

*Best Practice in Europa*

# BÜROGEBÄUDE MIT STAHL

Handbuch für Architekten, Tragwerksplaner & Bauherren



Research Fund  
for Coal & Steel

# Inhalt

Dieses Dokument präsentiert bewährte Lösungen für die Gestaltung von Industriebauten aus Stahl in Form eines „Best-Practice“-Leitfadens und richtet sich an Architekten und andere Entwurfsbeteiligte in der frühen Planungsphase. Es wurde als Teil einer Reihe von drei Dokumenten im Rahmen des RFCS-Projektes Euro-Build in Steel (Projekt n ° RFS2-CT-2007-00029) erstellt. Ziel des Projektes ist, Informationen über bewährte Lösungen im Stahlbau zu präsentieren, und einen Ausblick auf die nächste Generation von Stahlbauten zu gewähren. Die weiteren Dokumente behandeln „Best-Practice“-Lösungen im Industriebau bzw. im Wohnungsbau.

Am Projekt Euro-Build in Steel sind folgende Partner beteiligt:

ArcelorMittal  
Bouwen met Staal  
Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)  
Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)  
Labein Tecnalía  
SBI  
The Steel Construction Institute (SCI)  
Technische Universität Dortmund

Obwohl dafür Sorge getragen wurde, dass alle hierin enthaltenen Daten und Informationen, soweit sie sich auf Tatsachen, anerkannte Praxis oder den Stand der Technik zum Zeitpunkt der Veröffentlichung beziehen, nach bestem Wissen zutreffend sind, übernehmen die Partner im Euro-Build-Projekt und die Gutachter keine Verantwortung für Fehler oder Fehlinterpretationen dieser Daten und/oder Informationen oder Verluste oder Schäden, die aus oder im Zusammenhang mit ihrer Verwendung entstehen.

ISBN 978-1-85942-144-4

© 2008. Technische Universität Dortmund

Dieses Projekt wurde mit finanzieller Unterstützung durch die Europäische Kommission, Research Fund for Coal and Steel, durchgeführt

Titelfoto: Tower Place, Foster and Partners.

## 01 Einleitung



## 02 Entwurfsaspekte



## 03 Deckensysteme



## 04 Spezielle Deckensysteme



## 05 Verbindungen



## 06 Fallstudien



# 01 Einleitung

Der Entwurf von Büro- und Verwaltungsbauten wird von zahlreichen Faktoren, wie zum Beispiel der Forderung nach stützenfreien Grundrissflächen und effizienter Raumnutzung, der Integration des technischen Ausbaus und dem Einfluss der Lage und Erreichbarkeit auf den Bauprozess, stark beeinflusst. Bei innerstädtischen Projekten ist eine kurze Bauzeit essentiell und Lagerflächen stehen nur begrenzt zur Verfügung. Durch den hohen Vorfertigungsgrad von Gebäuden in Stahlbauweise können diese Anforderungen erfüllt werden.

Jüngste Studien zum Kostenvergleich zeigen, dass die Kosten des Tragwerks durchschnittlich nur 10% der Gesamtgebäudekosten betragen, während die Folgen, die die Wahl des Tragwerks auf Fundamente, technischen Ausbau und Fassade hat, oft entscheidend für die Kosten sind. Daher ist „Best-Practice“ im Sinne eines guten Gebäudeentwurfes stets eine Synthese von Fragen der Architektur, des Tragwerks und des technischen Ausbaus sowie der Logistik und Bauausführung. Wird diese Synthese erzielt, dominieren in der Regel weitgespannte Stahlkonstruktionen, die eine systematische Integration des technischen Ausbaus ermöglichen, den Entwurf von Büro- und Verwaltungsgebäuden.

Abbildung 1.1 zeigt ein modernes Geschäftsgebäude in Stahlbauweise, das ein hochqualitatives, flexibles und effizientes Arbeitsumfeld bereitstellt.



Abbildung 1.1 *Modernes Bürogebäude in Stahlbauweise*

# 02 Entwurfsaspekte

**Der Entwurf von Geschäftsgebäuden wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Der folgende allgemeine Leitfaden erläutert die entscheidenden Faktoren für den Entwurf und die Vorteile von Stahl- und Stahlverbundkonstruktionen.**

## Marktsituation

In der Regel haben Projekte in stadtzentraler Lage relative hohe Geschossflächenzahlen (8.000 - 20.000 m<sup>2</sup>) bei einer Höhe von 4-10 Geschossen. Die meisten Gebäude verlangen nach Deckenspannweiten von mehr als 12 m, wobei sich ein Trend in Richtung einer stützenfreien Spannweite von 15-18 m abzeichnet. Die maximale Gebäudehöhe wird oft durch Planungsbehörden bestimmt. Dies führt notwendigerweise zu einer Minimierung der Deckenpakete, zum Beispiel durch das Integrieren von Tragwerk und Versorgungsleitungen in derselben horizontalen Ebene.

Die Nachfrage nach qualitativ hochwertiger Bürofläche ist speziell in Stadtkerngebieten sehr groß. Für Firmensitze von Banken und anderen etablierten Unternehmen wird ein hoher architektonischer und ökologischer Standard gefordert. Der „Wert“ einer Investition ist das Hauptkriterium für die Form und Architektur des Gebäudes. Viele Gebäude sind von gekrümmter oder komplexer architektonischer Gestalt mit hochgradig verglasten Fassaden und Atrien.

Gegenwärtig verläuft der Trend in Richtung einer Entwicklung von „Mischnutzungen“. Dies umfasst die Gestaltung von Geschäfts-, Einzelhandels- und Wohnbereichen in einem einzigen Gebäude bzw. Projekte mit integrierter Wohn-, Arbeits- und Freizeitnutzung. Während tendenziell ein starker Rückgang des Bauens auf der „Grünen Wiese“ (unbebautes Land) oder in Stadtrandzonen (wie z.B. Forschungs- und Technologieparks) zu

verzeichnen ist, wächst auf der anderen Seite zunehmend der Druck, in Stadtkerngebieten zu bauen.

Verbundkonstruktionen sind in einigen europäischen Ländern zur bevorzugten Bauweise für Geschossbauten geworden, siehe Abbildung 2.1. Diese Technologie bietet außerdem Vorteile für die Integration des technischen Ausbaus in weitgespannten Konstruktionen. Die Vorfertigung von Versorgungseinheiten, Aufzügen, Toiletten und Technikräumen ist außerdem in größeren Projekten von Bedeutung.

Langfristige Flexibilität in der Nutzung ist ein wichtiger Aspekt für Kunden und Investoren, da Informationstechnologie- und Gebäudemanagementsysteme in Planung, Entwurf und Ausführung zunehmend an Bedeutung gewinnen.

## Bauablauf

Der Bauablauf sollte gleichzeitig mit der Grundlagenermittlung, d.h. Kostenschätzung, Anforderungen an technischen Ausbau, Fassadengestaltung und Innenausbau berücksichtigt werden. Die Wahl des Tragwerks hat einen gravierenden Einfluss auf den Ablauf und die Kosten. Tragwerkslösungen, die den folgenden Gewerken einen frühen Zugang ermöglichen, begünstigen eine frühe Übergabe an den Investor.

Die schnelle Bauzeit wird als einer der Hauptvorteile der Verwendung von Stahl gesehen.

*Marktsituation*

*Bauablauf*

*Konstruktive Aspekte*

*Entwurfsaspekte*

*Brandschutz*

*Wärmeschutz*

*Lastannahmen*



Abb. 2.1 Verbunddecken schaffen eine sichere Arbeitsplattform während der Montage

## Konstruktive Aspekte

### Standortverhältnisse

In zunehmendem Maße werden Gebäude auf Grundstücken mit schlechten Bodeneigenschaften oder auf vorher bereits bebauten Grundstücken errichtet. In Stadtkerngebieten sind oft Kanäle oder unterirdische Anlagen, wie etwa Tunnel, maßgeblich für die gewählte Lösung.

Bei schlechten Bodeneigenschaften ist eine leichte Bauweise mit geringer Anzahl von Fundamenten anzustreben. Dies erfordert oft größere Spannweiten für die Konstruktion. Eine Stahlkonstruktion ist bis zu 50% leichter als eine äquivalente Lösung in herkömmlicher Bauweise.

Ein enges Grundstück kann die Wahl der Konstruktion beeinflussen, z.B. durch eine beschränkte Größe der zu liefernden und zu errichtenden Elemente. Die Verbundbauweise ist in diesen Fällen oft die bevorzugte Lösung

### Krane

Geschossbauten werden häufig mittels eines Turmdrehkrans errichtet. Die für ein Projekt benötigte Anzahl an Kranen wird beeinflusst durch:

- Die "Abdeckung" der Baustelle – bietet der Kran einen ausreichenden Einzugsbereich der Baustelle, einschließlich der Liefer- und Lagerflächen?
- Die Größe des Projekts – kann mehr als ein Kran effektiv genutzt werden?
- Wirtschaftliche Entscheidungen zu Kosten- und Ablaufvorteilen

Der Baufortschritt wird durch die „Hakenzeit“ beherrscht, das ist die mit der Kranarbeit verbundene Zeit. Eine geringere Anzahl von Bauteilen oder die Verwendung mehrerer Krane reduzieren die Bauzeit. Kleinere innerstädtische Bauteile werden häufig durch einen einzelnen Turmdrehkran bedient, der von allen Gewerken genutzt wird.

Diese konkurrierenden Ansprüche können den Verlauf der Stahlbaumontage verlangsamen. Bei größeren Projekten ist es eine wichtige Voraussetzung, dass die übrigen Gewerke während der Stahlbauphase fortlaufend weiterarbeiten können.

### Baufortschritt

Bei den meisten Geschossbauten kann man als Richtwert von einer Verarbeitungsrate zwischen 20 und 30 Stahlelementen pro Tag ausgehen. Bei einem mittleren Gewicht der einzelnen Bauteile entspricht das näherungsweise 10 bis 12 Tonnen Stahl pro Tag. Vorteilhaft ist die Verwendung von weitgespannten Trägern, da sie die Anzahl der Bauteile um bis zu 25% reduzieren.

### Verbunddecken

Verbunddecken bestehen aus profilierten Stahlblechen, die stapelweise auf die Stahlkonstruktionen abgesetzt und dann von Hand positioniert werden. Unmittelbar nach dem Errichten der Stahlkonstruktion, jedoch vor dem Erstellen der Decken, wird eine Absturzsicherung installiert. Fertiggestellte Decken können als sichere Arbeitsplattform für darauffolgende Stahlbauarbeiten genutzt werden,

siehe Abbildung 2.1. Aus diesem Grund wird häufig die oberste Decke eines Montageabschnitts (üblicherweise bestehend aus drei Geschossen) zuerst betoniert.

### Einsatz von Betonfertigteilen

Der Einbau vorgefertigter Betonelemente kann schwierig werden, wenn diese durch die Stahlkonstruktion eingefädelt werden müssen. Besser ist es, die Elemente geschossweise direkt nach Aufstellung der Stahlkonstruktion zu verlegen. In diesem Fall sollte der Stahlbauunternehmer mit der Lieferung und Verlegung der Betonfertigteile beauftragt werden.

## Entwurfsaspekte

### Lebensdauer

Beim Tragwerksentwurf muss berücksichtigt werden, dass die tragende Struktur eine höhere Lebensdauer hat als andere Gebäudeteile. Die Lebensdauer von betrieblichen Anlagen beträgt ca. 15 Jahre im Vergleich zu 60 Jahren für das Tragwerk. Gebäudehüllen typischer Bürogebäude haben eine Lebensdauer zwischen 30 und 60 Jahren.

Gleichermaßen kann sich die Raumnutzung im Gebäude ändern. Konzepte, die eine maximale Flexibilität in der Anordnung erlauben, werden bevorzugt. Eine Stahlkonstruktion kann künftige Flexibilität und Anpassungsfähigkeit gewährleisten durch:

- Große Spannweiten mit wenigen Innenstützen
- Großzügige Geschosshöhen
- Flexibilität bei der Anordnung des technischen Ausbaus

### Technische Gebäudeausrüstung

Ungeachtet des Trends hin zu höherer Energieeffizienz in Gebäuden und, wenn möglich, zu natürlicher Belüftung, werden die meisten Geschäftsgebäude nach wie vor irgendeine Form von mechanischer Belüftung und Klimatisierung benötigen. Die Bereitstellung solcher Systeme ist von entscheidender Bedeutung, da sie Auswirkungen auf Art und Anordnung der tragenden Bauteile hat.

Die grundlegende Entscheidung, die Gebäudeausrüstung im Tragwerk zu integrieren oder unter der Konstruktion abzuhängen beeinflusst die Wahl der Konstruktion, des Brandschutzes, der Fassadendetails und der Gesamthöhe eines Gebäudes.

Die meist genutzten Systeme sind die Variable-Volumenstrom-Anlage (VVS) und das Ventilator-konvektor-System (FCU). VVS-Systeme werden aufgrund der niedrigeren Betriebskosten oft in Gebäuden mit nur einem Nutzer verbaut. FCU-Systeme werden aufgrund geringerer Investitionskosten oft in Renditeobjekten zum Einsatz gebracht.

Generell ist das Aufhängen von Versorgungsleitungen in einem Bereich von 450 mm unter der Konstruktion möglich. Zusätzliche 150-200 mm sind für Brandschutz, Unterdecke, Beleuchtung und rechnerische Durchbiegungen vorzusehen. Klimageräte (FCU oder VVS-Einheiten) werden zwischen den Stahlträgern angeordnet. Einige Unterbo-

densysteme versorgen die Räume über einen Hohlraumboden.

Die Integration von Versorgungsleitungen wird über Öffnungen in den Stahlträgern bewerkstelligt. Dies können einzelne Öffnungen in Walzprofilen oder auch mehrfache, ggf. unregelmäßig angeordnete, Öffnungen in geschweißten Trägern sein.

Cellformträger werden durch Zusammenschweißen von zwei Teilen eines Walzprofils hergestellt und haben in regelmäßigen Abständen runde Stegöffnungen. Die Ober- und Unterteile können aus unterschiedlichen Querschnitten geschnitten werden und zudem noch aus verschiedenen Stahlsorten bestehen (Hybridquerschnitte). Dies erlaubt sowohl eine effiziente Lösung zur Integration von Versorgungsleitungen als auch eine erhöhte Tragfähigkeit und Steifigkeit. Ovale Öffnungen können auch hergestellt werden, siehe Abbildung 2.2.

Die Slim-Floor-Bauweise ermöglicht die geringste Bauhöhe und gewährleistet hohe Flexibilität in der Anordnung von Versorgungsleitungen, vgl. Abb. 2.3. Ein Beispiel für andere innovative Formen integrierter Deckensysteme ist in Abbildung 2.4 zu sehen. In diesem Projekt sind die Edelstahldecken unverkleidet und dienen der Temperaturregulation durch die thermische Speicherkapazität der Decke. Die Klimaanlage und Lichtsysteme sind integriert und bleiben sichtbar.

Abb. 2.2 Träger mit ovalen Öffnungen und Steifen im Bereich der Öffnung



Abb. 2.3 Freie Anordnung der Versorgungsleitungen bei Decken in Slim-Floor-Bauweise



Abb. 2.4 Edelstahl-Verbunddecken in der Handelskammer Luxemburg



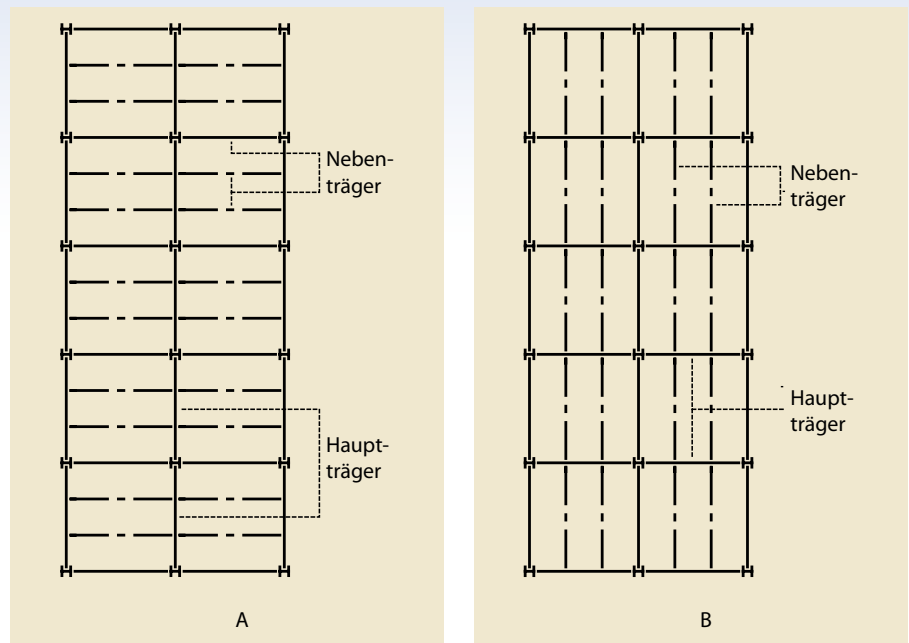


Abb. 2.5 Varianten der Trägeranordnung im Geschossbau

### Dynamisches Verhalten der Decken

Schwingungen der Decken können vereinfacht über die Eigenfrequenz des Deckensystems berücksichtigt werden. Ist diese größer als 4 Hz, wird dies generell als ausreichend befunden. Da diese einfache Regel jedoch ursprünglich für laute Umgebungen entwickelt wurde, ist sie in ruhigeren Bereichen eines Gebäudes, wo Schwingungen eher wahrgenommen werden, oft nicht angebracht.

Ein besserer Ansatz ist die Beurteilung der Schwingungen anhand der Beschleunigung. Hohe Beschleunigungen indizieren dynamische Resonanzen, die vom Nutzer eher wahrgenommen werden. In der Praxis werden Resonanzen reduziert (d.h. Schwingungen sind weniger wahrnehmbar), indem die mitwirkende Masse erhöht wird. Weitgespannte Träger erzeugen generell weniger Schwingungsprobleme als kurze Träger. Dies hängt mit der höheren effektiven Masse größerer Einzugsflächen zusammen, und steht im Gegensatz zur Beurteilung anhand von Eigenfrequenzen allein.

Die Anordnung der Träger spielt eine große Rolle. Lange durchgehende Aneinanderreichungen von Nebenträgern in einer Verbundkonstruktion resultieren oft in geringeren Resonanzfaktoren, da so mehr Masse an der Bewegung beteiligt ist. Abbildung 2.5 zeigt zwei Möglichkeiten der Trägeranordnung. Die dynamischen Resonanzen im Fall (B) sind

weniger wahrnehmbar als im Beispiel (A), da die mitwirkende Masse im ersten Fall höher ist.

Dämpfung reduziert die dynamische Resonanz einer Decke. Deckenschwingungen werden durch Trennwände abgeschwächt, die rechtwinklig zu den am meisten schwingenden Elementen (i.d.R. die Nebenträger) angeordnet werden. Die Berücksichtigung dieses Faktors bei der Bemessung ist jedoch schwierig, da der exakte Effekt der Trennwände nur schwer zu bestimmen ist. Unverkleidete Decken sind sehr schwingungsanfällig, besonders während der Bauphase. Der Ausbau eines Gebäudes kann die Dämpfung um den Faktor 3 erhöhen.

### Brandschutz

Der Brandschutz sollte bei Anordnung und Wahl des Tragwerks einbezogen werden. Folgende Punkte sollten berücksichtigt werden:

- Flucht- und Rettungswege
- Größe der Brandabschnitte
- Zugangsmöglichkeiten für Rettungskräfte
- Vermeidung des Brandüberschlags
- Rauchentwicklung und Evakuierung
- Anordnung von Sprinkleranlagen zur Eindämmung des Feuers
- Passive Brandschutzmaßnahmen

### Feuerwiderstand

Die Tragfähigkeit im Falle eines Feuers unterliegt vorgeschriebenen Standards, die zumeist in Form der Feuerwider-

standsdauer der tragenden Bauteile ausgedrückt werden.

Alternativ können Ingenieurmethoden angewandt werden, die eine ganzheitliche Berechnung des Feuerwiderstands des Gebäudes ermöglichen, und eine natürliche Brandentwicklung, die Gebäudenutzung und aktive Brandschutzmaßnahmen berücksichtigen.

Generell sollte der Tragwerksplaner Folgendes in Betracht ziehen:

- Die Möglichkeit, durch Anwendung von Ingenieurmethoden ungeschützten Stahl zu verwenden
- Systeme, wie zum Beispiel teilweise kammerbetonierte Stützen und Slim-Floor-Träger, die keinen weiteren Brandschutz benötigen
- Einfluss der Anordnung von Versorgungsleitungen auf den Brandschutz und werkseitige Maßnahmen wie Brandschutzbeschichtungen.
- Einfluss von Beschichtungen, die auf der Baustelle aufgebracht werden, auf den Bauablauf
- Das Erscheinungsbild von freilegendem Stahl bei der Wahl eines Brandschutzsystems.
- Tragwerke mit wenigen schwereren Trägern können zu Einsparungen beim Brandschutz führen.



Abb. 2.6 Weitgespannte Deckenträger ermöglichen die flexible Anordnung von Leitungen

## Wärmeschutz

Der Wärmeschutz eines Gebäudes ist traditionell die Aufgabe des Architekten, jedoch muss der Tragwerksplaner in die Entwicklung angemessener Detaillösungen mit einbezogen werden. Zum Beispiel sollte die Unterkonstruktion der Fassade angesprochen werden, und Stahlträger, die die Fassade durchdringen, wie z.B. bei Balkonen, sollten detailliert werden, um Wärmebrücken zu verhindern.

## Lastannahmen

Lastannahmen für Gebäude werden in EN 1991 Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke – behandelt. Richtwerte für Nutzlasten sind in Teil 1-1 aufgeführt, Einwirkungen im Brandfall in Teil 1-2. Schneelasten sind in Teil 1-3, Windlasten in Teil 1-4 und Lastfälle während der Bauphase in Teil 1-6 zu finden.

Nachweise sind im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GdT) und im Grenzzu-

stand der Gebrauchstauglichkeit (GdG) zu führen.

