

1 Einleitung

»Das Wesentliche des ganzen Unternehmens ist der Gedanke, einen bis in den Himmel reichenden Turm zu bauen. Neben diesem Gedanken ist alles andere nebensächlich. Der Gedanke, einmal in seiner Größe gefasst, kann nicht mehr verschwinden; solange es Menschen gibt, wird auch der starke Wunsch da sein, den Turm zu Ende zu bauen.« (Franz Kafka)

Die Öffentlichkeit ist auch heute noch gekennzeichnet vom »Streit um das (Büro) Hochhaus« (Meyer zu Knolle, 1998). Für die einen ist es eine moderne Form des ästhetischen Vandalismus im vorgegebenen Kontext der Stadt, für die anderen verkörpert sich modernste Ästhetik und Bautechnologie in ihm. Trotzdem: Das Hochhaus hält weiterhin Einzug in die Städte und mit ihm die Ambivalenz, die ihm als Bautypus zu eigen ist. Das Bürohochhaus ist ein Resultat der Industrialisierungsprozesse des 19. Jahrhunderts, welche die Städte damals entscheidend veränderten. Die ästhetische Idee vom Hochhaus ist jene eines Kräfteverhältnisses zwischen horizontalen und vertikalen Baumassen, welches noch heute den Hochhausbau in Deutschland bestimmt – das Hochhaus darf sich aus den horizontalen Baumassen der Stadt befreien, bleibt aber zugleich auf sie bezogen.

So prägen Hochhäuser zunehmend die Skylines moderner Städte (Bild 1). Sie sind sowohl Ausdruck für das Schaffen von Wohnraum für eine Vielzahl von Menschen auf engem Raum¹ mit den damit verbundenen sozialen Problemen, als auch Bauten von großem Prestige, sowohl für die Auftraggeber als auch für die Architekten. Während in den 1960er und 1970er Jahren Hochhäuser selten höher als 150 Meter waren, ist die Entwicklung in den vergangenen 20 Jahren im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass auch in Deutschland immer höhere Gebäude geplant und realisiert wurden, die deutlich an die 300-Meter-Marke heranreichen. Bauwerke dieser Art stellen neue Anforderungen sowohl an die Gefährdungsanalytik als auch an die Erarbeitung adäquater Brandschutzkonzepte. Diese enorme Höhenentwicklung hat eine moderne Bautechnik ermöglicht, die mit ausgereifter Logistik in der

¹ Zu den größeren Plattenbaugebieten zählen unter anderem München-Neuperlach (55 000 Einwohner), Nürnberg-Langwasser (36 000 Einwohner), Berlin-Märkisches Viertel (36 000 Einwohner), Berlin-Gropiusstadt (34 000 Einwohner), Frankfurt-Nordweststadt (23 000 Einwohner), Hamburg-Steilshoop (20 000 Einwohner), Hamburg-Mümmelmannsberg (19 000 Einwohner), Kiel-Mettenhof (18 000 Einwohner), Pforzheim-Haidach (14 000 Einwohner), Mannheim-Vogelsang (13 000 Einwohner), Würzburg-Heuchelhof (12 000 Einwohner), Heidelberg-Emmertsgrund (11 000 Einwohner), Hamburg-Osdorfer Born (11 000 Einwohner) und Reutlingen-Hohbuch.

Lage ist, hochfeste Baustoffe, neue Bauarten sowie computergesteuerte sicherheitstechnische Gebäudeausrüstungen wie Druckbelüftungs-, Feuerlöscher-, Brandmelde- und letztlich Alarmierungsanlagen zur Errichtung von Hochhäusern zur Verfügung zu stellen (Muster-Hochhaus-Richtlinie (MHHR)).



Bild 1: Berlin, Potsdamer Platz (Foto: von Kaufmann)

Für die Feuerwehren stellen Hochhäuser eine besondere Herausforderung dar. Aufgrund der vorgegebenen Geometrie (große Höhe bei einer im Verhältnis kleinen Geschossfläche) müssen andere Taktiken angewandt werden, als dies bei »gewöhnlichen« Gebäuden der Fall ist. Dabei entstehen die Probleme oft schon bei noch nicht allzu großen Hochhäusern oder gar unterhalb der eigentlichen Hochhausgrenze von 22 Metern. Die im vorliegenden Buch enthaltenen Fallbeispiele beziehen sich auf Hochhäuser, die im Vergleich zu einigen geplanten oder bereits realisierten Projekten eher als niedrig anzusehen sind. Dabei werden nicht nur Einsatzbeispiele aus Deutschland behandelt, sondern auch aus anderen Ländern, insbesondere auch solche, die einen wesentlichen Einfluss auf die Musterhochhausrichtlinie hatten.

