

1/08

Beton- und Stahlbetonbau

Sonderdruck



Deutsche Med in Rostock: BRESPA-Decken auf Flachdeckenträgern („Slim-Floors“)

Helmut Jahn, Star-Architekt aus Chicago, hat das Gebäude der Deutschen Med in Rostock, das neue Wahrzeichen der Hansestadt, mit seinem lang gestreckten zweihöftigen Baukörper und der geschwungenen Glas-hülle entworfen.

Eine „schwebende“ Segelkonstruktion verbindet die beiden sechsgeschossigen Gebäudetrakte, in denen man ärztliche und andere Gesundheit fördernde Leistungen wie Prävention, Rehabilitation, Fitness und Wellness, aber auch Restaurants und Friseurgeschäfte, unter einem Dach findet.



Bild 1. Das Gebäude der Deutschen Med in Rostock, Architekt: Helmut Jahn



Bild 2. Die Träger bestehen aus einem hutförmigen Hohlkastenprofil mit untergeschweißtem, verbreitertem „Konsol“-Blech



Bild 4. Elegantes Bauen und anspruchsvolle Architektur mit BRESPA-Decken



Bild 3. Deckenauflagerung auf SWT-Trägern im unvergossenen Zustand

DW Systembau als größter deutscher Spannbetondeckenhersteller (BRESPA-Decken) und Tochter-Unternehmen der CONSOLIS-Gruppe hat seit über zehn Jahren Erfahrung mit „Slim-Floor“-Konstruktionen, die in Skandinavien und in den BeNeLux-Ländern eine gängige Bauweise im Industrie- und Gewerbebau darstellen. Auch in Deutschland gewinnen diese Flachdeckenkonstruktionen zunehmend an Bedeutung, wie das Beispiel Deutsche Med zeigt.

Die DW Systembau GmbH wurde mit der Erstellung des Deckengewerkes für dieses 6-geschossige Gesundheitszentrum sowie die 2 Tiefgeschosse (Parkgaragen) bereits während der Planungsphase beauftragt. Aufgrund der Forderung nach einer kurzen Bauzeit und einer flexiblen Innenraumgestaltung entschied man sich von Anfang an, die Konstruktion dieses Bauvorhabens mit industriell vorgefertigten Bauteilen zu realisieren. Eine optimale Ausnutzung der Geschosshöhen und der Nutzflächen dieses Bauprojektes verlangte einen niedrigen Aufbau der Decken- und Auflagerkonstruktion. Der Einsatz der „Slim-Floor“-Bauweise aus BRESPA-Decken und Flachdeckenträgern trug sämtlichen Anforderungen Rechnung.

Insgesamt wurden über 17000 m² Spannbeton-Fertigdecken von 15 cm bis 40 cm Dicke eingebaut. Die Auflagerung dieser Deckenelemente erfolgte auf sogenannten SWT-Trägern (Scandinavian WeldTech). Bei dieser innovativen Systemlösung (Decke und Auflagerträger) wird der tragende Verbundquerschnitt innerhalb der zur Verfügung stehenden Deckenhöhe integriert. Die Träger bestehen aus einem hutförmigen Hohlkastenprofil mit untergeschweißtem, verbreitertem „Konsol“-Blech. Im Endzustand ist an der Deckenunterseite lediglich der breitere Stahlträgeruntergurt sichtbar.

„Slim-Floor“-Konstruktionen bieten zahlreiche Vorteile für alle am Bau Beteiligten:

- niedriges Eigengewicht der Gesamtkonstruktion
- kleinere Stützen- und Trägerquerschnitte
- geringere Dimension der Fundamente
- komprimierte Bauhöhe – optimale Geschosshöhe



Bild 5. Montagezustand: BRESPA-Decken auf SWT-Trägern

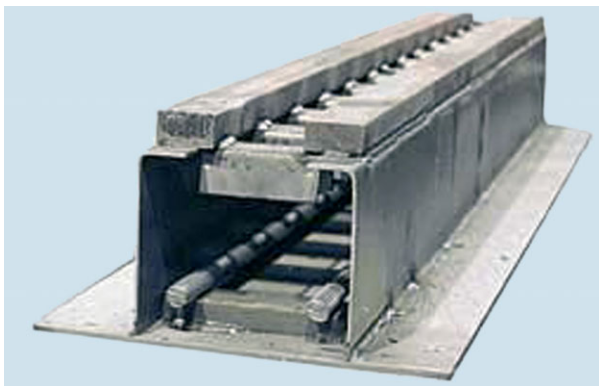


Bild 6. Querschnitt durch einen SWT-Flachdeckenträger

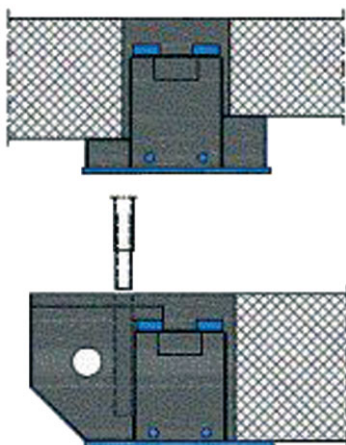


Bild 7. Auflagerdetail auf einem Mittelträger mit unterschiedlichen Deckenstärken und einem Randträger mit angeschweißter „Blende“ (Bilder: DW Systembau)

- kürzeste Bauzeit
- einfaches Herstellen der Gebäudeinstallation
- hohe Ausführungsqualität
- geringerer Planungsaufwand
- „trockene“ Bauweise
- gute Kostenkontrolle

Bautafel:

Lage: 18055 Rostock
 Nutzung: Ärzte- und Gesundheitszentrum
 Bausystem: BRESPA-Decken, Stahl- und Betonfertigteilkonstruktion
 Bauherr: Dr. Harald Lochotzke, Rostock
 Architekt: Helmut Jahn, Chicago
 Tragwerksplanung: Arne Hill AB aus Schweden, Büro Horn & Horn
 Auftraggeber: Projektentwicklung GmbH Lochotzke

Weitere Informationen:

DW Systembau GmbH,
 Werk BRESPA Schneverdingen
 Stockholmer Str. 1, D-29640 Schneverdingen,
 Tel. (05193) 85-0, Fax (05193) 85-55,
 info@dw-systembau.de, www.dw-systembau.de



Dipl.-Ing. Olaf Rolfs
 Leiter des Technischen Büros
 in Schneverdingen

DEUBAU

Vom 8. bis 12.
 Januar 2008
 in Essen

Wir begrüßen
 Sie in Halle 11
 Stand 110



Maßgeschneiderte Rohbaulösungen mit BRESPA-Decken

High-Tech-Betonfertigteile bieten:

- Höhere Produktqualität
- Große Stützweiten
- Schlanke Bauteile
- Hohe Wirtschaftlichkeit
- Kosten- und Terminalsicherheit
- Kurze Bauzeiten

DW Systembau GmbH
 Werk BRESPA
 Schneverdingen
 Stockholmer Str. 1
 D-29640 Schneverdingen
 Fon + 49 (0) 5193 85 0
 Fax + 49 (0) 5193 85 55
 info@dw-systembau.de
 www.dw-systembau.de

Josef Hegger
 Naceur Kerkeni
 Thomas Roggendorf

Zum Tragverhalten von Slim-Floor-Konstruktionen

Sind Spannbeton-Fertigdecken auf schlanken Unterzügen aufgelagert, wird die Querkrafttragfähigkeit der Platten durch Beanspruchungen in Querrichtung herabgesetzt. Bisher existiert kein einheitliches Bemessungskonzept, das die verbleibende Tragfähigkeit zutreffend ermittelt. Dieser Beitrag beschreibt Großversuche zum Tragverhalten von so genannten Slim-Floor-Konstruktionen, bei denen vorgespannte Hohlplatten auf deckengleichen Stahlträgern aufgelagert sind. Es werden Empfehlungen zur Bemessung und Konstruktion bei biegeweicher Lagerung abgeleitet.

Load Bearing Behaviour of Slim Floor Constructions

The shear capacity of hollow core slabs is considerably reduced due to transverse stresses when the slabs are bedded on flexible supports (e.g. slender beams). However, a standardised design model has not been established yet to determine the residual strength appropriately. This paper describes full scale tests concerning the load carrying behaviour of hollow core slabs supported on steel beams, so-called slim floor constructions. Recommendations regarding the design and the construction on flexible supports are given.

