

# The Deltabeam composite system – A big opportunity for hollow-core slabs

## Der Deltabeam-Verbundträger – Eine große Chance für Hohldeckenelemente

Autor



Dr.-Ing. Václav Vimmr, STU-K, PragueM; Dr.-Ing. from Czech Technical University Prague 1974; he was working as structural engineer in the field of research and development of precast concrete systems; since 1995 he is owner and leader of the engineering office STU-K, a.s. in Prague, Czech Republic.

v.vimmr@stu-k.cz

Locally supported flat slabs are very popular in many countries. Due to their well-known advantages, they are frequently used especially in commercial construction. In most cases, flat slabs are cast-in-situ structures, or consist of lattice girder slabs. Previously, these construction methods were not suitable for the application of prestressed hollow-core (HC) slabs. This situation has changed dramatically as a result of the launch of the Deltabeam system. This composite beam enables manufacturers of HC units to offer competitive solutions for the design of flat slabs.

The Deltabeam offered by the Peikko group of companies is a hollow steel beam consisting of top and bottom plates connected by perforated webs welded onto the top and bottom plates. At the same time, the bottom plates form flanges to support precast concrete components. The cross section of the beam resembles the Greek capital letter Δ (see Fig. 1). The webs are perforated by relatively large openings typically 80 or 150 mm in diameter, which are arranged in a 300-mm spacing across the entire beam length. In addition, the beam has air holes located at the top of the webs. The perimeter of the main web holes is lowered to increase web stiffness. The top plates also in-

Flachdecken mit punktförmiger Auflagerung werden in vielen Ländern eingesetzt. Aufgrund der bekannten Vorteile ist der Einsatz besonders im Gewerbebau weit verbreitet. Zumeist werden Flachdecken in Ortbetonbauweise oder mit Elementdecken ausgeführt, die Bauweise war bisher für den Einsatz von Spannbetonhohlplatten ungeeignet. Diese Situation veränderte sich mit der Einführung des Deltabeam-Trägers drastisch. Dieser Verbundträger ermöglicht es den Herstellern von vorgespannten Hohldecken, konkurrenzfähige Lösungen für die Ausführung von Flachdecken anzubieten.

Der Deltabeam der Peikko Group ist ein Stahlhohlprofilträger. Er besteht aus Ober- und Untergurt, die mittels gelochter, auf die Gurte geschweißter Stege miteinander verbunden sind. Der Untergurt dient gleichzeitig als Flansch zur Auflagerung von Betonfertigteilen. Der Querschnitt ähnelt dem griechischen Großbuchstaben Delta „Δ“ (siehe Abb. 1). Die Stege sind von relativ großen runden Aussparungen durchbrochen, die in der Regel einen Durchmesser von 80 oder 150 mm aufweisen. Diese Aussparungen sind im Abstand von 300 mm über die gesamte Trägerlänge angeordnet. Weiterhin hat der Träger Entlüftungsbohrungen an der Stegobenseite. Zur Erhöhung der Steifigkeit des Steges sind die Randbereiche, welche die Steglöcher umgeben, abgesenkt. Im Obergurt sind außerdem Vergusslöcher vorhanden, die zum Einbringen des Betons genutzt werden. Der Deltabeam ist so bemessen, dass der Hohlträger in der Regel schon während der Bauphase alle zeitweilig einwirkenden Lasten ohne zusätzliche Unterstützung aufnehmen kann. Bei Bedarf können eine Zusatzbewehrung und weitere spezielle Einbauteile zur Erhöhung der Feuerbeständigkeit in den Stahlprofilträger eingebaut werden.

Für die Herstellung des Deltabeams wird Stahl der Güte S355J2 + N gemäß EN 10025-2 eingesetzt. Die Standardabmessungen der Mittel- und Randträger sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt [1]. Neben der Ausführung in Standardabmessungen können Höhe und Breite der Trägerprofile an die jeweiligen Projektvorgaben angepasst werden, die Mindesthöhe liegt jedoch bei 200 mm.

Die Produktionsanlagen für den Deltabeam sind automatisiert und mit Robotern ausgerüstet, sodass der Einsatz von Standardträgern eine Reihe von Vorteilen bietet, z. B. eine schnellere Lieferung und natürlich auch geringere Fertigungskosten. Die Anpassung an ganz spezielle Anforderungen kann jedoch sinnvoll sein und Mehrkosten der Herstellung rechtfertigen. Der Deltabeam kann beispielsweise derart ausgeführt werden, dass die beiden Auflagerflächen (links und rechts) für Hohl-

