

*Best Practice in Europa*

# WOHNGEBÄUDE MIT STAHL

Handbuch für Architekten, Tragwerksplaner & Bauherren



# Inhalt

Dieses Dokument präsentiert bewährte Lösungen für die Gestaltung von Wohngebäuden 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 Büro- und Verwaltungsbau bzw. im Industriebau.

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 Tecalia

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 978-1-85942-027-0

© 2008. Technische Universität Dortmund

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

Titel: Liljeholmstorget (Stockholm, Schweden)

Foto: JM AB

## 01 Einleitung



1

## 02 Entwurfsaspekte



2

## 03 Deckensysteme



6

## 04 Wände



14

## 05 Primärtragwerke aus Stahl



22

## 06 Modulbauweise



30

## 07 Fassaden & Dächer



36

## 08 Nationale Besonderheiten



43

## 09 Fallstudien



55

# 01 Einleitung

**Der Entwurf eines Wohngebäudes wird von zahlreichen Faktoren bestimmt. Diese beinhalten neue Anforderungen an die Nachhaltigkeit sowie an den Schall- und Wärmeschutz. Umweltziele, wie die Reduzierung des Flächenverbrauchs bei gleichzeitiger Berücksichtigung der sozialen und kulturellen Bedürfnisse der Bevölkerung haben ebenfalls einen Einfluss auf die Wahl der Bauweise. Die Nachfrage nach nachhaltigeren und effizienteren Bauabläufen führt dazu, dass ein höherer Vorfertigungsgrad und eine verbesserte Qualität der einzelnen Komponenten gefordert wird.**

Der Stahlbau hat in anderen Anwendungsbereichen einen hohen Marktanteil erreicht. Dieselben Technologien können auch im Wohnungsbau angewendet werden. Die Hauptvorteile sind: Kurze Bauzeiten, hohe Qualität, Langlebigkeit und die Möglichkeit, eine variable und anpassungsfähige Raumnutzung zu erzielen.

Diese Veröffentlichung behandelt den Einsatz von Stahl im Wohnungsbau. Dabei werden unterschiedliche Arten von Wohngebäuden einschließlich Gebäuden mit einer kombinierten Nutzung aus Wohn- und Gewerbeflächen behandelt.

Die vorgestellten Bauweisen können entweder separat oder auch in kombinierter Form zum Einsatz kommen. Diese Hybridformen führen zu einer Reihe interessanter Entwürfe.

Die Broschüre behandelt sowohl Aspekte des Tragwerks als auch der Bauphysik. Nationale Besonderheiten werden ebenfalls erörtert. Die vorgestellten Bauweisen werden anhand einer Reihe von Fallstudien verdeutlicht.

*Abbildung 1.1 3-geschossige Reihenhäuser in Stahlleichtbauweise (Basingstoke, UK)  
HTA Architects*



# 02 Entwurfsaspekte

**Der Entwurf von Wohngebäuden ist ein Zusammenspiel verschiedenster Faktoren. Der folgende Leitfaden zielt darauf ab, diese Faktoren aufzuzeigen und die Vorteile der Stahlbauweise herauszustellen**

## Marktsituation im Wohnungsbau

Wohnungsneubauten machen weniger als 1% des gesamten Wohnungsbestandes in Europa aus. Dennoch hat dieser Sektor eine große Relevanz, da hier bedeutende Verbesserungen bezüglich Energieeffizienz und Nachhaltigkeit sowie sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Gesichtspunkte erzielt werden können. Wohngebäude sind für 27% aller CO<sub>2</sub> Emissionen innerhalb der EU verantwortlich und daher ein Hauptziel für die Verbesserung der Energieeffizienz. Die Renovierung von Bestandsbauten eröffnet somit einen signifikanten zusätzlichen Markt.

Wichtige europaweite Trends auf dem aktuellen Wohnungsbaumarkt sind:

- Verbesserung des Wärmeschutzes und Nutzung erneuerbarer Energien, um den Verbrauch von Primärenergie zu reduzieren
- Innerstädtische Verdichtung und Nutzung alter Industriebrachen, um den Flächenverbrauch zu reduzieren
- Kurze Bauzeiten und Qualitätskontrolle durch Vorfertigung
- Reduktion von Bau- und Unterhaltungskosten
- Zunahme von Ein-Personen-Haushalten und steigende Nachfrage nach Altenwohnungen als Folge des gesellschaftlichen Wandels
- Bereitstellung von anpassungsfähigen, nutzungsflexiblen Gebäuden

Stahlbauweisen werden diesen Anforderungen auf ideale Weise, z.B. durch einen hohen Vorfertigungsgrad, gerecht. Dies gilt insbesondere im Bereich des Ge-

schosswohnungsbaus, wo kurze Bauzeiten eine tragende Rolle spielen.

Verstärkt zeigt sich die Tendenz hin zu Gebäuden mit gemischter Wohn- und Gewerbenutzung und Bereichen für Wohnen, Arbeiten und Freizeit. Langfristige Flexibilität in der Nutzung ist heute wichtiger denn je.

Beim Wohnungsneubau im innerstädtischen Bereich werden verstärkt mehrgeschossige Bauten bevorzugt um den Flächenverbrauch zu optimieren. Ein weiteres Geschoss kann durch die effiziente Nutzung der Dachräume geschaffen werden. Küchen und Sanitärzellen können in Modulbauweise erstellt werden und ermöglichen somit eine ökonomische zeitnahe und effiziente Umsetzung neuer Projekte.

## Nachhaltigkeit

Umweltschutz- und Nachhaltigkeitsfaktoren bestimmen in zunehmendem Maße den Entwurf eines Neubaus. Bezüglich Wärmeschutz und Nachhaltigkeit existieren in den jeweiligen Ländern die verschiedensten Vorschriften. Generell lassen diese sich unter den folgenden Punkten zusammenfassen:

- Reduktion des Primärenergieverbrauchs und somit der CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Minimierung von Materialverbrauch und Abfall und vermehrter Gebrauch recyclebarer Materialien.
- Effizienter Gebrauch von Wasser und Wiederaufbereitung des Grauwassers.
- Umweltschutz

*Marktsituation im Wohnungsbau*

*Nachhaltigkeit*

*Kurze Bauzeiten*

*Langfristige Nutzung*

*Schallschutz*

*Brandschutz*

*Wärmeschutz*

*Lasten*





Abbildung 2.1 Wohngebäude in Helsinki mit integrierten Balkonen  
Kahri Architects

- Schaffung eines attraktiven Wohnumfelds zur Verbesserung von Gesundheit und Wohlbefinden

Der Stahlbau schneidet in Bezug auf Fragen der Nachhaltigkeit gut ab. Stahl ist zum Beispiel zu 100% wiederverwertbar und die kleine Menge an Abfällen, die bei der Herstellung und beim Bau anfällt, wird recycelt. Nach Ablauf der Lebensdauer eines Gebäudes können alle Stahlbauteile wiederverwendet oder dem Recycling zugeführt werden.

Vorfertigung der Stahlkomponenten erhöht die Produktivität auf der Baustelle, verkürzt die Bauzeit um bis zu 70% und reduziert die Beeinträchtigung des Umfelds durch den Bauprozess. Durch Anwendung von Stahl können flexible und anpassungsfähige Gebäude geschaffen werden, wodurch die Nutzungsdauer erhöht werden kann.

### Kurze Bauzeiten

Charakteristisch für den Stahlbau sind die kurzen Montagezeiten auf der Baustelle und die erhöhte Effizienz durch den hohen Vorfertigungsgrad. Studien zeigen, dass flächige Bauteile wie Paneelsysteme

30-40% schneller errichtet werden können als Wände in Mauerwerk. Durch Einsatz von vollständigen vorgefertigten Modulen verkürzt sich die Montage gegenüber traditionellen Bauweisen um 60 bis 70%.

Kostenvorteile geringerer Bauzeiten sind:

- Reduzierte Baustelleneinrichtung und -kosten
- Schneller Kapitalrückfluss für den Investor
- Weniger Zinskosten während der Bauperiode.

Diese Vorteile führen zu einer höheren Rendite auf das eingesetzte Kapital.

Kurze Bauzeiten spielen besonders bei der Errichtung großer Wohnanlagen eine große Rolle.

### Langfristige Nutzung

Die Lebensdauer eines Wohngebäudes beträgt in der Regel 60 Jahre. Dies bezieht sich in der Regel auf Tragwerk und Gebäudehülle. Gebäude müssen daher flexibel in der Nutzung sein und anpassungsfähig auf eventuelle zukünftige Anforderungen reagieren. Die Stahlbauweise ermöglicht dies z.B. durch Trennung

von Tragwerk und Ausbau und durch Einsatz weit gespannte Deckensysteme.

Messungen an Gebäuden unter verschiedenen klimatischen Bedingungen beweisen die Dauerhaftigkeit von feuerverzinktem Stahl. Für Stahlbauteile im Inneren von Gebäuden kann eine Lebensdauer von mehr als 100 Jahren gewährleistet werden.

### Schallschutz

Effektive Schalldämmung von Wohnungstrennwänden und Decken ist essentiell für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bewohner. Die Schallschutz-Eigenschaften eines Bauteils bezüglich der Luftschallübertragung zwischen Räumen werden durch das Schalldämm-Maß (in dB) beschrieben. Dieser Wert wird durch Standard-Tests nach EN ISO 717-1 unter Berücksichtigung einer Reihe von Frequenzen zwischen 100 und 3150 Hz ermittelt. Für Decken ist außerdem die Übertragung durch Trittschall zu berücksichtigen. Hierbei darf der Trittschallpegel einen gewissen Wert nicht überschreiten.

Der Mindestwert für das Schalldämm-Maß für Trennwände und Decken zwischen Wohnungen ist in den einzelnen Ländern



Abbildung 2.2 16-geschossiges Studentenwohnheim mit Haupttragkonstruktion aus Stahl und nichttragenden Wänden in Stahlleichtbauweise (Southampton, UK)



Abbildung 2.3 Wohngebäude in Evreux, Frankreich: Haupttragwerk aus Walzprofilen, Decken und Wände in Stahlleichtbauweise  
Architekten: Dubosc & Landowski

Tabelle 2.1 Typische Lasten für Wohngebäude

Art der Last	Übliche Werte (kN/m <sup>2</sup> )
<b>Verkehrslasten</b>	
Wohnräume	1,5 bis 2,0
Treppenhäuser inkl. Zugänge	3,5
Verkaufsräume	2 bis 5
Leichte Trennwände	0,8 bis 1,2
<b>Eigengewicht</b>	
Stahlleichtbauwände	0,5 bis 1,0
Stahlleichtbaudecken	0,7
Leichte Dächer	0,5
Dächer mit Pfannen	0,9
Haupttragwerk aus Stahl	0,3 bis 0,5
Verbunddecken	2,5 bis 3,5
Decken aus Betonfertigteilen	2,5 bis 4

normativ geregelt. Diese Werte werden durch Messungen an fertiggestellten Gebäuden bestimmt und berücksichtigen auch den Einfluss der Schallübertragung durch angrenzende Bauteile.

## Brandschutz

Auf den Brandschutz im Wohnungsbau haben folgende Faktoren einen Einfluss: Flucht- und Rettungswege, Vermeidung von Brandüberschlag, Erhalt der Tragfähigkeit, Bereitstellung von aktiven Brandschutzmaßnahmen. Die Anforderungen an die Tragfähigkeit im Brandfall werden in der Regel durch die Feuerwiderstandsdauer ausgedrückt.

Die Feuerwiderstandsdauer wird anhand von Standard-Brandversuchen ermittelt und wird durch Vielfache von 30 Minuten ausgedrückt. Für die meisten Wohnungen und Wohnhäuser ist eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten ausreichend, für Trennwände zwischen Wohnungen werden z.T. 60 Minuten gefordert. Dies ist abhängig von nationalen Vorschriften.

Höhere Gebäude erfordern 90 Minuten Feuerwiderstand um eine ausreichende

Stabilität und wirksame Brandbekämpfung zu gewährleisten. In der Regel erzielen Wände und Decken, die einen ausreichenden Schallschutz gewährleisten, auch mindestens eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten.

## Wärmeschutz

Eines der wirksamsten Mittel zur Verringerung des Primärenergieverbrauchs ist eine verbesserte Wärmedämmung der Gebäudehülle, wie etwa durch Reduzierung der Wärmeverluste und Steigerung der Luftdichtheit. Das Wärmedämm-Maß der Gebäudehülle wird durch den U-Wert ausgedrückt, der den Wärmeverlust durch eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> Außenwand bzw. Dach pro Grad Temperaturunterschied zwischen innen und außen beschreibt.

Für Fassaden gilt in der Regel ein maximaler U-Wert von 0,3 W/m<sup>2</sup>K, für Dächer gilt allgemein ein U-Wert von 0,2 W/m<sup>2</sup>K als Obergrenze. Diese Werte variieren je nach Land und können durch Anordnung der Dämmung auf der Außenseite der Stahlunterkonstruktion von Dach und Wänden erreicht werden, so dass die Gefahr von Kältebrücken und Kondensation

auf ein Minimum reduziert wird. Eine Neuerung ist die Verwendung von perforierten oder geschlitzten Stahlleichtprofilen zur Verringerung von Kältebrücken. Der größte Teil der Dämmung kann zwischen den leichten Stahlkomponenten verlegt werden und führt zu einer Reduzierung der Wanddicke

## Lasten

Die wichtigsten Arten von Lasten Belastung für Wohngebäude sind:

- Eigengewicht (einschließlich Ausbau)
- Verkehrslasten (einschließlich höherer Lasten in öffentlichen Bereichen)
- Windlasten
- Schneelasten

Typische Lasten sind in Tabelle 2.1 zusammengestellt. Gebäude aus Stahl sind wesentlich leichter als Gebäude in Massivbauweise und führen zu reduzierten Gründungskosten.



# 03 Deckensysteme

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

Decken können zwischen tragenden Wänden in Stahlleichtbauweise spannen oder auf Trägern einer primären Stahlkonstruktion aufliegen.

In diesem Leitfaden werden drei allgemeine Formen von Deckensystemen beschrieben:

- Decken in Stahlleichtbauweise
- Verbunddecken
- Verbundrippendecken

Decken in Stahlleichtbauweise bestehen in der Regel aus C-Profilen, für größere Spannweiten werden auch Fachwerkträger verwendet. Sie werden entweder als Einzelbauteile oder in Form von flächenhaften Elementen (als vorgefertigte Kassetten) montiert.

Verbunddecken bestehen aus Ortbeton auf profilierten Stahlblechen. Verbunddecken stellen eine äußerst tragfähige, feuerbeständige und akustisch hervorragende Bauweise dar und werden in zunehmendem Maße in Wohngebäuden verwendet. In der Regel wirken die Deckenplatten mit den unterstützenden Stahlträgern im Verbund, in einigen Fällen werden sie jedoch direkt auf Stahlleichtbauwände aufgelegt.

Verbundrippendecken können mit verschiedenen Formen von Blechen mit tiefer Profilierung erstellt werden. Die übliche Dicke beträgt 300 mm. Stahlträger können in die Platte integriert werden um eine Flachdecke zu realisieren, siehe Abschnitt 4.

*Decken in  
Stahlleichtbauweise*

*Verbunddecken*

*Verbundrippendecken*



Abbildung 3.1 Decken und Wände in Stahlleichtbauweise  
Fusion Building Systems



## Decken in Stahlleichtbauweise

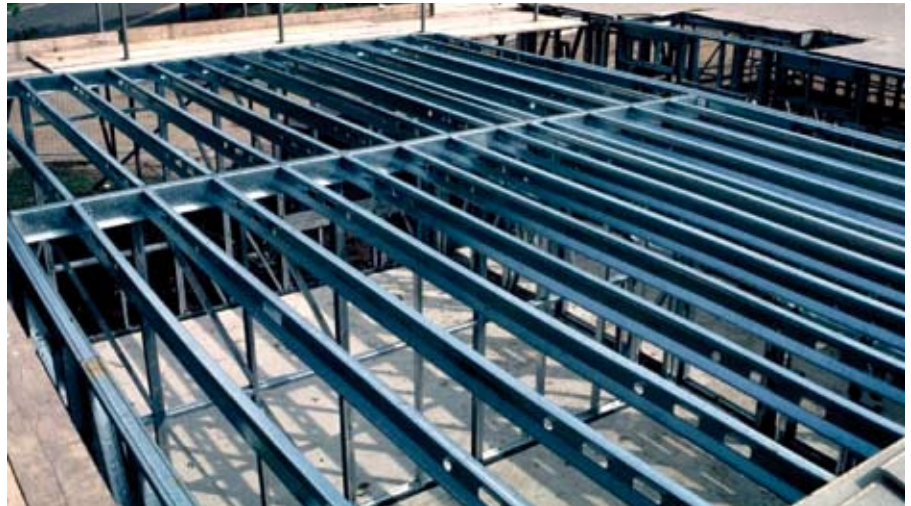


Abbildung 3.2 Leichtbaudecken, die auf Z-Profilen oberhalb der Wände aufliegen

### Beschreibung

C-Profile für Deckenträger sind in der Regel 150 bis 300 mm hoch und sind in Blechdicken von 1,6 bis 2,4 mm aus verzinktem Stahl S280 bis S390 nach EN 10326 verfügbar. Fachwerkträger sind in der Regel 300 bis 500 mm hoch und ermöglichen die Durchführung von Leitungen bis 100 mm Durchmesser zwischen den Streben. Die Träger werden in der Regel im Abstand von 400 mm bis 600 mm angeordnet. Dies entspricht den maximalen Spannweiten der Fußbodenplatten bzw. der Unterdecke.

Die Deckenträger werden direkt auf den tragenden Elementen oder auf Z-Profilen, die über den Trägern oder Wänden verlaufen, befestigt, so dass eine flexible Anordnung möglich ist, siehe Abbildung 3.2. Bei der Verwendung von vorgefertigten flächenhaften Kassetten gibt es häufig spezielle Befestigungspunkte zur Verbindung von Decke und Wänden.

Ein Gipsestrich kann auf den Fußbodenplatten angeordnet werden, um Steifigkeit und Schalldämmung zu verbessern. Stahlprofilbleche können anstelle von Bodenplatten verwendet werden um die Verbundwirkung zu nutzen. Diese Form der Konstruktion ist in Abbildung 3.3 dargestellt.

Für größere Spannweiten können warmgewalzte oder geschweißte Stahlträger zur Unterstützung der Deckenträger verwendet werden. Diese Träger können in die Decke integriert werden, indem die C-Profile auf dem Untergurt der Träger angeordnet werden, siehe Abbildung 3.4.

### Hauptkriterien für den Entwurf

Die Deckenträger tragen die Fußbodenplatten und die Gipskartonplatten unterhalb der Decke, die von ausreichender Stärke sein müssen, um Schall- und Brandschutz zu gewährleisten. Diese Anforderungen führen oft dazu, dass 2 oder 3 Lagen von Gipskartonplatten unter der Decke und Mineralwolle oder Glaswolle zwischen den Trägern verwendet wird. In Badezimmern und Küchen wird manchmal eine Installationszone unter dem Boden benötigt, z.B. in Form einer abgehängten Decke.

Das geringe Gewicht dieser Decken führt dazu, dass die Empfindlichkeit gegenüber Schwingungen steigt. Der Entwurf muss sicherstellen, dass Gehen und andere normale Aktivitäten nicht zu Resonanzen führen. Eine minimale Eigenfrequenz von 8 Hz wird in der Regel für leichte Böden empfohlen.

Abbildung 3.3 Leichte Fachwerkträger und Einsatz von zusätzlichem Estrich für weitgespannte Leichtbaudecken  
Metek Building Systems



Abbildung 3.4 Stahlleichtbaudecken auf Primärtragwerk aus Walzprofilen  
Ruukki



#### Vorteile

- auf der Baustelle einfach zu montieren
- guter Schall- und Brandschutz
- Gute Verfügbarkeit von verschiedenen Trägergrößen
- Kassetten können vorgefertigt und als größere Komponenten montiert werden

#### Brandschutz

Feuerwiderstand wird durch zwei oder drei Schichten Gipskartonplatten gewährleistet. Die Maßnahmen für einen wirksamen Schallschutz führen in der Regel zu 60 Minuten Feuerwiderstand. Eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten wird durch 2 Lagen 12 mm dicker, feuerbeständiger Gipskartonplatten unter den Deckenträgern erreicht.

