

Tech-News 10/05 Fachgebiet: Stahlbeton

von
Dipl.-Ing. Magnus Forster
Prüfingenieur für Baustatik VPI
Am Straßdorfer Berg 7
73529 Schwäbisch Gmünd

von
Dipl.-Ing. Jürgen Lorch
Prüfingenieur für Baustatik VPI
Eichenstrasse 11
71149 Bondorf

Gitterträger für Fertigteilplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht

1. Allgemeines:

Die vorliegende Tech-News soll dem planenden Tragwerksplaner Hilfestellung geben bei der Aufbereitung der umfangreichen und zum Teil nicht leicht verständlichen Materie. Es gibt sicherlich einige Zulassungen für die Gitterträger für Fertigteilplatten mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht. Der nachfolgende Text nimmt Bezug auf die Zulassung Z-15.1-147 (Filigran Trägersysteme GmbH & Co. KG) und die Zulassung Z-15.1-1 (Badische Drahtwerke GmbH).

Vorab sei darauf verwiesen, dass für die Gitterträger EQ und KTS der o.a. Firmen bis jetzt keine Zulassungen vorliegen. Diese Gitterträger sind nach der Übergangsrichtlinie des DIBt zu behandeln.

2. Abstände für die Gitterträger:

Verbundbewehrung

In Bauteilen ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung nach DIN 1045-1, 10.3.3 sind Gitterträger als Verbundbewehrung erforderlich.

Abstand OK Elementplatte bis UK Obergurt	≥ 2 cm	
Abstand der Verbundbewehrung in		
1-achsig gespannte Platten		
in Stützrichtung	$\leq 2,5 h$	(h = Deckendicke)
quer zu den Gitterträgern	$\leq 5,0 h \leq 75$ cm	
	Randabstand $\leq 37,5 = \frac{1}{2} \cdot 75$ cm	
2-achsig gespannte Platten		
in Richtung der Gitterträger	$\leq 2,5 h$	
quer zu den Gitterträgern	$\leq 2,0 h \leq 75$ cm	
	Keine Verbundbewehrung für Querbewehrung, die im Ortbeton liegt.	

Querkraft- und Verbundbewehrung

In Bauteilen mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung nach DIN 1045-1, 10.3.4 sind Gitterträger als Querkraft- und Verbundbewehrung erforderlich.
Gitterträger müssen über die ganze Querschnittshöhe reichen (abzüglich Betondeckung).
ergänzende Angaben siehe unten

Abstand der Diagonalen		
in Stützrichtung		$\leq (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot z \leq 20$ cm
quer zur Stützrichtung bei 1-achsig gespannten Platten		
Deckendicke	$h \leq 40$ cm	≤ 40 cm
	$h > 40$ cm	$\leq \min (80 \text{ cm oder Deckendicke})$

3. Deckendicke

Die Gitterträgerdiagonalen sind wie aufgebogene Längsstäbe zu behandeln. Daraus ergibt sich nach DIN 1045-1, 13.3.1 für die Mindestdicke der Platten

Verbundbewehrung $h \geq 7 \text{ cm}$

Hinweis: Gitterträger $< 6 \text{ cm}$ sind in der Regel nicht lieferbar, deshalb ist wegen der erforderlichen Betondeckung c_{nom} und vorhandener Querbewehrung oder Längsbewehrung die Deckendicke auf $h \geq 10 \text{ cm}$ beschränkt.

