

Dokumentation 614

# Stahlgeschossbau – Deckensysteme –



## Impressum

Dokumentation 614  
Stahlgeschossbau  
– Deckensysteme –

Herausgeber:  
BAUEN MIT STAHL e.V.  
Sohnstraße 65  
40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42  
40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
zentrale@bauen-mit-stahl.de  
www.bauen-mit-stahl.de

Ein Nachdruck dieser Publikation –  
auch auszugsweise – ist nur mit  
schriftlicher Genehmigung des Heraus-  
gebers bei deutlicher Quellenangabe  
gestattet.

Titelbilder

links oben:

Bürogebäude in Düsseldorf  
(© Petzinka Pink Architekten/  
Hermann Fahlenbrach)

links unten:

Thermisch aktive Flachdecke „Slimdek“

rechts oben:

Stahlflachdecke mit Spannbeton-  
Fertigteilen

rechts unten:

Innovationszentrum für Informatik  
in Berlin (© BauBild/Stephan Falk)

## Die Autoren

Dipl.-Ing. Walter Suttrop,  
Bereichsleiter bei BAUEN MIT STAHL e.V.,  
Düsseldorf

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger,  
Institut für Massivbau, RWTH Aachen  
Hegger + Partner, Beratende Ingenieure,  
Aachen

Dipl.-Ing. Sebastian Bülte,  
Institut für Massivbau, RWTH Aachen

Dr.-Ing. Michael Günther,  
Uponor – VELTA GmbH & Co. KG,  
Norderstedt/Dresden

Petzinka Pink Architekten,  
Düsseldorf

## Inhalt

	Seite
<b>1 Decken in Stahlbauweise – Ein aktueller Überblick</b> Dipl.-Ing. Walter Suttrop	4
<b>2 Stahldeckensysteme mit Spannbeton-Fertigdecken</b> Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger und Dipl.-Ing. Sebastian Bülte	17
<b>3 Thermisch aktive Stahldecken als Applikation der Betonkern- aktivierung</b> Dr.-Ing. Michael Günther	23
<b>4 Büro- und Geschäftsgebäude Karl-Arnold-Platz in Düsseldorf</b> Petzinka Pink Architekten	27

Juni 2005

## Stahlgeschossbau – Deckensysteme

### Einführung

Für die Nutzung von Gebäuden und ihre Wirtschaftlichkeit sind die eingesetzten Deckensysteme von entscheidender Bedeutung. Kostenmäßig entfallen auf sie ca. ein Drittel der Rohbaukosten, dies entspricht 5 bis 10 % der Gesamtbaukosten. Sie sind jedoch der Schlüssel für die gesamte Gebäudestruktur. Gerade deshalb ist es so wichtig, bereits in der Planungsphase eines Geschossbaues die Weichen richtig zu stellen.

Die Optimierung beginnt bereits in der ersten Entwurfsphase, wenn die Grundzüge der Gebäudestruktur erarbeitet werden. Bei der Optimierung der Baustrukturen geht es neben statisch-konstruktiven Fragen vor allem um Flexibilität in der Nutzung, die Integration der Haustechnik, die Energieversorgung, Brand- und Schallschutz, die Wirtschaftlichkeit und die Nachhaltigkeit im Hinblick auf eine lange Nutzungsdauer. Außerdem sind kurze Bauzeiten anzustreben, sowohl im Interesse der Wirtschaftlichkeit, als auch der Umweltbelange.

Unter all diesen Gesichtspunkten sollten die Planungsarbeiten für ein zu errichtendes Gebäude weitgehend abgeschlossen sein, bevor mit den Arbeiten auf der Baustelle begonnen wird. Eine sukzessive, gleitende Planung, wie sie in Deutschland im Gegensatz zu unseren Nachbarländern vielfach noch üblich ist, verteuert den Bauprozess und verhindert eine effiziente integrative Planung aller Teilsysteme, die insbesondere unter energetischen Gesichtspunkten immer wichtiger wird.

Neue, zukunftsweisende Baulösungen sind mehr denn je gefragt. Stahldeckensysteme in Stahlverbund oder mit Stahl-Flachdecken können bei einer Vielzahl

von Varianten selbst komplexeste Bauanforderungen erfüllen, sowohl bei Neubauten als auch beim Bauen im Bestand, bei Bürogebäuden, Park- oder Warenhäusern ebenso wie bei Schulen oder Krankenhäusern. Der Brandschutz stellt kein Problem dar, alle Brandschutzanforderungen lassen sich erfüllen.

Ein entscheidender Vorteil von Stahldeckensystemen sind ihre großen Spannweiten. Tragwerksplaner favorisieren häufig Systeme mit Unterzügen und ohne Vorspannung, die den Materialverbrauch für den Rohbau und den Aufwand in der statischen Berechnung minimieren, jedoch nur kurze Spannweiten ermöglichen. Bauherr und Architekt wünschen bei geringen Kosten unterzugfreie Decken mit großen Spannweiten für ein Maximum an Flexibilität und architektonischer Qualität. Mit vorgespannten Deckensystemen, wie z. B. Slimflor-Systemen, sind größere Spannweiten und Schlankheiten zu erzielen. Die geringere Deckendicke spart außerdem Gebäudehöhe und damit Fassadenkosten und verringert die Fundamentlasten.

Durch die Kombination von Stahlkonstruktionen mit Betonfertigteilen können Bauabläufe weiter optimiert, Kosten und die Bauzeit reduziert werden. Der Einsatz industriell vorgefertigter Stahl- und Betonbauteile sichert eine gleichbleibende Qualität, verhindert jahreszeitlich- und witterungsbedingte Unterbrechungen der Bauarbeiten, minimiert Staub- und Lärmemissionen und damit Beeinträchtigungen der Umwelt und der Nachbarschaft. Die Trockenbauweise mit Stahl könnte auch in Deutschland zusätzliche Anwendungsbereiche erschließen.

Noch nicht hinreichend genutzt wird bei Stahldeckensystemen die Möglichkeit

einer thermischen Aktivierung der Decke. Der in dieser Schrift enthaltene Beitrag soll noch bestehende Wissenslücken schließen. Gerade bei Deckensystemen mit Verbundblechen oder Tiefsickenblechen können bei Verlegung von Heiz-/Kühlrohren die Bleche für einen besonders effektiven Wärme- bzw. Kühltransport herangezogen werden. Denn gegenüber den üblichen Massivdecken mit Betonkernaktivierung reagieren die Stahldeckensysteme wesentlich schneller. Wichtig für die optimale Einbringung der Rohrregister in die Deckenplatten ist auch hier eine integrative Planung.

Moderne Geschossbauten in Stahl sind in Deutschland noch immer die Ausnahme. Der Marktanteil liegt mit 8 bis 10 % im Vergleich zu unseren Nachbarländern, wie Frankreich, Belgien, Niederlande oder Großbritannien, extrem niedrig. International beträgt der Marktanteil zwischen 30 und 65 %. Nachfolgend wird ein von dem Büro Petzinka Pink Architekten entworfenes Bürogebäude in Düsseldorf vorgestellt, das in vielerlei Hinsicht als beispielhaft gelten kann. Der achtgeschossige Stahlbau wurde in Stahl-Flachdeckenbauweise mit Spannbeton-Fertigteildecken errichtet. Hervorstechende Merkmale des eleganten Bauwerks sind die hohe Transparenz, der leichte und schlanke Baukörper und der hohe ökologische Anspruch an die Architektur.

Die vorliegende Broschüre ist entstanden in Anlehnung an ein Fachforum auf der Baufachmesse BAU 2005 in München, das BAUEN MIT STAHL gemeinsam mit dem Bundesverband Spannbeton-Fertigdecken veranstaltet hat und das den Titel trug: „Moderne Geschossbauten in Stahl“. Wir danken allen Referenten und Autoren, die uns hierbei unterstützt haben.

# Decken in Stahlbauweise – Ein aktueller Überblick

Dipl.-Ing. Walter Suttrop

## Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Funktion und Aufgabe einer Geschossdecke
- 3 Vorteile von Decken in Stahlbauweise
- 4 Deckenfeld und Stützenraster
- 5 Planung von Stahldecken
- 6 Ausführungsarten
- 7 Decken in Stahlverbundbauweise
  - 7.1 Verbundträger mit Verbundblechen und Ortbeton
  - 7.2 Verbundträger mit Half-Fertigteilplatte und Ortbeton
  - 7.3 Verbundträger mit Betonfertigteilen
- 8 Deckensysteme in Stahlflachdeckenbauweise
  - 8.1 Stahlflachdecken in Trockenbauweise
  - 8.2 Stahlflachdecken mit Ortbeton
  - 8.3 Stahlflachdecken mit Ortbeton und tiefen Trapezprofilen
  - 8.4 Sonderlösungen mit Stahlflachdecken
    - 8.4.1 Die Hoesch-Additiv-Decke
    - 8.4.2 Der Draheim-Träger
- 9 Brandschutz
  - 9.1 Passiver Brandschutz bei Stahlflachdecken
  - 9.2 Feuersichere Anschlüsse
- 10 Gebäudeinstallationen
  - 10.1 Installation bei Stahlflachdecken
  - 10.2 Installation bei Verbundträgerdecken
- 11 Zusammenfassung



Bild 1a (links):  
Grand Buildings  
Trafalgar Square/  
London (Montage)

Bild 1b (unten):  
Grand Buildings  
Trafalgar Square/  
London (Endzustand):  
Die Stahlkonstruktion  
ist nicht mehr sichtbar.



## 1 Einleitung

Obwohl Stahlkonstruktionen in den letzten Jahren mit zunehmendem Erfolg im Geschossbau eingesetzt wurden, sind sie – gemessen am Gesamtbauvolumen in Deutschland – immer noch die Ausnahme. Die Gründe hierfür sind vielfältig, sie liegen jedoch nicht zuletzt in der deutschen Bautradition. Außerhalb Deutschlands, besonders in Amerika aber auch in Großbritannien und Skandinavien, werden mehrgeschossige Gebäude aufgrund ihrer wirtschaftlichen Vorteile von tragenden Stahl-/Stahlverbundkonstruktionen dominiert.

Doch neue Entwicklungen beim Werkstoff Stahl, verbesserte Vorschriften und Innovationen bei Decken- und Stützensystemen lassen erwarten, dass Stahlkonstruktionen im Geschossbau auch in Deutschland vermehrt eingesetzt werden. Wie sich das gewählte Tragwerk funktional und ökonomisch in das geplante Bauvorhaben integrieren lässt, hängt von der fachkundigen Beratung des Tragwerksplaners ab.

## 2 Funktion und Aufgabe einer Geschossdecke

Die Decke bildet die horizontale Trennung der Geschosse. Dabei übernimmt sie folgende Funktionen:

- den optischen Raumabschluss
- die Abtragung vertikaler und horizontaler Lasten
- den Schall- und Wärmeschutz zwischen den Geschossen
- die Aufnahme und Führung von Installationen.

Um diese Aufgaben zu erfüllen, ist meist ein vielschichtiger Aufbau erforderlich, der die Gesamtdicke der Geschossdecke bestimmt. Diese beeinflusst wiederum die Gesamthöhe des Gebäudes.

Allein schon aus bauphysikalischen und wirtschaftlichen Erwägungen werden Betondecken als Flächenabschluss verwendet. Üblich ist außerdem, Installationen im Deckenbereich vorzusehen. Die notwendigen Installationen erfolgen:

- bei geringem Installationsbedarf oberhalb der Betondecke (aufgeständerte Böden)
- bei höherem Installationsbedarf unter der Betondecke (abgehängte Decke)
- oder wenn die Deckenspeicherkapazität genutzt werden soll, in die Betondecke integriert (Bauteilaktivierung).

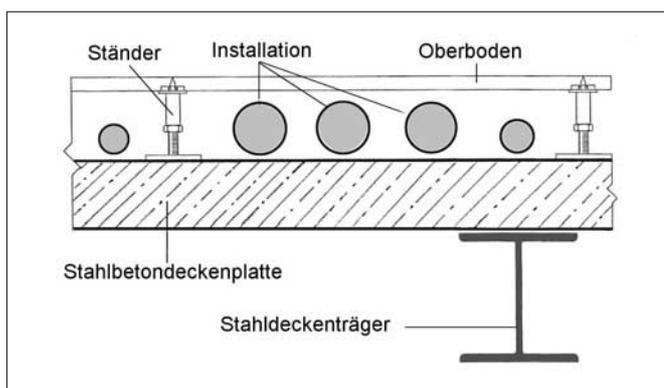
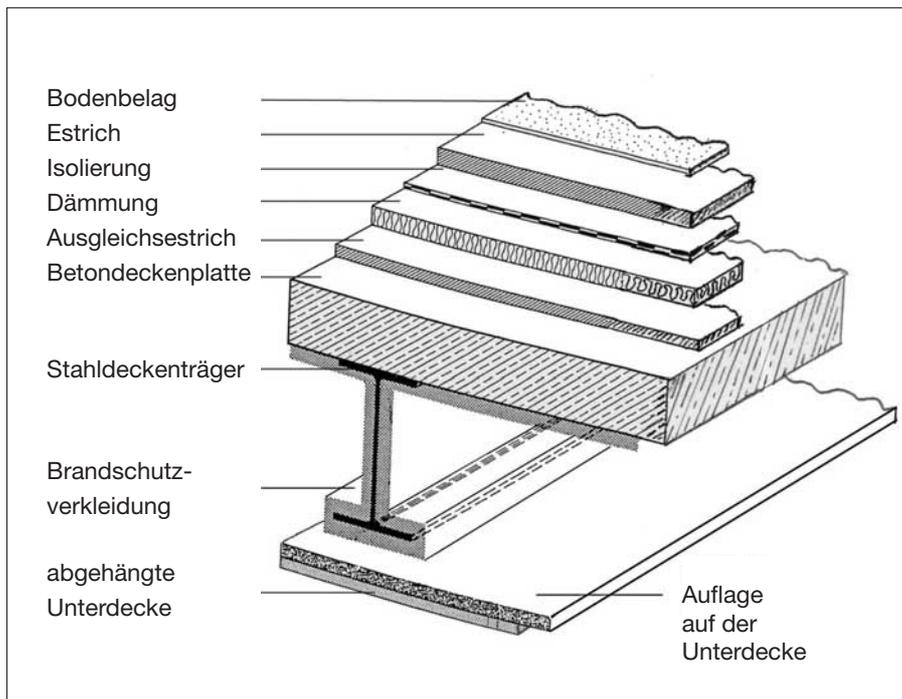


Bild 2 (oben): Aufbau einer Geschossdecke

Bild 3a: Installation über der Decke

## 3 Vorteile von Decken in Stahlbauweise

Um eine hohe Nutzungsflexibilität zu erzielen, geht im Geschossbau der Trend zu großen, stützenfreien Deckenflächen. Wegen der stark ansteigenden Deckenstärke bei größer werdenden Spannweiten und der damit verbundenen Erhöhung des Eigengewichts, stoßen jedoch unterzugsfreie Betondecken schnell an die Grenzen der Wirtschaftlichkeit.

Hier bietet sich der Einsatz von Stahldeckensystemen an. Sie sind nicht nur in der Lage, alle an Geschossdecken gestellte Anforderungen zu erfüllen, sondern weisen darüber hinaus viele Vorteile auf:

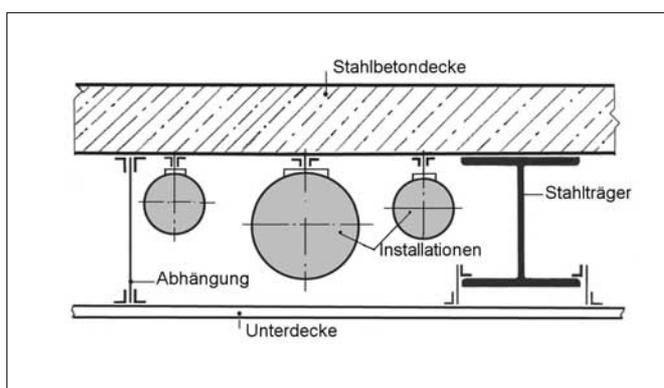


Bild 3b: Installation unter der Decke

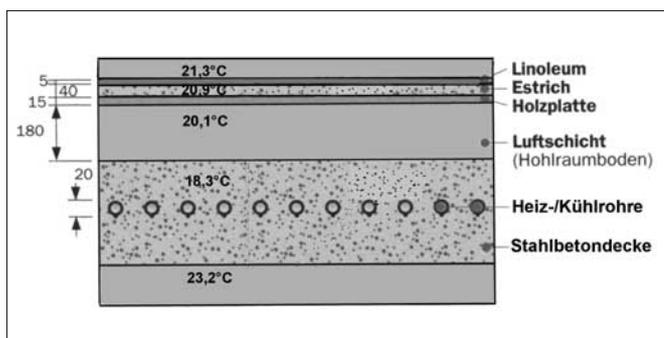


Bild 3c: Installation in die Decke integriert (Bauteilaktivierung)

- Sie verfügen über einen **hohen Vorfertigungsgrad** und erreichen einen hohen Qualitätsstandard.
- Sie **sparen Gewicht**. Das wiederum wirkt sich positiv bei der Bemessung der Tragglieder und der Fundamente aus sowie bei Transport und Montage.
- Durch den Einsatz hochtragfähiger, kleiner Querschnitte wird ein **ausgezeichnetes Raumnutzungsverhältnis** erzielt.
- Große Trägerspannweiten sorgen für **größtmögliche Flexibilität** bei der Raumaufteilung.
- Hochtragfähige, niedrige Träger und die Möglichkeit großer Öffnungen in den Trägerstegen **erleichtern die Installation**.
- Stahltragwerke garantieren eine schnelle Montage und eine **kurze Bauzeit**.
- Sie erfüllen die Forderung nach Nachhaltigkeit durch **100 % Recycling** und die Rückbaukosten werden durch die **Wiederverwendung** oder den **Schrotterlös** reduziert.

Gegenüber konventionellen Bauweisen führen diese systembedingten Vorzüge oft zu einer erheblichen Kostenersparnis.

#### 4 Deckenfeld und Stützenraster

Die typische Stahlträgerdecke besteht aus:

- der Deckenplatte aus Beton und
- dem Deckenträger aus Stahl.

Charakteristisch für die Stahlträgerdecke sind stabförmige, vorgefertigte Stahlträgerelemente und die einachsige gespannte Stahlbetondecke. Das Stützenraster und die Spannrichtung von Decke und Trägern richten sich nach den funktionalen und geometrischen Anforderungen des Gebäudes.

