken. Dabei braucht der Nachweis der Querkraftaufnahme im Normalfall (reine Biegung und keine Drucknormalspannung rechtwinklig zur Fuge) bei Teilfertigdecken nicht extra geführt werden, weil der Nachweis der Schubkraftaufnahme in der Verbundfuge immer maßgebend ist. Das betrifft sowohl die Größe der Verbund-/Querkraftbewehrung als auch die Größe der maximal aufnehmbaren Querkraft. Der Nachweis der Schubkraftaufnahme in der Verbundfuge beinhaltet also auch gleichzeitig den ganz „normalen“ Querkraftnachweis. Es wird lediglich die Frage gestellt und beantwortet, ob Querkraftbewehrung erforderlich ist, um u. a. die in diesem Fall weitergehenden Bewehrungsregelungen für Querkraftbewehrung einzuhalten.

#### 2.2.1 Schubkraftübertragung in der Fuge Fertigplatte/Ortbeton

##### 2.2.1.1 Allgemeines

Im Gegensatz zu DIN 1045, Juli 1988 könnte nach neuer Norm auf eine Verbundbewehrung = Verbindungsbewehrung zwischen Fertigplatte und Ortbeton verzichtet

werden. Diese Möglichkeit hält sich jedoch in engen Grenzen und wird im Bereich von Endauflagern gegebenenfalls aufgehoben (DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3 (5)). Aus praktischen Gründen, z. B. wegen erforderlicher Montagesteifigkeit, wird es jedoch auch weiterhin eine flächig angeordnete Verbundbewehrung aus Gitterträgern geben.

*Der Nachweis der Schubkraftaufnahme in der Fuge Fertigplatte/Ortbeton beinhaltet auch gleichzeitig den Nachweis der Querkraftaufnahme.*

Von „reiner“ Verbundbewehrung spricht man, solange noch keine Querkraftbewehrung erforderlich ist. Die Beantwortung der Frage, ob noch Verbundbewehrung ausreicht oder schon Querkraftbewehrung – die in ihrer Größe selbst nicht ermittelt werden braucht – erforderlich ist, hat Einfluß auf die folgenden Punkte:

- Größe des inneren Hebelarms  $z$
- Gitterträger – Höhen
- Gitterträger – Abstände
- Zulässiger Neigungswinkel der Diagonalen

Zur Größe des inneren Hebelarms  $z$ :

- Wenn nur Verbundbewehrung erforderlich ist ( $v_{Ed} \leq v_{Rd,ct}$ ), dann ist  $z = 0,9 \cdot d$  ([1], Abschnitt (4.1)).
- Wenn Querkraftbewehrung erforderlich werden sollte ( $v_{Ed} > v_{Rd,ct}$ ), dann gilt  $z = 0,9 \cdot d$  und  $z = d - 2 \cdot c_{nom}$

Der kleinere von beiden Werten ist maßgebend. Dabei ist  $c_{nom}$  die Betondeckung in der Biegedruckzone ([1], Abschnitt 4.2 und DIN 1045-1, Abschnitt 10.3.4 (2)) und braucht rechnerisch nicht größer als  $c_{nom} = 3,0$  cm ange- setzt werden [17].

In der Verbundfuge muß nach DIN 1045-1, Abschnitt 10.3.6 (2), eine Schubkraft übertragen werden von

$$v_{Ed,Fuge} = \frac{F_{cdj}}{F_{cd}} \cdot \frac{v_{Ed}}{z} \quad (\text{Gl. 83, DIN 1045-1})$$

Dabei sind

- $v_{Ed}$  = aufzunehmende Platten-Querkraft, Bemessungs- querkraft
- $z$  = Hebelarm der inneren Kräfte
- =  $0,9 \cdot d$ , wenn nur Verbundbewehrung erforderlich ist, und
- $\leq d - 2 \cdot c_{nom}$ , wenn Querkraftbewehrung angeord- net werden muß

$F_{cd}$  = Biegedruckkraft im Querschnitt infolge  $m_{Ed}$

$F_{cdj}$  = Anteil der Biegedruckkraft  $F_{cd}$  im Fertigteil- querschnitt (falls Fertigteilquerschnitt überhaupt in der Biegedruckzone liegt).

Wenn die Biegezugbewehrung in der Fertigplatte liegt, ist das Verhältnis  $F_{cdj} / F_{cd}$  immer = 1, und auch wenn sich die Biegedruckzone im Bereich der Fertigplatte befindet, sollte vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend das Verhältnis = 1 gesetzt werden. Eine Abminderung ist nur in besonderen Fällen angebracht.