Querkraft- und Verbundbewehrung $h \geq 16 \text{ cm}$

4. Betondeckung der Bewehrung auf den Elementplatten

Das Verbundkriterium ist nicht maßgebend, da im Endzustand genügend Betondeckung. Definition der Rauhgigkeit der Verbundfuge siehe DIN 1045-1, 10.3.6 bzw. Heft 525 und Zulassung

glatte Verbundfuge 1,0 cm Mindestbetondeckung zwischen UK Stab und OK Elementplatte
raue Verbundfuge 0,5 cm Mindestbetondeckung zwischen UK Stab und OK Elementplatte

Hinweis: Die Rauhgigkeit der Fertigteilplatten auf der Baustelle festzustellen ist aus unserer Sicht nahezu unmöglich. Um Schwierigkeiten aus dem Weg zu gehen, wird empfohlen, die Verbundfuge als glatt zu definieren und bei der Berechnung den Wert $\mu = 0,6$ anzusetzen, der sich nur geringfügig vom Wert für die raue Fuge mit $\mu = 0,7$ unterscheidet. Wird der Wert für die raue Fuge jedoch angesetzt, ist ein Hinweis auf den Ausführungszeichnungen unbedingt erforderlich.

5. Höhe der Gitterträger und Höhenlage der oberen Bewehrung

Gitterträger als Verbundbewehrung

Abstand OK Elementplatte bis UK Obergurt $\geq 2 \text{ cm}$

Gitterträger als Querkraft- und Verbundbewehrung

Neigung der Gitterträger-Diagonalen muss $\geq 45^\circ$ sein (DIN 1045-1, 10.3.6 (5)), deshalb können Gitterträger mit Höhen $< 9 \text{ cm}$ nicht verwendet werden.

Gitterträger müssen über die ganze Querschnittshöhe reichen (abzüglich Betondeckung).
 $V_{\text{Ed}} \leq 0,15 V_{\text{Rd,max}}$ Querbewehrung auf Gitterträger, darüber obere Längsbewehrung

Im Bereich zwischen $0,15 V_{\text{Rd,max}}$ und $0,30 V_{\text{Rd,max}}$ muss der Obergurt des Gitterträgers die gleiche Höhenlage wie die obere Längsbewehrung parallel zu den Gitterträgern aufweisen; Querbewehrung darf darüber liegen

6. Angaben zu den Gitterträgern auf den Plänen

In den Zulassungen gibt es viele Varianten für die Herstellung der Gitterträger, deshalb ist es unbedingt erforderlich, dass die in der statischen Berechnung gemachten Vorgaben in die Ausführungszeichnungen übernommen werden.

Folgende Angaben sind auf den Plänen zu vermerken:

1. Durchmesser der Diagonale und Betonstahlgüte BSt 500 G (Sonderfall BSt 500 S möglich)
Für den BSt 500G (glatter Stahl) $\rightarrow f_{\text{yd}} = 420/1,15 = 365 \text{ N/mm}^2$
2. Durchmesser Untergurt und Betonstahlgüte BSt 500S (Sonderfall BSt 500 G möglich)

Kommt der Sonderfall BSt 500G zur Ausführung, ist die Verankerungslänge am Auflager unbedingt zu überprüfen.

3. Durchmesser Obergurt und BSt 500G, wegen Überprüfung der Montagestützweiten
4. Gitterträgerhöhe, bei erforderlicher Querkraftbewehrung muss der Obergurt des Gitterträgers in der gleichen Höhenlage wie die Längsbewehrung liegen, siehe Abschnitt 5. Um diese Forderung in die Praxis umzusetzen, ist eine bessere Kommunikation zwischen Tragwerksplaner und Lieferfirma (Fertigteile) erforderlich. Die Lieferfirma ist gut beraten, die Bewehrungszeichnung für die obere Lage anzufordern.
5. Gitterträgertyp und Zulassungsnummer
6. zul. Montagestützweite gemäß Zulassung oder typengeprüfte Unterlagen

7. Kennzeichnung der Gitterträger

Die in der Zulassung geforderte Kennzeichnung der Gitterträger gilt nur für das Lieferwerk der Gitterträger, nicht jedoch für die Auslieferung der Elementplatten. Das Fertigteilwerk muss nur bestätigen, dass die eingebauten Gitterträger der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

8. Fugeneinteilung

Falls die Elementplatten in der Druckzone liegen ($F_{cdj} / F_{cd} = 1$), wie dies z.B. im Bereich negativer Momente und im Bereich von Plattenbalken oft der Fall ist, müssen die Fugen zwischen den Elementplatten mindestens 4 cm breit sein, um ein einwandfreies, kraftschlüssiges Ausbetonieren der Fugen sicherzustellen.

