

Dokumentation 612

Stahlgeschossbau – Grundlagen –



Impressum

Dokumentation 612
Stahlgeschossbau
– Grundlagen –

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

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

Titelbilder

links oben:

NorCon Haus in Hannover

links unten:

Stahlverbundbau – Skelett

rechts oben:

Dreigurtbinder im Atriumdach

rechts unten:

Post-Tower in Bonn (©Spannverbund)

2. Auflage, Juni 2007

Inhalt

	Seite
1 Grundlagen	4
2 Stützen	4
2.1 Stützenstellung	4
2.2 Stützens Ausbildung	6
2.3 Platzbedarf	6
2.4 Stützenprofile, Stützenquerschnitte	6
2.5 Verbundstützen	7
3 Anschlüsse	7
3.1 Fußpunkte	7
3.2 Stützenstöße	8
3.3 Trägeranschlüsse	8
4 Aussteifungssysteme	9
4.1 Rahmen	9
4.2 Fachwerke	9
4.3 Scheiben	9
4.4 Kerne	10
5 Geschossdecke	10
5.1 Deckentragwerk – Vollwandträger	10
5.2 Deckentragwerk – Fachwerkträger	11
5.3 Verbundträgerdecken	11
5.4 Verbunddecken	12
5.5 Ortbetondecke	12
5.6 Fertigteilplattendecke	12
5.7 Stahl-Flachdecken	13
5.8 Brandschutz der Geschossdecke	13
5.9 Installationsführung	14
6 Brandschutz	15
7 Trends und Entwicklungen	15
Literaturverzeichnis	17

1 Grundlagen

Beim Entwerfen eines Gebäudes sind gestalterische, funktionale und statisch konstruktive Aspekte miteinander in Einklang zu bringen. In der Regel bestimmen Design und Funktion maßgeblich das Tragwerkskonzept. Entsprechend dem für die Tragstruktur vorherrschend eingesetzten Material sprechen wir üblicherweise von einer *Stahl-, Stahlbeton- oder Holzbauweise*. Werden verschiedene Baustoffe kombiniert, liegt eine *Mischbauweise* vor. Im *Stahl-Verbundbau* bilden die Baustoffe Stahl und Beton gemeinsam die Tragelemente. Das Tragkonzept ist der Stahlbauweise zuzuordnen. Außerdem kommen die konstruktiven Lösungen wie Anschlüsse, Verbände, Lagerungen und deren technologische Umsetzung aus dem Stahlbau.

Eine andere Charakterisierung des Tragwerkskonzeptes ist die Definition nach der Art der Haupttragglieder und der Lastabtragung. Besteht das Bauwerk überwiegend aus tragenden und stabilisierenden Wänden und Deckenscheiben, so sprechen wir von einer *Wandbauweise*, die in ihrer statischen Wirkungsweise einem *Faltwerk* entspricht. Ist das Tragwerk überwiegend in Stützen, Riegel und Deckenscheiben auflösbar, spricht man von der *Skelettbauweise* (Bild 1). Derartige Strukturen



Bild 1: Typischer Stahlskelettbau

werden statisch in der Regel als Stabwerk behandelt. Die *Skelettbauweise* selbst umfasst eine Vielzahl von Untergruppen, die sich nach der Art der Gebäudestabilisierung unterscheiden. Dazu gehören insbesondere die *Rahmenbauweise*, die *Fachwerkbauweise*, die *Kernbauweise*, die *Tube-Bauweise* sowie deren Kombinationen.

Bei Hochhäusern über 100 m Höhe ist seit einigen Jahren ein Trend zu sogenannten Megastrukturen erkennbar. Dabei gibt es zwei unterschiedliche Vorgehensweisen. Ein Konzept basiert auf der Kopplung statisch und häufig auch funktional getrennter (autarker) Gebäudeteile (Bild 3), so dass Makrostrukturen mit entsprechender Tragwirkung entstehen. Eine Alternative ist, die Gebäudestruktur so zu gestalten, dass sich das Haupttragssystem aus wenigen überdimensionalen Elementen (Bild 2) zusammensetzt. So werden Superstrukturen (Megastützen, Outrigger) in Form von Rahmen und/oder Fachwerken gebildet, die die gesamte Gebäudestabilisierung übernehmen.



Bild 2: Commerzbank in Frankfurt am Main mit außenliegender Mega-Verbundstütze



Bild 3: Post-Tower in Bonn

2 Stützen

2.1 Stützenstellung

Der Stahlbau ist eine weitgehend *elementierte Bauweise* und führt in der Regel zu einer deutlichen Rasterung der Gebäudestruktur. Bestimmend für eine funktionale und trotzdem effektive Grundrissgestaltung ist in erster Linie das Deckensystem. Die daraus resultierenden Stützweiten führen zu einer entsprechenden Anordnung von Haupt- und Nebenträgern (Bild 4).



Bild 4: Deckenelemente, Haupt- und Nebenträger, Stützen

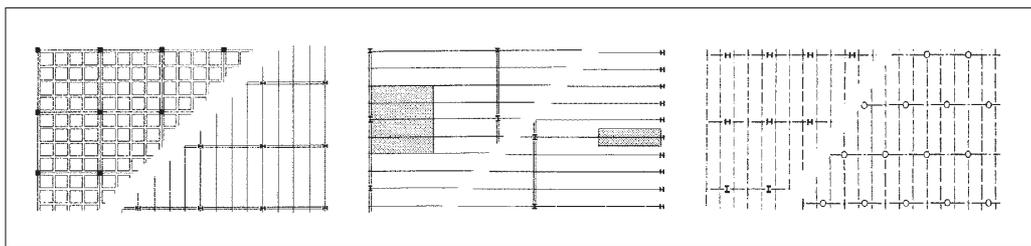


Bild 5: Mögliche Stützenraster

Deren Spannweiten werden sowohl von nutzungstechnischen Überlegungen (möglichst große, stützenfreie Räume) als auch von wirtschaftlichen Erwägungen beeinflusst. In der Regel führen große Spannweiten zu vergleichbar höheren Kosten.

Deckenplatten werden entweder monolithisch hergestellt oder als Fertigteile aus Stahl-, Leicht- oder Spannbeton trocken verlegt. Die immer öfter eingesetzten Spannbetonhohldielen erreichen Spannweiten bis 12 m. Durch die Art der Lastableitung vom Deckenfeld über Unterzüge zur Stütze ergibt sich ein überwiegend klar strukturiertes, meist rechteckiges Stützenraster (Bild 5). Unter dem Kostenaspekt gilt die Aussage, je geringer die Anzahl der an der Lastabtragung beteiligten Bauglieder und je kürzer die dafür erforderlichen Wege sind, desto wirtschaftlicher lässt sich ein Tragwerk realisieren.

Die Anordnung der *Außenstützen* ergibt sich bei einem Haupt-/Nebenträgersystem durch die Lage des Hauptträgers. Die Stützen können praktisch entlang dessen Achse beliebig angeordnet werden. Wählt man die Stützenabstände enger (1,5 – 3,0 m), können die Nebenträger entfallen. Die deckentragenden Riegel schließen dann direkt an den Außenstützen an. Im Stahlgeschossbau können Riegelspannweiten über 12 m wirtschaftlich sein. Die Lage der Innenstützen hängt wiederum vom Verlauf der Hauptträger sowie von der funktionalen Raumaufteilung ab.