#### Schallschutz

Ein gutes Schalldämm-Maß wird durch die Detailausbildung in Abbildung 3.5 erzielt, bei der die Schallübertragung durch die angrenzenden Wände vermieden wird. Verschiedene Arten von elastischen Bodenbelägen und Mineralwolle zwischen den Träger reduzieren die Schallübertragung.

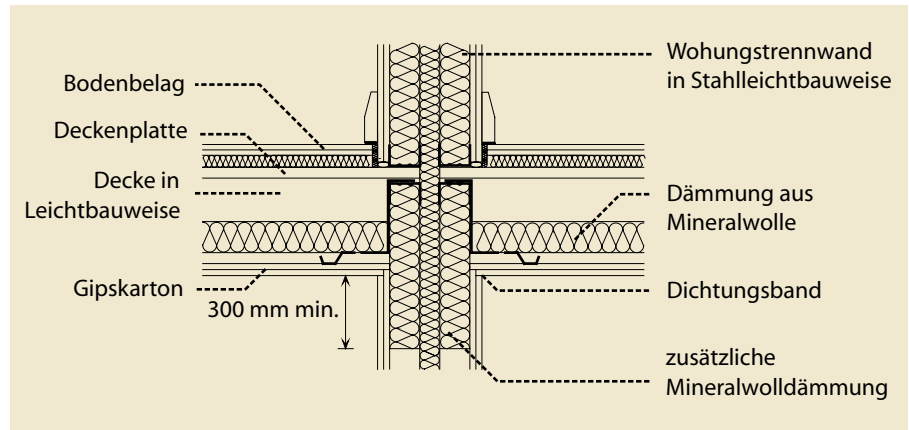


Abbildung 3.5 Anschluss von Wand und Decke unter Berücksichtigung des Schallschutzes

**Lasten und Verformungen**

Stahlleichtbaudecken sind für Verkehrslasten von bis zu 3 kN/m<sup>2</sup> bei Spannweiten von 3 bis 6 m ausgelegt (Tabelle 3.1). Verformungen sollten auf die folgenden Maximalwerte begrenzt werden, so dass sie nicht wahrnehmbar sind und Schwingungen minimiert werden:

- Spannweite/350, oder maximal 15 mm unter Eigengewicht und Verkehrslast (charakteristische Werte)
- Spannweite/450 unter der Verkehrslast allein
- Lokale Durchbiegung von weniger als 1,5 mm unter einer Einzellast von 1 kN, unter Berücksichtigung der Lastausbreitung

Die Verformungsgrenze von 15 mm sorgt dafür, dass die Decke eine Eigenfrequenz von 8 Hz erreicht, und führt zu den maximalen Spannweiten in Tabelle 3.1.

**Deckenpaket**

Die Gesamtdicke einer Decke in Stahlleichtbauweise, einschließlich der Unterdecke aus Gipskartonplatten, beträgt in der Regel:

- 300 mm für Deckenspannweiten bis zu 3,8 m;
- 400 mm für Deckenspannweiten bis zu 4,8 m;
- 500 mm für Deckenspannweiten bis zu 6 m.

Deckenträger	Trägerabstand (mm)	Max. Spannweite kleine Wohngebäude (m)	Max. Spannweite mehrgeschossige Wohngebäude (m)
C 150 x 1,6	400	3,8	3,6
C 200 x 1,6	400	4,8	4,5
C 200 x 2,0	400	5,2	4,8
Fachwerkträger 250 mm	400	5,0	4,8
Fachwerkträger 300 mm	400	5,5	5,2
Fachwerkträger 300 mm mit 40 mm Estrich	600	6,0	5,7

*kleine Wohngebäude:* Nutzlasten = 1,5 kN/m<sup>2</sup>    Eigengewicht = 0,5 kN/m<sup>2</sup>  
*mehrgeschossige Wohngebäude:* Nutzlasten = 2,5 kN/m<sup>2</sup>    Eigengewicht = 0,7 kN/m<sup>2</sup> (1,7 kN/m<sup>2</sup> inkl. Estrich)

Tabelle 3.1 Gebräuchliche Spannweiten von leichten Deckenträgern in Wohngebäuden

## Verbunddecken

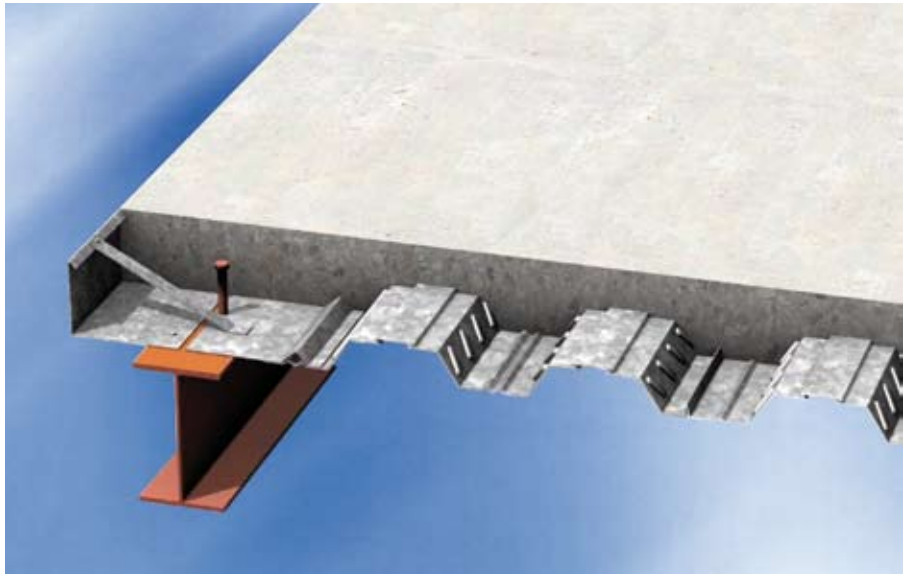


Abbildung 3.6 Verbunddecke und Verbundrandträger Kingspan

### Beschreibung

Verbunddecken bestehen aus profilierten Stahlblechen und einer Platte aus Ortbeton, siehe Abbildung 3.6. Die Wahl von Profilblech und Betonplatte erfolgt mit Hilfe von Bemessungstabellen oder Software der Hersteller. Montageunterstützungen sind in der Regel nicht erforderlich. Die Verbunddecke wird in der Regel als Einfeldträger zwischen zwei Trägern bemessen.

Eine Verbunddecke ist in der Regel 120 bis 160 mm dick. In der Betonplatte wird Bewehrung in Form von Matten angeordnet. In einigen Fällen wird zusätzliche Bewehrung in den Rippen angeordnet, um die Feuerwiderstandsdauer zu vergrößern. Eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten kann jedoch schon bei einem nominellen Bewehrungsgrad von 0,2% erreicht werden.

### Hauptkriterien für den Entwurf

Verbunddecken sind schlanke Tragwerke (Verhältnis von Spannweite zu Dicke bis zu 32). Hauptkriterium für den Entwurf ist die Anordnung der Träger so, dass die Montage des Profilblechs ohne Abstützung erfolgen kann.

Die maximalen Abstände der unterstützenden Träger oder Wände sollten daher wie folgt gewählt werden:

- 3 m für Profilbleche mit 50 mm Höhe
- 3,6 m für Profilbleche mit 60 mm Höhe
- 4,2 m für Profilbleche mit 80 mm Höhe

Vorbemessungstabellen sind in Tabelle 3.2 angegeben. Durch Montageunterstützungen können größere Spannweiten erzielt werden, wenn die darunterliegende Decke die Lasten aus den Hilfsstützen abtragen kann. Eine Ausbildung der Profilbleche als Mehrfeldträger ist anzustreben.

### Vorteile

- Hohe Tragfähigkeit und Steifigkeit
- Gute Verfügbarkeit von Walzprofilen und Profilblechen
- Montageunterstützungen sind in der Regel nicht erforderlich
- Guter Schall- und Brandschutz



<b>Brandschutz</b>	Die effektive Deckendicke beeinflusst die Dämmwirkung des Betons für den Stahl, daher sind für längere Feuerwiderstände dickere Platten erforderlich. Der erforderliche Bewehrungsgrad erhöht sich auch mit der Feuerwiderstandsdauer, da die Wirksamkeit der Bewehrung bei hohen Temperaturen abnimmt. Für verschiedene Plattendicken und Bewehrungsgrade sind in Tabelle 3.2 maximale Spannweiten und Feuerwiderstände angegeben.
<b>Schallschutz</b>	Verbunddecken in Kombination mit Gipskartonplatten können ein exzellentes Schalldämm-Maß von mehr als 60 dB erreichen.
<b>Lasten und Verformungen</b>	Bei Wohngebäuden können Deckenplatten von 150 mm Dicke unter Verwendung von Profiblechen mit 80 mm Höhe für Spannweiten bis 4,5 m ohne Montageunterstützung verwendet werden. Durchbiegungen unter Verkehrslasten sind auf L/360 zu begrenzen, die Durchbiegungen aus Betonierlasten dürfen bis zu L/180 betragen.
<b>Deckenpaket</b>	Die Gesamthöhe des Deckenpakets einer Verbunddecke kann 250 mm inklusive Schalldämm-Maßnahmen und Gipsplatten betragen. Können die unterstützenden Stahlträger nicht in die Wände integriert werden, sollte in der Entwurfsphase eine Höhe von 600 mm angenommen werden.

Statisches System	Feuerwiderstandsdauer (Min.)	Plattendicke (mm)	Bewehrung (cm <sup>2</sup> /m)	Maximale Spannweite (m) bei Nutzlasten von			
				t = 0,9 mm		t = 1,2 mm	
				3,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>
Einfeldträger, keine Montagestützen	60	120	1,42	2,8	2,8	3,2	3,2
	90	130	1,93	2,7	2,7	3,1	3,0
Zweifeldträger, keine Montagestützen	60	120	1,42	3,2	3,2	3,9	3,7
	90	130	1,93	3,1	3,1	3,8	3,5
	120	150	2,52	2,9	2,9	3,5	3,4
Eine Reihe Hilfsstützen	60	120	3,53*	3,8	3,4	4,0	3,6
	90	130	3,53*	3,4	3,1	3,6	3,3
	120	150	3,53*	3,1	2,9	3,3	3,0

t = Dicke des Profiblechs      \* wird zur Verhinderung von Rissen im Stützbereich benötigt      erf. Bewehrungsmenge gilt für beide Richtungen

(a) Profiblechhöhe 60 mm

Statisches System	Feuerwiderstandsdauer (Min.)	Plattendicke (mm)	Bewehrung (cm <sup>2</sup> /m)	Maximale Spannweite (m) bei Nutzlasten von			
				t = 0,9 mm		t = 1,2 mm	
				3,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>	3,5 kN/m <sup>2</sup>	5,0 kN/m <sup>2</sup>
Einfeldträger, keine Montagestützen	60	150	1,93	3,7	3,2	4,1	3,5
	90	160	2,52	3,8	3,2	3,9	3,3
Zweifeldträger, keine Montagestützen	60	150	1,93	4,2	3,8	4,6	4,1
	90	160	2,52	4,1	3,9	4,5	4,0
	120	170	3,93	4,0	3,9	4,3	3,9

(b) Profiblechhöhe 80 mm

Tabelle 3.2 Vorbemessungstabellen für Verbunddecken

## Verbundrippendecken



Abbildung 3.7 Primärtragwerk aus Stahl, Verbundrippendecken mit ASB-Profilen und nichttragende Wände

### Beschreibung

Profilbleche mit tiefer Profilierung können für Verbundrippendecken mit einer typischen Deckenstärke von 300 mm verwendet werden. Spannweiten von bis zu 6 m können so ohne Hilfsunterstützungen realisiert werden. Das Profilblech ist in der Regel, je nach Produkt, 190 bis 225 mm hoch. Die minimale Betonüberdeckung beträgt je nach geforderter Feuerwiderstandsdauer 70 bis 90 mm.

Das *Slimdek* System von Corus verwendet entweder asymmetrische ASB-Profile oder HE-Querschnitte mit einem untergeschweißten Blech. Die SD225 Profilbleche werden auf den Untergurt aufgelegt, siehe Abbildung 3.7. Dieses System ist im Wohnungsbausektor insbesondere in den Niederlanden und in Großbritannien weit verbreitet, siehe Abschnitt 8. Als Randträger werden häufig Rechteckhohlprofile mit einer untergeschweißten Platte verwendet.

Die *Hoesch Additiv Decke*<sup>®</sup> ist ein Deckensystem, bei dem die Profilbleche auf speziellen Stahlknaggen, die auf den Trägerflansch aufgeschweißt sind, befestigt sind. Dieses System wird oft für Parkhäuser mit einer Stützweite von 5,50 m angewandt.

*Cofradal* ist ein leichtes Deckenelement aus einem Deckblech, in das druckfeste Mineralwolle eingelegt wird, und einem dünnen Aufbeton. Die Deckenstärke beträgt 200 mm bei einer Spannweite bis zu 6 m. (Abschnitt 8)

### Hauptkriterien für den Entwurf

Verbundrippendecken können große Spannweiten überbrücken. Hauptkriterium für den Entwurf ist die Anforderung, im Bauzustand auf Hilfsunterstützungen zu verzichten. Typische Spannweiten sind:

- 225 mm Profilhöhe - 6 m Spannweite bei einer Gesamtdicke von 300 mm
- 190 mm Profilhöhe - 5,4 m Spannweite bei einer Gesamtdicke von 270 mm

Für den Feuerwiderstand ist eine zusätzliche Bewehrung erforderlich. Mit Montageunterstützungen können Spannweiten von bis zu 9 m erreicht werden. Aus Gebrauchstauglichkeitsgründen wird ein Spannweite:Plattendicke-Verhältnis von 25 und eine Bewehrung empfohlen.

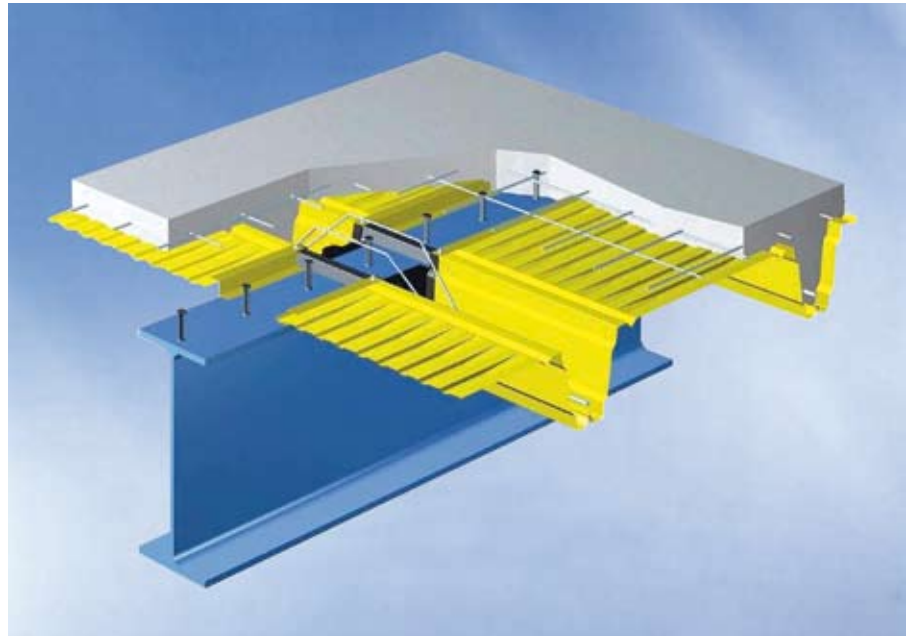


Abbildung 3.8 Hoesch Additiv Decke

**Vorteile**

- Hohe Tragfähigkeit und Steifigkeit
- Große Spannweiten, bis zu 6 m ohne Hilfsunterstützung
- Gute Schall- und Brandschutzeigenschaften
- Geringe Gesamthöhe durch den Einsatz integrierter Träger
- Freiheit in der Grundrissgestaltung

**Brandschutz**

Für den Brandschutz können folgende Richtlinien als Hilfestellung für den Entwurf von Verbundrippendecken mit Bewehrung in den Rippen dienen:

Feuerwiderstand (Min.)	Minimale Plattendicke oberhalb des Profilblechs	erf. Bewehrung pro Rippe	erf. Bewehrung in Platte
30	60 mm	1 Ø 12	1,42 cm <sup>2</sup> /m
60	70 mm	1 Ø 16	1,93 cm <sup>2</sup> /m
90	90 mm	1 Ø 20	2,52 cm <sup>2</sup> /m

Plattenbewehrung in beiden Richtungen anordnen

Tabelle 3.3 Brandschutzanforderungen für Verbundrippendecken

**Schallschutz**

Ein Schalldämm-Maß von bis zu 60 dB wird hier erreicht. Im Bereich der Anschlüsse von Wänden müssen spezielle Detaillösungen entwickelt werden.

**Deckenpaket**

Die Deckenstärke beträgt in der Regel 400 bis 500 mm und beinhaltet Schallschutzelemente und Abhangdecken. Durch Verwendung von integrierten Trägern können leichte Trennwände überall im Grundriss je nach Bedarf angeordnet werden.

# 04 Wände

**Dieser Abschnitt beschreibt unterschiedliche Konstruktionsarten für Außen- und Innenwände in Stahlleichtbauweise. Die Hauptmerkmale der einzelnen Wandsysteme werden zusammen mit Leitlinien zu wichtigen Gestaltungsfragen präsentiert. Die Wärmedämmeigenschaften der Außenwandsysteme werden in Abschnitt 7 vorgestellt.**

Wände können in leichter Stahlrahmenbauweise als Teil der tragenden Struktur oder als nichttragende Elemente innerhalb einer primären Stahlrahmenkonstruktion ausgebildet werden. Es gibt drei allgemeine Formen von Wänden Stahlleichtbauweise:

- Tragende Wände
- Nichttragende Außenwände
- Trennwände mit und ohne Schallschutzfunktion

Tragende Wände können zur Abstützung von Leichtbaudecken in Verbindung mit C-Profilen oder Kassettendecken genutzt

werden. Alternativ können die Verbunddecken auch auf umlaufenden C-Profilen aufliegen. Tragende Wände in Stahlleichtbauweise werden bislang in Gebäuden mit bis zu 8 Geschossen eingesetzt.

Nichttragende Außenwände werden in Gebäuden mit einem Haupttragwerk aus Stahl oder Beton verwendet. Sie dienen dem Raumabschluss und der Aufnahme von Fassaden- und Windlasten. Sie können vorgefertigt werden oder in Form von einzelnen C-Profilen montiert werden. Dieselbe Konstruktionsart wird auch für leichte Trennwände verwendet.

*Tragende Wände in Stahlleichtbauweise*

*Nichttragende Außenwände*

*Trennwände mit und ohne Schallschutzfunktion*



*Abbildung 4.1 Montage von nichttragenden Außenwänden an Haupttragwerk aus Stahl  
Kingspan Architectural*



## Tragende Wände in Stahlleichtbauweise



Abbildung 4.2 Montage von tragenden und aussteifenden Stahlleichtbauwänden  
Fusion Building Systems

### Beschreibung

Tragende Wände in Stahlleichtbauweise bestehen aus C-Profilen mit einer Höhe von 70 bis 150 mm und Blechdicken von 1,6 bis 2,4 mm, die zu zweidimensionalen Wandelementen verbunden werden. In der Regel dient die darunterliegende, bereits fertiggestellte Decke bei der Montage als Arbeitsplattform. Der Einsatz ausgesteifter Wandelemente ist in Abb. 4.2 dargestellt. Die Kräfte werden hier direkt durch die Wand abgetragen. Die Decken liegen zumeist auf einem Z-Profil oberhalb der Wände auf.