Windlasten werden von der Fassade über die Deckenscheiben zu den Betonkernen geleitet, die gleichzeitig Treppenhäuser und Fahrstühle umschließen. Verbände in den Fassaden oder auch Rahmensysteme können bis zu einer Höhe von sechs Geschossen in Betracht gezogen werden. Weitgespannte Verbundträger werden oft überhöht, um die Durchbiegung der Träger infolge Eigenlasten auszugleichen. Nutzlasten wirken auf den steiferen Verbundquerschnitt. Die Gesamtdurchbiegung setzt sich aus der Durchbiegung aus der Herstellung und derjenigen unter allen Nutzlasten zusammen.

## Eigenlasten

Neben dem Eigengewicht der Geschossdecken und der Stahlkonstruktion sollte stets eine zusätzliche Last von  $0,7 \text{ kN/m}^2$  zur Berücksichtigung von Installations-

böden, abgehängten Decken und technischem Ausbau angesetzt werden.

Tabelle 2.1 zeigt typische Eigenlasten für Geschossbauten.

## Verkehrslasten

Als Verkehrslasten bezeichnet man veränderliche Lasten infolge von Personen, Ausstattung, Möblierung und leichten Trennwänden, sowie Schneelasten auf Dächern.

Die Größe der Verkehrslasten variiert je nach Nutzung der betrachteten Deckenbereiche. So werden beispielsweise verschiedene Werte für Technikräume oder Lagerflächen angenommen.

EN 1991-1-1 gibt Minimalwerte für Verkehrslasten in Abhängigkeit von der Nutzung an. Für Büros beträgt die Verkehrslast üblicherweise  $3 \text{ kN/m}^2$ . Für leichte Trennwände müssen zusätzlich bis zu  $1 \text{ kN/m}^2$  addiert werden. Für Lagerflächen muss ein höherer Wert von  $5 \text{ kN/m}^2$  angesetzt werden.

Tabelle 2.1 Typische Größenordnungen für das Eigenwicht von tragenden Bauteilen

Bauteil	Eigengewicht
Betonfertigteile (6 m Spannweite, bemessen für Nutzlast von $5 \text{ kN/m}^2$ )	3 bis $4,5 \text{ kN/m}^2$
Verbunddecke (Normalbeton, 130 mm Dicke)	2,6 bis $3,2 \text{ kN/m}^2$
Verbunddecke (Leichtbeton, 130 mm Dicke)	2,1 bis $2,5 \text{ kN/m}^2$
Technischer Ausbau	$0,25 \text{ kN/m}^2$
Abhangdecken	$0,1 \text{ kN/m}^2$
Stahlkonstruktion (2 bis 6 Geschosse)	$35 - 50 \text{ kg/m}^2$ ( $0,5 \text{ kN/m}^2$ )
Stahlkonstruktion (7 bis 12 Geschosse)	$40 - 70 \text{ kg/m}^2$ ( $0,7 \text{ kN/m}^2$ )



# 03 Deckensysteme

**Dieser Abschnitt behandelt die gebräuchlichsten Deckensysteme im Geschossbau. Es werden die Merkmale der einzelnen Systeme beschrieben und Hinweise zum Entwurf gegeben.**

Deckensysteme bestehen aus Trägern und Deckenplatten. Die Träger werden auf Stützen aufgelegt, die an den optimalen Stellen für eine möglichst effektive Flächenausnutzung stehen. Stützenfreie Flächen sind in modernen Geschäftsgebäuden zu einer wichtigen Voraussetzung geworden, um eine größtmögliche Flexibilität in der Nutzung zu schaffen. Viele weitgespannte Trägersysteme wurden auf Spannweiten von bis zu 18 m ausgelegt, so dass Innenstützen oft nicht benötigt werden.

Zusätzlich zu Ihrer Funktion, Verkehrslasten zu tragen, wirken Geschossdecken oft als Scheiben, die die horizontalen Kräfte in die vertikalen Verbände oder Kerne ableiten. Ferner müssen die einzelnen Komponenten der Geschossdecke die je nach Gebäudehöhe und Art der Nutzung benötigte Feuerwiderstandsklasse aufweisen.

Versorgungsleitungen können innerhalb der Bauhöhe oder unterhalb der Decken angeordnet werden. Die Deckenplatten können entweder mit einem direkt aufgetragenen Bodenbelag, einem Estrich oder einem Installationsboden für die Anordnung von Kommunikations- und Elektroleitungen ausgestattet sein.

Die folgenden Systeme werden hier vorgestellt:

- Verbundträger mit Verbunddecken
- Slim-Floor-Bauweise (Integrierte Deckenträger)
- Cellformträger in Verbundbauweise (aus Walzprofilen oder als geschweißter Querschnitt)

- Verbundträger mit Betonfertigteilen
- Träger ohne Verbundwirkung mit Decken aus Betonfertigteilen

## Verbundkonstruktionen

Die meisten Systeme im Bereich der Bürogebäude basieren auf den Prinzipien der Verbundbauweise. Verbundmittel in Form von Kopfbolzendübeln werden üblicherweise vor Ort durch das Profilblech auf die Träger geschweißt.

Profilbleche können eine trapezförmige oder hinterschnittene Profilierung haben. Für hinterschnittene Profilbleche wird mehr Beton benötigt als für trapezförmige, jedoch weisen sie bei gleicher Deckenstärke eine höhere Feuerwiderstandsdauer auf. Offene Trapezprofile können größere Spannweiten überbrücken als solche mit hinterschnittener Profilierung, die Tragfähigkeit der Kopfbolzendübel ist jedoch aufgrund des höheren Profils reduziert.

In der Regel wird Normalbeton verwendet. In einigen Ländern ist auch Leichtbeton weit verbreitet und wird effektiv genutzt. Seine Rohdichte beträgt 1700-1950 kg/m<sup>3</sup>, im Vergleich zu Normalbeton, dessen Rohdichte bei 2400 kg/m<sup>3</sup> liegt.

Spannbetonhohlplatten können mit Stahlträgern ohne Ansatz der Verbundwirkung verwendet werden. Alternativ kann eine Verbundwirkung durch Anordnung von Kopfbolzendübeln und Bewehrung in den Hohlräumen der Platten erzielt werden. Bei Filigranplatten aus Stahlbeton wird die Bewehrung oberhalb der Teilfertigteile verlegt und mit Aufbeton vergossen.

*Verbundträger*

*Slim-Floor-Bauweise*

*Cellformträger in Verbundbauweise*

*Weitgespannte Verbundträger*

*Verbundträger mit Betonfertigteilen*

*Additive Systeme mit Betonfertigteilen*

## Verbundträger und Verbunddecken mit Profilblechen

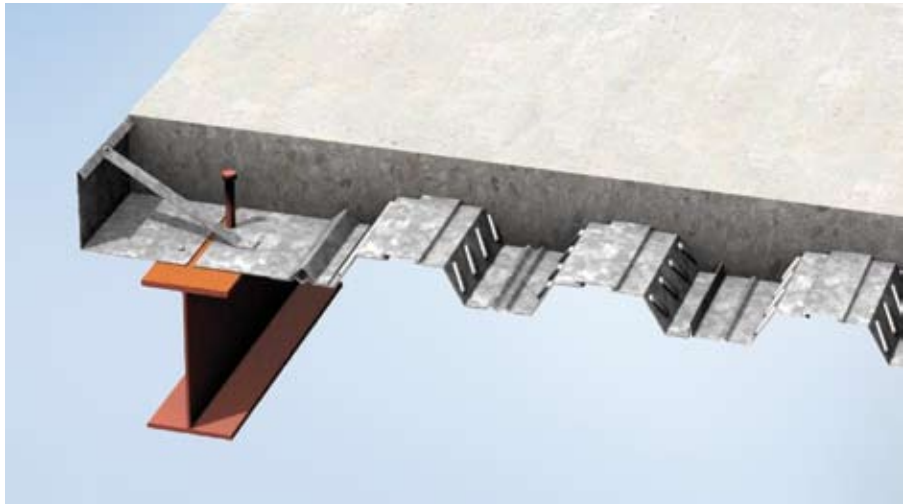


Abb 3.1 Randträger in einer Verbundkonstruktion

### Beschreibung

Verbundkonstruktionen bestehen aus Stahlträgern mit I- oder H-Querschnitt mit aufgeschweißten Kopfbolzendübeln auf dem Obergurt, die eine schubfeste Verbindung mit der Ortbetondeckenplatte bewirken, siehe Abbildung 3.1. Durch das Zusammenwirken von Betondecke und Stahlträger werden Tragfähigkeit und Steifigkeit der Deckenkonstruktion erhöht.

Verbunddecken spannen zwischen den Nebenträger, die wiederum von den Hauptträgern unterstützt werden. Haupt- und Nebenträger können beide als Verbundträger konzipiert sein. Randträger können ohne Verbundwirkung ausgeführt werden, wobei der Vollständigkeit halber oder zum Abtrag von Windlasten auch hier Verbundmittel angeordnet werden können. Ein typisches Beispiel ist in Abbildung 3.2 dargestellt.

Das Profilblech und der Beton der Deckenplatte wirken als Verbundquerschnitt. Zur Erhöhung des Feuerwiderstandes, zur Verteilung konzentrierter Lasten, als Querbewehrung im Bereich der Kopfbolzendübel und zur Reduzierung der Rissbreiten wird Bewehrung in Form von Matten angeordnet.

Normalerweise wird das Profilblech ohne Montageunterstützung eingebaut und trägt das Gewicht des feuchten Betons und die Lasten im Bauzustand als Zweifeldträger ab. Die Verbunddecke wird in der Regel als Einfeldträger zwischen zwei Trägern bemessen.

Vorbemessungssoftware ist unter [www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections), [www.steel-sci.org](http://www.steel-sci.org) und [www.corusconstruction.com](http://www.corusconstruction.com) frei erhältlich.

### Typische Spannweiten

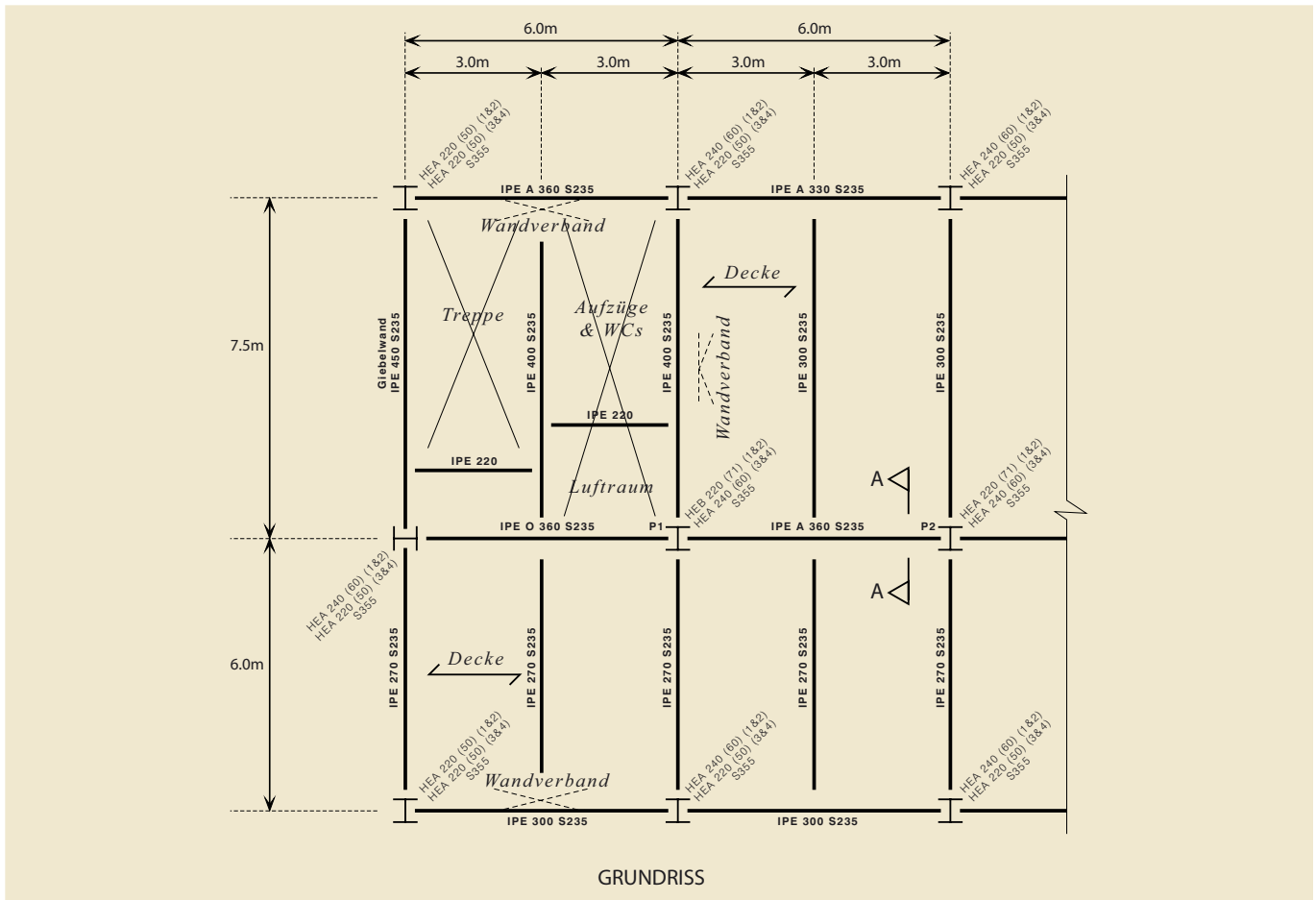
Nebenträger: 6 - 15 m Spannweite und 2,5 m bis 4 m Abstand  
Hauptträger: 6 - 12 m Spannweite

### Hauptentwurfskriterien für die Grundrissgestaltung

Die Nebenträger sollten so positioniert werden, dass die Montage des Profilblechs ohne Abstützung erfolgen kann. Weiter gespannte Träger werden daher meist vorgezogen.

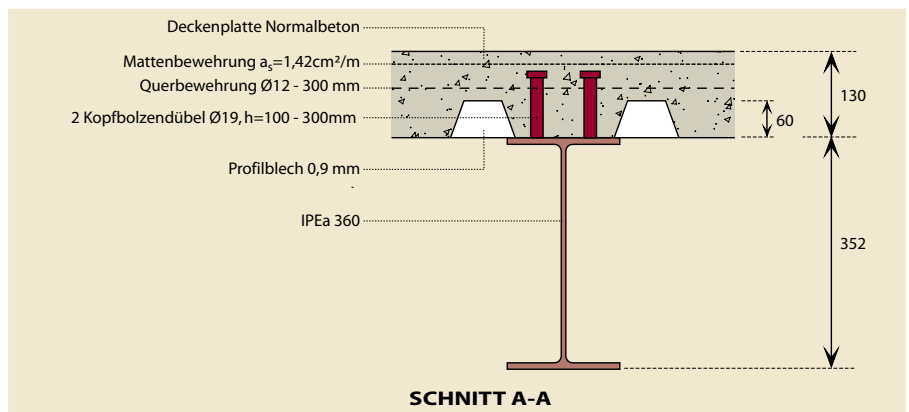
Bei kleinen Querschnitten können Leitungen unter den Trägern geführt werden und beeinflussen so die Höhe des gesamten Deckenpakets. Bei größeren Querschnitten können Öffnungen im Steg angeordnet werden, um Leitungen hindurchzuführen.

Randträger können infolge der Durchbiegung unter Fassadenlasten, insbesondere bei Glasfassaden, mitunter eine größere Höhe als innere Träger benötigen.



GRUNDRISS

Deckenpaket  
 = 150 mm Doppelboden  
 + 130 mm Deckenplatte  
 + 352 mm Träger  
 + 150 mm abgehängte Decke  
 = 782 mm  $\approx$  800 mm



SCHNITT A-A

Abb. 3.2 Typische Verbundträger ~ Mögliche Trägeranordnung in einem 4-geschossigen Gebäude

**Vorteile**

- Kleinere Querschnitte als in Konstruktionen ohne Verbund führen zu geringeren Bauhöhen und reduziertem Gewicht.
- Gute Verfügbarkeit von Walzprofilen.

**Technische Gebäudeausrüstung**

Heizungs- und Lüftungseinheiten können zwischen den Trägern untergebracht werden, Leitungen werden unterhalb der Träger geführt, siehe Abb. 3.3. Einzelne Stegöffnungen mit Größen bis zu 60% der Trägerhöhe können realisiert werden.

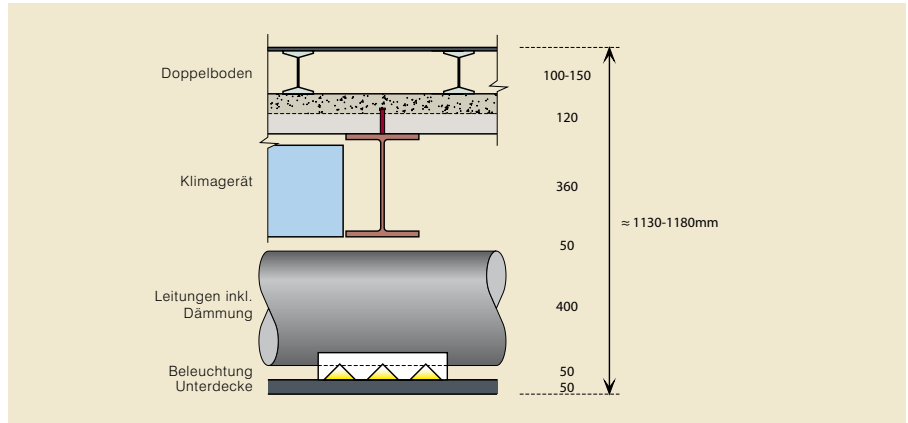


Abb. 3.3 Deckepaket inklusive Installation und abgehängter Decke

#### Entwurfsansatz

- Spannweite der Nebenträger zwischen 5 und 15 m bei einem Abstand von 3 m. Hauptträger überspannen das Zwei- bis Dreifache des Nebenträgerabstandes, d.h. 6 bis 9 m.
- Wahl von Profilblech und Betonplatte mit Hilfe von Bemessungstabellen oder Software der Hersteller. Montageunterstützungen vermeiden. Sicherstellen, dass Deckendicke und Bewehrung den Brandschutzanforderungen genügen.
- Die Spannrichtung der Profilbleche ist bei Haupt- und Nebenträgern unterschiedlich. Anordnung von Kopfbolzendübeln im Abstand von ca. 300 mm (abhängig vom Profilblech) für Nebenträger und im Abstand von 150 mm für Hauptträger.

#### Typische Querschnittsgrößen

Trägerhöhe (Stahlquerschnitt)  $\approx$  Nebenträger L/24 (S235)  
 $\approx$  Hauptträger L/18 (S355)  
 Nebenträger: IPE 300 bei Spannweiten von 7,5 m und 3,75 m Abstand.  
 Hauptträger: IPE 360 bei Spannweiten von 7,5 m und 7,5 m Abstand.

#### Höhe des Deckenpakets

Die Höhe des Deckenpakets beträgt bei einem 9 m Raster i.d.R. 1000 bis 1200 mm, inkl. 150 mm Doppelboden und Leitungen unterhalb der Träger.

#### Art des Betons

Normalbeton (Rohdichte 2400 kg/m<sup>3</sup>) oder Leichtbeton (Rohdichte 1850 kg/m<sup>3</sup>) sind am gebräuchlichsten. Normalbeton wird aufgrund der besseren Schalldämmeigenschaften im Wohnungsbau oder für Krankenhäuser verwendet.

Leichtbeton führt zu geringeren Lasten, ermöglicht größere Spannweiten und hat bessere brandschutztechnische Eigenschaften, die geringere Deckendicken ermöglichen (ca. 10 mm weniger), ist jedoch nicht überall in Europa verfügbar.

#### Betonfestigkeitsklasse

Minimale Festigkeitsklasse C25/30, für stark beanspruchte Oberflächen C35/45.

#### Brandschutz

Träger:  
 Beschichtung: Schichtdicke 1.5 mm für bis zu 90 Minuten Feuerwiderstand, oder  
 Verkleidung: 15 - 25 mm Gipskartonplatten für bis zu 90 Minuten Feuerwiderstand.  
 Stützen: 15 mm Gipskartonplatten für bis zu 60 Minuten, 25 mm für bis zu 90 Minuten Feuerwiderstand.

#### Verbindungen

Gelenkige Verbindungen: Winkelanschlüsse, reduzierte Kopfplatten oder Fahnenblechanschlüsse

## Slim-Floor-Bauweise

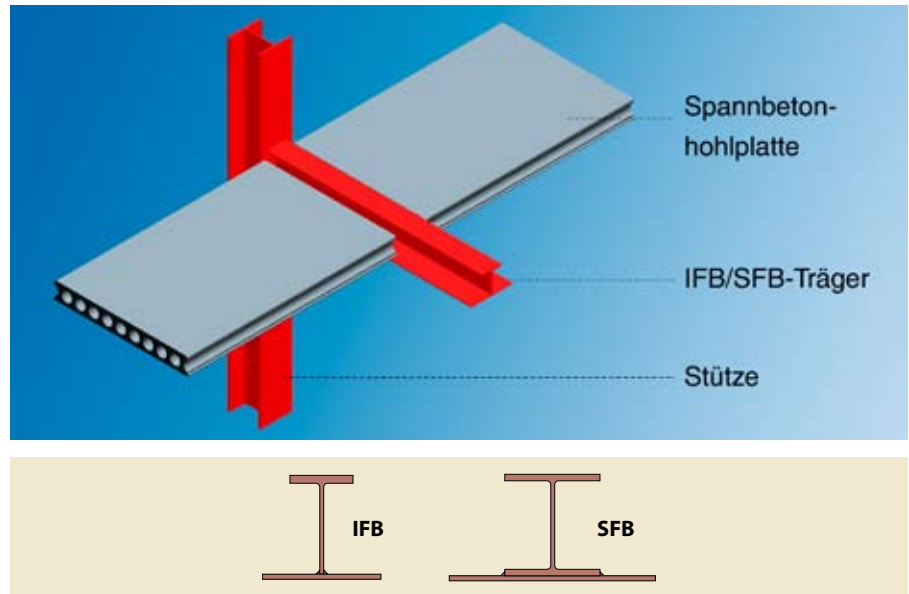


Abb 3.4 Slim-Floor-Decke mit vorgespannten Hohlplatten

### Beschreibung

Die Slim-Floor-Bauweise ist ein Deckensystem mit geringer Bauhöhe, bestehend aus Spannbeton-Hohlplatten und integrierten Stahlträgern. IFB-Träger bestehen aus einem halbierten IPE- oder HE-Profil, an dessen Steg ein Untergurtblech angeschweißt wird. Bei SFB-Trägern wird ein Blech unter den Untergurt eines HE- oder IPE-Profils geschweißt, siehe Abb. 3.4. Dieses Blech krägt zur Aufnahme der Betonfertigteile auf beiden Seiten des Trägers um mindestens 100 mm aus. Um die Betonfertigteile zu einer Deckenscheibe zu verbinden, wird ein bewehrter Aufbeton empfohlen. Wird kein Aufbeton angeordnet, sollten Bewehrungsstäbe durch den Stahlträgersteg verlegt werden, um ein Zusammenwirken der Fertigteile auf beiden Seiten zu gewährleisten.