## 2.2.1.2 Unbewehrte Fugen

Die Frage, ob die Fuge zwischen Fertigplatte und Ortbe- ton auch ohne Verbundbewehrung tragfähig ist, brauchte eigentlich nicht beantwortet werden, weil sie ohne prak- tische Bedeutung ist. Für die Ermittlung der Druckstre- benneigung ist jedoch die Berechnung der aufnehmba- ren Schubkraft ohne Verbundbewehrung notwendig. Sie beträgt für Normalbeton und ohne Normalspannungen senkrecht zur Fuge (Normalfall)

$$\text{aufn } v_{Ed,Fuge} = v_{Rd,ct,Fuge} = 0,042 \cdot \beta_{ct} \cdot \sqrt[3]{f_{ck}} \cdot b \quad (\text{Gl. 84, DIN 1045-1})$$

Dabei sind

- $\beta_{ct}$  der Rauigkeitsbeiwert nach Tabelle 13, DIN 1045-1
- $f_{ck}$  der charakteristische Wert der Betondruckfestigkeit des Ortbetons oder des Fertigteils (der kleinere Wert ist maßgebend) in  $\text{MN/m}^2$
- $b$  die Breite der Kontaktfläche, bei Teilfertigdecken 1,0 m/m

Die Oberflächenbeschaffenheit der Fertigplatte wird in DIN 1045-1, Abschnitt 10.3.6 (1) definiert. Sie wird hier im einzelnen nicht wiedergegeben. Die richtige Annahme der Oberflächenbeschaffenheit zum Zeitpunkt der Bemessung bereitet jedoch immer wieder Schwierigkeiten. Die Fuge kann im allgemeinen als glatt angenommen werden. Als rau kann die Fuge nur dann vorteilhaft eingestuft werden, wenn eine definierte Rauigkeit nach [10] gegeben ist und diese am besten an Referenzkörpern geprüft wurde. Wenn Fertigplatten mit selbstverdichtendem Beton hergestellt werden, ist die Fuge als sehr glatt zu betrachten [11].

*Eine raue Fuge ist hinsichtlich der Beanspruchbarkeit, der Betondeckung und der Wirtschaftlichkeit günstiger.*

## 2.2.1.3 Bewehrte Fugen

Ist die einwirkende Schubkraft  $v_{Ed,Fuge} > v_{Rd,ct,Fuge}$ , wird eine Verbundbewehrung erforderlich. Wenn – wie üblich – keine Normalspannungen senkrecht zur Fuge vorhan- den sind, beträgt die von der Fuge aufnehmbare Schub- kraft mit Bewehrung aufn  $v_{Ed,Fuge} =$

$$v_{Rd,sy,Fuge} = a_{s,Fuge} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \beta) \cdot \sin \alpha \quad (\text{Gl. 85, DIN 1045-1})$$

Dabei sind

$$a_{s,Fuge} = \frac{A_{sD}}{s_T} \cdot \frac{\text{cm}^2 / \text{m}}{\text{m}} = \text{Verbundbewehrung/Querkraftbewehrung}$$

$$A_{sD} \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = \text{Querschnitt der zum Auflager hin steigen- den Diagonalen (ggfs. auch Vertikalen) ei- nes Gitterträgers pro lfm. Länge}$$

$$s_T [\text{m}] = \text{Abstand der Gitterträger}$$

$$\begin{aligned}
 f_{yd} &= \text{ Bemessungswert der Stahlspannung der (glatten) Diagonalen} \\
 &= \frac{42,0 \text{ kN/cm}^2}{1,15} = 36,5 \text{ kN/cm}^2 \\
 &= \text{ Neigungswinkel der Gitterträger-Diagonalen/-Vertikalen} \\
 &= \text{ Neigungswinkel der Betondruckstrebe}
 \end{aligned}$$

Verbundbewehrung und ggf. erforderliche Querkraftbewehrung brauchen nicht addiert werden; der größere Wert aus dem Verbundnachweis ist maßgebend. Falls Querkraftbewehrung erforderlich werden sollte, sind selbstverständlich die Bewehrungsregelungen für Querkraftbewehrung zu berücksichtigen (siehe Abschn. 3.2).

Die Neigung der Betondruckstreben des Fachwerks ist nach Gl. (86), DIN 1045-1 und nach den Gitterträger-Zulassungen (z. B. [12], Abschnitt 3.2.4 (3)) wie folgt zu berechnen und zu begrenzen:

$$\cot \leq \frac{1,2}{1 + \frac{v_{Rd,ct,Fuge}}{v_{Ed,Fuge}}} \geq 1,0$$

$$\leq 3,0$$

mit = Reibungsbeiwert nach Tabelle 13, DIN 1045-1.