Die folgenden Beispiele stellen Rastervarianten für einen 12,5 m breiten Bürotrakt dar.

##### Beispiel 1

Raster:  $(5,0 + 2,5 + 5,0) \text{ m} \times (3 \times 2,5) \text{ m}$  – zwei Innenstützenreihen

Bauart: Trägerverbund und Flächenverbund mit Ortbeton

Die Trägerlage besteht aus Deckenträgern (Sekundärträgern) und Unterzügen (Primärträgern). Die Betonplatte wirkt im Verbund mit den Stahlträgern. Die Trägerabstände sind für den Einsatz von Verbundblechen (Holorib o.ä.) bemessen.

##### Vorteil:

Ein geringes Gewicht durch eine dünne Deckenplatte sowie leichte und niedrige Stahlträger. Es sind keine Schalungsarbeiten und keine Zwischenunterstützungen der Bleche notwendig.

##### Nachteil:

Man erhält relativ viele Bauteile (14 Träger + 4 Außen- und 4 Innenstützen = 22 Elemente) und Anschlüsse. Die Nutzungsflexibilität durch 2 Innenstützenreihen ist eingeschränkt.

##### Beispiel 2

Raster:  $(7,5 + 5,0) \text{ m} \times (3 \times 2,5) \text{ m}$  – eine Innenstützenreihe

Bauart: Trägerverbund und Flächenverbund mit Ortbeton

Der Deckenaufbau entspricht dem Beispiel 1 (Bild 4).

##### Vorteil:

Wie in Beispiel 1 werden die Verbundbleche ohne Kraneinsatz per Hand verlegt und bilden im Bauzustand gleichzeitig Arbeitsbühne und Schalung. Gegenüber Beispiel 1 ergibt sich jedoch eine größere Nutzungsflexibilität durch den Wegfall einer Innenstützenreihe. Die Anzahl der Bauteile im Vergleich zu Beispiel 1 verringert sich von 22 auf 17 (11 Träger, 4 Außen- und 2 Innenstützen).

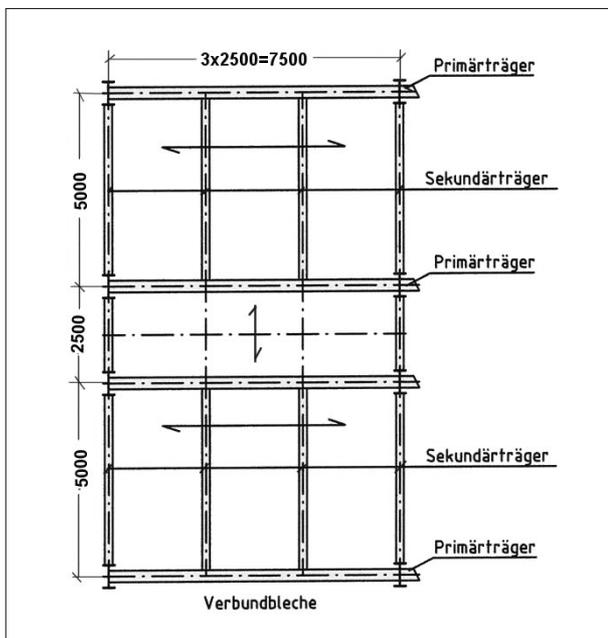


Bild 4: Verbundträgerdecke mit zwei Innenstützenreihen

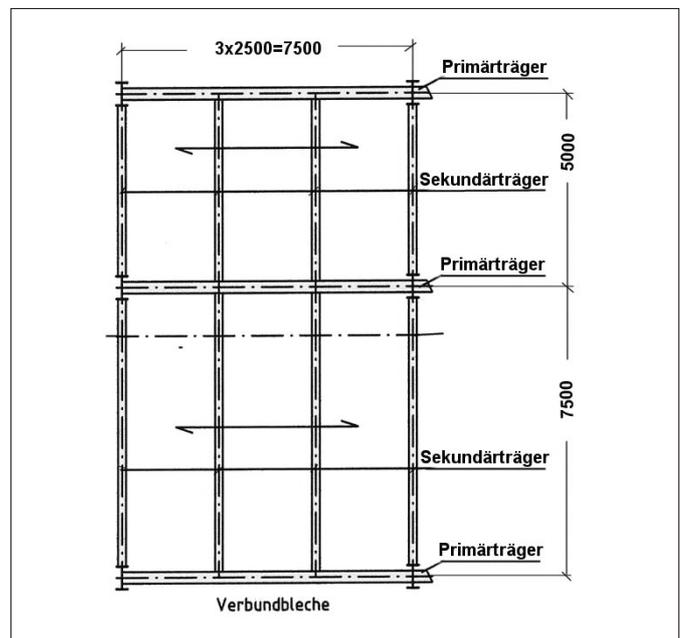


Bild 5: Verbundträgerdecke mit einer Innenstützenreihe

**Nachteil:**

Man erhält ein leicht erhöhtes Gewicht durch die größeren Deckenträgerspannweiten und die stärker belasteten Unterzüge und Stützen.

**Beispiel 3**

Raster: 12,5 m x (2 x 3,75) m – keine Innenstützen

Bauart: Trägerverbund mit Betonfertigteilschale (Filigran o.ä.) und Ortbeton

Durch Wegfall der Innenstützen ergibt sich nur eine Trägerlage aus weitgespannten Deckenträgern. Die Randträger dienen als Unterzüge und als Distanzträger zwischen den Außenstützen. Die Abstände zwischen den Trägern sind so bemessen, dass die Träger die Lasten der Betonfertigteile im Betonierzustand ohne Zwischenunterstützung aufnehmen.

**Vorteil:**

Der Verzicht auf die Innenstützen schafft optimale Raumflexibilität. Zusätzlich wird die Zahl der Bauteile und der Anschlüsse auf ein Minimum reduziert (3 Deckenträger + 2 Randträger + 4 Außenstützen = 9 Elemente).

**Nachteil:**

Auf Grund der großen, freien Spannweiten vergrößern sich die Trägerhöhen und das Konstruktionsgewicht erhöht sich.

**Beispiel 4**

Raster: (7,5 + 5,0) m x 7,5 m – eine Innenstützenreihe

Bauart: Stahlflachdecke mit Spannbeton-Fertigdecken

Bei Stahlflachdecken-Systemen bleiben die Decken unterzugsfrei. Die Gesamtdicke der Decke überschreitet selbst bei höheren Lasten selten 30 cm. Die Spannbeton-Fertigdecken werden in endgültiger Stärke auf die verbreiterten Untergurte der Stahlträger aufgelegt. Nach dem Fugenverguss ist der Träger in die Betondecke integriert.

**Vorteil:**

Bis auf den Fugenverguss handelt es sich um eine witterungsunabhängige, trockene Bauweise. Schalungs- und Betonierarbeiten auf der Baustelle entfallen. Durch den Einsatz von Stahlträgern und Spannbeton-Hohlplatten wird das Deckengewicht minimiert. Die Deckenunterseite bietet sich für Installationen an, ohne störende Unterzüge. Es sind nur 9 Stahlelemente (3 Träger, 4 Außen- und 2 Innenstützen) pro Rasterfeld erforderlich.

**Nachteil:**

Durch die Fertigteilplatten wird im allgemeinen keine homogene, glatte Deckenoberfläche erzielt. Ist dies gefordert, wird eine Estrichschicht notwendig. Außerdem müssen die Fertigteilplatten per Kran verlegt werden. Die Anordnung

von Schubdübeln im Trägerbereich und die Ausbildung der Decken als Schubfelder erfordert zusätzlichen Aufwand. Nachträgliche Kernbohrungen in den Deckenplatten sind nur begrenzt möglich (Gefahr der Spannstahlbeschädigung).

**5 Planung von Stahldecken**

Die zuvor beschriebenen Deckenausführungen und Stützenraster sind lediglich als Beispiele und Planungshilfe zu betrachten. Sie sollen dazu dienen, erste Konzeptüberlegungen bei der Planung von Stahldeckensystemen anzustellen. Die Vielfalt der möglichen Deckensysteme und Stützenraster mit Stahl ist jedoch praktisch unbegrenzt.

Bezüglich der Stabilisierung ist anzumerken, dass in der Regel die Stahldeckensysteme als Schubfelder bemessen und ausgeführt werden. Daher können Sie zur Ableitung der Horizontallasten in der Deckenebene herangezogen werden.

Allgemein kann man sagen, dass die Wirtschaftlichkeit von Stahldecken gegenüber konventionellen, massiven Betondecken mit der Spannweite der frei zu überdeckenden Fläche ansteigt.

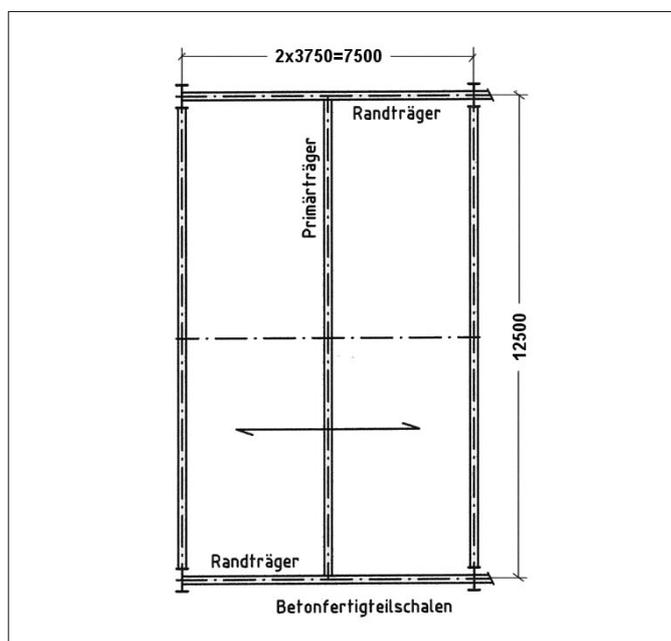


Bild 6: Verbundträgerdecke ohne Innenstützenreihe

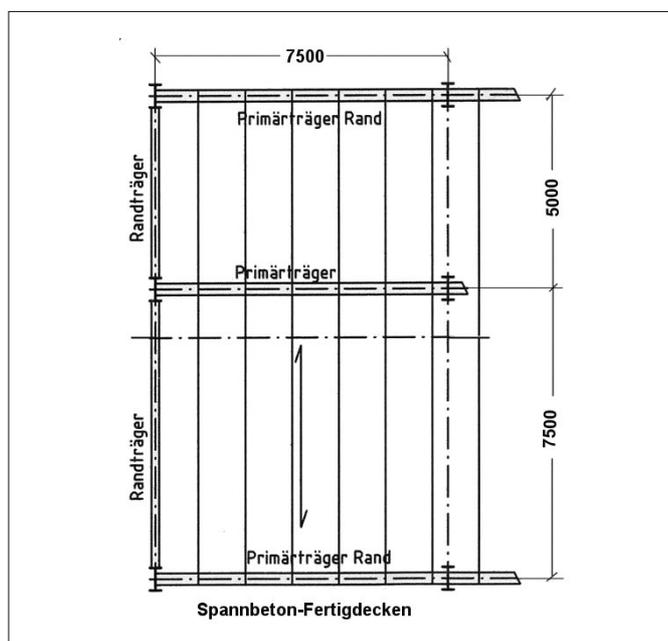


Bild 7: Stahlflachdecke mit einer Innenstützenreihe

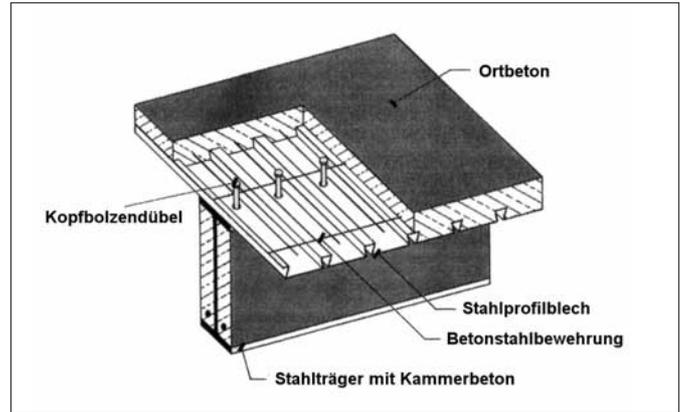
## 6 Ausführungsarten

Bei den Stahldeckensystemen haben sich in der Praxis zwei Ausführungsarten durchgesetzt:

- die Stahlverbundbauweise
- die Stahlflachdeckenbauweise

Von Ausnahmen abgesehen, hat der Einsatz reiner Stahlträger ohne Verbund im Geschossbau keine Bedeutung mehr.

Bild 9:  
Trägerverbund mit  
Verbundblech



## 7 Decken in Stahlverbundbauweise

Wird die Stahlbetondeckenplatte nicht nur lose auf die Stahlträger aufgelegt, sondern durch Verdübelung zur gemeinsamen Tragwirkung mit dem Stahlprofil herangezogen, ergibt sich ein Verbundtragwerk. Dabei werden die positiven Eigenschaften von Stahl und Beton optimal miteinander kombiniert.

Generell wird zwischen Trägerverbund und Deckenverbund unterschieden:

- Als **Trägerverbund** bezeichnet man das Zusammenwirken zwischen dem Stahlträger und der Betondecke.
- Als **Deckenverbund** oder **Flächenverbund** wird das gemeinsame Tragverhalten zwischen der Betondecke und den Verbundblechen bezeichnet.

Für den Trägerverbund kann ein plastisches Tragverhalten angenommen werden. Dabei werden der Betondeckenplatte die Druckbeanspruchungen und dem Stahlträger die Zugbeanspruchungen zugewiesen.

Bild 10:  
Typisches Ausführungsbeispiel



Die aus der Verbundwirkung resultierenden Schubkräfte zwischen Stahlträger und Betonplatte werden durch Verbundmittel übertragen. In der Regel werden dazu Kopfbolzendübel verwendet. Das Ergebnis ist ein biegesteifer, hochtragfähiger Querschnitt, der im Vergleich zum reinen Stahlträger geringere Verformungen aufweist und weniger anfällig gegen Schwingungen ist.

Verglichen mit einem Träger ohne Verbundwirkung werden bei einem Verbundtragwerk der Querschnitt und die Höhe des Stahlträgers erheblich reduziert. In der Praxis haben sich beim Trägerverbund drei Systeme bewährt, die nachfolgend beschrieben werden.

### 7.1 Verbundträger mit Verbundblechen und Ortbeton

Dieses System kombiniert Trägerverbund und Deckenverbund. Es repräsentiert wohl am ehesten die Stahlverbundbauweise. In den angloamerikanischen Ländern wird es bevorzugt eingesetzt.

Die leichten Profilbleche werden ohne Kraneinsatz ausgelegt. Anschließend erfolgt die Verlegung der Betonstahlmatten und die Aufbringung des Ortbetons. Der Ortbeton bildet eine homogene Oberfläche und das profilierte Blech sorgt für eine ansprechende Untersicht. Durch die hinterschnittene Profilierung (Schwalbenschwanz) kann das Blech als mittragende Bewehrung eingeplant werden.

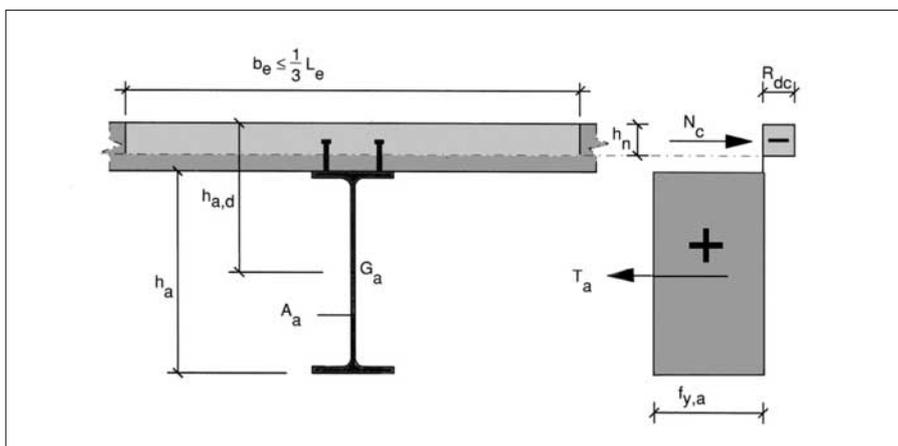


Bild 8: Verbundträger mit Spannungsquerschnitt

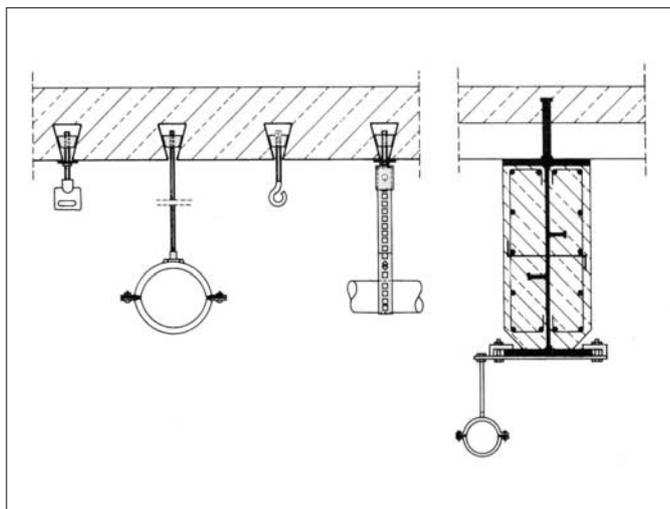


Bild 11:  
Systemaufhängungen  
am Verbundblech

Nachteilig gegenüber der Variante mit Verbundblechen ist die schlechte Begehbarkeit der Halb-Fertigteilplatte. Ihre Nutzung als Arbeitsbühne vor Beginn der Betonierarbeiten ist daher stark eingeschränkt.

### 7.3 Verbundträger mit Betonfertigteilen

Durch Verlegung von Betonfertigteileplatten in endgültiger Deckenstärke wird eine nahezu völlig „trockene“ Bauweise erzielt.

Sowohl die Schalungsarbeiten, als auch die temporären Abstützungen und Betonierarbeiten auf der Baustelle entfallen. Direkt nach dem Auflegen der Betonplatten erhält man eine gut begehbare Oberfläche. Allein die Fugen müssen noch vergossen werden.

Es werden bei dieser Bauweise jedoch hohe Genauigkeitsanforderungen an die Fertigteile gestellt. Das Anpassen der Bewehrungsschlaufen an den Verlauf der Kopfbolzendübel ist aufwändig.