Mögliche Arten des Lastabtrags:

- ohne Verbundwirkung,
- mit Verbundwirkung - falls der Beton oberhalb der Träger ausreichend dick ist, um Verbundmittel anzuordnen.

Das Deckensystem basiert normalerweise auf einem 5-7,5 m Raster, bei einer Deckendicke von 200-350 mm (siehe Abb. 3.5). Bei Systemen mit integrierten Deckenträgern ist die Deckenspannweite in der Regel größer als die Trägerspannweite. Die Höhe der Stahlprofile variiert zwischen 200 und 350 mm in Abhängigkeit von der Betonüberdeckung (der Obergurt kann bis zur Oberkante der Decke reichen).

Randträger können entweder mit IFB/SFB-Profilen mit modifizierter Geometrie oder mit rechteckigen Hohlprofilen ausgeführt werden. Randträger werden oft ohne Verbundwirkung bemessen und vorhandene Verbundmittel nehmen nur die Scheibenkräfte auf.

Als Alternative zu Betonfertigteilen können Profilbleche mit tiefer Profilierung verwendet werden. Dieses System wird später als *Slimdek* vorgestellt.

Vorbemessungssoftware ist unter [www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections) und [www.corusconstruction.com](http://www.corusconstruction.com) frei erhältlich.

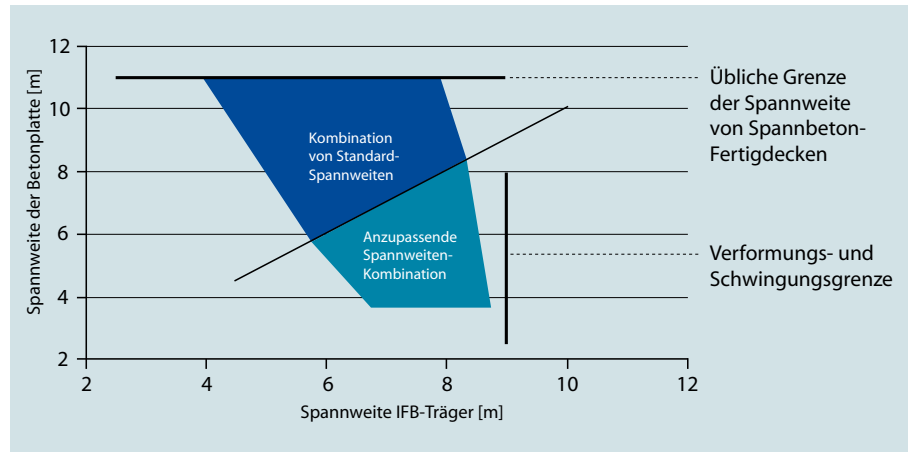


Abb. 3.5 Anwendungsbereiche für integrierte Deckensysteme

#### Typische Trägerspannweiten

Im Regelfall 5-7,5 m, obwohl größere Spannweiten durch Verwendung höherer Träger und Betonfertigteile erreicht werden können. Der sinnvolle Anwendungsbereich ist oben dargestellt.

#### Hauptkriterien für die Grundrissgestaltung

Bei integrierten Trägern, die Decken aus Betonfertigteilen tragen, sollten Effekte aus Torsion im Bau- und Endzustand berücksichtigt werden. Bei Trägern, die nur einseitig durch Deckenplatten belastet werden, ist die kombinierte Beanspruchung aus Biegung und Torsion zu berücksichtigen. Ein zentral angeordneter integrierter Träger kombiniert mit konventionellen Randträgern ist oft die wirtschaftlichere Lösung. Auf der anderen Seite können RHS- oder IFB/SFB-Randträger bei großflächig verglasten Fassaden als Schutzzone eingesetzt werden.

Die Deckendicke wird durch die Dicke des Aufbetons über den Fertigteilen bzw. den Stahlprofilen, die hauptsächlich aus Brandschutzüberlegungen resultiert, beeinflusst.

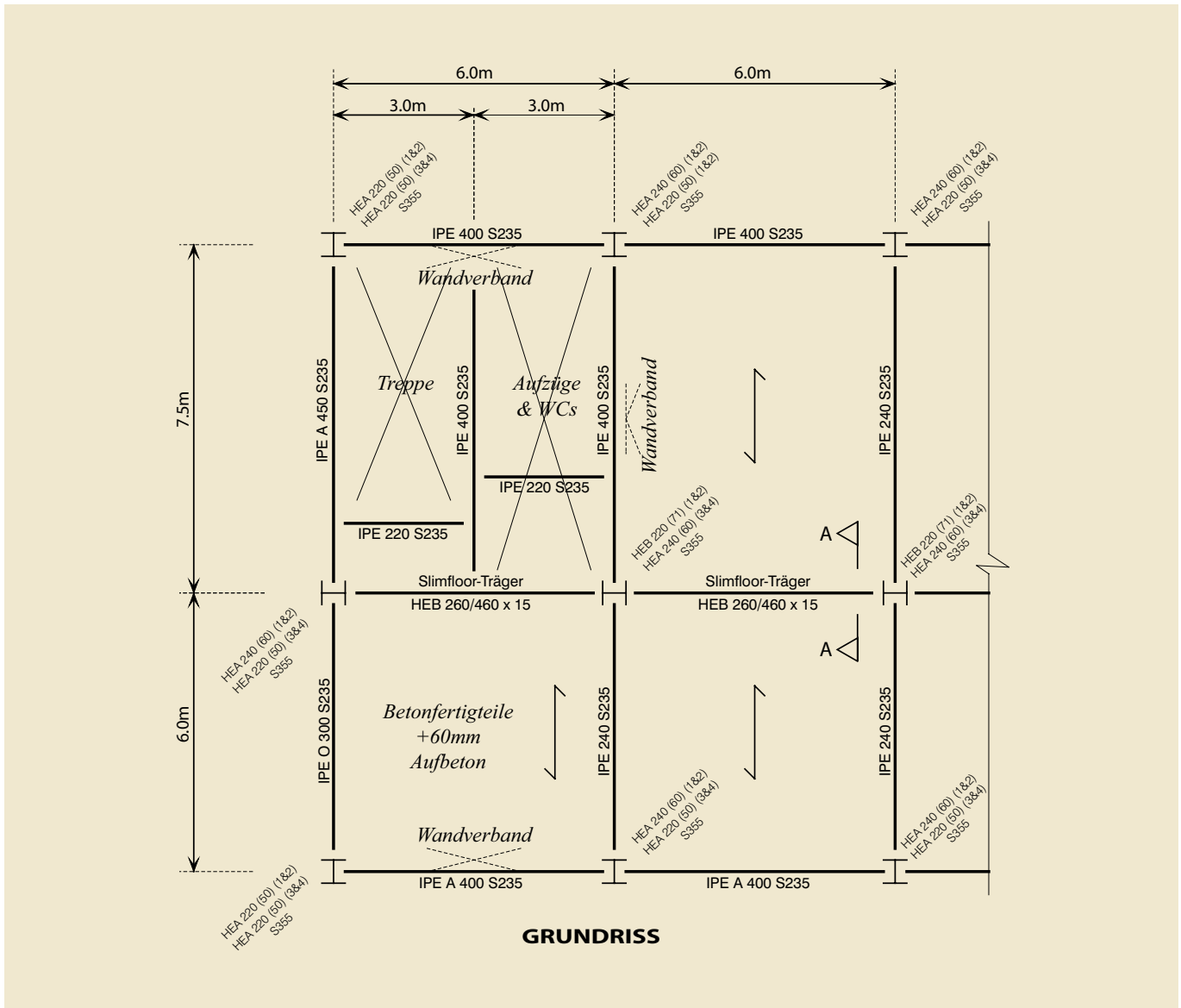
Um Robustheitsanforderungen zu entsprechen, wird im Aufbeton Bewehrung angeordnet. Liegt der obere Flansch der Stahlprofile auf Höhe der Deckenoberkante, sollten die Fertigteile auf beiden Seiten durch Bewehrungsstäbe ( $\varnothing 12$  alle 600 mm), die durch den Steg der Stahlprofile geführt werden, verbunden werden. IFB/SFB-Decken werden in der Regel ohne Verbundwirkung bemessen. Durch angeschweißte Verbundmittel ist jedoch eine Verbundtragwirkung möglich.

Bei Randträgern mit Verbundwirkung sollten im Bereich der Verbundmittel Bügel angeordnet werden, die im Aufbeton oder den Fertigteilen verankert werden.

Bei der Detaillierung der Anschlüsse im Bereich der Stützen muss beachtet werden, dass die IFB/SFB-Träger breiter sind als die Stützen und gegebenenfalls Ausklinkungen notwendig werden.

#### Vorteile

- Träger benötigen i.d.R. bei Anforderungen bis 60 Minuten Feuerwiderstandsdauer keinen zusätzlichen Brandschutz.
- Geringe Bauhöhe führt zu einer niedrigeren Gesamthöhe und kleineren Fassadenflächen.
- Ebene Deckenunterseiten erlauben eine einfache Leitungsführung und die flexible Anordnung nichttragender Wände.
- Nahezu „trockene“ Bauweise mit hohem Vorfertigungsgrad und kurzen Montagezeiten.



Deckenpaket  
 = 150mm Doppelboden  
 + 260mm Fertigteil + Aufbeton  
 + 150mm abgehängte Decke  
 = 560mm ≈ 600mm

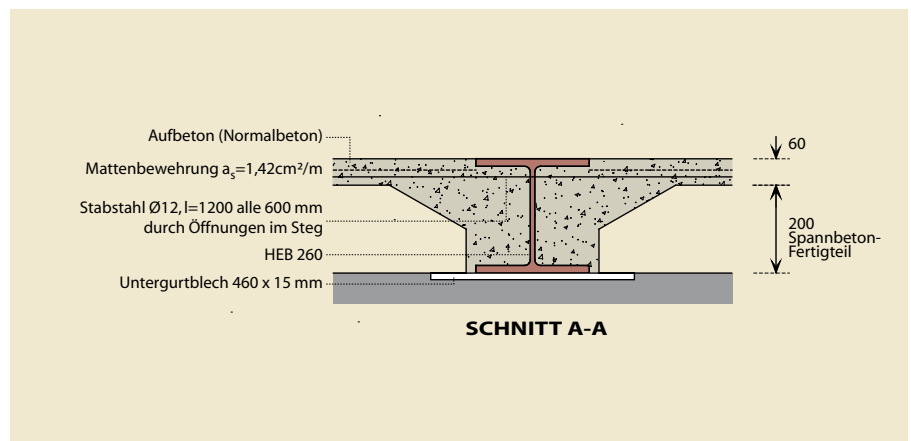


Abb. 3.6 Anordnung von Slim-Floor-Trägern und Fertigteildecken in einem 4-geschossigen Gebäude

<b>Technische Gebäudeausrüstung</b>	Uneingeschränkte Anordnung von Leitungen unterhalb der Decke.
<b>Entwurfsansatz</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wahl eines Rasters von 6 m; 7,5 m oder 9 m. Die Betonfertigteile spannen gewöhnlich über die längere Seite eines rechteckigen Grundrisses.</li> <li>2. Wahl der Betonfertigteile nach Herstellerangaben. Als maximales Verhältnis von Spannweite zu Höhe wird 35 empfohlen, um ausreichende Schubtragfähigkeit zu gewährleisten. Eine Mindestauflagertiefe von 75 mm (ohne Verbund) bzw. 60 mm (mit Verbund) wird empfohlen. Die Enden der Betonfertigteile sind oft abgeschrägt, um genügend Abstand für das Einbringen des Betons zu schaffen.</li> <li>3. Bemessung der IFB/SFB-Träger unter der Verwendung von Software. Träger können mit und ohne Verbundwirkung ausgeführt werden. Bei Ansatz der Verbundtragwirkung werden mindestens 15 mm Betonüberdeckung über den Verbundmitteln benötigt.</li> <li>4. Bemessung der einseitig beanspruchten Randträger mit RHS-, IFB- oder SFB-Querschnitt oder alternativ als konventionelle Deckenträger. Verbundrandträger erfordern Bügel als Querbewehrung.</li> </ol>

**Typische Querschnittsgrößen**

	Trägerspannweite		Deckenspannweite	
		6 m		8 m
5 m	HEA 240		HEB 260	
6 m		HEB 260		HEB 280
8 m		HEB 300		HEB 320

Tabelle 3.1 Typische Querschnittsgrößen von SFB Trägern (zzgl. 15 mm Untergurtblech)

	Trägerspannweite		Deckenspannweite	
		6 m		8 m
5 m		1/2 IPE 500		1/2 HEB 450
6 m		1/2 HEA 450		1/2 HEA 500
8 m		1/2 HEA 600		1/2 HEB 600

Tabelle 3.2 Typische Querschnittsgrößen von IFB Trägern (zzgl. 20 mm Untergurtblech)

Spannbetonhohldielen: 150 mm Deckenstärke bis zu einer Spannweite von 6 m, 200 mm bis zu einer Spannweite von 7,5 m, 260 bis 300 mm für Spannweiten bis zu 9 m. Diese Werte gewährleisten ausreichende Steifigkeit, Biege- und Schubtragfähigkeit.

Weiterhin existieren Varianten der Slim-Floor-Bauweise, bei denen mit Hilfe von Unterspannungen Spannweiten von 9 bis 12 m erreichen werden, siehe Abb. 3.7.



Abb. 3.7 Weitgespannte Variante der Slim-Floor-Bauweise, Handelskammer Luxemburg



<b>Stahlgüte</b>	IFB/SFB-Träger sind in den Stahlgüten S235 bis S460 verfügbar.
<b>Höhe des Deckenpakets</b>	600 mm bei Leitungen mit geringem Platzbedarf (inkl. Doppelboden) 1000 mm bei Anordnung von Luftkanälen mit großem Querschnitt (inkl. Doppelboden)
<b>Brandschutz</b>	Die Betonumhüllung des Trägers gewährleistet normalerweise eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten. Für 90 Minuten Feuerwiderstand wird ein zusätzlicher Brandschutzanstrich benötigt. Eine sorgfältige Detaillierung der Querbewehrung in den Hohlplatten sowie des Vergusses der Hohlräume im Bereich der Stahlträger ist erforderlich, um die Tragfähigkeit im Brandfall zu gewährleisten.
<b>Verbindungen</b>	Integrierte Deckenträger erfordern vollständige Stirnplattenverbindungen, um die auftretenden Torsionskräfte aufzunehmen. Üblich sind Anschlüsse mit 6 oder 8 Schrauben. Bei RHS-Randträgern werden häufig überstehende Stirnplatten verwendet, um den Torsionsswiderstand zu gewährleisten.

## Cellformträger in Verbundbauweise und Verbunddecken



Abb. 3.8 Cellformträger mit runden Stegöffnungen in regelmäßigen Abständen

### Beschreibung

Cellformträger sind Träger mit runden Stegöffnungen in regelmäßigen Abständen. Sie werden entweder aus drei Blechen oder durch Teilen eines warmgewalzten Profils in zwei T-Stücke und anschließendes Verschweißen hergestellt. Die Öffnungen sind in der Regel rund, können aber auch länglich, rechteckig oder sechseckig sein. In Bereichen hoher Schubbeanspruchung können die Öffnungen ausgefüllt oder versteift werden.

Cellformträger können als weitgespannte Haupt- und Nebenträger eingesetzt werden. Als Hauptträger können sie mit Nebenträgern in Form von Cellformträgern oder konventionellen I-Profile kombiniert werden.

Vorbemessungssoftware ist unter [www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections) und [www.westok.co.uk](http://www.westok.co.uk) frei erhältlich.

### Typische Trägerspannweiten

10 bis 18 m für Cellformträger als Nebenträger  
9 bis 12 m für Cellformträger als Hauptträger

### Hauptkriterien für die Grundrissgestaltung

Nebenträger sollten im Abstand von 2,5 bis 4 m angeordnet werden, um Hilfsstützen im Betonierzustand zu vermeiden.

Cellformträger werden seltener als weitgespannte Hauptträger eingesetzt, weil sie aufgrund der hohen Schubkräfte ineffizient sind, es sei denn, die Stegdicke wird erhöht oder die Größe der Öffnungen wird reduziert.

Große (längliche oder rechteckige) Öffnungen sollten nur in Bereichen geringer Schubbeanspruchung angeordnet werden, z. B. im mittleren Drittel der Spannweite.

### Vorteile

- Große Spannweiten mit effizientem Stahleinsatz.
- Relativ leichte Balken im Vergleich zu anderen weitgespannten Systemen
- Integration von Leitungen innerhalb der Bauhöhe führt zu einer Reduzierung der Gesamthöhe.
- Träger können überhöht ausgeführt werden um die sichtbaren Verformungen zu reduzieren.

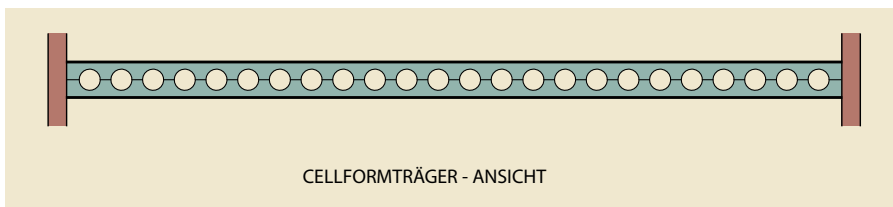
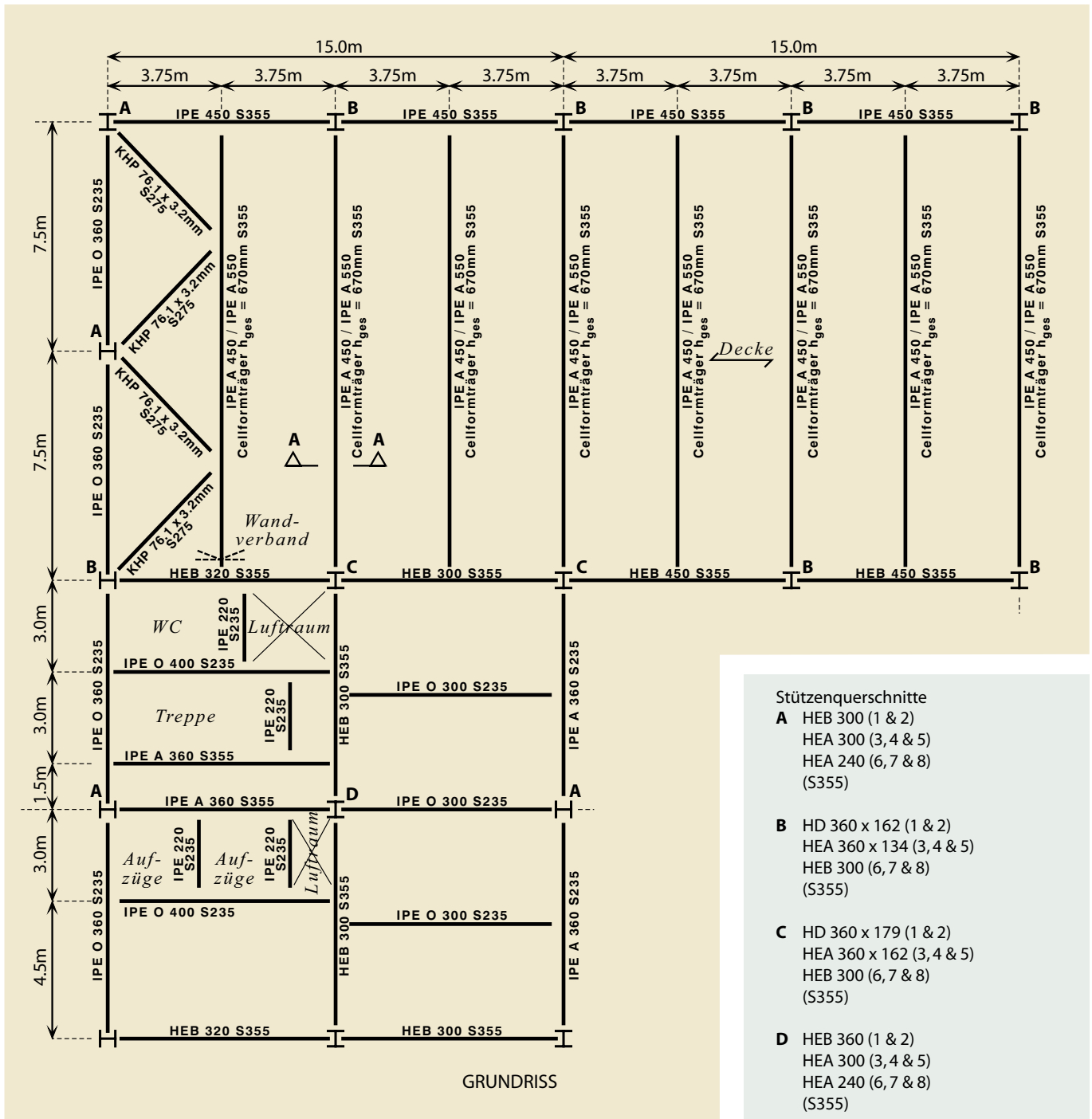


Abb. 3.9 Cellformträger mit runden Stegöffnungen in regelmäßigen Abständen, Beispielhafte Anordnung in einem 8-geschossigen Gebäude.