1 Einleitung

Eine übliche Variante so genannter Slim-Floor-Decken besteht aus vorgespannten Hohlplatten und deckengleichen Stahlträgern für die kürzere Spannweite in Querrichtung, deren verbreiteter unterer Flansch zur Auflagerung der Hohlplatten dient. Diese Bauweise mit werkmäßig vorgefertigten Elementen ermöglicht unterzugfreie Decken von hoher Qualität bei schnellem Baufortschritt. Zudem wird durch die Verwendung von Hohlplatten eine Verringerung des Eigengewichts der Konstruktion erzielt. Insbesondere in den Niederlanden und in Skandinavien sind Slim-Floor-Konstruktionen weit verbreitet. In den Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) wird zur Ausnutzung des vollen Bemessungswerts der Querkrafttragfähigkeit der Spannbeton-Fertigdecken von einer vollflächigen und starren Lagerung ausgegangen [1]. Diese Art der Lagerung ist bei Slim-Floor-Konstruktionen nicht vollständig gegeben, da sich die deckengleichen Stahlträger durchbiegen. Die zusätzlichen Beanspruchungen der Hohlplatten infolge der Durchbiegung (biegeweiche Lagerung) erfordern eine angemessene Reduzierung der ausnutzbaren Querkrafttragfähigkeit. Derzeit ist in Deutschland kein Nachweiskonzept bauaufsichtlich eingeführt, das eine zielsichere Querkraftbemessung von Hohlplatten bei biegeweicher Lagerung erlaubt.

Am Institut für Massivbau der RWTH Aachen wurden daher zum Tragverhalten von Slim-Floor-Konstruktionen Versuche an vier Deckensystemen im Rahmen eines AiF-Forschungsvorhabens durchgeführt.

2 Stand der Technik

2.1 Beanspruchungen infolge biegeweicher Lagerung

Der Einfluss der Auflagerung auf die Tragfähigkeit von Spannbeton-Fertigdecken wurde erstmals von *Pajari* systematisch untersucht [2]. In Großversuchen variierte er die Ausführung der Lagerung (Stahlbeton-, Spannbetonunterzüge, deckengleiche Stahlträger) und bestimmte die Querkrafttragfähigkeit der Hohlplatten im Auflagerbereich. Nach diesen Versuchen kann eine biegeweiche Lagerung nahezu unabhängig von der Art des Unterzugs eine Reduktion der Tragfähigkeit von bis zu 60% bewirken. Gleichzeitig wurden im Auflagerbereich aufgrund der Querbiegebeanspruchung einzelne Längsrisse unterhalb der Hohlplattenstege festgestellt, die in der unmittelbaren Nähe des Risses zu einer verminderten Verbundfestigkeit der Spannbewehrung führen können. Da die Betonzugfestigkeit bereits bei der Spannkrafteinleitung und der Querkrafttragfähigkeit in Ansatz gebracht wird, können nur begrenzt zusätzliche Zugspannungen aus Auflagerverformungen aufgenommen werden. Bild 1 verdeutlicht die Beanspruchung einer Spannbeton-Fertigdecke bei der Auflagerung auf einem biegeweichen, deckengleichen Stahlträger.

Den Platten, die an den Enden des Trägers aufgelagert sind, wird vor allem eine Schubverformung aufgeprägt. Bei den zahlreichen Versuchen von *Pajari* [2] und

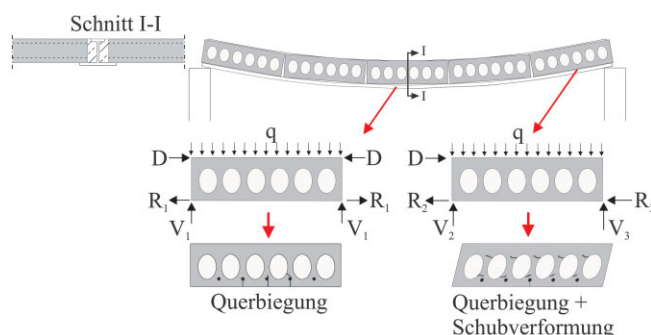


Bild 1. Beanspruchungen von Spannbeton-Fertigdecken bei Auflagerung auf deckengleichen Stahlträgern
 Fig. 1. Stresses of hollow core slabs on flexible supports

einem in [3] ging das Querkraftversagen immer von den äußeren Platten eines Deckenfelds aus. Aufgrund der Versuchsbeobachtungen und der gemessenen Verformungen sind nach [2] in erster Linie die Schubverformungen der Randplatten für die verminderte Tragfähigkeit verantwortlich. Dabei lassen sich die Schubverformungen nicht allein mit der Durchbiegung und Krümmung des Unterzugs erklären, da auch geringe bezogene Verformungen von $1/1000$ – $1/300$ im Bruchzustand zu einer deutlichen Verringerung der Querkrafttragfähigkeit führen. Neben der Biegesteifigkeit des Unterzugs sind zum einen die Verbundwirkung zwischen Fertigdecke und Unterzug und zum anderen der Hohlplattenquerschnitt von entscheidender Bedeutung [2].

Die Platten, die in der Mitte des Trägers aufgelagert sind, werden vorrangig durch Querbiegung beansprucht. Sie lagern infolge der Krümmung im Grenzfall nur im Bereich der Randstege auf. Außerdem werden durch Reibung aufgrund der Längsdehnung des Unterzugs zusätzliche Querkraftspannungen in die Hohlplatte eingeleitet. Da sich die Querkraftspannungen aus der Verformung des Trägers mit den Ringzugspannungen infolge der Spannkrafteinleitung mit sofortigem Verbund überlagern, wird die Wahrscheinlichkeit einer Längsrisssbildung erhöht. Eine Risssbildung im Spannkrafteinleitungsbereich vermindert die Umschnürungswirkung des Betons, so dass der Hoyer-effekt verloren geht und die Übertragungslänge der Vorspannkraft vergrößert wird.

2.2 Bemessungskonzepte

Pajari [2] leitete aus den eigenen Versuchsergebnissen ein vereinfachtes Bemessungsmodell her, das nahezu unverändert in die fib-Empfehlungen zur Bemessung von Spannbeton-Fertigdecken [4] sowie in die normativen Regelungen der Niederlande und Finnlands übernommen wurde. Als Bruchkriterium wird das Erreichen der Betonzugfestigkeit für die Hauptzugspannungen in den unbewehrten Stegen der Hohlplatten verwendet. Hierbei wird eine Schubspannung in Querrichtung der Hohlplatten infolge der Verbundwirkung zwischen den Platten und dem biegeweichen Träger berücksichtigt.

In Deutschland gibt es derzeit keine einheitliche Regelung für biegeweich gelagerte Spannbeton-Fertigdecken. In [5] wurde empfohlen, die Querkrafttragfähigkeit der Fertigdecken nach Zulassung grundsätzlich nicht voll auszunutzen. Abgesehen von sehr biegesteifen Stahlbeton- und Spannbetonträgern sollte der Bemessungswert auf 50% reduziert werden. Eine vergrößerte Auflagertiefe und eine verstärkte Fugenbewehrung sollten die Endverankerung der Spannstäbe sicherstellen. Bisher wird eine biegeweiche Auflagerung in drei Zulassungen [6], [7], [8] geregelt, bei allen anderen Hohlplatten ist somit nach [1] eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich. Nach [6], [7], [8] sind bei biegeweicher Lagerung folgende Randbedingungen zu beachten:

- Der Bemessungswert $V_{Rd,ct}$ der Querkrafttragfähigkeit bei starrer Lagerung darf nicht mehr als 50% ausgenutzt werden.
- Die Durchbiegung des Trägers darf unter der seltenen Einwirkungskombination im Gebrauchszustand ($\gamma_F = 1,0$) den Wert $1/300$ nicht überschreiten.

- Die Spannbeton-Fertigdecken sind auf einem Elastomerstreifen mit einer Dicke von 10 mm und einer Breite b von 100 mm zu lagern (nach [8] $b \geq 50$ mm); unter Berücksichtigung der Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen darf seit 2007 die Breite in Abhängigkeit von der Auflagerpressung bis auf 50 mm reduziert werden.
- Die äußeren Hohlkammern der Platten sind auf einer Länge von mindestens 80 cm auszubetonieren und mit einem Bügel ($d_{Bügel} = 10$ mm) zu bewehren, der im Kammerbeton angeordnet und an den Ringanker anzuschließen ist.

Im März 2007 konnte im Sachverständigenausschuss „Spannbeton-Hohlplatten“ des DIBt die Empfehlung aus [3], 60% des Bemessungswerts der Querkrafttragfähigkeit bei einer Durchbiegungsbegrenzung der Träger auf $1/500$ im Gebrauchszustand zuzulassen, nicht abschließend beraten werden, da weitergehende Untersuchungen zur Absicherung fehlten.