Macht die Montagesituation große Kranauslagen erforderlich, ist der Einsatz dieser Bauweise wegen des hohen Montagewichts der Betonfertigteile begrenzt.

Auch der Oberflächenausgleich gestaltet sich kritisch. Um eine glatte Oberfläche ohne Versatzkanten zu erhalten, ist meist die Aufbringung einer zusätzlichen Estrichschicht erforderlich.

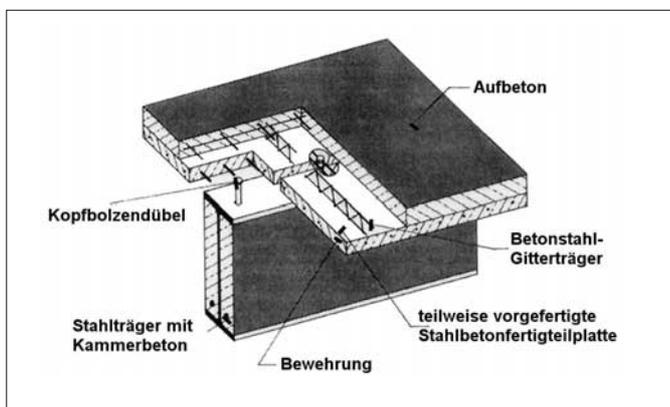


Bild 12:  
Trägerverbund mit  
vorgefertigter Stahl-  
betonschale

Darüber hinaus dienen die „Sicken“ als Befestigungsschiene für Systemaufhängungen.

Beim Einsatz von Verbundblechen ist jedoch der Trägerabstand ohne temporäre Zwischenunterstützung während der Betonierarbeiten auf ca. 2,5 m begrenzt.

(siehe Abschnitt 7.1), erhält die Decke eine homogene, glatte Oberfläche. Um auch eine glatte Untersicht zu erhalten, ist ein Verspachteln der Platten-Längsfugen erforderlich. Abhängig von der Stärke der Fertigteilplatte sind im Betonierzustand jedoch größere Trägerabstände ohne Zwischenunterstützung möglich.

### 7.2 Verbundträger mit Halb-Fertigteilplatte und Ortbeton

Auf die Stahlverbundträger werden vorgefertigte Betonschalplatten aufgelegt (Filigran o.ä.). Wie bei der Lösung mit Stahlverbundblechen entfallen die kosten- und zeitintensiven Schalungsarbeiten.

Die Fertigteile werden auf Grund ihres Gewichts mit dem Kran verlegt. Anschließend wird mit Ortbeton aufgefüllt. Wie beim Trägerverbund mit Verbundblech

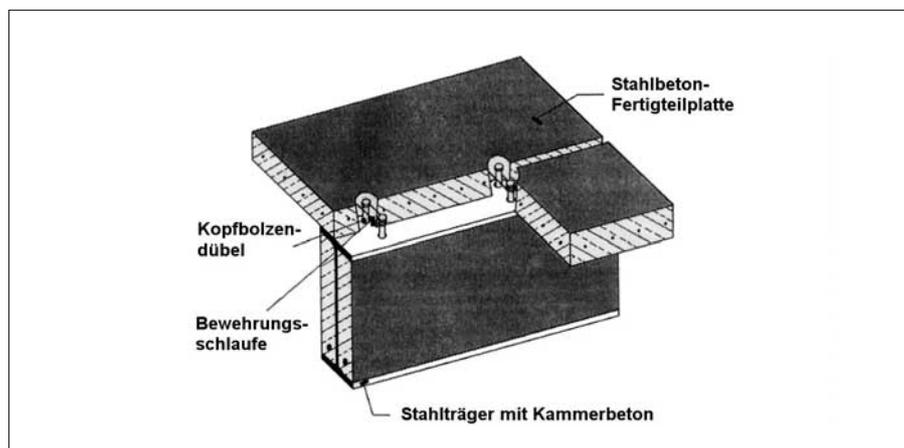


Bild 13: Trägerverbund mit Betonfertigteileplatte



Bild 14a: Bürogebäude in Düsseldorf mit Spannbeton-Fertigteildecken  
(© Petzinka Pink Architekten/Hermann Fahlenbrach)



Bild 14b: Bürogebäude in Düsseldorf (Montage)

## 8 Deckensysteme in Stahlflachdeckenbauweise

Eine geringe Deckenstärke vermindert sowohl die Geschoss- als auch die Gebäudehöhe. Insgesamt reduziert sich das Bauvolumen. Daher geht der Trend zu einer Minimierung der Deckenhöhe. Dies hat auch zur Entwicklung von Stahlflachdecken geführt. Sie begann Anfang der 90er Jahre.

Im Gegensatz zu vor Ort geschalteten und betonierten, massiven Flachdecken handelt es sich jedoch bei Stahlflachdecken um eine elementierte Bauweise. Wie bei den Stahlverbunddecken werden auch hier Stahlträger als Unterzüge für die einachsige spannde Betondecke ver-

wendet. Allerdings wird bei Stahlflachdecken der Stahlträger nicht als Unterzug unter der Decke verlegt, sondern in den Deckenspiegel der Betondecke integriert.

Allen Flachdecken gemeinsam – mit Ausnahme der Hoesch-Additiv-Decke – ist außerdem der verbreiterte Trägeruntergurt. Er dient als Auflage der Flächenelemente für die Betondecke.

Stahlflachdecken sind sowohl mit, als auch ohne Trägerverbund möglich.

Stahlflachdecken werden nach zwei Ausführungsarten unterschieden:  
– Stahlflachdecken in Trockenbauweise  
– Stahlflachdecken mit Ortbeton

### 8.1 Stahlflachdecken in Trockenbauweise

Die Trockenbauweise ist die reinste Elementbauweise. Alle Bauteile sind vorgefertigt. Die „trockene“, leichtgewichtige Stahlflachdecke ermöglicht große Spannweiten und eine besonders schnelle Bauausführung. Sie passt daher ausgesprochen gut zur Philosophie des Stahlbaus: Schnell – weit – leicht. Die Arbeiten auf der Baustelle beschränken sich nach der Montage der Stahl- und Deckenelemente einzig auf den Fugenverguss.

Diese Bauart, in Skandinavien entwickelt und über Großbritannien zum Kontinent gekommen, ist mittlerweile auch in Deutschland die meist angewendete



Bild 15 (links): Innovationszentrum für Informatik in Berlin in „Slimdek“-Bauweise (© BauBild/Stephan Falk)

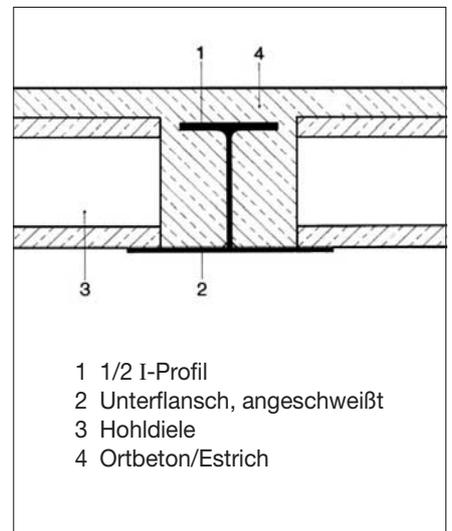


Bild 16 (rechts): Prinzip der Stahlflachdecke

- 1 1/2 I-Profil
- 2 Unterflansch, angeschweißt
- 3 Hohlziegel
- 4 Ortbeton/Estrich

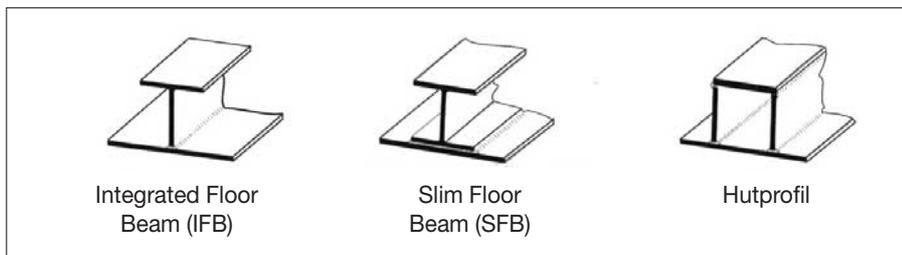


Bild 17: Querschnitte Stahlflachdeckenträger

Stahlflachdeckenbauweise. Die als Flächenelemente verwendeten Spannbeton-Fertigdecken (früher Spannbeton-Hohlplatten), im Zusammenspiel mit der filigranen Stahlkonstruktion, machen diese Bauweise ausgesprochen leicht.

Doch im Gegensatz zur Stahlverbundbauweise mit Deckenunterzügen und im Gegensatz zu den Stahlflachdecken mit Ortbeton, wird bei der Ausführung in Trockenbauweise keine Verbundwirkung angestrebt. Auch der Einsatz von massiven Betonfertigteilen hat wegen der hohen Gewichte keine Bedeutung.

Die Auslegung der Spannbetonhohlplatten erfolgt gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.

Zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit der Stahlträger kann die plastische Querschnittstragfähigkeit nach DIN 18800 oder nach DIN V ENV 1993 (Eurocode 3) zugrunde gelegt werden. Hilfreich bei der Auslegung von Stahlflachdecken mit Spannbetonhohlplatten sind auch die „Guidelines for the Application of prestressed Hollow Core Slabs supported on Built-in Beams“ (ECCS, Brüssel). Zu-

dem liefert die „Untersuchung des Tragverhaltens bei Flachdeckensystemen“ (Forschungsbereich Nr. P26 der FOSTA, Düsseldorf) wertvolle Erkenntnisse zur Bemessung und Gebrauchstauglichkeit.

Als Stahldeckenträger befinden sich vorwiegend Doppel-T-Träger mit verbreiterem Untergurt im Einsatz. Hut-Profile sind in Skandinavien und den Niederlanden recht populär. In Deutschland werden sie seltener verwendet.

Bereits Anfang der 90er Jahre hat die Firma Arcelor (früher Arbed) für die Stahlflachdeckenbauweise mit Spannbeton-Fertigdecken den IFB-Träger entwickelt und das System mit dem Quick-Erect-Anschluss optimiert.

Das IFB-System (Integrated Floor Beam) ermöglicht wirtschaftliche Stützenraster von bis zu 8 x 12 m. Sinnvollerweise sollte das größere Rastermaß mit den Spannbetonhohlplatten und das kürzere mit den Stahlträgern überspannt werden. Dadurch erhält man eine nahezu gleiche Bauhöhe von Träger und Deckenelement und minimiert gleichzeitig den Stahlverbrauch.

## 8.2 Stahlflachdecken mit Ortbeton

Stahlflachdecken mit Ortbeton haben ein gemeinsames Erkennungsmerkmal: Sie verwenden Profilbleche oder Beton-Halbfertigteile als Schalungselemente für die Aufbringung von Ortbeton. Dadurch ergibt sich eine Vielzahl von Ausführungsvarianten, die aus Wirtschaftlichkeitsgründen nahezu alle im Trägerverbund ausgeführt werden.

Um die Deckenhöhe gering zu halten, kommen bei dieser Ausführung gedrungene, verhältnismäßig schwere Stahlprofile zum Einsatz. Aus Gründen der Gebrauchstauglichkeit werden die Träger zudem stark überhöht oder müssen während des Betonierzustands temporär abgestützt werden. Dadurch stößt diese Bauweise bei höheren Spannweiten schnell an ihre Grenzen.

Da der Beton auf der Baustelle aufgebracht wird, ist sie auch stärker als die Trockenbauweise von der Witterung abhängig. Zudem hat sie ein höheres Eigengewicht.

Vorteilhaft ist die glatte, homogene Oberfläche der Betondecke. Auch das nachträgliche Einbringen von Installationsdurchbrüchen mit Kernbohrungen gestaltet sich i. A. problemlos.

Da bei den einachsigen gespannten Betondecken keine Bewehrungskonzentrationen im Stützenbereich stattfinden, entfallen die bei massiven Flachdecken bekannten Durchstanzprobleme. Daher sind bei Stahlflachdecken auch im Stützenbereich größere Deckendurchbrüche möglich.

Die Integration von Heiz- und Kühlrohren ermöglicht darüber hinaus, die massive Betondecke als Speichermasse zu aktivieren.

Die Bemessung erfolgt nach den derzeit gültigen Vorschriften, der DIN 1045-1, den Richtlinien für die Ausführung und Bemessung von Stahlverbundträgern und der DIN V ENV 1994 (Eurocode 4).

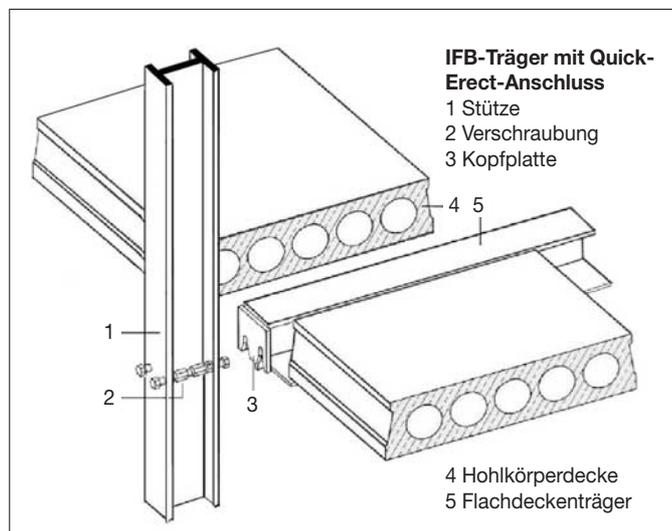
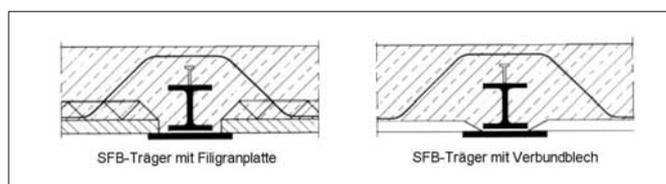


Bild 18 (links): Flachdecke in Trockenbauweise (typ.)

Bild 19 (unten): Stahlflachdecken mit Ortbeton



### 8.3 Stahlflachdecken mit Ortbeton und tiefen Trapezprofilen

In Großbritannien wurden die zuvor mit Spannbeton-Hohlplatten eingesetzten SFB-Träger (Slimflor-Beams, siehe auch Bilder 17 und 19) zum ersten Mal mit tiefen Trapezprofilen vom Typ PMF ComFlor 210 verwendet.

Aus dem Slimflor- entstand das „Fast-Track-Slimflor“-System, das erste Stahlflachdeckensystem mit tiefen, weitspannenden Trapezprofilen.

Vorteile dieses Systems gegenüber der Ausführung mit Betonfertigteilen sind:

- Die leichten Bleche können ohne Kraneinsatz per Hand verlegt werden.
- Sie spannen im Betonierzustand bis 6 m ohne Zwischenunterstützung. Bei der Verwendung des im U. K. üblichen Leichtbetons vergrößert sich diese Spannweite noch.
- Durch die besondere Profilierung des ComFlor-Blechtes wirkt das Blech mit dem Aufbeton im Flächenverbund.
- Auch der Stahlträger wird im Verbund mit der Decke eingesetzt. Dadurch wird eine höhere Steifigkeit des Systems erzielt.
- Im Vergleich mit anderen Ortbeton-Ausführungen hat die durch das Tiefsickenblech entstandene Rippendecke ein deutlich geringeres Gewicht.

- Zusätzlich sind zwischen den Blechsicken in den Trägerstegen Durchbrüche für die Verlegung von Installationen möglich.
- Durch den Ortbeton erhält die Decke eine glatte, homogene Oberfläche.
- Die Bleche bilden eine optisch ansprechende Untersicht ohne Fugen.

Der Nachteil des Slimflor-Systems gegenüber der trockenen Bauweise mit Spannbeton-Fertigdecken ist sein verhältnismäßig hoher Fertigungs- und Montageaufwand.

Ende der 90er Jahre wurde das Slimflor-Konzept durch die Einführung des „ASB-Trägers“ weiterentwickelt. ASB steht für „Asymmetric Beam“, ein in Großbritannien gewalztes Doppel-T-Profil mit schmalem Ober- und breitem Untergurt. Auf dem Obergurt ist ein Riffelmuster eingewalzt um eine Trägerverbundwirkung zu erzielen.

Zusammen mit dem ebenfalls neu entwickelten Tiefsicken-Verbundblech „SD 225“ der Firma PMF ComFlor entstand ein neues Stahlflachdeckensystem mit dem Namen „Slimdek“. Es hat heute seinen Vorgänger „Slimflor“ weitgehend abgelöst.

Auch in Berlin wurden bereits zwei Bauvorhaben mit dem Slimdek-System realisiert. Allerdings waren hier noch Zu-

stimmungen im Einzelfall notwendig. Derzeit befindet sich das System beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

### 8.4 Sonderlösungen mit Stahlflachdecken

Bei den Stahldeckensystemen ist es praktisch unbegrenzt möglich, die einzelnen Bauteile zu variieren und auf unterschiedlichste Weise miteinander zu kombinieren. Dadurch erhält man Sonderlösungen, die auch schwierigste Projektanforderungen erfüllen.

#### 8.4.1 Die Hoesch-Additiv-Decke

In Deutschland ist dieses Deckensystem bei Parkhäusern fast zur Standardbauweise geworden. Bei der Hoesch-Additiv-Decke werden ebenfalls Tiefsickenbleche verwendet. Das Trapezprofil TRP 200 wird jedoch nicht wie beim Slimdek-System auf die Trägeruntergurte gelegt, sondern über Stahlknaggen am Trägerobergurt abgehängt.

Durch Einlegen von Längsbewehrung in den Blechsicken entsteht eine leichte Betonrippendecke, die jedoch nicht im Flächenverbund wirkt.