<b>Technische Gebäudeausrüstung</b>	Regelmäßige Stegöffnungen ermöglichen das Durchführen von Leitungen durch die Träger, siehe Abbildung 3.10. Die Wahl der Öffnungsdurchmesser erfolgt nach Anforderungen aus der TGA und sollte die Dämmung der Leitungen berücksichtigen. Die Stegöffnungen sollten entlang des Gebäudes in einer Flucht ausgerichtet sein, um eine einfache Leitungsführung zu ermöglichen.
<b>Entwurfsansatz</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anordnung von Cellformträgern als weitgespannte Nebenträger im Abstand von 3-4 m bei einem rechteckigen Stützenraster. Hauptträgerabstand beträgt das 2- bis 3-fache des Nebenträgerabstandes.</li> <li>2. Wahl der Verbunddecke nach Herstellerangaben (Tabellen oder Software). Wahl der Deckendicke und Bewehrung nach Brandschutzanforderungen.</li> <li>3. Bemessung der Cellformträger mit Hersteller-Software. Die Öffnungsdurchmesser sollten 60 bis 80% der Trägerhöhe betragen. Längliche Öffnungen können zusätzliche horizontale Steifen erfordern. Größe und Position der Öffnungen sollten mit dem Fachplaner für TGA abgestimmt werden.</li> </ol>
<b>Typische Querschnittsgrößen</b>	Höhe der Cellformträger $\approx$ Spannweite/22, zum Beispiel 700 mm bei einer Spannweite von 15 m.
<b>Stahlgüte</b>	Wegen der hohen lokalen Spannungen rund um die Öffnungen wird S355 bevorzugt.
<b>Höhe des Deckenpakets</b>	1000 bis 1200 mm. Beispiel: 1050 mm bei 15 m Spannweite und 400 mm Öffnungsdurchmesser, vgl. Abbildung 3.10.
<b>Brandschutz</b>	Dämmschichtbildende Beschichtung mit Schichtdicken von 1,5 bis 2 mm, die in der Werkstatt oder vor Ort aufgebracht wird. Zusätzliche Maßnahmen können erforderlich werden, da der Profilmfaktor von Cellformträgern größer als bei entsprechenden I-Profilen ist.

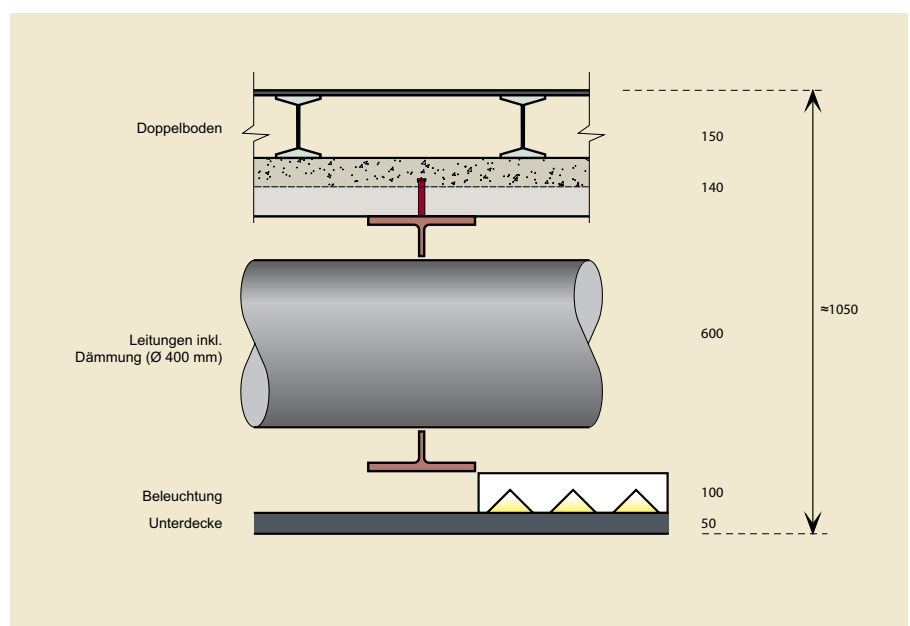


Abb. 3.10 Cellformträger - Integration des technischen Ausbaus

## Weitgespannte Verbundträger mit Stegöffnungen



Abb. 3.11 Cellformträger aus Walzprofilen mit Brandschutzbeschichtung

<b>Beschreibung</b>	<p>Dieses System besteht aus Verbundträgern aus gewalzten oder geschweißten Profilen und einer Betonplatte und ist durch große Spannweiten, i.d.R. 12 bis 18 m, gekennzeichnet. Zwei mögliche Grundrissvarianten sind: Weitgespannte Nebenträger unterstützt durch kurze Hauptträger oder kurze Nebenträger unterstützt durch weitgespannte Hauptträger.</p> <p>Die große Höhe der weitgespannten Träger führt dazu, dass im Steg Leitungsöffnungen angeordnet werden können. Öffnungen können rund, länglich oder rechteckig sein und zwischen 60 und 80% der Trägerhöhe einnehmen. Rund um große Öffnungen können Stegsteifen erforderlich werden.</p>
<b>Typische Trägerspannweiten</b>	<p>Weitgespannte Nebenträger: 9 bis 15 m Spannweite bei 3 bis 4 m Abstand.          Weitgespannte Hauptträger: 9 bis 12 m Spannweite bei 6 bis 9 m Abstand.</p>
<b>Hauptkriterien für die Grundrissgestaltung</b>	<p>Nebenträger sollten im Abstand von 3 bis 4 m angeordnet werden, um Hilfsstützen im Betonierzustand zu vermeiden. Große (längliche oder rechteckige) Öffnungen sollten nur in Bereichen geringer Schubbeanspruchung angeordnet werden, z. B. im mittleren Drittel der Spannweite.</p>
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Große stützenfreie Bereiche durch Maximierung der Trägerspannweite.</li> <li>• Querschnitte können nach Beanspruchung und Anforderung aus der TGA frei gewählt werden.</li> <li>• Reduzierung von Geschosshöhe und Gesamthöhe durch Integration von Leitungen innerhalb der Bauhöhe.</li> </ul>
<b>Technische Gebäudeausrüstung</b>	<p>Serviceleitungen können durch Stegöffnungen geführt werden. Größere Geräte und Kanäle liegen zwischen den Trägern.</p>
<b>Entwurfsansatz</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anordnung von weitgespannten Nebenträgern im Abstand von 3-4 m und Hauptträgern mit Spannweiten von 6-9 m. Alternativ: weitgespannte Hauptträger und Nebenträger mit 6-7,5 m Spannweite.</li> <li>2. Wahl der Verbunddecke nach Herstellerangaben (Tabellen oder Software) unter Berücksichtigung des Brandschutzes.</li> <li>3. Bemessung der Träger mit Hilfe von Software. Festlegung von Größe und Position der Öffnungen unter Berücksichtigung der Dämmung der Leitungen.</li> </ol>
<b>Typische Querschnittsgrößen</b>	<p>Trägerhöhe <math>\approx</math> Spannweite/15 - Spannweite/22 bei einfachsymmetrischen Profilen</p>

<b>Stahlgüte</b>	S275 falls Durchbiegung maßgebend wird, S355 für Träger mit großen Öffnungen
<b>Höhe des Deckenpakets</b>	1000 mm bei 13.5 m Spannweite (mit 350 mm Stegöffnungen). 1100 mm bei 15 m Spannweite (mit 400 mm Stegöffnungen).
<b>Brandschutz</b>	Verkleidung oder dämmschichtbildende Beschichtungen. Dämmschichtbildner können bis zu 1,8 mm Dicke in einer Schicht aufgebracht werden und gewährleisten bis zu 90 Minuten Feuerwiderstand.

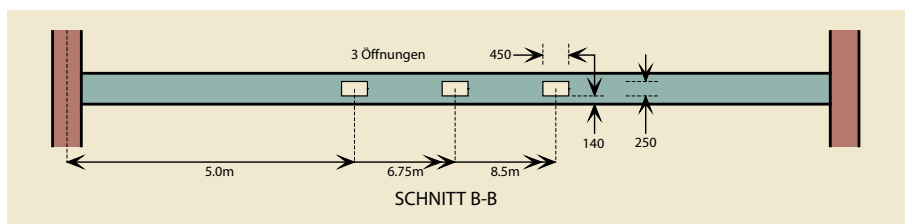
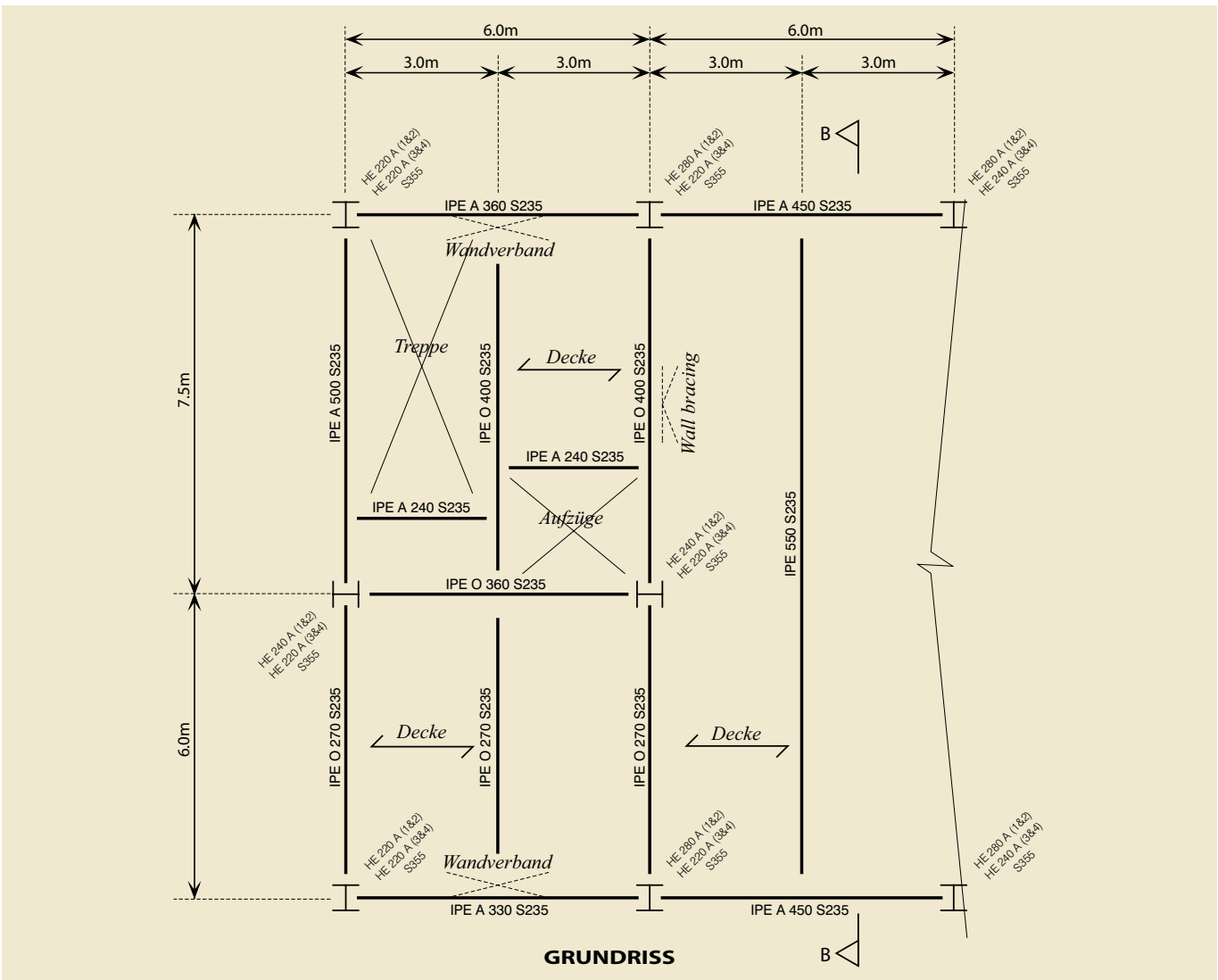


Abb. 3.12 Weitgespannte Verbundträger mit rechteckigen Stegöffnungen

## Verbundträger aus Betonfertigteilen



Abb. 3.13 Verbundkonstruktion aus vorgespannten Hohlplatten und Cellformträgern

### Beschreibung

Dieses System besteht aus Stahlträgern mit auf dem Obergurt aufgeschweißten Kopfbolzendübeln. Auf den Trägern liegen Betonfertigteile, die durch einen Vergussbeton im Bereich der Stahlträger und in der Regel mit einem zusätzlichen Aufbeton für die Fertigteile (empfohlen) verbunden sind. Die vorgefertigten Elemente sind entweder Hohlplatten, in der Regel mit Dicken von 150 bis 260 mm, oder Vollplatten mit 40 bis 100 mm Dicke. Die Breite der Flansche ist so zu wählen, dass ausreichende Auflagertiefen der Fertigteile und wirksame Krafteinleitung der Kopfbolzendübel gewährleistet sind.

Dickere Betonfertigteile sind entweder abgeschrägt oder ausgeklinkt, um mehr Raum für den Vergussbeton zu schaffen, damit dieser die Kopfbolzendübel voll umschließt. Schmale Einkerbungen in den Elementen ermöglichen die Anordnung von Querbewehrung über den Trägern und deren kraftschlüssige Verbindung mit den Fertigteilen. Daher beträgt die minimale Breite des oberen Flansch zwischen 180 und 210 mm.

Vorbemessungssoftware ist unter [www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections) frei erhältlich.

### Typische Trägerspannweiten

10-18 m Spannweite bei 3-9 m Spannweite der Betonfertigteile, je nach Dicke und Form. Spannbetonhohlplatten überspannen größere Längen als vorgefertigte Vollplatten.

**Hauptkriterien für die Grundrissgestaltung**

Vorgespannte Hohlplatten überspannen in der Regel 6 bis 9 m, Vollplatten als Fertigteile 3 bis 4 m. Die Träger müssen eine ausreichende Breite zur Unterstützung der Betonfertigteile aufweisen (siehe unten).

Randträger wirken i.d.R. nicht als Verbundträger, sind aber kraftschlüssig mit der Betonplatte verbunden, um Robustheitsanforderungen zu erfüllen. Für eine Verbundtragwirkung sind Bügel im Bereich der Kopfbolzendübel erforderlich.

Die Träger werden für Torsionsbeanspruchung im Bauzustand bemessen, dabei wird davon ausgegangen, dass die Fertigteile nur einseitig aufgelegt sind. Dies kann maßgebend für das erforderliche Profil sein.

Um ein Versagen durch Biegedrillknicken während der Bauphase – insbesondere unter einseitiger Belastung – zu verhindern, können temporäre seitliche Abstützungen erforderlich sein.

**Vorteile**

- Weniger Nebenträger durch Verwendung weitgespannter Fertigteile.
- Durch Aufschweißen der Dübel in der Werkstatt können grössere Dübeldurchmesser verwendet werden und der Schweißaufwand auf der Baustelle wird reduziert.

**Technische Gebäudeausrüstung**

Hauptleitungen befinden sich unter den Trägern und größere Geräte, wie z.B. Klimaanlage, dazwischen.

**Entwurfsansatz**

1. Stützenraster von 6, 7,5 oder 9 m bei Trägerspannweiten bis zu 18 m.
2. Wahl der Betonfertigteile nach Herstellerangaben. Feuerwiderstand beachten.
3. Wahl des Stahlprofils unter Berücksichtigung der Lagertiefen und der Verbundmittel.

System	Minimale Trägerbreite
40-100 mm dicke Vollplatte	Innerer Träger - 180 mm Randträger - 210 mm
150-250 mm hohe Spannbetonhohlplatte	Innerer Träger - 180 mm Randträger - 210 mm
Träger ohne Verbund	Randträger - 120 mm (Minimum)

4. Bemessung der Verbundträger unter Berücksichtigung des Verdübelungsgrades. Typische Bewehrungsdetails sind Abbildung 3.14 dargestellt.
5. Bemessung des Randträgers ohne Verbundwirkung.

**Typische Querschnittsgrößen**

Typische Querschnitte sind IPE 450 bis IPE 800 für die Verwendung mit Fertigteilen mit abgeschrägten Enden und aufgeschweißten Kopfbolzendübeln. HE-Querschnitte können ebenfalls verwendet werden.

Spannbetonhohlplatte	Spannweite (m)	Nutzlast (kN/m <sup>2</sup> )
150 mm	6	3,5
200 mm	7,5	3,5
250 mm	9	5,0

*Tabelle 3.3 Typische Spannweiten von Betonfertigteilelementen*

**Stahlgüte**

S235 bis S460, je nachdem ob Verformungen maßgebend werden.



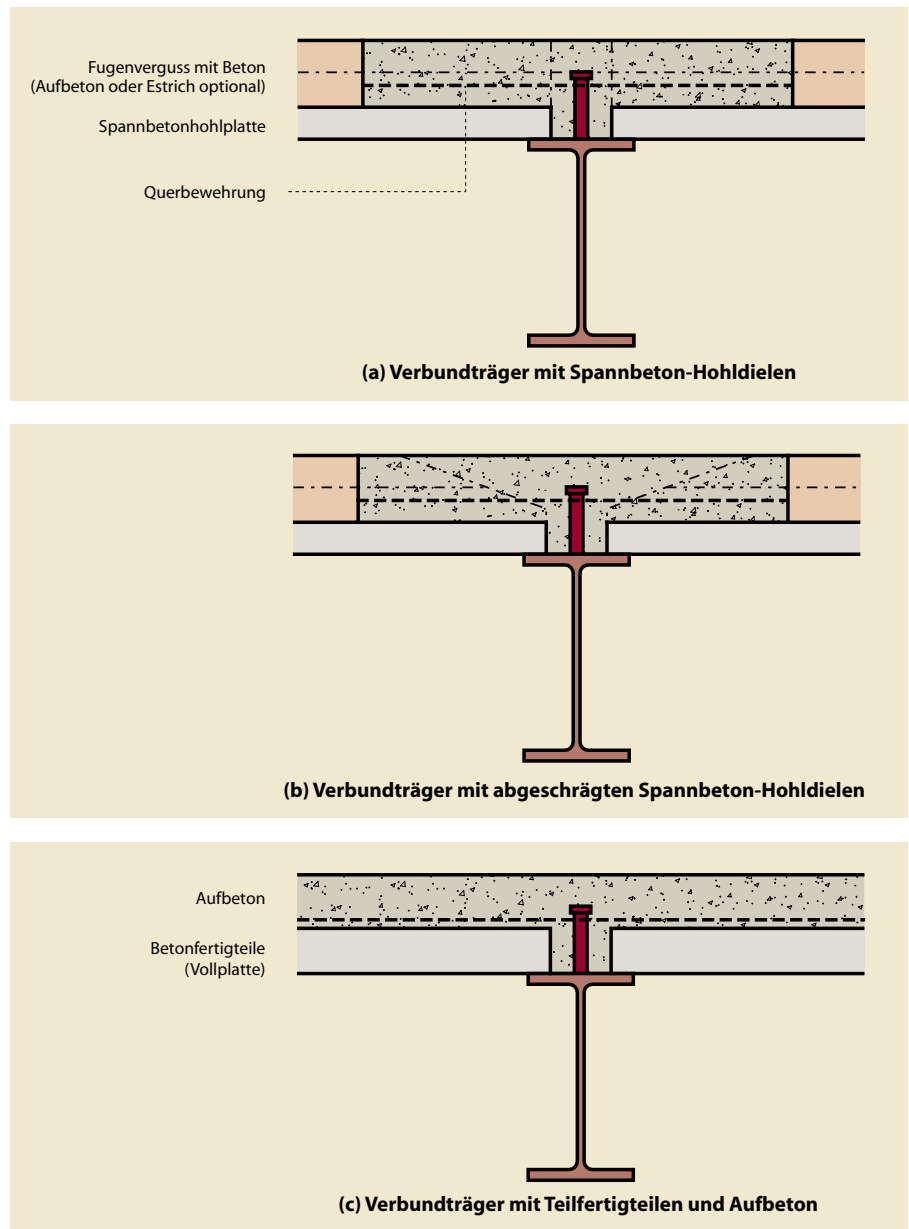


Abb. 3.14 Verbundträger mit Fertigteilen  
- Ausführungsvarianten

<b>Höhe des Deckenpakets</b>	900 mm inkl. Träger und Betonplatte bei einer Spannweite von 9 m zzgl. der Zone für Leitungen unter dem Träger.
<b>Brandschutz</b>	Bekleidung mit Gipskartonplatten oder dämmschichtbildende Beschichtung.  Für den Brandfall muss Querbewehrung angeordnet und auf mindestens 600 mm Länge in den angrenzenden Elementen verankert werden (siehe Abbildung 3.14). Für 90 bzw. 120 Minuten Feuerwiderstandsdauer wird zudem ein 50 mm (Minimum) dicker Aufbeton erforderlich.
<b>Verbindungen</b>	Stirnplattenverbindungen zum Abtrag der Torsionskräfte.

## Deckensystem mit Betonfertigteilen ohne Verbundwirkung



Abb. 3.17 Betonfertigteile auf Stahlträgern ohne Verbundwirkung

### Beschreibung

Vorgefertigte Betonplatten können auf dem Obergurt des Stahlträgers oder auf Konsolen aus Winkelprofilen befestigt werden. Die Winkel werden mit dem Trägersteg verschraubt oder verschweißt, so dass der abstehende Schenkel ein Auflager für die Betonfertigteile bildet und eine einfache Positionierung ermöglicht. Die Elemente können mit einem Estrich oder einem tragenden Aufbeton versehen werden, alternativ kann ein Doppelboden angeordnet werden. Als Fertigteile kommen vorgespannte Hohldielen oder Vollplatten mit 75 bis 100 mm Dicke zum Einsatz.

Vorbemessungssoftware ist unter [www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections) frei erhältlich.

### Typische Trägerspannweiten

6 und 7.5 m Spannweite sind übliche Werte für Träger und Betonplatte. Bei Verwendung von schlaff bewehrten Vollplatten ist die Deckenspannweite geringer.

### Hauptkriterien für die Grundrissgestaltung

Montagelastfälle (Fertigteile nur einseitig vorhanden) müssen in Betracht gezogen werden.

Um ein Versagen durch Biegedrillknicken während der Bauphase – insbesondere unter einseitiger Belastung – zu verhindern, können temporäre seitliche Abstützungen erforderlich sein.

Im Endzustand einseitig beanspruchte Träger sollten wenn möglich vermieden werden oder unter Berücksichtigung des Torsionsmoments bemessen werden.

### Vorteile

„Trockene“ Bauweise. Falls die Trägerhöhe nicht entwurfskritisch ist sehr vorteilhaft.

### Technische Gebäudeausrüstung

Hauptleitungen befinden sich unter den Trägern und größere Geräte, wie z.B. Klimaanlage, dazwischen.