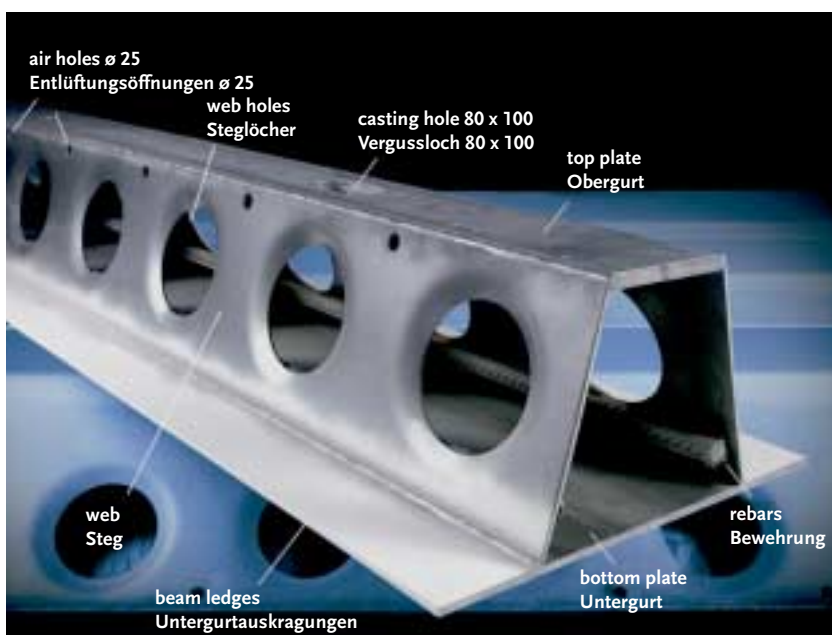
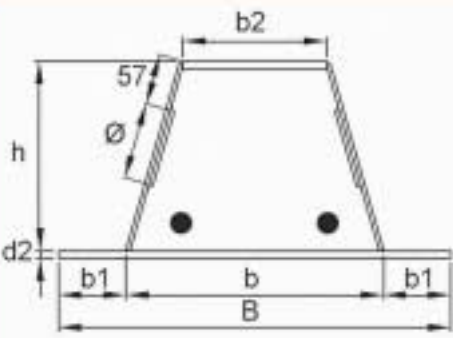


Fig. 1 The Peikko Deltabeam makes it possible to design flat slabs with prestressed hollow-core slabs – a big opportunity for this floor system.

Abb. 1 Der Deltabeam von Peikko ermöglicht die Ausführung von Flachdecken mit Spannbetonhohlplatten – eine große Chance für das Deckensystem.

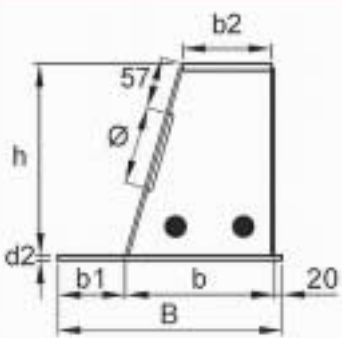


	b	B	b1*	b2	d2	h	Ø**
D20-200	395	97.5	100	5-25	200	80	
D20-300	495	97.5	180	5-25	200	80	
D20-400	660	130	278	5-25	200	80	
D22-300	495	97.5	170	5-25	220	80	
D22-400	660	130	270	5-25	220	80	
D25-300	495	97.5	155	5-25	250	150	
D25-400	660	130	255	5-25	250	150	
D26-300	495	97.5	148	5-25	265	150	
D26-400	660	130	245	5-25	265	150	
D30-300	495	97.5	130	5-25	300	150	
D30-400	660	130	230	5-25	300	150	
D32-300	495	97.5	110	5-25	320	150	
D32-400	660	130	210	5-25	320	150	
D37-400	660	130	180	5-25	370	150	
D37-500	760	130	278	5-25	370	150	
D40-400	660	130	180	5-25	400	150	
D40-500	760	130	278	5-25	400	150	
D50-500	760	130	230	5-25	500	150	
D50-600	860	130	330	5-25	500	150	

**Table 1** Standard dimensions of inner beams – suitable standard beams are offered for commercially available floor heights.

**Tabelle 1** Standardabmessungen für Mittelträger: Für am Markt übliche Deckenstärken werden entsprechende Standardträger angeboten.

clude casting holes to control concrete placement. The Deltabeam has been designed in such a way that the hollow beam is usually able to carry all transient loads during construction without any additional propping. Additional rebars may be placed inside the hollow steel beams if and when required. Moreover, other special elements may be added to improve fire resistance.



	b	B	b1*	b2	d2	h	Ø**
DR20-215	335	100	148	5-25	200	80	
DR20-245	365	100	190	5-25	200	80	
DR22-250	370	100	180	5-25	220	80	
DR25-260	380	100	180	5-25	250	150	
DR26-230	350	100	148	5-25	265	150	
DR26-260	380	100	180	5-25	265	150	
DR26-290	410	100	210	5-25	265	150	
DR26-325	445	100	245	5-25	265	150	
DR30-270	390	100	180	5-25	300	150	
DR32-250	370	100	148	5-25	320	150	
DR32-285	405	100	180	5-25	320	150	
DR32-310	430	100	210	5-25	320	150	
DR32-365	465	100	245	5-25	320	150	
DR37-325	475	130	210	5-25	370	150	
DR40-295	445	130	180	5-25	400	150	
DR50-350	500	130	210	5-25	500	150	

**Table 2** Standard designs are also available for edge beams but, depending on the project at hand, tailor-made designs of all beams can be produced.