»Wenn das Ringen offen ist, sich die Kraft des Angreifers auf dem Höhepunkt abschwächt und der Verteidiger seine Chance erhält ...« nennt von Clausewitz² dies den »Kulminationspunkt«³. Dies besagt, dass mit einer letzten Anstrengung der Erfolg erreicht werden, er aber auch Zug um Zug entgleiten kann. Diese letzte Anstrengung beinhaltet nicht nur das Durchhaltevermögen der im ersten Zugriff eingesetzten Kräfte, sondern auch das zur Verfügung stellen von Reserven sowie eine funktionierende (Einsatz-)Logistik.

Der erfolgreiche Einsatz definiert sich letztendlich daraus, ob gut trainierte Standards für einen ersten Zugriff existieren, aus der Entschlossenheit und Zahl der ersteingesetzten Kräfte sowie dem Geschick der Einsatzleitung, die Einsatzstelle so weiter zu entwickeln, dass ihr ein entsprechender Handlungsspielraum bleibt, um auch noch in kritischen Situationen agieren zu können.

Das folgende Werk soll die einzelnen Problemfelder der Hochhausbrandbekämpfung behandeln und Lösungsansätze darlegen. Dabei stellen die Lösungsvorschläge keine Art von »Musterlösungen« dar. Sie verstehen sich vielmehr als Denkanstöße, wie eine Lösung aussehen könnte. Die Rahmenbedingungen der deutschen Feuerwehren sind zu verschieden, als dass die hier beschriebenen Möglichkeiten für jede Feuerwehr umsetzbar wären.

2 Carl Philipp Gottlieb von Clausewitz (* 1. Juli 1780 als Carl Philipp Gottlieb Claußwitz in Burg bei Magdeburg, † 16. November 1831 in Breslau) war preußischer General, Militärtheoretiker und Organisationswissenschaftler. Clausewitz wurde durch sein Hauptwerk »Vom Kriege« bekannt. Seine Theorien über Strategie, Taktik und Philosophie hatten großen Einfluss auf die Entwicklung des Kriegswesens in allen westlichen Ländern, werden bis heute an fast allen Militärakademien gelehrt und finden zudem im Bereich der Unternehmensführung sowie im Marketing Anwendung.

3 Der Kulminationspunkt ist aus feuerwehrtechnischer Sicht der Punkt, an welchem die Lage zu entgleiten droht, also keine Kräfte oder nicht ausreichend Kräfte zur Verfügung stehen, die Initiative zu behalten oder das Ereignis eindämmen zu können.

Anhand der Beispiele soll auch der Bezug zur Praxis gewährleistet werden. Dabei soll hier nicht darüber philosophiert werden, ob und inwieweit Fehler gemacht wurden. Vielmehr ist es für das individuelle Handeln wichtig, Schlüsse aus den Erfahrungswerten anderer Feuerwehren zu ziehen. Allerdings darf auch nicht vergessen werden, dass alle Kommunen unterschiedliche Rahmenbedingungen durch bauliche Traditionen, verfügbare Kräfte und den jeweiligen Leistungsgrad der Feuerwehr aufweisen. Oftmals rückt die Feuerwehr zu Feuermeldungen in Hochhäusern aus. In den wenigsten Fällen findet sie aber tatsächlich auch ein Feuer vor. Meist handelt es sich dann um einen Kleinbrand. Die absolute Ausnahme stellen schon Wohnungsbrände oder gar Etagenbrände dar. Deswegen sollen Beispiele die Notwendigkeit von Standards belegen, die so ausgelegt sein müssen, dass sie sowohl für eine Feuermeldung anzuwenden sind, als auch für die erste Phase bei einem voll entwickelten Hochhausbrand.

