

MOD UL17

HOCHHAUS TYPOLOGIE IN HOLZHYBRID BAUWEISE

FRANK KEIKUT
SONJA GEIER

MOD UL17

HOCHHAUS
TYPOLOGIE IN
HOLZHYBRID
BAUWEISE

BIBLIOGRAFISCHE INFORMATION DER DEUTSCHEN
NATIONALBIBLIOTHEK

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-7281-3979-5

© 2019

Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CTTP)
vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

www.vdf.ethz.ch
verlag@vdf.ethz.ch

Diese Publikation fasst die Ergebnisse des Innosuisse-Projekts «HolzHybridHochHaus – Typologie für Hochhäuser in Holzhybridbauweise zur urbanen Verdichtung» zusammen. Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

HERAUSGEBER

Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CTTP)

AUTOREN

Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CTTP)
Dipl.-Ing. Frank Keikut, Dr.-Ing. Sonja Geier

MIT BEITRÄGEN VON

Marco Affolter, Makiol Wiederkehr AG
Christian Ammann, Vadea AG
Franz Hauzenberger, Künzli Holz AG
Thomas Kobe, b+p baurealisation ag
Klaus Kreher, Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau (CCKI)
Argjent Ramadani, Vadea AG
Yves Schihin, Burkhalter Sumi Architekten GmbH

PLÄNE

Sämtliche Pläne sind durch Burkhalter Sumi Architekten GmbH erstellt worden.

RENDERING

Atelier Brunecky

DESIGN

Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CTTP)
Fabienne Paul, Elke Schultz (Layout und Grafiken)
Manuel Alejandro Martinez Guajardo (Zeichnungen)

KONTAKT

cctp.technik-architektur@hslu.ch

DANKSAGUNG	5
VORWORT	6
MOTIVATION	8
AUSGANGSLAGE UND FRAGESTELLUNG	10
ÜBERBLICK	12

01 DAS HOCHHAUS IN DER STADT	14
Typologie des Hochhauses	16
Typologie des Holzhochhauses	18
Die Stadt und das Hochhaus	19
02 DIE DREI THEMENFELDER	22
Materialeigenschaften Baustoff Holz	25
Konstruktionsprinzipien in Holzbauweise	28
Flexibilität im Hochbau	32
03 MODUL17 – TYPOLOGISCHES KONZEPT	36
Tragwerk und räumliche Flexibilität	39
Nutzung und räumliche Flexibilität	41
Stadt und modulare Bauweisen	43
Modul17 – Synthese	45
Modul17 – Tragwerkskomponenten	46
Modul17 – Systembaukasten	48
Modul17 – Konstellationen	50
04 MODUL17 – IM KONTEXT DER STADT	52
Homogene Stadtstrukturen in Zentrumslagen	56
Heterogene Stadtstrukturen	60
Heterogene, grossmassstäbliche Stadtstrukturen	64
05 MODUL17 – EIN PROTOTYP	68
Architektur	71
Planteil	74
Fassade	80
Statisches Gesamtkonzept	82
Gebäudetechnik	85
Produktion, Logistik und Montage	88
Wirtschaftlichkeit	94
Finanzierungsmodell	100
Brandschutzkonzept	102
06 MODUL17 – FAZIT	108
Merkmale der spezifischen Hochhaustypologie	110
Bewertung des Beitrags zur Verdichtung im urbanen Raum	112
Wirtschaftlichkeit – mehr als die reinen Erstellungskosten	112
Das Modul17 und seine Relevanz für die Praxis	113
Sieben Argumente für das Modul17	114
ANHANG	116
LITERATURVERZEICHNIS	118
BILDQUELLEN	121

DANKSAGUNG

Gemeinsam hoch hinaus! An dieser Stelle möchten wir uns bei all denjenigen bedanken, die an der inhaltlichen Entwicklung des Modul17 beteiligt waren. Euer Engagement und Teamgeist ging weit über das übliche Mass hinaus und hat unmittelbar zur Qualität der Ergebnisse beigetragen. Wir bedanken uns bei:

Marco Affolter, Christian Ammann, Franz Hauzenberger, Thomas Kobe, Klaus Kreher, Thomas Künzli, Peter Makiol, Argjent Ramadani, Yves Schihin, Marco Sgier, Reinhard Wiederkehr