**Tabelle 2** Auch für die Randträger gibt es Standardausführungen – selbstverständlich sind Sonderanfertigungen je nach Projekt für alle Träger möglich.

deckenelemente unterschiedlicher Stärke genutzt werden können (siehe **Abb. 2**). Falls aus konstruktiven Gründen erforderlich, kann auch die Höhe des Deltabeam die Höhe der aufliegenden Platten überschreiten. In der Regel wird der Deltabeam als gerader Träger hergestellt, jedoch wurden auch Sonderlösungen mit gebogener Form entwickelt (siehe **Abb. 3**). Die Trägerköpfe müssen nicht not-

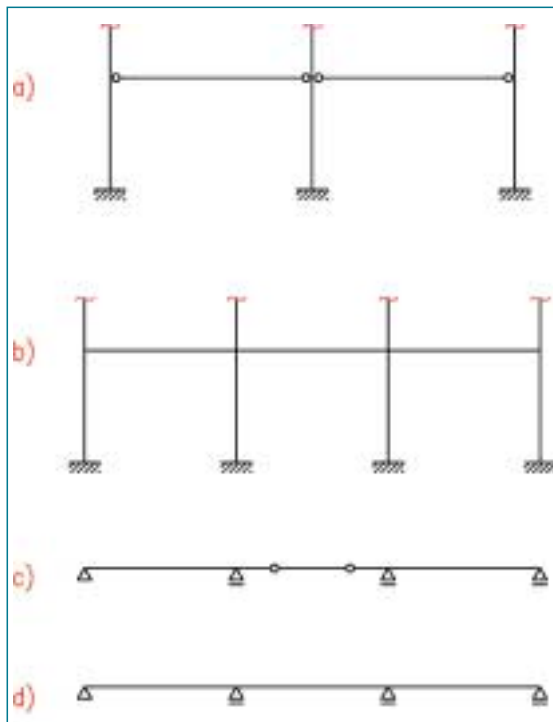


**Fig. 2** One of the customized options on offer is the production of a composite beam accommodating varying slab heights – the perfect solution whenever two floor bays with considerable differences in length are located next to each other.

**Abb. 2** Eine Sonderlösung ist die Herstellung eines Verbundträgers für unterschiedlich hohe Deckenplatten – die ideale Lösung, wenn zwei stark unterschiedlich lange Deckenfelder angrenzen.

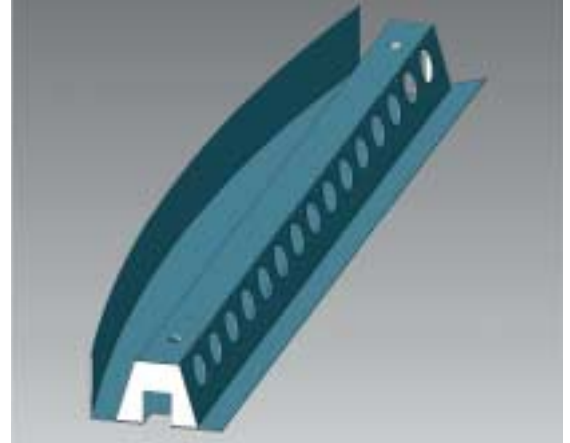
For the production of the Deltabeam, steel grade S355J2 + N according to EN 10025-2 is used. Standard sizes of both inner and edge beams are listed in **Tables 1** and **Table 2** taken from [1]. However, the heights and widths of the beams can be customized to the requirements of each specific project while the minimum height is 200 mm.

The Deltabeam production lines are automated and equipped with robots. As a result, the use of standard beams offers a range of advantages, such as faster delivery



**Fig. 4** Adjacent Deltabeams may be connected in various ways, and thus provide different designs for the transfer of loads.

**Abb. 4** Benachbarte Deltabeams können auf unterschiedliche Weise verbunden werden und liefern somit verschiedene Konzepte für den Lastabtrag.



**Fig. 3** To create a circular end section of a building, a suitably shaped flange with an upturn has been designed – a solution that brings about striking benefits on the construction site despite its high manufacturing cost.

**Abb. 3** Für einen runden Gebäudeabschluss wurde ein entsprechend geformter Flansch mit Aufkantung konzipiert. Eine Lösung, die trotz des hohen Fertigungsaufwandes auf der Baustelle extreme Vorteile bringt.

wendigerweise in der Lot- oder Waagerechten liegen. (Mein Vorschlag: Die Trägeroberseite muss nicht notwendigerweise senkrecht zur horizontalen Achse verlaufen.)

Aus konstruktiver Sicht können Anschlüsse zwischen benachbarten Deltabeams durchlaufend (steif) oder frei (gelenkig) ausgebildet werden. Deltabeams können beispielsweise in Verbindung mit mehrgeschossigen Stützen als Einfeldträger ausgelegt werden (**Abb. 4a**) oder in Fachwerken mit steifen Verbindungen als Unterzüge fungieren (**Abb. 4b**). Ein häufig eingesetztes System ist der Gerberträger (siehe **Abb. 4c**), der in der Praxis eine hohe Ähnlichkeit mit einem Durchlaufträger aufweist (**Abb. 4d**). Darüber hinaus gibt es Standardlösungen für senkrechte Anschlüsse von Deltabeams – die so genannten Seitenanschlüsse.

Die gewählte konstruktive Auslegung – Einfeld- oder Durchlaufträger – beeinflusst die während der Bauphase zu treffenden Sicherheitsvorkehrungen. In manchen Fällen müssen Deltabeams gegen Torsion bzw. Kippen gesichert werden.