Zur Anpassung an die Standardbreiten von Gipskartonplatten von 1,2 oder 2,4 m werden die Ständerprofile mit C-Querschnitt in einem Abstand von 300, 400 oder 600 mm angeordnet. Im Allgemeinen werden innerhalb einer Wand C-Profile einer Größe verwendet, wobei neben großen Öffnungen oder in anderen hochbeanspruchten Bereichen mehrere C-Profile angeordnet werden. Zweischalige Wände werden bevorzugt, es können aber auch einschalige Wände verwendet werden, sofern diese nicht von Leitungen durchbrochen werden.

Tragende Wände in Stahlleichtbauweise gibt es in den folgenden Formen:

- Zweischalige Wände mit einer Dämmung aus Mineralwolle oder Glaswolle zwischen den C-Profilen und zwei Lagen Gipskartonplatten auf den Außenseiten
- Zweischalige Wände wie oben, jedoch mit einer festen Dämmplatte zwischen den C-Profilen
- Einschalige Wände mit mindestens 100 mm hohen C-Profilen mit dazwischen gelegter Mineralwolle. Zwei Lagen Gipskartonplatten werden mit Hilfe von nachgiebigen Schienen an den Außenseiten der C-Profile befestigt.

Diese drei Konstruktionsformen sind in Abb. 4.3 dargestellt. Zweischalige Wände werden vor allem für Wohnungstrennwände verwendet und haben in der Regel eine Dicke von 300 mm. In allen anderen Fällen sind einschalige Wände mit einer Dicke von 150 mm ausreichend.

C-Profil (Höhe x Breite x Blechdicke)	Effektive Wandhöhe (m)	Querschnittswiderstand		Bauteilwider- stand infolge Knicken (kN)	Reduzierter Bauteilwider- stand infolge exzen- trischer Last (kN)
		Biegung (kNm)	Druck (kN)		
70 x 45 x 1,2	2,5	1,4	58	32	18
70 x 45 x 1,2	3,0				
100 x 45 x 1,6	2,5	3,1	89	53	29
100 x 45 x 1,6	3,0				

Hinweis: Reduzierte Bauteilwiderstände in dieser Tabelle berücksichtigen die Exzentrizität der Druckkraft

Tabelle 4.1 Herstellerangaben zum Bauteilwiderstand von tragenden Wandständern mit C-Profil

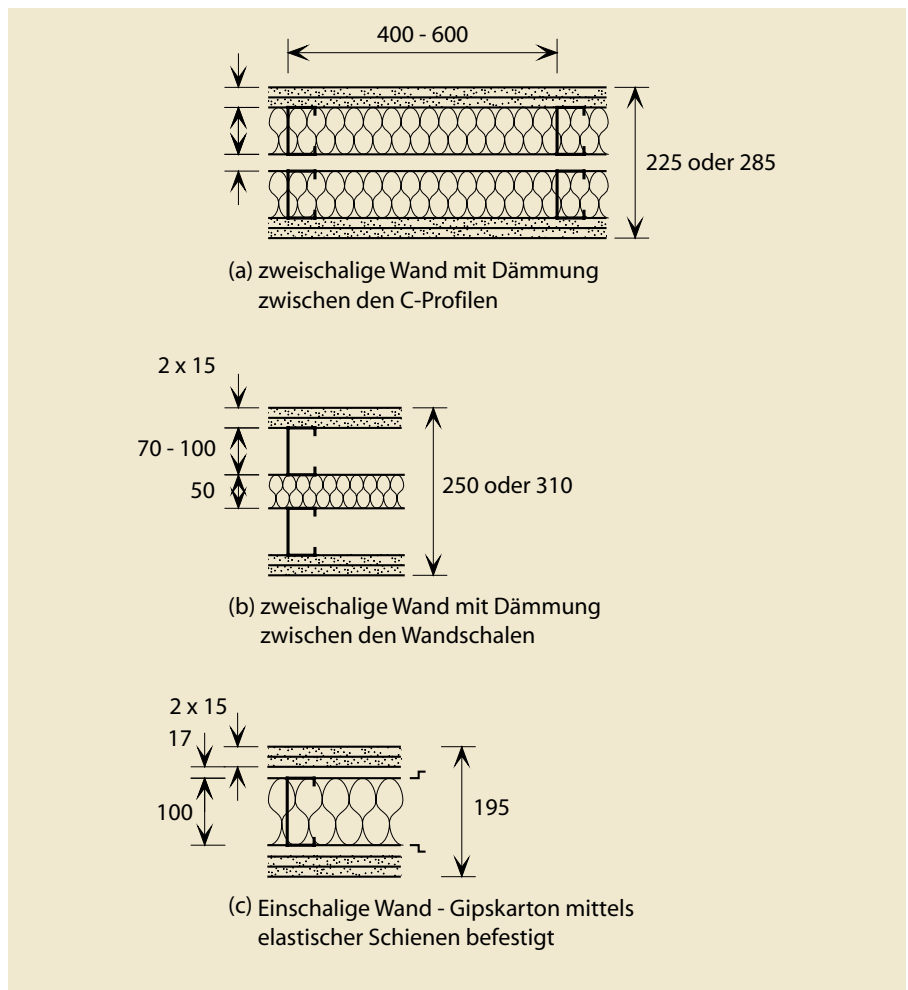


Abbildung 4.3 Unterschiedliche Formen von tragenden Wänden in Stahlleichtbauweise

<b>Hauptkriterien für den Entwurf</b>	<p>Tragende Wände aus leichten Stahlkonstruktionen werden für eine Kombination aus Druck und Biegung aufgrund exzentrischer Lasten aus den Decken bemessen. In mehrgeschossigen Anwendungen sind in der Regel C-Profile 100 x 1,6 mm im Abstand von 300 bis 600 mm ausreichend. Für 2-geschossige Wohngebäude können auch C-Profile 70 x 1,2 mm verwendet werden.</p> <p>Die Bauteiltragfähigkeit von C-Profilen auf Druck wird durch die Knickgefährdung beeinflusst. Dabei ist die Exzentrizität der Normalkraft und die stabilisierende Wirkung der angeschlossenen Platten zu berücksichtigen. Bei den meisten C-Querschnitten ist das Knicken um die starke Achse maßgebend. Knicken um die schwache Achse wird durch seitliche Halterungen auf halber Höhe oder durch die Beplankung verhindert. Werte für den Bauteilwiderstand von Wandständern mit C-Querschnitt sind in Tabelle 4.1 angegeben. Für den Fall dass vertikale Lasten exzentrisch in die Wand eingeleitet werden (z. B. für Decken auf einem Z-Profil über der Wand) ist in Tabelle 4.1 eine reduzierte Tragfähigkeit, die die Kombination von Druck und Biegung berücksichtigt, angegeben.</p> <p>Horizontalaussteifung kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K- oder W-Verbände aus C-Profilen, die auf Zug und Druck wirken</li> <li>• Kreuzverbände aus Flachstahlelementen, die nur auf Zug wirken</li> <li>• Schubfeldwirkung der Beplankung aus Sperrholz oder Faserzementplatten</li> </ul> <p>Generell sind Kreuzverbände in höheren Gebäuden am effizientesten. Horizontal-lasten von bis zu 20 kN können durch ein ausgesteiftes Feld mit 2,4 m Kantenlänge aufgenommen werden.</p> <p>Zahlreiche Formen der Bekleidung können in Kombination mit außenliegender Dämmung angeordnet werden, siehe Abschnitt 7. Stützenfreie Dachkonstruktionen können durch Abwandlung dieser Konstruktionsart erzielt werden</p>
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wandelemente können auf jede beliebige Grösse und Lastanforderung zugeschnitten werden</li> <li>• Grosse Fensteröffnungen sind möglich</li> <li>• Kleinere Wandelemente (ca. 2,4 x 2,4 m) können von Hand bewegt werden</li> <li>• Große Wandelemente werden per Kran bewegt und haben kurze Montagezeiten</li> <li>• Aussteifungselemente können in die Wandelemente integriert werden</li> <li>• Leichte Konstruktion mit geringem Materialverbrauch</li> </ul>
<b>Brandschutz</b>	<p>Die Feuerwiderstandsdauer tragender Wände hängt von der Beschaffenheit der Gipskartonbeplankung ab. Bei der Brandschutzbemessung ist die kritische Temperatur für die Wandständer bei 400°C anzusetzen. Es kann festgestellt werden, dass bei sorgfältiger Detaillierung bezüglich Schallschutz eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 60 Minuten erreicht wird.</p>
<b>Schallschutz</b>	<p>Details zur Gewährleistung der Luftschalldämmung von leichten Stahlwänden sind in Abbildung 4.3 dargestellt.</p>

## Nichttragende Außenwände



Abbildung 4.4 Nichttragende Außenwände aus Stahl in einer Verbundkonstruktion

### Beschreibung

Nichttragende Außenwände dienen als Unterstützung für die äußere Gebäudehülle und sind so konzipiert, dass sie die horizontalen Windlasten und das Gewicht der Fassade aufnehmen können. Generell unterscheidet man zwei Typen:

- Einzelne C-Profile (Wandständer), die auf der Baustelle in Schienen auf der Boden- und unter der Deckenplatte montiert werden.
- Vorgefertigte geschosshohe Wandelemente, die außen an den Stützen und Decken befestigt werden, siehe Abbildung 4.1

Ein Beispiel für nichttragende Außenwände in Kombination mit einem Primärtragwerk aus Stahl zeigt Abbildung 4.4. Für Außenwände können auch geschlitzte oder perforierte C-Profile verwendet werden, um einen besseren Wärmeschutz zu gewährleisten. Dies wird in Abschnitt 7 näher beschrieben.

Der obere Anschluss der Wandelemente an die Haupttragkonstruktion muss die Durchbiegungen des Primärtragwerks aufnehmen können. Mauerwerk steht in der Regel auf den Fundamenten oder wird von Edelstahlwinkeln, die am Haupttragwerk befestigt sind, unterstützt. Leichte Fassaden sind in der Regel an der ausfachenden Wand befestigt und werden von ihr getragen.

### Hauptkriterien für den Entwurf

Nichttragende Außenwände werden hauptsächlich für Windlasten sowie Vertikallasten aus dem Eigengewicht der Wand und der Fassade bemessen. Große vorgefertigte Elemente können sowohl horizontal zwischen den Stützen, als auch vertikal zwischen den Geschossdecken gespannt werden, siehe Abbildung 4.4. Windlasten sind nach EN 1991-1-4 je nach Lage des Gebäudes, Höhe und Ausrichtung anzusetzen. Elemente an den Gebäudeecken auf der Süd- oder Westseite sind maßgebend für die Bemessung.

Als sinnvolle Abschätzung für die Relativverschiebungen zwischen Wand und Haupttragwerk können folgende Werte angenommen werden (Tragwerksraster 5 m):

- 10 mm – bei Stahltragwerken oder bestehenden Betontragwerken
- 20 mm – bei neu erstellten Betontragwerken

Die Elemente werden am Wandkopf in der Regel im Abstand von 600 mm befestigt. Die Befestigung muss Sogkräfte aus Wind aufnehmen und vertikal verschieblich sein.





Abbildung 4.5 Vorgefertigte Wandelemente mit Außenhülle und Fenstern  
Ruukki

<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelles Bausystem, das mit Stahl- und Betonkonstruktionen funktioniert</li> <li>• Leichte Konstruktion, mit wenig vor Ort anfallendem Abfallmaterial</li> <li>• Große Öffnungen realisierbar.</li> <li>• Wandelemente können vorgefertigt oder vor Ort installiert werden</li> <li>• Elemente können inklusive der Außenhaut vorgefertigt werden</li> </ul>
<b>Brandschutz</b>	<p>Der Feuerwiderstand einer Außenwand sollte ausreichen, um den Überschlag von Rauch und Flammen von Stockwerk zu Stockwerk zu verhindern. Normalerweise ist eine Feuerwiderstandsdauer von 30 oder 60 Minuten erforderlich, die durch ein oder zwei Lagen Gipskartonplatten mit 12 mm Dicke erreicht wird. Besondere Details sind aufgrund des verschieblichen Anschlusses am Randträger vorzusehen. In einigen Fällen werden die Wände für den Brandschutz der Randträger herangezogen.</p>
<b>Schallschutz</b>	<p>Die Anforderungen an eine Schallisolierung bei Außenwänden hängen vor allem von der Art der verwendeten Fassade ab. Generell wird bei Außenwänden mit leichter Bekleidung ein Schalldämm-Maß von mindestens 30 dB erreicht.</p>
<b>Wanddicke</b>	<p>Die Gesamtdicke der Wand hängt von der Dicke der Wärmedämmschicht und der Art der Fassade ab. Nähere Hinweise finden sich in Abschnitt 7.</p>

## Trennwände mit und ohne Schallschutzfunktion



Abbildung 4.6 Montage von Gipskartonplatten an nichttragender Wand

### Beschreibung

Trennwände zwischen einzelnen Teilen eines Gebäudes oder zwischen Wohnungen müssen ausreichenden Schallschutz gewährleisten. Diese Wände dienen häufig auch der Aufteilung in einzelne Brandabschnitte. Trennwände können, wie oben beschrieben, auch eine tragende Funktion haben oder als nichttragende Wände innerhalb eines primären Stahl- oder Betontragwerks ausgeführt werden.

Nichttragende Wände ohne Schall- oder Brandschutzfunktion werden als leichte Trennwände bezeichnet. Leichte Trennwände können ohne Auswirkungen auf die Funktion des Gebäudes entfernt werden.

Dünnwandige C-Profile, die für Wohnungstrennwände und leichte Trennwände eingesetzt werden, sind 55 bis 100 mm hoch mit Blechdicken von 0,55 bis 1,5 mm.

Generell gibt es zwei Arten von Trennwänden, siehe auch Abbildung 4.3:

- Zweischalige Wände mit zwei Lagen direkt befestigten Gipskartonplatten
- Einschalige Wände mit zwei Lagen Gipskartonplatten, die mittels nachgiebigen Schienen befestigt werden

Zur Aufnahme von Verformungen des Haupttragwerks sollten am oberen Wandanschluss Vorkehrungen getroffen werden.

<b>Hauptkriterien für den Entwurf</b>	Ein- und zweischalige Wände beider Typen erreichen den gewünschten Schallschutzwert durch den Einsatz mehrerer Lagen Gipskartonplatten. Die Montage einer Trennwand im Bereich eines Verbandes ist in Abbildung 4.6 dargestellt. Eine zweischalige Wand ist weniger anfällig für Schallbrücken infolge von durchgeführten Leitungen als eine einschalige Wand.
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle Bauweise</li> <li>• Hervorragende Luftschalldämmung</li> <li>• Alle nichttragenden Wände können beliebig verändert werden</li> <li>• Minimaler Materialverbrauch, geringe Abfallproduktion</li> <li>• Eigengewicht von weniger als 0,5 kN/m<sup>2</sup> bezogen auf die Grundfläche</li> </ul>
<b>Brandschutz</b>	Nichttragende Wände, die den akustischen Anforderungen entsprechen, erreichen im Allgemeinen auch eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 60 Minuten.
<b>Schallschutz</b>	Wohnungstrennwände werden in der Regel für ein Schalldämm-Maß von 52 dB ohne Korrekturfaktor für niedrige Frequenzen bzw. 45 dB mit einem derartigen Korrekturfaktor ausgelegt. Geeignete Details für Wohnungstrennwände sind in Abbildung 4.3 dargestellt.
<b>Wanddicke</b>	<p>Typische Wanddicken sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zweischalige Wohnungstrennwände      300 mm</li> <li>• Einschalige Wohnungstrennwände      200 mm</li> <li>• Leichte Trennwände      100 mm</li> </ul>

# 05 Primärtragwerke aus Stahl

Dieser Abschnitt beschreibt die verschiedenen Formen von Stahlbauelementen, die für das Haupttragwerk von mehrgeschossigen Wohngebäuden verwendet werden können. Es werden die Merkmale der wichtigsten Haupttragglieder aus Stahl und deren Kombination mit zuvor beschriebenen leichten Decken- und Wandsystemen vorgestellt.

Für mehrgeschossige Wohngebäude, bei denen größere stützenfreie Bereiche gefordert sind, ist eine primäre Stahlkonstruktion die bevorzugte Option. Verschiedene Systeme werden in dieser Broschüre vorgestellt:

- Stahltragwerke mit Decken aus Betonfertigteilen
- Verbundtragwerke mit Verbunddecken
- Integrierte Deckenträger bzw. Slim-Floor-Bauweise
- Umgekehrte Stahlträger, wie z. B. das Slimline-System

Die Raster der Trennwände und der Träger in einem Stahltragwerk werden in der Regel aufeinander abgestimmt. Durch Verwendung integrierter Träger können Innenwände beliebig angeordnet werden, da keine Träger aus der Decke hervorstehen (Abbildung 5.1). Integrierte Träger können mit einer Vielzahl von Deckensystemen, einschließlich Verbundrippendecken, Betonfertigteilen und Stahlleichtbaudecken kombiniert werden.

Für die Stützen werden in der Regel HE-Querschnitte oder quadratische Hohlprofile (QHP) verwendet, deren Breite so gewählt wird, dass sie in die Wände integriert werden können.

*Stahltragwerke und Betonfertigteildecken*

*Verbundträger und Verbunddecken*

*Integrierte Träger / Slim-Floor-Bauweise*

*„Umgekehrte“ Stahlträger / Slimline*



Abbildung 5.1 *Stahltragwerk mit ASB-Profilen und Verbundrippendecken im Bauzustand*



## Stahltragwerke und Betonfertigteildecken



Abbildung 5.2 Montage von Betonfertigteilen auf Stahlträgern

### Beschreibung

Bei Stahltragwerken mit Decken aus Betonfertigteilen liegen die Fertigteile auf dem Obergurt der Stahlträger auf. Eine Verbundwirkung kann durch aufgeschweißte Kopfbolzendübel erzielt werden. Die Breite der Flansche ist so zu wählen, dass ausreichende Auflagertiefen der Fertigteile und wirksame Kräfteinleitung der Schubdübel gewährleistet sind. Das Mindestmaß liegt bei 190 mm, was zur Verwendung größerer IPE-Profile bzw. von HE-Profilen führt.

Es werden zwei Arten von Decken aus Betonfertigteilen in Kombination mit Stahlunterzügen unterschieden:

- Teilfertigteile, die durch einen Aufbeton vor Ort zu einer Vollplatte ergänzt werden. Diese wirken zumeist mit den Trägern als Verbundquerschnitt. Spannweiten von 2,5 bis 4 m sind die Regel.
- Spannbetonhohlplatten (150-250 mm dick), die in der Regel ohne Verbundwirkung eingesetzt werden. Der Ansatz einer Verbundwirkung ist in Kombination mit einer dünnen Aufbetonschicht möglich. Typische Spannweiten liegen zwischen 5 und 9 m.

Betonfertigteile können auch in Kombination mit integrierten Deckenträgern zum Einsatz kommen. Dies wird im weiteren Verlauf beschrieben.

### Hauptkriterien für den Entwurf

Beim Entwurf der Stahlträger, die die Betonfertigteile tragen, ist die Gewährleistung einer minimalen Obergurtbreite für die Montage der Fertigteile und – im Falle eines Verbundtragwerks – für die Anordnung der Kopfbolzendübel das wichtigste Entwurfskriterium. Aus diesem Grund werden in der Regel breitere und höhere Stahlprofile verwendet, deren wirtschaftlicher Einsatzbereich größere Spannweiten sind.

Eine dünne Aufbetonschicht (min. 60 mm) wird aus Schallschutzgründen in Wohngebäuden in der Regel erforderlich. Diese hilft auch bei der Erfüllung der Brandschutzanforderungen und trägt durch Bewehrung zur „Robustheit“ des Tragwerks bei.