VORWORT

Im Zuge von Urbanisierung und Verdichtung, bei gleichzeitig begrenzt zur Verfügung stehendem Bauland, wird die Höhe zunehmend als Ressource entdeckt. Der Markt für Hochhäuser boomt; ihre Relevanz für eine nachhaltige Stadtentwicklung prägt den Diskurs in Fachkreisen und weit darüber hinaus. Denn die Typologie von Hochhäusern ist keine einfache. Hochhäuser prägen Stadtbilder, verändern den Standort und polarisieren aufgrund ihrer Erscheinung. Auch ist das Hochhaus in der Regel keine günstige und flexible Typologie, was sich in hohen Mieten und eingeschränkten Nutzungen widerspiegelt.

Wie jedes Gebäude ist natürlich auch das Hochhaus ein gebauter Lebensraum. Aber gerade das Hochhaus wird häufig auf seine skulpturale Erscheinung reduziert und die Wirkung auf das Quartier ausgeblendet. Dabei liegt gerade in der Interaktion mit dem Ort und seinen Bewohnern und Bewohnerinnen das Potenzial für eine nachhaltige Stadtentwicklung.

Wie kann es gelingen, dass sich ein Hochhaus trotz seiner Vertikalität in das Stadtgefüge einbindet? Wie kann ein Mehrwert für diesen Ort und seine Bewohner und Bewohnerinnen geschaffen werden? Wie kann die Konstruktion und Gestaltung der Räumlichkeiten so konzipiert sein, dass sich ein Hochhaus auch wandelnden Anforderungen stellen kann? Welchen Beitrag leistet das Hochhaus für die angestrebte Durchmischung einer Stadt und wie ressourcenschonend ist seine Erstellung und der Betrieb? Das ist nur eine geringe Auswahl von Fragestellungen, die angesichts der zunehmenden Beliebtheit von Hochhäusern dringend beantwortet werden müssen und die Hinweise auf die Komplexität dieser Typologie liefern.

Zusätzlich haben sich Vorschriften und Normen geändert. So ist mit der Liberalisierung der Brandschutzvorschriften die Höhenbeschränkung für Holzhäuser gefallen und die Regulierung der Höhen für Hochhäuser neu definiert worden. Daraus ergeben sich neue Perspektiven für den Holzbau beim Einsatz von Hochhäusern. Zumal Technologien wie Vorfabrikation, modulares Bauen und serielle Fertigung im Holzbau bereits eine Tradition haben und die Übertragung dieser Technologien auf das Hochhaus, unter Verwendung von Holz, eine Chance für diese Typologien darstellt. Zusätzlich kann Holz als nachwachsender Rohstoff einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von CO₂ leisten und lokale Wertschöpfungsketten aktivieren.

Die Komplexität dieser Überlegungen ist Anlass für unser Institut, sich intensiv mit der Typologie des Hochhauses und ihrem Potenzial für ein resiliente Stadtentwicklung auseinanderzusetzen und uns gezielt mit Fachleuten aus Praxis und Wissenschaft zu vernetzen. Die vorliegende Publikation baut auf den Erkenntnissen des Forschungsprojektes «Holz-HybridHochHaus – Typologie für Hochhäuser in Holzhybridbauweise zur urbanen Verdichtung» auf, das von einem interdisziplinären Team an der Hochschule Luzern Technik & Architektur und Unternehmen sowie Planungsbüros aus der Praxis unter der Leitung des Kompetenzzentrums Typologie & Planung in Architektur (CCTP) erarbeitet wurde. Im Mittelpunkt der Forschungsarbeit stand die Entwicklung einer spezifischen Hochhaustypologie in Holzhybridbauweise und die Evaluation, welchen Beitrag diese Typologie zur qualitativ hochwertigen Verdichtung im urbanen Raum leisten kann.

Das Autorenteam bedankt sich bei der «Innosuisse – Schweizerische Agentur für Innovationsförderung» und den Projektpartnerinnen sowie der Begleitgruppe aus der Praxis. Die engagierten Diskussionen, die konstruktive Kritik und der interdisziplinäre Diskurs wurden vom Forschungsteam sehr geschätzt und sind ein Garant für eine erfolgreiche Forschungsarbeit im Dienste eines resilienten, gebauten Lebensraums.