Zur Minderung der Durchbiegung können Deltabeams bereits mit einer Überhöhung gefertigt werden. Für Träger mit großer Auskragung oder auf drei Stützen gelagerte Durchlaufträger kann eine doppelte Krümmung ausgebildet werden. So kann eine durch das Eigengewicht entstehende Durchbiegung ausgeschlossen werden.

### Verbundsystem

Deltabeams eignen sich besonders zur Auflagerung von Hohlblechen, die Hohldeckenelemente werden auf den auskragenden Unterflansch aufgelegt. Nach dem Verlegen der Deckenplatten werden die Hohlräume des Deltabeam, die Fugen zwischen Plattenenden und Deltabeam sowie zwischen den Deckenplatten mit Beton vergossen. Nach dem Aushärten des Betons entsteht eine Stahlbeton-Verbundkonstruktion. Gemäß Eurocode 2, 6.2.5 [2] kann auf die Hohldecken und den Deltabeam eine tragende Aufbetonschicht aufgebracht werden.

Der Querschnitt der Verbundkonstruktion einschließlich Aufbeton ist in **Abb. 5** dargestellt. Die Grenze des mittragenden Querschnitts ist durch eine gestrichelte Linie



and, obviously, lower manufacturing cost. However, the customization to very specific requirements can bring about a number of benefits and justify the additional production cost. For example, the Deltabeam can be designed in such a way that the two support areas (on the left- and right-hand side) can be used for hollow-core slab units of different thicknesses (see Fig. 2). If and when required for structural reasons, the height of the Deltabeam may also exceed the height of the floor slabs supported. Usually the Deltabeam is produced as a straight beam but special solutions in curved shapes have also been developed (see Fig. 3). The top side of the beam need not necessarily run perpendicular to the horizontal axis.

From a structural point of view, the joints between adjacent Deltabeams can be designed as continuous (fully rigid) or free (pinned) joints. Deltabeams can be simply supported, for instance in combination with multi-story columns (Fig. 4a), or can act as girders in frameworks with rigid joints (Fig. 4b). A commonly used system is the Gerber girder (see Fig. 4c), which, in reality, is very similar to a continuous beam (Fig. 4d). In addition, standard solutions are offered for the perpendicular connection of Deltabeams (i.e. the so-called side joints).

The selected structural concept – a simply supported or continuous beam – determines the precautions to be taken during the construction phase. In some cases, it is necessary to prevent torsion and/or tilting of the Deltabeams.

In order to reduce deflection, Deltabeams can be produced in a pre-cambered design. A double curvature can be formed for beams with large cantilevers or continuous beams placed on three supports. This approach eliminates the deflection caused by the dead load of the beam.

### Composite system

Deltabeams are particularly suitable for the support of HC slab units. These units are placed on the ledges of the bottom flanges. Following the placement of the hollow-core slabs, the voids in the Deltabeam, the joints between the ends of the HC units and the Deltabeam and the joints between the HC units are filled with concrete. Once the concrete has hardened, a composite steel-concrete structure is created. A structural concrete topping may be placed on HC units and Deltabeams in accordance with Eurocode 2, 6.2.5 [2].

The composite section, including the structural topping, is shown in Fig. 5. The boundary of the effective section is marked by a dash line. The figure shows the following:

- » The structural topping including reinforcing mesh. A sufficient bond of the topping can be achieved by an appropriate treatment of the HC unit surface.
- » Cast-in-situ concrete extending over the width  $b$ , together with the steel box.
- » Sufficiently anchored rebars placed in the slab joints.
- » The minimum thickness of the top flanges of the HC units along the effective width in accordance with the type of verification (ultimate limit state or serviceability limit state).

The effective composite section does not include the infill concrete in the hollow cores at the ends of the floor slabs. However, this concrete is very important to achieve the composite action and to strengthen the ends of the HC units. In the verification of the ultimate limit state, the upper flanges represented by the hollow-core units and

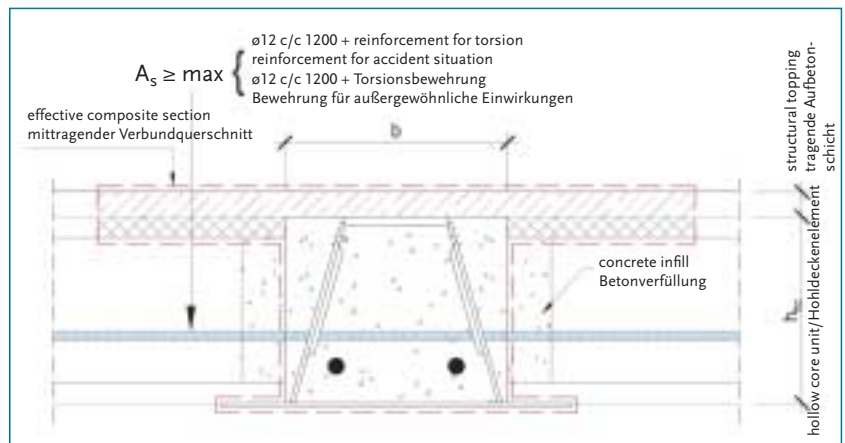


Fig. 5 Representation of the effective section of the Deltabeam.