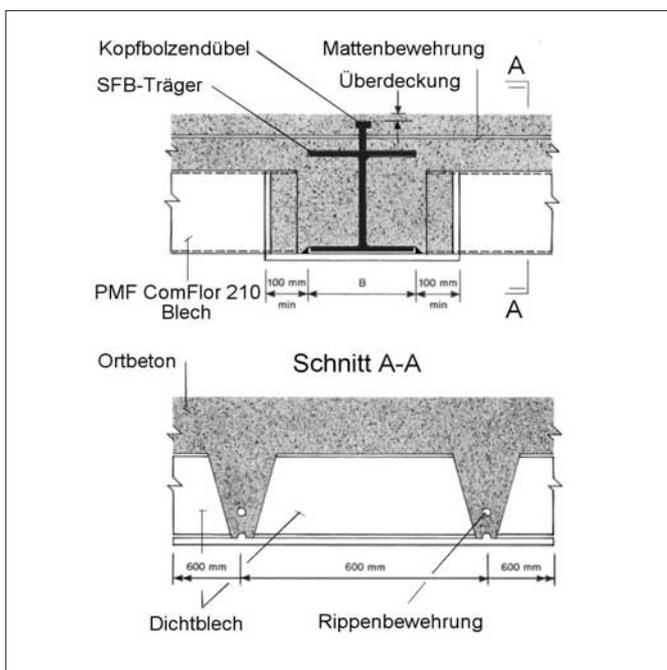


Bild 20: Stahlflachdecke mit tiefen Trapezprofilen „Fast-Track-Slimflor“

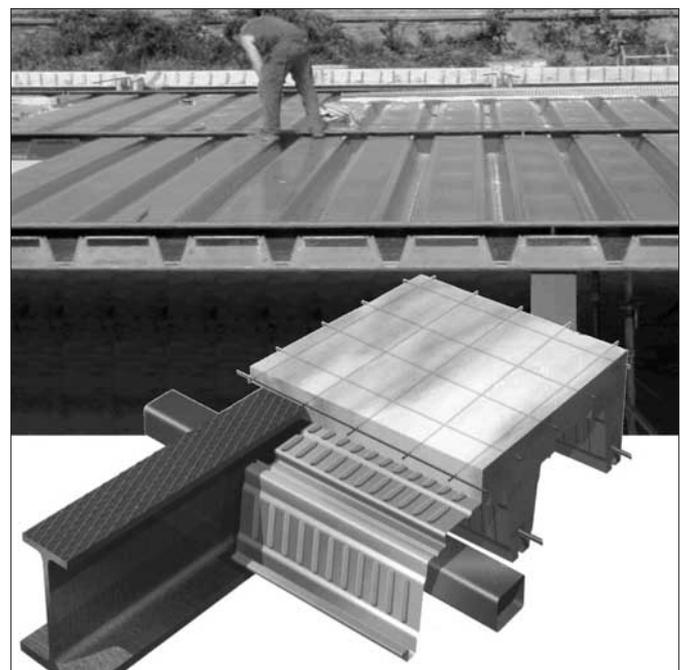
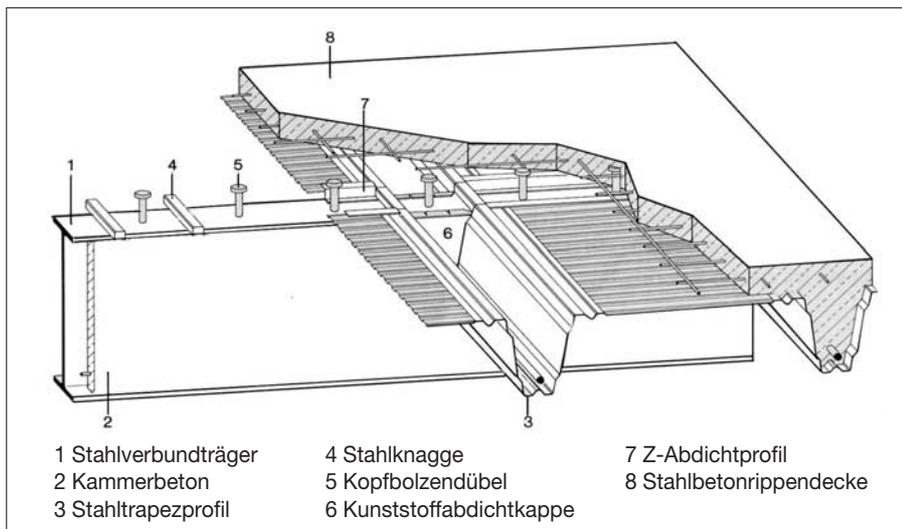


Bild 21: Stahlflachdecke mit tiefen Trapezprofilen „Slimdek“



Der Vorteil dieses Systems besteht darin, dass beliebig hohe Trägerprofile eingesetzt werden können. Im Sonderfall, wenn die Trägerhöhe (ca. 200 mm) nicht wesentlich von der Höhe des Profilblechs abweicht, ergibt sich eine echte Flachdecke.

Die Bemessung der Hoesch-Additiv-Decke erfolgt über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBT).

### 8.4.2 Der Draheim-Träger

Steigen die Träger-Stützweiten und die Belastungen der Geschossdecken stark an, stoßen die üblichen Flachdeckensysteme schnell an ihre Grenzen. Dann sind Sonderlösungen gefragt.

Für den Neubau eines Düsseldorfer Kaufhauses war ein Raster von 12,5 x 12,5 m vorgegeben, und eine Verkehrslast von bis zu 10 KN/m<sup>2</sup> gefordert. Die Gesamtdeckenhöhe war auf max. 86 cm beschränkt. Trotzdem sollten Installationsdurchbrüche von bis zu 1,0 m<sup>2</sup> pro Öffnung für die hochinstallierte Decke berücksichtigt werden. Konventionelle, massive Systeme brachten keine wirtschaftliche Lösung.

Die patentierte Idee des Ing. Büros Draheim, eine „trockene“ Stahlflachdecke mit Spannbeton-Fertigteilen und einer Unterspannung des Stahlflachdeckenträgers zu konzipieren, erwies sich als der günstigste Weg. Zusätzlich konnten die Kosten und die Bauzeit gesenkt werden.



Bild 22 (oben):  
Hoesch-Additiv-Decke

Bild 23 (links):  
Parkhaus 3 Flughafen  
Hannover  
(© W & P Architekten und  
Ingenieure)

Die Tragwirkung von Blech und Betondecke ist additiv. Das Blech, welches im Betonierzustand einen Trägerabstand von bis zu 5,8 m erlaubt, nimmt die Lasten aus dem Eigengewicht und dem Ortbeton auf. Die Verkehrslasten werden der Betonrippendecke zugewiesen. Auf den Trägerobergurt geschweißte Kopfbolzendübel erzeugen zusätzlich einen Trägerverbund.

Durch Abhängung des 200 mm hohen Profilblechs über die Stahlknaggen reduziert sich bei der Hoesch-Additiv-Decke die Gesamtdeckenhöhe erheblich.

Mit der Hoesch-Additiv-Decke wird bei Parkhäusern ein stützenfreies Deckenraster von 16 x 5 m erzielt.



Bild 24a (links):  
Textilkaufhaus in  
Düsseldorf mit  
Flachdecke in  
Trockenbauweise mit  
Draheim-Trägern  
(© HOCHTIEF/  
Andreas Wiese)



Bild 24b (rechts):  
Flachdecke in Trocken-  
bauweise mit Draheim-  
Trägern

## 9 Brandschutz

Ein wichtiges Thema beim Geschossbau mit Stahl ist der Brandschutz. Man unterscheidet

- aktiven Brandschutz und
- passiven Brandschutz

Der aktive Brandschutz ist baustoffunabhängig und umfasst vorbeugende und brandabwehrende Maßnahmen, wie z. B. die Planung der Fluchtwege, die Installation von Brandmeldeanlagen oder den Einsatz einer Sprinklerung.

In erster Linie ist es eine gute Brandschutzplanung, die die Ausbreitung schwerer Brände verhindert und hilft, Menschenleben zu retten. Darüber hinaus führt eine gute Brandschutzplanung häufig zu Erleichterungen bei der Eingruppierung der tragenden Konstruktion in die entsprechenden Brandschutzklassen.

Unter passivem Brandschutz versteht man Maßnahmen, die eine Erwärmung der Tragkonstruktion verhindern. Nach DIN, Landesbauordnungen und verschiedenen Sonderbauverordnungen werden die Gebäudetypen und ihre Tragelemente in Brandschutzklassen von F 30 bis F 120 eingeteilt. Alle geforderten Brandschutzklassen sind mit Stahlkonstruktionen zu erreichen.

Geeignete passive Schutzmaßnahmen sind:

	Schutzmaßnahme	Erreichbare Brandschutzklasse
1.	Überdimensionierung (Einsatz höherfester Stahlgüten)	F 30
2.	Einsatz feuerresistenten Stahls (FR 30-Stahl)	F 30
3.	Feuerhemmende und feuersichere Beschichtungen (Dämmschichtbildner)	F 30, F 60, F 90
4.	Feuerresistenter Stahl in Kombination mit einem Dämmschichtbildner (FR 90-Stahl) (derzeit im bauaufsichtlichen Zulassungsverfahren)	F 90
5.	Spritzputze auf Zement- oder Vermiculite Basis	F 30 bis F 120
6.	Verkleidung mit Brandschutzplatten	F 30 bis F 120
7.	Brandschutz durch „heiße“ Bemessung von Stahlverbundbauteilen (z. B. einbetonierte oder kammerbetonierte Profile, mit Beton gefüllte Hohlprofile, Hohlprofile mit eingestellten, massiven Stahlprofilen)	F 30 bis F 120

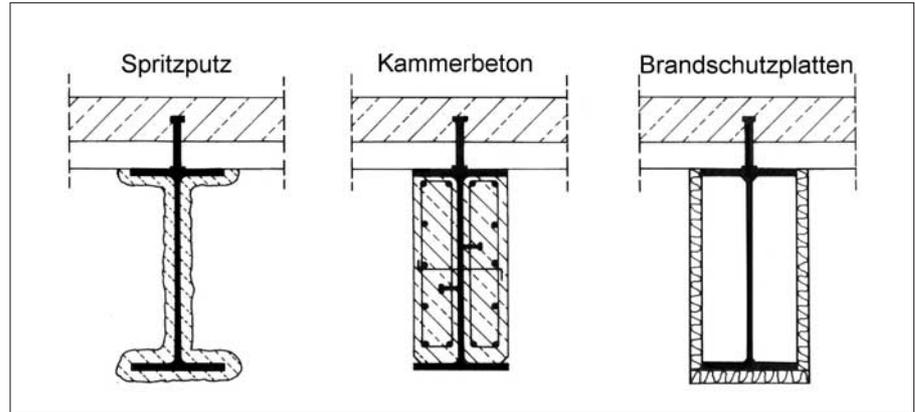


Bild 25: Passive Brandschutzmaßnahmen für Stahl

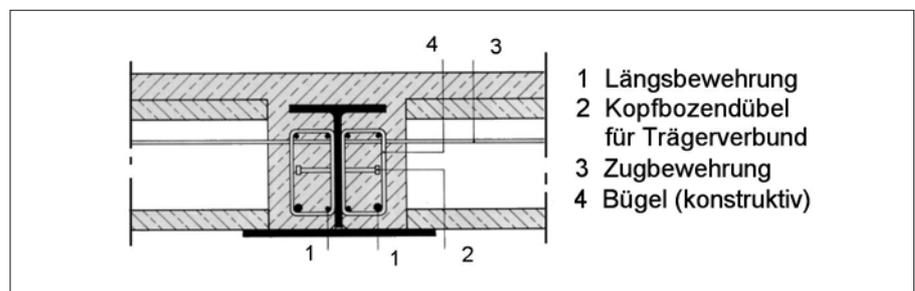


Bild 26: Flachdeckenträger mit integriertem Brandschutz

### 9.1 Passiver Brandschutz bei Stahlflachdecken

Bei Stahlflachdecken ist der Stahlträger bis auf den Unterflansch vollständig in die Betondecke einbetoniert. Daher ist die zu schützende Stahlfläche systembedingt bereits auf ein Minimum reduziert.

Wahlweise kann der freiliegende Flansch je nach Brandschutzanforderung durch die zuvor erwähnten Maßnahmen geschützt werden.

Eine weitere Möglichkeit bietet der sogenannte „integrierte“ Brandschutz, bei dem eine zusätzliche Bewehrung in der Betonvergussfuge vorgesehen wird. Die Auslegung der Zusatzbewehrung erfolgt dann durch „heiße“ Bemessung.

### 9.2 Feuersichere Anschlüsse

Sind Brandschutzanforderungen gestellt, müssen auch die Anschlüsse feuerhemmend oder feuersicher ausgeführt werden. Dies geschieht entweder mit Hilfe der erwähnten Schutzverfahren oder bei Verbundbauteilen durch feuersichere Anschlüsse.

Stellvertretend für die vielen verschiedenen Möglichkeiten sind der Knaggen- und der Knüppelanschluss dargestellt.

## 10 Gebäudeinstallationen

### 10.1 Installation bei Stahlflachdecken

Bei allen Stahlflachdecken können die Installationsführungen sowohl oberhalb (aufgeständerte Böden) als auch unterhalb der Betondecke (abgehängte Decke) störungsfrei verlegt werden (siehe auch Bilder 3a und 3b).

Bei der Slimdek-Bauweise ist es darüber hinaus möglich, selbst größere Installationen innerhalb des Deckenspiegels durchzuführen. Dies geschieht mit Hilfe von Stegdurchbrüchen zwischen den Profilblechsicken. Dabei überschreitet die Gesamtdeckenstärke selten 30 cm.

Auch die Verlegung von Heiz- und Kühlrohrsystemen innerhalb der Betondecke ist möglich (Beispiel: Sport- und Bürozentrum Samariterstrasse, Berlin). So wird nicht nur die Speicherkapazität der Betondecke genutzt. Die Lage der Rohrregister direkt oberhalb der Profilblechschale sorgt darüber hinaus für eine schnelle Aktivierung der Kühlwirkung.

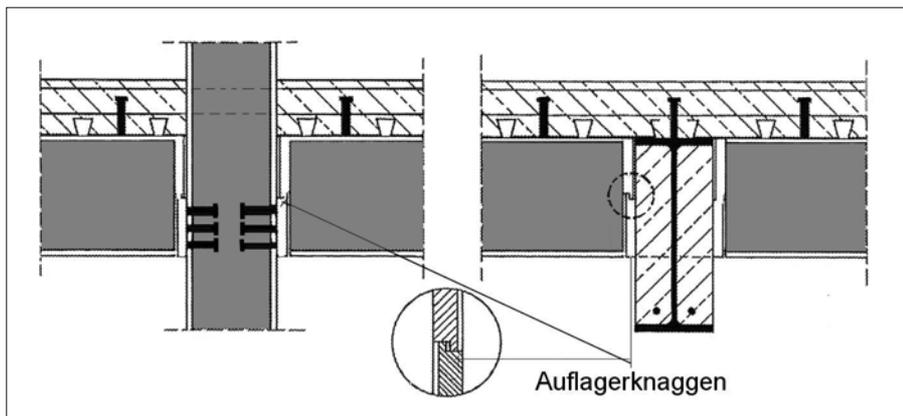


Bild 27a/b: Knaggenanschluss

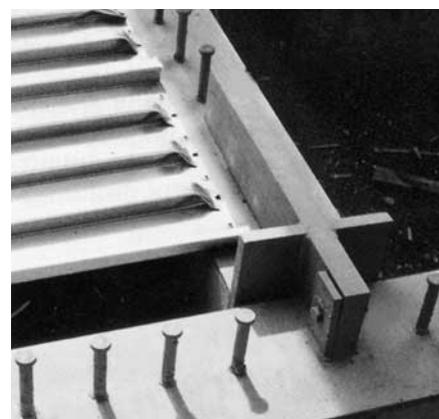
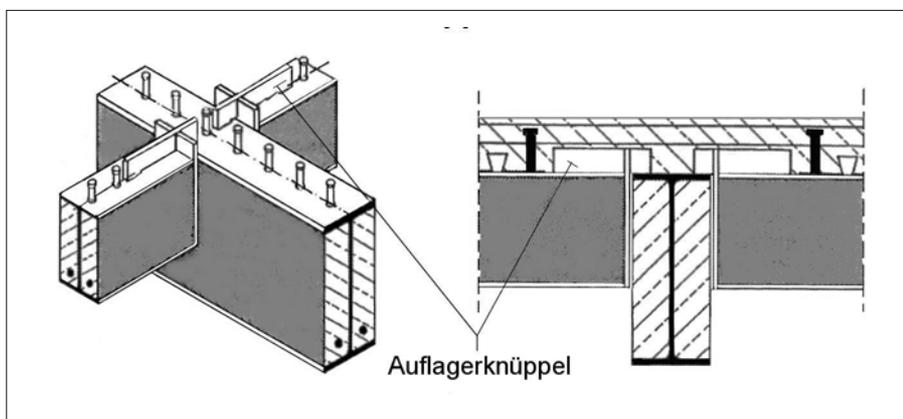


Bild 28a/b: Knüppelanschluss

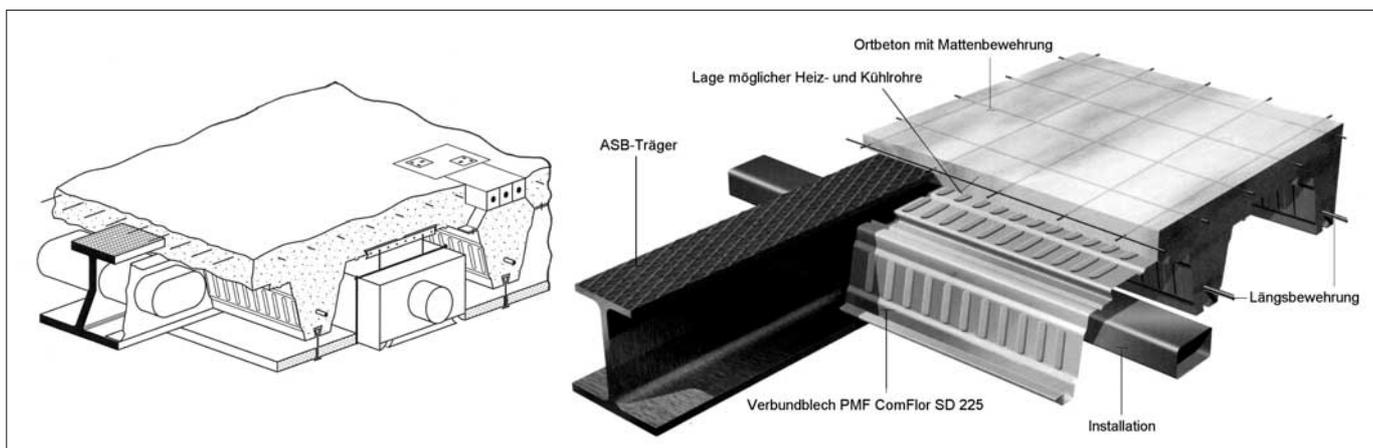


Bild 29a/b: Installationsmöglichkeiten beim Slimdek-System

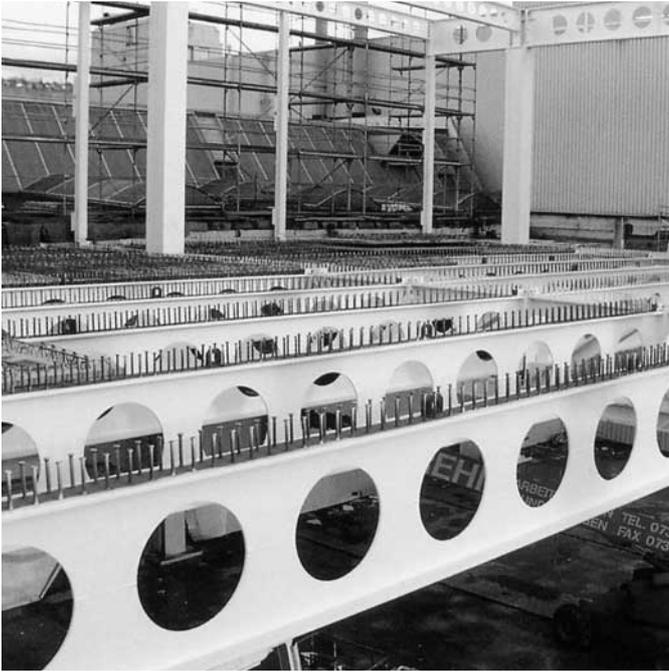


Bild 30: Cellform-Träger als Verbunddeckenträger

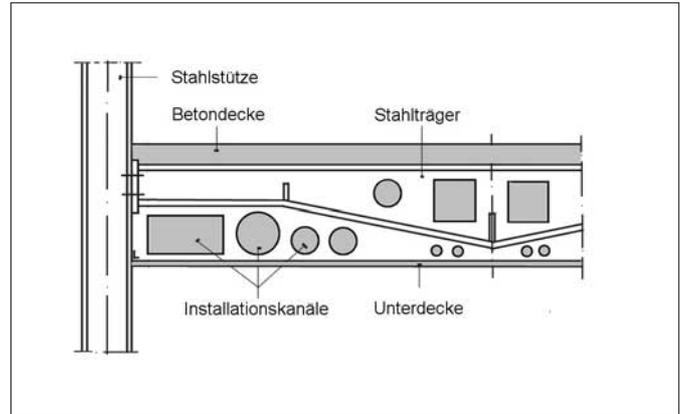


Bild 31: Deckenträger veränderlicher Bauhöhe

## 10.2 Installation bei Verbundträgerdecken

Werden Stahlträger als Deckenunterzüge eingesetzt, bietet es sich an, Durchbrüche in den Stegen der Träger anzuordnen, um die Installationsführung zu erleichtern.