Innen- wie Außenstützen sollten generell einen geradlinigen und kürzesten Lastabtrag bis zum Fundament gewährleisten. Dementsprechend sollten Stützenstränge im Geschossbau vom obersten Geschoss bis zum Fundament axial durchgeführt werden.

Anmerkung:
Als *Außenstützen* werden alle Stützen im Decken-Randbereich bezeichnet, unabhängig davon, ob diese innerhalb oder außerhalb der Gebäudehülle liegen. *Innenstützen* liegen innerhalb des Gebäudequerschnitts, zwischen den Außenstützen.
Aus funktionaler und konstruktiver Sicht ist die Stellung der Außenstützen zur Gebäudehülle von besonderer Bedeutung. Drei Varianten sind hier näher zu betrachten: Außenstützen können innerhalb oder außerhalb der Gebäudehülle stehen oder direkt in die Gebäudehülle integriert werden. Welche Variante gewählt wird, entscheidet sich vorrangig nach ästhetischen Gesichtspunkten. Gleichwohl sind Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Stützenstellungen im Entwurf zu berücksichtigen. Sie lassen sich wie in der untenstehenden Tabelle 1 zusammenfassen.

Stützenstellung	Vorteile	Nachteile
Außerhalb	<ul style="list-style-type: none"> – gestalterisch sehr dominantes Element der Gebäudeansicht – Brandschutzmaßnahmen können manchmal entfallen – Trennung von Fassade und Tragstruktur – Stützen stören nicht den Innenraum 	<ul style="list-style-type: none"> – unterschiedliche temperaturbedingte Verformungen zwischen Innen- und Außenkonstruktion – Wärmebrücken – besondere Isolierungs- und Dichtungsmaßnahmen im Durchbruch der Fassade
Innerhalb	<ul style="list-style-type: none"> – einheitliches Temperaturniveau – dadurch keine Wärmebrücken – Trennung von Fassade und Tragstruktur – keine Korrosionsbeanspruchung 	<ul style="list-style-type: none"> – die Stütze beansprucht viel Innenraum – meist sind passive Brandschutzmaßnahmen bis F90 erforderlich – eventuell Einschränkungen in der Trennwandführung
Integriert	<ul style="list-style-type: none"> – Stützen beanspruchen keinen Innenraum – geringe Brandschutzaufwendungen, da meist nur der Innenflansch geschützt werden muss – raumnutzungseffektivste Lösung 	<ul style="list-style-type: none"> – ungleichförmige Temperaturbeanspruchungen (innen-außen) der Stützen führt zur Biegebeanspruchung der Stützen – Dichtungsprobleme im Anschlussbereich der Fassade – aufwendige Isolierungsmaßnahmen

Tabelle 1: Vor- und Nachteile unterschiedlicher Stützenstellungen

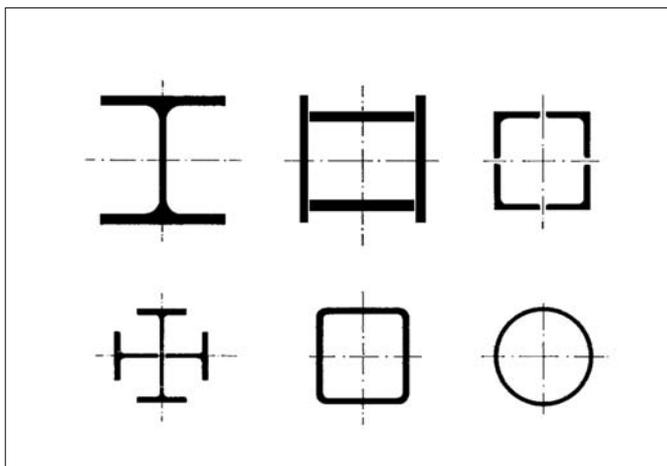


Bild 10: Ausgewählte Stützenquerschnitte

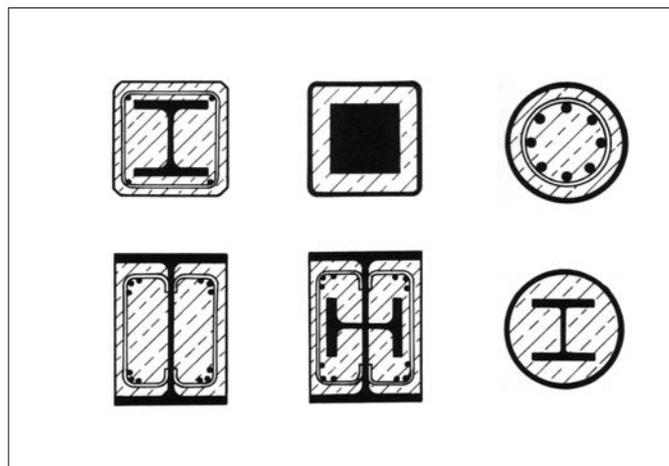


Bild 11: Ausgewählte Verbundstützenquerschnitte

keit um die schwache Achse. Deshalb erfordert ihre Anwendung besondere Sorgfalt in der konstruktiven Umsetzung der modellmäßig angenommenen Randbedingungen (Auflager, Anschlüsse). Ihre geringere Tragfähigkeit bedingt kleinere Stützenraster und führt in der Regel zu höheren Kosten.

Hohlprofile und Vollprofile mit Rechteck- oder Kreisquerschnitt zeichnen sich durch die günstigsten statischen Eigenschaften aus. Die höchste Tragfähigkeit bei minimalem Stützenquerschnitt haben Vollprofile. Allerdings sind Anschlüsse meist nur durch aufwendige Schweißkonstruktionen möglich.

Bei Anschlüssen und Knoten von Hohlprofilen ist im Skelettbau insbesondere die örtliche Stabilität des Hohlquerschnitts zu gewährleisten. Hier werden in den Normen entsprechende Anwendungskriterien festgelegt.

Eine andere große Gruppe von Stützenprofilen bilden die *zusammengesetzten oder geschweißten Querschnitte*. Sie werden aus Blechen oder gewalzten Profilen gefertigt. Dies ermöglicht zum einen eine Optimierung hinsichtlich der Beanspruchung, zum anderen sind dem Architekten hinsichtlich der Gestaltungsmöglichkeiten kaum Grenzen gesetzt. Gekreuzte I-, Kasten- bzw. Wabenquerschnitte stellen typische Querschnittsformen geschweißter Profile dar. Der höhere Fertigungsaufwand spricht aus wirtschaftlichen Gründen gegen einen Einsatz im allgemeinen Geschossbau.

2.5 Verbundstützen

Die für den Stahlskelettbau bedeutendste Gruppe an Stützen stellen die Verbundstützen (Bilder 9, 11) dar. Sie vereinen in sich die wesentlichen Vorzüge des Stahls (hohe Festigkeit) und des Betons (hohe Brandsicherheit). Die äußeren Querschnittsabmessungen liegen meist unter denen reiner Stahlstützen, da die größere Steifigkeit von Verbundstützen zu einer erhöhten Knickstabilität führt. Anschlüsse können stahlbaumäßig ausgeführt werden. Damit werden bei der Montage die Toleranzen des Stahlbaus erreicht.

Verbundstützen bestehen überwiegend aus betongefüllten Hohlprofilen oder kammerbetonierten I-Profilen. Die Verbundbindung zwischen Beton und Stahl kann bei offenen Profilen entweder über Kopfbolzendübel oder/und über mit dem Steg verschweißter Bügelbewehrung realisiert werden. Betongefüllte Hohlprofile erfordern im Lasteinleitungsbereich unter bestimmten Bedingungen keine Verbundmittel. Eine zusätzliche Längsbewehrung ist hier erst ab Feuerwiderstandsklasse 30 (F 30) vorzusehen.