<b>Entwurfsansatz</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stützenraster von 6 oder 7,5 m mit Fertigteildicken von 150 mm für 6 m Spannweite und 200 mm für 7,5 m Spannweite.</li> <li>2. Wahl der Betonfertigteile nach Herstellerangaben. Feuerwiderstand beachten.</li> <li>3. Bemessung der Stahlträger mittels Software oder durch einfache Handrechnung. Berücksichtigung der Torsionseffekte im Montagezustand.</li> <li>4. Überprüfen der Notwendigkeit für seitliche Abstützungen im Montagezustand.</li> </ol>
<b>Typische Querschnittsgrößen</b>	<p>Trägerhöhe <math>\approx</math> Spannweite/15.</p> <p>Liegen die Fertigteile auf dem Stahlträgerobergurt, beträgt die Mindestflanschbreite 180 mm, um eine Mindestlagertiefe sowie einen Abstand von 30 mm zwischen den Elementen zu gewährleisten. Das kleinste mögliche Trägerprofil ist daher ein IPE 400.</p> <p>Werden Winkel angeordnet, ist ein Abstand von 25 mm zwischen dem Ende des Fertigteils und dem Trägerflansch vorzusehen, siehe Abbildung 3.19. Die Winkel sollten mindestens 50 mm über die Flanschbreite überstehen.</p>
<b>Stahlgüte</b>	S235 bis S460, je nachdem ob Verformungen maßgebend werden.
<b>Höhe des Deckenpakets</b>	Bei einem Stützenraster von 7,5 m beträgt die Höhe des Deckenpakets ca. 800 mm, einschließlich einer abgehängten Decke.

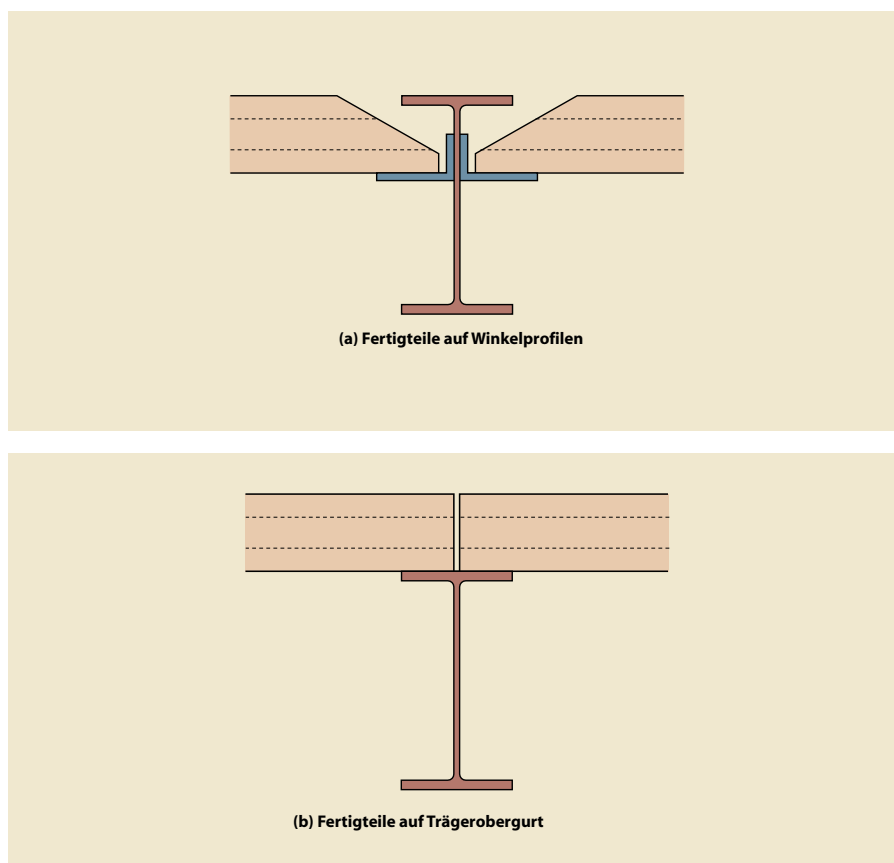


Abb. 3.18 Deckenkonstruktion mit Betonfertigteilen und Stahlträgern ohne Verbundwirkung

**Brandschutz**

Schutz der Stahlträger durch Spritzputz, Bekleidung oder dämmschichtbildende Beschichtung. Winkel können durch Drehen 30 Minuten Feuerwiderstand erreichen, da der obere Schenkel im Brandfall im relativ kühleren Bereich verbleibt.

**Verbindungen**

Um die Torsionskräfte im Bauzustand aufzunehmen, sind angeschweißte Stirnplatten mit voller Höhe erforderlich.

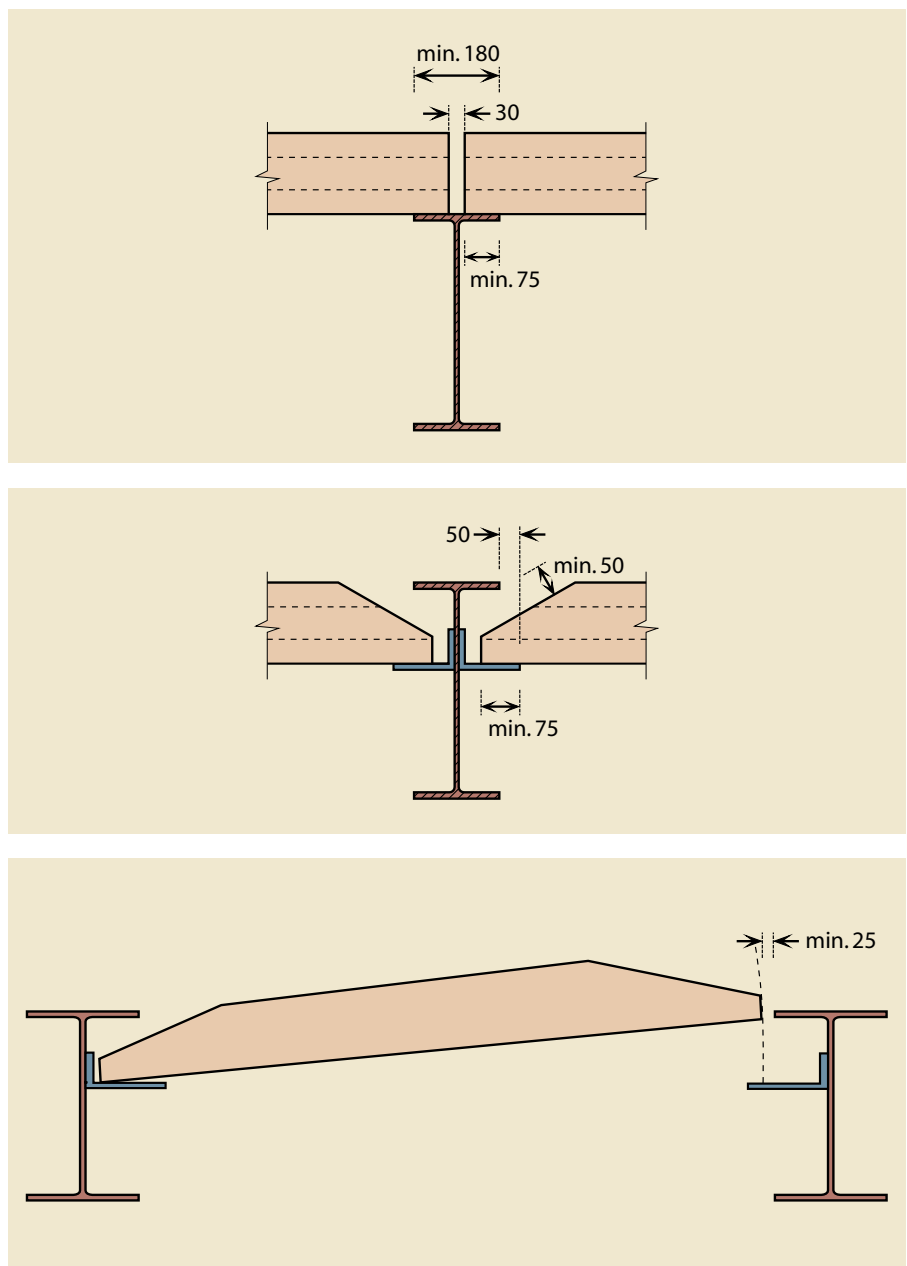


Abb. 3.19 Anforderungen an die Auflagerbreiten und Abstände von Fertigteilen

# 04 Spezielle Deckensysteme

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über den Einsatz von speziellen Deckensystemen, die von einzelnen Herstellern spezifisch entwickelt wurden und einen großen Marktanteil in den unterschiedlichen Bausektoren sowie den einzelnen europäischen Ländern haben.

Diese Deckensysteme sind:

- *Cofradal*
- *Hoesch Additiv Decke*®
- *Slimline*
- *Slimdek*

Eine Reihe von Querschnitten aus Stahl wurde für den Einsatz in Verbundkonstruktion und für integrierte (Slim-Floor) Träger, die in Abschnitt 3 ausführlich beschrieben wurden, entwickelt. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um eine allgemeine Gattung von Profilen, die von einer Reihe von Herstellern verfügbar sind.

Die Hersteller der speziellen Deckensysteme stellen häufig ausführliche Informationen und Bemessungssoftware für ihre Produkte zur Verfügung.

*Cofradal 200*

*Hoesch Additiv Decke*®

*Slimline*

*Slimdek*

## Cofradal 200

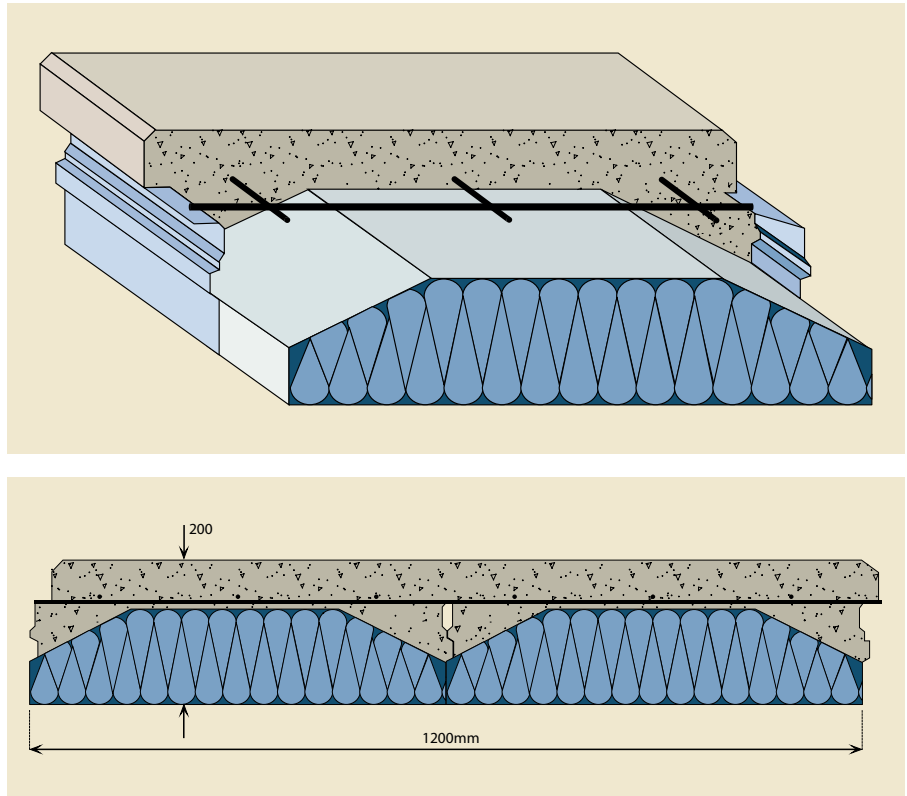


Abb. 4.1 Ansicht und Querschnitt eines Cofradal-Elements

### Beschreibung

Cofradal 200 ist ein innovatives Deckensystem mit vorgefertigten Betonelementen, das sich für leichte Industrie- und Bürogebäude, aber auch für Wohngebäude eignet. Die Elemente sind 600 mm breit und die Deckendicke beträgt in der Regel 200 mm.

Das System besteht aus Stahl/Beton-Verbundelementen, die fabrikmäßig vorgefertigt werden. Die Elemente bestehen aus Stahlprofilblechen, Mineralwolle und Stahlbetonplatte. Es wird nur eine geringe Menge an Ortbeton zum Fugenverguss und für eine dünne Aufbetonschicht benötigt. Hilfsunterstützungen während der Montage sind nicht notwendig.

Cofradal 200 basiert auf der Verwendung von verzinkten Stahlprofilblechen, die mit Mineralwolle gefüllt sind. Die Mineralwolle sorgt, falls erforderlich, für Wärme- und Schalldämmung zwischen den Geschossen und eine Feuerwiderstandsdauer von bis zu 120 Minuten.

Die Profilbleche wirken als untere Bewehrung der Verbunddecke. Eine spezielle Profilierung an den Längskanten sorgt für gute Passung und Schubübertragung zwischen zwei benachbarten Elementen. Die Mineralwolle mit hoher Dichte bildet eine wirksame Schalung für den Beton. In die Betonlage wird Bewehrung in Form von Matten eingelegt, siehe Abbildung 4.1.



Abb. 4.2 Anlieferung auf der Baustelle

#### Hauptentwurfskriterien

Normalbeton C25/30 mit Bewehrung, die an die Profilbleche angeschweißt ist. Dies ermöglicht die Verbindung zwischen Stahl und Beton und somit eine gute Verbundtragwirkung.

Die Bauhöhe beträgt 200 mm und das Gewicht der Elemente liegt bei 2 kN/m<sup>2</sup>. Die Standardbreite beträgt 600 mm, Elemente mit einer Breite von 1200 mm sind jedoch auch verfügbar. Das Gesamtgewicht liegt zwischen der Hälfte und einem Drittel des Gewichts einer gleichwertigen Stahlbetonplatte.

Das System kann auch für Bodenplatten verwendet werden, vorausgesetzt, dass eine wirksame Luftzirkulation möglich ist und Feuchtigkeit unter der Tafel vermieden wird.

Die Tragfähigkeit des Systems ist ausreichend für Nutzlasten von 3 kN/m<sup>2</sup> bei einer Spannweite von 7,5 m oder von 8 kN/m<sup>2</sup> bei 2,5 m Spannweite. Bemessungsrelevant ist dabei die Tragfähigkeit im Brandfall.

Das Schalldämm-Maß dieses Systems liegt bei:

$R_w = 58$  dB,  $L_{n,w} = 78$  dB für die Cofradal Platte allein und

$R_w = 64$  dB,  $L_{n,w} = 66$  dB für die Platte mit einer abgehängten Decke.

#### Vorteile

- Im Wesentlichen ein "trockenes" Baustem mit hohem Vorfertigungsgrad
- Große Deckenspannweiten, konkurrenzfähig im Vergleich zu vorgespannten Hohlplatten.
- Ausgezeichnete akustische Isolierung.
- Leichtbau-System im Vergleich zu Stahlbetonlösung.



Abb. 4.3 Ansicht einer Cofradal-Decke vor dem Betonieren



Abb. 4.4 Untersicht einer fertiggestellten Cofradal-Decke. Eine Abhangdecke dient der Leitungsführung.



## Hoesch Additiv Decke®

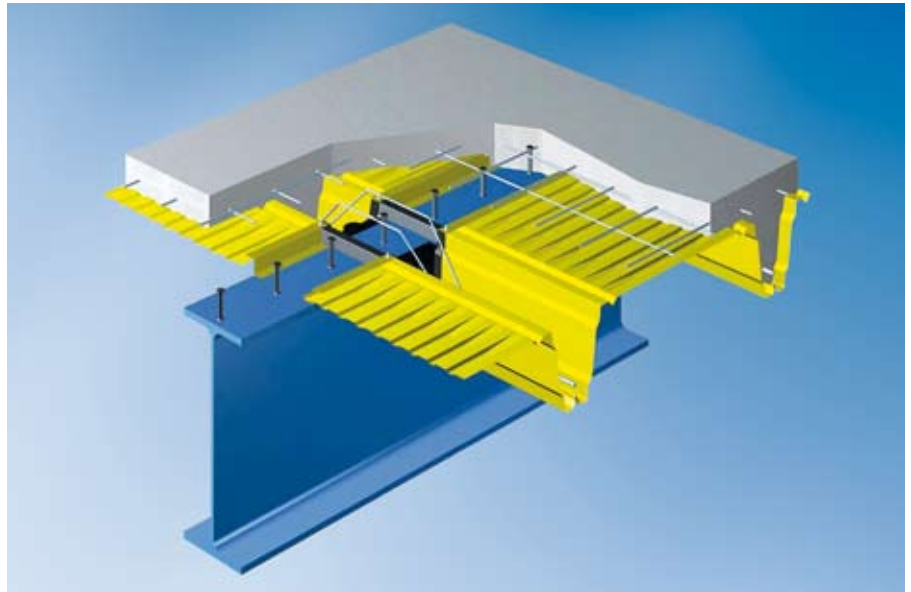


Abb. 4.5 Prinzipdetails der Hoesch Additiv Decke®

### Beschreibung

Die Hoesch Additiv Decke® ist ein Deckensystem, das häufig für Parkhäuser und in letzter Zeit auch für gewerblich genutzte Geschossbauten zum Einsatz kommt. Das System besteht aus 200 mm hohen Stahlprofilblechen, Stabstahlbewehrung und einer Deckschicht aus Beton.

Das Profilblech wird zwischen den Flanschen der Träger angeordnet, so dass die Bauhöhe deutlich reduziert wird. Die Profilbleche werden auf speziellen Stahlknaggen, die auf den Trägerflansch aufgeschweißt sind, gelagert und mit Setzbolzen befestigt.

Für die Haupt- und gegebenenfalls für die Nebenträger können unterschiedliche Arten von Profilen gewählt werden, z.B. warmgewalzte I-Querschnitte oder Cellformträger. Durch die Absenkung der Profilbleche zwischen die Träger kann die volle Betonplattendicke für die Verbundtragwirkung genutzt werden.

Die Profilbleche und die Betonrippendecke wirken nicht als Verbundquerschnitt. Der Träger selbst kann als Verbundträger bemessen werden, in diesem Fall sind Kopfbolzendübel auf dem Obergurt des I-Profils anzuordnen, siehe Abbildung 4.5. Da die Obergurte der Stahlträger nicht durch die Profilbleche überdeckt werden, ist eine problemlose Anordnung der Kopfbolzendübel möglich.

### Hauptentwurfskriterien für die Grundrissgestaltung

Die maximale Spannweite der Profilbleche ohne Hilfsunterstützung im Bauzustand beträgt 5,5 m, so dass sich ein maximales Trägerraster von 5,8 m ergibt. Für Deckenspannweiten bis zu 7 m sollte das Betonieren in zwei Abschnitten erfolgen um Hilfsunterstützungen zu vermeiden. Die Dicke der Gurtplatte der Rippendecke muss mindestens 80 mm betragen und ist abhängig von der erforderlichen Dicke für die Verbundtragwirkung des Trägers. Das Deckenraster basiert in der Regel auf dem Abstand der Betonrippen, welcher 750 mm beträgt.

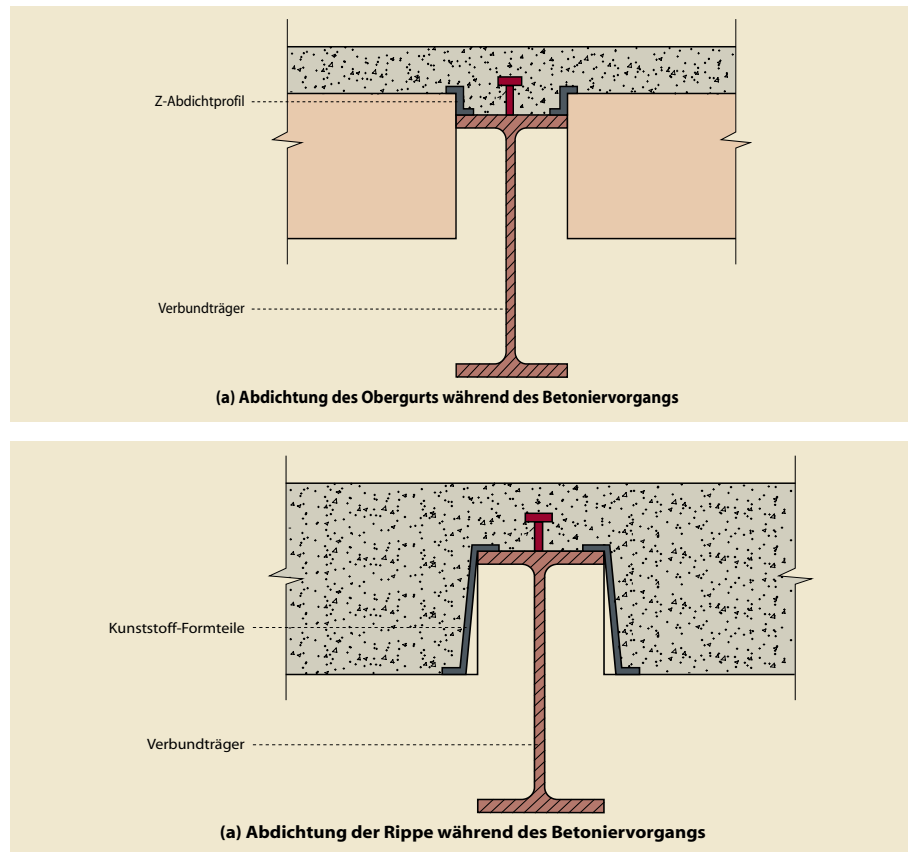


Abb. 4.6 Ausgewählte Details der Hoesch Additiv Decke®

#### Vorteile

- Freie Stützweiten im Betonierzustand bis ca. 5,80 m Trägerspannen.
- Vergleichsweise geringes Eigengewicht der Platte.
- Durch die spezielle Auflagertechnik kann die Verbundtragwirkung voll genutzt werden (problemlose Anordnung der Kopfbolzendübel möglich).
- Reduzierte Bauhöhe durch Absenken der Profiltafeln zwischen die Träger.
- Die Profiltafeln können die Kippstabilisierung des Stahlträgers im Bauzustand übernehmen

#### Technische Gebäudeausrüstung

Uneingeschränkte Anordnung von Leitungen unter der Decke. Leitungen mit kleinem Durchmesser können zwischen den Rippen verlegt und durch Stegöffnungen in den Trägern geführt werden.