Denn im Vergleich zu massiven Unterzügen sind bei Stahlträgern selbst große Stegöffnungen einfach und kostengünstig realisierbar. So können die notwendigen Installationskanäle durch die Deckenträger hindurch geführt werden.

Besonders mit den patentierten Cellform-Trägern steht eine wirtschaftliche Lösung für hochinstallierte Decken zur Verfügung.

Doch auch durch individuell an den Installationsbedarf angepasste Träger und Trägerformen lassen sich Installationsprobleme intelligent lösen.

## 11 Zusammenfassung

Deckensysteme in Stahlbauweise haben sich in vielen Ländern und bei vielen Baumaßnahmen bewährt. Sie sind nicht nur eine wirtschaftliche Alternative zu den konventionellen Deckensystemen, sondern bieten auch Lösungen, wenn andere Systeme bereits an ihre Grenzen stoßen.

### Literatur:

Arcelor (ProfilArbed):  
Stahltragwerke für Flachdecken,  
Esch/Alzette, Luxemburg

BAUEN MIT STAHL e.V. (Hrsg.):  
Geschoßbau in Stahl – Flachdecken-  
Systeme, Dokumentation 605,  
3. Auflage, Düsseldorf, Sept. 1998

BAUEN MIT STAHL e.V. (Hrsg.):  
Stahlgeschossbau – Grundlagen,  
Dokumentation 612,  
Düsseldorf, Nov. 2002

H. Bode: Verbundbau,  
Düsseldorf, 1987

ECCS (Hrsg.):

Guidelines for the application of  
prestressed hollow core slabs supported  
on built-in beams, N° 103,  
Brüssel, April 1998

F. Hart, W. Henn, H. Sontag (Hrsg.):  
Stahlbauatlas Geschoßbauten,  
2. neu bearbeitete Auflage,  
Institut für internationale Architektur-  
Dokumentation, München,  
Augsburg, 1982

H. Weber:

Decke und Dach – Wirtschaftliches  
Bauen mit Spannbeton-Hohlplatten,  
Kerpen

Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V.:  
Untersuchung des Tragverhaltens  
bei Flachdeckensystemen (Slim-Floor  
Konstruktionen) mit verschiedener Aus-  
bildung der Platten und verschiedener  
Lage der Stahlträger,  
Forschung für die Praxis P 261,  
Düsseldorf, 1997

# Stahldeckensysteme mit Spannbeton-Fertigdecken

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger und Dipl.-Ing. Sebastian Bülte

## Inhalt

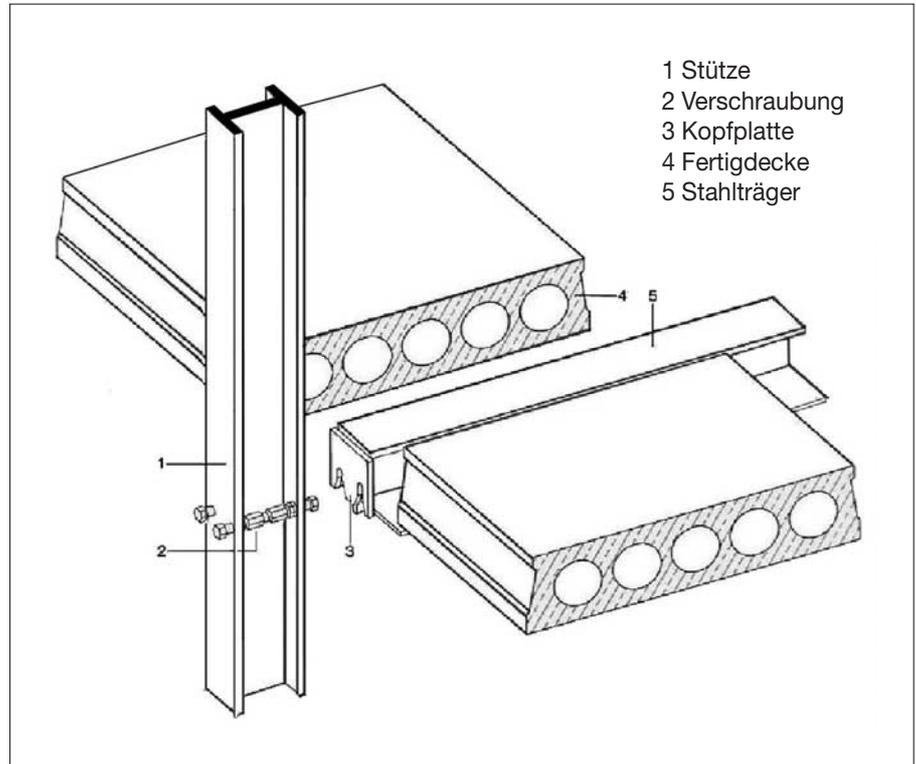
- 1 Einleitung
- 2 Slimflor-Konstruktionen
- 3 Spannbeton-Fertigdecken
- 4 Tragverhalten und statische Nachweise
  - 4.1 Allgemeines
  - 4.2 Auflagerung
- 5 Zusammenfassung

## 1 Einleitung

Deckentragwerke stellen im Hochbau ein wichtiges Konstruktionselement dar, da sie mehr als ein Drittel der Rohbaukosten verursachen. Bei der Optimierung sind neben statisch-konstruktiven Fragen vor allem die Gesichtspunkte Flexibilität in der Nutzung, Integration von Haustechnik, Brand- und Schallschutz sowie die Wirtschaftlichkeit im Hinblick auf die Gesamtbaukosten zu berücksichtigen. Die Optimierung beginnt bereits bei der Beratung des Bauherrn in der ersten Entwurfsphase, wenn die Grundzüge der Gebäudestruktur erarbeitet werden. Die Auswahl des Deckensystems löst dabei häufig Grundsatzdiskussionen aus:

- Decke mit Unterzügen oder Flachdecke?
- Stahlbeton oder Spannbeton?
- Ortbeton, Halfertigteile oder Fertigteile für eine Vollmontage?

Tragwerksplaner favorisieren häufig Systeme mit Unterzügen und ohne Vorspannung, die den Materialverbrauch für den Rohbau und den Aufwand in der statischen Berechnung minimieren, jedoch nur kurze Spannweiten ermöglichen. Bauherr und Architekt wünschen bei geringen Kosten unterzugfreie Decken mit großen Spannweiten für ein Maximum an Flexibilität und architekto-



- 1 Stütze
- 2 Verschraubung
- 3 Kopfplatte
- 4 Fertigdecke
- 5 Stahlträger



Bild 1a/b:  
Prinzip der Slimflor-Bauweise

nischer Qualität. Wenn später die Bauausführenden hinzukommen, sind aus Zeitgründen weitere Optimierungen nur noch begrenzt möglich.

Mit vorgespannten Deckensystemen, wie z. B. Slimflor-Systeme (Bild 1), bei denen Spannbeton-Fertigdecken auf deckengleichen Stahlunterzügen aufgelagert werden, sind größere Spannweiten und Schlankheiten bei gleichzeitig geringeren Durchbiegungen möglich.

Die geringere Deckendicke spart außerdem Gebäudehöhe ein und verringert die Fundamentlasten. Sie bietet zudem günstige Voraussetzungen für Gebäude

mit hohem Installationsgrad in horizontaler Richtung, da der Raum zwischen Unterkante der Konstruktion und der abgehängten Decke vollständig für die Haustechnik zur Verfügung steht und nicht durch Unterzüge gestört wird. Somit lässt sich durch Slimflor-Systeme die Flexibilität in der Nutzung von Gebäuden steigern.

Typische Anwendungsfälle sind Skelettbauten mit vergleichsweise regelmäßigem Stützenraster wie Bürogebäude, Park- und Warenhäuser oder Schulen. Die Deckenspannweiten liegen üblicherweise zwischen 7 und 12 m, die Nutzlast zwischen 3,5 und 10 kN/m<sup>2</sup>.

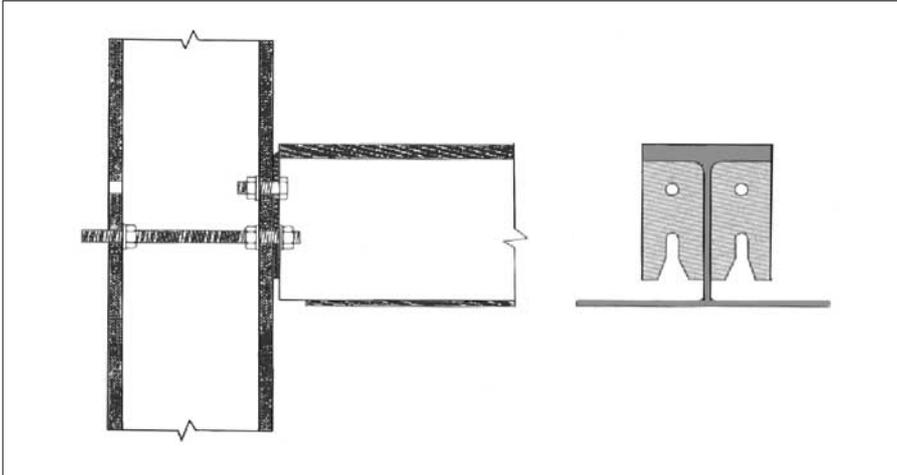


Bild 2a/b: Detailausbildung Stütze – Riegel bei Slimflor-Konstruktionen

Vergleicht man die Rohbaukosten verschiedener Deckensysteme, so weichen einachsige gespannte Decken mit Unterzügen und vorgespannte Decken meist um weniger als 10 % voneinander ab. Geht man davon aus, dass die Decken etwa ein Drittel zu den Rohbaukosten beitragen, die wiederum ein Drittel der Gesamtkosten bilden, dann liegen die Mehrkosten bei etwa 1 %. Diese Mehrkosten werden durch die höhere Flexibilität in der Nutzung und durch Einsparungen in der Haustechnik wegen einfacherer Leitungsführung sowie bei der Fassade wegen geringerer Gebäudehöhe mehr als ausgeglichen.

Aufgrund dieser Vorteile werden in den Benelux-Ländern und in Skandinavien rund 50 % der Deckenflächen mit Vorspannung ausgeführt. In Deutschland ist jedoch der Anteil der vorgespannten Decken noch sehr gering. Da bei der Bemessung und Konstruktion von Slimflor-Konstruktionen immer wieder Fragen auftreten, wird hierauf nachfolgend vertieft eingegangen.

## 2 Slimflor-Konstruktionen

Slimflor-Konstruktionen ermöglichen unterzugfreie Decken, in denen auch große Durchbrüche im Stützenbereich ohne die sonst üblichen Durchstanzprobleme angeordnet werden können. Der Einsatz von werksmäßig vorgefertigten, typisierten Elementen garantiert dabei eine gleichbleibend hohe Qualität. Zudem wird durch die Verwendung von Spannbeton-Fertigdecken eine Verringerung des Eigengewichts der Konstruktion erzielt, was sich günstig auf die Stützenquerschnitte und den Gründungsaufwand auswirkt. Die Verwendung von vorgefertigten Elementen ermöglicht eine schnelle und witterungsunabhängige Bauweise, bei der die Schalarbeiten weitgehend entfallen.

Zunächst wird das Stahlskelett errichtet, wobei für den Stahlbau typische Schraubverbindungen verwendet werden. Spezielle Montageplatten (z. B. Quick-Erect) ermöglichen das Einheben und eine einfache Justierung der Träger vor dem endgültigen Verschrauben (Bild 2). Aufgrund der Standardbreite der Spannbetonfertigteile sollte ein Stützenraster von  $n \times 1,2$  m gewählt werden.

In der Praxis werden üblicherweise IFB-, SFB- bzw. THQ-Profile als Stahlunterzüge verwendet (Bild 3). Dabei wird in Deutschland der IFB-Träger am häufigsten gewählt, der sich aus einem halben HE-Profil und einem angeschweißten, verbreiterten unteren Flansch zusammensetzt. Bei SFB-Trägern wird der untere Flansch eines HE-Profiles durch Flachstahl verstärkt. THQ-Profile – auch Hut-Profil genannt – sind zusammengesetzte Querschnitte.

Die Fertigdecken werden mit speziellen Montagezangen in die Stahlskelettkonstruktion gelegt und anschließend auf der Baustelle mit Ortbeton vergossen (Bild 4). Die Fertigdecken sind direkt nach dem Verlegen begehbar. Beim Verlegen ist auf eine gleichmäßige Durchbiegung benachbarter Platten zu achten. Treten unterschiedliche Durchbiegungen auf, wird der Höhenausgleich durch sogenannte Montageklammen vorgenommen, die bis zum Aushärten des Fugenvergusses in der Decke verbleiben.

Besonders bei hohen Anforderungen an den Brandschutz und bei Betonfertigteilkonstruktionen ist die Verwendung des Delta-Beams (Bild 5) vorteilhaft. Die

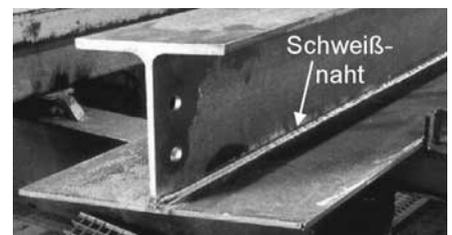
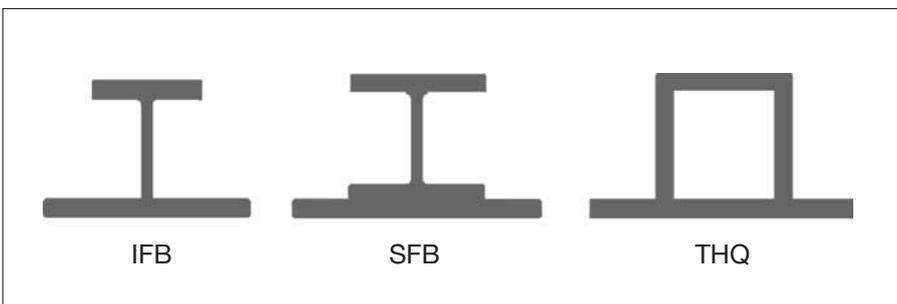


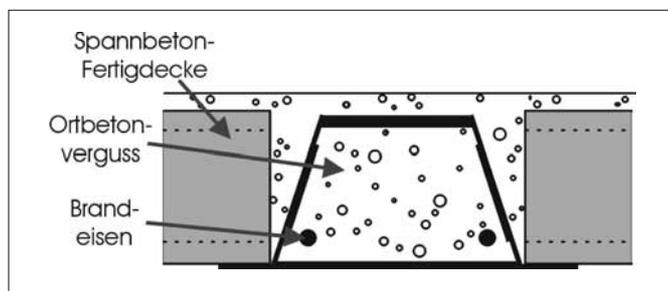
Bild 3a/b: Gängige Stahlprofile für Slimflor-Konstruktionen in Deutschland



Bild 4a/b: Stahlskelettkonstruktion mit Ergänzung durch Spannbeton-Fertigdecken



Bild 5a/b: Delta-Beam



Spannbeton-Fertigdecken werden auch bei diesem System auf dem unteren Flansch des Stahlprofils gelagert. Das offene Profil wird durch den Fugenverguss mit Beton gefüllt, so dass sich ein robuster Verbundträger ergibt. Durch eine gezielte Anordnung von Brandeisen im Inneren des Profils kann ein Feuerwiderstand bis zur Klasse F 120 erzielt werden.

### 3 Spannbeton-Fertigdecken

Bei Spannbeton-Fertigdecken handelt es sich um vorgefertigte, vorgespannte Deckenelemente mit einer einachsigen Lastabtragung. Als Beton wird nahezu ausschließlich Beton der Festigkeitsklasse C 45/55 verwendet. Bild 6 zeigt einen typischen Querschnitt mit den wesentlichen Elementen einer Spannbeton-Fertigdecke.