<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Große Spannweiten für Träger und Decken</li> <li>• Hoher Vorfertigungsgrad, trockene Bauweise</li> <li>• Gute Schallschutzeigenschaften</li> <li>• Stahlträger können auf die Wände abgestimmt und darin verborgen werden</li> </ul>
<b>Brandschutz</b>	<p>Betonfertigteilplatten können bis zu 90 Minuten Feuerwiderstand ohne Aufbeton oder bis zu 120 Minuten durch einen bewehrten Aufbeton und Bewehrungsstäbe, die in die Hohlräume der Platten eingelegt und dort vergossen und verankert werden, erreichen.</p> <p>Für den Brandschutz der Stahlträger kommen folgende Systeme in Frage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bekleidung mit Platten</li> <li>• Spritzputz</li> <li>• dämmschichtbildende Beschichtung</li> </ul>
<b>Schallschutz</b>	Betonfertigteilplatten mit einer Aufbetonschicht oder einem Estrich erzielen ausgezeichnete Schalldämm-Werte.
<b>Lasten und Verformungen</b>	<p>Stahlträger zur Unterstützung vorgefertigter Betonplatten sind relativ hoch. Für die Vorbemessung kann ein Spanweite:Höhe-Verhältnis von etwa 18 angenommen werden. Durchbiegungen unter Verkehrslasten treten in einer Größenordnung von Spanweite/360 auf.</p> <p>Für den Vorentwurf sollte die Gesamthöhe des Deckenpakets für Stahlträger mit Spannbetonhohlplatten nach Tabelle 5.1 angesetzt werden.</p>

Trägerspannweite (m)	Deckenspannweite (m)	Gesamthöhe (mm)
6	6	600
8	6	700
8	8	800
10	6	800

Tabelle 5.1 Deckendicken für Stahlträger mit Spannbetonhohlplatten

## Verbundträger und Verbunddecken mit Profilblechen



Abbildung 5.3 Verbunddecken und Verbundträger aus Cellform-Profilen

### Beschreibung

Verbunddecken werden auf dem Obergurt der Stahlträger mit I- oder H-Querschnitt angeordnet. Durch Aufschießen von Kopfbolzendübeln durch das Profilblech wird eine Verbundwirkung mit dem Träger erzielt. Verbundträger sind in allen Bausektoren weit verbreitet und werden auch im Wohnungsbau verwendet. In diesem Fall sind jedoch die Spannweiten relativ kurz (5 bis 9 m). Die Verbundwirkung erhöht die Tragfähigkeit und Steifigkeit der Träger.

Die Spannweite der Deckenplatte hängt von der Höhe des Profilblechs und von der Frage, ob eine Montageunterstützung möglich ist, ab. Übliche Spannweiten reichen von 3 m bei Profilblechen mit 50 bis 60 mm Höhe bis zu 4 bis 4,5 m bei Profilblechen mit 80 bis 100 mm Höhe (siehe Abschnitt 3).

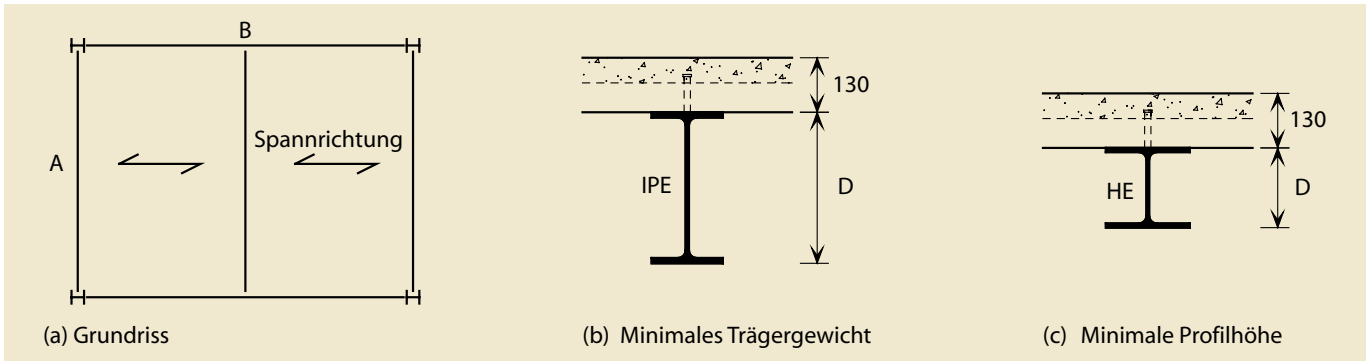
### Hauptkriterien für den Entwurf

Das wichtigste Kriterium im Verbundbau ist, die Deckenhöhe zu minimieren und gleichzeitig ausreichende Steifigkeit zu gewährleisten. Daher werden im Wohnungsbau, bei Spannweiten von 5 bis 9 m, häufig niedrige HE-Querschnitte verwendet. Die Träger werden in einer abgehängten Decke oder in den Trennwänden verborgen.

In der Regel werden Träger und Platte so ausgewählt, dass die Montage des Profilblechs ohne Abstützung erfolgen kann, siehe Tabelle 3.2. Verbundträger können Stegöffnungen für Leitungen aufweisen oder als Cellformträger konstruiert sein (Abbildung 5.3). Weitgespannte Verbundträger können als Unterkonstruktion für eine aufgehende Konstruktion in Stahlleichtbauweise dienen.

### Vorteile

- Hohe Steifigkeit, geringe Bauhöhe
- HE-Profile können verwendet werden, um die Bauhöhe zu minimieren
- Gute Schallschutzeigenschaften
- Wände können auf Träger abgestimmt werden, um diese zu integrieren
- Weitgespannte Verbundträger können dazu dienen, stützenfreien Raum in den unteren Geschossen zu schaffen



Spannweite der Hauptträger (B)	Spannweite der Nebenträger (A)			
	6 m	8 m	10 m	12 m
5 m	IPE 240	IPE 300	IPE 360	IPE 450
6 m	IPE 240	IPE 330	IPE 400	IPE 450
7 m	IPE 270	IPE 330	IPE 400	IPE 500
8 m*	IPE 300	IPE 360	IPE 450	IPE 550

\* erfordert den Einsatz eines 80 mm hohen Profilblechs und einer 150 mm dicken Platte

(a) Erforderliche Querschnitte für Nebenträger

Spannweite der Hauptträger (B)	Spannweite der Nebenträger (A)			
	6 m	8 m	10 m	12 m
5 m	IPE 270	IPE 300	IPE 330	IPE 400
6 m	IPE 270	IPE 300	IPE 360	IPE 450
7 m	IPE 300	IPE 330	IPE 400	IPE 500
8 m*	IPE 300	IPE 360	IPE 450	IPE 550

(b) Erforderliche Querschnitte für Hauptträger

Tabelle 5.2 Vorbemessungstafel für Verbundträger

<b>Brandschutz</b>	Verbunddecken mit Mattenbewehrung erreichen eine Feuerwiderstandsdauer von bis zu 120 Minuten, vorausgesetzt sie sind als Durchlaufträger über den Hauptträgern ausgeführt. Zusätzliche Bewehrung kann in hochbeanspruchten Bereichen (z.B. Maschinenräume) in den Rippen der Platten angeordnet werden. Der Brandschutz der Träger kann durch dieselben Maßnahmen wie im vorigen Abschnitt beschrieben erreicht werden.
<b>Schallschutz</b>	Verbunddecken erreichen in Verbindung mit elastischen Bodenbelägen eine hervorragende Schallisolierung. Die kritische Stelle ist der Anschluss zwischen Trennwänden und Stahlträger. Der Raum zwischen den Rippen muss mit Mineralwolle ausgefüllt werden, um die Schallübertragung an dieser Stelle zu verhindern.
<b>Lasten und Verformungen</b>	Verbundträger in Verbindung mit Verbunddecken sind relativ schlank. Für die Vorbemessung kann ein Spannweite:Höhe-Verhältnis von 24 angenommen werden. Maßgebend für die Bemessung ist die Begrenzung der Gesamtdurchbiegungen unter Verkehrslasten auf L/200. Die Durchbiegung des Stahlträgers resultiert aus dem Gewicht des nassen Beton in der Bauphase. Tabelle 5.2 kann für Verbunddecken mit einer Deckendicke von 130 mm verwendet werden (außer *).



## Integrierte Träger oder Slim-Floor-Bauweise

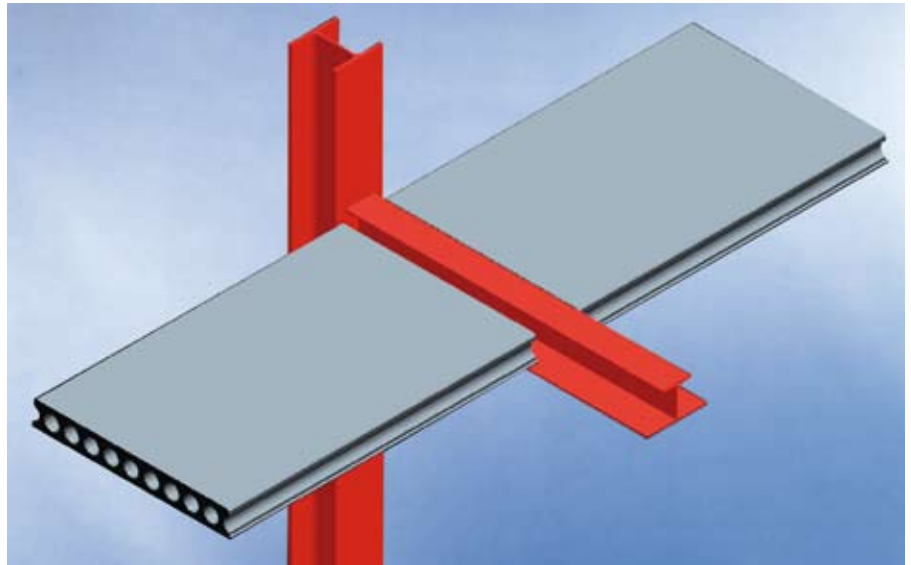


Abbildung 5.4 Integrierte Deckenträger und Spannbetonhohlplatten

### Beschreibung

Das Slim-Floor-System ist ein Deckensystem mit geringer Bauhöhe, bestehend aus integrierten Stahlträgern, die Spannbetonhohlplatten oder Verbundrippendecken tragen. Platten und Träger sind in einer Ebene angeordnet. Es gibt unterschiedliche Varianten:

- HE-Querschnitte mit untergeschweißter Platte
- Halbierete IPE-Profile, die auf ein Untergurtblech geschweißt sind
- Gewalzte ASB-Profile mit asymmetrischem Querschnitt
- Rechteckhohlprofile mit untergeschweißter Platte, zumeist für Randträger

Werden integrierte Träger in Kombination mit Spannbetonhohlplatten verwendet, wie in Abbildung 5.4, ist die Spannweite der Platten häufig größer als die der Träger. In der Regel wird eine dünne Aufbetonschicht angeordnet. Slim-Floor-Decken werden auf minimale Bauhöhe optimiert.

### Hauptkriterien für den Entwurf

Integrierte Träger in Kombination mit Spannbetonhohlplatten werden so angeordnet, dass sich eine Plattenspannweite von bis zu 9 m und Trägerspannweiten von 6 bis 7,5 m ergeben. Maßgebend für die Bemessung ist die Torsionsbeanspruchung aus ungleiche Lasten in den angrenzenden Feldern, z.B. im Bauzustand.

Integrierte Träger mit Verbundrippendecken können bei einem Trägerabstand von 6 m bis zu 9 m überspannen.

### Vorteile

- Träger benötigen i.d.R. bei Anforderungen bis 60 Minuten Feuerwiderstandsdauer keinen zusätzlichen Brandschutz.
- Ebene Deckenunterseiten erlauben flexible Anordnung nichttragender Wände.
- „Trockene“ Bauweise mit hohem Vorfertigungsgrad und kurzen Montagezeiten
- Geringe Bauhöhe führt zu geringer Gesamthöhe des Deckenpakets

### Brandschutz

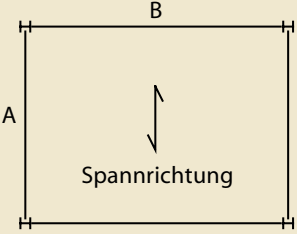
Die Betonumhüllung des Trägers gewährleistet normalerweise eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten. Für 90 Minuten Feuerwiderstand wird ein zusätzlicher Brandschutzanstrich benötigt. Eine sorgfältige Detaillierung im Bereich der Anschlüsse zwischen Stahlträger und Deckenplatte ist erforderlich, um die Tragfähigkeit im Brandfall zu gewährleisten.

**Schallschutz**

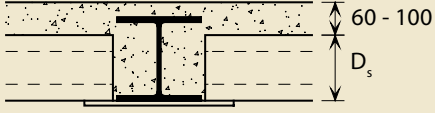
Integrierte Träger mit Decken aus Spannbetonhohldielen und Aufbeton oder mit Verbundrippendecken erreichen eine hervorragende Schalldämmung. Spezielle Details können zur Gewährleistung von Schall- und Brandschutz erforderlich werden.

**Lasten und Verformungen**

Die erforderlichen Querschnitte für Träger mit einer 12 mm dicken angeschweißten Untergurtplatte bei Verwendung von Spannbetonhohldielen sind in Tabelle 5.3 aufgeführt. Bei Verwendung von ASB-Querschnitten und Verbundrippendecken gilt Tabelle 5.4. Die Gesamthöhe des Deckenpakets einschließlich Beplankungen beträgt 350 bis 450 mm.



(a) Grundriss



(b) Schnitt durch integrierten Träger

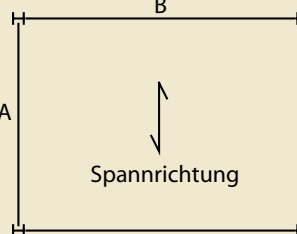
A (m)	D <sub>s</sub>
≤6	150
≤7	200
≤8	250
≤10	320

(c) Minimale Dicke der Betonfertigteile

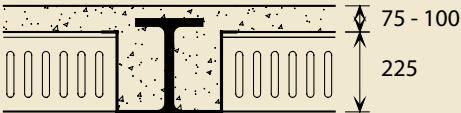
Spannweite der Decke (A)	Spannweite der integrierten Träger (B)		
	6 m	8 m	10 m
6 m	HE 220A	HE 280A	HE 300B
7 m	HE 240A	HE 280B	HE 320B
8 m	HE 240B	HE 300B	HE 340B

Deckendicke so gewählt, dass keine Unterstützung erforderlich ist

Tabelle 5.3 Vorbemessungstabeln für integrierte Deckenträger bei Verwendung von Spannbetonhohldielen



(a) Grundriss



(b) Schnitt durch ein ASB-Profil

Spannweite der Decke (A)	Spannweite der ASB-Träger (B)		
	6 m	8 m	10 m
6 m	280 ASB 100	280 ASB 136	300 ASB 196
7 m	280 ASB 100	300 ASB 153	300 ASB 249
8 m	280 ASB 136	300 ASB 153	300 ASB 249

Tabelle 5.4 Vorbemessungstabeln für ASB-Träger im Slimdek-System

## „Umgekehrte“ Stahlträger / Slimline



Abbildung 5.5 „Umgekehrte“ Stahlträger (Slimline)

<p><b>Beschreibung</b></p>	<p>Das Deckensystem Slimline besteht aus parallel angeordneten Stahlträgern, an deren Untergurt eine Betonplatte anbetoniert ist, siehe Abbildung 5.5. Der Raum zwischen den im Abstand von 600 mm angeordneten Stahlträgern kann für die Leitungsführung genutzt werden. Auf die Konstruktion wird ein (demontierbarer) Boden aufgelegt.</p>
<p><b>Hauptkriterien für den Entwurf</b></p>	<p>Das <i>Slimline</i>-System wird in Form von vorgefertigten Elementen mit bis zu 2,4 m Breite, die direkt auf die Hauptträger aufgelegt werden, hergestellt. Daher ist die Gesamthöhe aus Neben- und Hauptträgern von entscheidender Bedeutung. Die Lage der Hauptträger sollte sorgfältig geplant werden, damit diese in den Trennwänden verschwinden können.</p> <p>Dieses System kann Spannweiten bis zu 12 m erreichen. Die Betonplatte ist in der Regel 70 bis 100 mm dick. Leitungen und Beleuchtung können in die Platte integriert werden.</p>
<p><b>Vorteile</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher Vorfertigungsgrad und große Spannweiten</li> <li>• „Trockene“ Bauweise</li> <li>• Einfache Installation und Wartung von technischen Einbauten</li> <li>• Saubere Deckenuntersicht</li> </ul>
<p><b>Brandschutz</b></p>	<p>Das <i>Slimline</i>-System erreicht aufgrund der umgekehrten Betonplatte bei einer Plattendicke von 100 mm ohne weitere Maßnahmen eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten. Die Hauptträger sollten konventionell gegen Feuer geschützt werden.</p>
<p><b>Schallschutz</b></p>	<p>Dieses System erreicht ein hervorragendes Schalldämm-Maß, wenn die Fugen zwischen den Fertigteilen ordnungsgemäß verschlossen werden.</p>
<p><b>Lasten und Verformungen</b></p>	<p>Das maximale Verhältnis von Spannweite zu Trägerhöhe der teilweise einbetonierten Träger beträgt ca. 18. Die optimale Spannweite der <i>Slimline</i>-Elemente liegt bei 8 bis 10 m bei einer Gesamtdicke der Decke von 500 bis 600 mm (ohne die Hauptträger).</p>

# 06 Modulbauweise

**Dieser Abschnitt beschreibt die verschiedenen Formen der modularen Bauweise mit 3-dimensionalen Einheiten. Gebäude können vollständig aus tragenden Modulen bestehen, oder in Form eines „hybriden“ Systems aus tragender Primärkonstruktion in Kombination mit Modulen geplant werden.**

Die Modulbauweise verwendet tragende 3-dimensionale Einheiten, die zu selbsttragenden Strukturen bis zu einer Höhe von 8 Geschossen kombiniert werden können. Die Module mit Abmessungen, die auf Transport und Montage optimiert sind, werden in der Fabrik unter kontrollierten Bedingungen in Serienfertigung hergestellt

Die Modulbauweise wird am effektivsten beim Bau von Hotels, Wohnheimen und Sozialwohnungen eingesetzt, da aufgrund der Größe Vorteile bei der Herstellung erzielt werden können, siehe Abbildung 6.1.

Es gibt drei generelle Typologien in der Modulbauweise:

- Vollständig modulare Konstruktion mit tragenden Modulen
- Module in Kombination mit tragender Primär- oder Aussteifungskonstruktion
- Nichttragende Küchen- oder Sanitärzellen

Die ersten beiden Varianten werden im Folgenden beschrieben, nicht aber reine Küchen- oder Sanitärzellen, da sie in der Regel kleiner und nichttragend sind.

*Vollständig modulare Konstruktion*

*Modulbauweise in Kombination mit Stahlrahmen*

*Abbildung 6.1 Wohngebäude in Modulbauweise mit integrierten Balkonen, London  
AHMAArchitects & Yorkon*





## Vollständig modulare Konstruktion



Abbildung 6.2 Modul mit tragenden Wänden  
Terrapin

### Beschreibung

Es gibt drei Arten von Modulen:

- Module, bei denen Vertikallasten durch die Seitenwände an das darunterliegende Modul übertragen werden - siehe Abbildung 6.2.
- Module mit ganz oder teilweise offenen Seiten, bei denen Vertikallasten von Randträgern und Eckstützen aufgenommen - siehe Abbildung 6.3.
- Nichttragende Module, die auf dem Boden oder einer separaten Konstruktion stehen.

Es gibt viele „hybride“ Formen der Modulbauweise, bei denen Module mit anderen tragenden Elementen kombiniert werden:

- Module auf einem Stahl- oder Betonsockel, um den entstehenden Raum für Gewerbe oder Parkplätze zu nutzen
- Module kombiniert mit 2-dimensionalen Decken- oder Wandelementen

Module verwenden Eckstützen aus quadratischen Hohlprofilen oder Winkeln und Leichtbaukonstruktionen für Decken und Wände, die ähnlich wie die Systeme in den Abschnitten 3 und 4 aufgebaut sind.