#### Typische Querschnittsgrößen

Bemessung als Verbundträger unter Verwendung der Angaben in Abschnitt 3.

#### Stahlgüte

Für die Träger wird S235 oder S275 bevorzugt. Profiltafeln: S350 GD.

#### Höhe des Deckenpakets

Rippenhöhe von 205 mm zuzüglich der Gurtplatte (mindestens 80 mm, abhängig von der erforderlichen Höhe für die Verbundwirkung der Balken). Gesamthöhe des Deckenpakets hängt vom Trägerquerschnitt und den erforderlichen Leitungsquerschnitten ab.

#### Brandschutz

Die Deckenplatte kann mit Zusatzbewehrung die Feuerwiderstandsklasse F 90 erreichen. Für die Stahlträger ist zusätzlicher konstruktiver Brandschutz erforderlich.

## Slimline

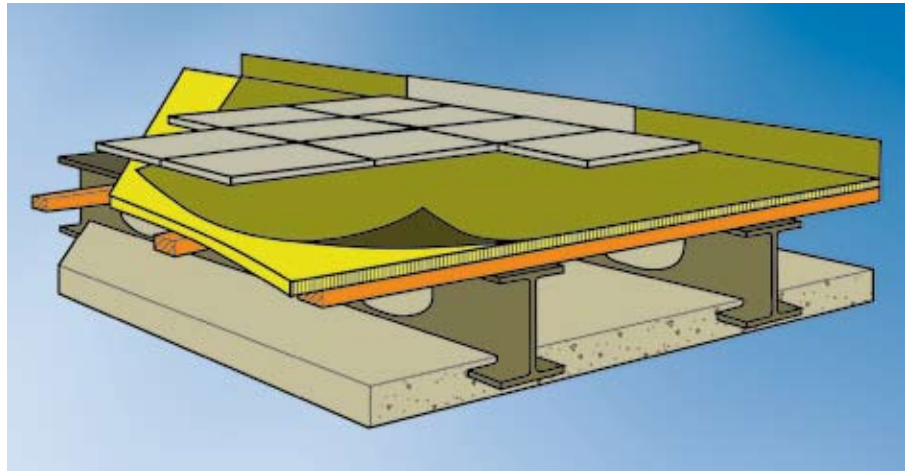


Abb. 4.7 Details des Slimline-Systems

### Beschreibung

Die niederländische Firma Slimline Buildings hat ein vorgefertigtes Deckensystem bestehend aus parallel angeordneten Stahlträgern mit einem Betonuntergurt und einem (demontierbaren) Boden entwickelt, das unter der Bezeichnung *Slimline* vertrieben wird. Die Betonunterseite liegt frei. Das Ziel ist die Trennung der tragenden Elemente von den Ausbauelementen und die Schaffung einer größeren Flexibilität bei der Gestaltung und Funktionalität von Gebäuden bei reduzierten Baukosten. Das Unternehmen arbeitet mit den Herstellern von Betonfertigteilen zusammen und vermittelt Auftragnehmer/Lizenznehmer für schlüsselfertige Projekte.

Dieses Deckensystem ermöglicht eine einfache Installationsführung und ist im Vergleich zu traditionellen Bauweisen eine kostengünstige Alternative (gemäß einer Studie der „Dutch Association of Cost Engineers“).

Vorbemessungssoftware wird ab Ende 2008 unter [www.slimlinebuildings.com](http://www.slimlinebuildings.com) verfügbar sein.

### Typische Spannweiten

- Vorgefertigtes *Slimline*-System (als Nebenträger): 4,5 bis 9,6 m.
- Spannweite der Hauptträger, die die *Slimline*-Träger tragen: 6 bis 12 m.
- Standardhöhe in Abhängigkeit der Spannweite: 275 mm bei 4,5 m, 295 mm bei 5,4 m, 355 mm bei 7,2 m und 445 mm bei 9,6 m.
- Standardbreite eines vorgefertigten Elements: 2400 mm aus Transportgründen.

<b>Hauptentwurfskriterien für die Grundrissgestaltung</b>	<p>Stahlträger, an ihrer Unterseite durch eine Betonplatte verbunden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigengewicht: üblicherweise 1,6 kN/m<sup>2</sup> (ohne die obere Bodenkonstruktion).</li> <li>• Schwingungen: Messungen an bestehenden Gebäuden haben gezeigt, dass die kleinste Eigenfrequenz größer als 7 Hz ist.</li> <li>• Akustische Eigenschaften: Die <i>Slimline</i>-Träger und die obere Bodenkonstruktion bilden eine zweischalige Konstruktion, die den funktionalen Anforderungen für Büros und Wohngebäude entspricht.</li> <li>• Thermische Eigenschaften: Da es keine Abhangdecke gibt, kann die thermische Kapazität der Betondecke für die Regulierung der Innentemperatur genutzt werden.</li> <li>• Das Deckensystem kann mit entsprechender Dämmung auf der Unterseite, z.B. 80 mm expandiertes Polystyrol (EPS), auch als Bodenplatte eingesetzt werden. Durch die zweischalige Konstruktion kann so ein Wärmedurchgangswiderstand von <math>R_T = 2,52 \text{ m}^2\text{K/W}</math> erreicht werden.</li> </ul>
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trockene Bauweise (auf der Baustelle).</li> <li>• Verringerung der Geschosshöhe, da keine abgehängte Decke erforderlich ist.</li> <li>• Einfache Installation und Wartung von technischen Einbauten.</li> <li>• Größere Spannweiten als Flachdecke aus Beton.</li> <li>• Thermische Kapazität kann zur Regelung der internen Temperaturen mobilisiert werden.</li> </ul>
<b>Technische Gebäudeausrüstung</b>	Der wichtigste Vorteil dieser Art von Deckensystem ist seine Flexibilität aufgrund der einfachen Erreichbarkeit der Installationen von oben.
<b>Typische Querschnittsgrößen</b>	In der Regel IPE 240 bis 360 für Spannweiten von 5 bis 8 m.
<b>Stahlgüte</b>	Üblicherweise S235, da die Durchbiegungen maßgebend werden.
<b>Betongüte</b>	Normalbeton der Festigkeitsklasse C25/30.
<b>Höhe des Deckenpakets</b>	Normalerweise 300 bis 500 mm, ohne die Hauptträger, die die Slimline-Elemente unterstützen.
<b>Brandschutz</b>	Betonplatte: Die <i>Slimline</i> -Elemente erreichen eine Feuerbeständigkeit von 90 Minuten in Übereinstimmung mit der niederländischen Bauordnung (Bouwbesluit).
<b>Verbindungen</b>	Die <i>Slimline</i> -Elemente werden entweder auf den Hauptträgern oder seitlich daran befestigt. Im ersten Fall endet die Betonplatte kurz vor dem Trägerende, so dass eine stahlbaumäßige Verbindung der Flansche möglich ist.

## Slimdek



Abb. 4.8 Anordnung von Versorgungsleitungen unter einer Slimdek-Decke

### Beschreibung

*Slimdek* ist ein Flachdeckensystem bestehend aus asymmetrischen Trägern (ASB), die Verbunddecken mit tiefer Profilierung unterstützen. ASB-Querschnitte sind warmgewalzte Profile, bei denen der Untergurt breiter ist als der Obergurt. Der Querschnitt hat eine in den Obergurt eingewalzte Profilierung, die eine Verbundtragwirkung ohne zusätzliche Verbundmittel ermöglicht. Die Profilbleche spannen zwischen den unteren Flanschen der Träger und dienen während der Bauphase als Schalung für die Betondecke.

Die Grundrissplanung basiert in der Regel auf der Grundlage eines Rastermaßes zwischen 6 und 9 m bei Deckendicken von 280 bis 350 mm. Im Bauzustand benötigen die Profilbleche bei Spannweiten von mehr als 6 m Hilfsunterstützungen.

Eine Reihe von ASB-Querschnitten sind in den zwei Standardhöhen von 280 und 300 mm verfügbar. Je Höhe gibt es fünf ASB-Querschnitte mit relativ dünnen Stegen und fünf ASB(FE)-Querschnitte („fire engineered“) mit relativ dicken Stegen ( $\geq$ Flanschdicke). Die ASB(FE)-Querschnitte gewährleisten unter den typischen Lasten im Büro- bau eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten ohne zusätzlichen Schutz.

Leitungen können zwischen den Rippen der Deckenplatte verlegt und durch längliche Stegöffnungen in den Trägern geführt werden, siehe Abbildung 4.9.

Als Randträger können Slimfloor-Träger mit rechteckigem Hohlquerschnitt (RHS) und einem angeschweißten Untergurt, ASBs oder konventionelle Träger verwendet werden. Um eine seitliche Halterung der Stützen senkrecht zur Trägerrichtung zu gewährleisten, werden T-Stücke angebracht, deren abstehender Schenkel in die Betonplatte einbindet.

### Typische Trägerspannweiten

6 bis 7,5 m Raster gebräuchlich, bis 9 x 9 m Raster möglich.

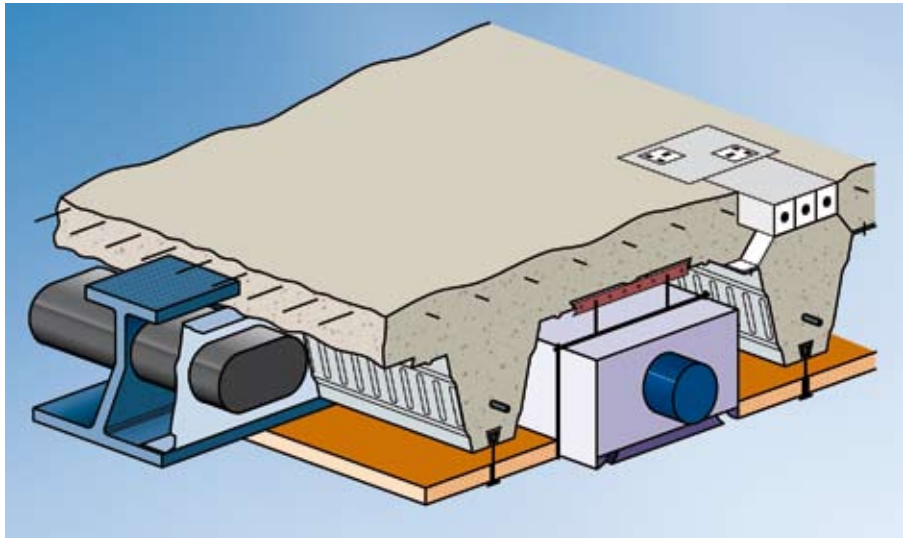


Abb. 4.9 Integration von Versorgungsleitungen

#### Hauptkriterien für die Grundrissgestaltung

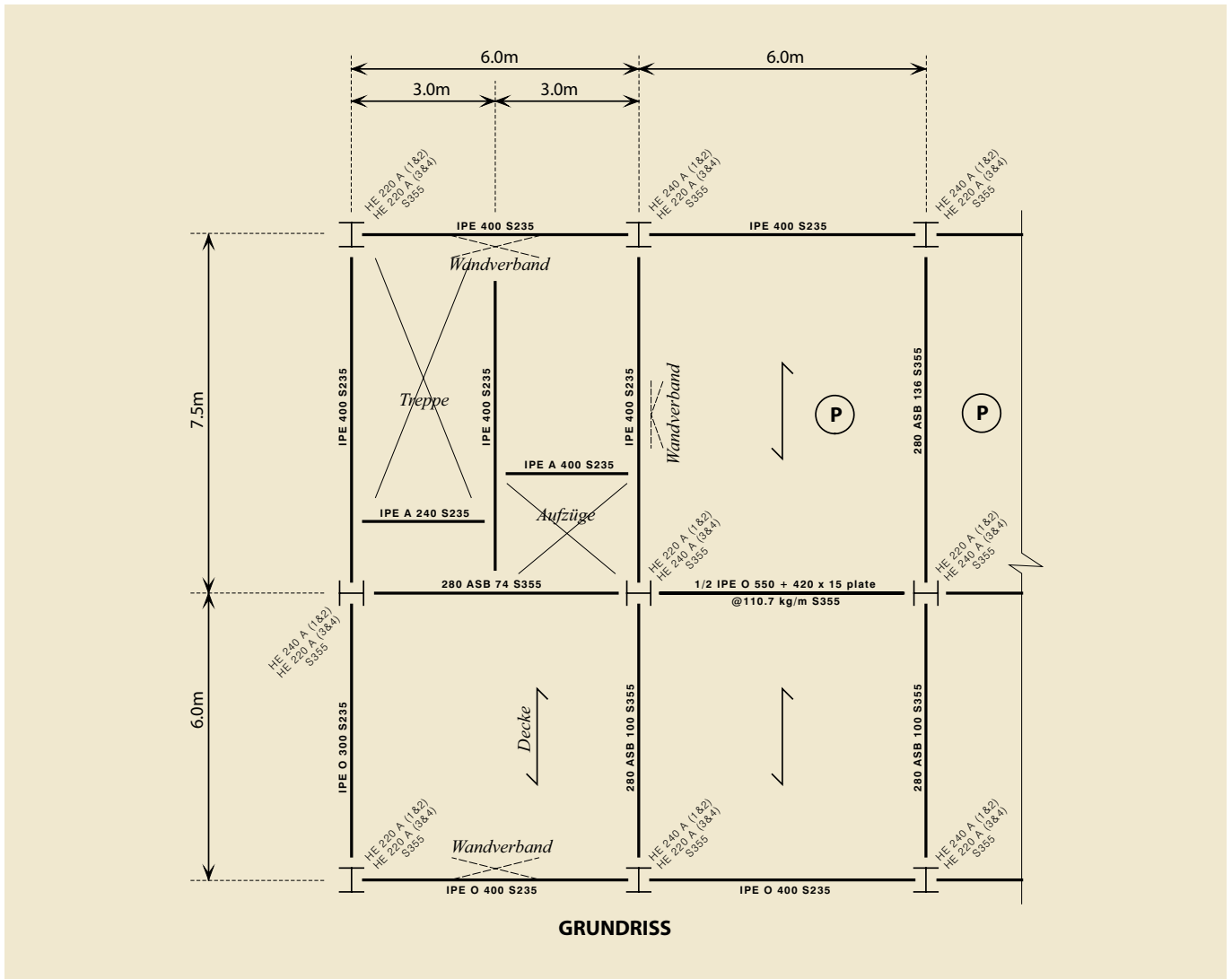
- Bei einem rechteckigen Grundriss ist ein zentraler Längsträger mit ASB-Querschnitt und Randträger mit quergespannten Deckenplatten i.d.R. wirtschaftlicher als eine Reihe von ASB-Querträgern. Bei wechselnden Spannrichtungen und für Randträger kann Torsion maßgebend werden, hier ist der Einsatz von RHS-Slimfloor-Trägern zu erwägen.
- Profilbleche erfordern bei Spannweiten über 6 m Hilfsunterstützungen (2 Stützen bei 9 m Spannweite).
- Die Plattendicke wird durch die Dicke des Betons über den Profilblechen (Feuerbeständigkeit), über den ASB-Profilen (min. 30 mm) und den Randträgern beeinflusst. Bei weniger als 30 mm Beton über den ASB-Profilen darf keine Verbundtragwirkung angesetzt werden.
- Bei der Detaillierung der Anschlüsse im Bereich der Stützen muss beachtet werden, dass die ASB-Träger breiter sind als die Stützen und gegebenenfalls Ausklinkungen notwendig werden.
- *Slimdek*-Decken können mit Hilfe der *Slimdek* Software-Suite bemessen werden. Weitere Informationen finden Sie unter: [www.steel-sci.org](http://www.steel-sci.org).

#### Vorteile

- Geringe Bauhöhe - dies führt zu einer Verringerung der gesamten Gebäudehöhe und der Fassadenfläche. Die nahezu ebene Deckenuntersicht erleichtert die Installation und bietet Flexibilität für die Positionierung von leichten Trennwänden.
- 60 Minuten Feuerwiderstandsdauer ohne zusätzlichen Schutz.
- Zwischen den Rippen können regelmäßige Stegöffnungen für Installationen angeordnet werden.

#### Technische Gebäudeausrüstung

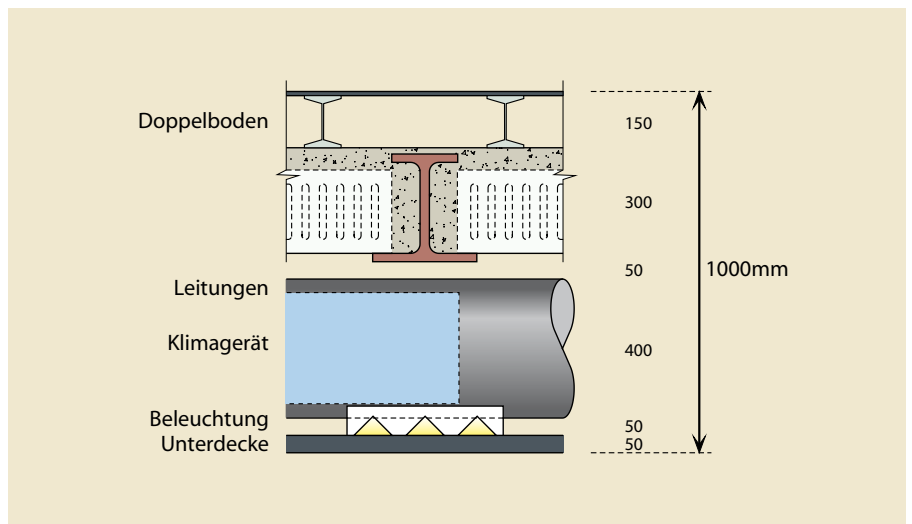
Uneingeschränkte Anordnung von Leitungen unterhalb der Decke. Kleinere Leitungen können zwischen den Rippen verlegt und durch Stegöffnungen in den Trägern geführt werden.



**P** = Profilblech muss in diesem Bereich während der Montage unterstützt werden

Abb. 4.10 (oben) Slimdek - Anordnung in einem 4-geschossigen Gebäude (Zentraler ASB-Längsträger und konventionelle Randträger)

Abb. 4.11 (rechts) Slimdek - typischer Querschnitt mit Klimaanlage unter der Decke



**Entwurfsansatz**

1. Trägerraster von 6; 7,5 oder 9 m. (Bei Plattenstützweiten größer 6 m werden Hilfsstützen erforderlich, dies kann den Bauablauf beeinflussen).
2. Wahl des Profilblechs und Bemessung der Platte, dabei ist sicherzustellen, dass die Plattendicke und Bewehrung den erforderlichen Feuerwiderstand gewährleisten.
3. Bemessung der ASB-Träger mittels Software. Wahl von (FE)-Querschnitten zur Vermeidung zusätzlicher Brandschutzmaßnahmen. Gewährleistung einer minimalen Betonüberdeckung der ASB-Querschnitte von 30 mm, sonst Anordnung von Bewehrungsstäben durch die Trägerstege.
4. Bemessung der Randträger als RHS-Slimfloor-Träger oder konventionelle Träger unter Beachtung, dass die Randträgerhöhe kompatibel mit der Plattendicke ist.

**Typische Querschnittsgrößen**

*Tabelle 4.1 Typische Querschnittsgrößen von ASB-Profilen*

Trägerspannweite	Deckenspannweite		
	6	7.5*	9*
6 m	280 ASB100	280 ASB136	300 ASB153
7,5 m	280 ASB136	300 ASB153	300 ASB185
9 m	300 ASB153	300 ASB185	300 ASB249

\*Hilfsstützen erforderlich

**Stahlgüte**

ASB-Profile sind nur in S355 verfügbar. RHS-Slimfloor-Profile sind in S275 und S355 verfügbar.

**Höhe des Deckenpakets**

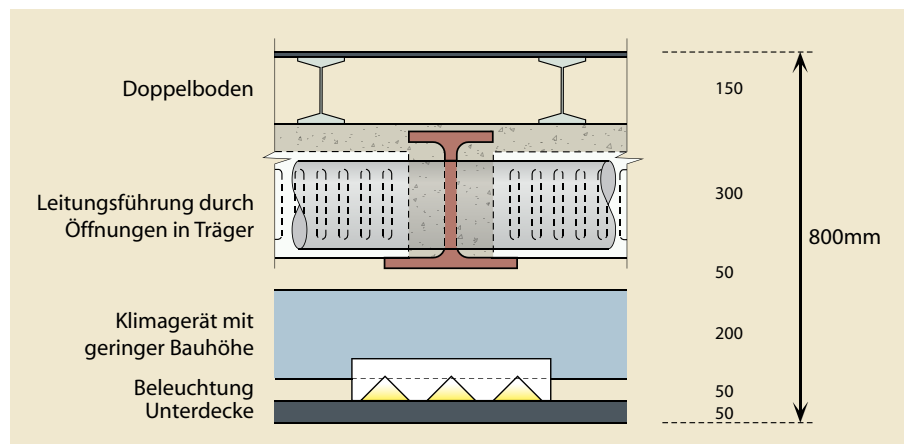
1000 - 1200 mm mit Klimaanlage (und Doppelboden) - siehe Abbildung 4.11  
 700 - 900 mm bei kompakten Leitungen (mit Doppelboden) - siehe Abbildung 4.12

**Brandschutz**

ASB(FE)-Querschnitte, bei denen Steg und Obergurt mit Beton ummantelt sind, erfordern keinen zusätzlichen Brandschutz für bis zu 60 Minuten Feuerwiderstand. ASB-Querschnitte mit dünnen Stegen erfordern für mehr als 30 Minuten Feuerwiderstand und RHS-Slimfloor-Randträger für mehr als 60 Minuten Feuerwiderstand konstruktiven Brandschutz i.d.R. durch Verkleidung der exponierten Flächen.

**Verbindungen**

ASB-Träger erfordern Stirnplattenverbindungen (i.d.R. mit 6 oder 8 Schrauben), um die Torsionskräfte aufzunehmen. Bei RHS-Randträgern werden häufig überstehende Stirnplatten verwendet, um den Torsionsswiderstand zu gewährleisten.



*Abb. 4.12 Slimdek - typischer Querschnitt mit Leitungsführung innerhalb der Bauhöhe*



# 05 Verbindungen

Alle bisher vorgestellten Deckensysteme verwenden einfache Verbindungen, die nicht dafür ausgelegt sind, signifikante Momente zu übertragen. Einige Verbindungen müssen Torsionsmomente aufnehmen.