Prof. Dr. Peter Schwehr
Hochschule Luzern – Technik und Architektur
Kompetenzzentrum Typologie & Planung in
Architektur (CCTP)

MOTIVATION

Wenn allein im Jahr 2017 in der Summe 144 Hochhausprojekte fertiggestellt wurden, kann man von einem Hochhausboom sprechen.¹ Auch wenn ein Grossteil der Projekte im asiatischen Raum angesiedelt ist, so lässt sich nicht übersehen, dass das Hochhaus in heutigen Debatten um Architektur und Stadtentwicklung einen gewichtigen Platz einnimmt. Dazu passend schreibt Andrea Glauser einleitend in ihrer Studie Vertikales Bauen in Europa «Himmelsstürmer sind wieder in» und beruft sich auf einen Beitrag in der Neuen Zürcher Zeitung anlässlich der Ausstellung L'invention de la tour européenne im Pariser Pavillon de l'Arsenal.² Dabei verweist sie auf die Kernpunkte der aktuellen Diskussion rund um den Hochhausbau:

«Wenn heute vom Hochhausbau die Rede ist, sind Verweise auf Bevölkerungswachstum und eine zunehmende Urbanisierung des sozialen Lebens meist nicht weit. Durch die Stapelung von Flächen soll zusätzlicher Raum generiert und der <Zersiedelung> [dem <urban sprawl>] Einhalt geboten werden.»²

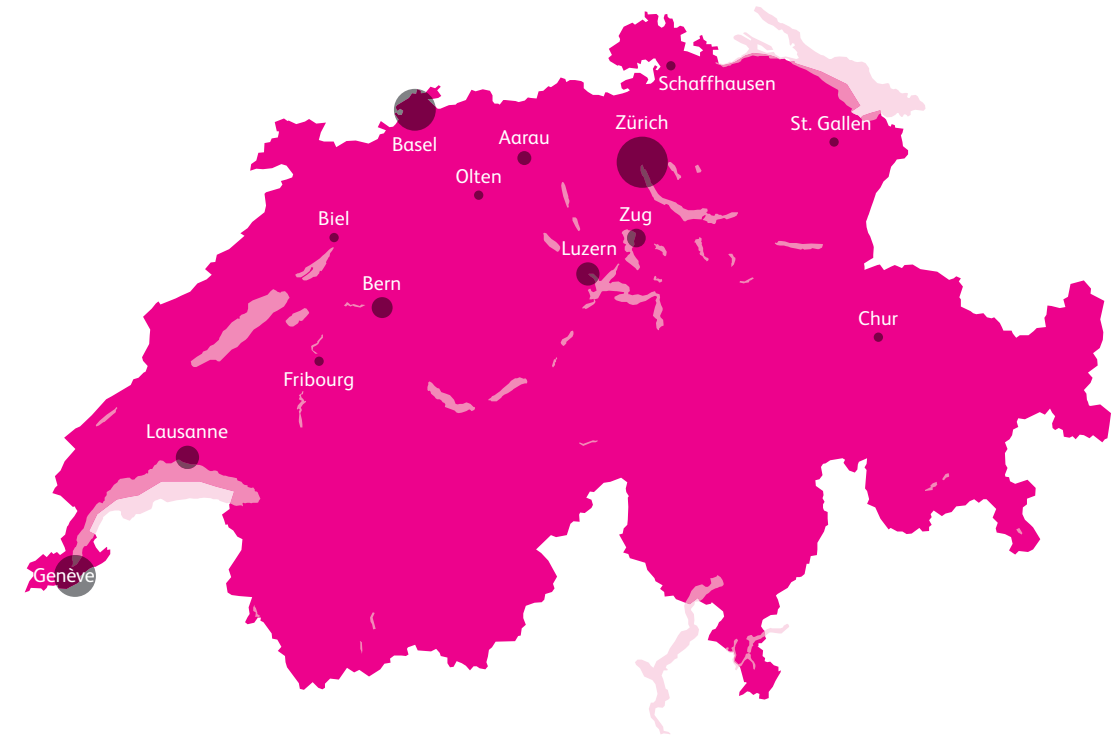
Im Rahmen der Debatten zu den Themen Nachverdichtung und der effizienteren Nutzung von Baulandreserven wird das Bauen in der Vertikale nicht selten als probates Mittel zum Schutz von innerstädtischen Grün- und Freiflächen in den Fokus der Diskussion gestellt. Diskutiert man die effizientere Nutzung von Bauland durch Hochhäuser, so sind auch rein ökonomische Interessen nicht ausser Acht zu lassen. Wo es Bauordnungen und Richtlinien zulassen, generieren Hochhäuser durch die Stapelung von Flächen eine höhere Ausnutzung von Grundstücken und sind unmittelbar mit Renditefragen verknüpft. In diesem Kontext bedeuten höhere Häuser meist auch eine höhere Rendite.

