Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 92 (1974)
Heft: 6: Planung - Technik - Umwelt

Artikel: Blick in die Zukunft: Tragsysteme von Hochhäusern
Autor: Khan, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72259

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Hochhäuser

Schluss von SBZ 1974, H. 2, S. 25

Studientagung vom 18. bis 20. Okt. 1973 an der ETH Zürich der **SIA-Fachgruppen für Brückenbau und Hochbau (FBH) und für Architektur (FGA)**, unter Mitwirkung der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau (IVBH) und des Joint Committee «Planning and Design of Tall Buildings» der «American Society of Civil Engineers» (ASCE). DK 72.011.27

Mit dem hier folgenden dritten Teil schliessen wir unseren Gesamtbericht über die Studientagung «Hochhäuser». Die ersten beiden Teilberichte sind erschienen in SBZ 1973, H. 46, S. 1127 bis 1139, und 1974, H. 2, S. 15 bis 25. Wir wiederholen den Hinweis, dass einzelne (vorwiegend ingenieurtechnische) Referate im Laufe der nächsten Monate in breiterem Umfange wiedergegeben werden und danach ein Separatdruck über diese Tagung erscheinen soll.

Blick in die Zukunft

Sitzungsleiter: Prof. **Georges Steinmann**, Präsident der FBH, Genf

Tragsysteme von Hochhäusern

Referent: Dr. **F. Khan**, Chicago, USA

Das Referat, mit dem Dr. *F. Khan* (der den Architekten Skidmore, Owings und Merrill, Chicago, nahesteht) die Reihe der Fachvorträge abschloss, fand das grosse, ungeteilte Interesse der Tagungsbesucher beider baulichen Fakultäten. Der Referent schlug diese Brücke vom Ingenieur zum Architekten, indem er mit den während den letzten Jahren in Amerika entwickelten frame-tube-Tragsystemen bekannt machte und dabei die Ingenieurprobleme zugleich architektonisch artikulierte. Eindrückliche Beispiele zeigten Möglichkeiten, wie etwa von der Gewölbewirkung der Fassade (anstelle hoher Abfangträger über dem Erdgeschoss), von sich nach oben verjüngenden «Rohren», ferner wie von Konstruktionsmerkmalen Gebrauch gemacht wird, die in der Fassade eine Wellenbewegung bewirken oder als sichtbare Windverbände unter der gestaltenden Hand des Architekten mitunter elegante strukturelle Form gewinnen. *(Yü)*

*

Wie es immer wieder Ingenieure gegeben hat, deren technisch-kreative Begabung das architektonische Schaffen zu befruchten vermochte, so mag heute der vom Statiker zum Baugestalter überspringende Funke im Hochhausbau eine Domäne neuer schöpferischer Aktivität anbahnen. Dr. Khan war es gegeben, solche Visionen zu wecken.

Bauingenieur SIA *Gustav Wüstemann* (Zürich) danken wir den nachfolgenden Kurzbericht, der die Ausführungen des Referenten näher beleuchtet.

*

Aus dem eindrücklichen Schlussreferat «Structural Systems for High-rise Buildings» von *Dr. Khan* seien im folgenden zwei besonders interessante Aspekte herausgegriffen:

Zur städtebaulichen Eingliederung des Hochhauses

Bei der Mehrzahl der durch Dr. Khan gezeigten Objekte ist aufgefallen, dass die Hochhäuser an Stellen errichtet worden sind, an denen bereits vorher eine dichte Bebauung bestanden hat. Gleichlaufend mit der Planung des Hochhauses wurde auch dessen unmittelbare Umgebung neu gestaltet. Auf diese Weise wurde durch die Erstellung des Hochhauses in dessen Umgebung neuer freier Raum geschaffen.

Die Entwicklung neuer Tragstrukturen des Hochhauses in den Vereinigten Staaten

Kernpunkt im Referat von Dr. Khan bildete der Hinweis, dass in Amerika bezüglich Tragstrukturen für Hochhäuser grosso modo *zwei Phasen* zu unterscheiden sind.