2 Das Hochhaus – keine aktuelle Erfindung

Als sich in Chicago (USA) zwischen 1880 und 1890 die Einwohnerzahl auf mehr als eine Million verdoppelte, vervielfachten sich auch die Grundstückspreise in der Innenstadt. Kostete ein Quadratmeter im Jahr 1880 noch 130 US-Dollar, so stieg der Preis bis zum Jahr 1890 um das Siebenfache auf 900 US-Dollar an. Um weiterhin rentabel wirtschaften zu können, begannen damals die Grundstückseigentümer, ihre Grundfläche optimal zu nutzen und wählten hierzu eine höhere Bauweise. Dies wurde durch Erfindungen wie den elektrischen Aufzug, der Entwicklung feuerfester Baustoffe und vor allem durch die Stahlskelettbauweise begünstigt.

Das *Home Insurance Building* von 1885 (1931 abgerissen) vereinte als erstes Bauwerk die neuen technischen Errungenschaften und gilt mit seinen zehn Etagen als das erste moderne Hochhaus der Welt. Zwischen 1890 und 1894 entstand das *Reliance Building*, welches als Vorläufer der später den internationalen Stil bestimmenden gläsernen Vorhangwandkonstruktion und als Meisterwerk der Ersten Chicagoer Schule⁴ gilt. Seitdem gilt Chicago als Wiege der Hochhauskultur, obwohl die meisten spektakulären Hochhausprojekte derzeit in China, Russland und im Nahen Osten geplant und realisiert werden (Thomas & van Leeuwen, 1986).

In New York City steht das *Fuller Building* von 1902 noch heute als Beispiel der frühen Skelettbauweise. Die 1916 erlassene Bauordnung der City of New York, die nur für 25 Prozent der Grundstücksfläche eine unbegrenzte Höhenentwicklung zuließ und für den Rest des Bauwerks eine mathematisch bestimmte Abtreppungsvorschrift enthielt, prägte den Typ des *New Yorker Art Deco* Hochhauses. Das von Cass Gilbert 1913 errichtete *Woolworth Building* wirkte hier stilbildend. Zahlreiche Hochhäuser dieses Typs wurden in der Hochkonjunkturphase vor dem großen Börsenkrach vom Oktober 1929 geplant und bis in die ersten Jahre der Weltwirtschaftskrise errichtet, etwa William van Alens *Chrysler Building* (1930) oder das lange Jahre als höchstes Gebäude der Welt geltende *Empire State Building* (1930). 1929 standen von 377 Hochhäusern der USA mit mehr als 20 Stockwerken 188 in New York City.

Das erste Hochhaus Deutschlands ist das 1915 bis 1916 nach Plänen des Architekten Friedrich Pützer errichtete *Turmhaus Bau 15* der Carl Zeiss AG in Jena. Es erreichte mit elf Geschossen eine Höhe von 43 Metern. Mit seinen rasterartig angeordneten Fenstern besaß es eine an den damaligen US-amerikanischen Vor-

4 Architekturbewegung, prägend für den Baustil für Hochhäuser

bildern orientierte Fassade. Als erstes, wenn auch deutlich niedrigeres Bürohochhaus, entstand in den Jahren 1921 bis 1923 nach Plänen der Düsseldorfer Architekten Hans Tietmann und Karl Haake das siebengeschossige *Industriehaus* am Wehrhahn in Düsseldorf (Schediwy, 2005).

Der Jeddah Tower, früher bekannt als Kingdom Tower, ist ein Bauprojekt an der Westküste von Saudi-Arabien. Der Wolkenkratzer wird zum Zeitpunkt der Fertigstellung (voraussichtlich im Jahr 2020) das höchste Bauwerk der Welt sein.

Das am 4. Januar 2010 eröffnete, derzeit höchste Haus der Welt mit immerhin 828 Metern, der *Burj Chalifa*, wird, soviel ist sicher, nicht lange als höchstes Haus der Welt gelten. Zum Vergleich: Lange Zeit galt der *Sears-Tower* in Chicago mit 442 Metern Höhe als das höchste Gebäude der Welt, 1998 wurde er durch die *Petronas-Towers* mit 452 Metern Höhe abgelöst. Bereits 2003 wurden diese wiederum durch die *Taipeh-Towers* (508 Meter) in den Schatten gestellt. Das Bild 2 zeigt die höchsten Häuser der Welt im Vergleich.