Auch wenn eine rechtwinklig zur Fuge wirkende Normaldruckspannung  $N_d$  bei der Berechnung von  $v_{Rd,ct,Fuge}$  nach DIN 1045-1, Gl. (84) angesetzt worden sein sollte, darf in der oben wiedergegebenen Gl. (86) der Einfluß von  $N_d$  in  $v_{Rd,ct,Fuge}$  nicht enthalten sein. In diesem Beitrag wird von vornherein die Mitwirkung der ohnehin nur in wenigen Bereichen vorhandenen Reibungskräfte ausgeschlossen.

Die Größe für  $\cot$  kann wie bei einem allgemeinen Querkraftnachweis frei gewählt werden zwischen dem errechneten Wert und dem unteren Grenzwert  $\cot = 1,0$ . Man bleibt i. a. bei dem größeren errechneten Wert  $\cot$ , weil er zur kleinstmöglichen Verbundbewehrung führt. Ein kleinerer  $\cot$ -Wert (größerer Winkel) würde dagegen eine größere Tragfähigkeit der Betondruckstrebe ergeben ( $v_{Rd,max}$ ).

Anmerkungen zum unteren Grenzwert  $\cot = 1,0$ : In den zuerst ausgestellten Gitterträger-Zulassungen (z. B. [1]) ist für Neigungswinkel  $< 55^\circ$  der untere Grenzwert zunächst auf  $\cot = 1,2$  angehoben worden. Vergleichsrechnungen haben nämlich ergeben, daß bei Werten von  $\cot < 1,2$  und  $< 55^\circ$  die maximal aufnehmbaren Querkraften  $v_{Rd,max}$  gegenüber DIN 1045, Juli 1988 größer werden und damit den bisherigen Erfahrungsbereich überschreiten. In den neueren Gitterträger-Zulassungen (z. B. [12]) gilt jedoch vernünftigerweise ein für alle Neigungswinkel einheitlicher unterer Grenzwert von  $\cot = 1,0$ . Dafür wird die maximal aufnehmbare Querkraft  $v_{Rd,max}$  für Winkel  $> 55^\circ$  direkt reduziert. Die Umstellungen aller Gitterträger-Zulassungen auf einen einheitlichen Grenzwert  $\cot = 1,0$  sind nach Auskunft des DIBt zur Zeit nicht vorgesehen. Sachlich sind ein einheitlicher unterer Grenzwert  $\cot = 1,0$  und eine direkte Reduzierung von  $v_{Rd,max}$  für  $> 55^\circ$  für alle Gitterträger jedoch gerechtfertigt und für eine einfachere Berechnung geradezu geboten (Regelungen für  $v_{Rd,max}$  siehe Pkt. 2.2.1.4).

### 2.2.1.4 Nachweis der maximal aufnehmbaren Querkraft

$$v_{Rd,max}$$

Nach den Zulassungen für Gitterträger (z. B. [12], Abschnitt 3.2.4 (4.2)) darf die Querkraft-/Verbundbewehrung nur dann allein aus Gitterträger-Diagonalen bestehen, wenn die einwirkende Querkraft bei Normalbeton beschränkt wird auf  $v_{Ed} \leq$

$$v_{Rd,max} = 0,25 \cdot b \cdot z \cdot 0,75 \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot}{1} \cdot \frac{\cot}{\cot^2}$$

für  $< 55^\circ$

$$v_{Rd,max} = 0,30 \cdot b \cdot z \cdot 0,75 \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot}{1} \cdot \frac{\cot}{\cot^2} \cdot (1 + \sin(\alpha - 55^\circ)) \text{ für } \geq 55^\circ$$

Anderenfalls müssen mindestens 50 % der aufzunehmenden Querkraft durch Bügel abgedeckt werden.

*Vereinfachung und Vereinheitlichung der Regelungen für die Ermittlungen von  $\cot$  und  $v_{Rd,max}$  in den Gitterträger-Zulassungen sind erforderlich.*

Beim Nachweis für  $v_{Rd,max}$  ist stets der  $\cot$ -Wert des Verbundnachweises anzusetzen ([12], Abschnitt 3.2.4 (4.2)). Bei unterschiedlichen Neigungswinkeln  $\alpha_i$  der Gitterträgerstäbe in Gitterträgerichtung (z. B. Vertikalen und Diagonalen) ist bei Ansatz eines einheitlichen Druckstrebenwinkels der Nachweis für  $v_{Rd,max}$  mit gewichteten Anteilen der Winkel  $\alpha_i$  wie folgt zu führen:

$$\frac{v_{Rd,sy, i}}{v_{Rd,max, i}} \leq 1,0$$

Vereinfacht ist der Nachweis auch dann erbracht, wenn die Gesamtquerkraft  $v_{Ed} \leq \min v_{Rd,max, i}$  ist.