Für kammerbetonierte I-Profile ist ohne genaueren Nachweis eine Mindestbewehrung nach DIN 1045-1 einzubauen. Der Betonierprozess kann entweder in der Vorfertigung oder auf der Baustelle vor oder nach dem Einbau der Stützen erfolgen.

Bild 12: Exemplarische Stützenfußausbildungen

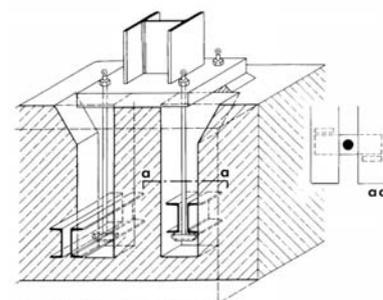
3 Anschlüsse

3.1 Fußpunkte

Die Vertikallasten von Stützen im Stahlskelettbau werden in der Regel über lastverteilende massive Fußplatten in die Gründungskonstruktion eingeleitet. Während bei gelenkigen Anschlüssen lediglich ausreichende Querkraftschub- und Lage-sicherung gewährleistet sein müssen, erfordern biegesteife Fußpunkte eine erheblich aufwendigere Lasteinleitungskonstruktion. Biegemomente können über Köcherfundamente, über einbetonierte



Gelenkiger Stützenfußanschluss – die Fuge wird nach der Montage mit Vergussmörtel geschlossen



Biegesteife Stützenfußausbildung

Anschlusskonstruktionen aus Stahl oder über Hammerkopfschrauben, die sich gegen tief einbetonierte Ankerbarren abstützen, übertragen werden (Bild 12). Die höhenmäßige und lotrechte Justierung wird in der Regel mit Futterblechen oder Keilen vorgenommen.

3.2 Stützenstöße

Stützen werden geschossweise oder vorzugsweise über mehrere Geschosse durchlaufend montiert. Stützenstöße werden meist nicht sichtbar in die Deckenebene gelegt. Stirnplattenverbindungen oder die nur noch in Ausnahmefällen verwendeten Laschenverbindungen kommen dabei zur Anwendung. Sichtbar durchlaufende Außenstützen werden üblicherweise stumpf gestoßen und verschweißt. Bei nicht kontinuierlich durchgehenden Stützensträngen werden Stahlstützen auf den Rohdecken verdübelt. Der vorgesehene Fußbodenaufbau sollte Schallbrücken verhindern und die Fußplatte vollständig überdecken. Um den Montageaufwand gering zu halten, sollten bereits im Zuge des Einbringens der Deckenbewehrung entsprechende Ankerbolzen für den Stützenanschluss berücksichtigt werden.

3.3 Trägeranschlüsse

Der Anschluss von Trägern ist entsprechend den Bemessungsschnittkräften auszubilden.

Hauptsächlich wird zwischen biegesteifen (Momente können übertragen werden) und gelenkigen Anschlüssen unterschieden. Mit der Einführung des Eurocodes 3 wird ein Bemessungsverfahren für Verbindungen bereitgestellt, das es erlaubt, die Teiltragfähigkeit einer „biegeweichen“ Verbindung unter Momentenbeanspruchung zu berücksichtigen (Bild 13).

Biegesteife Anschlüsse können auf unterschiedliche Weise ausgeführt werden. In der Regel werden diese Verbindungen im Geschossbau über Kopfplatten realisiert. Eher selten sind vollständig geschweißte Riegelanschlüsse, um eine Momententragfähigkeit zu erhalten. Die Herstellung biegesteifer Anschlüsse ist sehr aufwendig und mit einem großen Anteil an manueller Arbeit verbunden. Sie sind deshalb sehr kostenintensiv.



Querkraftanschluss über Fahnenblech (gelenkig)

Querkraftanschluss über Winkelprofile (gelenkig)

Biegesteifer Anschluss mit Zuglasche

Nachgiebiger Kopfplattenanschluss

Eingehängter IFB-Träger

Kopfplattenanschluss mit nachträglicher Verbundwirkung

Anschluss über Knaggen

Direkte Auflagerung

Bild 13: Anschlussvarianten

Gelenkige Trägeranschlüsse machen den überwiegenden Anteil im Geschossbau aus. Sie können über Knoten- oder Fahnenbleche, über Winkelprofile oder Knaggen mit zusätzlicher Lagesicherung realisiert werden. Ihre Herstellung ist relativ unproblematisch und mit geringen Kosten verbunden.

4 Aussteifungssysteme

Das tragende System eines Skelettbaus besteht aus einer Riegel-Stützen-Konstruktion und einer Deckenscheibe, die miteinander verbunden und ausgesteift sind. Mögliche Aussteifungsprinzipien sind: *Rahmen, Fachwerke, schubsteife Scheiben oder stabile Kerne*.

Im Stahl-Geschossbau erfüllt die Deckenscheibe zwei Funktionen:

1. Abtragung vertikaler Lasten
2. Horizontale Stabilisierung und Verteilung horizontal angreifender Lasten aus Wind und Stützenschiefstellung auf die vertikal stabilisierenden Bauteile.

4.1 Rahmen

Rahmen werden durch biegesteife Verbindungen zwischen Stützen und Riegeln gebildet. Die erzielte horizontale Steifigkeit wird Rahmenwirkung genannt und ist wichtiger Bestandteil stabilisierender Maßnahmen im Geschossbau. Ein Vorteil dieser Konstruktion ist die flexible Anordnung von Wänden bzw. Wandöffnungen. Die Ausbildung der biegesteifen Rahmenecken ist mit einem hohen konstruktiven

Aufwand verbunden und entsprechend kostenintensiv. Außerdem erhalten die Stützen planmäßige Biegung, was gegenüber reinen Pendelstützen eine größere Dimensionierung erfordert. Der Gründungsaufwand ist daher höher.

Mit übereinander gestapelten Rahmen, bekannt unter dem Namen „Portal Frame“, wurden Hochhäuser bis zu 100 Geschossen errichtet, wie z. B. das Empire State Building in New York (Bild 14).

4.2 Fachwerke

Fachwerke stellen eine weitere Variante der Gebäudestabilisierung dar (Bild 15). Sie basieren auf stabilen Dreiecken, die sich aus Stützen, Riegeln und diagonalen Verbandsstäben zusammensetzen.

Die Stützen können viel schlanker als die Rahmenstützen ausgeführt werden, da sie hauptsächlich durch Normalkräfte beansprucht werden. Die Riegel werden häufig über Verbunddübel (z. B. Kopfbolzen) mit der Deckenscheibe verbunden. Damit entsteht ein relativ steifer Verbundträger ohne oder mit nur geringer Biegedrillknickneigung.

Anschlüsse sind als Gelenke konstruktiv sehr einfach auszubilden. Die einfachsten Ausfachungen sind gekreuzte Diagonalen, die nur auf Zug beansprucht werden und dadurch sehr schlank ausgeführt werden können. Andere Formen wie z. B. der K-Verband müssen drucksteif ausgeführt werden.

