

Typologische Aspekte im Hochhausbau

Typological Aspects of High-Rise Buildings

Christoph Ingenhoven



1 Photo: H.G. Esch, Hennef

Türme, Kirchtürme, Rathaustürme, Bergfriede waren einst die Krönung der Baukunst, demonstrierten jeweils den höchsten beherrschbaren Schwierigkeitsgrad und galten als technische und konstruktive Meisterleistungen. Das Streben nach religiöser und wirtschaftlicher Vormachtstellung und künstlerischer Vollendung, Bürgerstolz und Gemeinschaftsgefühl: Vieles brachte Menschen dazu, in die Höhe zu bauen. Türme waren Ausdruck der Wehrhaftigkeit, dienten der Verteidigung, boten Überblick und Orientierung, seltener auch Räume zum Wohnen und Arbeiten.

Die Zeiten haben sich gewandelt. Türme für Kirchen und Burgen werden nicht mehr gebraucht. Türme sind durch Häuser abgelöst worden, hohe Häuser, Hochhäuser. Und diese, immer höher, immer schlanker, werden wieder zu Türmen, zu Turmhäusern, Bürotürmen, Wohntürmen. »Burj« (Turm) heißen die Wolkenkratzer in Dubai, Burj al Arab (Turm der Araber), das schon legendäre Sieben-Sterne-Hotel, Burj Dubai (Turm von Dubai) das demnächst wohl höchste Hochhaus der Welt, dessen Bauherren aus taktischen Gründen noch nicht bekannt gegeben haben, wie hoch es tatsächlich werden wird. 800 Meter, wird gemunkelt. Das wird ein paar Jahre reichen, bis der Höhenrekord von einem neuen Wolkenkratzer in Shanghai oder Tokio gebrochen wird.

Dabei sollten wir die ganze Wettlaufgeschichte längst überwunden haben, auch vor dem Hintergrund der Terrorbedrohungen seit dem 11. September 2001, als ja vor allem das Symbol World Trade Center getroffen werden sollte. Es kann nicht sinnvoll sein, Menschen in 1000 Meter Höhe leben zu lassen, und ob es sinnvoll ist, sie da arbeiten zu lassen, ist nicht weniger zweifelhaft. Doch die Faszination scheint ungebrochen, der Höhenrausch hat die Bauherren in aller Welt neu ergriffen.

Henry Ford, der weitsichtige Industriestrategie, hat in diesem Punkt geirrt. Verwaltung war für ihn nur ein notwendiges Übel und der dafür notwendige Raum sollte minimiert werden. Die Industrie sollte mit ihren großartigen Erzeugnissen und nicht mit ihrer Archi-

tektur imponieren. Doch damals wie heute kann man das Renommee einer Firma auch an ihren Verwaltungsbauten ablesen. Und damals wie heute bauen Firmen, Banken, Versicherungen, die etwas auf sich halten, auch hohe Häuser.

Der damit zu gewinnende Ruf sollte jedoch nicht der Antrieb für den Bau eines Hochhauses sein. Wenn z.B. eine Versicherung ein Ausrufezeichen in das Stadtbild setzen will, ist dieses Anliegen eher von gestern. Das Hochhaus muss intelligent begründet werden. Es muss über die Situation des Standorts gesprochen werden, über die Kosten, über die Qualität der Arbeitsplätze und Kommunikationsstrukturen sowie über die Energiesituation. Und dann kann es sein, dass sich ein Flachbau als die bessere Lösung herausstellt. Das Hochhaus ist ein spezieller Typus für ganz spezifische Bedingungen und will, gerade in der siedlungsmorphologischen Situation der europäischen Stadt, wohl erwogen sein. In den Schwellenländern allerdings haben sich Hochhausagglomerationen längst als die einzige Möglichkeit erwiesen, der tsunamartigen demografischen und topografischen Entwicklung Herr zu werden.

Was ist ein Hochhaus?

Was ein Wolkenkratzer ist, glaubt man zu wissen, exakt definiert ist es nicht. Auch was ein Hochhaus ist, lässt sich schwer eindeutig festlegen. Als die Kontorgebäude in New York um 1880 begannen, die Kirchtürme zu überragen, waren erste Kriterien für Hochhäuser eine Eisenskelettkonstruktion und die Erschließung durch absturzesichere Aufzüge – eine Erfindung von Elisha Graves Otis im Jahr 1853. Hinzu kam der Feuerchutz, der Einbau eines zweiten Fluchtwegs, da die Gebäude die Höhenreichweite der Feuerwehreiter überragten.