Dies gilt auch im Bereich von Drillmomenten (0,3 L ab Plattenecke), sofern dort nicht auf Stöße verzichtet werden kann (DIN 1045-1, 13.4.3 (3)).

9. Momentenumlagerung

Eine Momentenumlagerung von der Stütze zum Feld ist möglich. Die Umlagerung darf auch mehr als 15 % betragen, da nur die obere Bewehrung hochduktil (BSt 500 S (B)) sein muss und die Gitterträgerobergurte nicht auf die obere Bewehrung angerechnet werden.

10. innerer Hebelarm z

Verbundbewehrung

$$z = 0,9 \cdot d \quad (\text{z.B. in DIN 1045-1, Gl. (83)})$$

Querkraft- und Verbundbewehrung

$$z = 0,9 \cdot d \leq d - 2 c_{nom} \text{ bzw. } d - c_{nom} - 30 \text{ mm } (c_{nom}, \text{ der Längsbewehrung in der Druckzone})$$

Diese Regel führt zu ca. 20 % mehr Bewehrung.

11. Druckspannungen / Zugspannungen

Längsdruckspannungen ($\sigma_{cd} < 0$) dürfen nicht angesetzt werden, Zugspannungen müssen dagegen angesetzt werden, da sie sich ungünstig auswirken.

12. Zusätzliche Verbundbewehrung

Nach DIN 1045-1, 13.4.3 (5) ist bei Endauflagern ohne Wandaufflast eine Verbundsicherungsbewehrung von $6 \text{ cm}^2/\text{m}$ entlang der Auflagerlinie gefordert. Diese sollte auf einer Breite von 75 cm angeordnet werden. Gitterträger erfüllen diese Funktion, jedoch ist bei 5 mm-Diagonalen hierfür ein engerer Abstand als 62,5 cm erforderlich. Deshalb ist in diesen Fällen ein Nachweis zu führen.

13. Durchstanzen

Bei Durchstanzproblemen sind die Gitterträger in der Regel nicht radial symmetrisch angeordnet, deshalb ist eine Abminderung der maximalen Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ erforderlich. Nach den Übergangsregelungen des DIBt ist DIN 1045-1, Gl. (107) durch $V_{Rd,max} \leq 1,25 V_{Rd,ct}$ zu ersetzen.

14. Dynamische Belastung

Normale zugelassene Gitterträger, wie z.B. E-Träger oder KT-Träger, sind nur für vorwiegend ruhende Belastungen zulässig.

Für nicht vorwiegend ruhende Belastungen existieren weitere Zulassungen, wie z.B. für EQ-Träger, die auf Grundlage einer Übergangsregelung des DIBt auch im Geltungsbereich der neuen DIN 1045-1 verwendet werden dürfen. Dabei wird die Tragfähigkeit jedoch auf $V_{Ed} \leq 0,25 V_{Rd,max}$ begrenzt. (Bei z.B. E-Trägern und KT-Trägern beträgt die Grenze $V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$)

15. Mischen der Trägertypen

Das Mischen von E-Trägern und EQ-Trägern bzw. KT und KTS ist formal nur zulässig, wenn die Neigung der Diagonalen gleich ist oder eine aufwändige Wichtung der Träger gemacht wird. Der Einfluss der Neigung der Diagonalen auf $V_{Rd,max}$ ist aus unserer Sicht jedoch gering und kann in der Regel vernachlässigt werden. Wenn die Grenze $V_{Ed} = 0,30 V_{Rd,max}$ ausgenutzt wird, ist eine gesonderte Berechnung erforderlich. Bei der Ermittlung von $V_{Rd,sy}$ ist die Neigung der Diagonalen auf jeden Fall zu beachten; dies wird im Programm berücksichtigt.

16. Brandschutz

Falls die Fuge zwischen den einzelnen Elementplatten wie in den Zulassungen dargestellt, ausgebildet wird, kann die Decke hinsichtlich des Brandschutzes wie eine Ortbetondecke eingestuft werden.