3 Experimentelle Untersuchungen

3.1 Versuchsaufbau

Zur Überprüfung des Einflusses der Auflagerung auf die Querkrafttragfähigkeit von Spannbeton-Fertigdecken wurden Großversuche an vier biegeweich gelagerten Deckensystemen, die aus zehn Hohlplatten bestanden (Bild 2), und Referenzversuche an Einzelplatten mit starrer Lagerung (Bild 3) durchgeführt. In allen Versuchen wurde eine auflagernahe Belastung im Abstand von $2,5 \cdot h_{\text{Platte}}$ entsprechend DIN EN 1168 [9] aufgebracht. In den zweifeldrigen Großversuchen war das Mittelaufleger ein deckengleicher Stahlträger vom Typ IFB (Integrated Floor Beam), der aus einem halbierten Walzprofil und einem unten angeschweißten, verbreiterten Zugflansch zur Auf-

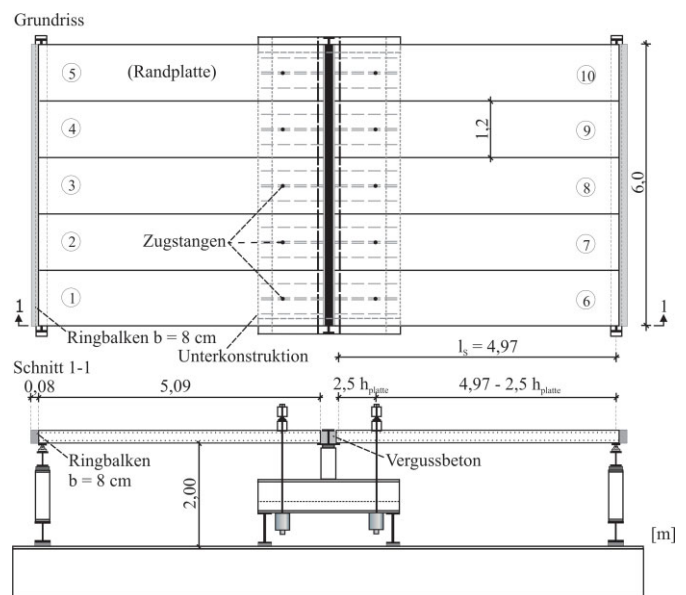


Bild 2. Grundriss (oben) und Seitenansicht (unten) des Versuchsaufbaus zur Untersuchung des Tragverhaltens bei biegeweicher Lagerung

Fig. 2. Outline (top) and sectional view (bottom) of the test setup to investigate the load bearing behaviour on flexible supports

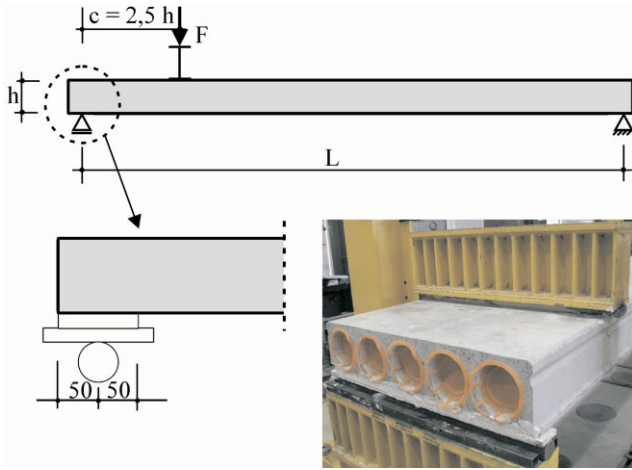


Bild 3. Versuchsaufbau zur Bestimmung der Querkrafttragfähigkeit bei starrer Lagerung nach DIN EN 1168, Anhang J [9]

Fig. 3. Test setup to determine the shear carrying capacity according to DIN EN 1168, Anhang J [9]

lagerung der Platten besteht. Die Belastung erfolgte in beiden Deckenfeldern nahe des Mittelauflegers (IFB-Träger), so dass die Endauflager (HEA-Profile) nur gering beansprucht waren. Die Steifigkeit der Träger war so gewählt, dass durch eine möglichst gleich große Durchbiegung aller Auflager eine Verdrehung der Deckenfelder vermieden wurde.

Um die Rissbildung an der Plattenunterseite beobachten zu können, befanden sich die Deckenfelder auf einer Rahmenkonstruktion in ca. 2 m Höhe über einem Spannfeld der Versuchshalle. Die Belastung wurde mittels Zugstangen aufgebracht, die jeweils durch die mittlere Hohlkammer der Platten geführt waren. An der Oberseite der Decke verteilten Stahlprofile die Prüfkkräfte der Zugstangen auf die gesamte Plattenbreite, so dass eine nahezu linienförmige Beanspruchung vorlag. Den Grundriss und einen Längsschnitt des Versuchsaufbaus zeigt Bild 2. Beide Deckenfelder bestanden aus fünf Platten mit einer Län-

ge von 5,09 m, die Stützweite zwischen den Auflager-schwerpunkten betrug 4,97 m.

Die Fugen der Deckenfelder wurden mit Beton vergossen, der zum Versuchszeitpunkt im Mittel eine Zylinderdruckfestigkeit von 20,8 N/mm² hatte. Um den Vergussbeton am IFB-Träger betonieren und verdichten zu können, war in jeder Hohlplatte der Plattenspiegel oberhalb der mittleren Kammer auf einer Länge von ca. 30 cm werkseitig ausgespart. An den Stirnseiten der Platten waren die übrigen Hohlkammern mit Kunststoffkappen der Hersteller verschlossen, so dass der Vergussbeton etwa 35 mm (Platte VMM-VSD 25) bzw. 50 mm (Platte MV5/265) tief in die (unbewehrten) Kammern fließen konnte (Bild 7). An den Endauflagern wurden 8 cm breite Ringbalken über die gesamte Deckenbreite vorgesehen, um die Hohlplatten in Querrichtung zu verbinden.

Im Vergussbeton der Längsfugen zwischen den Hohlplatten wurde, wie in der Praxis üblich, jeweils ein Betonstahl Ø10 angeordnet, der durch Bohrungen im Steg des IFB-Trägers ins Nachbarfeld geführt wurde. Im Kammerbeton zwischen dem IFB-Träger und den Hohlplatten sowie in den Ringbalken an den Endauflagern waren je 2 Ø8 in Querrichtung vorgesehen. Auf die Untersuchung eines umlaufenden, bewehrten Ringankers, der die Tragfähigkeit aufgrund einer Umschnürungswirkung möglicherweise günstig beeinflusst, wurde verzichtet. Insbesondere bei großen Deckensystemen, die entweder als Ganzes durch Ringanker eingefasst oder durch ein System aus inneren Zug- und Druckpfosten als Scheibe ausgebildet werden, kann eine wirksame Umschnürungswirkung bereichsweise eingeschränkt sein.

3.2 Versuchsprogramm

In den Versuchen an vier Deckensystemen wurden die Parameter Hohlplattentyp, Biegesteifigkeit der IFB-Träger, Auflagerung der Hohlplatten, seitliche Verformungsbehinderung und Ausbetonieren einzelner Hohlkammern der Randplatten variiert, um deren Auswirkungen auf das Tragverhalten zu untersuchen. Tabelle 1 zeigt die Matrix des Versuchsprogramms. Die erste Ziffer der zweistelligen

Tabelle 1. Versuchsprogramm

Table 1. Test programme

	Versuchsnummer							
	1-a	1-b	2-a	2-b	3-a	3-b	4-a	4-b
Platte MV5/265	X	X			X	X		
Platte VMM-VSD 25			X	X			X	X
IFB-Träger $I_y = 35\,400\text{ cm}^4$	X	X						
IFB-Träger $I_y = 74\,200\text{ cm}^4$			X	X	X	X	X	X
Auflagerung am IFB-Träger mit Elastomer		X		X	X	X	X	X
Auflagerung am IFB-Träger ohne Elastomer	X		X					
freie Querverschiebung der Hohlplatten	X	X	X	X				
Querverschiebung durch Kopfplatten behindert					X	X	X	X
Querverschiebung durch Stahlträger behindert					X		X	
Randplatten mit ausbetonierten Kammern					X	X	X	X



Bild 4. Ersatzkonstruktion zur symmetrischen Belastung nach dem Versagen eines Deckenfeldes
Fig. 4. Substitute construction for symmetric loading after failure of the first floor