Doch von Anbeginn war der Begriff Hochhaus relativ. Ein Hochhaus ist ein Gebäude, das seine Nachbarschaft deutlich überragt. Und es sollte ebenso ein deutlich stehendes Format haben, also etwa Breite zu Höhe ab 1:2,5. Dann wird es als in die Höhe strebend empfunden. »Hoch, jeder Zoll von ihm muss hoch sein«, forderte Louis Sullivan 1896 lei-

denschaftlich, als er die erste Eloge auf den Bautyp niederschrieb. Es geht also nicht nur um die 22 Meter Feuerleiterlänge, die von der Bauordnung als Hochhausgrenze vorgegeben ist.

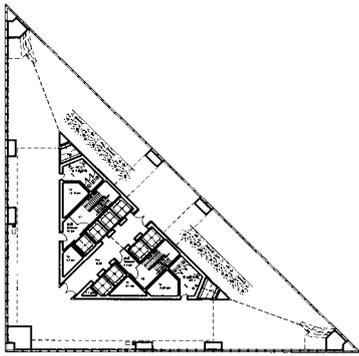
Inzwischen muss ein Haus in Deutschland wohl deutlich über zehn Geschosse aufweisen, um als Hochhaus gelten zu können. Die Grenze freilich, bis zu der ein Hochhaus als »normal« angesehen wird, liegt bei etwa 100 Metern. Bis zu dieser Höhe, so hieß es noch vor wenigen Jahren in Investorenkreisen, ist ein Hochhaus wirtschaftlich. In dieser Höhe lag ein durch die Konstruktion, die Liftbauweise, die Sprinkleranlage u.a. bedingter bautechnischer Quantensprung, der bei Überschreitung unverhältnismäßige Kosten verursachte.

Doch die Zeiten haben sich auch hier gewandelt. Andere Kriterien als Ruhm und Ehre, Macht und Stolz sind als Triebkräfte für den Bau hoher Häuser in den vergangenen Jahrzehnten hinzugekommen. Waren Hochhäuser bis vor wenigen Jahren als verschwenderische Prunk- und Potenzdemonstrationen, als Umweltsünden par excellence und Geißel der darin arbeitenden Angestellten verschrien, so hat sich zumindest die Beurteilung der Kriterien gewandelt.

Der Platz in unseren Städten wird knapp. Auf Bevölkerungsexplosion und Landflucht muss mit Verdichtung der Städte, vor allem in der Dritten Welt, reagiert werden, sonst drohen städtische Agglomerationen von der Größe des Saarlands. In den großen Hafen- und Deltastädten der Welt – London, Marseille, Istanbul, Kairo, Lagos, São Paulo, Bombay, Singapur, Shanghai, Hongkong oder Tokio – lassen sich dramatische Verdichtungsmuster studieren. Die Explosion der Bewohnerzahlen, regionale und globale Wanderungsbewegungen, aber auch die Konzentration finanztechnischer, wirtschaftlicher, kommunikationsintensiver, von jeder Form großstädtischer Infrastruktur abhängender Arbeitsplätze lassen die Türme bis heute praktisch ungebremst in die Höhe schießen. Es ist kein Weg vorstellbar, der zur Lösung dieser drängenden Problematik am Hochhaus vorbeiführt. Wer jemals im Landeanflug auf den alten Flughafen von Hongkong die Tausende von Wohnhochhäusern auf dem Gebiet der ehemaligen Kronkolonie gesehen hat, wird verstehen, dass Architekten und Ingenieure, Soziologen, Kommunikationsexperten und viele andere sich um die zügige Weiterentwicklung des Hochhauses bemühen müssen.

Bautypus Hochhaus

Anfangs konzentrierten sich die Architekten auf die gestalterische Ausprägung des Bautyps. Den Kanon hatte Louis Sullivan geprägt: Demnach hatte ein Hochhaus nach dem Muster der griechischen Säule Basis, Schaft und Kapitell zu zeigen. Noch bildeten Tragwerk und Fassadengestaltung zwei unabhängige Sphären. Es dauerte einige Jahr-