Spannbeton-Fertigdecken sind üblicherweise 1,20 m breit, können aber auch ab 30 cm in standardisierten Breiten geliefert werden. Die Deckendicken betragen in der Regel zwischen 15 und 40 cm, so dass Spannweiten bis zu 15 m wirtschaftlich realisiert werden können. Die runden, ovalen oder auch rechteckigen Hohlräume

ergeben eine Material- und Gewichtersparnis gegenüber Massivplatten von bis zu 40 %. Um die Querkrafttragfähigkeit sicherzustellen, darf die Summe der Stegbreiten nicht kleiner als 30 – 40 % der Plattenbreite werden.

Die Bewehrung besteht ausschließlich aus einer vorgespannten Längsbewehrung aus Litzen oder Drähten mit sofortigem Verbund. Zur Sicherung der Robustheit der Platten wird abweichend von DIN 1045-1 [1] keine Betonstahlbewehrung angeordnet. Stattdessen ist entsprechend der Zulassung die Vorspannung der verwendeten Litzen und Drähte auf 1000 N/mm<sup>2</sup> zu begrenzen. Auf die sonst in Stahlbetonbauteilen übliche Schub-, Spaltzug- und Querbewehrung wird wegen der Herstellung

mit Gleitfertigern oder Extrudern ebenfalls verzichtet. Zum Nachweis der Querkrafttragfähigkeit werden die Vorspannung und die Betonzugfestigkeit in Ansatz gebracht.

## 4 Tragverhalten und statische Nachweise

### 4.1 Allgemeines

Die Grundlage für alle statischen Nachweise bildet DIN 1045-1. Abweichungen hiervon sind durch Zulassungen des Deutschen Instituts für Bautechnik geregelt (Bild 7). Zur Aufnahme der Beanspruchungen aus Querkraft, Querbiegung und Spaltzug wird die Betonzugfestigkeit in Ansatz gebracht.

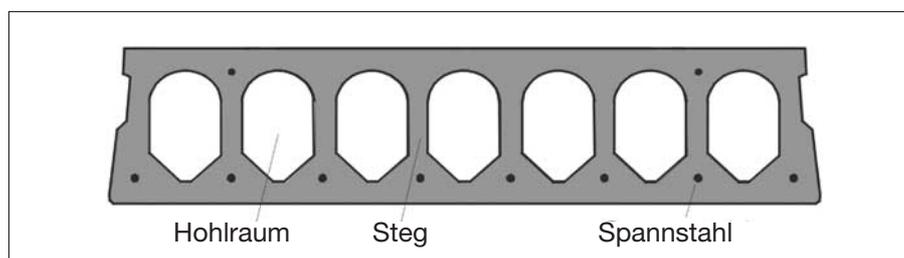


Bild 6: Querschnitt einer Spannbeton-Fertigdecke

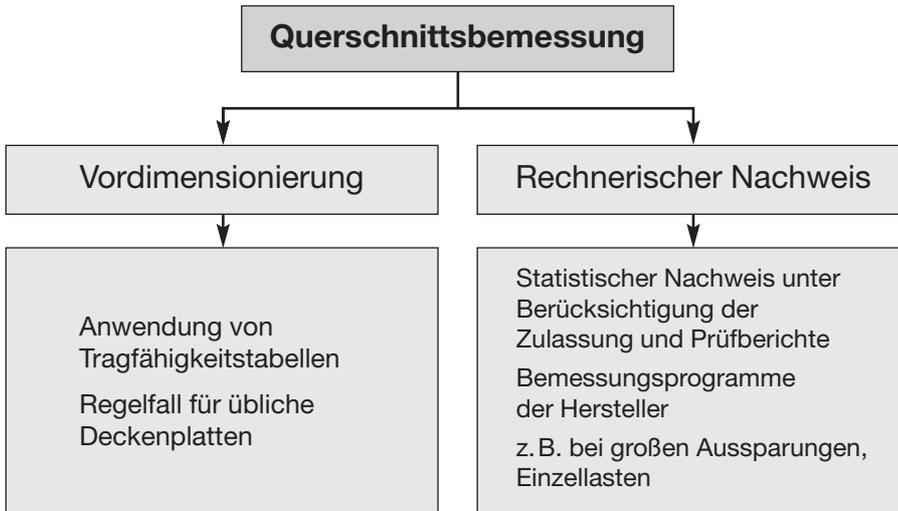


Bild 7: Statische Nachweise für Spannbeton-Fertigdecken

Zur räumlichen Stabilisierung werden die Decken in der Regel als horizontale Scheiben ausgebildet, um die Horizontalkräfte in Wände und Kerne weiterzuleiten. Bei Fertigdecken wird die Scheibenwirkung durch die Fugenbewehrung, den Ringanker und den Fugenverguss hergestellt (Bild 8). Bei der Bemessung und der konstruktiven Durchbildung sind folgende Prinzipien zu beachten:

- Die Scheibe ist Teil eines wirklichkeitsnahen Tragmodells, das die Verträglichkeit der Verformungen der aussteifenden Bauteile berücksichtigt.
- Die Scheibentragwirkung wird in der Regel durch ein Strebenfachwerk oder ein Bogen-Zugbandmodell beschrieben. Der Betonquerschnitt bildet die Druckstreben und die Bewehrung in den Fugen die Zugstrebe.

- An den Knoten und den Verbindungen zu den aussteifenden Bauteilen sind die Einleitung der Betondruckkräfte und die Verankerung der Zugkräfte über Verbund nachzuweisen.

#### 4.2 Auflagerung

An den Auflagern der Fertigdecke fordert die Zulassung ein Mörtel- bzw. Betonbett oder gleichwertige Zwischenlagen, die negative Auswirkungen auf die Standsicherheit ausschließen. Von besonderer Bedeutung für Fertigdecken ist hierbei die Aufnahme der Querkraftspannungen, die aus der Verformung des Auflagers entstehen können. Da die Betonzugfestigkeit gleichzeitig auch bei der Spannkrafteinleitung und der Querverteilung von Lasten in Ansatz gebracht wird, steht für

Zusatzspannungen aus Auflagerverformungen nur eine begrenzte Kapazität zur Verfügung.

Der Einfluss der Auflagerung auf die Tragfähigkeit von Spannbeton-Fertigdecken wurde erstmals von Pajari in Finnland Anfang der 90er Jahre untersucht [2, 3]. Anhand von Großversuchen, bei denen die Ausführung der Unterzüge (Stahlbeton, Spannbeton, deckengleiche Stahlträger) variiert wurde, bestimmte er die Tragfähigkeit von Fertigdecken im Auflagerbereich. Nach diesen Versuchen kann eine biegeweiche Lagerung eine Reduktion der Querkrafttragfähigkeit der Fertigdecken von bis zu 50 % bewirken. Gleichzeitig wurden Längsrisse entlang der Litzen im Auflagerbereich festgestellt, die zu einer verminderten Verbundfestigkeit der Spannbewehrung führen. In Bild 9 wird die Beanspruchung einer Spannbeton-Fertigdecke in Querrichtung infolge biegeweicher Lagerung verdeutlicht.

Die Platten liegen in Bild 9 auf dem Untergurt eines Stahlträgers auf. Dabei wird die Platte in Feldmitte des Unterzuges auf Querbiegung beansprucht. Sie lagert infolge der Trägerkrümmung nur an den Rändern auf. Das in der Zugzone des Stahlträgers aufgelagerte Fertigdeckenelement erhält eine zusätzliche Zugbeanspruchung. Den Platten am Ende des Unterzuges wird eine Querverzerrung aufgeprägt. Nach den Versuchen von Pajari, bei denen entsprechend den Bildern fünf Spannbeton-Fertigdecken auf den Unterzügen aufgelagert waren, trat das Querkraftversagen immer zuerst an

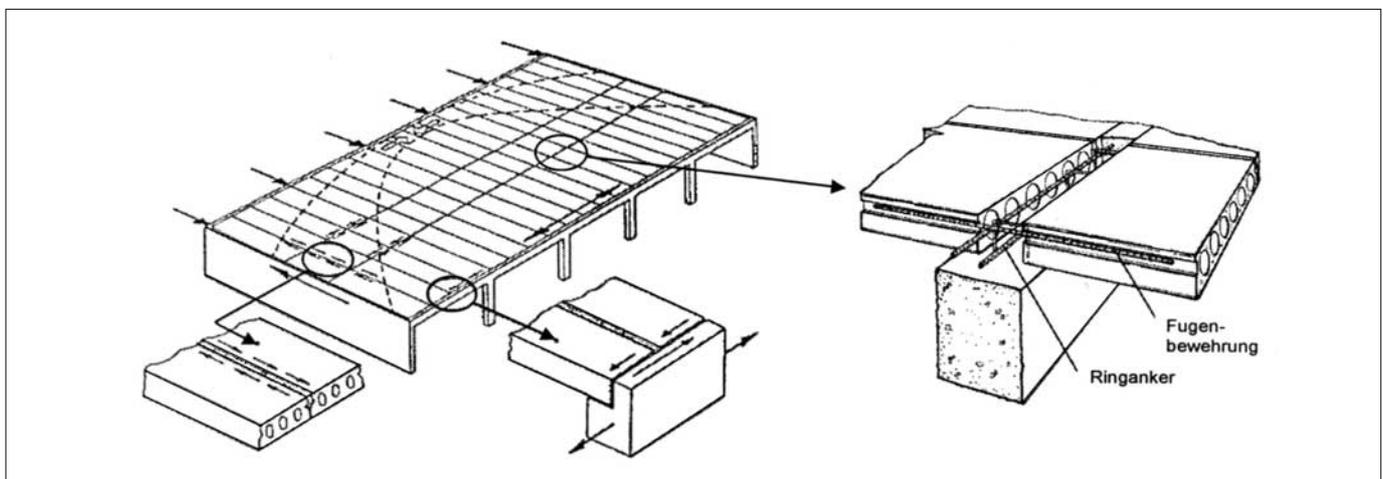


Bild 8: Bemessung und konstruktive Durchbildung der Deckenscheibe

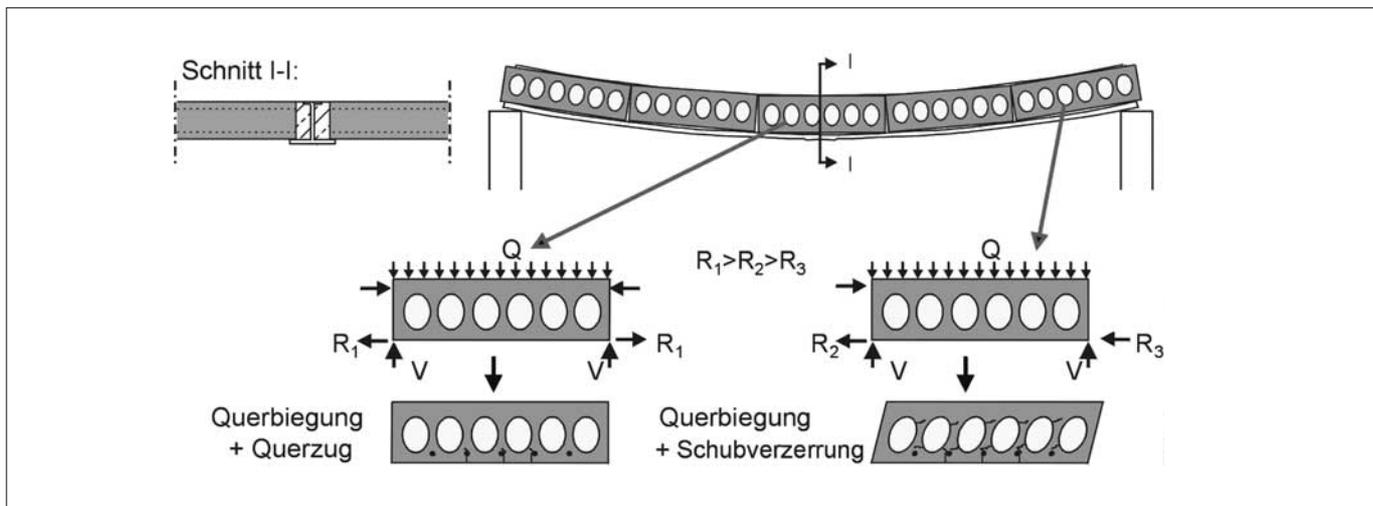


Bild 9: Spannbeton-Fertigdecken bei Auflagerung auf deckengleichen Stahlträgern

den äußeren Platten auf, d. h. an den Enden der Unterzüge. Aus den Versuchsergebnissen zieht Pajari folgende Schlussfolgerungen:

- Die Verformung der Stahlträger kann die Querkrafttragfähigkeit der unbewehrten Fertigdeckenstege um bis zu 50 % reduzieren.
- Die Abminderung lässt sich nicht allein mit der Durchbiegung und Krümmung des Unterzuges erklären. Neben der Biegesteifigkeit des Unterzuges sind die Reibung zwischen Fertigdecke und Unterzug, die Schlankheit der Fertigdecke und die Aktivierung als Verbundquerschnitt bestehend aus Unterzug und Fertigdecke von Bedeutung.
- Die Längsrisbildung im Bereich der Spannkrafteinleitung vermindert die Querkrafttragfähigkeit vermut-

lich zusätzlich, da der günstige Einfluss der Vorspannung verloren geht.

In Bild 10 sind Ergebnisse aus eigenen FE-Simulationen dargestellt. Durch die Spannkrafteinleitung im Alter von 10 bis 14 Stunden werden bei Aktivierung des Hoyer-Effektes Hauptzugspannungen im Beton erzeugt, die bis an die Betonzugfestigkeit zu diesem Zeitpunkt heranreichen können. Im Zuge der weiteren Erhärtung von ca. 25 auf 60 N/mm<sup>2</sup> baut sich allerdings eine zusätzlich ausnutzbare Zugfestigkeit auf, die zur Aufnahme von Querkraftspannungen zur Verfügung steht.

Ein rissfreier Spannkrafteinleitungsbe- reich ist für die Verbundfestigkeit der Spannbewehrung von entscheidender Bedeutung [4]. Bei einer Längsrisbildung mit größeren Rissbreiten geht die günstige Wirkung des Hoyer-Effektes vollständig verloren, so dass für den Nachweis der Endverankerung nur eine deutlich verminderte Verbundfestigkeit angesetzt werden darf [1].

Im europäischen Ausland werden Spannbeton-Fertigdecken unter Berücksichtigung der Abnahme der Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd}$  infolge Schubverzerrung bemessen [5]:

$$V_{Rd} = \frac{l \cdot b}{S} \cdot \left( \frac{1}{K} \sqrt{(f_{ctd}^2 + 0,9 \cdot \alpha \cdot \sigma_{cpm} \cdot f_{ctd})} - \tau_2 \right) - 0,9 \cdot \tau_{sp}$$

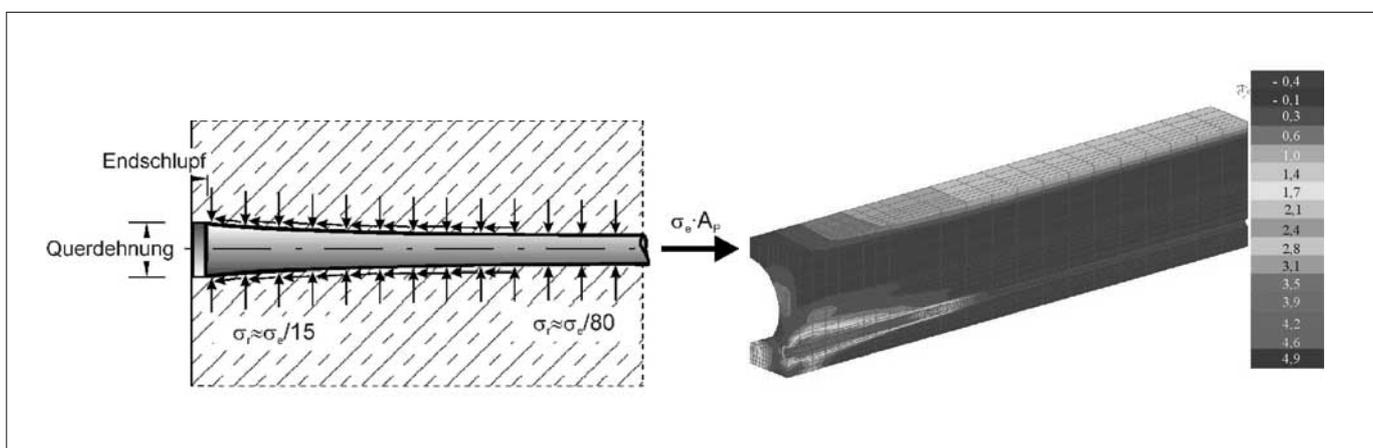


Bild 10: Spannungszustand im Spannkrafteinleitungsbereich – Schematische Darstellung des Hoyer-Effekts (links) und Hauptzugspannungen bei Spannkrafteinleitung (rechts)

Die Formel für die maximale Querkrafttragfähigkeit der Fertigdecke wird hierbei um den Einfluss der Schubspannung in Querrichtung  $\tau_2$  abgemindert. Der Wert hängt u.a. von der Geometrie des Trägers und der Fertigdecke sowie der Ausbildung der Lagerung ab. Eine mögliche Längsrissbildung wird durch eine pauschale Abminderung der Vorspannbewehrung berücksichtigt.

In Deutschland gibt es zurzeit noch keine normativen Regelungen für biegeweich gelagerte Spannbeton-Fertigdecken. Dazu fasst Hartz in [6] die Diskussion im Sachverständigen-Ausschuss „Spannbeton-Fertigdecken“ zusammen. Bis auf Weiteres fordern die Regelungen der Zulassung eine starre Lagerung der Fertigdecken, d. h. die Auflagerung auf biegeweichen Trägern ist durch die Zulassungen zunächst nicht abgedeckt. Dennoch ist eine Abweichung von der starren Lagerung möglich, wenn die Querkrafttragfähigkeit der Fertigdecke angemessen reduziert wird. Dies stellt bei der Bemessung häufig kein Problem dar, da die Querkrafttragfähigkeit nach Zulassung nur selten voll ausgenutzt wird. Solange keine neueren Erkenntnisse vorliegen, empfiehlt sich in Deutschland für die Bemessung und Konstruktion von Slimflor-Systemen folgende Vorgehensweise [7]:

- Bei Auflagerung auf Stahlunterzügen sollte die Querkrafttragfähigkeit der Spannbeton-Fertigdecken nach Zulassung grundsätzlich nicht voll ausgenutzt werden.
- Für Unterzüge, die schon im Gebrauchszustand Verformungen von  $l/300$  erfahren, sollte die Querkrafttragfähigkeit nach Zulassung auf 50 % reduziert werden.