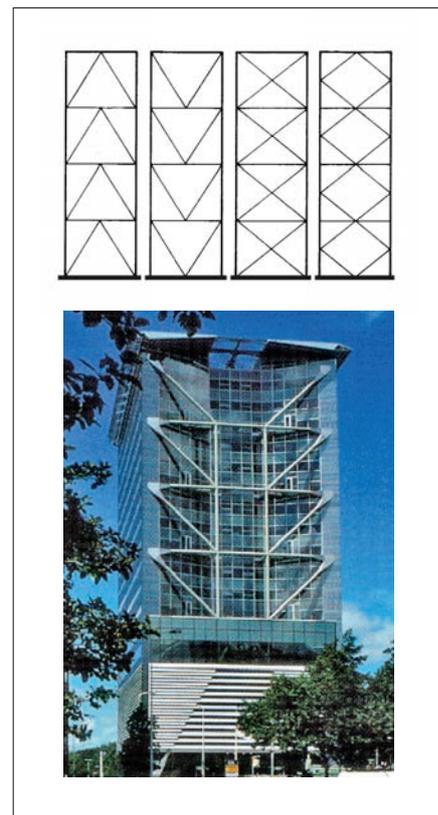


Bild 15: Ausgewählte Fachwerkverbände

Fachwerke sind in der Regel leichter als Rahmen, besitzen eine größere Steifigkeit und sind dadurch weniger verformbar. Druckschlaffe Diagonalstäbe (z. B. dünne Rundstähle) lassen sich problemlos in die Wandverkleidung integrieren.

Fachwerkverbände werden normalerweise in den Treppenhauswänden, Aufzugsschächten oder öffnungslosen Außenwänden angeordnet. Sie können aber auch als gestalterisches Stilelement (System Rodan, Detan u.ä.) sichtbar bleiben. Eine Anordnung in den Trennwänden und Fluren ist sinnvoll, allerdings nur, wenn mit einer Umnutzung nicht zu rechnen ist.

4.3 Scheiben

Scheiben sind Stabilisierungselemente, die aufgrund ihrer großen Schubsteifigkeit in ihrer Ebene wirkende Horizontalkräfte abtragen (Bild 16). Eine kraftschlüssige Lasteinleitung muss gewährleistet werden. Scheiben im Geschossbau können aus

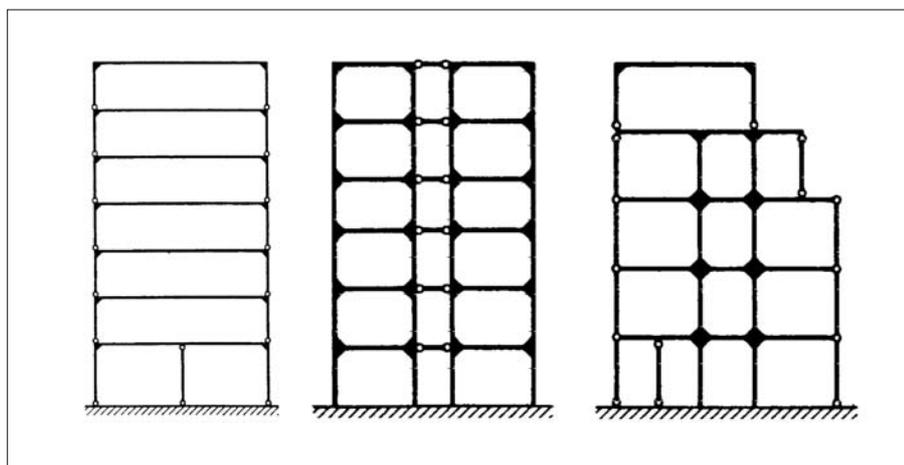


Bild 14: Stockwerkrahmensysteme

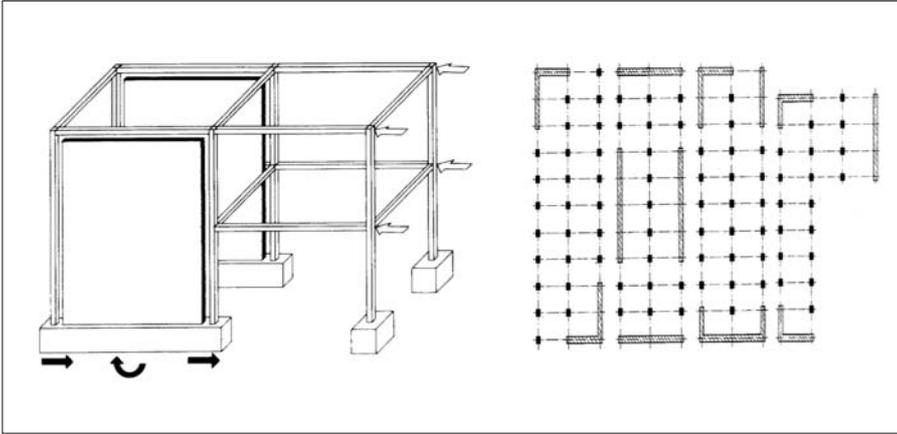


Bild 16: Prinzipskizze zur Scheibenstabilisierung

Beispiele zur Scheibenanordnung

beulsteifen Stahlblechen, vorgefertigten Stahlbetonplatten oder aus Ortbeton hergestellt werden. Die Anschlusskonstruktionen (Kopfplatten, Zuganker) für das Stahlskelett müssen in der Scheibe entsprechend rückverankert werden.

4.4 Kerne

Als Kerne werden im Skelettbau röhrenartige, schlanke, räumliche Strukturen bezeichnet, die aufgrund ihrer hohen Biege-, Schub- und Torsionssteifigkeit teilweise oder vollständig an der Gebäudestabilisierung beteiligt werden (Bild 17). Ihre Anordnung innerhalb des Gebäudegrundrisses wird üblicherweise von funktionalen Aspekten bestimmt. Aber auch das Gesamttragwerkskonzept kann zu entsprechenden Lösungen zwingen (z. B. Kern- und Scheibenstabilisierung o.ä.).

Im Stahlgeschossbau in Deutschland werden Stabilisierungskerne in der Regel aus Ortbeton, seltener aus Stahlbetonfertig-

teilen (kürzere Bauzeiten) hergestellt. Bei Geschosshöhen >50 werden auch Kerne aus Stahlfachwerken bzw. Stahlrahmen oder deren Kombination wirtschaftlich und sinnvoll. Der Anschluss des angrenzenden Stahlskeletts muss statisch-konstruktiv den Stabilisierungskräften angepasst werden (Bild 18).

Kerne bieten sich als funktionelle Nutzung besonders für Treppenhäuser, Aufzugsschächte, Installationsschächte oder Sanitärtrakte an.

5 Geschosssdecke

Deckenplatten bilden den horizontalen Raumabschluss der Geschossebenen. Die aus horizontalen und vertikalen Einwirkungen resultierenden Beanspruchungen der Deckenplatten werden punkt- oder linienförmig mittelbar über Deckenträger oder direkt über Stützen abgetragen. Geschosssdecken können in *Ortbeton*, aus *Fertigteilen* oder aus *Stahlblechen* bzw.