Im Mittelpunkt der Hochhausdiskussion stehen vor allem, aber keineswegs ausschliesslich, vertikale Büro- und Wohnräume. Die Dringlichkeit, die Ausnutzung der innerstädtischen Baulandreserven effizienter zu gestalten, zeigt sich auch anhand immer skurriler anmutender Nutzungen in der Vertikalen. Hochhausfriedhöfe in Brasilien und Japan oder Experimente im Bereich des Vertical Farming in New York zeigen neue Wege der urbanen und ressourcenschonenden Nachverdichtungen auf, auch wenn diese Beispiele nicht immer in unseren kulturellen Kontext zu übertragen sind.³



Vertikal Farming

Hotspots der Schweiz in der Hochhausdiskussion



Vor allem in Asien wachsen die Metropolen rasant in die Höhe und innerstädtische Hochhäuser sind aus dem Stadtbild nicht mehr wegzudenken.

Wurden die vertikalen Akzente in Europas Städten in ihrer Historie durch Kirchtürme oder Schornsteine gesetzt, so sind Hochhäuser heute auch in Europa urbaner Ausdruck einer prosperierenden Wirtschaft und ambivalent diskutiertes Instrument zur innerstädtischen Nachverdichtung.

Fokussiert man den Betrachtungsperimeter auf die Schweiz, so lässt sich beobachten, dass sogar kleinere Städte abseits der grossen Zentren Hochhauskonzepte erarbeiten und so die Voraussetzung schaffen, um das Hochhaus in das lokale Stadtbild zu integrieren.

Der Roche-Turm in Basel, mit einer Höhe von 178 m, das im Jahre 2018 höchste Gebäude der Schweiz, spielt im Wettlauf um die höchsten Häuser der Welt keine entscheidende Rolle. Trotzdem ist er Ausdruck dafür, dass das vertikale Bauen in der Schweiz in neue Höhenbereiche vorgedrungen ist.

AUSGANGSLAGE UND FRAGESTELLUNG

Diese Höhenbereiche sind seit 2015 auch für den Holzbau erreichbar: Mit der Liberalisierung der Brandschutzvorschriften im Jahr 2015 in der Schweiz ist die Höhenbeschränkung für Holzbauten gefallen und die Höhenregelung für Hochhäuser durch die VKF neu definiert worden. Dadurch ergeben sich neue Perspektiven für den Holzbau in der Schweiz. Holz, ein Baustoff mit hohen ökologischen und nachhaltigen Eigenschaften, hat die Chance, sein Potenzial nun auch im Bereich hochleistungsfähiger Bauweisen und Konstruktionen unter Beweis stellen. Die dazu notwendige Erfahrung im Segment des mehrgeschossigen Holzbaus konnte in den letzten Jahren in ausreichendem Masse aufgebaut werden. So haben technologische Entwicklungen im Holzbau in den letzten Jahren zu herausragenden Ergebnissen im Bereich des 6–8 geschossigen, grossvolumigen Holzbaus geführt. Damit diese Erfahrungen auch in die Vertikale skaliert werden können, benötigt es neue Konzepte hinsichtlich Aussteifung, Lastableitung, Logistik und auch der Gebäudetechnik. Aktuelle Hochhausprojekte in Holzhybridbauweise in- und ausserhalb der Schweiz sind meist Leuchtturmprojekte. Bisher ist keine spezifische Typologie für den Hochhausbau in Holzhybridbauweise zu identifizieren, und häufig kommt der Baustoff Holz in der hybriden Bauweise zu wenig deutlich zur Geltung.

Der Rahmen für die Entwicklung der spezifischen Typologie ist die Stadt. Nirgends lassen sich aktuelle Tendenzen unserer Gesellschaft besser ablesen als in den urbanen Zentren eines Landes. Der Megatrend der Urbanisierung ist omnipräsent.