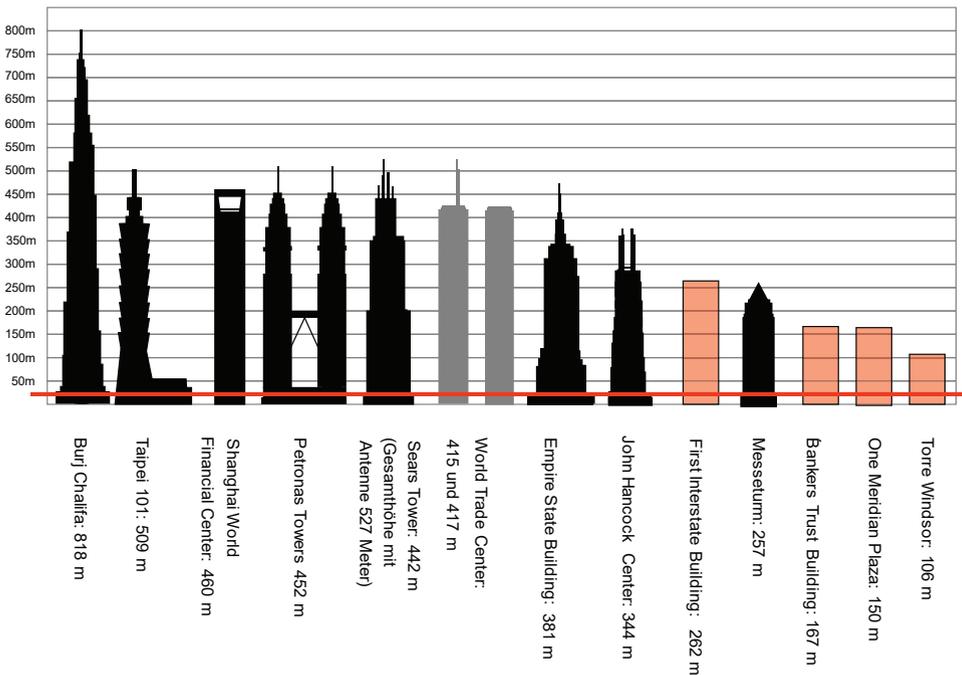


Bild 2: Eine Auswahl der höchsten Häuser der Welt (Grafik: Grünwald/von Kaufmann)

Die Entwicklung von neuen Baumaterialien und Konstruktionsformen, vornehmlich die Erfindung des Stahls, machte es möglich, wesentlich höher zu bauen als dies bisher denkbar war. Seitdem besteht eine regelrechte »Höhenkonkurrenz« (Matzing, 2008).

Hochhäuser lassen sich in folgende Kategorien einteilen (Schuler, 2003):

- **Kleine Hochhäuser:** Hochhäuser unter 50 Meter mit nicht mehr als 15 Geschossen bei einer Grundfläche von ungefähr 400 m².
- **Mittelgroße Hochhäuser:** Hochhäuser zwischen 50 und 100 Meter mit etwa 20 Geschossen bei einer Geschossfläche von rund 500 m².
- **Große Hochhäuser:** Hochhäuser, die höher als 100 Meter sind und zirka 50 Geschosse mit einer Geschossfläche von etwa 1000 m² haben.
- **Supergroße Hochhäuser:** Hochhäuser, die mehrere hundert Meter hoch sind und Geschossflächen von mehr als 2000 m² haben (z. B. *Sears-Tower*, *Petronas-Towers*).

Die Musterhochhausrichtlinie unterscheidet zwischen Höhen bis zu 60 Metern (zwei Treppenräume oder ein Sicherheitstreppenraum), über 60 Meter (zwei Sicherheitstreppenräume, alle tragenden und aussteifenden Bauteile müssen eine Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 120 Minuten besitzen) und über 240 Meter (tragende und aussteifende Bauteile müssen eine Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 180 Minuten aufweisen). Hierdurch wird den durch die Gebäudehöhe verursachten längeren Flucht-, Rettungs- und Löschangriffszeiten Rechnung getragen (Fachkommission Bauaufsicht (MHHR), 2005). Das Bild 3 veranschaulicht die Hochhausgrenze sowie die Einsatzgrenzen der von der Feuerwehr verwendeten Leitern.