Darüber hinaus reicht es in den meisten Fällen sogar aus, den Nachweis unabhängig von den tatsächlichen (bis zu drei unterschiedlichen) Neigungswinkeln  $\alpha_i$  mit dem rechnerisch ungünstigsten Winkel  $\alpha = 55^\circ$  und der Formulierung für  $< 55^\circ$  zu führen.

### 2.2.1.5 Beispiel

- geg.: Teilfertigdecke mit  $h = 18 \text{ cm}$
- Statische Höhe  $d = 15 \text{ cm}$
- Betondeckung  $c_{nom} = 2,0 \text{ cm}$
- Bemessungsquerkraft  $v_{Ed} = 33,4 \text{ kN/m}$
- Biegezugbewehrung R 513
- Beton C 20/25

ges.: Nachweis der Verbundfuge Fertigplatte/Ortbeton

- Ist Querkraftbewehrung erforderlich?  
Aufnehmbare Querkraft  $v_{Rd,ct}$  ohne Querkraftbewehrung (Gl. 70, DIN 1045-1):

$$v_{Rd,ct} = 0,10 \cdot \kappa \cdot \sqrt[3]{1} \cdot f_{ck} \cdot b \cdot d$$

$$\text{mit } \kappa = 1 + \sqrt{\frac{20}{d \text{ cm}}} = 1 + \sqrt{\frac{20}{15}} = 2,15 > 2,0$$

$$\kappa = 2,0$$

$$i [\%] = \frac{a_{sl} \text{ cm}^2 / \text{m}}{d \text{ cm}} = \frac{5,13}{15} = 0,34 \% \leq 2,0 \%$$

$$v_{Rd,ct} = 0,10 \cdot 2,0 \cdot \sqrt[3]{0,34 \cdot 20} \cdot 1,0 \cdot 0,15$$

$$= 0,057 \text{ MN/m} = 57 \text{ kN/m} > 33,4 \text{ kN/m} = v_{Ed}$$

Es ist keine Querkraftbewehrung erforderlich.  
Innerer Hebelarm  $z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 15 \text{ cm} = 13,5 \text{ cm}$

– Aufzunehmende Schubkraft in der Fuge:

$$v_{Ed,Fuge} = \frac{F_{cdj}}{F_{cd}} \cdot \frac{v_{Ed}}{z} = 1,0 \cdot \frac{33,4 \text{ kN/m}}{0,135 \text{ m}}$$

$$= 247 \text{ kN/m}^2$$

– Aufnehmbare Schubkraft in der Fuge ohne Verbundbewehrung:

$$v_{Rd,ct,Fuge} = 0,042 \cdot \beta_{ct} \cdot \sqrt[3]{f_{ck}} \cdot b$$

mit  $\beta_{ct} = 1,4$  (glatte Fuge)

$$= 0,042 \cdot 1,4 \cdot \sqrt[3]{20} \cdot 1,0$$

$$= 0,160 \text{ MN/m}^2$$

$$v_{Rd,ct,Fuge} = 160 \text{ kN/m}^2 < 247 \text{ kN/m}^2 = v_{Ed,Fuge}$$

Ohne Verbundbewehrung ist die einwirkende Schubkraft nicht aufnehmbar.

– Druckstrebenneigung :

$$\cot = \frac{1,2}{1 - v_{Rd,ct,Fuge} / v_{Ed,Fuge}}$$

mit  $= 0,6$  (glatte Fuge)

$$= \frac{1,2 \cdot 0,6}{1 - 160 / 247} = 2,04 \geq 1,0$$

$$\leq 3,0$$

– Ermittlung der Verbundbewehrung:

$$\text{erf } a_{s,Fuge} = \frac{v_{Ed,Fuge}}{f_{yd} \cdot (\cot - \cot) \cdot \sin}$$

mit  $f_{yd} = 36,5 \text{ kN/cm}^2$  (Gitterträger)  
 $= 53,6^\circ$  für gewählten Gitterträger  
KT 812 [1]

$$\text{erf } a_{s,Fuge} = \frac{247 \text{ kN/m}^2}{36,5 \text{ kN/cm}^2 \cdot (2,04 - 0,74) \cdot 0,805}$$

$$= 3,0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

gew.: z. B. Gitterträger KT 812 [1] mit Diagonalen  
2 6 mm ( $s_D = 20 \text{ cm}$ ) im Abstand  
 $s_T = 62,5 \text{ cm}$

$$\text{vorh } a_{s,Fuge} = \frac{2 \cdot 0,283 \text{ cm}^2}{0,20 \text{ m} \cdot 0,625 \text{ m}}$$

$$= 4,5 \text{ cm}^2/\text{m}^2 > 3,0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