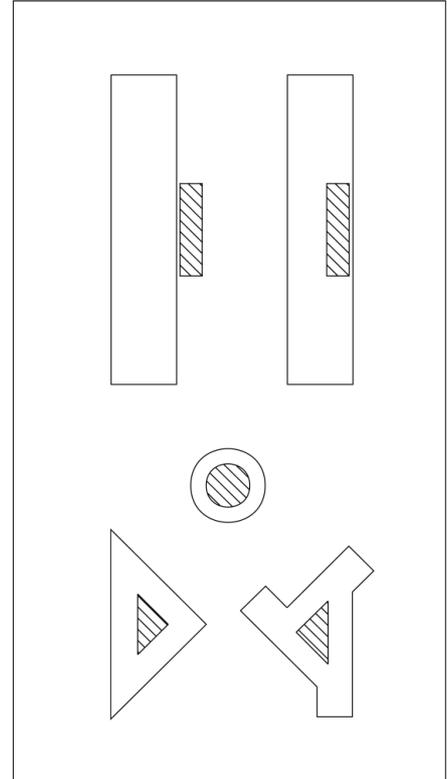


Bild 18: Beispiele der Kernanordnung

Filigranplatten mit Aufbeton ausgeführt werden. Werden bei linienförmiger Auflagerung Deckenplatten und Deckenträger über entsprechende Verbundmittel zusammengefügt, sprechen wir von einer *Verbundträgerdecke*. Immer häufiger werden *Stahl-Flachdeckensysteme* mit und ohne Verbundwirkung eingesetzt.

5.1 Deckentragwerk – Vollwandträger

Der typische Deckenträger im Stahlgeschossbau ist ein Vollwandträger. Dabei erweist sich in der Regel das *Walzprofil* als kostengünstigste Trägerwahl. Schweißprofile lassen sich zwar besser an die konstruktiven Anforderungen anpassen, haben aber einen entsprechend höheren Fertigungsaufwand. Die I-Profile der *HE-* bzw. *IPE-Reihen* erweisen sich als die effektivsten Profilformen für Deckenträger.

Relativ neu im Geschossbau sind die *einfachsymmetrischen I-Profile*. Ihr breiterer Untergurt ermöglicht eine einfache Auflagerung von profilierten Stahlblechen, Filigrandecken oder Spannbetonhohlplatten.

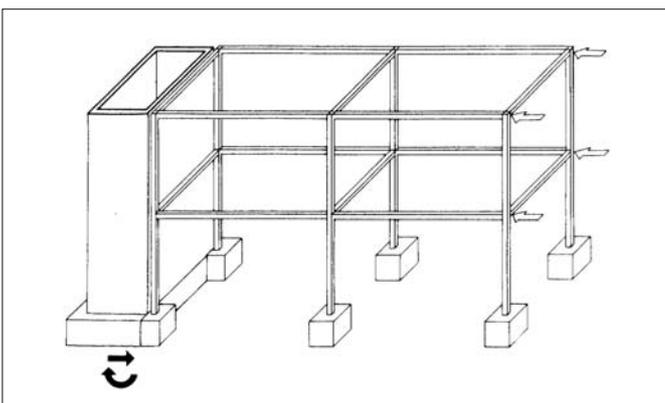


Bild 17: Prinzipskizze zur Kernstabilisierung



Bild 19: Lochstegträger

Geometrie und Profilwahl der Fachwerkstäbe werden den statisch-konstruktiven Anforderungen angepasst. Das ebene Fachwerk besteht aus Ober- und Untergurt und dazwischen liegenden Pfosten und/ oder Diagonalen. Nach der Fachwerktheorie müssen Knoten als Gelenke ausgebildet und äußere Lasten dürfen nur in Knotenpunkte eingeleitet werden. Da die Praxis für gewöhnlich anders aussieht, treten bei Fachwerken häufig Nebenspannungen auf, die durchaus die Bemessung von Stabanschlüssen beeinflussen können. Eine Zwischenbiegung des Ober- bzw.

Untergurts infolge vertikal angreifender Stablasten muss ebenfalls berücksichtigt werden. Um größere Spannweiten stützenfrei zu überbrücken, sind Drei- oder auch Viergurtbinder (Bild 21) wirtschaftlich. Vorgefertigte „Standard-Fachwerke“ helfen Montagezeiten um ein Vielfaches zu reduzieren.

5.3 Verbundträgerdecken

Wird die Stahlbetondeckenplatte schubsteif an den Stahlträger angeschlossen,



Bild 20: Fachwerkträger

Vor allem bei hochinstallierten Gebäuden bietet sich der Einsatz von *Lochstegträgern* (Waben- bzw. Kreisöffnungen) an (Bild 19).

Bild 21:
Dreigurtbinder im
Atriumdach



5.2 Deckentragwerk – Fachwerkträger

Durch ihre filigrane und transparente Form haben Fachwerke im Vergleich zu Vollwandträgern im Geschossbau einige Vorteile. Das in der Regel geringere Bindergewicht wirkt sich insgesamt günstig auf die Ausführung der Unterkonstruktion bis hin zu den Fundamenten aus. Die Fachwerkgeometrie lässt bei Deckentragern im Geschossbau eine komplexere Installationsdurchführung zu. Trotzdem spielen Fachwerk-Deckentragwerke im Stahlgeschossbau in Deutschland eine eher untergeordnete Rolle (Bild 20). Nachteilig sind die relativ hohen Fertigungs- und Unterhaltskosten.



erhält man einen *Verbundträger*. Dessen Nebeneinanderreihung unter Ausnutzung der Plattenspannweite führt zu einer *Verbundträgerdecke* (Bild 22). Die Realisierung der Verbundwirkung erfolgt im Geschossbau meistens mit Kopfbolzendübeln. Diese werden entweder in der Werkstatt oder direkt auf der Baustelle auf den Stahlträger geschweißt. Eine weitere Möglichkeit, wie in den angloamerikanischen Ländern üblich, ist die Anwendung der Durchschweißtechnik. Dabei werden die Kopfbolzendübel durch das Profilblech indirekt mit dem Stahlträgergurt verschweißt.

Bild 22: Verbundträgervarianten – mit und ohne
Kammerbeton

Durch die Verbundwirkung wird erreicht, dass sich für positive Momentenbeanspruchung eine effektivere Spannungsverteilung zwischen Beton (überwiegend Druck) und Stahl (überwiegend Zug) einstellt.

Abhängig von dem Stützenraster und damit der Verbundträgerspannweite werden Walzprofile der IPE- oder der HE-Reihe in S355 bevorzugt eingesetzt. Als randabschließende Träger werden Profile der U- bzw. UPE-Reihen oder Winkelprofile bevorzugt.

Die Trägeranschlüsse werden stahlbautypisch, entweder als reine Querkraftverbindungen oder biegesteif ausgebildet.

5.4 Verbunddecken

Sie werden im Sinne des Stahlverbundbaus aus tragenden *Stahlblechen* und schubfest aufgebrachtem Ortbeton gebildet. Typische Vertreter sind die Holorib-, Hoesch-, Haircol- sowie Cofrastra-Verbunddecken.

Kleine eingewalzte Noppen, Sicken und Perforierungen bzw. eine bestimmte Geometrie des Bleches erzeugen einen zuverlässigen Haftverbund zwischen Stahlblech und Aufbeton. Die Tragfähigkeit sowie der Feuerwiderstand wird über die Deckenpaketdicke und eine gegebenen-

falls erforderliche Zulagebewehrung bestimmt. Das Blech wird während der Montage als Schalung genutzt und übernimmt nach dem Abbinden des Betons die Funktion einer Biegezugbewehrung. Da die Profilbleche relativ leicht und bis 18 m lieferbar sind, können sie als Durchlaufträger über mehrere Felder auch ohne Kraneinsatz verlegt werden. Je nach Deckenspannweite werden dabei zusätzliche Hilfsstützen eingesetzt. Bei bestimmten Profilen (z. B. Holorib) können leichte, abgehängte Installationen oder Decken in den Blechen verankert werden.