- Um die Endverankerung der Spannstähle am Auflager zu verbessern, sollte die Auflagertiefe vergrößert und die Fugenbewehrung verstärkt werden. Außerdem empfiehlt es sich je Fertigdecke ein bis zwei Hohlkammern am Auflager auszubetonieren und mit einer Stabstahlzulage zu bewehren (vgl. Bild 4).

Unter Beachtung dieser Grundsätze sind Slimflor-Konstruktionen eine sichere und wirtschaftliche Bauweise.

## 5 Zusammenfassung

Slimflor-Decken bestehen aus vorge-spannten Spannbeton-Fertigdecken und Stahlträgern, deren verbreiteter unterer Flansch zur Auflagerung der Fertigdecken dient. Die unterzugfreie Decke ermöglicht eine sehr offene Architektur und eine freie Verlegung von Leitungen und Kanälen. Durch den Einsatz von werksmäßig vorgefertigten typisierten Elementen lassen sich Tragkonstruktionen schnell und in trockener Bauweise mit gleichbleibend hoher Qualität erstellen. Bei Beachtung der spezifischen Konstruktionsregeln bietet sich hiermit dem Anwender eine neue wirtschaftliche und sichere Bauweise, die in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen wird.

## Literatur:

- [1] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Ausgabe 07/01
- [2] Pajari, M.; Koukkari, H.: Shear Resistance of PHC Slabs supported on Beams. I: Tests. Journal of Structural Engineering, September 1998, S. 1051–1061
- [3] Pajari, M.: Shear Resistance of PHC Slabs supported on Beams. II: Analysis. Journal of Structural Engineering, September 1998, S. 1062–1073
- [4] Hegger, J.; Nitsch, A.: Neuentwicklungen bei Spannbetonfertigteilen – aktuelle Forschungsergebnisse und Anwendungsbeispiele. Beton+Fertigteil-Jahrbuch 2000, S. 95–109
- [5] Special design considerations for precast prestressed hollow-core floors: Guide to good practice by fib Commission 6, Januar 2000
- [6] Hartz, U.: Auflagerung von Hohlplatten. Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik, Heft 5, 2000, S. 174–175
- [7] Hegger, J.: Bemessung und Konstruktion von vorgespannten Decken im Hochbau. Der Prüferingenieur, Mai 2003, S. 19–28

# Thermisch aktive Stahldecken als Applikation der Betonkernaktivierung

Dr.-Ing. Michael Günther

## Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Einsatzbereiche der Betonkernaktivierung
- 3 Thermisch aktive Stahldecken als Applikation der Betonkernaktivierung
- 4 Zusammenfassung

## 1 Einleitung

Bereits seit den 30er Jahren werden Betonbauteile zum Heizen und Kühlen von Industrie- und Gewerbebauten genutzt. Man erkannte frühzeitig, dass mit bauwerksintegrierten Rohren und Rohrregistern das nutzbare Raumvolumen gegenüber Gebäuden mit nachträglich montierten Heiz- und Kühleinrichtungen vergrößert werden kann. Zudem resultierte aus dieser integralen Planung und Ausführung von Gebäude und Anlagentechnik ein thermisch behagliches Raumklima – frei von Zugerscheinungen und mit angenehmen Oberflächentemperaturen an Boden, Wand und Decke. Ingenieurtechnisch anspruchsvoll war auch die Aufgabenstellung, die Stahlrohrregister in statische Betrachtungen einzubeziehen, um das konventionelle Bewehrungsweisen zu reduzieren.

Zu Beginn der 90er Jahre wurde – vorrangig in der Schweiz – die Idee der Strahlungskühlung und -heizung mit dem Baukörper wieder aufgegriffen. Unter den Bezeichnungen „Thermisch aktive Bauteile (TAB)“ bzw. „Betonkernaktivierung“ etablieren sich seitdem Systeme, die das Speichervermögen des Betons nutzen. Die Betriebsweise sieht vor, die zur Verfügung stehende Speichermasse des Betons nachts aufzuladen, um damit am Tage die Kühl- oder Heizlasten zu kompensieren. Dabei werden anlagenseitig weit geringere Investitionen erforderlich als bei konventionellen Verfahren der Raumkühlung und -heizung.

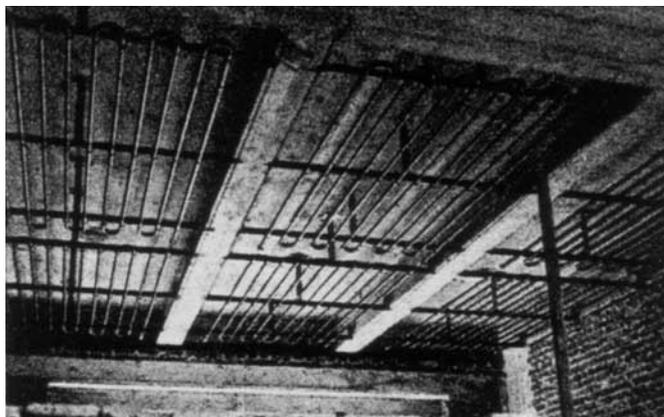


Bild 1: Crittall-Strahlungsheizdecke, die auch zur sommerlichen Raumkühlung eingesetzt wurde (um 1936)



Bild 2: velta contec – konfektionierte Rohrregister in der Stahlbetondecke eines Büro- und Geschäftshauses

## 2 Einsatzbereiche der Betonkernaktivierung

Die Betonkernaktivierung ist in den vergangenen Jahren zu einem festen Bestandteil der modernen Architektur, insbesondere von Büro- und Verwaltungsgebäuden, geworden. Sie wird jedoch auch in Schulen, Krankenhäusern, Pflegeheimen und Museen immer häufiger eingesetzt. Im Sommer gelingt es dabei im Regelfall, die Raumtemperatur um ca. 3 bis 4 K niedriger zu halten als in Gebäuden, bei denen auf eine aktive Raumkühlung verzichtet wird. Im Winter übernimmt das System die Funktion einer Grundlastheizung.

Das theoretische Rüstzeug zum Planen und Ausführen der Bauteil integrierten Rohrregister ist in den letzten Jahren beträchtlich erweitert worden. Im Mittelpunkt aktueller Betrachtungen stehen verstärkt die Abnahme und Betriebsführung, Möglichkeiten und Grenzen

des Systems unter Berücksichtigung der Nutzeranforderungen.

Bei der Betonkernaktivierung werden meist Decken, gelegentlich auch Wände, thermisch aktiviert. Bei diesen Systemen liegen die Rohrregister im Kern des Bauteils, um das Speichervermögen auszunutzen.

Werden Rohre und Rohrregister oberflächennah in ein Bauteil integriert, sollte von „Bauteilheizung bzw. -kühlung“ gesprochen werden. Der Begriff „Bauteiltemperierung“ bezieht sich dabei auf moderate Systemtemperaturen, die nahe der Raumtemperatur liegen.

Auch im Zusammenhang mit der Vorfertigung von Betonfertigteilen für Stahltragwerke werden zunehmend Rohrregister integriert. Damit erfahren diese Bauteile eine Funktionserweiterung, ohne dass dabei beträchtliche Mehrinvestitionen entstehen.

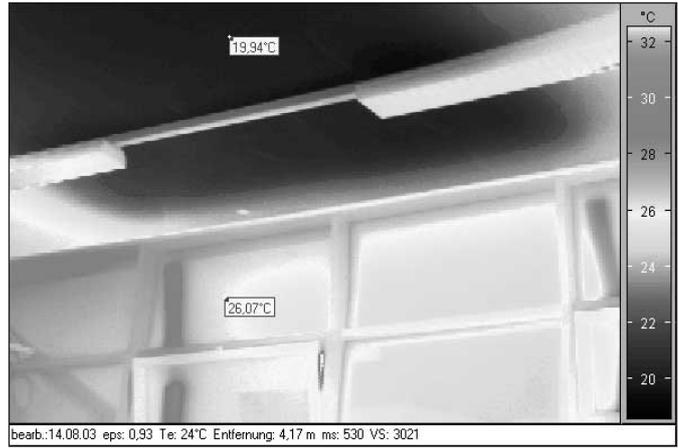


Bild 3a/b: Thermografischer Nachweis einer wirksamen Deckenkühlung bei Betonkernaktivierung

### 3 Thermisch aktive Stahldecken als Applikation der Betonkernaktivierung

Das große Anwendungspotenzial von Aktivspeichersystemen hat nicht zuletzt durch die Wettbewerbssituation zwischen System- und Rohrherstellern bei Konzeption und Planung dieser Anlagen zu einer „Leistungsolympiade“ geführt. In diesem Zusammenhang werden die unterschiedlichen Charakteristika (z.B. Rohrlage oberflächennah oder mit einer Betonunterdeckung von mehr als 10 cm) und Randbedingungen zum sinnvollen Einsatz (reaktionsschnelle Lastkompensation oder Nutzung der speicherwirksamen Bauwerksmasse) von thermisch

aktiven Flächen und/oder Aktivspeichersystemen leider nur ungenügend berücksichtigt. Dies soll nachfolgend an einem Beispiel erläutert werden.

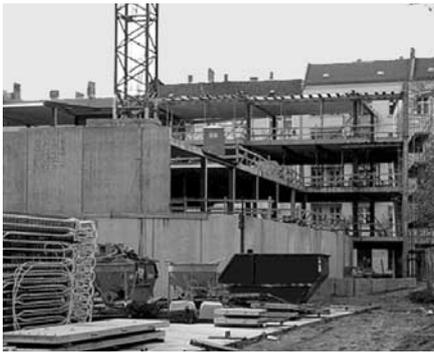
Trotz zahlreicher Vorteile ist der Stahl- und Verbundbau im Bereich von Büro- Verwaltungsgebäuden mit einem geschätzten Marktanteil von nur ca. acht Prozent gegenüber dem Betonbau in Deutschland deutlich unterrepräsentiert. In Großbritannien wird die Stahlbauweise dagegen sehr geschätzt, woraus sich ein Marktanteil von ca. 50 Prozent erklärt. Erschwerend kam für die Stahlbauweise in der Vergangenheit hinzu, dass deutsche Architekten ein neueres Argument heranführten, um die traditionelle Beton-

bauweise zu favorisieren: die Möglichkeit der Betonkernaktivierung zur Nutzung der vorhandenen Speichermasse, die im Stahlbau weitgehend fehlt.

Die in den Bildern 5 a - d dargestellte thermisch aktive Stahl-Flachdecke (System „Slimdek“) eines Berliner Bürogebäudes war zunächst als Aktiv-Speichersystem mit klassischer Betonkernaktivierung geplant worden. Die Befürworter der Stahlbauweise sahen jedoch die Möglichkeit, erstmalig Rohrregister zum Kühlen und Heizen bei dieser Bauweise einzusetzen, die im Wettbewerb zu dem Betonbau (hohe Speichermasse) steht.



Bild 4a - c: Thermisch aktive Betonfertigteile für Stahltragwerke



Während der Montage wurden die Rohrregister auf die tiefen Trapezprofile aufgelegt. Die Tiefsickenbleche erzeugen mit dem Aufbeton einen Flächenverbund, so dass außerdem eine gute Wärmeleitung sichergestellt ist. Die oberflächennahe Rohrlage garantiert im Zusammenwirken mit der Deckenkonstruktion höhere Kühlleistungsdichten, als mit einer klassischen Betonkernaktivierung erreicht werden können.



Die Berechnung der Kühlleistungsdichte mit Hilfe eines FEM-Programmes zeigt sehr gut die Unterschiede in Leistungsvermögen und Zeitverhalten der Flachdecke (12 cm) mit oberflächennahen Rohren (Bild 6 a – d und Bild 7) im Vergleich zu einer dicker ausgeführten Decke (24 cm) mit Rohrregistern in der statisch neutralen Zone. Daraus ergeben sich Konsequenzen sowohl für die Planung, als auch für die Betriebsführung.

Bild 5 a - d: Thermisch aktive Stahl-Flachdecke „Slimdek“ in einem Berliner Büro- und Sportzentrum mit velta-contec-Modulen

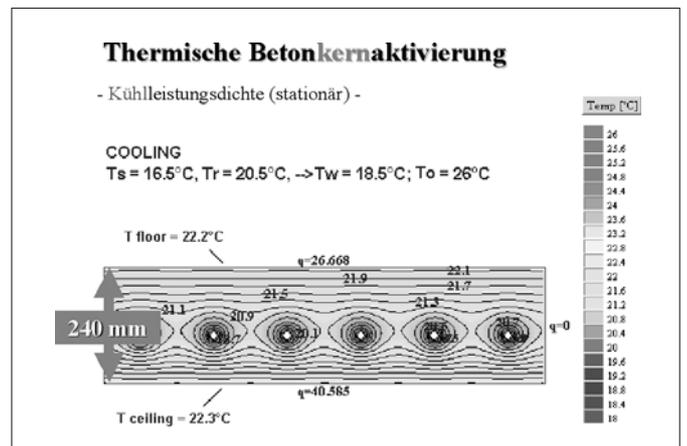
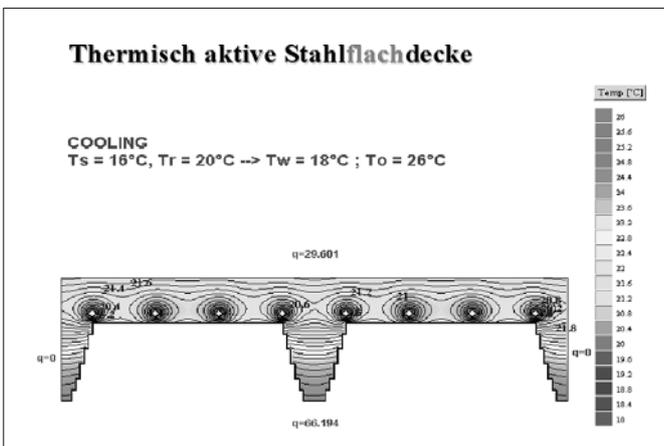
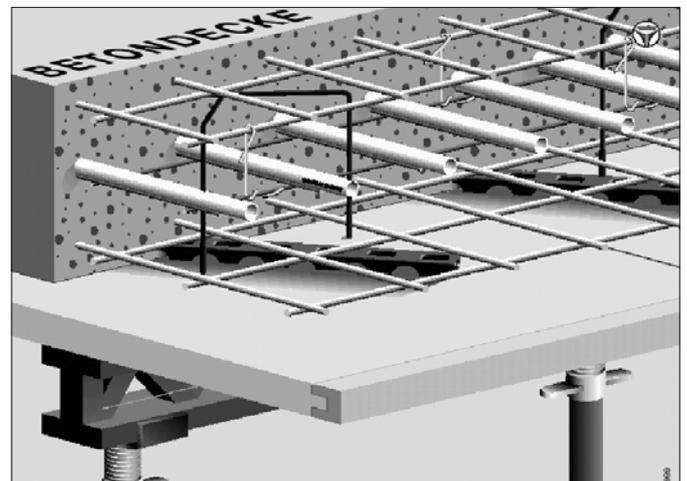
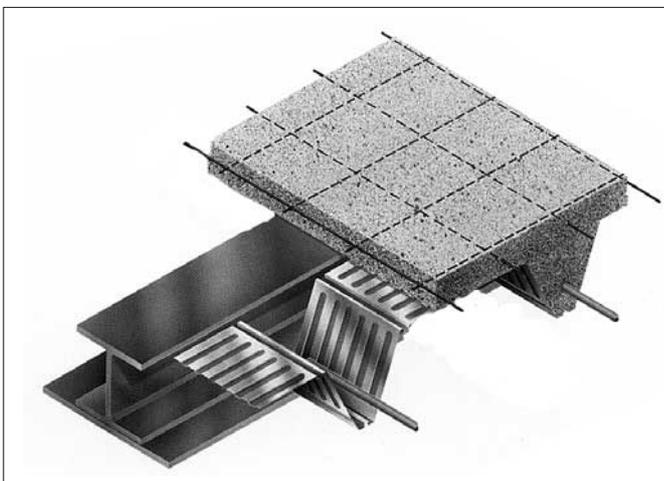
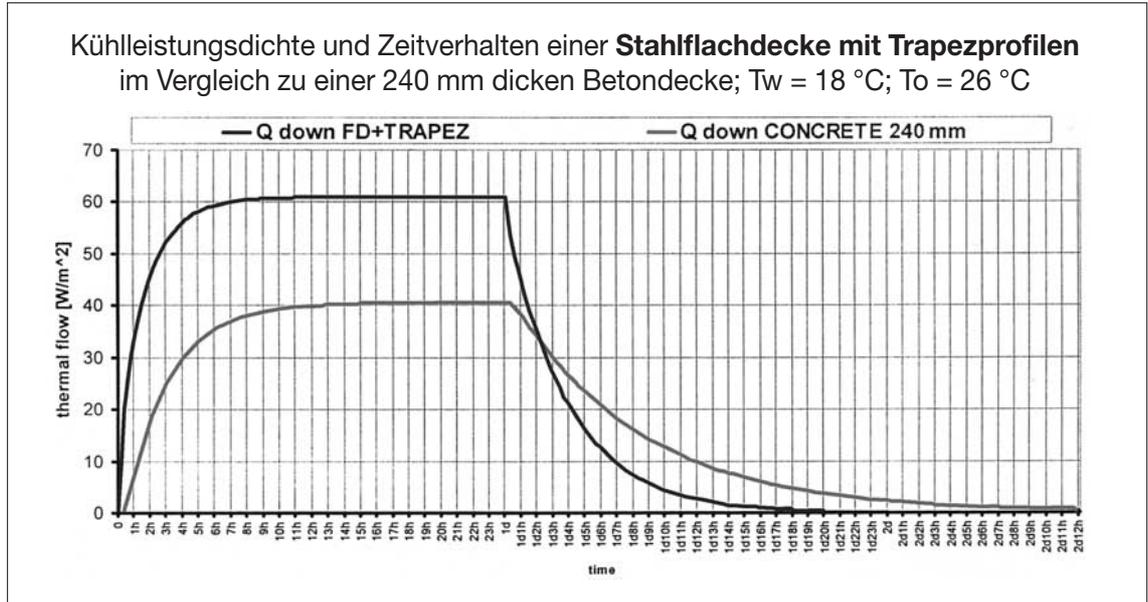


Bild 6 a - e: Thermisch aktive Flachdecke und Aktivspeicherdecke im Vergleich (vgl. Deecke/Günther)

Bild 7:  
Kühlleistungsdichte  
und Zeitverhalten  
einer Stahlflachdecke



Im Vergleich zu einer massiven Betondecke mit Rohrregistern in der Deckenmitte führen die oberflächennahe Rohre bei der Stahl-Flachdecke zu einer ca. 50 Prozent höheren Kühlleistungsdichte – und das bei gleichen thermischen Randbedingungen.