– Nachweis, daß die Verbundbewehrung allein aus Gitterträger-Diagonalen bestehen darf:

$$v_{Rd,max} = 0,25 \cdot b \cdot z \cdot 0,75 \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot}{1} \frac{\cot}{\cot^2} \text{ für } < 55^\circ$$

$$= 0,25 \cdot 1,0 \text{ m/m} \cdot 0,135 \text{ m} \cdot 0,75$$

$$\cdot 11,3 \text{ MN/m}^2 \cdot \frac{2,04}{1} \frac{0,74}{2,04^2}$$

$$= 0,154 \text{ MN/m} = 154 \text{ kN/m} > v_{Ed} = 33,4 \text{ kN/m}$$

Die Verbundbewehrung darf allein aus Gitterträger-Diagonalen bestehen.

### 2.3 Bemessung für Durchstanzen

Nicht zuletzt aufgrund der Stuttgarter Versuche [8] kann die Bauart Teilfertigdecke auch im gesamten Durchstanzbereich einer Flachdecke ausgeführt werden. Hinsichtlich des Nachweises der Sicherheit gegenüber Durchstanzen (DIN 1045-1, Abschnitt 10.5) sind dafür grundsätzlich zwei Nachweise zu führen:

1. Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen wie bei einer reinen Ortbetonplatte
2. Nachweis der Schubkraftaufnahme in der Fuge Fertigplatte/Ortbeton.

Mögliche Durchstanzbewehrungen sind außer den Bewehrungselementen nach DIN 1045-1 und den Dübelleisten nach Zulassungen auch spezielle Gitterträger (z. B. [12], [13]).

Auf die aufwendige Bemessung wird im Rahmen dieses Beitrags nicht näher eingegangen. Hierzu sei auf die einzelnen Bemessungsprogramme der jeweiligen Firmen verwiesen (z. B. [18]).

## 3 Zu Bewehrung und Konstruktion

Hinsichtlich der Bewehrungsführung, die in DIN 1045-1 hauptsächlich im Abschnitt 12 behandelt wird, gibt es keine unterschiedlichen Regelungen für reine Ortbetondecken und für Teilfertigdecken.

### 3.1 Verbundsicherungsbewehrung

Nach DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3 (5) ist in der Fuge Fertigplatte/Ortbeton im Bereich von Endauflagern ohne Wandauflast eine Verbundsicherungsbewehrung von mindestens  $6 \text{ cm}^2/\text{m}$  auf einer Breite von  $0,75 \text{ m}$  entlang der Auflagerlinie anzuordnen. Diese Verbundsicherungsbewehrung braucht nicht zusätzlich zu einer rechnerisch erforderlichen oder rechnerisch nachgewiesenen Verbundbewehrung eingebaut werden [10].

### 3.2 Gitterträger als Verbund- und Querkraftbewehrung

Nach den Zulassungen sind die Diagonalen in Richtung der Gitterträger wie aufgebogene Längsstäbe zu behandeln. Für die aufzunehmende Schubkraft/Querkraft werden nur die zum Auflager hin steigenden Diagonalen berücksichtigt. Obwohl die Diagonalen aus BSt 500 bestehen, darf wegen der glatten Oberfläche der Stäbe nur ein

Streckgrenzenwert von  $f_{yk} = 420 \text{ N/mm}^2$  in Rechnung gestellt werden. Damit ergibt sich der Bemessungswert zu  $f_{yd} = 420 : 1,15 = 365 \text{ N/mm}^2$ .

Für Gitterträger als Verbundbewehrung ( $v_{Ed} \leq v_{Rd,ct}$ ) gelten folgende Regelungen ([1], [12]):

- Lichter Abstand zwischen Fertigplatte und GT-Obergurt:  $\geq 2,0 \text{ cm}$
- GT-Abstände bei einachsig gespannten Platten:
  - a) Gitterträger verlaufen in Spannrichtung (Normalfall):  $s_T \leq 5 \cdot h \leq 75 \text{ cm}$
  - b) Gitterträger verlaufen quer zur Spannrichtung (z. B. Balkonplatten):  $s_T \leq 2 \cdot h \leq 75 \text{ cm}$