2

zehnte, bis die Diskrepanz in den 30er-Jahren evident wurde und die Gestalt der Hochhäuser mehr und mehr von der Konstruktion bestimmt wurde. Den Art-déco-Türmen New Yorks als letzten Vertretern der dekorierten Hochhäuser standen zur selben Zeit bereits die modernen Entwürfe von Raymond Hood oder Howe und Lescaze zur Seite. Gleichzeitig diversifizierte sich die gebäudetypologische Organisation. War zunächst neben dem Turm auch die Scheibe gängige Baukörperform, so setzte sich mit zunehmender Bauhöhe die Turmform durch – insbesondere, nachdem 1916 das »Zoning Law« in New York aus Gründen der Belichtung der Straßen das Zurückstapfen der Baukörper vorschrieb. Anfang der 50er-Jahre wurde der blockhafte, stereometrische Baukörper zur Idealform erkoren. Berühmte Prototypen wie das UN-Gebäude am East River in Manhattan, 1950 von Wallace K. Harrison gebaut, Ludwig Mies van der Rohes Lake Shore Drive Apartments in Chicago 1952 (s. S. 935) oder sein Seagram Building in New York (s. S. 937) prägten das Bild des Hochhauses im International Style für Jahrzehnte und waren gleichzeitig eine gestalterische Hypothek, denn die schlichte, abstrakte Elementarform war nur von den besten Architekten zu meistern. Zu den besten gehörten Skidmore Owings und Merrill (SOM), die 1952 mit dem Lever House an der Park Avenue in New York einen wichtigen Bautypus entwickelten: die Hochhausscheibe auf einem breit gelagerten, zweigeschossigen Sockelbauwerk, der fortan in aller Welt vielfach kopiert wurde. In Deutschland waren es Paul Schneider-Esleben mit dem Mannesmann-Hochhaus und Hentrich Petschnigg mit dem Thyssen-Hochhaus in Düsseldorf (s. S. 938), die den abstrahierten Baukörper beherrschten. Wenn heute kaum mehr stereometrisch kubische Hochhäuser gebaut werden, hat das mehrere Gründe. Zum einen ist die Postmoderne übers Land gegangen und hat die Moderne der 60er- und 70er-Jahre gründlich diskreditiert. Zum anderen gelten Hochhäuser, gilt Architektur allgemein (wieder) als wichtiger Image- und Bedeutungsträger.

Bauherren können und wollen sich mit ihren Häusern darstellen und positionieren. Dazu bedarf es einer gewissen Signifikanz. Zeichenhaftigkeit ist ein Verkaufsargument. Im Zuge der Strukturverdichtung einer Stadt besitzt ein Hochhaus mit seiner Silhouettenwirkung eine starke gestaltprägende Kraft gegenüber anderen Bautypen. Der Messturm in Frankfurt von Helmut Jahn z.B., bei seiner Fertigstellung 1990 das höchste Haus Europas, hat als Gebäude für das 21. Jahrhundert einen hohen Wiedererkennungswert für die Metropole Frankfurt (Abb. 6). Hochhäusern wird wieder Symbolcharakter zugeschrieben. Der Wiederaufbau von Ground Zero etwa wird fast ausschließlich unter symbolischen Gesichtspunkten diskutiert. Das neue World Trade Center soll den Widerstand, das »jetzt erst recht«, den neuen Aufbruch und den Sieg der amerikanischen Nation über den internationalen Terrorismus versinnbildlichen. Das lässt sich mit einer stilisierten Freiheitsstatue besser machen als mit »Schuh-schachtel-Architektur«.

Der Symbolismus ist jedoch auch deshalb in Mode gekommen, weil sich die Aktivitäten im Hochhausbau nach Nah- und Fernost verlagert haben und dort gebaute Poesie gut ankommt. Ein Luxushotel am Arabischen Golf (Abb. 7) wird gerne als Lotusblüte gesehen, ein Wolkenkratzer in Taipei als Himmelspagode (s. S. 930).

Tragwerk

Einer der namhaftesten Ingenieure, die den Architektenkollegen von SOM zur Hand gingen, ihnen oft genug sogar den Zeichenstift geführt hat, war Fazlur Khan, den viele als den bedeutendsten Bauingenieur des 20. Jahrhunderts sehen. Er hat in den 60er-Jahren die statischen Systeme entworfen, die den Bau von Wolkenkratzern mit mehreren hundert Metern Höhe erst ermöglichten. Er hatte erkannt, dass das Hauptproblem nicht in der Vertikallast des Gebäudes zu sehen ist, sondern in den abzuleitenden Horizontalkräften aus Wind, einseitiger thermischer Belastung durch Sonneneinstrahlung und ggf. Erdbeben. Der für die Bemessung der Bauglieder wesentliche Faktor ist dabei die horizontale Verformung. Ein Gebäude »weich« zu machen, ist dabei die wirtschaftlichste Bauweise, führt jedoch zu größeren Verformungen, die von den Fassaden schwer zu meistern sind, sowie zu stärkeren Schwingungen, die den Nutzern der oberen Geschosse zu schaffen machen. Nachdem Ende der 50er-Jahre der Skelettbau mit Pendelstützen und aussteifendem zentralen Kern zur Aufnahme der Horizontalkräfte zunächst bei 20 Geschossen an wirtschaftliche Grenzen gestoßen war, entwickelte Khan die so genannte Rohrbauweise. Dabei bildet der Bau sozusagen einen im Boden eingespannten Kragarm, der seine Stabilität wie ein Rohr oder ein Grashalm aus der steifen Außenhaut gewinnt. Beton-