### Hauptkriterien für den Entwurf

Die wichtigsten Entwurfskriterien bei modularen Systemen sind:

- Die Möglichkeit der Nutzung sich immer wiederholender Elemente
- Anforderungen an Transport und Montage
- Möglichkeit freie Flächen zu kreieren, falls erforderlich
- Gebäudehöhe und Notwendigkeit von Freiflächen, vor allem im Erdgeschoss

Module werden mit einer Breite von 2,7 bis 4,2 m hergestellt. Das entspricht der maximalen Breite für den Transport auf den meisten größeren Straßen. Innenabmessungen von bis zu 3,6 m sind für die Wohnnutzung zweckmäßig (3,8 m Außenmaß). Modullängen von bis zu 12 m können realisiert werden, wobei 7,5 bis 9 m gebräuchlich sind.

Der Grundriss eines typischen modularen Gebäudes, bei dem angrenzende Module zu größeren Räumen kombiniert werden, ist in Abbildung 6.3 dargestellt.



Abbildung 6.2 Modul mit Randträgern und Eckstützen Kingspan

#### Vorteile

- Kurze Bauzeiten (bis zu 60% schneller als traditionelle Verfahren)
- Verbesserte Qualität durch industrielle Fertigung.
- Ausgezeichneter Schallschutz durch Verwendung von zweischaligen Wänden und Decken
- Vorteile bei Großprojekten durch sich wiederholende modulare Einheiten
- Teilweise offene Module sind für Wohnungen gut geeignet

#### Brandschutz

Eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten wird durch die Verwendung von zwei Lagen von feuerbeständigen Platten an Wänden und Decke gewährleistet. Es ist auch notwendig, „Feuersperren“ zwischen den Modulen anzuordnen, um den Durchgang von Rauch und Feuer zu verhindern.

#### Schallschutz

Aufgrund der zweischaligen Ausführung von Wänden und Decken wird ein hohes Schalldämm-Maß (über 60 dB) erreicht.

#### Lasten und Verformungen

Der Entwurf der Module wird beeinflusst durch:

- Tragfähigkeit der Wandständer
- Stabilität unter Windlasten
- Robustheit gegenüber außergewöhnlichen Einwirkungen

Bei 4-seitigen Modulen kann ausreichende Stabilität durch geeignete Verbände in den Wänden oder schubsteife Beplankung erzielt werden. Bei Modulen mit Stützen in den Ecken, wie in Abbildung 6.2, wird der Entwurf durch die Tragfähigkeit der Stützen infolge Druck und der Randträger infolge Biegung bestimmt. Derartige Module und teilweise offene Module müssen in der Regel durch eine separate Struktur ausgesteift werden. An den Ecken werden die Module miteinander verbunden, so dass sie zusammen wirken können.

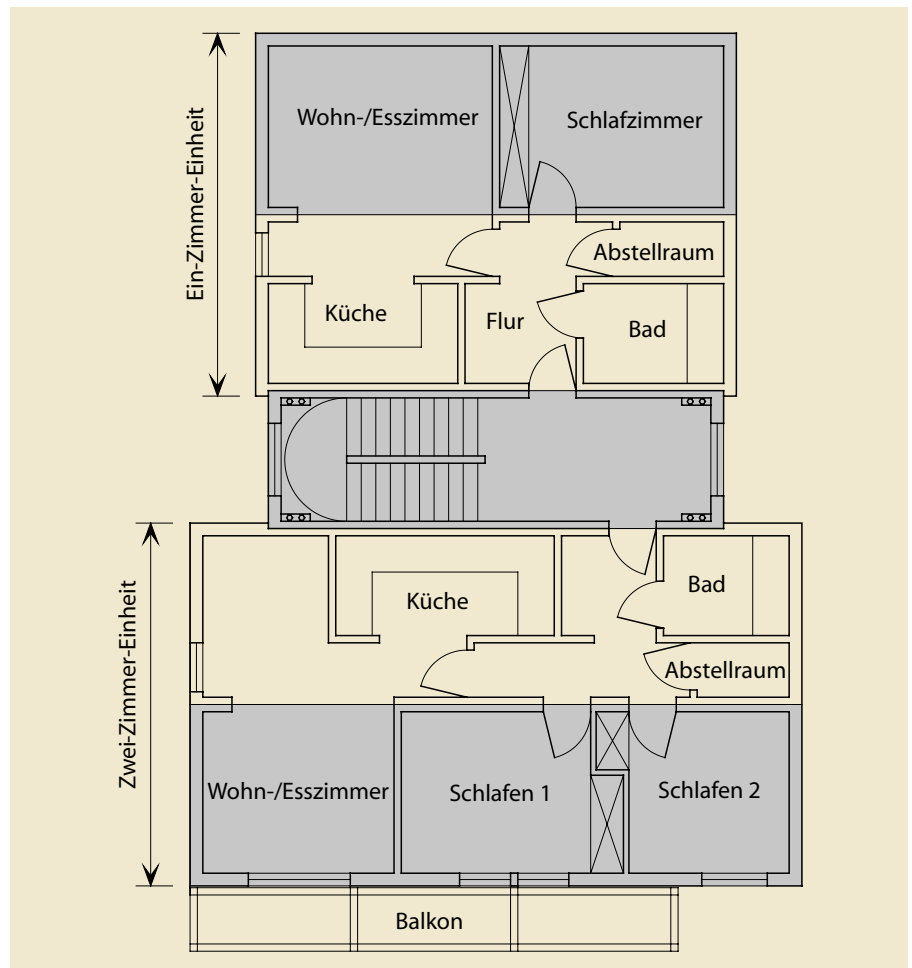


Abbildung 6.3 Grundriss eines Wohngebäudes in Modulbauweise - Module abwechselnd schraffiert dargestellt

### Deckenpaket und Wanddicken

Die Höhe des Deckenpakets ist abhängig von der Gesamthöhe aus Modulboden und -decke und kann wie folgt angenommen werden:

- 400 mm bei kleineren Modulen (< 3.6 m Breite)
- 500 mm bei größeren Modulen (< 4.2 m Breite)
- 600 mm bei einseitig offenen Modulen mit Randträgern

Die kombinierte Breite aus zwei angrenzenden Wänden der Module beträgt ca.:

- 250 mm für Module in Gebäuden mit geringer Höhe
- 300 mm für Module mit Eckstützen in mehrgeschossigen Gebäuden

Der Raum zwischen den Modulen kann Montagetoleranzen aufnehmen. Balkone können innerhalb der Module angeordnet werden, wie in Abbildung 6.1. Alternativ können auskragende Balkone an den Eckstützen befestigt werden. Treppen-Module können auch im Rahmen des modularen Konzepts realisiert werden. Dies kann sich auf die Höhe des Deckenpakets auswirken. In diesem Fall wird für die Planung der Ansatz einer 500 mm hohen Zone für Boden und Decken empfohlen.

## Modulbauweise in Kombination mit Stahlrahmen



Abbildung 6.6 Gebäude in Modulbauweise auf einem stählernen Sockel mit aussteifendem Treppenkern

### Beschreibung

Bei vielen Gebäudearten werden größere stützenfreie Flächen gefordert. In diesen Fällen können Module mit einer tragenden Primärkonstruktion aus Stahl kombiniert werden. Hierbei sind drei unterschiedliche Konstruktionsvarianten möglich:

- Module auf einem „Sockel“, dessen Stützabstände einem Vielfachen der Modulabmessungen entsprechen
- Module mit offenen oder teilweise offenen Seiten, die geschossweise durch eine tragende Stahlrahmenkonstruktion abgefangen werden
- Modulbauweise in Kombination mit aussteifenden Verbänden oder Betonkernen

Werden die Module durch einen Kern stabilisiert oder von einer Sockelkonstruktion getragen, so folgt ihr Entwurf denselben Kriterien wie zuvor beschrieben. Bei Anordnung einer separaten Rahmenkonstruktion können die Module nichttragend ausgeführt werden. Ein Beispiel für ein modulares Tragwerk auf einem Sockel, das durch einen Treppenkern aus Stahl ausgesteift wird, zeigen die Abbildungen 6.6 und 6.7.

### Hauptkriterien für den Entwurf

Bei hybrider Bauweise mit einer tragenden Stahlkonstruktion haben die Module ähnliche Abmessungen wie die zuvor beschriebenen tragenden Module. Die Träger des Primärtragwerks befinden sich unter den tragenden Wänden der Module. Bei Anordnung von Parkplätzen im Erd- oder Untergeschoss werden zwei 3,6 m breiten Modulen auf einer tragenden Konstruktion mit 7,2 m Spannweite angeordnet. Dies entspricht 3 Parkplätzen.

Der kombinierte Einsatz von Modulen und flächigen Decken ist von Vorteil, wenn für hochinstallierte Bereiche, wie Küchen und Bäder, Fertiggzellen verwendet werden, wie in Abbildung 6.8 dargestellt.

### Vorteile

- Keine Begrenzung der Gebäudehöhe.
- Sockelgeschoss schafft stützenfreien Raum, z.B. für eine Tiefgarage
- Geeignet für eine Mischnutzung aus Gewerbe und Wohnen

### Brandschutz

Der Brandschutz der Stahlkonstruktion sollte konventionell erfolgen. Dämmschichtbildende Beschichtungen sind hierbei das bevorzugte System, um die Abmessungen der tragenden Bauteile nicht zu erhöhen. Die Verwendung von quadratischen Hohlprofilen für die Stützen ist vorteilhaft.





Abbildung 6.7 Fertiggestelltes Gebäude aus  
Abbildung 6.7

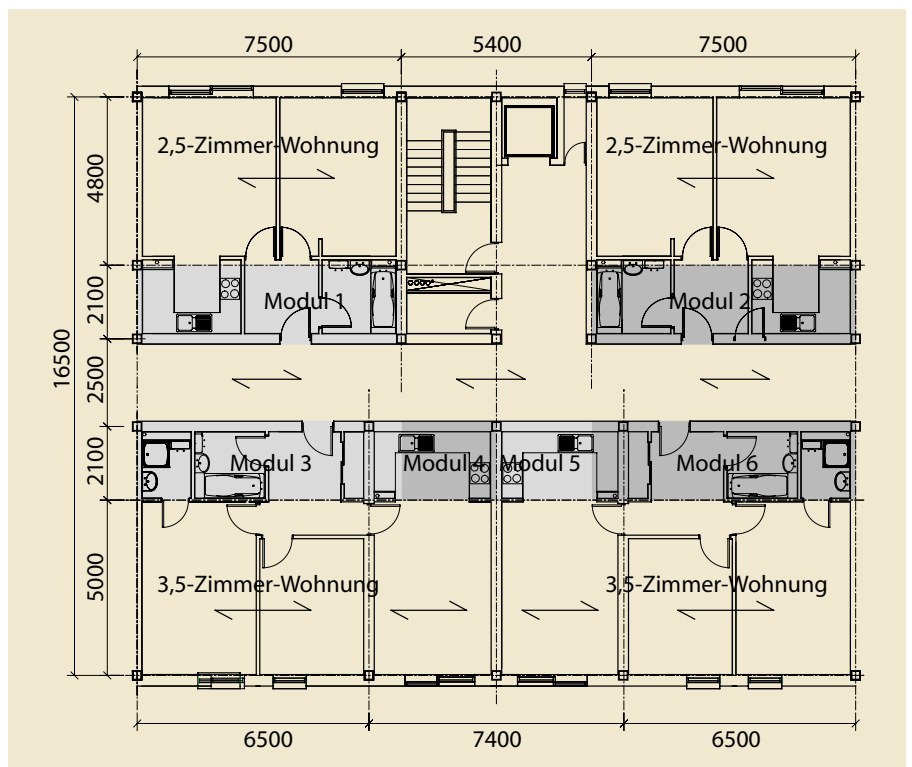


Abbildung 6.8 Kombinierte Anwendung von  
modularer und traditioneller  
Stahlbauweise

**Schallschutz**

Aufgrund der zweischaligen Ausführung von Wänden und Decken wird ein hohes Schalldämm-Maß (über 60 dB) erreicht.

**Lasten und Verformungen**

Die Stahlträger sind für kombinierte Biegung und Torsion zu bemessen um ungleiche Lasten benachbarter Module zu berücksichtigen. Asymmetrische Stahlprofile können vorteilhaft sein.

# 07 Fassaden & Dächer

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über verschiedene Fassadensysteme, die in Kombination mit Wänden in Stahlleichtbauweise verwendet werden können. Die Merkmale der Fassaden werden vor allem in Bezug auf ihre Wärmeschutzeigenschaften vorgestellt. Dachkonstruktionen in Stahlbauweise werden ebenfalls präsentiert.

Fassadensysteme werden von Außenwänden in Stahlleichtbauweise unterstützt, die wiederum als tragende Wände oder alternativ als Ausfachungen innerhalb einer primären Stahl- oder Betonkonstruktion wirken. Für beide Systeme gelten die gleichen Grundsätze und Details. Drei Arten von Fassadensystemen sind:

- Mauerwerk, das in der Regel vertikale Lasten selbst abträgt und horizontal an den Wänden befestigt ist
- Bekleidung mit Blechen oder anderen Fassadenplatten
- Wärmedämmverbundsysteme

Die prinzipiellen Entwurfsanforderungen sind Wetterschutz, Wärmedämmung und Luftdichtheit. Die Einzelheiten dieser Fassaden werden im Folgenden vorgestellt.

Dachkonstruktionen aus Stahl können mit Dachträgern, Pfetten, Sandwichelementen oder Profilblechen und Wärmedämmung ausgeführt werden. Um den Dachraum optimal als Wohnfläche zu nutzen, können stützenfreie Konstruktionen realisiert werden.

Fassaden

Dächer

Abbildung 7.1 *Wohngebäude in Stahlleichtbauweise mit Metallfassade in Glasgow*  
Peck and Reid Architects & Metsec



## Fassaden



Abbildung 7.2 *Wärmedämmverbundsystem in Kombination mit Terrakotta-Platten auf nichttragender Außenwand in Stahlleichtbauweise*

### Beschreibung

Es gibt zwei allgemeine Arten von Fassaden, die für den Einsatz in Kombination mit den zuvor beschriebenen der Außenwandsystemen geeignet sind:

- Fassaden, die auf dem Boden oder den Decken stehen, wie Mauerwerk.
- Leichte Bekleidungen, die an den Stahlleichtbauwänden befestigt sind.

In mehrgeschossigen Gebäuden müssen Zwischenstützungen des Mauerwerks in Form von Edelstahlwinkeln an den Randträgern angeordnet werden. Leichte Bekleidungen sind in verschiedenen Formen verfügbar, wie z.B.:

- Wärmedämmverbundsysteme
- Tonplatten oder Klinker auf horizontalen Schienen
- Metallische Bekleidungen, z.B. Sandwichelemente
- Verschiedene Arten von Fassadenplatten

Werden Glasscheiben verwendet, sind sie oft in die Wand integriert oder mit Hilfe einer separaten Unterkonstruktion direkt an den Decken befestigt.

Stahlleichtbauwände können bereits mit der Außenbekleidung vorgefertigt werden, dabei müssen die Anschlusspunkte sorgfältig detailliert werden. Beispiele für vorgefertigte Wandelemente sind in den Abbildungen 4.1 und 4.5 dargestellt.

**Hauptkriterien für den Entwurf**

Die wichtigsten Entwurfsaspekte bei der Wahl der Fassade sind:

- Vertikale und horizontale Befestigung der Verkleidung
- Gewährleistung der erforderlichen Wärmedämmung mit minimalen Kältebrücken
- Anordnung von Öffnungen (Fenster und Türen)
- Möglichkeit für die Vorfertigung der Außenwände inkl. Fassade

Bei der Verwendung von Außenwänden in Stahlleichtbauweise zur Unterstützung der Fassade wird die Dämmung normalerweise außen auf die leichten Stahlelemente aufgebracht und durch zusätzliche Mineralwolle zwischen den Wandständern ergänzt.

Mauerwerk wird mit Hilfe von Mauerwerksankern an vertikalen Schienen im Abstand von ca. 600 mm befestigt, die durch die Wärmedämmung mit den Wandständern verschraubt sind, siehe Abbildung 7.3. Die Mauerwerksanker werden in jeder fünften Schicht (bzw. im Abstand von 375 mm) angeordnet, was 2,5 Anker pro m<sup>2</sup> entspricht. Um Öffnungen herum sind weitere Anker erforderlich.

Mauerwerk ist bis zu einer Höhe von 12 m (4 Geschosse) selbsttragend. Für höhere Gebäude werden zusätzliche vertikale Stützungen erforderlich. Dies ist nur mit einem primären Stahlrahmen und nicht in Kombination mit Leichtbauwänden sinnvoll möglich.

Beispiele für die Verwendung von metallischen Verkleidungen und Wärmdämmverbundsystemen sind in den Abbildungen 7.4 und 7.5 gegeben. In beiden Fällen wird die Verwendung einer Schalung empfohlen.

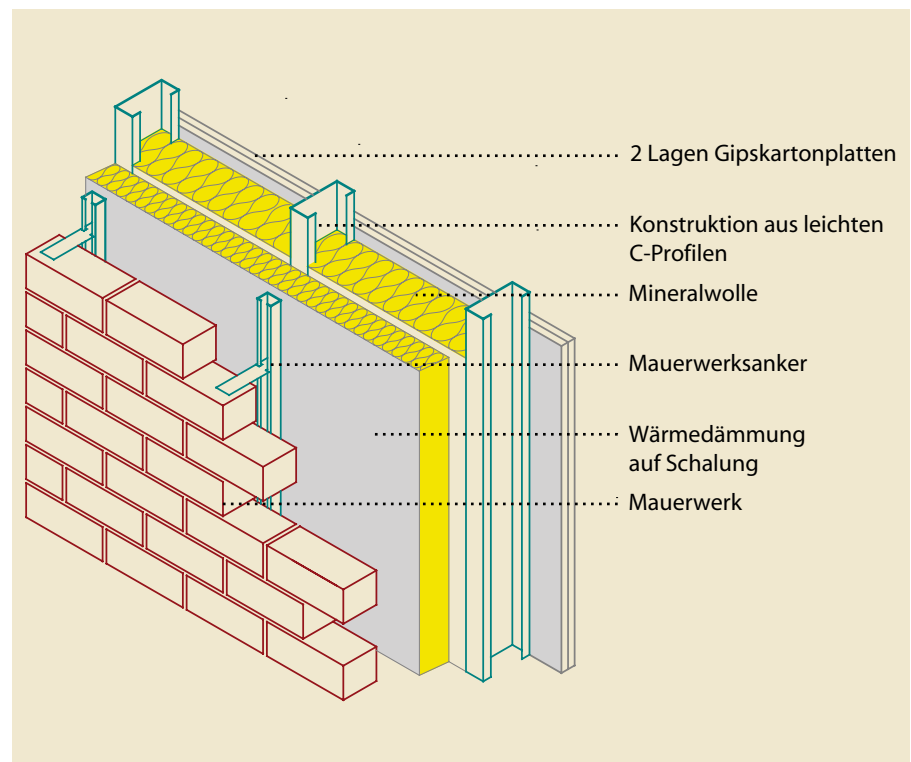


Abbildung 7.3 Gemauerte Fassade befestigt an nichttragender Außenwand in Stahlleichtbauweise