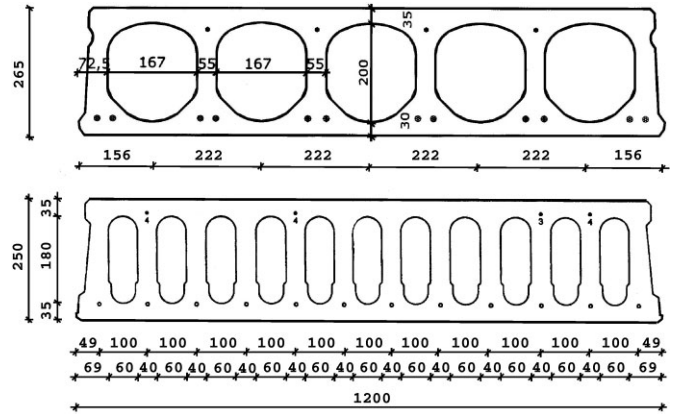


Bild 5. Hohlplattenquerschnitte MV5/265 (oben) und VMM-VSD 25 (unten)
Fig. 5. Cross sections of hollow core slabs MV5/265 (top) and VMM-VSD 25 (bottom) [mm]

Bezeichnungen steht für die fortlaufende Nummer der Versuche. Zur Unterscheidung der Deckenfelder mit verschiedenen Parametern werden die Buchstaben a (Platten 1–5) und b (Platten 6–10) eingeführt. Ziel der Untersuchungen war die Ermittlung einer Bruchlast für jedes Feld. Daher wurde im Anschluss an den jeweils ersten Versuchsdurchgang eine Konstruktion aus Stahlträgern als Ersatz für die zuerst gebrochenen Platten vorgesehen (Bild 4), um anschließend das intakte Deckenfeld bis zum Bruch zu belasten. Durch die Lasteinleitung über die Ersatzkonstruktion war eine annähernd symmetrische Beanspruchung des IFB-Trägers sichergestellt.

Untersucht wurden zwei Hohlplattentypen mit verschiedenen Querschnittsformen bei annähernd gleicher Bauteildicke (Bild 5). Die Hohlplatte MV5/265 (Brespa) der Firma DW Systembau besitzt fünf breite, oval- bis kreisförmige Hohlkammern, während die Platte VMM-VSD 25 der Firma Echo elf schmale, längliche Öffnungen

hat. Tabelle 2 fasst die Kennwerte der untersuchten Spannbeton-Fertigdecken zusammen. Die Summe der minimalen Stegbreiten der Platte VMM-VSD 25 ist etwa 45 % größer. Die Platte MV5/265 wird im Extruderverfahren und die Platte VMM-VSD 25 mit einem Gleitfertiger hergestellt.

In den Versuchen wurden zwei IFB-Träger mit unterschiedlicher Biegesteifigkeit bei vergleichbarer Bauhöhe verwendet (Bild 6), um den Einfluss der Verformungen auf das Tragverhalten untersuchen zu können. Im ersten Versuch mit dem Hohlplattentyp MV5/265 erreichte der biegeweichere Träger kurz vor dem Versagen der Hohlplatten in der Druckzone die Fließgrenze. Um übermäßige Verformungen durch ein Plastizieren des Trägers zu vermeiden, wurden alle nachfolgenden Versuche mit dem steiferen IFB-Träger durchgeführt. Der biegeweichere Träger wurde zur Kompensation der Verformung infolge des Eigengewichts der Hohlplatten überhöht hergestellt. Bei dem stei-

Tabelle 2. Kennwerte der untersuchten Spannbeton-Fertigdecken
Table 2. Characteristics of hollow core slabs

	Einheit	Hohlplatte	
		MV5/265	VMM-VSD 25
Betonfestigkeitsklasse	[-]	C45/55	
Querschnittswerte $h/A_c/I_c$	[cm/cm ² /cm ⁴]	26,5/1685/144700	25/1869/129100
min. Stegbreite Σb_w	[cm]	ca. 33	ca. 48
Schwerpunkt $z_s^{(1)}$	[cm]	13,4	12,9
Vorspannung oben (St 1570/1770)	[-]	2 Litzen 3/8" (0,86 cm ² /m)	2 Drähte Ø5 mm (0,33 cm ² /m)
Vorspannung unten (St 1570/1770)	[-]	12 Litzen 0,5" (9,3 cm ² /m)	
$\sigma_{p0,oben}/\sigma_{p0,unten}$	[N/mm ²]	900/900	250/1080
Randabstand $z_{p,oben}/z_{p,unten}^{(1)}$	[cm]	3,5/22,4	2,75/20,5
Vorspannkraft $P_{0,oben}/P_{0,unten}$	[kN/m]	77,4/837	8,2/1004
rechn. Querkraft $v_{Rd,ct}$ ($f_{ct} = f_{ctk;0,05}/\gamma_c$) ⁽²⁾	[kN/m]	61,1 (nach [11])	105,6 (nach [7])
Zugfestigkeit $f_{ct,Test}$	[N/mm ²]	4,0 (Nr. 1)/4,2 (Nr. 3)	3,5 (Nr. 2)/3,6 (Nr. 4)
rechn. Querkraft v_{Rm} ($f_{ct} = f_{ct,Test}$)	[kN/m]	229 (Nr. 1)/240 (Nr. 3)	278 (Nr. 2)/285 (Nr. 4)

⁽¹⁾ von Plattenoberkante ⁽²⁾ mit $f_{ctk;0,05} = 2,7 \text{ N/mm}^2$; $\gamma_c = 1,8$

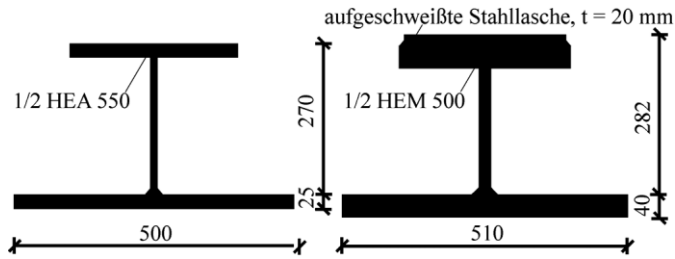


Bild 6. IFB-Träger mit $I_y = 35\,400\text{ cm}^4$ (links) und $I_y = 74\,200\text{ cm}^4$ (rechts)
 Fig. 6. IFB-Section with $I_y = 35\,400\text{ cm}^4$ (left) and $I_y = 74\,200\text{ cm}^4$ (right) [mm]

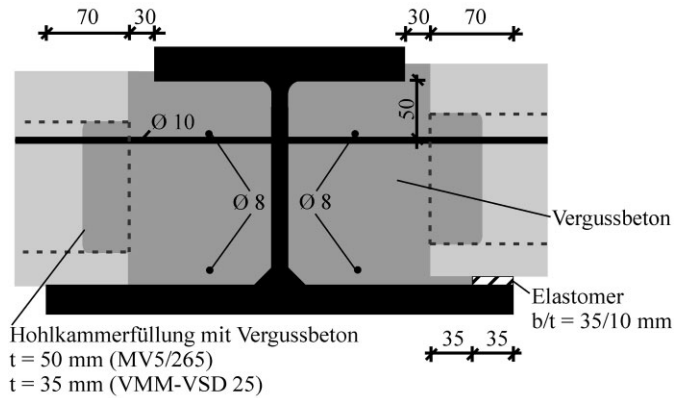


Bild 7. Auflagervarianten der Hohlplatten am IFB-Träger
 Fig. 7. Bearing layouts of hollow core slabs at the IFB-beam [mm]

feren Träger mit einem etwa doppelt so großen Flächen­trägheitsmoment wurde auf eine Überhöhung verzichtet.

In den Versuchen 1 und 2 wurden zudem unterschiedliche Lagerungsarten am IFB-Träger untersucht (mit und ohne Elastomerstreifen). Es sollte überprüft werden, ob durch eine höhere Reibung zwischen dem Elastomer und den Hohlplatten größere Querspannungen oder eine erhöhte Profilverformung auftreten. Bild 7 zeigt die Auflagerung der Hohlplatten sowie die Fugenbewehrung und den Vergussbeton am IFB-Träger. Die Hohlplatten wurden auf einer Seite des Trägers mit einer Auflagertiefe von 70 mm direkt auf dem Zugflansch aufgelegt. An der gegenüberliegenden Seite lagerten sie mit einem Überstand von 35 mm auf einem 35 mm breiten und 10 mm dicken, unbewehrten Elastomerstreifen. Der Zementleim konnte beim Fugenverguss auf der Breite des Auflagerüberstands unter die Hohlplatte fließen, so dass die gesamte Auflagertiefe auf beiden Seiten des IFB-Trägers einheitlich 70 mm betrug. In den Versuchen drei und vier wurden in Anlehnung an [6], [7], [8] alle Hohlplatten am IFB-Träger mit einem Elastomer (35/10 mm) aufgelagert.