Abb. 5 Darstellung des mittragenden Querschnitts für den Deltabeam.

markiert. Die Abbildung zeigt folgende Bestandteile:

- » Aufbeton mit Mattenbewehrung. Eine ausreichende Verbundwirkung des Aufbetons kann durch eine entsprechende Oberflächenbehandlung der Hohldeckenelemente erzielt werden.
- » Ortbeton in der Breite  $b$  mit dem Stahlkasten.
- » Ausreichend verankerte Bewehrungsseisen in den Plattenfugen.
- » Mindestdicke des oberen Plattenspiegels der Hohldeckenelemente entlang der wirksamen Breite gemäß Nachweisart (Grenzzustand der Tragfähigkeit bzw. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit).

Der wirksame Verbundquerschnitt enthält nicht den Vergussbeton in den Hohlräumen an den Enden der Deckenplatten. Dennoch ist dieser sehr wichtig für das Erreichen der Verbundwirkung und für die Verstärkung der Endbereiche der Hohldeckenelemente. Für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden weder die obere Plattenspiegel der Deckenelemente noch die optionale Aufbetonschicht berücksichtigt, sondern lediglich die Breite des Betonquerschnitts  $b$ . In der Praxis entspricht  $b$  der Entfernung zwischen den Enden der Hohldeckenelemente. Hinsichtlich der Durchbiegung kann andererseits der volle Verbundquerschnitt gemäß Abb. 5 berücksichtigt werden. Dies wurde durch Belastungsversuche nachgewiesen [3].

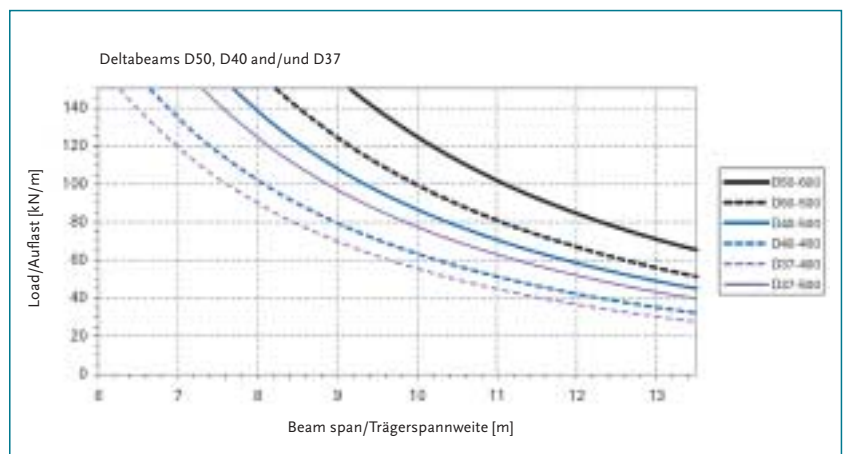


Fig. 6 Load-bearing capacity of beams in structural heights of 370, 400 and 500 mm.

Abb. 6 Tragfähigkeit der Träger mit den Bauhöhen 370, 400 und 500 mm.

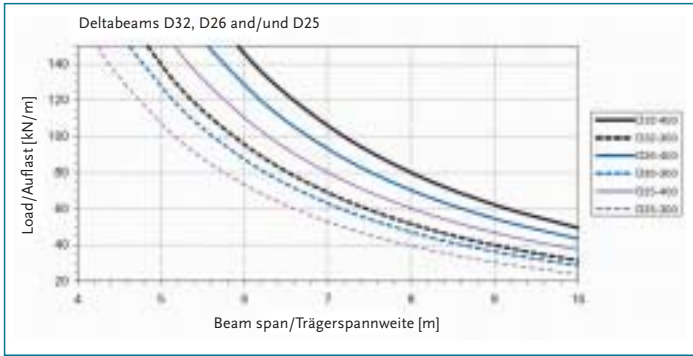


Fig. 7 Load-bearing capacity of beams in structural heights of 250, 260 and 320 mm.  
Abb. 7 Tragfähigkeit der Träger mit den Bauhöhen 250, 260 und 320 mm.

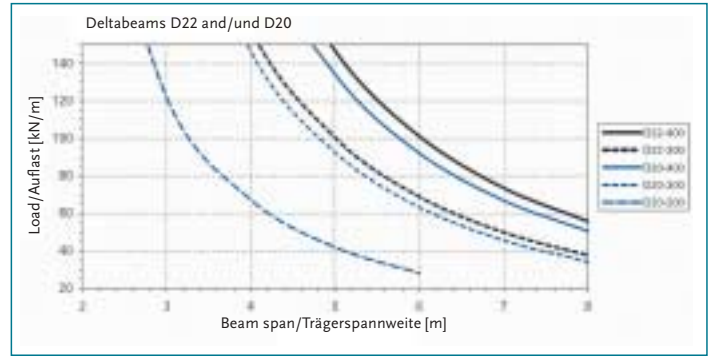


Fig. 8 Load-bearing capacity of beams in structural heights of 200 and 220 mm.  
Abb. 8 Tragfähigkeit der Träger mit den Bauhöhen 200 und 220 mm.

the optional structural topping are not considered. Only the width of the concrete section  $b$  is taken into account. In practice,  $b$  is equal to the distance between the ends of the HC units. On the other hand, the full composite cross section according to Fig. 5 can be taken into consideration in the case of deflection. This has been demonstrated by loading tests [3].