Hochhäuser sind Gebäude, deren Tragwerk stets unter besonderer Berücksichtigung der Horizontallasten aus Wind und Erdbeben entworfen werden muss (Hegger, 1995). Somit unterscheiden sich Hochhäuser folglich von anderen Hochbauten dadurch, dass die Tragstruktur durch die Abtragung der Horizontallasten entscheidend beeinflusst wird. Regionale Besonderheiten können zu erheblichen Unterschieden bei den Anforderungen an den horizontalen Lastabtrag führen. Beispielsweise muss ein Hochhaus in Hongkong tropischen Wirbelstürmen widerstehen und daher für eine wesentlich höhere Windlast bemessen sein, als beispielsweise ein Gebäude in New York oder Frankfurt.

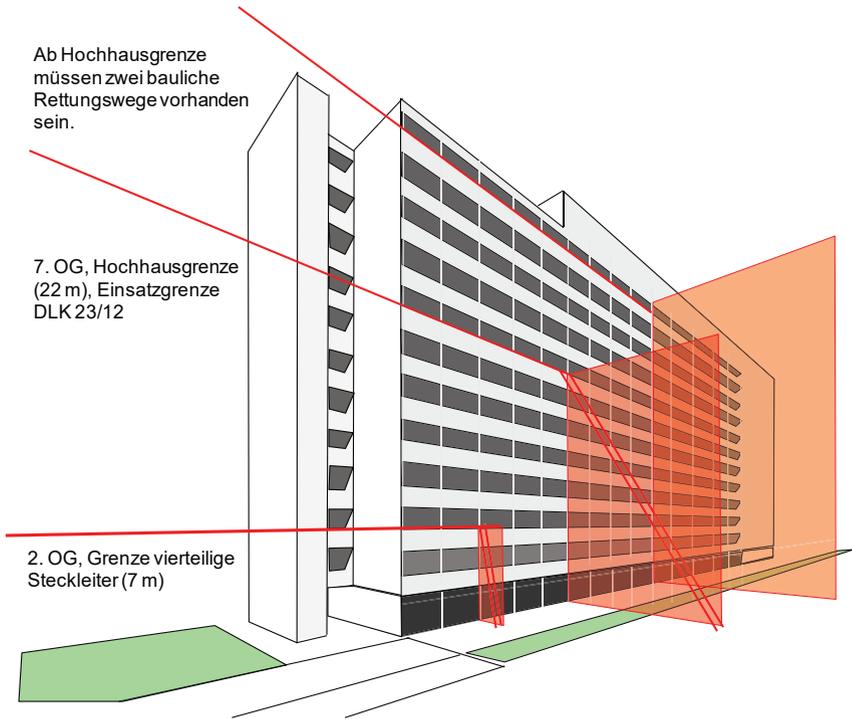


Bild 3: *Ab einer Höhe von 22 Metern (Boden des höchstgelegenen Aufenthaltsraumes) ist ein Gebäude ein Hochhaus. Ab dieser Höhe müssen entweder mindestens ein Sicherheitstreppenraum oder zwei Treppenräume vorhanden sein. Der Einsatz einer Drehleiter zur Menschenrettung ist ab dieser Höhe vom Baurecht nicht mehr vorgesehen. (Grafik: Grünwald/von Kaufmann)*

2.1 Entwurfsgesichtspunkte

Auch wenn der Entwurf eines Hochhauses nicht allein von statisch-konstruktiven Gesichtspunkten abhängt, so wird er doch durch die Wahl des Tragwerkes und des Baustoffes entscheidend beeinflusst. Einzelne Ausführungsalternativen lassen sich nach folgenden Kriterien objektiv bewerten:

- Wirtschaftlichkeit (Grundrissökonomie, Herstellung, Betrieb und Unterhaltung),
- Verknüpfung Architektur – Tragwerk – Haustechnik,

- Bauzeit und Bauausführung,
- zukünftige Flexibilität in der Nutzung sowie
- Verfügbarkeit von Material und Erfahrung.

Für den Tragwerksplaner stehen die folgenden Parameter bei der Planung und Gestaltung der Tragkonstruktion im Vordergrund:

- Horizontallasten (Wind),
- räumliche Steifigkeit und Stabilität (Lotabweichung, Schiefstellung, Schlankheit),
- Nutzungsart/Vertikallasten,
- Gründung,
- Brandschutz sowie
- Verfügbarkeit und Kosten der Grundbaustoffe.