Da die Hohlplatten und der Vergussbeton am IFB-Träger mit zunehmender Durchbiegung der Decke dazu tendieren, sich über das Auflager des Trägers hinaus nach außen zu verschieben (Bild 1), wurde in den Versuchen 3 und 4 (ein Versuch je Plattentyp) der Einfluss einer seitlichen, horizontalen Verformungsbehinderung untersucht. Bild 8 zeigt eine in der Praxis übliche Ausbildung des Stützenanschlusses des deckengleichen Stahlträgers mit Kopfplatten bzw. eingeschweißte Stahlplatten an beiden Enden des IFB-Trägers im Versuch. Die eingeschweißten Platten

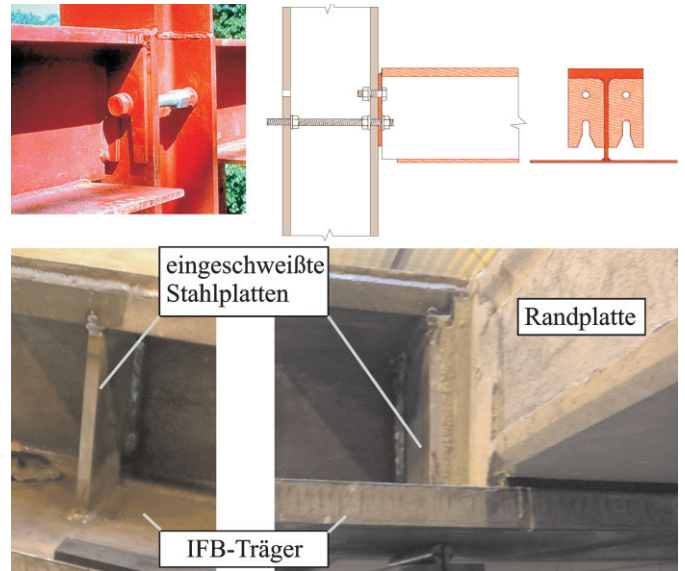


Bild 8. Stützenanschluss bei Slim-Floor-Konstruktionen (oben) und Nachbildung im Versuch (unten)
 Fig. 8. Beam-column-connection of slim floor constructions (top) and simulation in the tests (bottom)

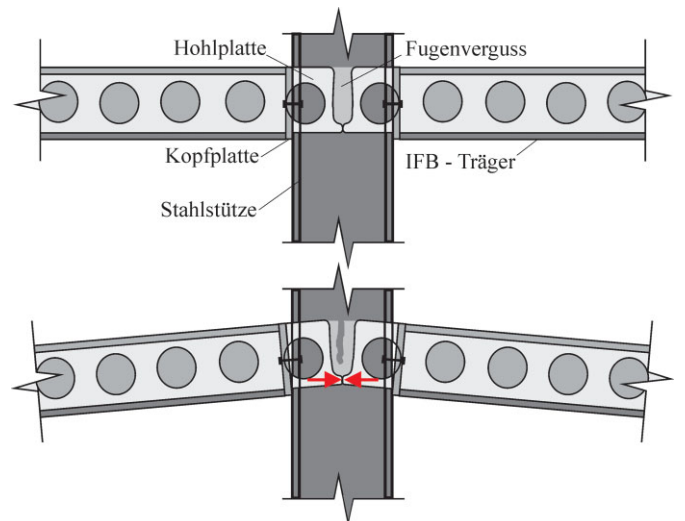


Bild 9. Kontakt zwischen den Randplatten benachbarter Felder infolge Durchbiegung
 Fig. 9. Contact between edge slabs of adjacent floors due to deformation

schlossen wie eine übliche Kopfplatte bündig mit der Vorderkante des Druckflansches ab. Dadurch war eine Verschiebung des Vergussbetons ausgeschlossen und die Querbewegung der Hohlplatten infolge der standardmäßigen Hohlkammerfüllung mit einer Tiefe von 35–50 mm (Bild 7) indirekt behindert.

In jeweils einem Deckenfeld der Versuche 3 und 4 wurde außerdem die horizontale Zwängung der Hohlplatten quer zur Spannrichtung durch ein Nachbarfeld anhand von seitlichen Stahlträgern über die gesamte Plattenlänge simuliert. Trotz der Verformungsbehinderung durch die Stützenanschlüsse bewegen sich die unteren Plattenkanten infolge der Auflagerverdrehung und Krümmung des IFB-Trägers nach außen, so dass eine Druckspannung im unteren Plattenspiegel (quer zur Spannrichtung) aufgebaut wird (Bild 9). Um einen verti-

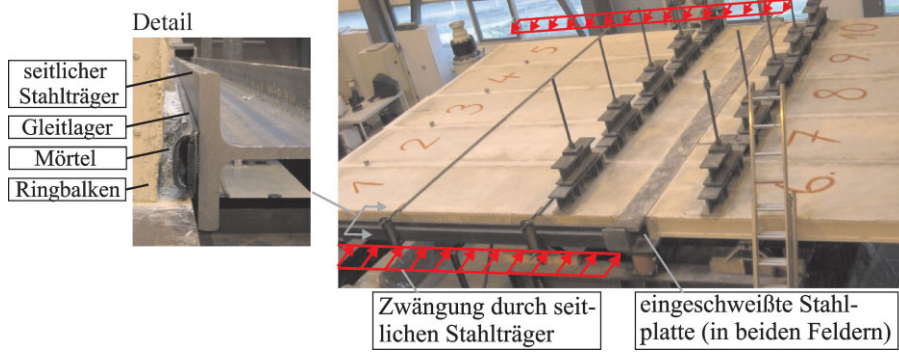


Bild 10. Versuchsaufbau zur Untersuchung der horizontalen Verformungsbehinderungen
 Fig. 10. Experimental setup to investigate horizontal constraints

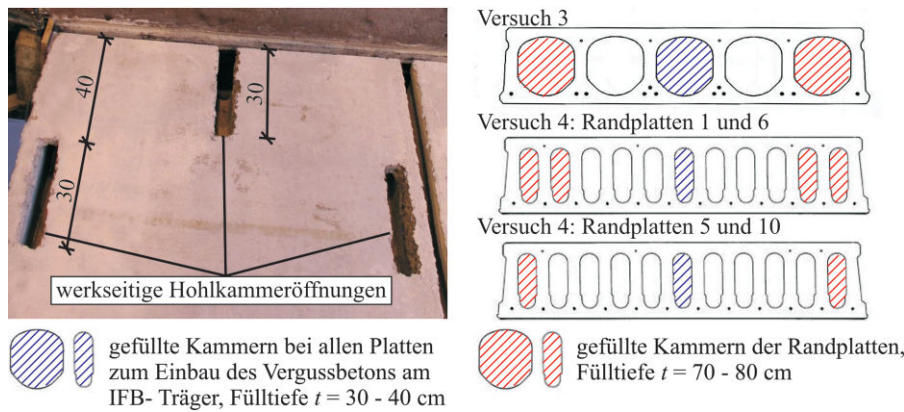


Bild 11. Werkseitige Aussparungen des oberen Plattenspiegels und gefüllte Hohlkammern am Auflager
 Fig. 11. Openings of the upper flange and filling of hollow cores close to the support

kalen Lastabtrag der seitlichen Stahlträger zu vermeiden, wurde zwischen diesen und den Platten ein Gleitlager ausgebildet. Zur vollflächigen Lasteinleitung der Horizontalkräfte im unteren Plattenspiegel der Hohlplatten wurde eine Mörtelschicht auf einer Höhe von 6 cm ab der Plattenunterkante vorgesehen. Eine Übersicht des Versuchsaufbaus zur Untersuchung der im Bauwerk möglichen Verformungsbehinderungen und die Anordnung der seitlichen Stahlträger zeigt Bild 10. Die seitlichen Träger wurden am IFB-Träger und an dem Querträger am Endauflager der Hohlplatten horizontal gehalten. Weiterhin wurden sie zur Erhöhung der horizontalen Steifigkeit an zwei Punkten im Feldbereich durch Zugstangen in Querrichtung des Versuchsaufbaus abgespannt. Die Zugstangen wurden vor Versuchsbeginn leicht vorgespannt, um Verformungen der seitlichen Träger und eine größere Kompression der Gleitlager in horizontaler Richtung vorweg zu nehmen. Somit wurde die Verformungsbehinderung bereits bei kleinen Verschiebungen der Hohlplatten aktiviert.