Eine andere Art der Verbunddecke wird mit Filigranplatten und Ortbeton gebildet. Die *Filigranplatte* (Bild 23) besteht aus einer 4 bis 5 cm dünnen Stahlbetonschale mit eingebauter unterer Biegebewehrung. Für den Schubverbund zwischen vorgefertigten und nachträglich betonierten Schichten sorgt ein Gitterträger, der außerdem als Abstandshalter für die obere Bewehrungslage dient. Im Unterschied zum Stahlverbund handelt es sich hier um einen Betonverbund. Die Wirkungsweise ist ähnlich. Die Filigranplatte wird gleichzeitig als Schalung genutzt. Nach dem Abbinden des Betons trägt das gesamte Deckenpaket als Verbunddecke die Lasten ab.

5.5 Ortbetondecke

Die *Ortbetondecke* im Verbund mit Deckenträgern wird nur noch wenig eingesetzt, da die Schalungskosten sehr hoch sind und der Bauvorgang witterungsabhängig ist. Dagegen ist ihre Anwendung als *Stahlbetonflachdecke* mit direkter Stützensauflagerung in Deutschland weit verbreitet. Abhängig von der Belastung, dem Stützenraster und der Feuerwiderstandsdauer können die Deckenpakethöhen sehr gering ausfallen.

5.6 Fertigteilplattendecke

Eine *Fertigteilplattendecke* verkürzt die Bauzeit und bringt weniger Feuchte in den Bauvorgang. Typische Vertreter dieser Deckenplatten sind Stahlbeton- häufiger *Spannbetonhohlplatten* (Bild 24). Sie zeichnen sich durch eine relativ hohe Tragfähigkeit bei großen Spannweiten (bis 12 m) aus. Um die Deckenpakethöhe gering zu halten, werden für die Auflagerung der Spannbetonhohlplatten einfachsymmetrische I-Profile mit breiterem Unterflansch angeboten. Eine Verbundwirkung zwischen Stahlträger und Spannbetonhohlplatte darf nicht in Rechnung gestellt werden, da eine daraus resultierende Querbeanspruchung nicht zulässig ist. Für die sachgemäße Anwendung von Spannbetonhohlplatten gibt es die Richtlinie N° 103 der Europäischen Konvention für Stahlbau. Die Wirtschaftlichkeit dieses Deckensystems wird am erforderlichen und möglichen Kraneinsatz gemessen.

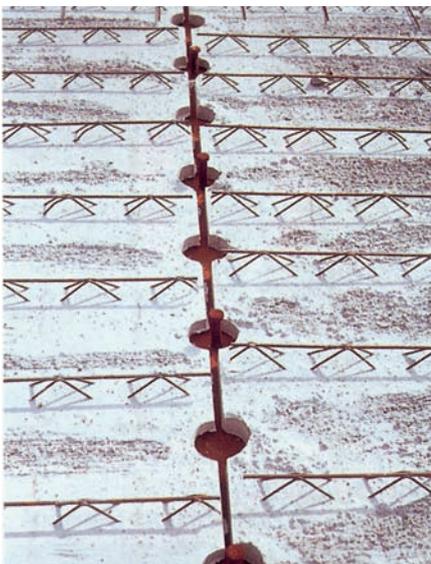


Bild 23: Filigranplatte vs. Holoribblech



5.7 Stahl-Flachdecken

Unter *Stahl-Flachdecken* versteht man Decken-Trägersysteme, deren Deckenträger weitestgehend in die Deckenebene integriert werden. Wie der Name bereits sagt, werden damit sehr geringe Deckenpakethöhen erzielt. Es gibt Varianten mit und ohne Trägerverbund.

Im Parkhausbau bereits weit verbreitet, ist die *Hoesch Additiv Decke* (Bild 25). Sie ist auch für den Stahlgeschossbau eine interessante Deckenalternative. Sie besteht aus Tiefsickenblechen, die auf I-Deckenträgern mittels Stahlknaggen aufgelagert werden. Zusätzlich auf dem Deckenträger angeordnete Kopfbolzendübel gewährleisten einen entsprechenden Trägerverbund. Die Tragfähigkeit der Decke ergibt sich aus der Addition der Einzeltragfähigkeiten von Stahlblech und Betonrippendecke.

Beim britischen *Slimdek-System* (Bild 26) werden speziell perforierte Tiefsickenbleche auf die breiteren Untergurte einfachsymmetrischer I-Deckenträger gelegt, die danach bewehrt und mit Beton vergossen werden. Dabei erzielt man zwischen Blech und Beton einen Deckenverbund. Werden außerdem die Deckenträger mit Kopfbolzendübeln versehen, erhält man einen zusätzlichen Tragfähigkeitsgewinn, durch den rechnerisch ansetzbaren Trägerverbund.

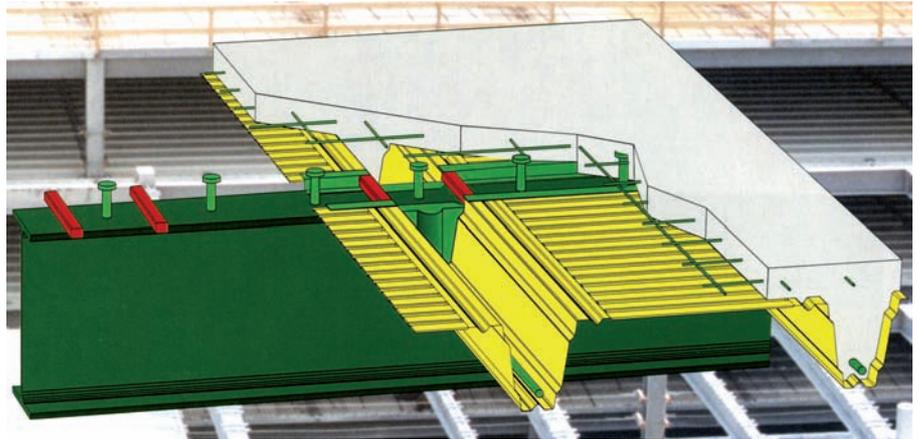


Bild 25: Hoesch Additiv Decke

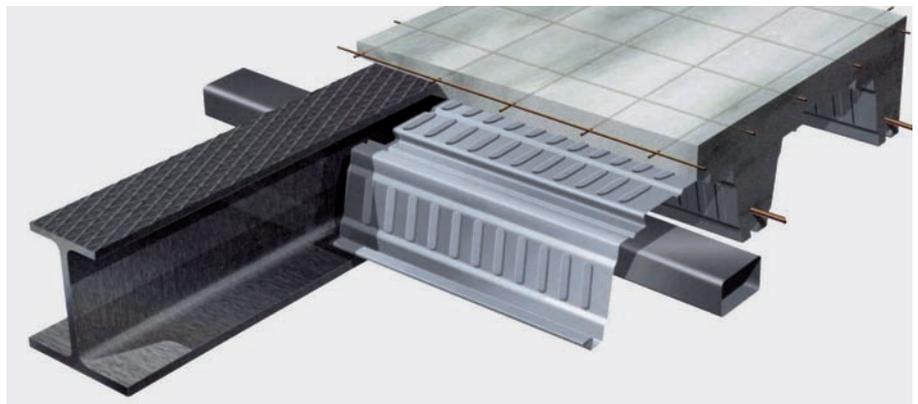


Bild 26: Slimdek-Flachdeckensystem

Zu den Flachdeckensystemen zählen auch Kombinationen dieser einfachsymmetrischen I-Träger mit Spannbetonhohlplatten oder Filigranplatten.