Diagrams showing the bending capacity of composite Deltabeams of different standard cross sections can be found in Figs. 6–8. These graphs were calculated for simply supported beams while the composite action of the HC units was neglected.

Although detailed design guidance and analyses are provided by the Deltabeam producers, the geometrical parameters and actions should be determined by the structural engineer responsible for the project.

### Fire resistance

In the verification of the load-bearing capacity under normal conditions, the additional longitudinal rebars located inside the Deltabeam cross section are not taken into account. However, they act as a part of the load-bearing structure in the event of fire. This reinforcement is dimensioned in compliance with the fire rating of the building, and is included in the design only if needed. The fire rating of the Deltabeam has been determined on the basis of combustion tests that provided data to establish related guidelines. The Deltabeam can be designed to meet the specifications of fire class R 180 without any external protection. Only the external webs of the edge beams need to be protected from fire impact by other structures or materials. The shear resistance under fire impact can be improved by vertical headed studs welded onto the top flange. The shear effect can be calculated using a strut-and-tie model.

### Main features of the composite system

Due to the contribution of the hollow-core units, the composite system offers a considerably higher bending stiffness than conventional precast concrete beams supporting HC units. This is of particular significance with regard to the reduction of the shear resistance of the HC units due to the flexibility of supports. The composite system employing HC units offers relatively large spans without requiring beams significantly projecting from the soffit. This is a very important factor because such beams create obstacles to partitions or services. The only visible parts of the Deltabeams are their thin bottom flanges. The com-

Diagramme mit Darstellung des Biegevermögens von Deltabeam-Verbundträgern mit verschiedenen Standardquerschnitten finden sich in den Abb. 6 bis Abb. 8. Diese Kurven wurden für Einfeldträger berechnet; die Verbundwirkung der Hohldeckenelemente wurde hierbei vernachlässigt.

Zwar werden von den Deltabeam-Herstellern ausführliche Nachweise und Berechnungen zur Verfügung gestellt, jedoch sollten die geometrischen Parameter und Einwirkungen durch den für das jeweilige Projekt zuständigen Tragwerksplaner ermittelt werden.

### Feuerbeständigkeit

Bei der Berechnung der Tragfähigkeit unter normalen Einsatzbedingungen wird die innerhalb des Deltabeam-Querschnitts befindliche zusätzliche Längsbewehrung nicht berücksichtigt, sie wirkt aber dennoch im Brandfall als Teil der Tragkonstruktion. Diese Bewehrung ist entsprechend der Brandschutzklassifikation der Gebäude bemessen und wird nur bei Bedarf geplant. Die Feuerwiderstandsdauer des Deltabeam wurde auf Grundlage von Brandversuchen ermittelt, aus denen Daten für entsprechende Richtlinien gewonnen wurden. Der Deltabeam kann ohne weitere äußere Schutzmaßnahmen für die Feuerwiderstandsklasse F180 bemessen werden. Nur die außen liegenden Stege der Randträger müssen durch andere Konstruktionen oder Materialien vor der Brandeinwirkung geschützt werden. Die Schubtragfähigkeit unter Brandeinwirkung kann durch auf den oberen Flansch aufgeschweißte Kopfbolzen erhöht werden. Die Schubeinwirkung kann mithilfe eines Stabwerkmodells berechnet werden.

### Hauptmerkmale des Verbundsystems

Das Verbundsystem bietet wegen des Beitrags der Hohldeckenelemente eine wesentlich höhere Biegesteifigkeit als herkömmliche Fertigteilträger mit aufgelagerten Hohldecken. Dies ist von erheblicher Bedeutung im Hinblick auf die Minderung der Schubtragfähigkeit der Hohldecken aufgrund der Flexibilität der Unterzüge. Das Verbundsystem mit Hohldeckenelementen kann relativ große Bereiche überspannen, ohne dass hierfür Träger erforderlich sind, die wesentlich unter der Deckenunterseite herausragen. Dies ist ein sehr wichtiger Faktor, da solche Träger Hindernisse für Trennwände oder Versorgungsleitungen darstellen. Vom Deltabeam bleiben dagegen nur die dünnen Unterflansche sichtbar. Die Verbundkonstruktion mit Hohldeckenelementen ist bei ver-

Span of Deltabeam Spannweite Deltabeam [m]	D50- 500	D50- 500	D40- 500	D40- 400	D37- 500	D37- 400	D32- 400	D32- 300	D26- 400	D26- 300	D25- 400	D25- 300	D22- 400	D22- 300	D20- 400	D20- 300	D20- 200
13	7	5.5	5	3.2	4.2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	8.5	7	5.8	4	5	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	10	8	7	5.2	6.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	12.5	10	8.8	6.2	7.5	5.2	5	3	4.5	2.8	3.5	-	-	-	-	-	-
9	15	12	10.8	8	9.5	7	6.2	4	5.5	3.8	4.8	3	-	-	-	-	-
8	>15	>15	13.5	10	12.5	9	8	5.2	7	4.8	6	4	5.5	3.8	5.2	3.5	-
7	-	-	>15	13.2	>15	12	10.7	7	9.2	6.3	8	5.2	7.2	5	6.6	4.7	-
6	-	-	-	-	-	-	14.5	9.5	13	8.7	11	7.2	10	7	9.2	6.3	3
5	-	-	-	-	-	-	>15	14	>15	12.5	>15	10.8	14.5	10	13.2	9.2	4.2
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>15	>15	>15	15	6.5
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12