Aufgrund der konstruktiven Regeln in [6], [7], [8] sollten zudem die Auswirkungen einer bauseitigen Betonverfüllung der äußeren Hohlkammern der Randplatten auf einer Länge von 70–80 cm im Auflagerbereich untersucht werden. Um die Hohlplatten am Auflager möglichst wenig zu beschädigen, wurde der Vergussbeton über etwa 30 cm lange Aussparungen im oberen Plattenspiegel eingefüllt, deren Vorderkante 40 cm von der Plattenstirnseite entfernt war. Bild 11 zeigt die werkseitigen Aussparungen, die Betonverfüllung der mittleren Kammer bei allen Platten und die der Randplatten.

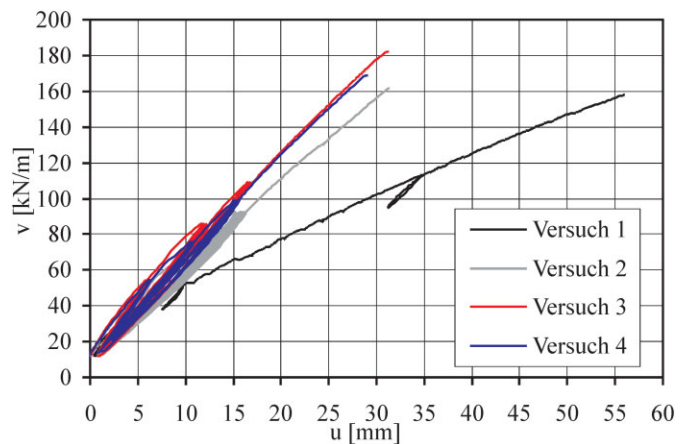


Bild 12. Last-Verformungs-Kurven in Feldmitte des IFB-Trägers
 Fig. 12. Load-displacement charts in the middle of the IFB-beam

3.3 Ergebnisse

Eine wesentliche Fragestellung war der Einfluss der Trägerverformung auf die Querkrafttragfähigkeit. Daher sind in Bild 12 die Last-Verformungsbeziehungen der IFB-Träger im jeweils ersten Versuchsdurchgang dargestellt. Die Durchbiegung des weicheren Stahlträgers in Versuch 1 betrug 56 mm und die des steiferen Trägers in den übrigen Versuchen ca. 30 mm, was einer auf die Spannweite bezogenen Durchbiegung von etwa 1/100 bzw. 1/200 im

Bruchzustand entspricht. Im Anfangsbereich der Kurven sind die in Anlehnung an DIN EN 1168 [9] durchgeführten Lastzyklen vor der Bruchbelastung zu erkennen. In allen Großversuchen versagten die Decken ausgehend von den Randplatten bei einer Querkraftbeanspruchung zwischen 158–182 kN/m. Dass die Platten des Typs VMM-VSD 25 trotz der größeren Stegbreite vergleichbare Traglasten wie der Plattentyp MV5/265 erreichten, ist auf die geringere tatsächliche Zugfestigkeit f_{ct} (Tabelle 2) zurückzuführen. In Tabelle 3 sind die Traglasten bei starrer und biegeweicher Lagerung sowie die Trägerverformungen zusammengestellt. Bezogen auf die Bruchlasten der starr gelagerten Hohlplatten wurden in den Großversuchen Tragfähigkeiten von 60–68% erreicht. Da sich die relative Traglastabnahme beider Plattentypen nur um 5% unterscheidet, ist ein eindeutiger Einfluss der Querschnittsform nicht erkennbar.

Im ersten und dritten Versuch mit dem Plattentyp MV5/265 wurden trotz unterschiedlicher Trägersteifigkeiten und den verschiedenen damit verbundenen Durchbiegungen annähernd gleiche relative Tragfähigkeiten erreicht. Auch wenn beim Vergleich der beiden Versuche weitere Parameter zu berücksichtigen sind, wird die Beobachtung von *Pajari* [2] bestätigt, dass die Abminderung der Querkrafttragfähigkeit nicht allein auf die Trägerverformung zurückzuführen ist. Nachteilig wirkt sich eine

große Durchbiegung allerdings auf die Längsrisssbildung der mittleren Hohlplatten eines Felds aus, wie ein Vergleich der Rissbilder zeigt (Bild 13). Im ersten Versuchsaufbau mit größeren Verformungen traten bei mehreren Platten beider Felder schon bei geringer Belastung Längsrisse auf, die meisten aufgrund der höheren Reibung auf der Seite mit Elastomerstreifen am Auflager. In den übrigen Versuchen mit steiferem IFB-Träger wurden dagegen selbst bei Auflagerung auf einem Elastomer nur vereinzelt Längsrisse beobachtet.

Die kleine Rissanzahl deutet auf eine geringe Beeinträchtigung der Spannkraftverankerung hin. Messungen des Litzeneinzugs mittels Wegaufnehmern, die vor dem Fugenverguss der Decken in den Hohlkammern ausgewählter Platten eingebaut wurden, ergaben keinen nennenswerten Schlupf der Spannritzen und ließen somit ebenfalls keine Schwächung der Verbundfestigkeit erkennen. In den Randplatten, von denen das Querkraftversagen ausging, wurden aufgrund der geringen Krümmung nahe des Auflagers abgesehen von einem einzelnen Riss im ersten Versuch mit großer Durchbiegung keine Längsrisse beobachtet. Somit ist die Abminderung der Querkrafttragfähigkeit nicht auf eine Längsrisssbildung zurückzuführen.

Durch Messungen der Vertikalbewegung der Hohlplatten am IFB-Träger wurde festgestellt, dass ein 10 mm

Tabelle 3. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse
Table 3. Summary of test results

Nr.	Plattentyp	Traglast bei starrer Lagerung v_s [kN/m]	Traglast bei biegeweicher Lagerung v_{bw} [kN/m]	v_{bw}/v_s [%]	max. Verformung u der IFB-Träger [mm]
1-a 1-b	MV5/265	239	160 158	67 66	57,5 (l/104) ⁽¹⁾ 56,2 (l/107)
2-a 2-b	VMM-VSD 25	266	162 162	61	31,4 (l/191) 34,8 (l/172) ⁽²⁾
3-a 3-b	MV5/265	268	182 ⁽³⁾	68	31,5 (l/190)
4-a 4-b	VMM-VSD 25	282	168 ⁽³⁾	60	29,1 (l/206)

(1) inkl. einer Durchbiegung von 4,6 mm nach Entlastung des ersten Versuchsdurchgangs (Bruch in Feld 1-b)

(2) inkl. einer Durchbiegung von 2,6 mm nach Entlastung des ersten Versuchsdurchgangs (Bruch in Feld 2-a)