In der *ersten* Phase, die sich bis gegen 1950 erstreckte, war die Tragstruktur des Hochhauses durch eine reine Weiterführung der konventionellen Systeme des Hausbaues gekennzeichnet: Kombination eines Vertikalsystems, bestehend aus Stützen und Riegeln, vorwiegend für die Aufnahme der vertikalen Lasten, mit einem Horizontalsystem, das heisst einem im Inneren des Gebäudes liegenden, als vertikale Konsole wirkenden Kern zur Aufnahme der horizontalen Wind- und Erdbebenkräfte. Durch etagenweise Verbindung der beiden Systeme konnte die Quersteifigkeit noch erhöht werden. Als Baumaterial wurde, zum Teil bedingt durch die Kostenstruktur in Nordamerika, fast ausschliesslich Stahl verwendet.

Da die zulässige horizontale Auslenkung infolge Wind- und Erdbebenkräften durch die Normen begrenzt ist, ergab sich für diese konventionelle Tragstruktur bei zunehmender Gebäudehöhe als unliebsame Auflage, die erforderliche Quersteifigkeit mit einem sehr hohen Aufwand, einer Höhenprämie (premium for height), wie sich Dr. Khan ausdrückte, erkaufen zu müssen. Der Grund liegt darin, dass

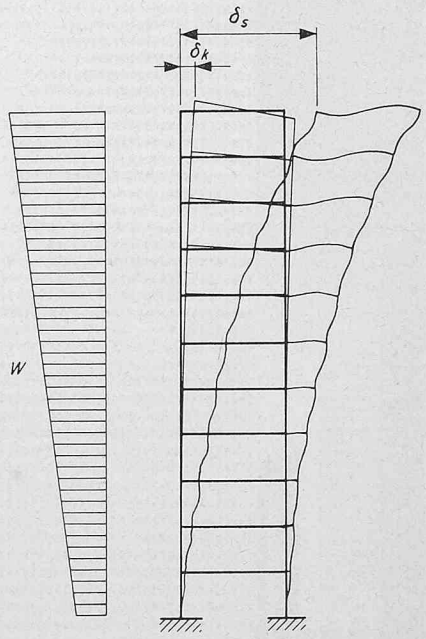


Bild 1. Schematische Querverformung des konventionellen Vertikalsystems eines Hochhauses, bestehend aus Stützen und Riegeln, unter Windlast. Der überwiegende Teil der Querverformung δ ist auf δ_s zurückzuführen

- der Beitrag des Vertikalsystems zur Quersteifigkeit immer kleiner wird, weil der überwiegende Teil der horizontalen Auslenkung dieses Systems auf die «Schubverformung» δ_s, das heisst die Biegeverformung der Stützen, und nur ein kleiner Teil auf die «Konsolverformung» δ_k, das heisst die Verlängerung beziehungsweise Verkürzung der Stützen, zurückzuführen ist (Bild 1);
- die Abmessungen der Kerne im Horizontalschnitt in den meisten Fällen durch die Versorgungseinrichtungen, wie Lifte usw., vorgegeben sind und diese Kerne daher mit zunehmender Gebäudehöhe sehr weich werden.

Es war daher erforderlich, für sehr hohe Gebäude eine *neue Lösung* für die Tragstruktur zu suchen. Sie bestand nach den Ausführungen des Referenten darin, dass man die äussere Haut des Gebäudes als schubfeste Scheibe ausbildete. Die umhüllende Fassade stellt damit sozusagen ein Rohr (tube) dar[1]), das als vertikale Konsole im Boden eingespannt

[1]) Mit dem Begriff Rohr (tube) ist im vorliegenden Zusammenhang die Vorstellung eines prismatischen Hohlkörpers zu verbinden.