5.8 Brandschutz der Geschossdecke

Decken in Geschossbauten müssen in der Regel eine Feuerwiderstandsdauer von 30 bis 90 Minuten aufweisen. In Abhängigkeit von der Feuerwiderstandsklasse werden bei Stahlbetonplatten entsprechende Forderungen an Plattendicke und Betondeckung gestellt.

Bei Deckenplatten mit tragendem Stahlblech wird für die Heißbemessung das Stahlblech ausgespart und der Restquerschnitt mit entsprechender Zulagebewehrung unter Einhaltung der Betondeckung zur Bestimmung der Tragfähigkeit unter Brandeinwirkung herangezogen. Eine abgehängte Unterdecke stellt eine relativ kostenintensive Brandschutzmaß-

nahme dar, mit der allerdings die gesamte Deckenkonstruktion (Stahlblech der Deckenplatte und der Stahlträger) gleichzeitig die erforderliche Feuerwiderstandsklasse erfüllt. Wirtschaftlich wird diese Lösung, wenn ohnehin eine Unterdecke zum Einsatz kommt. Zu beachten ist die feuersichere Ausführung aller Unterdeckeneinbauten und Durchbrüche (z. B. Lampen, Ventilationen).

Um die Brandschutzanforderungen an Deckenträger zu erfüllen, bieten sich insbesondere folgende Maßnahmen an:

- Putzummantelung aus Vermiculite oder Mineralfasern, die auf den Stahlträger aufgespritzt wird;
- Kastenförmige Plattenverkleidung aus Gipskarton, Perlite- oder Vermiculite-Platten, die durch Schrauben, Nägel oder Klammern verbunden wird. Die Plattendicke richtet sich nach der geforderten Feuerwiderstandsklasse und dem Profilfaktor (U/A);
- Bewehrter Kammerbeton.



Bild 24: Stahl-Flachdecke mit Spannbetonhohlplatten

5.9 Installationsführung

Die Installationen sollten bereits beim Entwurf des Tragwerkskonzeptes berücksichtigt werden. Neben der Planung von Anschlussräumen und eventuell erforderlichen Technikgeschossen sind die vertikale und horizontale Leitungsführung in das Tragwerkskonzept einzubeziehen. Dabei sind medienführende (Wasser, Gas) Leitungen sowie Stark- und Schwachstromleitungen zu berücksichtigen.

Für die vertikale Leitungsführung eignen sich beispielsweise tragende Schächte, Kerne oder Wandscheiben. Aber auch Stützenkammern (Bild 27) können dafür herangezogen werden. Zu beachten ist die entsprechende brand- und schallschutztechnische Verkleidung der Leitungsbahnen.

Die horizontale Leitungsführung erfolgt direkt unterhalb oder oberhalb (bei Doppelböden) der Geschossdecke. Man unterscheidet zwischen axialer, bei der parallele Hauptleitungen zu den Bedarfsstellen verzweigen, und radialer Leitungsführung, die eine direkte Leitungsführung von den Bedarfsstellen zum Vertikalschacht impliziert.

Bereits in der Planungsphase sollten entsprechende Durchbrüche bei der Wahl der Deckenträger berücksichtigt werden. Der Einsatz von Lochsteg- oder Fachwerkträgern kann bei hochinstallierten Gebäuden von Vorteil sein (Bild 28). Müssen aufgrund der Leitungsführung Stegdurchbrüche in Stahlträgern vorgesehen werden, so sollten diese prinzipiell in Bereichen geringer Querkräfte angeordnet



Bild 28:
Stegdurchbrüche für
die Installation



Bild 29:
Installationsführung
bei Lochstegträgern

werden. Kleinere rechteckige oder runde Stegöffnungen ($d_{\text{öffnung}} < h_{\text{Steg}}/2$) können ohne Randversteifung ausgeführt werden (Bild 29).

Eine abgehängte Unterdecke sorgt für eine ebene Untersicht. Bei entsprechend brandsicherer Ausführung entfallen die Anforderungen an Träger.

Häufig anzutreffen ist auch die horizontale Leitungsführung oberhalb der Rohdecke. Ein höhenjustierbarer, aufgestellter Fußboden sorgt für eine normale Begehbarkeit. Vorteilhaft wirkt sich die gute Zugänglichkeit aus. Im Sinne einer optimalen Deckenpakethöhe ist diese Variante vornehmlich bei Flachdeckensystemen überlegenwert.

Die Leitungsführung über Kanäle in der Deckenebene wird ebenfalls angewendet, erfordert aber eine sehr restriktive Planung, die wenig Spielraum für Modifikationen während der Ausführung zulässt. Hinzu kommt die sehr aufwendige Instandsetzung.

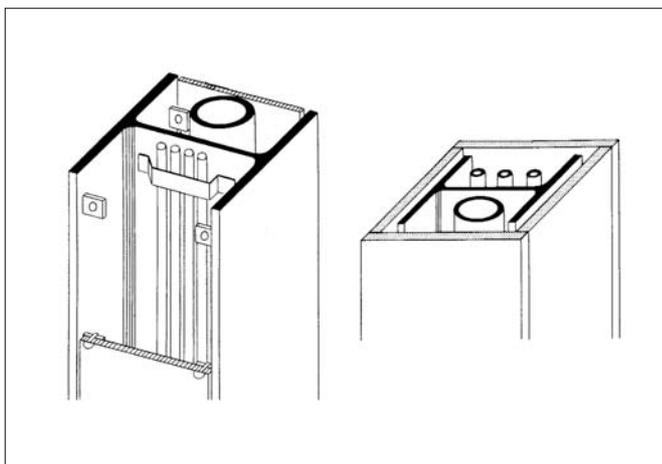


Bild 27:
Installationsführung
in den
Stützenkammern

6 Brandschutz

Besondere Aufmerksamkeit ist im Geschossbau dem Brandschutz bzw. dem Brandschutzkonzept zu widmen. Ein schlüssiges Brandschutzkonzept beinhaltet alle Maßnahmen, die die Entstehung und Ausbreitung eines Feuers verhindern bzw. verzögern, um damit eine Gefahr für Leib und Leben von Mensch und Tier abzuwenden bzw. eine eventuell notwendige Rettungsmaßnahme in kürzester Zeit durchführen zu können.

Diese Maßnahmen erstrecken sich sowohl auf den *abwehrenden* (betrieblichen oder aktiven) Brandschutz (Brandbekämpfung) als auch auf den *vorbeugenden* (baulichen oder passiven) Brandschutz. Letztlich ergibt sich die Brandsicherheit aus der Summe der aktiven und passiven Maßnahmen. Eine Verminderung einer der Maßnahmen erfordert die Erhöhung der anderen, um auf dem gleichen Sicherheitsniveau zu bleiben.

Der abwehrende Brandschutz ist in den Feuerwehrverordnungen festgelegt. Den baulichen Brandschutz regeln die Landesbauordnungen.

Zu den *aktiven Brandschutzmaßnahmen* zählen u. a. mit Rauch- und Feuermeldern gekoppelte Alarmanlagen sowie Feuerlöschanlagen (Sprinkler).

Passive Maßnahmen sind an Mindestanforderungen gebunden, wie:

- die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile
- die Brennbarkeit von Baustoffen

- die Größe der Brandabschnitte
- sowie Lage, Anordnung und Länge der Rettungswege.

Diese Anforderungen, unterteilt für tragende, aussteifende und raumabschließende Bauteile, werden nach Feuerwiderstandsklassen definiert. Einen Überblick gibt der Auszug aus der neuen Musterbauordnung (MBO Hessen) in der untenstehenden Tabelle 2.