(3) beide gegenüber liegenden Deckenfelder versagten gleichzeitig

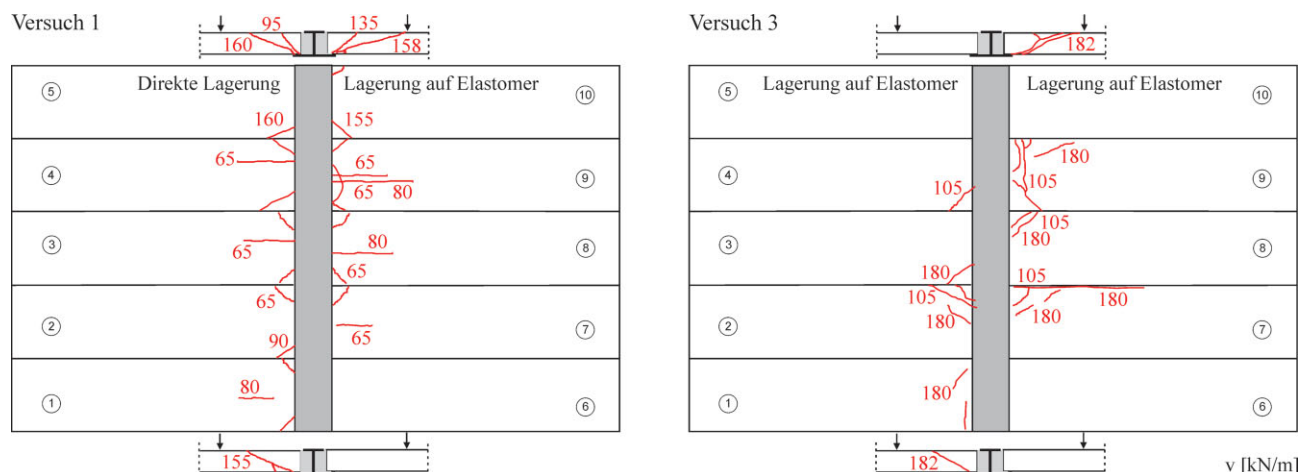


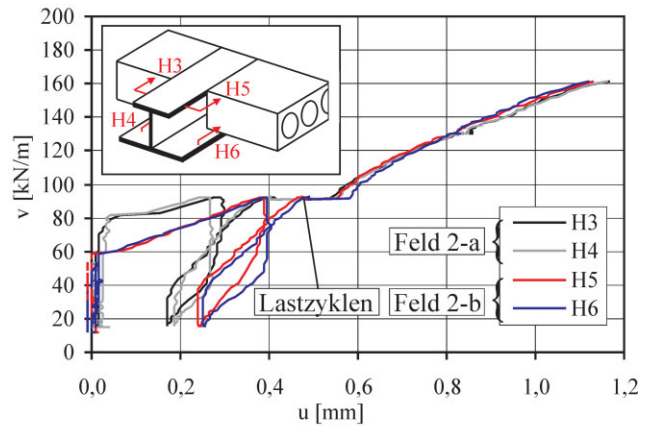
Bild 13. Rissbilder der Plattenunterseiten und der Randplatten in Versuch 1 (links) und 3 (rechts)
Fig. 13. Crack patterns of the soffit of the slabs and the edge slabs in test 1 (left) and 3 (right)

dicker Elastomerstreifen das Abheben in der Mitte der innen liegenden Platten aufgrund der Trägerkrümmung vermindert. Eine messbare Beeinflussung des Tragverhaltens durch eine erhöhte Reibung eines Elastomers wurde nicht festgestellt. In den Versuchen betrug die Auflagertiefe 70 mm und die Breite des Elastomers wurde gegenüber [6], [7], [8] auf 35 mm verkleinert. Da bei einer ausreichenden Begrenzung der Trägerdurchbiegung hierdurch keine nachteiligen Auswirkungen beobachtet wurden, kann diese Art der Ausführung ohne Bedenken angewendet werden.

In den ersten beiden Versuchen ohne horizontale Verformungsbehinderung wurde ausgehend von den Flanschen der IFB-Träger eine gleichförmige Verschiebung der unteren und oberen Plattenspiegel gemessen (Bild 14, oben). Berücksichtigt man die Schubverformung der Stahlträger, ergeben sich geringe Schubverformungen der Randplatten von bis zu 0,28 mm. Eine Verbundwirkung zwischen dem Stahlträger und den Hohlplatten entstand wegen der starken Rissbildung der schwach bewehrten Vergussfuge allein durch die Reibung an der Plattenunterseite und war zu gering, um eine messbare Profilverformung der Platten gegenüber dem Stahlträger hervorzurufen. Als Ursache der dennoch gemessenen Traglastabminderung wird neben der Profilverformung eine erhöhte Querkraftbeanspruchung der Randplatten vermutet, da über die ausbetonierten Längsfugen eine Querkraftumlagerung von den inneren zu den äußeren Platten eines Deckenfelds stattfindet. Zur Bestätigung dieser Annahme sind bei weiteren Versuchen Messungen der Auflagerpressungen notwendig.

Durch eine Behinderung der Horizontalverschiebungen in den Versuchen 3 und 4 wird die Steifigkeit der Decke erhöht, wie ein Vergleich dieser Versuche mit dem Versuch 2 in Bild 12 belegt. Die Verbundwirkung zwischen Stahlträger, Vergussbeton und Hohlplatten in Querrichtung der Decke nimmt zu. Der Schlupf zwischen den Hohlplatten und dem Träger verringert sich allein durch die eingeschweißten Stahlplatten im Mittel um etwa 40% (Vergleich der Versuche 2-b und 4-b in Bild 14; Messpunkte H5, H6). Zudem lassen die gemessenen Relativverschiebungen eine größere Bewegung des oberen Plattenspiegels und somit eine deutliche Profilverformung erkennen. Nach Bild 14 (unten) ergibt sich eine Profilverformung von 0,3 mm (Messpunkte H5, H6), die zusätzlich um die Schubverformung des Stahlträgers zu vergrößern ist. Während der Vergussbeton zwischen den Kopfplatten wie in der Praxis der Auflagerverdrehung der IFB-Träger folgt, ist aufgrund der Rissbildung in der Fuge zwischen dem Träger und den Platten eine wirksame Verformungsbehinderung der Hohlplatten nur im unteren Teil des Querschnitts zu erwarten. Die seitlichen Stahlträger verstärken den Effekt der eingeschweißten Kopfplatten, in Deckenfeld 4-a wurde daher (ohne Berücksichtigung der Schubverformung des Stahlträgers) mit 0,6 mm die größte Profilverformung gemessen (Bild 14, unten; Messpunkte H3, H4). Trotz der unterschiedlichen Profilverformungen versagten bei den Versuchen 3 und 4 jeweils die Randplatten beider Deckenfelder gleichzeitig beim ersten Durchgang. Zudem wurden vergleichbare Traglasten wie in den Versuchen ohne Verformungsbehinderungen und mit geringeren Profilverformungen erreicht. Dies unterstützt die

Versuch 2



Versuch 4

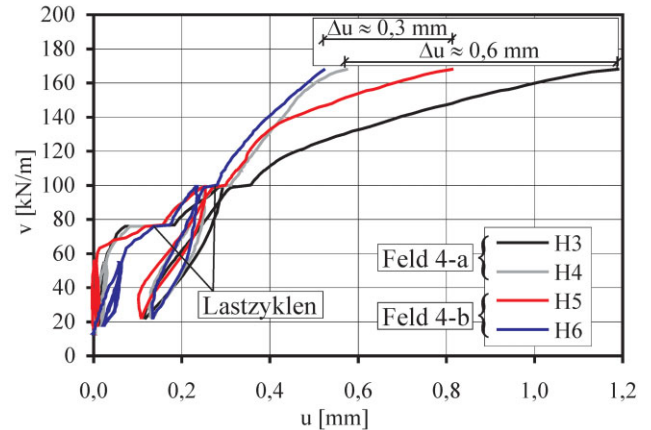


Bild 14. Relativverschiebungen der oberen und unteren Plattenspiegel gegenüber dem Stahlträger für die Fälle ohne (oben) und mit (unten) seitlicher Verformungsbehinderung

Fig. 14. Relative displacements of the upper and lower hollow core slab flanges with respect to the steel beam without (top) and with (bottom) sidewise constraint

Vermutung, dass die Traglastabminderung maßgeblich durch den Lastabtrag in Querrichtung des Deckenfelds von den inneren zu den äußeren Hohlplatten verursacht wird.

Das Ausbetonieren einzelner Hohlkammern der Randplatten in den Versuchen 3 und 4 führte zu keiner messbaren Traglaststeigerung. Der Plattentyp MV5/265 erreichte mit jeweils zwei ausbetonierten (breiten) Kammern trotz der Profilverformung die gleiche relative Tragfähigkeit wie im ersten Versuch ohne Verformungsbehinderungen. Im vierten Versuch mit dem Plattentyp VMM-VSD 25 wurde in beiden Deckenfeldern jeweils eine Randplatte mit zwei bzw. vier ausbetonierten (schmalen) Randkammern verwendet (Bild 11). Das Versagen trat zuerst in den Platten mit weniger gefüllten Kammern auf, was auf eine Beeinflussung des Tragverhaltens durch die Füllung hindeuten könnte. Diese Randplatten erreichten eine etwas geringere Traglast als im Versuch mit freier Verschiebung. Beim Ausbau der Platten nach den Versuchen wurde festgestellt, dass sich der Vergussbeton leicht von den Innenwänden der Kammern ablösen ließ. Vermutlich entsteht durch die fehlende Vorspannung, nachträgliches Schwinden und die relativ glatte Ober-

fläche im Innern der Hohlkammern kein wirksamer Verbund zwischen dem Ortbeton und den Fertigdecken. Ein nennenswerter Anteil des Vergussbetons am Lastabtrag ist daher nicht zu erwarten, möglicherweise wird der Widerstand gegenüber der Profilverformung erhöht.