**Table 3** Floor bay dimensions achievable, assuming a total design load of 10 kN/m<sup>2</sup>.

**Tabelle 3** Deckenfeldabmessungen bei einer angenommenen Gesamtauflast von 10,0 kN/m<sup>2</sup>.

posite structure using HC units is considerably lighter than solid, cast-in-situ slabs but achieves a similar performance. Construction progresses much more rapidly and imposes less significant requirements in terms of the technical skills and abilities of the workforce.

### Application

The composite system based on the Deltabeam is an effective solution whenever a so-called “hidden beam” is to be designed (i.e. a support running flush to the floor slab underside). However, this system is typically used in frame systems, in particular if the total structural floor height should be minimized. The composite Deltabeam can be used in conjunction with floor panels topped with in-situ concrete (in accordance with EN 13747) [4] or other pre-cast floor types, but will be most effective when used together with hollow-core slabs. The load-bearing capacities of the Deltabeam composite system are shown in **Figs. 6 to 8** for various floor heights.

Assuming a total design load of 10 kN/m<sup>2</sup>, **Table 3** shows the various floor bay dimensions achievable with different standardized Deltabeam cross sections.

gleichbarer Leistung erheblich leichter als massive Ortbetondecken. Die Bauzeit wird wesentlich verkürzt, und der Einbau erfordert seitens der eingesetzten Arbeitskräfte weniger Fachkenntnis.

### Anwendung

Das Verbundsystem auf Grundlage des Deltabeam bietet immer dann eine effektive Lösung, wenn ein so genannter „unsichtbarer Träger“ geschaffen werden soll – ein deckengleicher Unterzug. Typischerweise wird dieses System jedoch innerhalb von Rahmentragwerken eingesetzt, bei denen die Gesamtaufbauhöhe der Decken minimiert werden soll. Der Deltabeam-Verbundträger kann in Verbindung mit Deckenplatten mit Ortbetonergänzung (gemäß EN 13747) [4] oder anderen Fertigteildecken eingesetzt werden, zeigt jedoch seine größte Wirksamkeit, wenn er mit Hohlplatten kombiniert wird. Die Werte für die Tragfähigkeit des Deltabeam-Verbundträgersystems sind in den **Abb. 6 bis 8** für verschiedene Deckenhöhen dargestellt.

Bei einer Gesamtlastannahme von 10 kN/m<sup>2</sup> sind die in **Tabelle 3** für verschiedene standardisierte Deltabeam-



**Fig. 9** One example of the application of the system is the recently completed campus in Prague-Stodulky.

**Abb. 9** Eine beispielhafte Anwendung ist der kürzlich fertig gestellte Bau des Campus Prag-Stodulky.



**Fig. 10** Customized beams in various designs have been used for the new Saxo Bank building north of Copenhagen. The image shows an edge beam with a round-shaped end.

**Abb. 10** Für einen Neubau der Saxo-Bank nördlich von Kopenhagen wurden verschiedene Sonderträger eingesetzt, hier beispielsweise ein Randträger mit einem runden Abschluss.

### Project examples

The above-described composite structure consisting of Deltabeams and HC units has been recently used in the construction of the campus in Prague-Stodulky (see Fig. 9). The cast-in-situ slab included in the original design was replaced with the composite system at the detailed design stage [5].

An impressive framework consisting of composite Deltabeams and hollow-core slabs was erected during the construction of the new Saxo Bank building in the area of the previous Tuborg harbor in Hellerup, situated north of Copenhagen (Fig. 10).

The Deltabeam also proved to be very useful in reconstruction and upgrading projects. Two of the prime examples in this regard are a commercial building in Lausanne, Switzerland [6], and the conversion of a residential building to a hotel for the international Buddha chain. The existing floor slabs had to be replaced while the floor depth was relatively limited. The Deltabeam turned out to be the most effective solution in both cases.

#### Type approvals

The Deltabeam system obtained type approvals in the following countries:

Germany: Z-26.2-49

UK: BBA 05/4204

Russia: POOC, FI.C Л 19.H00323

Finland: VTT-RTH-03040-07

Czech Republic: 204/C5/2006/060-025293

### Conclusions

As a composite floor structure, hollow-core units used in combination with Deltabeams can successfully compete with cast-in-situ, two-way flat slabs. Composite systems further enhance the benefits of precast structures. In addition, composite structures can be built much faster than cast-in situ designs. Considerably fewer skilled workers with relevant technical expertise need to be employed on the construction site. For example, no carpenters are required, and only a small amount of reinforcement needs to be placed on site.

The Deltabeam does not compete with prestressed or reinforced concrete beams but helps open up a new field of application for hollow-core slabs that would be unthinkable without this development.