bauten von mehr als 40 Geschossen erforderten dann die Doppelrohrbauweise »Tube-in-Tube« mit innen liegendem Kern in Rohrform. In den USA hat sich der Stahlbau durchgesetzt und wird wohl erst in Frage gestellt werden, wenn der Stahlpreis noch größere Höhen erklimmt. Dagegen ist in Europa, namentlich in Deutschland, die Betonkonstruktion verfeinert und perfektioniert worden.

Im John Hancock Center in Chicago (s. S. 937) arbeiten 4000 Menschen, 1700 wohnen darin, gehen im 44. Stock schwimmen und im 45. einkaufen, Tausende Besucher frequentieren die Aussichtsterrasse und die Restaurants im 96. Stock. Die 1969 gefundene Mischnutzung hat Zukunft, führt sie doch zu Betrieb rund um die Uhr und geringerem und gleichmäßigerem Verkehrsaufkommen rings um das Gebäude. In diesem Sinn waren das World Trade Center in Manhattan (Abb. 3) mit 412 Metern und der Sears Tower in Chicago (s. S. 937), 445 Meter hoch, als reine Bürobauten ein Rückschritt.

Bautechnisch repräsentierte das World Trade Center den »Tube« mit steifem Außenrost, während der Sears Tower dem Prinzip des »Cellular-Tube-Frame« entspricht, der gebündelten Röhren, wie es auch der Konstruktion des gegenwärtig in Bau befindlichen Burj Dubai (s. S. 932) zugrunde liegt. Einen neuen Schub in der Tragwerksentwicklung von Hochhäusern hat der Terroranschlag auf das World Trade Center am 11.9.2001 ausgelöst. Der Wunsch nach unverwundbaren Turmhäusern, die selbst einen Jumbo-Einschlag aushalten ohne wegzusacken, hat zu verstärkten Anstrengungen der Ingenieure geführt, redundante Tragsysteme zu entwickeln, denen Teilerstörung und Feuer nichts anhaben können. Inzwischen scheinen die Architekten vom »Anything goes« auszugehen und den Ingenieuren alles zuzutrauen. So werden die Türme spiralförmig verdreht (Abb. 8, 9), gebogen oder gar zu gewagten organischen Gebilden verknüpft. Gerade der spektakuläre Wettbewerb für Ground Zero (Abb. 10) hat die Architekten zu den abenteuerlichsten Formen animiert.

Man kann jedoch beobachten: Je weiter die Türme in Rekordhöhen vordringen, desto reduzierter, disziplinierter müssen die Formen werden. Die extreme Leistungsform jener Rekordbauten, deren wichtigster, alle anderen Funktionen dominierender Zweck es ist, Höhe zu gewinnen, verträgt keine gestalterischen Eskapaden mehr.

Wo extreme Windkräfte, Strahlungsenergien und gelegentliche Erdbeben die Parameter bilden, nimmt der Ingenieur dem Architekten das Zepter aus der Hand.

Erschließung

Eine weitere Besonderheit des Hochhausbaus stellen die notwendigen Transportkapazitäten dar. Mit wachsender Stockwerkszahl

kann man die Anzahl der Aufzüge nicht beliebig erhöhen, da sonst die Aufzugschächte vor allem in den unteren Geschossen einen zu großen Anteil an der Nutzfläche verbrauchen und der Bau rasch unwirtschaftlich wird. Auch um Fahrzeiten zu verkürzen, werden Shuttlesysteme eingesetzt, mit Expressaufzügen zu Zwischenplattformen, wo man in lokale Aufzüge umsteigt und die nächsten 30 Stockwerke erreichen kann. Nur das öffentliche Observationsdeck an der Turmspitze wird direkt angefahren, etwa beim »Landmarktower« im japanischen Yokohama, der mit 480 Metern Hubhöhe und 12 m/s Fahrgeschwindigkeit lange Zeit den höchsten und schnellsten Hochhausaufzug der Welt besaß.