4 Zusammenfassung

Der Einfluss der biegeweichen Lagerung auf das Tragverhalten von Slim-Floor-Konstruktionen wurde in vier Großversuchen untersucht. Die Hauptparameter waren der Hohlplattentyp, die Biegesteifigkeit der IFB-Träger, die Art der Auflagerung, seitliche Verformungsbehinderungen und das Ausbetonieren einzelner Hohlkammern der Randplatten. Aus den Versuchsergebnissen lassen sich folgende Empfehlungen zur Bemessung und Ausführung von Slim-Floor-Konstruktionen ableiten, die allgemein für biegeweich gelagerte Hohlplatten anwendbar sind.

- Bei Durchbiegungen der Träger zwischen etwa $l/100$ und $l/200$ im Bruchzustand war kein Einfluss der Trägersteifigkeit auf die Querkrafttragfähigkeiten der biegeweich gelagerten Hohlplatten feststellbar. Unter Berücksichtigung der Versuche aus [2], [3] mit geringeren Verformungen ist daraus zu schließen, dass neben einer Begrenzung der Trägerdurchbiegung weitere konstruktive Maßnahmen notwendig sind, um die Querkrafttragfähigkeit zu steigern.
- Werden die Durchbiegungen unter 1,0fachen Gebrauchslasten auf $l/300$ begrenzt, kommt es nur zu einer sehr geringen Längsrissbildung der innen liegenden Hohlplatten. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden höchstens ein oder zwei Längsrisse entstehen, so dass eine Beeinträchtigung der Gesamtragwirkung der Decke ausgeschlossen werden kann. Die Querkrafttragfähigkeit der für das Versagen eines Deckenfelds maßgebenden Randplatten wurde durch Längsrisse nicht beeinflusst.
- Zum Ausgleich von Unebenheiten und der nicht vollflächigen Auflagerung aufgrund der Trägerkrümmung wird die Lagerung auf einem 10 mm dicken Elastomer empfohlen. Bei einer ausreichenden Begrenzung der Durchbiegung sind nachteilige Auswirkungen auf das Tragverhalten durch eine erhöhte Reibung zwischen den Hohlplatten und dem Träger nicht zu erwarten. Nach den Versuchen kann die Mindestbreite des Elastomers in Abhängigkeit von der Auflagerpressung auf 35 mm und die gesamte Auflagertiefe auf 70 mm reduziert werden.
- Das Ausbetonieren einzelner Hohlkammern führte zu keiner messbaren Traglaststeigerung, obwohl die Versagensform eines Versuchs darauf hindeutet, dass möglicherweise der Widerstand gegenüber der Profilverformung erhöht wird. Durch den geringen Verbund zwischen den Hohlplatten und dem Vergussbeton war ein nennenswerter zusätzlicher Querkrafttraganteil nicht feststellbar.
- Die Versuchsergebnisse deuten darauf hin, dass eine Ausnutzung des Bemessungswerts der Querkrafttragfähigkeit von 60–70% unter bestimmten Randbedingungen möglich ist. Vor allem zur Bestimmung der notwendigen Randbedingungen von Tragfähigkei-

ten > 60% sind noch weitergehende Untersuchungen erforderlich.

- Ein eindeutiger Einfluss der Querschnittsform der Fertigdecken auf die Querkrafttragfähigkeit wurde bei den untersuchten Plattentypen nicht festgestellt. Die Bruchlast wurde maßgeblich durch die Betonzugfestigkeit der Platten beeinflusst.
- Aufgrund einer Verbundwirkung zwischen dem IFB-Träger und den Hohlplatten werden die Platten in Querrichtung zum einen durch eine Profilverformung beansprucht. Nach den Versuchsergebnissen ist die Abminderung der Querkrafttragfähigkeit jedoch nicht allein darauf zurückzuführen. Mit zunehmender Trägerverformung werden zum anderen nennenswerte Querkraftanteile von den inneren auf die äußeren Platten eines Deckenfelds über die ausbetonierten Längsfugen umgelagert, so dass die Randplatten höher beansprucht sind. Die Überlagerung beider Effekte könnte die Ursache für die verminderte Querkrafttragfähigkeit sein.

Um den Einfluss verschiedener Ausführungsvarianten auf das Tragverhalten genauer zu beurteilen, wurden am Institut für Massivbau der RWTH Aachen zusätzlich numerische Untersuchungen der traglastbestimmenden Randplatten durchgeführt. Die vollständigen experimentellen und numerischen Ergebnisse befinden sich in [10].

Danksagung

Das Forschungsvorhaben „Einfluss der biegeweichen Lagerung auf das Tragverhalten von Slim-Floor-Konstruktionen“ (AiF Nr. 14203) wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) gefördert. Dem BMWi, der AiF und dem Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) sei an dieser Stelle für die Finanzierung der Forschungsarbeiten, dem Bundesverband Spannbeton-Fertigdecken und der Firma Arcelor Mittal für die Unterstützung mit Versuchsmaterial herzlich gedankt. Besonderer Dank gilt den Mitgliedern der Beratergruppe für die konstruktive Begleitung des Vorhabens und dem Zentrum Metallische Bauweisen der RWTH Aachen für die Bereitstellung des Spannfeldes für den Versuchsaufbau.

Literatur

- [1] Hartz, U.: Auflagerung von Hohlplatten. Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik, Heft 5, 2000, S. 174–175.
- [2] Pajari, M.: Shear resistance of prestressed hollow core slabs on flexible supports. Technical Research Centre of Finland, Dissertation for the degree of Doctor of Technology, VTT Publications 228, Espoo, 1995.
- [3] Schnell, J., Ackermann, F. und Nitsch, A.: Tragfähigkeit von Spannbeton-Fertigdecken auf biegeweichen Auflagern. Beton- und Stahlbetonbau 102 (2007), Heft 7, S. 456–461.
- [4] Guide to good practice by fib Commission 6: Special design considerations for precast prestressed hollow-core floors. 2000.

- [5] *Hegger, J.*: Bemessung und Konstruktion von vorgespannten Decken im Hochbau. Der Prüfenieur, S. 19–28, Oktober 2003.
- [6] Deutsches Institut für Bautechnik: Bescheid über die Änderung und Ergänzung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-15.10-224, Spannbeton-Hohlplattendecke nach DIN 1045-1:2001-07, System Betonson, 2006.
- [7] Deutsches Institut für Bautechnik: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-15.10-225, Spannbeton-Hohlplattendecke nach DIN 1045-1, System VMM, 2006.
- [8] Deutsches Institut für Bautechnik: Bescheid über die Änderung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-15.10-218, Spannbeton-Hohlplattendecke nach DIN 1045-1:2001-07, System Schwörer, 2007.
- [9] DIN EN 1168: Betonfertigteile – Hohlplatten. Deutsche Fassung EN 1168: 2005.
- [10] *Hegger, J.* und *Roggendorf, T.*: Einfluss der biegeweichen Lagerung auf das Tragverhalten von Slim-Floor-Konstruktionen. AiF-Forschungsvorhaben Nr. 14203/N1, Institutsbericht Nr. 184/2007; Lehrstuhl und Institut für Massivbau, RWTH Aachen, 2007.
- [11] Deutsches Institut für Bautechnik: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-15.10-228, Spannbeton-Hohlplattendecke nach DIN 1045-1, System BRESPA, 2004.



Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger
heg@imb.rwth-aachen.de



Dipl.-Ing. Thomas Roggendorf
troggendorf@imb.rwth-aachen.de

RWTH Aachen
Lehrstuhl und Institut für Massivbau
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen



Dr.-Ing. Naceur Kerkeni
H+P Ingenieure GmbH & Co. KG
Kackertstraße 10
52072 Aachen
nkerkeni@huping.de

A COMPANY OF
CONSOLIS
www.consolis.com



DW Systembau GmbH

Werk Rinteln

Fabrikstr. 3

D-31737 Rinteln

Fon +49 (0) 5152 5255 0

Fax +49 (0) 5152 5255 99

info@dw-systembau.de

www.dw-systembau.de

Werk Meiningen

Industriestr. 2

D-98639 Walldorf bei Meiningen

Fon +49 (0) 3693 883 0

Fax +49 (0) 3693 883 314

Werk **BRESPA** Schneverdingen

Stockholmer Str. 1

D-29640 Schneverdingen

Fon +49 (0) 5193 85 0

Fax +49 (0) 5193 85 55

Werk **BRESPA** Chemnitz

Thalheimer Straße 15

D-09125 Chemnitz

Fon +49 (0) 371 53 69 0

Fax +49 (0) 371 53 69 209

info@dw-systembau.de

www.dw-systembau.de