Floor structures with flush undersides allow a flexible layout during the entire lifecycle of the building, and the easy installation of HVAC systems below or inside the floor. Due to the system's low structural height, the overall height of the building can be reduced.

A large number of examples of the successful application of composite structures based on Deltabeams and hollow-core slabs in many European countries demonstrates the great variety of possible solutions. And there is no doubt that further innovations and new developments will emerge. In this regard, the ongoing research program with the University of Oulu in Finland should be mentioned, as well as dozens of loading tests and fire safety tests. Due to the use of the Deltabeam composite system, hollow-core units can be used in new fields of application, and thus become more competitive.

Václav Vimmr, Prague

Querschnitte angegebenen Deckenfeldabmessungen erzielbar.

### Ausgewählte Projekte

Die zuvor beschriebene Verbundkonstruktion aus Deltabeam-Trägern und Hohldeckenelementen wurde kürzlich beim Bau des Campus Prag-Stodulky eingesetzt (siehe Abb. 9). Die ursprünglich vorgesehene Ortbeton-Flachdecke wurde in der Ausführungsplanung durch das Verbundsystem ersetzt [5].

Ein eindrucksvolles Rahmentragwerk aus Deltabeam-Verbundträgern und Hohldecken wurde auch bei der Errichtung des neuen Gebäudes für die Saxo-Bank auf dem Areal des früheren Hafens Tuborg im nördlich von Kopenhagen gelegenen Hellerup realisiert (Abb. 10).

Der Deltabeam erwies sich auch bei Rekonstruktions- und Modernisierungsprojekten als sehr nützlich. Bemerkenswerte Beispiele hierfür sind ein Gewerbebau in Lausanne in der Schweiz [6] und die Umwandlung eines Wohngebäudes in ein Hotel für die internationale Kette Buddha. Die vorhandenen Deckenplatten mussten ausgetauscht werden, wobei die Deckentiefe relativ eingeschränkt war. In beiden Fällen war der Deltabeam die effektivste Lösung.

#### Bauaufsichtliche Zulassungen

Für das Deltabeam-System wurden in den folgenden Ländern bauaufsichtliche Zulassungen erteilt:

Deutschland: Z-26.2-49

Großbritannien: BBA 05/4204

Russland: POOC, FI.C Л 19.H00323

Finnland: VTT-RTH-03040-07

Tschechische Republik: 204/C5/2006/060-025293

### Fazit

Als Verbunddecken in Verbindung mit Deltabeams eingesetzte Hohldecken sind eine konkurrenzfähige Alternative zu kreuzweise bewehrten Ortbeton-Flachdecken. Verbundsysteme stellen die Vorteile von Fertigteilkonstruktionen noch deutlicher heraus. Darüber hinaus können sie im Vergleich zu Ortbetondecken in wesentlich kürzerer Zeit errichtet werden. Auf der Baustelle werden weit weniger Facharbeiter mit entsprechender Fachkenntnis benötigt. Es müssen beispielsweise keine Zimmerleute eingesetzt werden, und auf der Baustelle muss nur eine geringe Menge an Bewehrung eingebaut werden.

Der Deltabeam steht nicht in Konkurrenz zu Spannbeton- oder Stahlbetonträgern, leistet jedoch einen Beitrag zur Eröffnung eines neuen Anwendungsgebiets für Hohldecken, das ohne diese Entwicklung nicht vorstellbar wäre.

Deckenkonstruktionen mit ebener Untersicht ermöglichen während der gesamten Gebäudenutzungsdauer eine flexible Planung und einfache Installation von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage unter oder in der Decke. Wegen der geringen Bauhöhe kann die Gesamthöhe des Gebäudes reduziert werden.

Zahlreiche Beispiele für den erfolgreichen Einsatz von Verbundkonstruktionen mit Deltabeam-Trägern und Hohldecken in vielen europäischen Ländern belegen die Vielfalt der möglichen Lösungen. Und man kann sicher davon ausgehen, dass es künftig noch weitere neue Entwicklungen geben wird. Hier ist zum Beispiel ein gegenwärtig gemeinsam mit der Universität Oulu in Finnland durchgeführtes Forschungsprojekt zu erwähnen, ebenso

## References/Literatur

---

- [1] Peikko group: DELTABEAM Composite Beam. Peikko brochure 4/2007
- [2] EN 1992-1-1: 2004. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1.1: General rules for buildings
- [3] Load test of hollow core slab floor with Delta beam. Research Report No VTT-S-2555-06
- [4] Furche, J.: New rules for precast construction – Product standards for precast slabs and other components with lattice girders. BFT INTERNATIONAL 02/2008
- [5] Vimmr, V. and Vimmr, M.: Application of special products for concrete structures. In Proceedings of FIB Symposium – Concrete Structures – Stimulators of Development. Dubrovnik 2007
- [6] Rautio, A.: Steel Frame Built from Top to Bottom in Lausanne. Steel Construction Magazine 04/2006

wie Dutzende von Traglastversuchen und Prüfungen hinsichtlich des Brandschutzes. Dank des Deltabeam-Verbundträgers können Hohldeckenelemente in neuen Anwendungsbereichen eingesetzt werden und werden so konkurrenzfähiger.

*Václav Vimmr, Prag*