So geht beispielsweise die Stadt Zürich davon aus, dass bis im Jahre 2040 ca. 100 000 Einwohner mehr in Zürich leben werden.⁴ Der Druck auf die Städte wächst und die Fragen, welche Rolle die Hochhaustypologie bei der innerstädtischen Nachverdichtung spielt und welchen Beitrag der Baustoff Holz dabei leisten kann, liegen auf der Hand.

Wer Hochhäuser baut, baut diese für eine lange Lebensdauer – ein Abriss solcher Grossstrukturen ist nicht nur finanziell, sondern auch logistisch höchst aufwendig.

Deshalb muss man sich fragen, wie flexibel ein Hochhaus in seinem Lebenszyklus auf den Anpassungsdruck in unseren Städten reagieren können sollte? Wie tragen Nutzungs- und Erweiterungsflexibilität zu einem dauerhaften Werterhalt eines Hochhauses bei?

Vor diesem Hintergrund hat das CCTP der Hochschule Luzern – Technik & Architektur das vorliegende Forschungs- und Entwicklungsprojekt lanciert. Bei diesem stand die folgende Frage im Zentrum der Betrachtung.

Welche Merkmale weist eine spezifische Hochhaustypologie in Holzhybridbauweise auf und welchen Beitrag kann diese Typologie zur qualitativ hochwertigen Verdichtung im urbanen Raum leisten?

ÜBERBLICK

Die vorliegende Publikation führt diese spezifische Hochhaustypologie konzeptionell ein und erläutert anhand eines Prototyps deren Potenzial in der Umsetzung und dem dabei generierten Mehrwert für unsere gebaute Umwelt. Die Ergebnisse basieren auf dem interdisziplinären Dialog zwischen Forschung und Umsetzung. Dieser Dialog mit Wirtschafts- und Industriepartnern gewährleistet die Praxisrelevanz und fokussiert die Multiplizierbarkeit der entwickelten Typologie.

DAS HOCHHAUS IN DER STADT

Das erste Kapitel der Publikation liefert einen kurzen Rückblick auf die Entstehungsgeschichte der Hochhaustypologie und des mehrgeschossigen Holzbaus in der Stadt. Dabei werden unter anderen die folgenden Themen behandelt:

Die Entstehungsgeschichte der Typologie des Hochhauses und des Holzhochhauses und deren heutiger Stellenwert im urbanen Kontext

DIE DREI THEMENFELDER

Im zweiten Kapitel der Publikation wird der Fokus auf die Themen gelegt, welche die Grundlage für die Definition und Entwicklung einer neuen Holzhybridhochhaustypologie bilden. Folgende Themen stehen dabei im Zentrum der Betrachtung:

Spezifische Eigenschaften des Baustoffs Holz und abgeleitete Forderungen für die Entwicklung einer Typologie eines Holzhybridhochhauses

Konstruktionsprinzipien des Baustoffs Holz und daraus abgeleitete Forderungen für die Entwicklung einer Typologie eines Holzhybridhochhauses

Flexible Gebäudekonzepte und daraus abgeleitete Forderungen für die Entwicklung einer Typologie eines Holzhybridhochhauses

MODUL17 – TYPOLOGISCHES KONZEPT

Das dritte Kapitel der Publikation beschreibt im Rahmen der Synthese der abgeleiteten Forderungen aus den DREI THEMENFELDERN die Konzeption einer spezifischen Typologie für Holzhybridhochhäuser.

Entwicklung der typologischen Merkmale eines Holzhybridhochhauses im Kontext der Betrachtungsebenen Tragwerk – Nutzung – Stadt

MODUL17 – IM KONTEXT DER STADT

Im vierten Kapitel der vorliegenden Publikation wird der Nachweis angetreten, ob das MODUL17 auf gängige städtebauliche Strukturen in den für Hochhausprojekte relevanten Städten der Schweiz reagieren kann.