17. Vollstoß an Fuge

Falls bei 2-achsiger Beanspruchung die gesamte Bewehrung in der Fertigplatte liegt, ist ein Vollstoß an der Fuge erforderlich. Nach DIN 1045-1, 13.4.3 sind folgende Bedingungen einzuhalten:

1. Querkraft $V_{Ed} \leq 0,30 V_{Rd,max}$
2. gestoßene Bewehrung $\emptyset \leq 14 \text{ mm}$
3. gestoßene Bewehrung $a_s \leq 10 \text{ cm}^2/\text{m}$
4. Stoßlänge um 10 cm vergrößern
5. Stoß muss durch Bewehrung im Abstand $e \leq 2 \cdot h$ gesichert werden, d.h. Gitterträgerabstand $\leq 2 \cdot h$, Nachweis der Umfassungsbewehrung nach DIN 1045-1, 12.8.3
6. Querbewehrung nach DIN 1045-1, 12.8.3

18. EDV-Programm zur Bemessung der Verbund- und Querkraftbewehrung

Gleichzeitig mit dieser Tech-News können Sie ein EDV-Programm auf Excel -Basis kostenlos herunterladen. Bitte beachten Sie, dass Sie das Programm nicht im Internet öffnen können. Sie müssen das Programm mit dem Download-Verfahren auf Ihren Computer herunterladen.

Für das Programm ist die Version Excel 2000 oder eine höhere Version erforderlich. Das Programm wurde selbstverständlich virenfrei ins Internet gestellt. Auf unseren Server haben nur 3 Mitarbeiter Zugriff, trotzdem empfiehlt es sich vor dem Öffnen des Programms, diese durch ein Antivirus-Programm überprüfen zu lassen.

Sie müssen nach dem Start von Excel und Aufruf der Programmdatei den Schalter „Makros aktivieren“ anklicken. Ohne „Makros aktivieren“ ist das Programm nicht lauffähig.

Für die Berechnung klicken Sie das Eingabeformular an. Je nach Größe des Bildschirms und Auflösung können Sie das Formular an den rechten Rand verschieben (Scrollbalken gerade noch sichtbar). Eine optimale Darstellung ist mit einer Bildschirmdiagonalen von ≥ 17 Zoll und einer Auflösung von 1280 x 1024 möglich. Durch die Verschiebung können Sie am Bildschirm nach jedem Klick auf das OK-Feld die Folgen der Änderungen im späteren Ausdruck sofort kontrollieren. Sie können alle Daten so lange ändern bis das Ergebnis Ihren Wünschen entspricht.

Sobald Sie „Schließen“ anklicken verschwindet das Eingabeformular und Sie haben keine Möglichkeit mehr, die Daten abzuändern. Sie können nur noch einen Ausdruck der Berechnung vornehmen. Eine Speicherung für spätere Änderungen ist aus programmtechnischen Gründen nicht möglich.

Durch Anklicken der Taste „Drucken“ wird das Dokument ausgedruckt. Maßgebend für den Ausdruck sind die Standardeinstellungen in Ihrem Excel- Programm.

Bei kleiner Bildschirmdiagonale (Laptop) empfiehlt es sich, die Darstellung zu verkleinern. (Ansicht →Zoom → benutzerdefiniert → 65%).

Bei der Eingabe beachten Sie bitte, dass die Dezimalstellen durch ein Komma getrennt werden !

Wenn Sie einen Punkt eingeben, wird dies als Tausender Trennzeichen gewertet und berechnet.

Sollte durch eine Fehlbedienung der Hinweis Laufzeitfehler auftauchen, schließen Sie das Programm und rufen das Excel-Programm erneut auf. Dieser Fehler tritt vor allem dann auf, wenn Sie ein Feld nicht ausfüllen, z.B. es wird ein Endfeld mit As,unten berechnet und das Eingabefeld As,oben ist **nicht mit einer Null belegt**, wirft das Programm einen Laufzeitfehler aus.