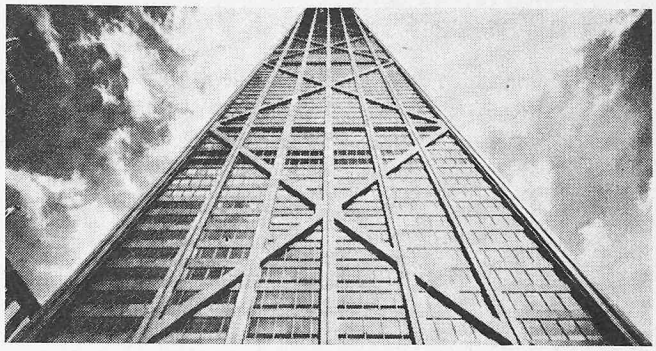
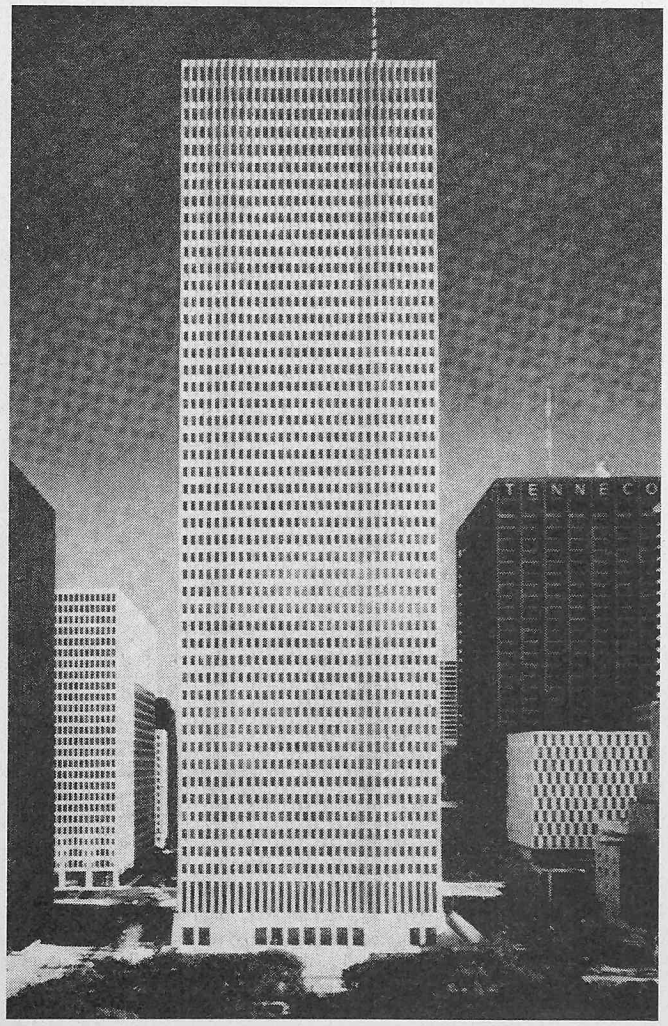
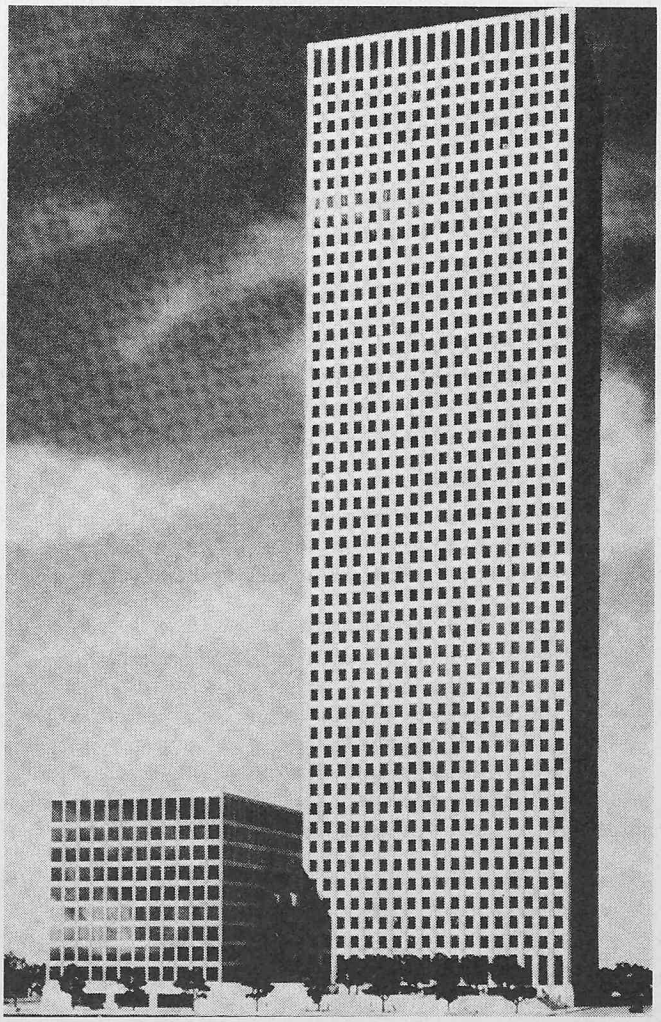