Die hohen Geschwindigkeiten stellen große Anforderungen an die Präzision der Schienen, für die neue Aufhängungen und Montagearten entwickelt werden. Verformungen des Gebäudes durch Wind, Sonneneinstrahlung oder gar Erdbeben sind weitere Herausforderungen für die Aufzugskonstrukteure. Neu ist auch der Einsatz aktiver Führungssysteme an der Kabine, vergleichbar der Fahrwerkskontrolle beim Automobil, die Unebenheiten der Schienenführung durch Echtzeitkorrektur des Rollenandrucks ausgleichen.

Die Entwicklungslinien der Lifts haben vor allem das Ziel, die Kapazitäten zu erhöhen, um mit weniger Schächten auszukommen. Dies geschieht durch höhere Geschwindigkeiten, zweigeschossige Kabinen oder auch zwei unabhängig operierende Kabinen in einem Schacht, vor allem aber durch eine Verbesserung der Steuerungssoftware. In neueren Anlagen wählt der Fahrgast vor dem Einstieg sein Fahrziel und bekommt einen Aufzug zugewiesen. So kann der Rechner die Kabinen am ökonomischsten disponieren und die Fahrgäste haben kürzere Warte- und Fahrzeiten. Hausangehörige besitzen im Vorübergehen lesbare »Badges« als Legitimation und Auftraggeber: Der Lift bringt sie automatisch zum Arbeitsplatz.

Ein weiteres Ziel bei der Entwicklung von Aufzügen ist es, den Energiebedarf zu reduzieren. Moderne, elektronisch gesteuerte Elektromotoren verbrauchen immer weniger Strom. Zum einen wird durch Rückeinspeisung Bremsenergie zurückgewonnen, zum anderen sorgen intelligente Systeme für einen minimalen Stand-by-Verbrauch der Lifts in Wartestellung. Darüber hinaus wird beim technischen Equipment auch viel Raum eingespart. Die überdimensional großen Um-

richter sind durch die Thyristortechnik unnötig geworden, die zudem weitaus geringere Leistungsverluste mit sich bringt.

Fassade

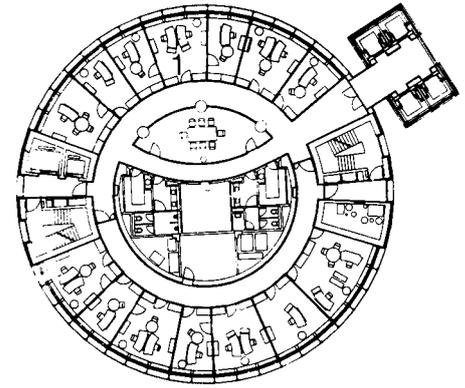
Während in den USA die Tragwerkskonstruktion im Vordergrund des ingenieurtechnischen Interesses steht, haben europäische Architekten und Ingenieure aufgrund ihres verstärkten ökologischen Engagements und der einschlägigen Vorschriften hierzulande die Entwicklung leistungsfähiger Fassadensysteme besonders vorangetrieben. Der Wunsch, vom hermetischen, voll klimatisierten Hochhaus wegzukommen, das wegen der ungünstigen energetischen, raumklimatischen und psychologischen Verhältnisse immer weniger Akzeptanz erfährt, führte zunächst zur Doppelfassade mit einer raumabschließenden Haut und einer in gewissem Abstand vorgesetzten Wetterschutzhaut, wobei der Zwischenraum für Lüftungszwecke, zur Aufnahme des Sonnenschutzes und für die Wartung genutzt wird.

Das RWE-Hochhaus in Essen war das erste »Hochhaus in Aspi« (Abb. 4, 5). Bei ihm gibt es außen die glatte Haut aus Einscheiben-Weißglas, welche die Einheit der Form erzeugt. Dadurch entsteht die minimalistische Zeichenhaftigkeit des Gebäudes, die nicht durch Profile gestört werden soll (denn sobald man außen Profile einsetzt, wie z.B. beim Seagram Building, bekommt das Ganze eine klassizistische Anmutung). Mit einem Abstand von 50 cm ist die zweite, die eigentliche Doppelglasfassade montiert. Deren Fenster lassen sich zur individuellen Lüftung öffnen.