Für Gitterträger als Querkraftbewehrung ( $v_{Ed} > v_{Rd,ct}$ ) sind die folgenden Punkte zu beachten ([1], [12]):

- Mindestgröße des Neigungswinkels der Diagonalen:  $\geq 45^\circ$ .
- Die Gitterträger müssen unter Berücksichtigung der Betondeckung über die ganze Querschnittshöhe reichen. Dazu gibt es allerdings Detailregelungen, die z. B. [1] zu entnehmen sind.
- GT-Abstände bei einachsig gespannten Platten:
  - a) Gitterträger verlaufen in Spannrichtung (Normalfall):
    - $s_T \leq 40 \text{ cm}$  bei  $h \leq 40 \text{ cm}$
    - $\leq h$  bei  $h > 40 \text{ cm}$
  - b) Gitterträger verlaufen quer zur Spannrichtung (z. B. Balkonplatten):
    - $s_T \leq (\cot \alpha + \cot \beta) \cdot z$  mit  $\alpha = 90^\circ$
    - $\leq 40 \text{ cm} \leq 2 \cdot h$

In zweiachsig gespannte Platten sind die Gitterträger wie folgt anzuordnen:

1. In Richtung der Gitterträger (x-Richtung): Bemessung und Anordnung der Gitterträger wie bei einachsig gespannten Teilfertigdecken.
2. Quer zu den Gitterträgern (y-Richtung): Hier sind folgende Fälle zu unterscheiden:
  - Wenn die Feldbewehrung  $a_{sy}$  in der Fertigplatte liegt (raumgroße Fertigplatte), müssen auch quer zu den Gitterträgern die Aufnahme der Querkraft und in der Fuge die Aufnahme der Schubkraft nachgewiesen werden.
  - Wenn die Feldbewehrung  $a_{sy}$  im Ortbeton liegt und das betreffende Auflager für  $a_{sy}$  ein gelenkiges Endauflager ist, braucht quer zu den Gitterträgern kein Verbundnachweis geführt werden, weil in diesem Fall nur der Ortbetonquerschnitt für die Bemessung herangezogen wird. Falls in y-Richtung eine Bewehrung für die aufzunehmende Querkraft erforderlich werden sollte, ist diese Querkraftbewehrung nach den Regeln wie für einen reinen Ortbetonquerschnitt vorzusehen. Die Querkraftbewehrung sollte dann aber nicht nur den Ortbetonteil umfassen, sondern die gesamte Querschnittshöhe.
  - Wenn die Feldbewehrung  $a_{sy}$  im Ortbeton liegt und das betreffende Auflager für  $a_{sy}$  ein Zwischenaullager oder eingespanntes Auflager ist, beteiligt sich in diesem Bereich der gesamte Querschnitt an der Lastabtragung, d. h. es liegt auch eine Schubbeanspruchung in der Fuge zwischen Fertigplatte und Ortbeton vor.

Demzufolge ist ein Nachweis für die Verbundfuge zu führen.

- Die Abstände der Gitterträger in y-Richtung im Bereich der negativen Biegemomente sind wie für einachsig gespannte Platten zu ermitteln.
- Bemessung der Verbund- und Querkraftbewehrung in Querrichtung der Gitterträger:
 

Es kann vorausgesetzt werden, daß in den Bereichen, für die der Nachweis in y-Richtung zu führen ist, die Beanspruchung in x-Richtung vernachlässigbar ist. Dann können die Diagonalen der Gitterträger allein für die Querkraftabtragung in y-Richtung bemessen werden. Hierzu werden alle Diagonalen herangezogen, wobei die Neigung in Richtung der Gitterträgerachse selbstverständlich zu berücksichtigen ist. Die Diagonalen wirken dann wie senkrechte Bügel, wenn man nur die vertikale Kraftkomponente  $Z_{Diag} \cdot \sin \alpha$  in Rechnung stellt. Die geringfügige Neigung der beiden Diagonalebeneen rechtwinklig zur Gitterträgerachse kann vernachlässigt werden.

Anmerkung zur Verteilung/Anordnung von unterschiedlichen Gitterträgern:

Bei größerer Querkraft-/Schubkraftbeanspruchung werden außer den Standard-Gitterträgern (z. B. [1]) auch zusätzlich Schub-Gitterträger (z. B. [12]) angeordnet. Dabei stellt sich die Frage, ob noch eine etwa gleichmäßige Verteilung der Verbund-/Querkraftbewehrung, die grundsätzlich anzustreben ist, vorliegt. Eine Regelung, wann das (noch) der Fall ist, gibt es nicht.