Überprüfung der Anpassungsfähigkeit des Modul17 in drei prägnanten städtebaulichen Strukturen

MODUL17 – EIN PROTOTYP

Das fünfte Kapitel der Publikation beschreibt das Herzstück des Forschungs- und Entwicklungsprojekts. In Wort und Plan wird der Aufbau eines Prototyps vorgestellt. Dabei werden die Ergebnisse und Sichtweisen relevanter, am Bau beteiligter Disziplinen mit folgendem Fokus aufgezeigt:

Kann das Konzept Modul17 auch im Prüfstand der Planung eines konkreten Prototyps seine Praxisrelevanz und sein Potenzial hinsichtlich Multiplizierbarkeit und Nutzungsflexibilität nachweisen?

MODUL17 – FAZIT

Im sechsten und letzten Kapitel wird die Entwicklung des Prototyps reflektiert, die wesentlichen Erkenntnisse werden zusammengefasst und sieben Argumente für das Modul17 werden formuliert.

Welchen Mehrwert hat die entwickelte flexible Hochhaustypologie in Holzhybridbauweise im Vergleich zu einer konventionellen Bauweise?



01 DAS HOCH HAUS IN DER STADT

«Im Zeitalter der Treppen galten alle Stockwerke oberhalb des ersten als für kommerzielle Zwecke ungeeignet und alle über dem vierten als unbewohnbar. Mit Beginn der siebziger Jahre des 19. Jahrhunderts wird der Aufzug in Manhattan zum großen Emanzipator aller horizontalen Flächen oberhalb des Erdgeschosses. Otis' Erfindung macht die unzähligen Ebenen nutzbar, die in der dünnen Luft der Spekulation geschwebt haben, [...].»*

*Koolhaas, R. (2006). Delirious New York. Ein retroaktives Manifest für Manhattan. Aachen: Arch+, S. 78.

DAS HOCHHAUS IN DER STADT

TYPOLOGIE DES HOCHHAUSES

Bahnbrechende technische Entwicklungen wie die Erfindung des Aufzugs, dem Einsatz von Stahl für die ersten Skelettkonstruktionen und die Verwendung interner Kommunikationssysteme gelten als Wegbereiter für den Bau grosser Geschäftshäuser und der Stapelung von Gebäudeflächen. Nicht ohne Grund sind die Anfänge der Hochhausbewegung in Chicago zu identifizieren.

«Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden 7 Millionen Einwohner gezählt. Chicago hatte sich innerhalb weniger Jahrzehnte zur bedeutenden Metropole des Mittleren Westens entwickelt. Da der wirtschaftliche Druck gross war und die Stadt in kurzer Zeit expandierte, schossen die Bauwerke wie Pilze aus dem Boden. Doch dieser war rar und somit teuer, weshalb das Bauen in die Höhe, bei dichter Überbauung, die Folge war.»⁵

Prosperierende Städte und der blühende Handel verlangten inmitten der überfüllten Strassen nach einem neuen Bautypus, der Platz für eine grosse Anzahl von Angestellten bot: Das amerikanische Bürohaus war geboren. Schnell wuchsen die Häuser immer weiter in die Höhe und die Antwort auf die angespannte Grundstückssituation in den Boomtowns Amerikas schien gefunden. Die Stapelung von Flächen, oftmals als Projektion der Grundstücksfläche, führte im Sinne des einleitenden Zitates von Koolhaas zu einer Vervielfachung der Welt, in der jede beliebige Grundfläche multipliziert werden konnte. Im New Yorker Stadtteil Lower Manhattan waren schon bald die Strassen die einzigen nicht von riesigen Gebäuden besetzten Flächen und bereits im Jahre 1911 erreichte der erste Wolkenkratzer die konzeptuelle Barriere des 100. Stockwerks.⁶

In der Folge begann eine Blütezeit der Hochhäuser, deren prominente Beispiele noch heute ihren Weg in jede Baugeschichtsvorlesung von Architekturstudenten finden oder Architekten als Referenz für ihr eigenes Schaffen dienen.

Als Pionier dieser Zeit ist der Architekt William LeBaron Jenney zu nennen. Jenney verstand es nicht nur, mit den neuen Technologien umzugehen, sondern er trug massgebend zur Entwicklung dessen bei, was man heute als Hochhaustypologie bezeichnet.