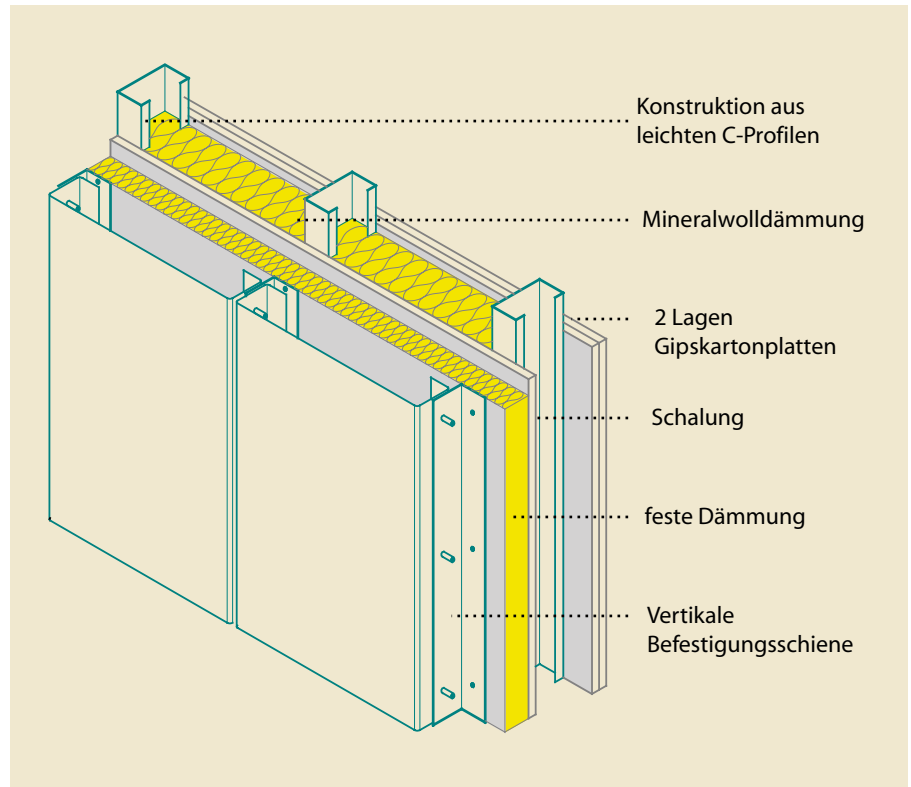


Abbildung 7.4 Metallische Verkleidung befestigt an nichttragender Außenwand in Stahlleichtbauweise

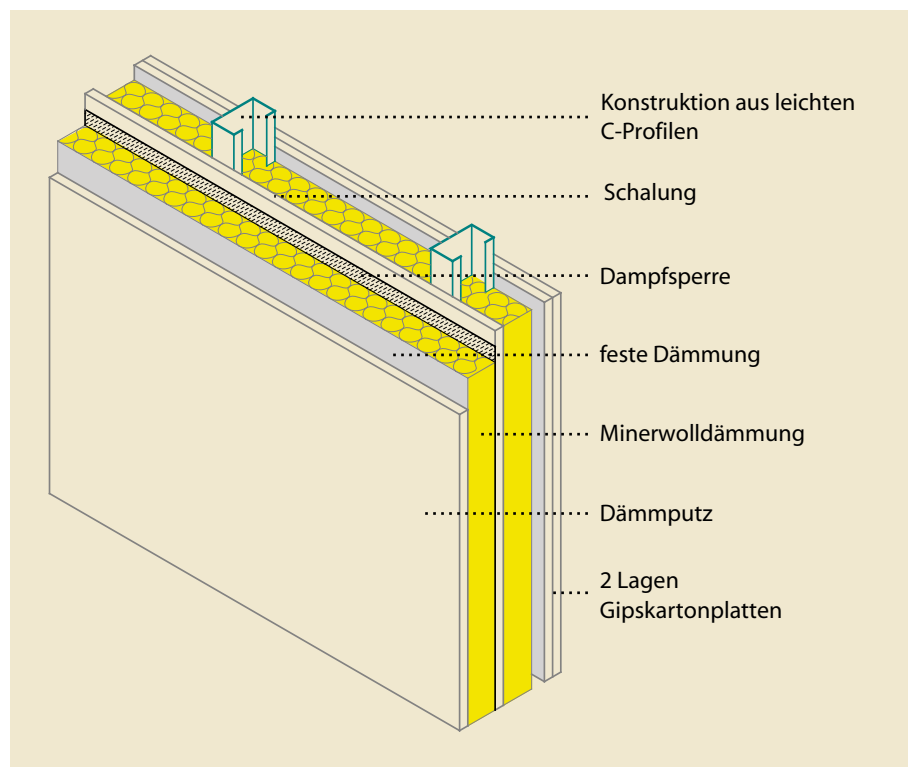


Abbildung 7.5 Wärmedämmverbundsystem befestigt an nichttragender Außenwand in Stahlleichtbauweise

<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Vielzahl von Materialien kann für Fassaden verwendet werden.</li> <li>• Leichte Bekleidungen können durch Stahlleichtbauwände unterstützt werden.</li> <li>• Große Elemente können inkl. der Bekleidung vorgefertigt werden.</li> <li>• Ein hohes Maß an Wärmedämmung (niedrige U-Werte) kann erreicht werden.</li> <li>• Wände sind dünner als bei Massivbauweise.</li> </ul>
<b>Wärmeschutz</b>	<p>Mit Ziegelmauerwerk können U-Werte unter <math>0,25 \text{ W/m}^2\text{K}</math> erreicht werden und mit Wärmedämmverbundsystemen sogar Werte unter <math>0,2 \text{ W/m}^2\text{K}</math>. Geschlitzte oder perforierte Stahlprofile (Abbildung 7.6) verringern Kältebrücken und ermöglichen die Anordnung von mehr Dämmung zwischen den Ständern ohne Tauwasserrisiko. Eine sehr effiziente Lösung sind C-150 Wandständer mit Perforierung, bei denen 30 mm Mineralwolle außen auf die Profile und 150 mm zwischen den Ständern angeordnet wird.</p>
<b>Schallschutz</b>	<p>Schallsisolierung ist selten für Fassaden. Die meisten leichten Konstruktionen, die einen U-Wert von weniger als <math>0,25 \text{ W/m}^2\text{K}</math> gewährleisten, erreichen ein Schalldämm-Maß von über 30 dB. Mauerwerk erreicht ein höheres Schalldämm-Maß von über 35 dB.</p>
<b>Wanddicken</b>	<p>Die Gesamtdicke einer Wand hängt von der Art der Bekleidung ab. Die folgenden Abmessungen gelten für Fassaden mit einem U-Wert von <math>0,25 \text{ W/m}^2\text{K}</math>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mauerwerk: 350 mm</li> <li>• Wärmedämmverbundsystem: 250 mm</li> <li>• Metallische Verkleidung oder Platten: 250 mm</li> </ul>

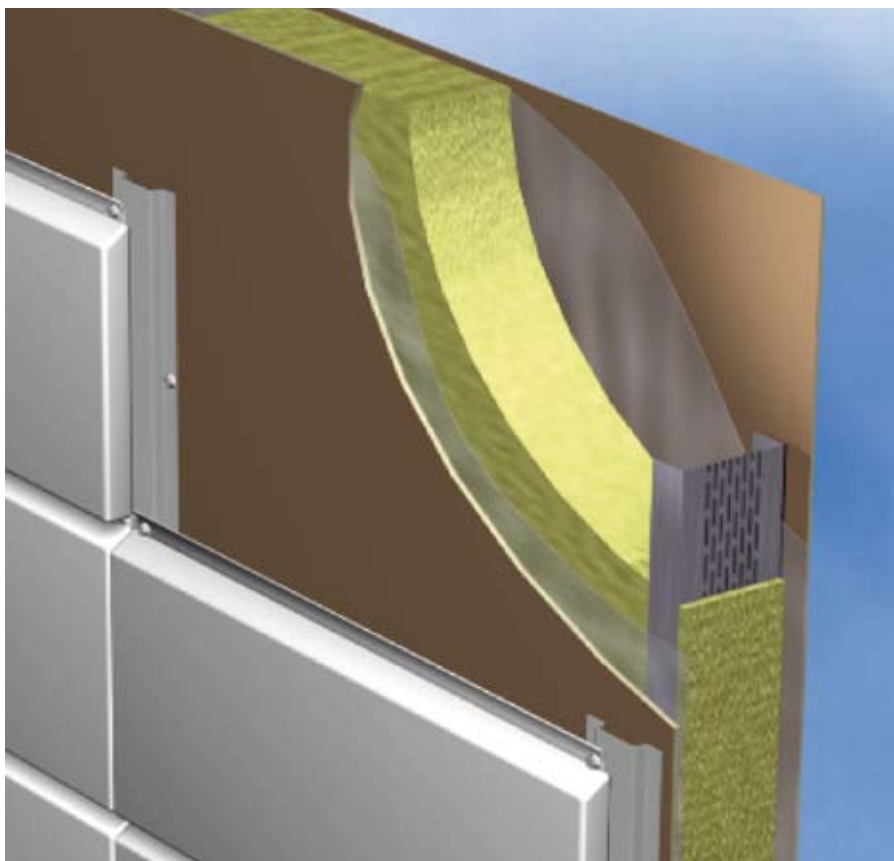


Abbildung 7.6 Geschlitzte Wandständer mit Mineralwolle und metallischer Bekleidung  
Ruukki

# Dächer

## Beschreibung

Verschiedene Dachkonstruktionen können bei der Verwendung von Stahl zum Einsatz kommen. Diese sind:

- Stahlpfetten auf Hauptrahmen oder Querwänden
- Stützenfreie Systeme, um Wohnraum zu schaffen
- Vorgefertigte Dach-Kassetten aus Stahl
- Sandwichelemente (für Spannweiten bis zu 6 m)

Stahldächer können mit einer Vielzahl an Formen hergestellt werden, einschließlich Walmdächern und gebogenen Formen. Metallische Eindeckungen eignen sich für flache Dächer und gebogene Formen.

## Hauptkriterien für den Entwurf

Die zwei wichtigsten Überlegungen sind die Spannrichtung des Daches und die gewünschte Wärmedämmung. Dächer spannen entweder:

- Von Fassade zu Fassade mit Spannweiten von 8 bis 12 m, oder;
- Zwischen Querwänden mit Spannweiten von 5 bis 8 m.

Im ersten Fall wird ein traditioneller Dachstuhl bevorzugt. Im zweiten Fall kann der Einsatz von Pfetten oder anderen Systemen zu einem flexibel nutzbaren Dachraum führen. Ein solcher bewohnbarer Dachraum ist in Abbildung 7.7 dargestellt.

Das erforderliche Niveau der Wärmedämmung ist für Dächer in der Regel hoch (U-Werte  $<0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), so dass die Gesamtdicke der Wärmedämmung 150 mm und mehr betragen kann. Der größte Teil der Dämmung wird von außen auf die Stahlbauteile, d.h. Dachträger oder Pfetten, aufgebracht, aber bis zu 30% der Isolierung kann ohne Risiko von Kondensation zwischen den Bauteilen angeordnet werden.

Sandwichelemente können mit einer Oberfläche erstellt werden, die an Dachziegel erinnert, siehe Abbildung 7.8. Photovoltaikmodule oder Solarkollektoren können einfach auf der Stahldeckung und der Unterkonstruktion befestigt werden.

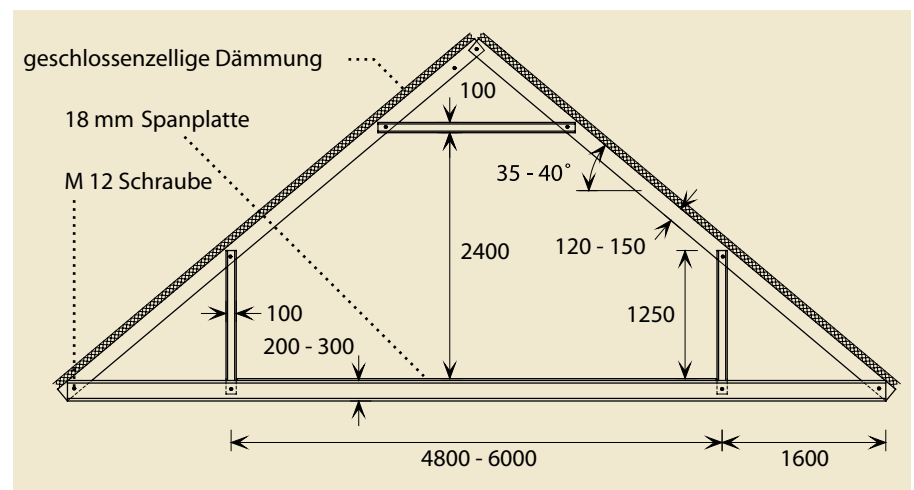


Abbildung 7.7 Stützenfreier Dachraum in Stahlleichtbauweise



Abbildung 7.8 Sandwichelemente mit  
Dachziegel-Optik  
Kingspan



# 08 Nationale Besonderheiten

In diesem Abschnitt werden für mehrere Länder nationale Besonderheiten im Stahlwohnungsbau vorgestellt. Einige dieser Bauweisen folgen den in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Prinzipien. Außerdem werden einige neue Systeme vorgestellt, die noch nicht so weit verbreitet sind.

## Großbritannien

In Großbritannien werden jährlich ca. 180.000 Häuser und Wohnungen gebaut. Der Markt für Stahl im Wohnsektor ist vor allem im Bereich von Gebäuden mittlerer Höhe mit kleinen Wohnungen für Einzelpersonen sehr gut. Insgesamt beträgt der Marktanteil von Stahl im Wohnungsbau etwa 7%. Alle in diesem Best-Practice-Leitfaden beschriebenen Systeme werden verwendet, wobei folgende Trends zu beobachten sind:

- Stahlleichtbau für 4- bis 6-geschossige Gebäude
- *Slimdek* und leichte Trennwände für 6- bis 15-geschossige Wohngebäude, um eine flexiblere Raumnutzung zu ermöglichen

- Modulbauweise für bis zu 10-geschossige Gebäude mit Ein-Personen-Wohnungen (z.B. Studentenwohnheime)
- Kombination aus Modulbauweise mit aussteifenden Betonkernen für Hochhäuser oder Anordnung eines „Sockels“ aus Stahl

Verdichtung und kürzere Bauzeiten beim Bauen im innerstädtischen Bereich und die Erfüllung der Norm für nachhaltiges Bauen, die inzwischen in Großbritannien eingeführt ist, sind die künftigen Herausforderungen für den Wohnungsbau. Effizientere Bauweisen bezüglich Bauzeiten, Integration von Installationen und Energieeffizienz werden bevorzugt. Stahl kann diese Anforderungen erfüllen.

Großbritannien

Niederlande

Frankreich

Schweden



Abbildung 8.1 Wohnungsbauprojekt in Stahlleichtbauweise (Basingstoke)  
HTA Architects



Abbildung 8.2 Wohnungsbauprojekt in Modulbauweise in Basingstoke, UK  
PRP Architects & Vision

Im Folgenden werden die in Großbritannien üblichen Systeme beschrieben:

### Stahlleichtbau

Für den Stahlleichtbau gelten allgemeinen Prinzipien, die in den vorigen Abschnitten beschrieben sind. Zusätzlich sind folgende Trends zu beobachten:

- einschalige tragende Wände
- Kombination von Leichtbaudecken und konventionellen Stahlträgern für größere Spannweiten
- Kombination von Verbunddecken und tragenden Wänden in Stahlleichtbau

Der Markt für Außenwände in Stahlleichtbauweise, die die Fassadenlasten abtragen, für konventionelle Gebäuden aus Stahl und Beton ist auch gewachsen.

### Slimdek

*Slimdek* hat einen großen Marktanteil im Wohnungsbau erreicht, da ein großer Bedarf für Flexibilität bei der Grundrissgestaltung, Maximierung der Nutzfläche und

Minimierung der Deckenpakete besteht. Eine Kombination mit leichten Trennwänden ist einfach möglich. *Slimdek* wurde in Gebäuden mit bis zu 16 Stockwerken (Abbildung 2.2) verwendet.

### Modulbauweise in Kombination mit aussteifenden Betonkernen

Module können effizient verwendet werden, wenn das Gebäude durch Stahlverbände oder einen Betonkern ausgesteift wird, wie dies z.B. bei dem 17-geschosigen Wohnhaus Paragon (siehe Fallstudien) der Fall ist. Bei anderen Projekten wurde die Modulbauweise in Kombination mit Deckenplatten aus Beton verwendet, um Brand- und Schallschutz zu gewährleisten, siehe Abbildung 8.2.

### Modulbauweise mit tragender Unterkonstruktion

Wie in Abschnitt 6 beschrieben, können die Module auch auf einem Stahlsockel angeordnet werden, um in den unteren Ebenen Raum für Gewerbe oder Park-

plätze zu schaffen.

Module können auch mit einem tragenden Stahlskelett kombiniert werden, wie z.B. beim MOHO-Projekt in Manchester, siehe Abbildung 8.3 und 8.4. Diese Technik ist weit verbreitet, um den Anwendungsbereich modularer Systeme zu vergrößern, und um Balkone zu realisieren.

## Niederlande

### Einleitung

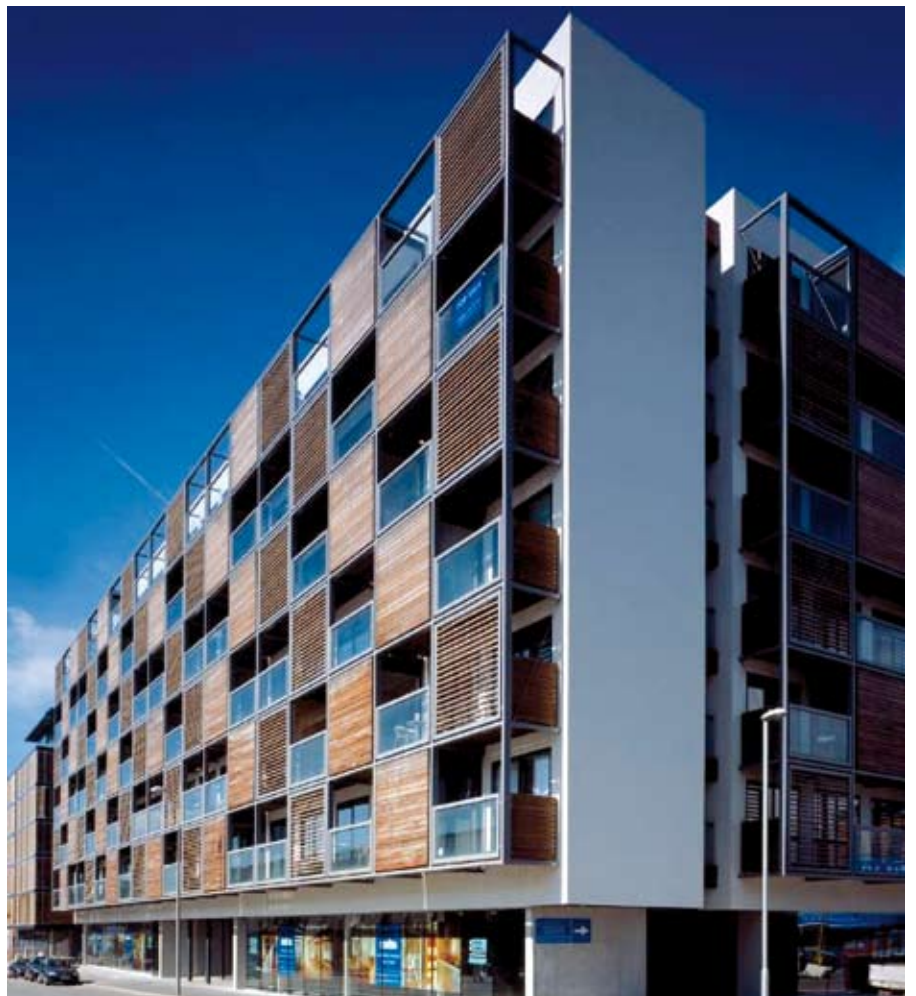
Jedes Jahr werden in den Niederlanden mehr als 70.000 Häuser gebaut. Dabei werden rund 100.000 Tonnen Stahl pro Jahr in diesem Bereich verbraucht. Zusätzlich werden Zehntausende von Tonnen Stahl bei der Renovierung bestehender Gebäude eingesetzt. Hierfür ist Stahl ein sehr beliebter Baustoff.