Auch das von uns 1995 geplante Hochhaus »Wan Xiang International Plaza« in Shanghai (Abb. 1, 2), dessen Antennenspitzen sich bis in 328 m Höhe recken, hat eine solche Doppelhautfassade – die erste in China. Das eigene Befinden am Arbeitsplatz beeinflussen zu können, das Fenster öffnen zu können, ist eine Grundvoraussetzung für das Wohlbefinden am Arbeitsplatz, dies gilt natürlich auch im Hochhaus.

Ökologie

Die natürliche Belüftung gehört zum ganzheitlichen ökologischen Ansatz für die Planung zeitgemäßer Hochhäuser. Alle passiven Maßnahmen zur Energieeinsparung sind ausgeschöpft und damit so wenig Technik wie möglich vorgesehen werden. Dazu gehört die konsequente Nutzung umweltfreundlicher, ressourcenschonender Techniken und Materialien ebenso wie die Optimierung der Oberfläche und des Volumens, d.h.



3

die Oberfläche muss, um Wärmeverluste gering zu halten, minimiert und windtechnisch optimiert werden. Bei einem Hochhaus sind Wind und Tageslichtausbeute einerseits sowie Fassadenkonstruktion und Lüftungstechnik andererseits entscheidend für die Energiebilanz des Gebäudes. Nur dann, wenn das Hochhaus gegenüber konventioneller Flachbebauung eine gleichwertige Ökobilanz aufweist, wird es Akzeptanz finden und als nachhaltige Bauweise zur Lösung der weltweiten Siedlungsprobleme beitragen. Es war der visionäre Ingenieur Fazlur Khan, der bereits vor 35 Jahren den Weg gewiesen hat: »Wenn aber in allen Erdteilen die Bevölkerungsdichten weiter wachsen werden – gleichzeitig mit zunehmender Industrialisierung und stark steigendem Platzbedarf für Wohnen, Arbeiten und Erholen in den Städten – dann ist in Zukunft der Bau höherer Gebäude, als wir sie augenblicklich gewohnt sind, wohl unvermeidlich.« Wenn auch im »alten Europa« der hinhaltende Widerstand gegen den Bautyp Hochhaus, der die europäische Stadt zu bedrohen scheint, groß ist, so ist dessen Siegeszug in den Schwellenländern nicht mehr aufzuhalten. Daher gilt es für Architekten und Ingenieure, sich darauf einzustellen und die intelligenten, ökologisch kontrollierten Bauweisen und -techniken bereitzustellen, um diese erdrurtschartige Entwicklung in nachhaltige Bahnen lenken zu können.

Hochhäuser können ein wichtiger Beitrag zur Klimadebatte sein, sei es wegen ihrer Fähigkeit zur Verdichtung und der damit verbundenen günstigeren Energiebilanz der hoch verdichteten Stadt, sei es wegen ihres extrem geringen Flächenverbrauchs. Das Bauen hoher Häuser ist eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts. Wie bei Luft- und Raumfahrt, Bio- und Gentechnologie, Computer- und Kommunikationstechnologie ist die Meisterschaft, die es ermöglichte, z.B. das Ulmer Münster, den Eiffelturm und das Chrysler Building zu bauen, auch heute vonnöten, um das Überleben von Menschen in Städten zu ermöglichen und deren Dasein so angenehm wie möglich zu gestalten.

Towers on churches, town halls and other public buildings were once a crowning architectural feature and emblematic of many different aspirations. Times have changed, however. Towers and spires rising on top of state-ly edifices have become redundant. They have been replaced by structures that are towers in their own right: skyscrapers that are becoming ever taller and more slender. The Burj Dubai (Tower of Dubai) Hotel, for example (ill. 7), may rise to a height of 800 metres on completion, but within a few years, it will probably be overtaken by an even taller building in Shanghai or Tokyo.