First Leiter Building

«1879 entstand das First Leiter Building von William LeBaron Jenney zunächst mit fünf Stockwerken aus Eisenstützen, [...]. Damit sich die Fassade nur selber tragen musste, stellte Le Baron Jenney rechteckige Säulen aus Guss direkt hinter die Pfeiler und legte die Deckenträger darauf. [...] Das Prinzip des Trennens von Tragen und Begrenzen war für den Hochhausbau entdeckt worden und stellt den Vorläufer der «Curtainwall» dar. 1884 entsteht das Home Insurance Building, das erste Hochhaus in der sog. Stahl-Skelettbauweise, 1889–90 das Second Leiter Building und 1890–91 der Fair Store, an dem William Le Baron Jenney eine neue feuersichere Konstruktion entwickelt.»⁷

Diese erste Generation der Hochhäuser war von einem grossen Pragmatismus geprägt, der, angetrieben durch die hohe Wirtschaftskraft der Unternehmen und deren enormen Bedarf an Arbeitsraum, immer gleiche Konstruktionsweisen hervorbrachte. Stahlskelettkonstruktionen als Primärtragwerk und Vorhangfassaden, nicht selten aus Backstein, liessen sich als System günstig und schnell reproduzieren.

Ökonomie und Zweckdienlichkeit stand bei diesen ersten Hochhäusern im Vordergrund und Gestaltungsfragen wurden den Gesetzen der besseren und lukrativeren Vermietbarkeit untergeordnet. Das aus gestalterischen Gründen oft zitierte Chicagoer Fenster ist ein gutes Beispiel für den vorherrschenden Wirtschaftspragmatismus dieser Zeit.

«Das berühmte Chicagoer Fenster, dessen Dreiteilung einen vorspringenden Erker bildet, prägt die äusserst lebendigen und plastischen Fassaden des [...] Reliance Building [...] doch erdacht wurde es als ein Mittel, um möglichst viel Licht und Raumfläche zu gewinnen, um den Mietwert der Büros zu steigern.»⁸



Chicagoer Fenster

All diese Konstruktionen kamen erstmals in Chicago zum Einsatz, wo sie den Bau immer höherer Häuser ermöglichten und Fassaden entstanden, die ohne jeden Rückgriff auf die Baugeschichte auskamen – eine neue Typologie war geboren.

TYOLOGIE DES HOLZHOCHHAUSES

Die Geschichte des mehrgeschossigen Holzbaus ist ähnlich traditionsreich wie die der Hochhaustypologie im Allgemeinen, kann sie doch bereits auf eine 100-jährige Historie zurückblicken. Vor allem in Kanada und den nördlichen US-Bundesstaaten entstanden um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert – nicht zuletzt aufgrund der regionalen grossen Waldflächen – einige Industrie- und Lagergebäude in Brick-and-Beam-Bauweise. Mit Aussenwänden aus massivem Ziegelmauerwerk und einem Tragwerk als Holzskelett ausgebildet entstanden Bauwerke, die sich durch eine hohe Flexibilität ausgezeichnet haben. Mit zum Teil neun Geschossen sind diese Gebäude auch unter heutigen Gesichtspunkten noch als Hochhaus einzustufen.



The Landing

Zu den eindrucksvollsten Vertretern der Bauweise gehören The Landing (1905) und das Leckie Building (1908) in Vancouver sowie Butler Square (1908) in Minneapolis.⁹ Heute, mehr als 100 Jahre später, sind die meisten dieser Gebäude noch im Betrieb und zu hochwertigen Bürogebäuden transformiert.

Eine grosse Zäsur für den mehrgeschossigen urbanen Holzbaus Kanadas ist im Jahr 1941 zu verzeichnen, als die erste Höhenbegrenzung für Gebäude in Holzbauweise eingeführt wurde. Mit der Festlegung auf maximal sieben Geschosse in einem ersten und vier Geschossen in einem weiteren Schritt wurden die Möglichkeiten für den Holzbau massgeblich eingeschränkt.¹⁰ Die ursächliche Vorlage dafür war in Amerika zu finden, wo der verheerende Grossbrand 1871 in Chicago weitreichende Auswirkungen auf die gesetzlichen Rahmenbedingungen hatte. In der Folge verschwanden Holzbauten mehr und mehr aus den Städten.

Im Zusammenspiel strenger Brandschutzvorschriften und dem immer grösser werdenden Wettbewerbsvorteil von Stahl und Stahlbeton kann eine Ursache für die Verdrängung des urbanen Holzbaus aus den Städten Amerikas identifiziert werden.