Die Anwendung von Stahl im Wohnungsbau ist sehr vielfältig. In „modernen“ Siedlungen werden farbig gestaltete Profile für Fassaden und Dächer

Abbildung 8.3 Tragendes Stahlskelett  
kombiniert mit verglasten  
Modulen, MOHO, Manchester  
Yorkon and Shed KM Architects



Abbildung 8.4 Fertiggestelltes MOHO  
Gebäude  
Yorkon and Shed KM Architects





eingesetzt. Bei der Mehrheit der niederländischen Häuser wird Stahl nur für sekundäre Bauteile, wie z. B. Stürze über Fensteröffnungen oder Garagentoren, verwendet. Im Geschosswohnungsbau kommen auch Stahltragwerke zum Einsatz.

Wie in anderen europäischen Ländern haben leichte vorgefertigte Stahlsysteme Vorteile bei innerstädtischen Projekten. Viele der in diesem Best-Practice-Leitfaden beschriebenen Konstruktionen werden verwendet, die Trends in den Niederlanden gehen in Richtung:

- Aufstockungen in Stahlleichtbauweise auf bestehenden Gebäuden
- Umwandlung von Nicht-Wohngebäuden (Büro-, Industriebauten) in Wohnungen durch leichte Stahleinbauten
- Stahlrahmenbauweise mit warmgewalzten Profilen in Kombination mit unterschiedlichen Deckensystemen (Betonfertigteile, Verbunddecken, Decken in Leichtbauweise) in Wohnhäusern

- Einsatz von Stahl für Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser

### Aufstockungen

Aufstockungen haben sich zu einem Nischen-Markt für Stahl in den Niederlanden entwickelt. Viele der bestehenden Gebäude mit Betontragwerk und flachem Dach können durch Aufstockung um ein, zwei oder mehr Geschosse erweitert werden. Die Stahlleichtbauweise ist für diesen Zweck gut geeignet. Es gibt viele interessante Projekte, zum Beispiel: Leeuw van Vlaanderen in Amsterdam (Sieger des Nationalen Renovierungspreises 2007), Het Lage Land in Rotterdam (Abbildung 8.5) und De Bakens in Zwijndrecht.

Die leichten Elemente der Stahlkonstruktion sind selbsttragend, was zu einer sehr leichten Bauweise führt. Anforderungen aus Bauphysik und Brandschutz sind durch Einsatz von Gipskartonplatten leicht zu erfüllen. Wärmeverluste durch die Außenwände werden durch Dämmstoffe, wie Mineralwolle verhindert. Deckenschwingungen können durch einen zu-

sätzlichen Estrich reduziert werden.

Viele nicht mehr genutzte Gebäude befinden sich in bevorzugter Lage, wie z.B. Häfen und Stadtzentren, und können in qualitativ hochwertige Wohnungen und Gewerbeflächen umgewandelt werden. Die Renovierung und Aufstockung der Lagerhäuser Nautilus und IJsvij in Den Haag (Abbildung 8.6) ist ein gutes Beispiel. Die zusätzlichen Penthouse-Wohnungen in Stahl und Glas bieten eine spektakuläre Aussicht über den Hafen. Die Bauweise ist eine Mischung aus konventionellem Stahlbau und Stahlleichtbau.

### Geschosswohnungsbau

Parallel mit der zunehmenden Nutzung von Stahlkonstruktionen in gewerblich genutzten Gebäuden wurden kürzlich mehrere mehrgeschossige Wohnblocks in Stahlrahmenbauweise fertiggestellt.

Eine Vielzahl von Deckensystemen sind gebräuchlich: Spannbetonhohldielen (Het Baken in Deventer), Vollplatten aus Beton (Montevideo in Rotterdam), Verbunddecken (Schutterstoren in Amsterdam), *Slimline*-Decken (La Fenêtre in Den Haag siehe Fallstudien) und Leichtbauelemente (Linea Nova in Rotterdam).



Abbildung 8.5 Aufstockung mit Maisonette-Wohnungen: Het Lage Land in Rotterdam



Abbildung 8.6 Umwandlung eines Lagerhauses mit spektakulärer Aussicht: Nautilus & IJsviss in Den Haag (Sieger Nationaler Stahlbaupreis 2006, Kategorie Wohnungsbau).



### **Einfamilienhäuser**

Seit fast einem Jahrhundert wird privates Wohneigentum von der niederländischen Regierung subventioniert. Der Wunsch nach einer ausdrucksstarken Architektur und große Fensteröffnungen führt zur vermehrten Verwendung von Stahl für Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser. Ein Beispiel für eine transparente Architektur mit Stahlkonstruktion ist in Abbildung 8.8 dargestellt.

Das Smart-House-Konzept wurde von dem Architekten Robert Winkel entwickelt und verwendet quadratische und rechteckige Hohlprofilträger und leichte Wände mit Kassetenprofilen. Es basiert auf einem 5,4 m Stützenraster. Obwohl bislang nur wenige Gebäude mit diesem Konzept gebaut wurden, ist es ein sehr praktisches System für größere Wohngebäude und kleinere Büros (Abbildung 8.9).

### **Frankreich**

In Frankreich entstehend jährlich rund 300.000 Wohnungen, davon etwa 50% in Mehrfamilienhäusern. Der Bereich des sozialen Wohnungsbaus ist seit jeher in Frankreich sehr aktiv, und viele Verbände des sozialen Wohnungsbaus planen und bauen ihre eigenen Gebäude.

Der Stahlbau hat einen Marktanteil von 7% am Wohnungsbau, vor allem durch das Maison-Phénix-System. In jüngster Zeit haben Verbundkonstruktion einen Durchbruch im Bereich des mehrgeschossigen Wohnungsbaus erzielt. Moderne Bauprojekte in Frankreich erfüllen vermehrt die Nachhaltigkeitskriterien nach dem HQE System (Haute Qualité Environnementale).

### **PRISM**

PRISM (Produits Industriels et Structures Manufacturées) ist ein Konzept auf der Grundlage einer Stahlkonstruktion für Wohngebäude.

Eine Vielzahl von Deckensystemen kann mit dem PRISM-Konzept verwendet werden, einschließlich einfachen Stahlbetonplatten, vorgefertigten Spannbetonhohlplatten und Verbunddecken.

PRISM verwendet in der Regel nichttragende Außenwände in Stahlleichtbauweise, die auf den Deckenplatten stehen. Die Leichtbauelemente spannen von Decke zu Decke und die Wärme- und Schalldämmung wird durch daran befestigte Mineralwolle und Gipskartonplatten gewährleistet (siehe Abbildung 8.10).



Abbildung 8.7 Mehrgeschossiges Wohnhaus mit Stahlkonstruktion: Schutterstoren in Amsterdam.



Abbildung 8.8 Einfamilienhäuser: Haus De Kom in Oranjewoud.



Abbildung 8.9 (oben & rechts) Smart House, Rotterdam



Zwei Fassadensysteme werden verwendet – eines für schwere Elemente wie Ziegel, und das andere für leichte Elemente wie Dämmputz. Beide Fassadensysteme verwenden eine angepasste Stahlunterkonstruktion, die für eine Vielzahl von architektonischen Lösungen verwendbar sind.

Nach innen setzt sich der Wandaufbau wie folgt fort:

- Zwei 13 mm dicke feuerbeständige Gipskartonplatten, die 60 Minuten Feuerwiderstand gewährleisten
- Ein Zwischenraum von 60 bis 100 mm zur Aufnahme der Dämmung an den Stirnseiten der Decken und den Stützen
- 70 bis 100 mm Dämmung aus Mineralwolle
- Leichte Stahlunterkonstruktion aus horizontalen und vertikalen Profilen

Die Gesamtdicke des inneren Wandaufbaus beträgt ca. 160 mm. Durch die Dämmung der Stirnseiten der Deckenplatten und der Stützen werden Wärmebrücken vermieden. Die Gesamtdicke der Wand kann zwischen 290 und 360 mm variieren.

Die leichten Trennwände bestehen aus Gipskarton auf einer Stahlunterkonstruktion. Schalldämmung wird durch Mineralwolle gewährleistet. Diese Bauweise ist weit verbreitet. Sie ermöglicht, nach mehreren Jahren der Nutzung Veränderungen in der Grundrissgestaltung vorzunehmen.

### **Cofradal Deckensystem**

Cofradal ist ein leichtes Deckenelement. Es besteht aus einem dünnen Deckblech, in das druckfeste Mineralwolle eingelegt wird, und einem dünnen Aufbeton. Es ist insgesamt 200 mm dick, wie in Abbildung 8.13 dargestellt, und kann sowohl für Geschäfts- und Wohngebäude genutzt werden. Deckblech und Beton wirken zusammen als ein Verbundquerschnitt.

### **PCIS Deckensystem**

PCIS ist ein trockenes Bausystem für Deckenplatten in Wohngebäuden. Asymmetrische Träger werden in die Deckenplatte integriert. Es können geschweißte Querschnitte oder HE-Profile, an deren Untergurt ein Blech geschweißt wird, verwendet werden. Die Träger überspannen bis zu 6 m und werden gelenkig an die Stützen angeschlossen. Die gesamte Plattendicke beträgt 320 mm.

Der Aufbau ist wie folgt (von unten nach oben):

- Verzinkte Profilbleche (1,5 mm dick), die mit der Unterkonstruktion verschraubt sind
- GFK-Schicht, 3 mm dick (230 g/m<sup>2</sup>), bietet Unterstützung für eine dreischichtige Holzplatte, 12 mm dick. Diese Platten werden mit dem Stahlblech verschraubt.
- 12 mm dicke Gipsplatten mit einer harten Oberfläche sorgen für die obere strapazierfähige Oberfläche.

Geeignete Materialien für die Decke sind:

- Thermische und akustische Dämmung: 45 mm Mineralwolle für 30 Minuten Feuerwiderstandsdauer oder 70 mm Mineralwolle für 60 Minuten Feuerwiderstandsdauer
- Zwei 12 mm dicke Gipskartonplatten (30 Minuten Feuerwiderstand) oder zwei 12 mm dicke Brandschutzplatten (60 Minuten Feuerwiderstand)

### **Maison PHÉNIX**

Maison Phénix ist der führende Anbieter auf dem französischen Markt mit 50 Jahren Erfahrung und erstellt ca. 6000 Häu-



Abbildung 8.10 Das PRISM System im Bau: Primäre Stahlkonstruktion, Dach und Außenwände vor Montage der Fassade





Abbildung 8.11 PRISM System: Beispiel für Kombination mit Steinfassade  
Architekt: P Sartoux



Abbildung 8.12 PRISM System - Anwendungsbeispiel

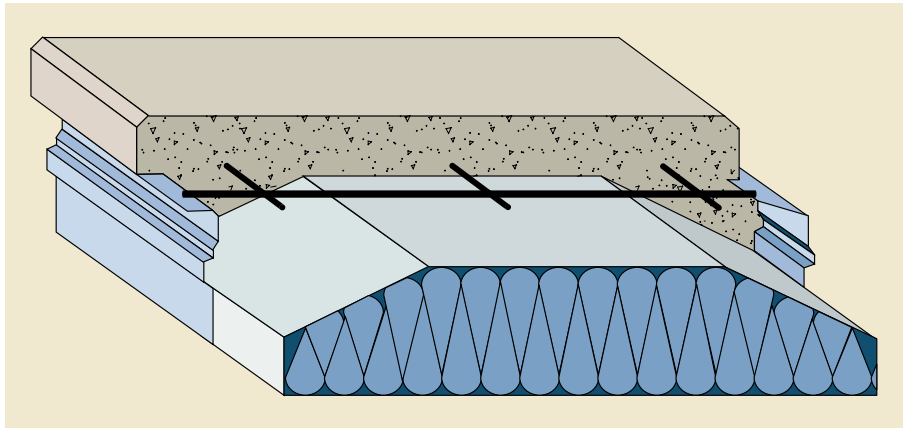


Abbildung 8.13 Cofradal – Typischer Querschnitt und Elemente während der Montage

ser. Die Stahlkonstruktion besteht aus gewalzten Winkelprofilen. Die Anpassungsfähigkeit des Systems ermöglicht ein breites Spektrum von Wohnformen mit einer Vielzahl von Fassaden.

Konstruktionsdetails zu diesem Bausystem, das vor allem für Einfamilienhäuser zum Einsatz kommt, sind in Abbildung 8.14 dargestellt.

## Schweden Einleitung

Die wichtigsten Anwendungsbereiche für Stahl in Schweden sind Flachdeckensysteme (Büros und Wohnungen) und Wände in Leichtbauweise, wobei die verwendeten C-Profile häufig geschlitzt oder

perforiert sind. Es ist möglich, sehr geringe Deckendicken zu erreichen, was in Schweden sehr wichtig ist. Die Arbeitskosten machen einen großen Teil der Gesamtkosten des fertigen Gebäudes aus und kurze Montagezeiten vor Ort sind auch sehr wichtig.

### Decken in Slim-Floor-Bauweise

Slim-Floor-Decken bestehen aus in die Decke integrierten Stahlträgern und ermöglichen große Spannweiten und somit flexible Grundrisse. Die Fugen zwischen den Stahlträgern und den Hohlplatten werden mit Beton vergossen. Die Stahlträger sind den umgebenden Beton geschützt. Bei Wohngebäuden, ist es üblich, einen aufgeständerten Fußboden auszu-

führen. Horizontale Leitungen können dann in dem Doppelboden verlegt werden.

### Stahlleichtbau

Decken in Stahlleichtbauweise bestehen aus tragenden kaltgeformten Stahlprofilen, wie in Abschnitt 3 beschrieben. Sie können auf der Baustelle zusammengesetzt werden oder in Form vorgefertigter Kassetten oder Elemente angeliefert werden, die dann auf der Baustelle montiert werden. Eine gebräuchliche Deckenkonstruktion besteht aus C-Profilen in einem Abstand von 600 mm. Die Höhe der Träger beträgt zwischen 150 und 300 mm, abhängig von der Spannweite. Profilbleche werden auf dem oberen Flansch



Abbildung 8.14 Maison Phénix -  
Anschlussdetails der  
Dachkonstruktion für  
eingeschossiges Gebäude





Abbildung 8.15 Beispiel für ein 7-geschossiges Wohnhaus mit Slim-Floor-Decken in Schweden

befestigt und können auch Horizontal-lasten aufnehmen. Die maximale Spannweite beträgt ca. 8 m bei Verwendung von 300 mm hohen C-Querschnitten. Die derzeitige Erfahrung zeigt, dass Leichtbaudecken mit einer Spannweite von 4 bis 4,5 m am wirtschaftlichsten für Wohngebäude sind und eine sorgfältige Detaillierung gute Schalldämmung gewährleistet.

Leichte Stahlkonstruktionen werden als tragende Systeme in Wohngebäuden von bis zu drei Stockwerken verwendet. Es ist

üblich, dass Gebäude in Leichtbauweise mit Aussteifungssystemen aus gewalzten oder geschweißten Stahlprofilen kombiniert werden. Es kann ein Gesamtgewicht von weniger als 150 kg/m<sup>2</sup> Geschossfläche erzielt werden.

#### **Modulbauweise**

Das Modulbausystem OpenHouse wurde in Annestad in Malmö verwendet und basiert auf einem 3,9 m Stützenraster. Die Anwendung des OpenHouse-Systems ist in den Fallstudien beschrieben.



# 09 Fallstudien

In diesem Abschnitt wird eine Reihe von Fallstudien 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:

- Paragon, London. Ein Komplex von 4- bis 17-geschossigen Wohngebäuden in Modulbauweise in Kombination mit Betonkernen
- Rudolstädter Stahlhaus. Technologien aus dem Industriebau für individuellen Wohnungsbau
- La Fenêtre, Den Haag. Mehrgeschossiges Wohngebäude auf geneigten Stahlstützen.
- Bioclimatic Towers, Vitoria-Gazteiz. Nachhaltiges Bauen von vier 16-geschossigen Wohntürmen aus Stahl.
- OpenHouse, Malmö. Modulares Bausystem für 4-geschossige Wohngebäude.

*Paragon, London*

*Rudolstädter Stahlhaus,  
Deutschland*

*La Fenêtre,  
Den Haag, NL*

*Bioclimatic Towers,  
Vitoria-Gazteiz, Spanien*

*OpenHouse,  
Malmö, Schweden*

## Paragon, London

*Großbritanniens höchstes Gebäude in Modulbauweise wurde von dem Projektentwickler Berkeley First erbaut und bietet günstige Wohnungen in West London. Dieses Gebäude besteht aus Modulen, die sich über 17 Geschosse um einen Betonkern gruppieren.*

### Nutzen für den

#### Anwender:

- Modularer Aufbau bis zu 17 Geschossen
- Kurze Bauzeit
- Minimierung der logistischen Probleme auf der Baustelle
- Ausgezeichnete Schalldämmung
- Zusammenschalten von Modulen für flexible Raumgliederung möglich



Projektentwickler Berkeley First wählte für das Projekt Paragon in Brentford, West London, die Modulbauweise, um preisgünstigen Wohnraum zu schaffen, eine kurze Bauzeit von nur 22 Monaten einzuhalten und die logistischen Probleme auf der Baustelle zu minimieren.

Eingeklemmt zwischen der Autobahn M4 und angrenzender Bebauung zeichnet sich das Grundstück durch große Schwierigkeiten für Baustellenlogistik aus.

Durch die Modulbauweise konnten viele dieser Probleme umgangen werden. Die Module wurden in einem mittleren Takt von 8 Stück pro Tag ohne Sperrung der Straße angeliefert.

Bei konventioneller Verwendung ist die modulare Bauweise auf 8 bis 10 Geschosse begrenzt. Bei diesem Projekt wurde durch Anordnung eines aussteifenden Betonkerns eine maximale Höhe von 17 Geschossen erzielt. So müssen die

Module lediglich die Vertikallasten abtragen sowie die Horizontallasten an den Kern weiterleiten.

In den ersten Phasen wurde das Projekt nicht als modulares Bauwerk konzipiert. Aus diesem Grund konnte die Herstellungseffizienz von wiederholbaren modularen Einheiten nicht vollständig erreicht werden. Caledonian Building Systems war in der Lage eine breiten Palette von Modul-Typen anzubieten, davon viele mit offenen Seiten, so dass zwei Module zu einem größeren Raum zusammengesaltet werden konnten.

Das Projekt besteht aus 6 Gebäuden mit 4, 5, 7, 12 und 17 Geschossen. Die Gesamtzahl der Module beträgt 827, wobei allein das 17-geschossige Gebäude aus 413 Modulen besteht. Ein typisches Modul hat die Abmessungen 12 m x 2,8 m.

Das Projekt kostete £ 26 Mio. und wurde im September 2006 fertiggestellt.



**Projektbeteiligte**

Projektentwicklung:

**Berkeley First**

Architekten:

**Carey Jones**

Tragwerksplanung:

**Capita Symonds,  
Alan Wood and Partners**

Module:

**Caledonian Building Systems****Konstruktionsdetails**

Das Paragon-Projekt umfasst 840 Studentenzimmer mit Bad, 114 Studios, 44 2,5-Zimmer-Wohnungen und 63 3,5-Zimmer-Wohnungen. Module wurden kombiniert, um größere Wohnungen zu erzeugen. Die 2,5- bzw. 3,5-Zimmer-Wohnungen wurden aus 2 oder 3 Modulen mit jeweils 35,55 m<sup>2</sup> Fläche erstellt.

Die Module bestehen aus dünnwandigen C-Profilen in Decken und Wänden in Verbindung mit quadratischen (QHP) oder rechteckigen (RHP) Hohlprofilen zum Abtrag der Vertikallasten. Es wurden QHP-Profile 80 x 80 und RHP-Profile 160 x 80 mit unterschiedlichen Wandstärken in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe verwendet. Diese Stützen passen in die Wände-

lemente in Leichtbauweise. Für die Randträger werden warmgewalzte U-Profile mit parallelen Flanschen eingesetzt, im Modulboden mit dem Querschnitt 200 x 90, in der Decke 140 x 70. So konnten Module mit offenen Seiten und Spannweiten von bis zu 6 m realisiert werden. Die Gesamtdicke aus Modulboden und -decke beträgt 400 mm und die Gesamtbreite zweier verbundener Wände 290 mm. Wand und Decke erreichen eine hervorragende Luftschalldämmung von über 60 dB und eine Feuerwiderstandsdauer bis 120 Minuten.