In Anlehnung an die Auslegung zur gleichmäßigen Verteilung der Biegezugbewehrung nach DIN 1045, Ausgabe 1988 kann aber folgende Empfehlung gegeben werden:

Eine gleichmäßige Verteilung von Verbund-/Querkraftbewehrung liegt dann vor, wenn mindestens die Hälfte der erforderlichen Bewehrung mit dem zulässigen Höchstabstand und die restliche Bewehrung mit dem zweifachen zulässigen Höchstabstand angeordnet wird.

### 3.3 Betondeckung

Für Teilfertigdecken sind die Regelungen für den Bereich des Stoßes zweier benachbarter Fertigplatten und für die Abstände zur Oberfläche der Fertigplatte von Bedeutung. Ansonsten gibt es keine Unterschiede zu den reinen Ortbetondecken. Unter Beachtung von DIN 1045-1, Ab-

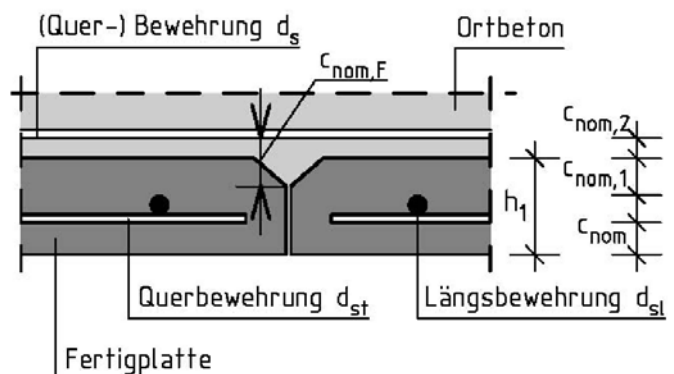


Bild 2. Betondeckungen  
Fig. 2. Concrete covers

schnitt 6.3 und den Erläuterungen hierzu in [10] ergeben sich in den Stoß- und Fugenbereichen der Fertigplatten folgende Betondeckungen (Bild 2):

- $c_{\text{nom},1} = c_{\text{min},1} + c_1 \geq 5 \text{ mm} + 0 \text{ mm} \geq d_{\text{sl}}^1$
- $c_{\text{nom},2} = c_{\text{min},2} + c_2 \geq 10 \text{ mm} + 0 \text{ mm} \geq 10 \text{ mm}$
- $c_{\text{nom},F} = c_{\text{nom}}$

Empfehlung: im Normalfall immer  $c_{\text{nom},1} \geq d_{\text{sl}}$

Bei Verwendung von Gitterträgern als Verbund-/Querkräftbewehrung darf gemäß der bauaufsichtlichen Zulassungen (z. B. [1], [12]) bei rauer Fuge für die im Ort beton verlegte Bewehrung die Mindestbetondeckung  $c_{\text{min},2}$  auf 5 mm reduziert werden gegenüber dem Beton der Fertigplatte. Damit ergibt sich für diesen Fall bei einem Vorhaltemaß von weiterhin  $c = 0$  eine Betondeckung von  $c_{\text{nom},2} = 5 \text{ mm}$ . Da die im Ort beton verlegte Bewehrung vor dem Verbund des Ortbetons mit dem Beton der Fertigplatte nicht beansprucht wird, braucht hier nicht das Kriterium des Verbundes mit  $c_{\text{min}} \geq d_s$  angewendet werden.

### 3.4 Auflagerausbildungen im Endzustand

Bei einachsig und zweiachsig gespannten Teilfertigdecken liegt im Normalfall die Fertigplatte auf dem Auflager auf. In Richtung der Gitterträger weist die aus der Fertigplatte herausragende Feldbewehrung die erforderliche Verankerungslänge auf. Alle anderen Fälle wurden bisher wie ein ausgeklinktes Plattenende behandelt [14]. Detaillierte Ausführungen hierzu sind u. a. in [15] und [16] enthalten.

Aus DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3 (2) und Bild 74 b können nun für alle vom Normalfall abweichenden Auflagerungen große Vereinfachungen abgeleitet werden. Direkt angesprochen wird im vorgenannten Abschnitt zwar nur der Bewehrungsstoß über der Fuge bei zweiachsig gespannten Teilfertigdecken, in der Konsequenz ist diese Ausführung aber auch für den Auflagerbereich gültig [17]. Nähere Angaben zu diesem Bewehrungsstoß sind dem o. g. Abschnitt und Bild 74 zu entnehmen.