Weiterhin werden aufgrund des Brandverhaltens die Baustoffe in Baustoffklassen A und B aufgeteilt. A steht für nichtbrennbare, B für brennbare Stoffe. Sowohl der Werkstoff Stahl als auch Beton sind in die Klasse A eingestuft. Damit ist klar: Stahl brennt nicht, verliert aber mit zunehmender Erwärmung (Branddauer) an Festigkeit.

Unter ansteigender Temperatur nehmen der Elastizitätsmodul und die Streckgrenze des Stahls ab. Die Verformungen und die Verformungsgeschwindigkeit steigen bis zum Versagen progressiv an. Die kritische Temperatur von Stahl liegt bei 500 °C, d. h. dass ungeschützte Stahlkonstruktionen, die über 500 °C erwärmt werden, nicht mehr planmäßig zur Abtragung von Lasten herangezogen werden können.

Insgesamt wird das Bauteilverhalten anhand der Tragfähigkeit des nicht entfestigten Restquerschnitts beurteilt. Generell verhalten sich größere Querschnitte bei Brand günstiger. Außerdem spielt die Wahl des statischen Systems eine große Rolle, da eine Umlagerung der Schnitt-

kräfte unter Ausnutzung plastischer Tragreserven bei statisch unbestimmten Systemen die Feuerwiderstandsdauer verlängert.

Die Nachweisverfahren basieren auf der Festlegung der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse. Dazu stehen folgende, nach Genauigkeitsstufen unterteilte, Möglichkeiten zur Verfügung:

- Stufe 1: Nachweis mit Hilfe von Tabellen (z. B. DIN 4102 Teil 4)
- Stufe 2: Nachweis mit Hilfe vereinfachter Rechenverfahren (z. B. DIN V ENV 1994-1-2)
- Stufe 3: Nachweis mit Hilfe allgemeiner Rechenverfahren (z. B. FEM durch Brandschutzspezialisten)

Außerdem seien noch Brandversuche als weitere Möglichkeit erwähnt, um die Ermittlung der Feuerwiderstandsdauer nachzuweisen.

7 Trends und Entwicklungen

1. Die Einführung neuer TM-QST-Feinkornbaustähle trägt der Forderung nach immer höherwertigeren Stählen Rechnung. Diese nach dem sogenannten „Thermomechanischen Walzverfahren“ hergestellten hochfesten Stähle zeichnen sich gegenüber den massiv legierten Feinkornbaustählen durch verbesserte Zähigkeit und Schweißbeignung aus. So können selbst Bleche mit Dicken

Tabelle 2: Feuerwiderstandsanforderung an Bauteile nach Musterbauordnung Hessen

Feuerwiderstandsdauer min.	Feuerwiderstandsklasse	gültig für	Bezeichnung	Feuerwiderstandsklasse	gültig für	Feuerwiderstandsklasse	gültig für
≥ 30	F 30	tragende Bauteile nichttragende Bauteile Brandwände raumabschl. Bauteile	feuerbeständig	W 30	nichttragende Außenwände	T 30	Feuerschutzabschlüsse
≥ 60	F 60		hochfeuerhemmend	W 60		T 60	
≥ 90	F 90		feuerhemmend	W 90		T 90	
≥ 120	F 120					T 120	
≥ 180	F 180					T 180	

von 30 mm und Streckgrenzen von 355 N/mm² und 460 N/mm² problemlos und kostengünstig ohne Vorwärmen verschweißt werden.

2. Die Anforderungen an den Baustoff Stahl werden zunehmend komplexer. Architektonische und wirtschaftliche Gründe führten zur Entwicklung eines Baustahls der ungeschützt die F30-Anforderung erfüllt (FR 30-Stahl). Damit wird es – unter bestimmten Bedingungen und für einen begrenzten Einsatz – erstmals möglich, den Stahl trotz einer Brandschutzanforderung in seiner ursprünglichen Oberflächenstruktur sichtbar zu belassen. Entsprechende Beschichtungsmaßnahmen, die den bisher erforderlichen passiven Brandschutz gewährleisten sollten, können entfallen.
3. Um eine noch höhere Feuerwiderstandsdauer zu erzielen, werden gegenwärtig Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, den feuerresistenten Stahl mit einem kostengünstigen Dämmschichtbildner zu kombinieren. Neben den wirtschaftlichen Vorteilen bieten sich mit Stahl neue Gestaltungsmöglichkeiten in der Architektur.
4. Auch die strikten Reglementierungen der Landesbauordnungen (LBO) trugen sicherlich ihren Teil dazu bei, das Engagement bei der Erarbeitung neuer Methoden für eine angemessene Beurteilung des Brandschutzes im Stahlgeschossbau voranzutreiben. Die daraus entstandene DASt-Richtlinie 019 könnte – unter der Voraussetzung einer bauaufsichtlichen Zulassung – Architekten und Tragwerksplanern jetzt ein brandschutztechnisches Bemessungsverfahren zur Verfügung stellen, welches bei überschaubarem Aufwand die Möglichkeit bietet, bei Stahlgeschossbauten Erleichterungen gegenüber den Brandschutzanforderungen der LBO zu erhalten.

Literaturverzeichnis

- Dokumentation 601:
Neue Wege im Stahl und Verbundbau,
BAUEN MIT STAHL e. V., 1998
- Dokumentation 603:
Stahlverbundträger mit großen
Stegausschnitten,
BAUEN MIT STAHL e. V., 1998
- Dokumentation 605:
Geschossbau in Stahl –
Flachdecken-Systeme,
BAUEN MIT STAHL e. V., 1998
- Dokumentation 608:
Brandsicher bauen mit sichtbarem Stahl,
BAUEN MIT STAHL e. V., 2000
- ECCS No. 84,
Geschossbau in Stahl – Parkhäuser,
ECCS – European Convention for
Constructional Steelwork, 1998
- Kindmann, R., Krahwinkel, M.:
Stahl und Verbundkonstruktionen,
B. G. Teubner Stuttgart;
Leipzig, 1999
- Rüter E.:
Bauen mit Stahl,
Kreative Lösungen praktisch umgesetzt,
Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1997
- Petersen, C.:
Stahlbau,
Grundlagen der Berechnung und bau-
lichen Ausbildung von Stahlbauten,
3. überarbeitete und erweiterte Auflage,
Vieweg Verlag 1993
- Hart, F., Henn, W., Sonntag, H.:
Stahlbauatlas, Geschossbauten,
zweite neubearbeitete Auflage,
Institut für internationale Architektur-
Dokumentation GmbH,
München, 1982
- Schulitz, H. C., Sobek, W.,
Habermann, K. J.:
Stahlbau Atlas,
Institut für internationale Architektur-
Dokumentation GmbH, München, 1999
- Klose, A.:
Vorbeugender baulicher Brandschutz,
Fachbeitrag, Promat S69
- DAST Richtlinie 019:
Brandsicherheit für Stahl- und Stahl-
verbundbauteile (für Büro- und Ver-
waltungsgebäude),
Entwurf September 2001
- DIN 4102:
Brandverhalten von Baustoffen
und Bauteilen, T1 bis T4,
Mai 1981
- DIN V 18 230:
Baulicher Brandschutz im Industriebau,
Teil 1
- Muster-Richtlinie über den baulichen
Brandschutz im Industriebau, Fachkom-
mission Bauaufsicht der ARGEBAU,
Fassung März 2000