2.2 Konstruktion von Hochhäusern

2.2.1 Stahlskelettbauweise

Die wohl noch heute gängigste Form im Hochhausbau ist die Stahlskelettbauweise. Der Stahlskelettbau ist eine um 1884 entwickelte Baukonstruktion, bei welcher das Tragwerk eines Bauwerks im Skelettbau mit Stahlträgern errichtet wird. Daraufhin werden die eigentlichen Wände und Decken aus Beton auf die stützende Stahlkonstruktion aufgetragen.

Die Stahlskelettbauweise definiert sich in der Regel dadurch, dass das Haupttragwerk, d. h. die Stützen und die Riegel, aus Stahlprofilen besteht. Auf diese Weise ist durch die Verbindung mittels geschraubter Anschlüsse ein sehr schneller Baufortschritt möglich. Die Decken können sowohl als Betonfertigteile, Beton-Halbfertigteile oder Verbunddecken ausgeführt werden. Diese Bauweise wurde vor allem in den USA durch die ersten Hochhäuser sehr beliebt. Frühe Beispiele der Stahlskelettbauweise in Deutschland sind die Zeche *Zollverein in Essen* (1932, Fritz Schupp und Martin Kremmer) und das zwischen 1935 und 1937 durch Paul Hofer und Karl Johann Fischer errichtete *Gebäude 7* der ehemaligen Reichszeugmeisterei München-Giesing auf dem Gelände der vormaligen McGraw-Kaserne der US-Streitkräfte.

2.2.2 Konstruktionen aus Beton

Unter dem Gesichtspunkt der Vermietung werden die Abmessungen der vertikalen Tragglieder minimiert, um so die vermietbare Fläche zu vergrößern. Hier haben Stahlkonstruktionen einen Vorteil gegenüber Stahlbeton- und Verbundkonstruktionen aus hochfestem Beton. Hochhäuser aus normalfestem Beton führen hingegen zu unwirtschaftlich großen Konstruktionsabmessungen.

Die vergangenen Jahre haben gezeigt, dass grundsätzlich Stahlbeton- und Verbundkonstruktionen aus hochfestem Beton die wirtschaftlichsten Konstruktionsformen darstellen. In Deutschland hat sich bisher Stahlbeton als die wirtschaftlichste Bauweise erwiesen – insbesondere im Hinblick auf die hierzulande herrschenden hohen Anforderungen an den baulichen Brandschutz. Hochhäuser aus Stahlbeton der ersten Generation mit bis zu 40 Geschossen wurden ausschließlich über gegliederte Scheiben oder miteinander gekoppelte Wandscheiben ausgesteift. Mit zunehmender Gebäudehöhe wurde es erforderlich, auch die Fassadenstützen in das Aussteifungssystem mit einzubeziehen. Bei den Stahlbetongebäuden der letzten Generation mit bis zu 65 Geschossen bilden Stützen und Riegel der Stahlbetonfassade ein räumliches Rahmensystem, das gemeinsam mit den Innenkernen die Aussteifung übernimmt. Bei den vermehrt eingesetzten Mischkonstruktionen aus Stahl und Stahlbeton geht der Trend hin zu Megastrukturen, welche die Lasten auf wenige Stützen konzentrieren. Die Stützen bestehen hierbei aus einem Stahlrohr, das mit hochfestem Beton gefüllt ist. Diese Stahlrohre dienen gleichzeitig als Schalung und als Ringbewehrung.

2.2.3 Lastabtrag

Als Hauptproblem im Hochhausbau ist nicht die Vertikallast anzusehen, sondern die Horizontallasten, beispielsweise Windlasten oder einseitig thermische Lasten, die nach unten abgetragen werden müssen. Für die Bemessung der Bauglieder ist deshalb die horizontale Verformung ausschlaggebend. Ziel ist es, ein Gebäude möglichst »weich« machen zu können. Im Skelettbau wurde in den 1950er Jahren mit Pendelstützen und aussteifendem Kern zum Abtragen der Horizontalkräfte bei Gebäuden mit bis zu 20 Stockwerken gearbeitet, ab dann stößt man an die wirtschaftlichen Grenzen. Daraus hat sich die Rohrbauweise entwickelt, ein im Boden eingespannter Kragarm, der seine Stabilität wie ein Rohr oder ein Strohalm aus der steifen Außenhaut gewinnt. Betonbauten mit mehr als 40 Geschossen erforderten dann die Doppelrohrbauweise mit einem innenliegenden Kern in Rohrform (Ingen-