One might have thought that 9/11 would have put an end to such competitive ambitions; and one must anyway ask whether it makes sense to have people living or working nearly 1,000 metres above the ground. Among building clients, however, the fascination with height would seem to be undiminished. In this respect, at least, that far-sighted industrial strategist Henry Ford was mistaken. He believed that companies would impress the world with their fine products, not with their architecture. The administration, which he regarded as a necessary evil, was to be kept as small as possible. Even in those days, though, one could assess the renown of a firm from its administrative buildings; and today, banks, insurance companies and other concerns erect tall structures for prestige purposes. That, of course, cannot be an intelligent reason for the erection of high-rise structures. One would expect other aspects to be taken into account: the location and costs, the quality of the workplaces, communication structures and, not least, energy factors. An analysis of this kind might show that a low-rise building would be more appropriate. The high-rise block is a special type for specific conditions and should be well considered in the morphological context of a European city. We think we know what a skyscraper or a high-rise block is, but the terms are by no means precisely defined. Initially, buildings of this type could be recognized by their iron skeleton structure and the safety of their lifts. Fire protection and the provision of a second escape route soon became additional criteria,

since the tops of tall buildings exceeded the range of fire-brigade ladders. From the outset, though, "high-rise" was a relative term. It was used to describe a building that significantly rose above its neighbours; and the relationship between the width at the base and the height had to be at least 1:2.5. Times have also changed, however, since a height of 100 m was regarded as an economically and constructionally sound maximum. Space in cities is becoming scarce – particularly in Third World countries – and structures that until recently were regarded as wasteful and environmentally harmful are now seen in a different light. Dramatic increases of population can be observed in many of the great ports or delta cities of the world, such as London, Marseilles, Istanbul, Cairo, Lagos, São Paulo, Mumbai, Singapore, Shanghai, Hong Kong and Tokyo, and the construction of skyscrapers would seem to offer a solution in this respect. Nevertheless, their continued development requires the concerted efforts of architects, engineers, sociologists, communications experts and many others.

Initially, architects concentrated on the design aspects of tall structures. Louis Sullivan defined the canon, according to which a high-rise block should follow the model of a Greek column, with a base, shaft and capital. The structure and the facade were still discrete elements. In the 1930s, however, this discrepancy became evident, and the design of skyscrapers came to be dominated more and more by structural considerations. With increasing height, the pure tower form gained precedence over the slab-like block, especially after the introduction of zoning laws in New York in 1916, which specified that buildings should be stepped back in their height in order to ensure adequate light at street level. At the beginning of the 1950s, the block-like, stereometric volume became the ideal form. Important examples of this type include the UNO headquarters in Manhattan (1950) by Wallace K. Harrison, together with Mies van der Rohe's Lake Shore Drive Apartments in Chicago (1952) and his Seagram Building in New York. For decades, these were regarded as models of the International Style.



4

With their Lever House in New York (1952), Skidmore Owings and Merrill (SOM) developed an important building type in the form of a high-rise slab set on a broad plinth structure. It was a model that was subsequently copied throughout the world. Structures of this kind are rarely built today, and there are a number of reasons for this. In the 1960s and 70s, postmodernism had a strong influence and overturned many of the precepts of the Modern Movement. In addition, architecture generally and high-rise buildings in particular have again come to be seen as important symbols and signifiers.

With the growing density of the urban fabric, a tower block with a striking silhouette impresses itself more powerfully on our awareness than other building types. On its completion in 1990, for example, Helmut Jahn's Trade Fair Tower in Frankfurt (ill. 6) was the highest building in Europe. It possessed a great symbolic value and lent the city a new identity. Similarly, the redevelopment of Ground Zero is a project highly charged with symbolism. The proposed new World Trade Center in New York City is meant to represent a mood of resistance, of "we'll show them" and the triumph of America over international terrorism, although this would probably be better achieved with a stylized Statue of Liberty than another example of "shoebox architecture".

Symbolism has come into fashion, however, since skyscraper construction has been extended to Middle and Far Eastern locations, where built poetry is highly regarded. People are happy to see a luxury hotel in the Persian Gulf as a lotus blossom or a structure in Taipei as a heavenly pagoda. It is sometimes interesting to look at the engineering design underlying such buildings, though.

One of the most renowned engineers to work with SOM was Fazlur Khan. In the 1960s, he created a structural system that for the first time enabled skyscrapers to be built to a height of several hundred metres. He saw that the greatest problem of such buildings was not the vertical transmission of loads, but how to cope with horizontal wind forces, one-sided thermal loads caused by insolation, and pos-

sible earthquakes. The most economical form of construction would be a "soft", flexible structure, but this would lead to greater deformation than the facades could absorb and to a swaying motion that would be problematic for users on the upper storeys.

At the end of the 1950s, when the skeleton-frame structure – with hinged columns and a central core to resist horizontal loads – had reached its economic limits in buildings with a height of 20 storeys, Khan developed a new "tubular" form of construction in which the whole building forms a kind of cantilevered arm fixed in the ground, with the rigid outer skin ensuring stability. Concrete buildings more than 40 storeys in height required a double, tube-within-a-tube construction with a central core. In the US, steel has established itself as the most common structural material.