Bild 3. *(Beispiel 2):* «John Hancock Center», Chicago
Das 100 Geschosse umfassende Hochhaus wurde 1970 fertiggestellt. *Material:* Stahl. *Struktur:* Die Fassade wird gebildet durch das sich mit der Höhe verjüngende Aussenrohr (framed tube). Dieses ist durch Diagonalkreuz versteift, welche über je 18 Geschosse durchlaufen. Derart ergab sich eine wirtschaftliche Konstruktion. Diese hat es ermöglicht, 100 Stockwerke (ohne Höhenprämie!) hoch zu bauen zum gleichen Kubikmeterpreis, wie er sich vergleichsweise für ein konventionelles Hochhaus mit nur 40 Geschossen ergeben hätte

Bild 2. *(Beispiel 1):* «One shell Plaza», Chicago
Das 50 Stockwerk hohe Gebäude wurde 1971 vollendet. *Material:* Leichtbeton. *Struktur:* Rohr in Rohr (tube in tube). Die Fassade bildet das Aussenrohr mit eng gestellten Stützen und biegesteif verbundenen Riegeln. Nahe den Gebäudeecken wurden die Fassadenstützen zur Schubverstärkung verdickt und architektonisch sichtbar gelassen, wodurch eine wellenförmige Flächenstruktur entsteht. Ein Kern aus Schubwänden bildet das Innenrohr

Bild 4. *(Beispiel 3):* «One Shell Square», Chicago
Das Hochhaus zu 51 Stockwerken wurde 1972 errichtet. *Material:* Gemischt, in Stahl die innere Tragstruktur für vertikale Lasten, in Beton das umhüllende Fassadenrohr für horizontale Kräfte. *Struktur:* Die Fassade in Beton als Aussenrohr (framed tube). Im Inneren Stahlstützen und -riegel ohne zusätzliche Quersteifigkeit.
Die kombinierte Bauweise ermöglichte eine einfache, zeitsparende Montage. Die innere Stahlstruktur konnte über etwa acht Stockwerke vorausgetrieben werden, und für die Montage eines Stockwerkes wurden nur 2½ Tage benötigt. Diese Bauweise hat sich in den USA bei neuen Hochhausbauten als besonders wirtschaftlich erwiesen





ist und bei gleichem Materialaufwand eine bedeutend grössere Quersteifigkeit als ein innerer Kern aufweist. Die Fenster können dabei als Löcher in diesem Fassadenrohr aufgefasst werden (tube with holes). Die Ausbildung der Fassade als Rohr bedingt eine enge Stellung der Fassadenstützen, welche mit den Riegeln biegesteif zu verbinden sind. Bei Stahlbauten kann die Schubsteifigkeit das Fassadenrohres durch Diagonalverbände erhöht werden, welche architektonisch sichtbar bleiben (Bild 2: John Hancock Center). Die Quersteifigkeit des Aussenrohres kann durch ein oder mehrere horizontal in der Fassade umlaufende Fachwerke, die als Gürtel wirken, erhöht werden (Bild 5: Tour Apogée).