Verbindungen mit vollständigen Stirnplatten werden für Bauteile mit Torsionsbeanspruchung wie asymmetrische Träger oder integrierte Systeme verwendet.

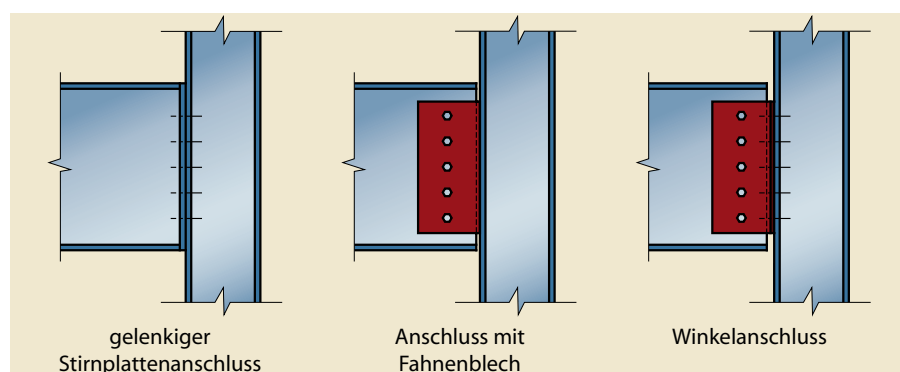


Abb. 5.1 Einfache Trägerverbindungen

## Einfache Verbindungen

Die Gesamtstabilität von Geschossbauten wird in der Regel durch Verbände oder Betonkerne gewährleistet, so dass die Verbindungen der Stahlbauteile keine signifikanten Biegemomente übertragen müssen.

Sofern die Anschlüsse nicht durch Torsion beansprucht werden, kommen einfache (Querkraft-)Verbindungen zum Einsatz. Standardisierte Verbindungen werden verwendet und die Detaillierung bleibt dem Auftragnehmer überlassen. Standardverbindungen werden mit verformbaren Stirnplatten, Fahnenblechen oder Doppelwinkeln ausgeführt, siehe Abbildung 5.1.

In der Regel werden für Stützen-Träger-Verbindungen verformbare Stirnplatten gewählt, die ausreichend dünn sind, so dass sie keine großen Momente anziehen. Verbindungen zu Hohlprofilstützen können einfach mit flexiblen Stirnplatten

oder Doppelwinkeln unter Verwendung von speziellen Dübeln oder Schrauben und Innengewinde erstellt werden.

Verbindungen zwischen Trägern werden ebenfalls standardisiert ausgeführt, wobei die Nebenträger ausgeklinkt werden müssen, wie im Beispiel in Abbildung 5.2 dargestellt.

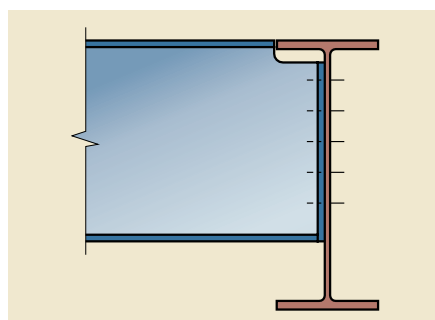


Abb. 5.2 Trägeranschluss mit ausgeklinktem Nebenträger

Einfache Verbindungen

Vollständige Stirnplattenverbindungen

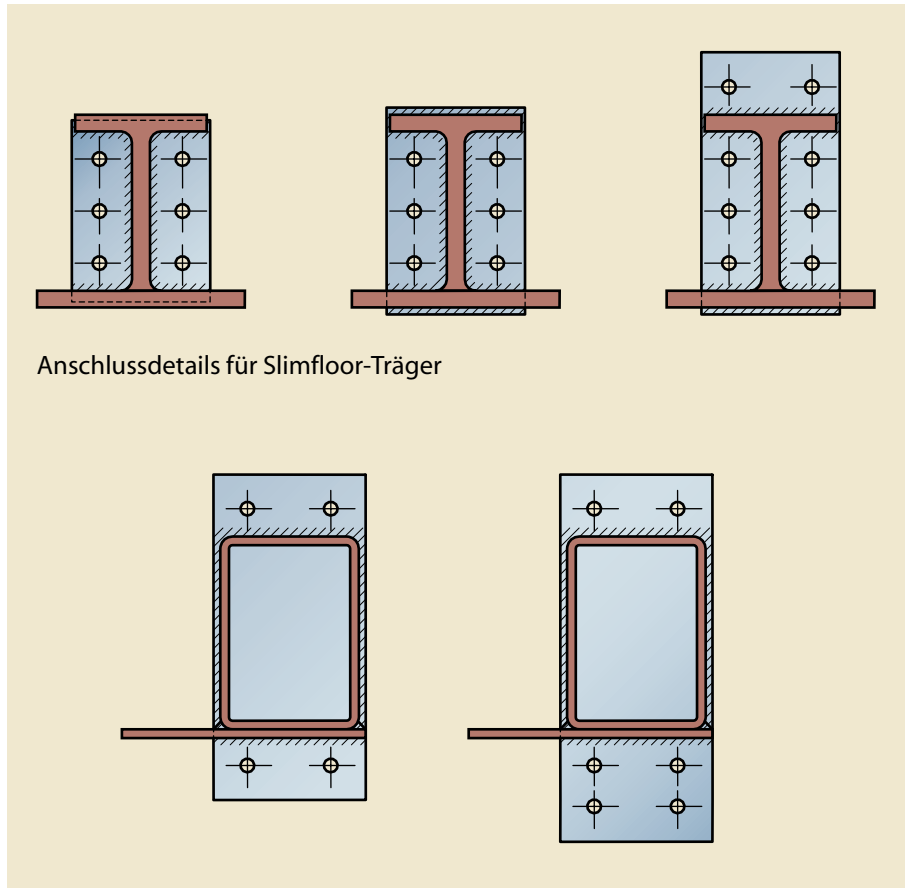


Abb. 5.3 Vollständige Stirnplattenverbindungen in Slim-Floor-Decken

### Vollständige Stirnplattenverbindungen

Müssen die Anschlüsse Torsions- oder Biegemomente übertragen, kommt in der Regel eine vollständige Stirnplatte, wie in Abbildung 5.3 dargestellt, zum Einsatz. In diesem Fall wird die Stirnplatte umlaufend an das Profil angeschweißt.

Es ist übliche Praxis, dass die Bemessung der Anschlüsse durch die Stahlbau-Firma durchgeführt wird. Der Tragwerksplaner muss die maßgebende Anschlusskräfte und -momente für die relevanten Fälle, d.h. im Bau- und Endzustand, bereitstellen. Bei vielen Bauteilen, wie z.B. Slimfloor-Trägern, können im Montagezustand unter einseitiger Beanspruchung Torsionsmomente auftreten. Andere Bauteile, wie z. B. Randträger

werden stets durch Torsion beansprucht. In diesem Fall sind die Schweißnähte und die Schrauben unter kombinierter Beanspruchung aus Torsion und Querkraft nachzuweisen.

Neben ihrer Biegetragfähigkeit vergrößert diese Art von Verbindungen die Steifigkeit des Tragwerks und reduziert Verformungen. Dies wirkt sich bei weitgespannten Konstruktionen positiv aus.

## 06 Fallstudien

Eine Reihe von Fallstudien werden in diesem Abschnitt vorgestellt, um die zuvor beschriebenen Konstruktionen und Entwurfsprinzipien zu verdeutlichen. Die Fallstudien decken ein Spektrum von Bauformen und Standorten in ganz Europa ab.

Die Fallstudien und die zugehörigen Tragsysteme lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- *Mjärvedi Center, Schweden*  
Decken in Slim-Floor-Bauweise, Stützen aus betongefüllten Hohlprofilen.
- *ING Bank Zentrale, Amsterdam*  
Slimdek-Deckenkonstruktion auf geneigten Stützen.
- *Handelskammer, Luxemburg*  
Verbunddecken mit exponierten Profilblechen aus Edelstahl auf weitgespannten integrierten Deckenträgern.
- *HighLight Towers, München*  
Verbundkonstruktion mit Stützen aus betongefüllten Hohlprofilen.
- *Palestra, London*  
Weitgespannte, paarweise angeordnete Cellformträger auf Hohlprofilstützen.
- *Erneuerung der Alhóndiga, Bilbao*  
Erneuerung eines bestehenden Gebäudes unter Erhaltung der Fassade. Einsatz von weitgespannten Stahlträgern zur Schaffung von Ausstellungsfläche.

*Mjärvedi Center,  
Schweden*

*ING Bank Zentrale,  
Amsterdam*

*Handelskammer,  
Luxemburg*

*HighLight Towers,  
München*

*Palestra,  
London*

*Erneuerung der  
Alhóndiga, Bilbao*

## Mjärdevi Center, Schweden

*Mjärdevi Center ist ein Beispiel dafür, wie traditionelle Bautechniken in inspirierender Weise mit vorgefertigten Stahlelementen kombiniert werden können, um neue Möglichkeiten für die Bauindustrie zu schaffen.*

### Nutzen für den Anwender:

- Mit Stahlbeton gefüllte Stützen sind im Brandfall tragfähig und können in sichtbarem Stahl ausgeführt werden
- Die schlanken Geschossdecken können durch die geneigte und gekrümmte Glasfassade wahrgenommen werden
- Leichte Stahlprofile tragen die verglaste Fassade
- Preisgekrönte Architektur



Die Vision des Technologiezentrums Mjärdevi ist, die „richtige Umgebung für den Aufbau und das Wachstum von wissens- und technologieorientierten Unternehmen“ zu schaffen. Mjärdevi Center ist das Zentrum und Symbol des Technologiezentrums, daher soll das Gebäude Kühnheit und Glauben in die Zukunft zum Ausdruck bringen.

Der Gesamtkomplex besteht aus einem 12-geschossigen Gebäudeteil und einem niedrigeren Teil, der eine Art Sockel darstellt. Der höhere Teil des Gebäudes gliedert sich in zwei halbe Kreise mit geneigten Fassaden. Die Architekten verwendeten klassische geometrische Formen. Ziel war es, eine schlanke, gebogene Form, wie eine Vase oder eine Skulptur, zu schaffen die gleichzeitig ein-

fach und zeitlos und, durch die geneigten Fassaden, neuartig ist. Zitat des Architekten: „Man könnte sagen, dass Gebäude ist wie ein riesige Alvar Alto Vase.“

Ein Teil der Fassade besteht aus Zink, wobei die dunkle Farbe einen Rahmen für die transparenten Bereiche bildet. Als Gegensatz zu der flachen umliegenden Landschaft erhält das Gebäude eine scharfkantige Silhouette. Im höheren Gebäudeteil sind die vertikalen Tragglieder exponiert und die Stützen in den Raum eingerückt. Im flacheren Gebäudeteil ist die gesamte Stahlstruktur sichtbar, so dass das Gebäudeäußere das Innere widerspiegelt.

**Projektbeteiligte**

Bauherr:

**Sankt Kors Fastighets AB**

Architekt:

**Lund & Valentin arkitekter**

Projektleitung:

**Hifab Byggprojektledaren AB**

Rohbau:

**Strängbetong**

Stahlbau:

**PPTH-Norden Oy**

Tragwerksplanung:

**CSE projekt AB,****PPTH Engineering****Konstruktionsdetails**

Stahlstützen (kreisförmige Hohlprofile) werden in Kombination mit Stahlträgern und Spannbetonhohlplatten verwendet.

Um die Oberfläche des Stahls sichtbar zu belassen und dabei einen ausreichenden Feuerwiderstand zu gewährleisten wurden Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen (Durchmesser i.d.R. 200 mm) gewählt, die über drei Stockwerke durchlaufen. Alle Stützen mit Ausnahme der geneigten Stützen in der Giebelfassade sind in sichtbarem Stahl ausgeführt. Als Träger wurden in der Fassade HEA-

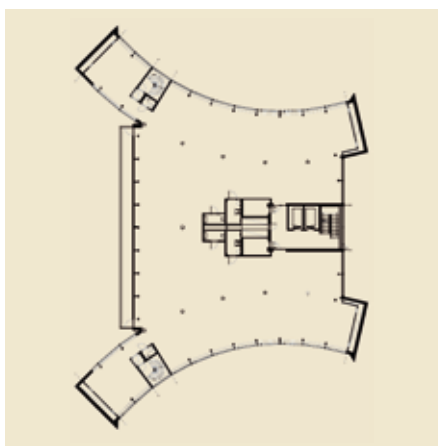
Profile (i.d.R. 240 mm) und im Gebäudeinneren omega-förmige Profile verwendet. Die geneigten Stützen bestehen aus rechteckigen Hohlprofilen (VKR), die in Form einer riesigen Leiter verschweißt wurden. Die Träger bilden ein horizontales Auflager für die Stützen.

Die Decken bestehen aus 270 mm dicken Hohlplatten aus Spannbeton. Ihre Spannweite variiert zwischen 4 und 11 m, abhängig von der Gebäudegeometrie.

Das Gebäude wird durch drei Treppenkern aus Betonfertigteilen, die in der unteren Gebäudehälfte extern vorgespannt sind, ausgesteift. Ein Treppenhaus befindet sich zentral im Gebäude, die beiden anderen an den Giebeln. Das zentrale Treppenhaus verwendet hell eingefärbten Sichtbeton.

Die Glasfassade wird von Stahlleichtbauprofilen mit C-Querschnitt getragen. Ein wichtiger Punkt waren die geringen Toleranzen der vorgefertigten Fassade und Glaselemente.

Das Gebäude ist ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, wie die Verwendung vorgefertigter Bauteile dazu beitragen kann, einen anspruchsvollen architektonischen Ausdruck zu schaffen. Die geringen Abmessungen der Stahlrahmen sind durch die Glasfassade wahrnehmbar.



Grundriss 7. Obergeschoss



Mjärdevi Center während der Bauphase. Primärtragwerk und leichte Unterkonstruktion der Fassade (Bildrechte:PPTH)

## ING Bank Zentrale, Amsterdam

*Für die prestigeträchtige ING Bank Zentrale im Zuiderhof-Gewerbepark in Amsterdam wählten die Planer das Deckensystem Slimdek aufgrund seiner geringen Bauhöhe, der schnellen Montage und des geringen Gewichts.*

### Nutzen für den Anwender:

- Kurze Montagezeiten für den Rohbau
- Minimale Bauhöhen für ansprechende Optik
- Flexible Installationsführung
- Geringes Eigengewicht für einfache Gründung
- Reduzierte Anforderungen an Kräne
- Minimierung der Beeinträchtigungen infolge innerstädtischer Baustelle



Vorderansicht des ING Gebäudes.  
Bildrechte: G. Fesy, Parijs



Der Hauptsitz der ING Bank in Amsterdam ist eines der spannendsten Beispiele für Stahlkonstruktionen mit Slimdek. Die 9-stöckige Struktur umfasst ca. 20.000 m<sup>2</sup> Geschossfläche. Das gesamte Gebäude ruht auf geneigten Verbundstützen. Die "Nase" des Gebäudes beherbergt ein Auditorium und krägt 26 m aus der angrenzenden Slimdek-Struktur aus.

Die Architekten Meyer und van Schooten waren daran interessiert, Slimdek zu verwenden, weil gute Erfahrungen mit anderen Projekten vorlagen und dieses System die geringste Bauhöhe ermöglicht. Dies ist - nicht nur aus optischen Gründen - eine verbreitete Anforderung für Gebäude in den Niederlanden.

Für das Tragwerk wurde ein quadratisches Raster von ca. 7 m gewählt, welches für die Slimdek-Konstruktion mit ASB-Profilen und Verbunddecken bei einer Deckendicke von 300 mm ideal ist. Weitgespannte Stahlbinder tragen die oberen Geschosse und nehmen die groß-

en Kräfte aus den geneigten Stützen auf, die das gesamte Gebäude aussteifen.

Das Gebäude befindet sich in der Nähe der verkehrsreichen Autobahn A10, daher waren die Schallisolierung und die Beherrschung der Schwingungen wichtige Entwurfskriterien. Die Fläche unter dem Gebäude ermöglicht den Zugang in das Gebäude und die darunterliegende Parkgarage.

Teil der anspruchsvollen Gebäudetechnik ist die Doppelfassade, die zur Kontrolle der solaren Gewinne und der internen Temperaturen genutzt wird. Installationen sind unter der Deckenplatte angeordnet, mit kleineren Rohren zwischen den Rippen der Verbunddecke.

Alle Bauprojekte in den Niederlanden sind durch den hohen Grundwasserstand beeinflusst und so ergab sich ein weiterer Vorteil infolge der Minimierung der Erdarbeiten durch die Konzentration auf wenige diskrete Stützen.

**Projektbeteiligte:**

Bauherr:

**ING Bank**

Architekten:

**Meyer & Van Schooten,****Ellerman,****Lucas,****Van Vugt Architects**

Tragwerksplaner:

**Aronsohn**

Stahlbau:

**HGO Group**

Verbunddecken:

**Dutch Engineering****Konstruktionsdetails**

Die Struktur besteht aus 10 m hohen schräg gestellten Stützen, die den oberen Gebäudeteil bestehend aus 4 bis 9 Geschossen, tragen. Die Träger (280 ASB136) verlaufen in Querrichtung des Gebäudes über 4 Felder mit 7 m Spannweite. Der obere Gebäudeteil wird von einem geschosshohen Träger zwischen den schräg gestellten Stützen getragen, der auch die Horizontalkräfte aus diesen aufnimmt. Die Stützen bestehen aus kreuzförmig verschweißten I-Querschnitten mit Kammerbeton, der auch zum Widerstand gegen Anpralllasten herangezogen wird.

Die Geschossdecken bestehen aus Verbunddecken mit tiefer Profilierung, die zwischen den unteren Flanschen der ASB-Träger gespannt sind. Um die Durchbiegungen der über 7,2 m spannenden Profiltafeln zu begrenzen, wurden 2 Reihen Hilfsunterstützungen eingesetzt. Die Gesamtdicke der Decke beträgt 310 mm, dies entspricht dem Mindestmaß um

Durchbiegung und Schwingungen zu begrenzen. Die Bodenplatte des Erdgeschosses über dem Zugang und der Tiefgarage besteht aus Betonfertigteilen.

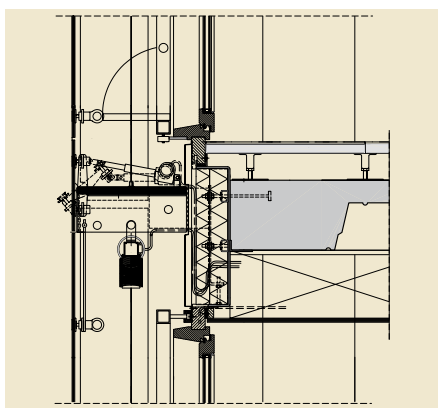
Die leichten Fassadenprofile und die Verglasung sind an der Stahlkonstruktion befestigt und so detailliert, dass ein klarer Innenraum mit minimalen Beschränkungen durch den technischen Ausbau entsteht. Durch Verwendung von Slimdek entsteht eine schlanke Deckenansicht, ein Hauptmerkmal des architektonischen Konzepts.

Das Auditorium ist als Kragkonstruktion mit 26 m Spannweite und 3 Stockwerken Höhe konzipiert, und wird geschossweise durch geneigte Träger unterstützt. In diesem Bereich kommen Profiltafeln mit flacherem Querschnitt (CF100) zum Einsatz, die ohne Hilfsstützen über 3,6 m spannen (Anordnung von Hilfsstützen war in diesem Bereich nicht möglich). Der Stahlbau wurde von einem Konsortium aus drei Firmen ausgeführt, die Verbunddecken erstellte die Firma Dutch Engineering.

Die Montage der 1000 Tonnen Stahl dauerte trotz der komplexen Struktur und der Umgebungsbedingungen nur 28 Wochen. Die verkehrsreiche Umgebung führte dazu, dass die Zahl der Fahrzeuge und Lieferungen auf ein Minimum reduziert werden musste. Durch Wahl einer leichteren Konstruktion konnten die kostspieligen Gründungsarbeiten reduziert werden.



Verbunddecke im Bereich des Auditoriums



Deckendetail.  
Bildrechte: Meyer & Van Schooten, Amsterdam

## Handelskammer, Luxemburg

*Der neue Sitz der Handelskammer in Luxemburg artikuliert den Einsatz von Stahl durch seine Architektur und erzielt Energieeinsparungen durch wassergekühlte Verbunddecken mit Wellprofilen aus Edelstahl.*

### Nutzen für den Anwender:

- Weitgespanntes, integriertes Deckensystem (12 m Spannweite)
- Exponierte, optisch ansprechende sinusförmige Profilbleche
- Fassade mit hohem Glasanteil
- Brandschutzbemessung mit Ingenieurmethoden
- Energieeffizienz durch Wasserkühlung



Der neue Sitz der Handelskammer des Großherzogtums Luxemburg befindet sich auf dem Kirchberg-Plateau und besteht aus einem vorhandenen Gebäude von 5.000 m<sup>2</sup>, das völlig renoviert wurde, und 20.000 m<sup>2</sup> neuer Bürofläche. Ein Kongress-Zentrum von ca. 8.000 m<sup>2</sup> und 650 unterirdische Parkplätze auf vier Ebenen komplettieren den Komplex. Die gesamte Gebäudefläche beträgt 52.000 m<sup>2</sup> einschließlich der Parkflächen. Die Kosten bei der Fertigstellung 2003 betragen 70,4 Mio. €.

Der Komplex besteht aus einer Abfolge von vier Flügeln, die durch gläserne Fußgängerbrücken verbunden sind, sowie einem weiteren Gebäude im Straßenverlauf. Dieses Gebäudeensemble bietet Flexibilität bei der Anordnung von Büros. Die oberen Geschosse sind vom Erdgeschoss völlig losgelöst, die Glasfassade ist aus Sonnenschutzgründen mit Siebdruck versehen. Die Decken bestehen aus vorgefertigten Profilblechen aus Edelstahl, die eine gewellte Deckenuntersicht erzeugen.

Die vier- und fünf-stöckige Verbundkonstruktion besteht aus integrierten, warmgewalzten Stahlträgern und einer Betonplatte. Die Hauptträger sind unterspannt. Die Spannweite der unterspannten Träger ist mit 12,5 m deutlich größer als bei herkömmlichen IFB-Trägern.