In Europe, and particularly in Germany, greater emphasis has been placed on concrete construction, which has been refined and perfected for high-rise buildings.

Some 4,000 people work in the John Hancock Center in Chicago; 1,700 live there, go swimming on the 44th storey and shopping on the floor above; and thousands of visitors travel to the viewing terrace and restaurants on the 96th floor. This kind of mixed-use skyscraper was developed in 1969 and has a promising future, not least because it functions round the clock as a town in its own right, helping to reduce the volume of traffic in the surrounding area. In that sense, the World Trade Center in Manhattan and the Sears Tower in Chicago – pure office buildings – represented a step backwards. Structurally, the former consisted of a tube with a rigid external grid, while the Sears Tower was constructed with a cellular tubular frame.

The terrorist attack on the World Trade Center on 11 September 2001 has ironically given a new boost to the development of tall buildings. The aim in New York is to create a new structure that would resist the impact even of a jumbo jet. Today, architects seem to trust engineers implicitly. Towers are designed in spiralling or bent forms, or with daring organic

structures. On the other hand, the higher a skyscraper rises, the more reduced and disciplined its form should be.

Another important aspect of high-rise construction is the vertical transport capacity. With more and more storeys, one cannot simply increase the number of lifts; they would take up too much of the floor area. To reduce the travelling time, shuttle systems have been introduced, with express lifts rising to intermediate levels, where passengers can change to local elevators. Only the public observation deck at the top is directly accessible. The high speed of modern lifts also makes great demands on the precision of the tracks. A new development in this respect is the use of active guide systems in the cabin, which can react to irregularities in the rails by adjusting the roller pressure. In order to reduce the number of lift shafts while nevertheless increasing the capacity, high-speed systems have been developed that also allow the use of two-storey cabins and two cabins operating independently in a single shaft. These goals have been achieved above all with improved control software. Other systems have helped to reduce the consumption of electrical energy.

In the US, the load-bearing structure is the central engineering aspect of the design. In Europe, in contrast, with an increasing commitment to environmental goals and in response to local regulations, the development of efficient facade systems has played a major role. The desire to get away from the hermetically sealed, fully air-conditioned high-rise block led to the creation of double facades with an inner skin as a spatial enclosure and an outer skin providing weather protection. The intermediate space serves the needs of ventilation, provides protection against insolation and can also be used for maintenance purposes. The RWE development in Essen (ills. 4, 5) was the first of this type: a "tower in aspic" with a single-glazed external skin that lends the building a smooth unified appearance. The Wan Xiang International Plaza we planned for Shanghai in 1995 (ills. 1, 2), with a height of 328 m to the tip, also has a double skin of this kind – the first in China. The ability

to open a window at one's workplace is important in creating a sense of wellbeing. Natural ventilation is a further component of a holistic ecological approach to planning in modern high-rise blocks. The exploitation of wind and daylight on the one hand, and the facade construction and ventilation technology on the other are decisive factors for the energy balance in buildings of this kind. Fazlur Khan pointed the way 35 years ago with his plea for higher buildings as a response to increasing urban density around the world. Although there is still great resistance to skyscrapers in the cities of "old Europe", their triumphal advance in rapidly developing countries is no longer to be halted. Architects and engineers should accept this and apply themselves to designing intelligent, ecologically sound forms of construction and technology. High-rise buildings can make an important contribution to the climatic situation of the world in view of their capacity for increasing urban density and achieving a more favourable energy balance. In addition, they are a key tool of the 21st century in ensuring the comfortable existence of people in cities.

- 1, 2 Wan Xiang International Plaza, Shanghai, 2006
Architekten: Ingenhoven Architekten
- 3 RWE Konzernverwaltung, Essen, 1996
Architekten: Ingenhoven Architekten
- 4 Turning Torso, Malmö, 2005, Grundriss Wohnungsschoss
Architekt: Santiago Calatrava

Christoph Ingenhoven führt das Büro Ingenhoven Architekten in Düsseldorf.

- 1, 2 Wan Xiang International Plaza, Shanghai, 2006;
architects: Ingenhoven Architects
- 3 RWE headquarters, Essen, 1996;
architects: Ingenhoven Architects
- 4 Turning Torso, Malmö, 2005; floor plan of housing storey
architect: Santiago Calatrava

Christoph Ingenhoven is principal of the Ingenhoven Architects office in Düsseldorf.