Die Module sind untereinander und mit dem Betonkern mittels Stahlwinkeln verbunden, die wiederum an Einbauteilen im Beton befestigt werden. Bei der Bemessung dieser Verbindungen wurden sowohl die Windkräfte als auch mögliche Abtriebskräfte berücksichtigt. Die Betonkerne wurden vor der Montage der Module mittels Gleitschalung erstellt. In einigen Bereichen wurden die Module auf einem Stahlsockel montiert, um eine Zufahrt für Fahrzeuge im Untergeschoss zu schaffen.



Module und aussteifender Betonkern



Montage der Module auf Stahlsockel

## Rudolstädter Stahlhaus

*Durch Verwendung bekannter Technologien aus dem Industriebau kann eine anspruchsvolle Architektur für individuelle Wohngebäude bei gleichzeitiger Kostenkontrolle realisiert werden.*

### Nutzen für den

#### Anwender:

- Trennung von tragenden und isolierenden Bauteilen
- Wände haben keine tragende Funktion
- Große Spannweiten
- Hohe Qualität der Konstruktion
- Kurze Bauzeit
- Optimierung der raumabschließenden Bauteile bezüglich Bauphysik
- Flexibilität des Grundrisses
- Recyclingfähigkeit des Gebäudes
- Möglicher Einsatz in Erdbebengebieten



Das charakteristische Merkmal des „Stahlhaus“-Systems besteht in der Trennung von tragenden und raumabschließenden Bauteilen. Durch die Konzentration der Tragfunktion auf die Stahlrahmen kann eine maximale Flexibilität in der Gestaltung der Grundrisse erzielt werden. Durch die Möglichkeit große Spannweiten im Haus ohne tragende Wände auf der Geschosfläche zu realisieren, entstehen variabel nutzbare, stützenfreie Geschosse, die sich den Anforderungen der Bewohner anpassen.

Die Außenwände des Hauses haben keine tragende Funktion. So ist es möglich, die Konstruktion der Fassade für ihre eigentliche Aufgabe, d.h. den Wärme- und Wetterschutz, zu optimieren. Ein Niedrigenergiestandard kann so problemlos realisiert werden.

Es steht eine breite Auswahl von Materi-

alien und Oberflächen zur Verfügung. Dazu gehören neben klassischen Wandaufbauten wie Mauerwerk mit Mineralfaserdämmung und hinterlüfteter Schalung auch Sandwichpaneele, die bislang eigentlich eher dem Industriebau zuzuordnen sind. Sogar Wände aus Lehm wurden schon realisiert. Die guten Eigenschaften von Lehm als Baumaterial ermöglichen ein gesundes Raumklima und sind besonders für Allergiker und Bewohner mit Atemwegserkrankungen vorteilhaft.

Eine wesentliche Eigenschaft des Stahlhaus-Systems ist die optimale Anpassung an unterschiedliche Anforderungen. Durch die flexible Gestaltung der Innenräume ist eine Anpassung an die Lebensabschnitte der Nutzer und die nachträgliche Veränderung der Raumquerschnitte durch modulare Ausbauelemente möglich. Auch die Fassade kann während der Nutzungsdauer des Gebäudes leicht erneuert werden,





z.B. um neue Energie-Konzepte zu erfüllen.

Durch das geringe Gewicht und die Möglichkeit, das gesamte Gebäude an wenigen diskreten Stellen auf Einzelfundamente unter den Stützen zu gründen, kann das Bausystem auch bei schwierigen Gründungssituationen, wie z.B. Hanglagen, eingesetzt werden.

Aus wirtschaftlicher Sicht ergibt sich der Vorteil, dass es sich bei dem Bausystem um eine Standardkonstruktion handelt, so dass eine individuelle Architektur möglich ist, die nicht notwendigerweise zu höheren Kosten führt. Dies wird durch den Einsatz modernster CAD-Technik von der ersten Skizze bis zur Fertigung in der Werkstatt ermöglicht. Außerdem können die Erfahrungen, die im Industriebau mit Stahl gesammelt wurde, genutzt werden. Der Preis für ein Stahlhaus ist somit nicht höher als der für ein Haus in Massivbauweise mit vergleichbarer Ausstattung.

Weitere Kosteneinsparungen sind möglich, da die Montage der nichttragenden Elemente nach dem Erstellen des statisch wirksamen Stahlgerüstes mit den aussteifenden Deckenscheiben in Eigenleistung ausgeführt werden kann.

Der hohe Vorfertigungsgrad der Bauteile gewährleistet eine gleichbleibend hohe Qualität sowie eine extrem kurze Bauzeit. Zeiträume von 6 bis 8 Wochen vom ersten Spatenstich bis zur Fertigstellung des Gebäudes sind möglich.

Die Trennung von Tragstruktur und (nichttragenden) Wänden führt zu weiteren möglichen Einsatzgebieten. In einem Forschungsvorhaben des Lehrstuhls für konstruktiven Ingenieurbau der Bauhausuniversität Weimar und der RSB Rudolstädter Systembau GmbH wurde ein statisches Berechnungsmodell sowie ein Baukastensystem mit geeigneten Anschlussdetails für kostengünstige Wohnbauten in Erdbebengebieten entwickelt.

*Linke Seite:*

*Wohnhaus in Weinheim (Deutschland)*

*Architekt: Ulrike Schmitt, Weinheim*

*Stahlbau: Rudolstädter Stahlbau*

*Rechte Seite:*

*Wohnhaus in Keilbach (Deutschland)*

*Architekt: Martin Cleffmann - schaudt  
architekten, Konstanz*

*Stahlbau: Rudolstädter Stahlbau*



## La Fenêtre, Den Haag

*Bei der Errichtung dieses 16-geschossigen Gebäudes im Stadtzentrum von Den Haag kam eine neuartige Bauweise zum Einsatz. Die aufgehende Konstruktion aus Stahl wird von geneigten Stützen getragen. Der Leitgedanke des Entwurfs besteht darin, ein „transparentes“ Gebäude zu schaffen.*

### Nutzen für den

#### Anwender:

- Stabilität durch geneigte Hohlprofilstützen
- Transparente Fassade mit niedrigen Deckenpaketen
- 120 Minuten Feuerwiderstand
- Leitungen im Fußboden
- Ausgezeichnete Schalldämmung



Das Wohngebäude „La Fenêtre“ bildet mit seiner interessanten Stahlkonstruktion eine Landmarke an einer belebten Straßenkreuzung in Den Haag. Seine 16 Stockwerke werden von geneigten Stützen aus Hohlprofilen getragen. Es wurde ein neuartiges Deckensystem namens *Slimline* aus vorgefertigten Elementen verwendet, welches auf parallel angeordneten I-Profilen im Abstand von 0,6 bis 0,9 m basiert, um deren Untergurt eine Betonplatte gegossen ist. Die Breite eines dieser „umgekehrten“ Verbundelemente beträgt 2,4 m.

Die Betonplatte ist in der Regel 70 mm hoch und an ihrer Unterseite unverkleidet. Installationsleitungen befinden sich auf der Platte und sorgen auch für die Fußbodenheizung und -kühlung. Die Fußbodenplatten liegen auf den Flanschen der Stahlträger und können mit einem Estrich versehen werden.

Dieses Bausystem kann auch für Büros und Krankenhäuser verwendet werden, bei denen eine Verlegung der Versorgungsleitungen im Boden von Vorteil ist.

Die Fassade ist komplett verglast und mit seinen 20 m langen Hohlprofilstützen erscheint das Gebäude nahezu transparent. Die Aussteifung des Tragwerks erfolgt durch im Gebäudeinneren angeordnete Hohlprofile.

An der TNO Delft wurden Brandversuche durchgeführt, um nachzuweisen, dass die ansonsten ungeschützten Stahlträger allein durch die am Untergurt angeordnete Betonplatte eine Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten aufweisen. Ein ausgezeichnetes Schalldämmmaß wurde ebenfalls erreicht.

Die Bauarbeiten begannen im Frühjahr 2004 und endeten Ende 2005.

**Projektbeteiligte**

Bauherr:

**Latei projectontwikkeling**

Architekt:

**Architectenbureau Uytengaak**

Stahlbau:

**Oostingh Staalbouw**

Tragwerksplanung:

**Adams**

Deckensystem:

**PreFab Limburg BV**

TGA:

**Heijmans**

(oben) Gebäude in der Bauphase

(rechts) Slimline-Deckensystem mit Installationsleitungen

**Konstruktionsdetails**

Je nach Spannweite und Belastung können unterschiedliche Stahlquerschnitte für das *Slimline*-System verwendet werden. Obwohl die Obergurte der Träger nicht seitlich gehalten sind, wird eine ausreichende Drehbettung durch die Betonplatte am Untergurt gewährleistet. Das Verhältnis von Spannweite zu Stahlträgerhöhe beträgt 20. Ein 450 mm hohes Profil überspannt so 9 m.

Die Leitungen werden durch ovale Öffnungen im Stahlträgersteg geführt. Somit ergibt sich ein Deckenpaket von 600 mm Höhe.

Die Betonplatte trägt ihr Eigengewicht sowie die Lasten aus der technischen Ausstattung und ist in der Regel 70 mm dick. Der Fußbodenaufbau besteht aus einem 60-80 mm dicken Gipsestrich, der auf den Bodenplatten verlegt ist. Das gesamte

Deckensystem wurde auf eine Nutzlast von bis zu 3 kN/m<sup>2</sup> bemessen.

Die vorgefertigten *Slimline*-Elemente werden auf Hauptträgern aus Stahl aufgelegt. Hierzu endet die Betonplatte am Untergurt 100 mm vor dem Stahlträgerende. Heizungs- und Kühlrohre können auch im Beton der Platte verlegt werden um die Temperatur im darunterliegenden Geschoss zu beeinflussen.

In La Fenêtre beträgt das Stützenraster der aufgehenden Konstruktion 6 m x 9 m. Darunter sind die geeigneten Hohlprofilstützen angeordnet, die auf 8 Einzelfundamente gegründet werden. Die Kosten für Brandschutz konnten durch die Dämmwirkung der umgekehrten Deckenplatte sowie durch Verwendung von Hohlprofilen mit einem günstigen U/A-Verhältnis minimiert werden.





## Bioclimatic Towers, Vitoria Gasteiz

*Die Bioclimatic Towers im Feuchtgebiet Salburua, Vitoria/Spain, bestehen aus 4 Hochhäusern mit Wohnungen, Gewerbeflächen und Büros. Der sommerliche Wärmeschutz wird durch den „bioklimatischen“ Entwurf gewährleistet.*

### Nutzen für den

#### Anwender:

- Herausragende architektonische Lösung
- Nachhaltig und energieeffizient mit bioklimatischen Ansatz
- Hoher Vorfertigungsgrad
- Maximale Flexibilität bei der Nutzung des Raumes
- Recyclingfähigkeit der Gebäudestruktur
- Intensive Verwendung von Stahl



Bioclimatic Towers im Bau



Salburua ist ein Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung, welches Teil des Grüngürtels der Stadt Vitoria-Gasteiz ist. Am Stadtrand wurden vier Hochhäuser mit Büros und Sozialwohnungen errichtet. Die Hauptentwurfskriterien für die Türme waren Nachhaltigkeit, Effizienz der Tragstruktur, lange Lebensdauer und geringer Wartungsaufwand.

Alle Wohnungen in den Türmen haben zwei Orientierungen. Aufgrund ihrer optimalen Ausrichtung, der energieeffizienten Fassade und der Integration von erneuerbaren Energien wird ein hohes Maß an Nachhaltigkeit erzielt.

Der Entwurf stammt von dem renommierten Architekten Iñaki Abalos und Juan Herreros und wurde im Museum of Modern Art (MOMA) in New York ausgestellt. Jeder Turm hat eine Grundfläche von 281,5 m<sup>2</sup> pro Geschoss und ist 48 m hoch.

Die 16-geschossigen Hochhäuser bestehen aus einem Stahltragwerk in den Außenwänden, Stahlbetondecken und Innenstützen aus Stahl (4 Stützen je Geschoss). Das Tragwerk der Türme besteht aus 1400 Tonnen Stahl. Das Gesamtbudget für die Stahlkonstruktion der vier Türme betrug etwa 2,35 Mio. Euro. Die Gebäude wurden im Jahr 2006 fertiggestellt.



**Project Team**

Kunde:

**Ensnache XXI**

Architekten:

**Ábalos & Herreros**

Bauherr:

**Jaureguizar S.L**

Stahlbau:

**Goros Construcciones Metálicas**

Generalunternehmer:

**Goros S.Coop (Vitoria-Gasteiz)**

Werkstattfertigung der tragenden  
Fassadenelemente



Baufortschritt mit Innenstützen aus Stahl

**Konstruktionsdetails**

Die tragende Struktur von jeweils zwei Geschossen wurde aus vier vorgefertigten Elementen (ca. 6 m hoch) erstellt. Die Stahlkonstruktion wurde komplett in der Werkstatt vorgefertigt, um die Montage vor Ort sehr viel schneller und effizienter zu gestalten.

Die Stahlbetondecken bestehen aus einer 250 mm dicken Vollplatte mit einer maximalen Spannweite von 7 m, und wurden vollständig in Ortbetonbauweise erstellt.

Je nach Lage im Hochhaus und Höhe des jeweiligen Gebäudes sind die Stützen aus Stahl oder Beton gefertigt. Für die Stahlbauteile wurden Walzprofile mit Querschnittsgrößen zwischen HEM 200 und HEM 600 bzw. HEB 180 und HEB 500 in S355 verwendet.

Die Mehrzahl der Stützen besteht aus ein-

betonierten HEM 120 Profilen und haben eine Höhe von 3 m.

Die tragenden Außenwandelemente bestehen aus geschweißten Trägern mit mehr als 1 m Höhe und Spannweiten zwischen 2,3 und 2,9 m.

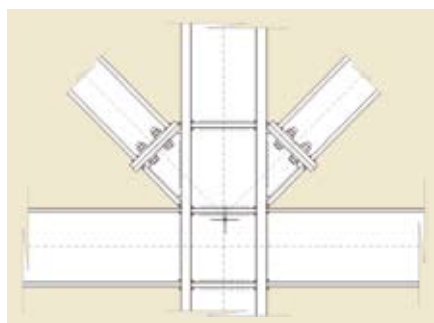
Alle geschweißten Verbindungen wurden in der Werkstatt hergestellt, während auf der Baustelle ausschließlich geschraubte Verbindungen zum Einsatz kamen. Dies gewährleistet eine schnelle und wetterunabhängige Montage.

Ein besonderes Transportsystem war erforderlich, um die vorgefertigten Elemente zur Baustelle zu transportieren, da sie Abmessungen von 30 m x 6 m und ein Gewicht von mehr als 20 Tonnen aufwiesen.

Das Tragwerk wurde in Rekordzeit mit einem durchschnittlichen Takt von 1,5 Tagen pro Geschoss fertiggestellt. Die Bauzeit je Turm betrug ca. 4 Monate, davon 2 Monate für die Vorfertigung im Werk und 2 Monate für die Montage vor Ort.

**Danksagung:**

Dank gilt der Firma GOROS S.Coop. aus Vitoria (Baskenland, [www.goros.net](http://www.goros.net)) und vor allem Miguel Angel Zudaire, Raúl Etayo, Pedro Marchán und Mikel Zudaire.



Detail: Geschraubter Anschluss der Verbände

## OpenHouse, Malmö

*Das Ziel des OpenHouse-Systems ist es, Wohnungen durch Anwendung der Modulbauweise kostengünstig anzubieten. Dieses Projekt in der Nähe von Malmö umfasst 1200 Wohnungen mit einer Vielzahl von Grundrissen.*

### Nutzen für den

#### Anwender:

- Anpassungsfähigkeit bei Nutzung, Form und Wiederverwendung von Modulen
- Nachhaltigkeit
- Risikominimierung und verbesserte Qualität durch industrielle Fertigung
- Vielzahl von Fassaden-, Dach- und Balkonvarianten möglich
- Gute thermische und akustische Dämmung



*Einseitig offenes OpenHouse Modul mit temporärer Innenstütze während der Montage*



Annestad in Malmö, Schweden, ist für schwedische Verhältnisse ein großes Bauprojekt. Insgesamt wurden in einem Zeitraum von vier Jahren 1200 Wohnungen erstellt. Die Siedlung besteht aus mittelgroßen Wohnblöcken mit zwei bis fünf Geschossen und wurde 2006 fertiggestellt. Das Gesamtprojekt unterteilt sich in Miet- und Eigentumswohnungen. Die Kosten für die Miete der Wohnung beträgt ca. € 110 pro m<sup>2</sup> / Jahr.

Für das Tragwerk des Projekts kam das OpenHouse-System zum Einsatz. Die Module basieren auf einem Raster von 3,9 m in Querrichtung und einem Vielfa-

chen von 3,9 m in Längsrichtung. Sie gaben Eckausparungen und Eckstützen aus quadratischen Hohlprofilen (QHP).

Die Größe der Wohnungen variiert von einem Zimmer plus Küche bis zu vier Zimmern plus Küche. Für die Fassaden wurden Ziegel, Platten, Dämmputz oder Holz verwendet. Die Module wurden versetzt angeordnet, um eine abwechslungsreiche Fassade zu kreieren. Die Metalldeckung, Fassaden und Balkone wurden vor Ort mit den voll ausgestatteten Modulen verbunden.

**Projektbeteiligte**

Bauherr:

**Hyreshem Malmö /  
OpenHouse Production**

Architekten:

**Landskronagruppen /  
OpenHouse Production**

Generalunternehmer:

**OpenHouse Production**

Fertigung der Module:

**OpenHouse Production***(oben) Montage eines Moduls***Konstruktionsdetails**

Die Module werden in einem tragenden Rahmen aus QHP-Stützen auf einem 3,9 m-Raster angeordnet. Jedes Modul wird dabei von sechs Stützen unterstützt.

Die Innenabmessungen eines Moduls betragen 3,6 m in der Breite und bis zu 11 m in der Länge. Die Module können bis zu 1,7 m über den äußeren Rahmen auskragen. Das typische Gewicht eines fertigen Moduls beträgt 5 bis 8 Tonnen. Die Module wurden so konstruiert ist, dass sie die horizontalen Lasten auf die aussteifenden Elemente wie z.B. die Treppenhäusern abtragen. Das System wird i.d.R. für fünfgeschossige Gebäude verwendet, maximal sind acht Geschosse möglich.

Die Module werden in Stahlleichtbauweise in Kombination mit Mineralwolle und Gipskartonplatten erstellt. Bei den Außen-

wänden gewährleisten geschlitzte Profile, Mineralwolle und Gipsplatten eine gute thermische Isolierung. So können U-Werte bis 0,1 W/m<sup>2</sup>K realisiert werden. Decke und Boden des Moduls bestehen aus Stahlleichtprofilen, Mineralwolle, Gipskartonplatten und Profilblechen. Die Module sind selbsttragend für vertikale und horizontale Lasten bei einer Höhe bis zu fünf Geschossen.

Um größere Zimmer zu realisieren werden einseitig offene Module mit Innenstützen hergestellt, so dass zwei Module zusammenschaltet werden können.

Auf der Baustelle werden die Module sobald sie in Position gehoben sind mit den QHP-Stützen verbunden. Anschließend werden die Leitungen verbunden und die Deckenplatten zwischen den einseitig offenen Modulen vergossen.

*(rechts) Das Annestad Projekt bei Öresund, Südschweden*



**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**

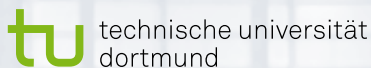
C/Geldo - Parque Tecnológico de Bizkaia - Edificio 700,  
48160 Derio, Bizkaia, Spain  
[www.labein.es](http://www.labein.es)

**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)