Die sinusförmigen Profiltafeln aus Edelstahl haben eine Höhe von 180 mm und wirken im Verbund mit der Ort betonplatte. Sie liegen auf dem Untergurt des integrierten Stahlträgers auf. Kunststoffrohre in der Decke sorgen für Heizung und Kühlung im Winter und Sommer. Solare Gewinne werden durch die Siebdruckfassade reduziert. Die Glasaufzüge tragen zur Leichtigkeit des Gebäudes bei. Die Trennwände in den Büros bestehen aus Stahl und Glas und verwenden ein modulares System.

Das Gebäude wird durch die Scheibwirkung der Deckenplatten und die vertikalen Treppenhauskerne aus Beton ausgesteift. Gebäude C ist auf einer Seite mit K-Verbänden aus Stahl ausgesteift.



**Projektbeteiligte:**

Architekten:

**Vasconi Architects**

Tragwerksplaner:

**Schroeder, N Green, A Hunt**

Fachplaner TGA:

**RMC Consulting**

## Konstruktionsdetails

Die Stahlträger überspannen bis zu 12,5 m und haben eine Unterspannung aus Rohrprofilen. Dies erhöht die mögliche Spannweite um bis zu 30%. Die Unterspannung verläuft sichtbar unter der Decke und ist optisch unauffällig. Leitungen werden unter den Trägern und über der Unterspannung geführt, um die Bauhöhe zu minimieren.

Die sinusförmigen Edelstahlprofile verlaufen in der gleichen Richtung wie die Hauptträger und werden durch Nebenträger im Abstand von 4 m unterstützt. Im Bauzustand tragen die Profilbleche das Gewicht des Betons. Hilfsstützen sind nicht erforderlich.

Der Feuerwiderstand der integrierten Stahlträger und der Stahlstützen wurden mit Hilfe von Ingenieurmethoden brandschutztechnisch untersucht. Die Untersuchung ergab, dass 60 Minuten Feuerwiderstand ohne zusätzlichen Brandschutz erreicht werden können. Die IFB-Träger sind teilweise vom Beton ummantelt und können die reduzierten Bemessungslasten im Brandfall trotz Ausfall der Unterspannung abtragen.

Für größtmögliche Energieeffizienz erfolgt der Betrieb der wassergekühlten Decken in 3 Zyklen:

### Sommer - nachts

Im Sommer strömt nachts kaltes Wasser durch die in der Platte verlegten Kunststoffrohre. Vor- und Rücklauftemperatur betragen abends 28/33°C und 14/18°C um 8 Uhr

### Sommer - tagsüber

Reicht die Nachtkühlung der Decke nicht aus, um die vorher festgelegte Temperatur am Morgen zu erreichen (z.B. 21°C), wird weitergekühlt. Das Wasser wird dann mittels eines Kühlaggregats abgekühlt (Vor- und Rücklauftemperatur 9/18°C).

Der Restbedarf an Heizung und Kühlung wird durch gekühlte Balken in der Decke, die an den Heiz- und Kühlkreislauf angeschlossen sind, abgedeckt. Die vorbehandelte Luft wird über einen Wärmetauscher eingeblasen und durch den „Venturi“-Effekt mit der vorhandenen Luft gemischt.

### Winter

Die Deckenplatte wird in den Wintermonaten erwärmt, indem heißes Wasser durch die in der Platte verlegten Rohre strömt. Die Erwärmung des Brauchwassers wird durch Solarkollektoren und einen Wärmetauscher ergänzt.



In die Decke integriertes Heizungs- und Kühlsystem



Edelstahldecken mit Beleuchtung und Lüftungsgeräten

## HighLight Towers, München

*Ein neues Büroensemble am nördlichen Eingangstor zu München ist durch den Einsatz einer innovativen Stahlstruktur, die ein Höchstmaß an Transparenz und Flexibilität schafft, zum architektonischen Highlight geworden.*

### Nutzen für den Anwender:

- Maximale Flexibilität durch Verzicht auf tragende Innenwände und Kerne
- Innovatives Aussteifungssystem als räumliches Stahlfachwerk
- Maximale Transparenz der Fassaden
- Vorgefertigte Fassadenelemente
- Qualitativ hochwertige Arbeitsumgebung



HighLight Towers ist ein Hochhaus-Ensemble in der Parkstadt Schwabing, einem neuen Wohn- und Geschäftsviertel im Norden Münchens. Der Standort ist sowohl im Bezug auf die unmittelbare Umgebung als auch auf die Stadt als Ganzes äußerst exponiert. Die Türme überragen die Einmündung der Autobahn Berlin-München in den Mittleren Ring.

Ziel des Entwurfs war die Schaffung eines Höchstmaßes an Transparenz und Flexibilität bei minimalem Materialeinsatz. Alle Bereiche sind flexibel in der Nutzung, natürlich belüftet und bieten eine angenehme Arbeitsatmosphäre sowie hohen Komfort. Das schlanke Erscheinungsbild und die Transparenz sind das Ergebnis eines innovativen Entwurfs- und Bemessungskonzepts, das nur als Stahlverbundkonstruktion realisiert werden konnte. Im Inneren der Hochhaustürme gibt es weder Verbände noch Betonkerne oder tragende Wände.

Alle Trennwände bestehen aus leichten Materialien oder Glas, auch die Treppenhauswände.

Das Ensemble besteht aus vier Gebäuden: HighLight Tower 1 und 2 (33 und 28 Geschosse), flankiert von einem flacheren Hotelgebäude (7 Geschosse) und dem HighLight Forum (5 Geschosse). Die beiden letztgenannten schaffen einen sanften Übergang zu den umliegenden Gewerbebauten.

Die schlanken Hochhausdecken haben die Form eines Parallelogramms mit einer Länge von rund 80 m und einer Tiefe von 13,5 m. Die gesamte Geschossfläche umfasst über 68.000 m<sup>2</sup>, verteilt auf 61 Stockwerke mit jeweils über 1.000 m<sup>2</sup> vermietbarer Fläche. Die Geschosshöhe beträgt im Erdgeschoss 7,5 m, in den Obergeschossen 3,5 m.

Die Verbindungsbrücken und verglasten Aufzugschächte haben keine tragende Funktion, spielen aber eine wichtige Rolle für das architektonische Gesamtkonzept.

**Projektbeteiligte**

Bauherr:

**KanAm-Gruppe, München****Aareal Bank AG, Wiesbaden**

Architekten:

**Murphy/Jahn Inc. Architects**

Tragwerksplaner:

**Werner Sobek****Ing. GmbH & Co. KG**

Stahlbau:

**Stahl + Verbundbau GmbH**

Generalunternehmer:

**Strabag AG**

Fassaden:

**Schmidlin AG****Konstruktionsdetails****Tragwerk**

Das Haupttragwerk der beiden Türme ist eine innovative Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton. Die wichtigsten Traglieder sind betongefüllte kreisförmige Hohlprofile mit einem massiven Stahlkern und Stahlbetonflachdecken mit umlaufenden Überzügen. Die Türme werden durch zwei Fachwerktürme an beiden Gebäudeenden ausgesteift. Diese Türme bestehen aus drei zusammenhängenden Fachwerkscheiben: eine 12 m breite Scheibe in Gebäudequerrichtung und zwei Scheiben mit 8 und 6,75 m Breite parallel zu den Längsfassaden. Im Grundriss bilden diese drei Scheiben eine U-Form.

Jedes Aussteifungsmodul erstreckt sich vertikal über zwei Geschosse. Dies bedeutet, dass die Stützen und die Diagonalen die Geschossdecke, die zwischen zwei Rahmenknoten liegt, durchdringen. Die Stützen, die nicht Teil der Fachwerk-türme sind, bestehen i.d.R. aus runden, betongefüllten Hohlprofilen mit einem Stahlkern. In beiden Hochhäusern wurden mehr als 1.100 eingeschossige Verbundstützen verbaut, die wie in einem Baukasten einfach aufeinander gestellt werden sind.

Generell wurde Stahl der Sorte S355 verwendet, in den Anschlussbereichen wurden höherfeste Stähle der Güten S460 und S690 eingesetzt.

*Impressionen der Montage  
(Bildrechte: stahl+verbundbau  
GmbH, Dreieich)*



Die Geschossdecken sind Stahlbetonflachdecken mit integrierter Bauteilkühlung mit einer Dicke von 280 mm. Beide Türme werden von einem räumlichen Rahmensystem mit Glaseindeckung überdacht. Die zweigeschossige Stahl-Glas-Konstruktion umschließt die oberste Galerie-Geschossebene. Alle vier Gebäude dieses Ensembles befinden oberhalb einer dreigeschossigen Tiefgarage.

Alle tragenden und aussteifenden Elemente sowie ihre Unterstützungen sind für eine Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten ausgelegt, alle anderen für 90 Minuten.

**Fassade**

Die einschalige Fassade besteht aus werkseitig vorgefertigten geschosshohen Elementen aus wärmegeprägten Metallprofilen. Jedes Element mit Sonnenschutz ist in zwei verglaste Felder, 400 und 950 mm breit, unterteilt, bei dem sich der kleinere Flügel für eine natürliche Belüftung öffnen lässt.



## Palestra, London

*Der Entwurf dieses neuen Bürogebäudes auf der Londoner Blackfriars Road besticht durch eine Reihe neuer Stahlbautechnologien. Dazu gehören mit Verpressmörtel gefüllte Stahlstützen und paarweise angeordnete Träger mit Durchlaufwirkung zur Minimierung der Bauhöhe.*

### Nutzen für den Anwender:

- Weitgespannte Konstruktion mit geringer Bauhöhe
- Steifigkeit durch Durchlaufwirkung
- Geneigte Hohlprofilstützen
- Brandschutzbemessung mit Ingenieurmethoden
- Fassade mit hohem Glasanteil
- Kurze Bauzeiten



Das Palestra-Gebäude des Architekten Alsop in Southwark, London, nutzt viele innovative Konzepte zur Schaffung von 28.000 m<sup>2</sup> Gewerbefläche. Die 12-geschossige Verbundkonstruktion besteht aus runden Hohlprofilstützen, an denen mit Hilfe von Konsolen Paare von durchlaufenden Cellformträgern befestigt sind.

Im 9. Stock kragt das Gebäude auf der Vorderseite um bis zu 9 m und an den Seiten um 1,5 m aus. Im Erdgeschoss und im 7. Stock sind die Stützen schräg gestellt. Dies wurde durch den ungewöhnlichen Tragwerksentwurf des Tragwerksplaners, Büro Happold, ermöglicht.

Das Gebäude ist zwischen 31,5 und 36 m breit und rund 90 m lang und hat drei Erschließungskerne. Die Geschosshöhe beträgt nur 3,65 m. Die 3500 Tonnen Stahl wurde in nur 32 Wochen montiert, und die Bauzeit betrug 10 Monate bei einem Gesamtplanungszeitraum von 30 Monaten.

Die Klimatisierung erfolgt mit FCU-Einheiten, die zwischen den Trägern angeordnet sind. Leitungen und Rohre sind

in der 400 mm hohen Zone unterhalb der Nebenträger und durch die regelmäßige runden Öffnungen der Hauptträger verlegt. Dies ermöglicht eine künftige Erweiterung.

Anstelle von betongefüllten Stahlrohren mit Bewehrung wurde für die Stützen ein Querschnitt mit Innen- und Außenrohr und einem Verpressmörtel gewählt. Auf diese Weise konnte die Normkrafttragfähigkeit verbessert und die Feuerwiderstandsdauer der Stützen mit 508 mm Durchmesser ohne zusätzlichen konstruktiven Brandschutz auf 120 Minuten erhöht werden. Der Verpressmörtel wurde von oben über die gesamten 9 Stockwerke eingefüllt. Dies erhöhte Montagegeschwindigkeit und vereinfachte den Bauablauf. Zur Entlüftung von Dampf aus der Stütze im Brandfall wurden in jedem Geschoss Löcher am oberen und unteren Stützenende angeordnet.

Die Fassade ist mit geschosshohen Elementen des Herstellers Permasteelisa voll verglast ausgeführt. Das System basiert auf dem Structural-Glazing-Prinzip.

**Projektbeteiligte**

Bauherr:

**Blackfriars Investments and  
Royal London Asset Management  
joint venture**

Architekten:

**Alsop and Partners**

Tragwerksplaner:

**Buro Happold**

Ausführung:

**Skanska**

Stahlbau:

**William Hare**

Profilbleche:

**Richard Lees Steel Decking Ltd****Konstruktionsdetails**

Die 600 mm hohen, geschweißten Lochstegträger verlaufen paarweise in einer kombinierten Zone für Tragwerk und Installation von 900 mm Höhe. Die Träger bestehen aus 25 mm dicken Flanschen und einem 15 mm Steg bei einem Lochdurchmesser von 400 mm und benötigen keine Steifen. Die Durchlaufwirkung der Hauptträger verbessert die Steifigkeit und das Schwingungsverhalten der Geschossdecken. Die Stöße sind gelenkig ausgeführt und liegen in den Momentennullpunkten.

Die 200 mm hohen Nebenträger überspannen als Verbundträger die 6,65 m zwischen den Hauptträgern. Diese Träger sind an den Steg der Hauptträger angeschlossen, so dass die Oberkante der 140 mm hohen Verbunddecke auf gleicher Höhe mit dem Hauptträgerobergurt liegt.

Eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten wird durch eine Beschichtung mit einem dämmschichtbildenden Anstrich in einer einzelnen dünnen Lage auf den Trägern erreicht. Die Hauptträger sind ebenfalls als Verbundträger bemessen. Anstelle von konventionellen Kopfbolzendübeln wird die Verbundtragwirkung durch Anordnung von Bewehrungsstäben durch die Stegöffnungen in die Deckenplatte hinein erzielt

In zwei Geschossen sind die Stützen schräg angeordnet. Dies führt in Kombination mit der großen Auskragung im 9. Geschoss zu ständig wirkenden Horizontalkräften, deren Größe das 20-fache der Windlasten beträgt. Diese Lasten werden durch einen K-förmigen Aussteifungsverband aus Stahl aufgenommen.

Die Verbunddecke ist in Abhängigkeit von der Spannweite mit *Ribdek 60* oder *Ribdek 80* Profilen ausgeführt. Spezielle Details wurden im Bereich der Hauptträger, wo das Profilblech nicht direkt auf dem Flansch aufliegt, erforderlich. Um lokale Verformungen und Auslaufen von Beton zu vermeiden, wurden diskrete Platten an den Hauptträger geschweißt, an denen ein Stahlwinkel befestigt wurde.



Paarweise angeordnete Cellformträger



Anschluss an Hohlprofilstützen

## Erneuerung der Alhóndiga, Bilbao

*Die Alhóndiga, Bilbaos altes kommunales Weinlager, ist ein historisches Gebäude im Stadtzentrum, das in ein vielseitig nutzbares Kultur- und Freizeitzentrum umgebaut wird.*

*Alhóndiga Bilbao umfasst eine Grundfläche von mehr als 40.000 m<sup>2</sup>, aufgeteilt in vier verschiedene Bereiche. Die Stahlkonstruktion hat ein Gewicht von über 4000 Tonnen.*

### Nutzen für den Anwender:

- Wirtschaftlichkeit und Qualität durch Vorfertigung in der Werkstatt
- Maximale Anpassungsfähigkeit an die Architektur
- Kurze Bauzeiten
- Weitgespannte Decken ermöglichen optimale Raumnutzung
- Schlanke Stützen vermitteln den Eindruck von Offenheit
- Wirtschaftlichkeit im Bezug auf Brandschutzanforderungen



*Aufsicht der Baustelle (Mai 2006)*



*Alhóndiga im Bauzustand*

Die Alhóndiga, ein berühmtes städtisches Weinlager in Bilbao, wurde von dem Architekten Ricardo Bastida entworfen. Das Gebäude aus Mauerwerk und Stahlbeton wurde 1909 fertiggestellt. Nach 1970 wurde die Alhóndiga nicht mehr gebraucht und 1998 wurde die Renovierung beschlossen. Die Erneuerung der Alhóndiga Bilbao erfolgte in mehreren Phasen.

2001 wurde der innere Teil des ursprünglichen Gebäudes über Grund abgetragen, gefolgt von der Verstärkung der alten Umfassungsmauern und Keller sowie den Renovierungsarbeiten an der Fassade und den Türmen. Der Bau einer 5-geschossigen Tiefgarage mit einer Kapazität von 985 PKW-Stellplätzen (5800 m<sup>2</sup> pro Geschoss) begann 2002 und wurde im November 2004 fertiggestellt.

Die letzte Phase des Projekts begann im Dezember 2005 und umfasst den Bau von drei gemischt genutzten Gebäuden mit 7 Geschossen (2 Tiefgeschosse, Erdgeschoss und 4 Obergeschosse) sowie einem großen, offenen Atrium im Erdgeschoss.



*Umlaufende Kragträger im Bereich des Atriums*

Alhóndiga Bilbao wird ein neues Kultur- und Freizeitzentrum, welches vielfältig nutzbaren Raum für Bildung, Gesundheit und Unterhaltung bietet. Das Gebäude soll ein Beispiel für die Entwicklung und den Ausbau der städtischen Kultur, für neue Trends und gesunde Lebensführung darstellen. Das Gesamtbudget des Projektes beträgt rund 65 Millionen Euro. Das renovierte Gebäude, dessen Gesamtfläche beträgt mehr als 40.000 m<sup>2</sup> beträgt, wurde von dem französischen Designer Philippe Starck entworfen. Etwa 4000 Tonnen Stahl und 14.000 m<sup>2</sup> Spannbetonhohldielen wurden verbaut.

**Projektbeteiligte**

Bauherr:  
**Stadt Bilbao (La Alhóndiga, Centro de Ocio y Cultura, S.A.U.)**  
 Bauleitung:  
**BILBAO Ría 2000**  
 Architekten:  
**Philippe Starck- Starck Networks**  
 Technische Bearbeitung  
 und Bauleitung:  
**Arge MECSA-ARUP**  
 Rohbau:  
**Arge Rohbau Alhóndiga**  
**(URSA S.Coop, DRAGADOS S.A., FONORTE Empresa Constructora, S.A.)**

**Bauzeit**

Anstoss:  
**Dezember 2005**  
 Fertigstellung:  
**Mitte 2009**



*Geschraubte Verbindung im Eckbereich zwischen zwei Würfeln*

**Konstruktionsdetails**

Das Atrium mit 6195 m<sup>2</sup> Fläche ist der zentrale Bereich. Es dient als Eingangshalle, führt zu den Untergeschossen und den drei würfelförmigen Gebäudeteilen. Die Würfel beherbergen die meisten Funktionen, darunter Auditorium, Kinos, Schwimmbad, Fitnessstudio, Tanz- und Schauspielschule und kleinere Ge-



*Stahlkonstruktion der Eingangshalle*

schäfte, gruppiert nach den Themen Bildung, Gesundheit und Unterhaltung.

**Tragwerk**

Das Tragwerk des Atriums besteht aus kreuzförmigen Stützen aus HEA 550 Querschnitten (Stahlsorte S355JR) mit 16 m Höhe. Das Dach besteht aus Fachwerkträgern (Gurte: HEA 220 und HEB 140) mit 8 m Spannweite und 0,9 m Höhe und einer umlaufenden Auskrägung von 9 m Spannweite und 1,5 m Höhe.

Die Tragstruktur der drei würfelförmigen Gebäude ist ähnlich: Stützen aus kreisförmigen Hohlprofilen mit 700 mm Durchmesser und 3 m Höhe zwischen den Geschossen und geschraubten Verbindungen zu den Stahlträgern. Der Träger-

querschnitt ist jeweils an die funktionelle Nutzung des einzelnen Gebäudes angepasst. In einem der Würfel kommen paarweise Fachwerkträger mit 0,9 m Höhe und 17 m Spannweite zum Einsatz, in dem Würfel, der als Sporthalle dient, werden geschweißte Träger mit 1,6 m Höhe und 35 m Spannweite verwendet.

Die Verbindungen der Stahlrahmen werden vor Ort verschraubt. Hierdurch ergibt sich eine schnelle, wetterunabhängige Montage.

**Brandschutzkonzept**

Die Brandschutzbemessung erfolgte nach der spanischen Norm CTE DB-SI. Ein Teil der Stahlkonstruktion ist sichtbar, daher wurde ein besonders Brandschutzsystem erforderlich. Es wurde eine dämmschichtbildende Beschichtung gewählt, die eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten für das Haupttragwerk gewährleistet.

Gemäß CTE DB-SI wurden für 120 Minuten Feuerwiderstandsdauer gefordert, diese Forderung konnte jedoch durch Anwendung von Ingenieurmethoden auf 60 Minuten reduziert werden. Mittels Ingenieurmethoden war es möglich das Sicherheitsmaß der Alhóndiga Bilbao durch spezielle Analysen nachzuweisen. Diese umfassten:

- Rauchabzug im Atrium.
- Analyse des Feuerwiderstands der Gesamtstruktur.
- Erweiterte Simulationen einschließlich der Brandszenarien.

**ArcelorMittal**

Long Carbon, Research and Development,  
66, rue de Luxembourg, L - 4009 Esch/Alzette, Luxembourg  
[www.arcelormittal.com](http://www.arcelormittal.com)

**Bouwen met Staal**

Boerhaavelaan 40, NL - 2713 HX Zoetermeer,  
Postbus 190, NL - 2700 AD Zoetermeer, The Netherlands  
[www.bouwenmetstaal.nl](http://www.bouwenmetstaal.nl)

**Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)**

Espace Technologique, L'orme des merisiers - Immeuble Apollo,  
F - 91193 Saint-Aubin, France  
[www.cticm.com](http://www.cticm.com)

**Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)**

Sohnstraße 65, D - 40237 Düsseldorf,  
Germany  
[www.stahlforschung.de](http://www.stahlforschung.de)

**Labein - Tecnalia**

C/Geldo - Parque Tecnológico de Bizkaia - Edificio 700,  
48160 Derio, Bizkaia, Spain  
[www.labein.es](http://www.labein.es)

**SBI**

Vasagatan 52, SE - 111 20 Stockholm,  
Sweden  
[www.sbi.se](http://www.sbi.se)

**The Steel Construction Institute (SCI)**

Silwood Park, Ascot, Berkshire,  
SL5 7QN, United Kingdom  
[www.steel-sci.org](http://www.steel-sci.org)

**Technische Universität Dortmund**

Fakultät Bauwesen - Lehrstuhl für Stahlbau  
August-Schmidt-Straße 6, D - 44227 Dortmund, Germany  
[www.uni-dortmund.de](http://www.uni-dortmund.de)