Die engstehenden Stützen im Fassaden-Rohr geben ihre Lasten im allgemeinen mittels eines Abfangträgers an die weiter auseinanderliegenden Stützen des Erdgeschosses ab; Dr. Khan zeigte Beispiele, bei denen die Gewölbewirkung in der Fassadenscheibe ausgenutzt wurde, und wo somit darauf verzichtet werden konnte, einen Abfangträger einzuschalten.

Mit dem Aufkommen schubsteifer Fassaden wurde vor rd. 20 Jahren die zweite Phase im Hochhausbau in den Vereinigten Staaten eingeleitet. Ungefähr zur selben Zeit hat auch der Stahlbeton in amerikanischen Hochhausbauten Eingang gefunden. Durch Kombinationen des Rohrkonzeptes – zum Beispiel Fassade als Aussenrohr mit Kern als Innenrohr (tube within a tube) und Kombinationen der Baumaterialien – zum Beispiel Aussenrohr aus Stahlbeton, innere Stützen aus Stahl – konnten sowohl wirtschaftlich als auch montagetechnisch interessante Neukonstruktionen entwickelt werden.

*

Aus der reichen Auswahl der von Dr. Khan gezeigten Beispiele sind hier fünf typische Fälle in Bildbeispielen (aus: *Planning and Design of Tall Buildings,* Volume C: International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, USA, August 1972) gezeigt und kurz erläutert. Die betreffenden Hochhäuser wurden projektiert von den Architekten *Skidmore, Owings & Merrill,* Chicago. Über *Konstruktionsgrundsätze für den Bau von Hochhäusern mit Stahl- und Stahlbeton-Gerippe* berichtet Dr. ing. *C. J. Hoppe,* Bonn, im «Bauingenieur» 1973, H. 1, S. 28 (Springer-Verlag, Berlin), nach einem Vortrag von Dr. F. R. Khan.

Bild 5. *(Beispiel 4):* «Tour Apogée», Paris

Das 60 Geschosse zählende Hochhaus soll an der Place d'Italie gebaut werden. *Material:* Stahl. *Struktur:* Fassade als Aussenrohr (framed tube). Oben, unten und in den Viertelspunkten des Aussenrohres erhöhen versteifende Gürtel (stiffening belts) dessen Schubfestigkeit