*Die einfachere Ausführung der Auflagerausbildung ist ein positiver Beitrag der neuen DIN 1045-1.*

Von größter Bedeutung für die Anwendbarkeit ist dabei die maximal zulässige Bemessungsquerkraft. Sie beträgt  $v_{\text{Ed}} \leq 0,3 \cdot v_{\text{Rd,max}}$  mit  $v_{\text{Rd,max}}$  nach DIN 1045-1, Abschnitt 10.3.4. Mit dieser Vorgabe ist in den meisten Fällen eine Auflagerausbildung nach DIN 1045-1, Bild 74 b möglich, d. h. die Fertigplatte kann – unter Beachtung der weiteren in DIN 1045-1, Abschnitt 13.4.3 (2) genannten Bedingungen – vor dem Auflager enden, ohne daß eine Behandlung als ausgeklinktes Plattenende erforderlich ist.

## 4 Fazit

Der größte Teil aller in Deutschland hergestellten Stahlbetonplatten wird als Teilfertigdecken ausgeführt. Durch die Einführung der neuen DIN 1045-1 hat sich vor allem der

1)  $c_{\text{nom},1} \geq d_{\text{sl}}$  ist dann erforderlich, wenn der Längsstab  $d_{\text{sl}}$  im Bauzustand ausgenutzt wird.

Nachweis für die Tragfähigkeit der Fuge zwischen Fertigplatte und Ort beton geändert. Die wesentlich aufwendigere Berechnung gegenüber der alten Norm wird im vorliegenden Beitrag unter baupraktischen Gesichtspunkten aufgezeigt und z. T. kritisch begleitet. Einige Neuerungen in DIN 1045-1, wie z. B. die vereinfachte Auflagerausbildung, fördern dagegen die Bauweise Teilfertigdecke.

## Literatur

- [1] Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin: Zulassungsbescheid Nr. Z-15.1-1 vom 18. Oktober 2004 für den Kaiser-Gitterträger KT 800, Badische Drahtwerke, Kehl/Rhein.
- [2] Institut für Bautechnik, Berlin: Mitteilungen 2/1974, S. 40
- [3] Institut für Bautechnik, Berlin: Mitteilungen Sonderheft 2/1978, S. 11
- [4] Schießl, P.: Drillsteifigkeit von Fertigplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht; Beton- und Stahlbetonbau, Heft 3 / 1996, S. 62–67 u. Heft 4/96, S. 86 – 89
- [5] Bechert, H. und Furche, J.: Bemessung von Elementdecken mit der Methode der Finite Elemente; Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 5/1993, S. 47 – 51
- [6] Goldberg, G., Schmitz, M. und Land, H.: Zweiachsige Lastabtragung bei Elementdecken; Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 7/93, S. 86 – 89
- [7] Krömer, A.: Drillsteifigkeit von Flachdecken in der Ausführung als Elementdecken; Diplomarbeit FH Koblenz, 1996
- [8] FMPA Baden-Württemberg, Stuttgart: Prüfungsbericht Nr. 21-21634 v. 01.07.96 über Durchstanzversuche an Stahlbetonplatten mit Rippendübeln und vorgefertigten Großflächenplatten
- [9] Curbach, M. und Brückner, A.: FEM-Studie über Durchbiegung und Tragverhalten von Flachdecken aus Elementplatten. Forschungsbericht TU Dresden, Institut für Massivbau, 2004
- [10] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 525: Erläuterungen zu DIN 1045-1; Beuth Verlag Berlin, 2003
- [11] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Richtlinie selbstverdichtender Beton, Ausgabe November 2003
- [12] Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin: Zulassungsbescheid Nr. Z-15.1-38 vom 22. September 2005 für den Kaiser-Omnia-Träger KTS, Badische Drahtwerke, Kehl/Rhein.
- [13] Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin: Zulassungsbescheid Nr. Z-15.1-217 vom 8. April 2004 für Filigran-Durchstanzbewehrung, Filigran Trägersysteme, 31633 Leese
- [14] Institut für Bautechnik, Berlin: SVA „Tragende Beton- und Stahlbetonbauteile“, Sitzung am 11.12.79, TOP 8
- [15] SYSPRO-Gruppe Betonbauteile: Technisches Handbuch zur SYSPRO-TEC-Qualitätsdecke; 1995
- [16] Badische Drahtwerke, Kehl: Technisches Handbuch Plattendecke, 2. Aufl. 2001
- [17] Normenausschuß Bauwesen (NABAU): Auslegung zu DIN 1045-1, Stand 14.02.2005
- [18] www.bdw-kehl.de



Prof. Dr.-Ing. Hartmut Land  
FH Koblenz  
Fachbereich Bauingenieurwesen  
Rheinau 3 – 4  
56075 Koblenz  
fbbau@fh-koblenz.de