Nach Abschalten der Wasserzirkulation kühlt die Stahl-Flachdecke jedoch wesentlich schneller aus. Ein nächtliches „Speichern“ der Kühlkälte und ein Tag (RLT-Anlage einschl. Nachkühlung) –Nacht (Betonkernaktivierung)–Betrieb ist somit nur in geringerem Maße möglich.

Aus diesen Berechnungen resultieren jedoch auch neue Lösungsansätze. So könnten bei der Stahl-Flachdecke die Rohrregister auf den Beton verlegt und in einen Verbundestrich eingebettet werden. Damit wird eine genügend große Unter- und Überdeckung erzielt, so dass diese modifizierte Decke weitgehend der klassischen Betondecke einschl. ausreichender Speicherkapazität entspricht (Bild 8).

#### 4 Zusammenfassung

Nachdem die klassische Betonkernaktivierung insbesondere bei modernen Büro- und Verwaltungsgebäuden zunehmend angewandt wird, erschließen sich durch neuartige Baukonstruktionen immer weitere Anwendungen.

Das Beispiel thermisch aktiver Stahl-Flachdecken als Applikation der Betonkernaktivierung zeigt dabei, dass die baukonstruktive Spezifik wesentlichen Einfluss auf die Wirkungsweise des Bauteils zur Raumkühlung und -heizung nimmt. Diese Wirkungsweise ist bei der technischen Gesamtplanung zu berücksichtigen.

#### Literatur:

Deecke, H.; Günther, M.; Olesen, B.W.: velta contec – Betonkernaktivierung, Norderstedt 2003

Günther, M.: Aktivspeichersysteme (ASse) – Intelligente Symbiose von Architektur und Technik, Haus der Technik Essen e.V., 2001

Günther, M.: Abnahmeprüfung von Raumkühlflächen nach VDI 6031 (Qualitätssicherung der Betonkernaktivierung), 27. Internationaler velta Kongress, St. Christoph 2005

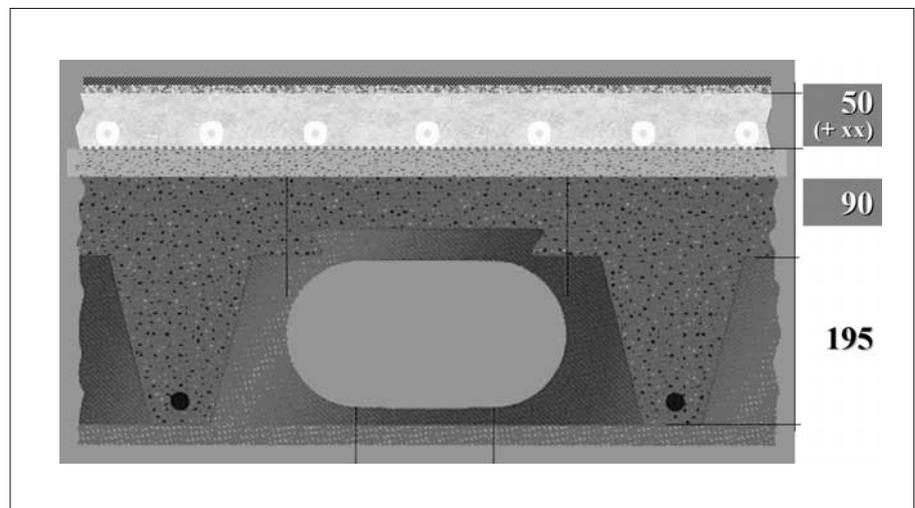


Bild 8: Rohrregister im Verbundestrich einer Stahl-Flachdecke

## Büro- und Geschäftsgebäude Karl-Arnold-Platz in Düsseldorf

Petzinka Pink Architekten

### Architekt:

Petzinka Pink Architekten, Düsseldorf

### Tragwerksplanung:

Petzinka Pink und Tichelmann,  
Darmstadt

### Bauherr:

Bernd Voswinkel Gesellschaft mbH & Co,  
Düsseldorf

### Brandschutz:

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Klingsch,  
Wuppertal

### Stahlbau:

stahl + verbundbau gmbh, Dreieich



Bild 1: Das Gebäude ist geprägt von Eleganz und Leichtigkeit  
(© Petzinka Pink Architekten/Hermann Fahlenbrach)

Für Büroimmobilien werden multifunktionale Nutzung und Flexibilität der Mietflächen zu immer entscheidenderen Investitionskriterien. Wie bei diesem Büro- und Geschäftshaus schafft die Stahlbauweise mit ihren großen Spannweiten hierfür die wirtschaftlichen und konstruktiven Voraussetzungen.

Städtebaulich orientiert sich das elegante Gebäude an der Struktur des Quartiers, das eine Mischbebauung für Wohnen und Büros vorsieht. Der achtgeschossige Bürokomplex fügt sich rücksichtsvoll in den baulichen Bestand. Traufhöhe und Bauflucht orientieren sich an den benachbarten Bauformen, während die Freiraumgestaltung mit den angrenzenden Grünflächen korrespondiert. Architektonisches Anliegen war es, Funktion, Ökologie und Ökonomie ästhetisch miteinander zu verbinden. Der Bund Deutscher Architekten (BDA) prämierte das Gebäude 2003 mit der „Auszeichnung Guter Bauten“.

### Konstruktion

Das Gebäude besteht aus zwei achtgeschossigen Gebäuderiegeln. Zwischen diesen Riegeln befindet sich ein Atrium, in dem die Gebäudeteile über je zwei Brücken geschossweise verbunden werden. Auf den Geschossen +2 und +3 sind

diese Brücken zu großflächigen, intensiv begrünten Terrassen ausgedehnt. In den Geschossen 0 bis +2 ist die rückwärtige Atriumfassade zurückgesetzt, so dass ein überdeckter Außenraum entsteht. Ferner befindet sich im Atrium ein freistehender Aufzugsturm mit zwei Aufzügen.

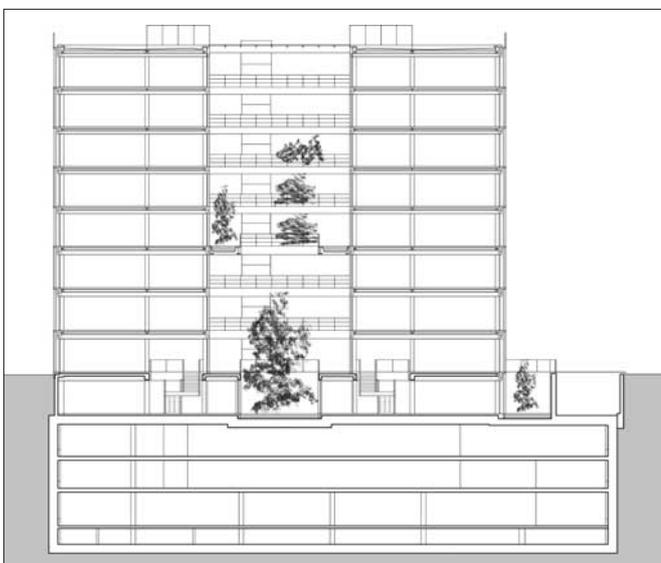


Bild 2: Schnitt



Bild 3: Stahlbau macht es möglich: Ein Geschoss wurde in 8 Tagen errichtet (© Petzinka Pink Architekten)

Konstruktiv gliedert sich der Baukörper in zwei Teile: Die vier Untergeschosse mit der Tiefgarage wurden in herkömmlicher Stahlbetonbauweise errichtet. Die acht oberirdischen Geschosse wurden in Stahl-flachdeckenbauweise ausgeführt. Hier ist die Konstruktion auf einem 2,70 m Raster aufgebaut. Entlang der Außenkanten der beiden Gebäuderiegel sind Stützen aus geschweißten Stahlhohlprofilen mit den Abmessungen von 100/200 mm an-

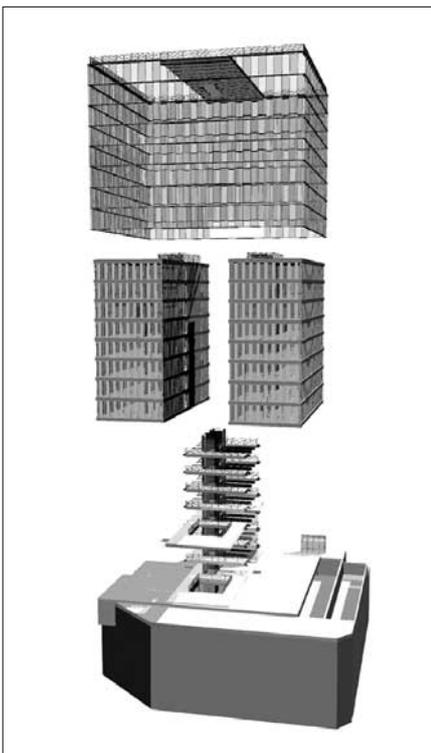


Bild 4: Explorationszeichnung des Bausystems (© Petzinka Pink Architekten)

geordnet. Zusätzlich verläuft noch eine Mittelstützenreihe in der Verlängerung der inneren Kernwand. Die stählerne Tragkonstruktion ist aufgrund ihrer Brandschutzbekleidung beim fertiggestellten Bauwerk nicht mehr sichtbar.

Jeder Gebäuderiegel verfügt über einen eigenen Kern, der sich aus den Untergeschossen heraus entwickelt. In den Kernen aus Stahlbeton befinden sich die beiden Treppenhäuser und die Schächte für die Versorgung. Jeweils rechts und links der Kerne sind die Brücken aus Stahlträgern angeordnet, die die beiden Gebäuderiegel im Atrium geschossweise verbinden. Gemeinsam mit den Decken übernehmen die beiden Kerne die gesamte horizontale Aussteifung des Gebäudekomplexes.

Die Decken sind als Stahl Flachdecken mit Spannbeton-Fertigdecken ausgebildet. Hierbei wurden Spannbeton-Hohlplatten mit einer Stärke von 20 cm auf deckengleiche Stahlunterzüge mit breitem Unterflansch aufgelegt. Diese sind wiederum mittels Schraubverbindung an den Stützen befestigt. Die Fugen zwischen den Hohlkörperdielen und den oberen Flanschen der Stahlunterzüge wurden mit Beton vergossen. Die unteren Flansche sowie die Stützen sind mit einer Brandschutzbekleidung versehen. Durch den Fugenverguss der Deckenelemente und einen umlaufenden Randträger wird eine Scheibenwirkung der Decken erreicht. Horizontale Lasten werden so in die massiven Betontreppkerne eingeleitet.



Bild 5: Blick in das Licht durchflutete Atrium (© Petzinka Pink Architekten/Hermann Fahlenbrach)

Die Vorteile dieser Bauweise liegen auf der Hand: die Träger, Stützen und Deckenplatten sind werkseitig vorgefertigt und können in kürzester Zeit und ohne jeglichen Schalungsaufwand verbaut werden. Weiterhin ist das Eigengewicht der Konstruktion kleiner als bei einer herkömmlichen Stahlbetonkonstruktion und lässt daher geringere Querschnitte der Stützen und Träger zu.

Eine besondere Lösung erforderten die beiden „Pflanzplatten“ im 2. und 3. Obergeschoss. Hierbei stellte sich die Aufgabe, zwei Flächen als „hängende Gärten“ über die gesamte Breite des Atrium von 12 m zu spannen. Als Pflanzung waren insbesondere ausgewachsene Bäume vorgesehen. Die Deckenstärke dieser Flächen sollte sich mit 78 cm zudem an den angrenzenden Geschossdecken orientieren. Die beiden Pflanzterrassen wurden als Stahlträgerroste zwischen die Gebäudeteile gehängt. Sie bestehen aus 60 cm hohen Stahlträgern, die ebenfalls im 2,70 m Raster angeordnet sind. Auf den unteren Flanschen wurde eine Filigrandecke aus Stahlbeton eingebaut. Dadurch sind zwischen den Trägern „Tröge“ entstanden, in die die Bäume gepflanzt werden konnten.

Das Atrium wird von einem Glasdach überspannt. Seine Stahlträger, ebenfalls im Raster von 2,70 m angeordnet, werden zusätzlich zur Aussteifung des Gebäudes herangezogen. Diese Aufgabe übernehmen hauptsächlich die beiden Randträger, die als Hohlkastenprofile ausgeführt wurden. Über diese werden die beiden

Gebäuderiegel zusammengekoppelt. Zusätzlich werden an diesen Trägern die beiden Atriumfassaden abgehängt.

Aus Brandschutzgründen erhält das Glasdach automatisch öffnende Elemente zur RWA-Funktion. Der Brandschutz der Stahlkonstruktion wird durch Verkleidung mit Brandschutzplatten erreicht. Als Fluchtweg stehen im Gefahrenfall zwei Ausgänge zur Verfügung, die aus den Treppenkernen in den überdeckten Außenraum führen.

## Fassade

Von besonderer Qualität sind die Fassaden des Bürobaus. Die Konstruktion der Atriumfassade besteht einerseits aus vertikalen Zugstäben, die in die Fassadenprofile aus Aluminium integriert sind, andererseits aus geschossweise angeordneten horizontalen Stahlträgern, die die Windkräfte jeweils in die Decken der Gebäuderiegel einleiten.

Natur und Technik, Holz und Glas bestimmen die Gestaltung. Die Eingangsseite ist durch Transparenz und Leichtigkeit geprägt. Die Fassade der Gebäuderiegel wird komplett von Dreh-Fenster Türen aus Holz gebildet. Im Bereich der Geschossdeckenpakete ist eine Verkleidung aus Aluminium sichtbar. An sämtlichen Außenfassaden des Gebäudes (jedoch nicht an den dem Atrium zugewandten Fassaden) befindet sich vor den Holzfenstern eine zweite Fassadenebene aus geschosshohen Gläsern, die in eine Sattelschiene eingestellt sind. Jedes zweite Glasfeld ist um ca. 15 cm zurückgesetzt, so dass in der Ansicht ein „Schachbrettmuster“

aus vor- und zurückspringenden Gläsern entsteht. Durch diese zweite Fassade wird sowohl ein Witterungsschutz für die Holzfassade erreicht, als auch eine natürliche Be- und Entlüftung aller Bereiche. Die vorgesetzte Fassade setzt sich als Atriumfassade freistehend fort. Die Stützwand, die die Gartenfläche im Untergeschoss umschließt, wird mit senkrecht in Sattelschienen eingestellten Profilgläsern verkleidet.

## Nutzung

Auf allen Geschossebenen vom 1. UG bis zum 7. OG befinden sich flexible Mietflächen, die als Mode-Showrooms (Ebenen -1 und 0) und Büroräume (Ebenen +1 bis +7) genutzt werden können. Die Gebäuderiegel können geschossweise in einzelne Mietflächen unterteilt und/oder über Verbindungsbrücken des Atriums zusammengeschaltet werden. Ferner ist es möglich, die übereinanderliegenden Flächen in den Ebenen 0 und -1 über interne Treppen zu verbinden. Eine äußere Rampe erschließt eine gemeinsame Tiefgarage in den Geschossen -2 bis -4.

Im Innern des Bürobaus setzt sich der Grünraum des Außenbereichs durch die hängenden Gärten des lichtdurchfluteten Atriums fort. Die begrünten Terrassen auf den Ebenen +2 und +3 stehen als Erholungsbereiche allen Nutzern des Gebäudes zur Verfügung und laden mit breiten Holzdecks zum Verweilen ein. Die aufwendige Bepflanzung mit Pinien verbessert nicht nur erheblich das Raumklima, sondern verbreitet auch ein geradezu mediterranes Flair.



Bild 6: Natur und Technik bestimmen die Fassade (© Petzinka Pink Architekten/Hermann Fahlenbrach)

Neben dieser hohen atmosphärischen Qualität und dem durchdachten energetischen Gebäudekonzept – natürliche Be- und Entlüftung, effiziente Tageslichtnutzung sowie Reduktion des Energieverbrauchs – überzeugt vor allem die innovative und kreative Architektur des Bürobaus. Als Materialien finden Stahl, Holz, Glas und Aluminium Anwendung, wobei die Konstruktion der hängenden Gärten in so schlanken Dimensionen nur in Stahl durchführbar war.

Das Gebäude konnte durch den Einsatz industriell vorgefertigter Teile in einer Bauzeit von nur 18 Monaten mit entsprechend geringen Umweltbelastungen realisiert werden.

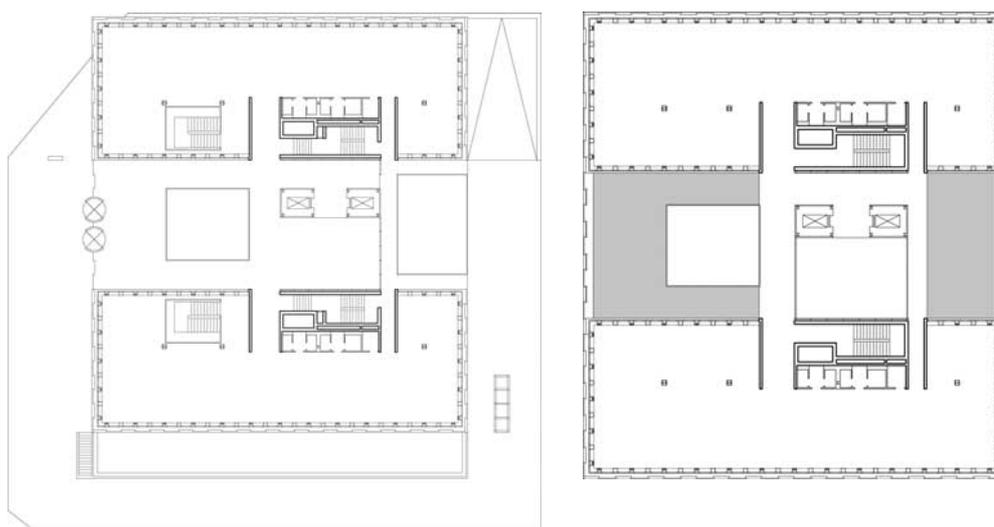


Bild 7a/b: Grundriss EG (links), Grundriss 3. OG (rechts) (© Petzinka Pink Architekten)