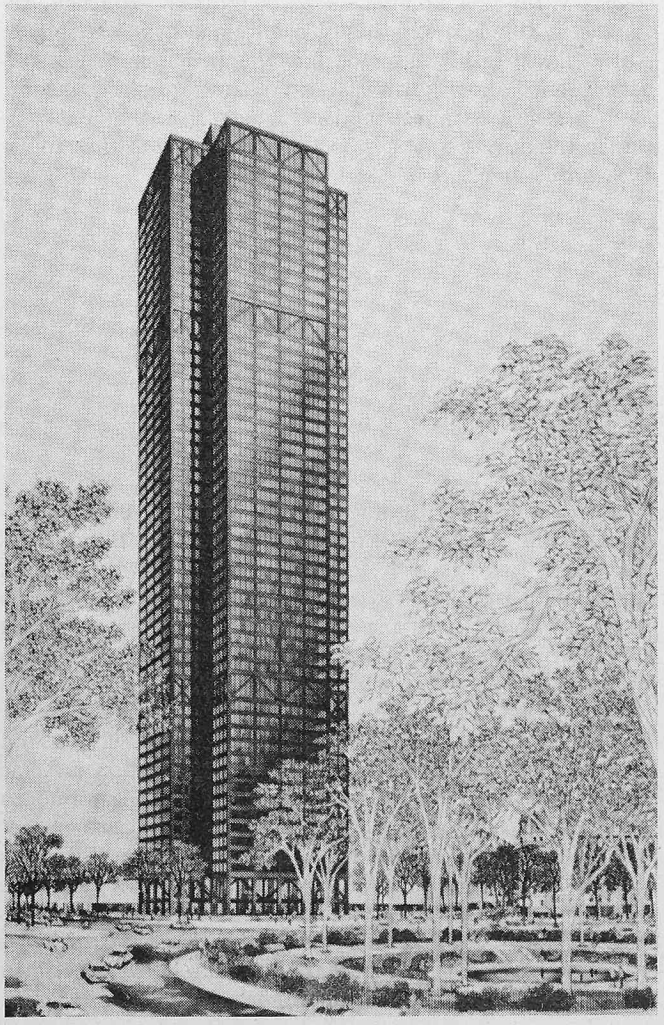
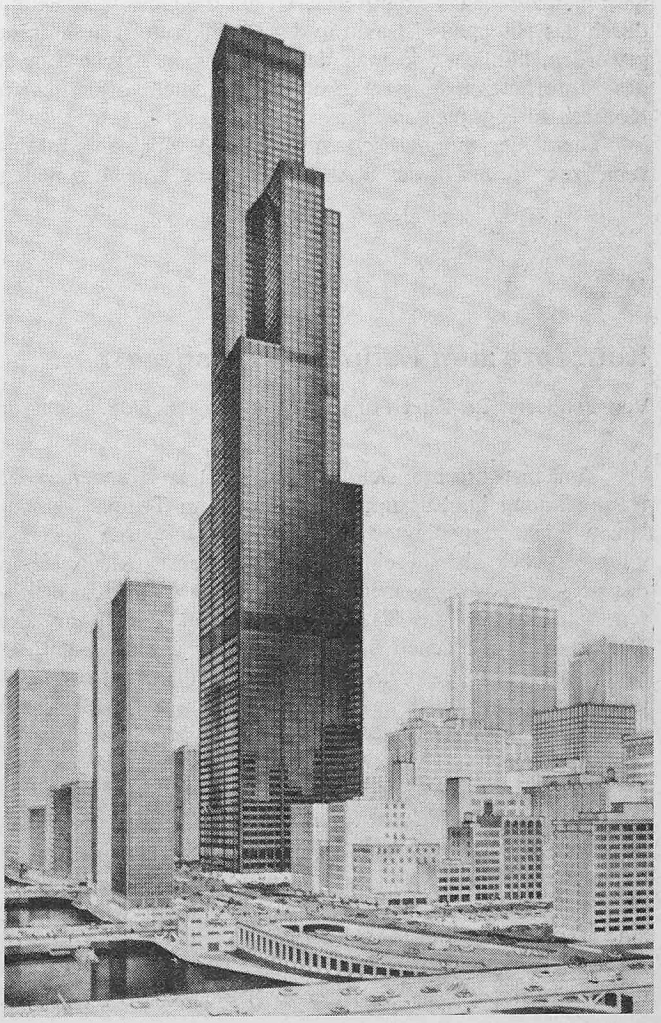


Bild 6. *(Beispiel 5):* «Sears Tower», Chicago

Dieses in der Grösse und in seiner Höhe Weltrekordmasse aufweisende Hochhaus soll mit 109 Stockwerken 1974 vollendet werden. *Material:* Stahl. *Struktur:* Neun gebündelte Prismen («Rohre») von rd. 23×23 m Grundfläche (bundled tube concept) weisen je unterschiedliche Höhen auf. Die Innenräume der Prismen sind durch stützenfreie Decken in Stockwerke unterteilt. Das Konzept gebündelter Rohre eignet sich auch für die gemischte Bauweise Stahl-Stahlbeton und für Hochhäuser aus Mauerwerk