Mit der Tab-Taste können Sie von einem Eingabefeld zum nächsten springen mit Ausnahme der Optionsfelder. Das Programm weist zwei Optionsfelder auf: raue oder glatte Fuge und die Betongüte. Sie müssen jeweils in jedem Optionsfeld einen Wert anklicken. Bitte beachten Sie, dass Sie bei jedem neuen Aufruf des Programms auch jedes Mal einen Wert in jedem Optionsfeld anklicken. Wenn Sie dies nicht tun, übernimmt das Programm automatisch den Wert der alten Berechnung.

Es ist eine Selbstverständlichkeit, dass der Ausdruck vor der Umsetzung in die Ausführungszeichnungen einer Überprüfung der Eingabedaten durch den Tragwerksplaner erfordert.

Die Querbewehrung bei zweiachsig gespannte Decken liegt im Ortbeton. Die Querbewehrung in der Platte, deren Durchmesser im Programm eingegeben werden muss, um den inneren Hebelarm zu ermitteln, hat nur konstruktiven Charakter.

Sie müssen den tatsächlichen Bemessungswert der einwirkenden Querkraft eingeben. Für die Ermittlung der Verbund- und Querkraftbewehrung dürfen Sie die Erleichterungen gemäß DIN 1045-1 Abschnitt 10.3.2 (1) und (2) anwenden. Für die Ermittlung von $V_{Rd,max}$ ist dies nicht zulässig. Sie müssen deshalb für diese Sonderfälle (randnahe Einzellast) die Grenze $0,3 * V_{Rd,max}$ in einem zweiten Rechenlauf ermitteln.

Der innere Hebelarm (z) hat eine wesentliche Bedeutung bei der Bemessung der Fertigteilplatten. Leider muss hier angemerkt werden, dass in einigen Programmen die Ermittlung von (z) bei erforderlicher Querkraftbewehrung nicht gemäß der Zulassung und der DIN 1045-1 berechnet wird. In Abschnitt 10 werden die drei Formeln für die Ermittlung des inneren Hebelarms (z) angegeben. Die Angabe $c_{nom,I}$ bezieht sich auf die Längsbewehrung in der Druckzone. Wird vom Programm nur c_{nom} zur untersten/ obersten Bewehrungslage abgefragt, so wird der innere Hebelarm (z) zu groß ermittelt. Die Programm- autoren haben deshalb einen anderen Weg gewählt. Die Durchmesser der Bewehrung der unteren/ oberen Quer- und Längsbewehrung müssen angegeben werden. Die Reihenfolge ist im Programm genau beschrieben ($d1 - d4$)

Wenn ein anderer Aufbau vorliegt, z.B. die Längsbewehrung liegt außen, so gibt man für die Querbewehrung den Wert null ein.

Für die gewählte Gitterträgerhöhe wird eine Warnung vom Programm ausgewiesen, wenn sie mehr als 10 mm von der erforderlichen Höhe abweicht. Dieser Hinweis muss nur beachtet werden, wenn Querkraftbewehrung erforderlich ist und $V_{Ed} \leq 0,15 V_{Rd,max}$ ist.

Bei der Ermittlung von $V_{Rd,max}$ wird die Neigung der Diagonalen vom E- bzw. KT-Träger angenommen. Wird nun eine Mischung aus E- und EQ-Trägern bzw. KT- und KTS-Träger gewählt, so ist streng genommen eine lineare Wichtung vorzunehmen. In der Regel liegen in diesem Fall 3 verschiedene Neigungen der Diagonalen vor und für jede ist der anteilige Wert für $V_{Rd,max}$ zu ermitteln. Der Aufwand ist groß, der Einfluss auf das Gesamtergebnis gering.

Die Neigungen der Gitterträgerdiagonalen wurden vereinfacht ermittelt und weichen deshalb geringfügig von den tatsächlichen Werten ab. Der Einfluss auf das Gesamtergebnis ist ebenfalls vernachlässigbar.