Heute haben technologische Weiterentwicklungen und gesetzliche Weichenstellungen im Bereich des Brandschutzes auch in Europa und der Schweiz dafür gesorgt, dass die Geschichte des urbanen Holzbaus seine Fortsetzung findet.

DIE STADT UND DAS HOCHHAUS

Nirgends lassen sich aktuelle Tendenzen in unserer Gesellschaft besser ablesen als in den urbanen Zentren eines Landes. Städte waren stets ein Magnet für Menschen unterschiedlichster Herkunft. Damals wie heute sind sie ein Katalysator für den Austausch von Interessen und das Entstehen von Innovationen – und Bühne für Hoffnungen und Konflikte. Heute wollen immer mehr Menschen auf immer weniger Fläche in unseren Städten leben und arbeiten, der Verdichtungsdruck auf die Städte wächst. Die deutsche Stiftung Weltbevölkerung beschreibt die aktuelle Situation wie folgt:

«Der Megatrend der Urbanisierung ist unübersehbar – weltweit leben heute bereits 55 % der Weltbevölkerung von 7.6 Milliarden Menschen in Städten. Hochrechnungen zeigen, dass der Anteil bis 2050 voraussichtlich auf 68 % ansteigen wird – dann bei 10 Milliarden Erdenbewohnern.»¹¹



Urbanisierung und Vertikalverdichtung

Fokussiert man sich auf die Schweiz und dort auf die grösste Stadt Zürich, so sind die Wachstumsprognosen proportional vergleichbar. Das Hochbaudepartement der Stadt Zürich erwartet folgendes Szenario:

«Zürich wächst. Bis 2040 könnten Szenarien zufolge etwa 520 000 [2019 ca. 410 000 Anm. d. Verf.] Personen innerhalb der Stadtgrenzen wohnen, und auch die Zahl der Arbeitsplätze wird entsprechend zunehmen. Die Stadt Zürich versteht dieses Wachstum als Rahmenbedingung und Chance. Auch wenn mit der gültigen Bau- und Zonenordnung umfangreiche Reserven vorliegen, ist es erforderlich, mit zusätzlichen Massnahmen dem Bevölkerungswachstum Rechnung zu tragen. Die Bauzonen in der Stadt Zürich werden auch in Zukunft nicht erweitert werden.»¹²

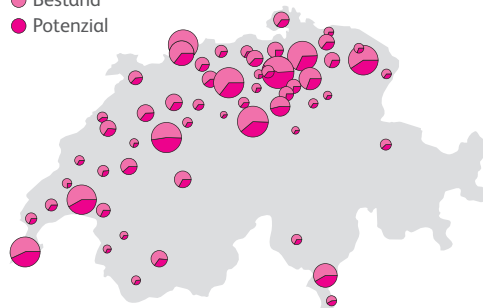
Gerade im letzten Satz des Zitats stellt sich das eigentliche Dilemma dar. Eine höhere Anzahl Menschen muss auf einer gleichbleibenden Stadtfläche Platz finden. Der Druck auf die Ballungsräume ist gross und die Gefahr einer gesellschaftlichen Disbalance durch unreflektierte Nachverdichtung liegt auf der Hand. Die Notwendigkeit einer Nachverdichtung stösst in der Schweiz auf eine breite gesellschaftliche Akzeptanz.

Der 2013 propagierte und vom Stimmvolk angenommene Zersiedelungsstopp der Schweiz determiniert sich in der Revision des Raumplanungsgesetzes von 2013. Beachtet man, dass in der Schweiz bereits 80 % der Bauzonen bebaut sind,¹³ so wird klar, wo die Herausforderung liegt: Wie können die Städte die geforderte qualitätsvolle Nachverdichtung nach innen bewerkstelligen, ohne dass die Bevölkerung dem vielzitierten Dichtestress ausgesetzt wird und die Lebensqualität in den Städten gleich bleibt oder sogar steigt?

Wie Zimmerli in ihren Studien zur Akzeptanz von Dichte zeigt, ist diese in bereits bestehenden Ballungsräumen höher ist als in Gebieten mit einer geringeren Dichte.¹⁴ Der Verdichtungsradar zeigt hier Potenziale auf, wo in der Schweiz noch Reserven vorhanden sind.

Einwohner

- Bestand
- Potenzial



Verdichtungsradar, Quelle: Wüest Partner AG, Grafik@CCTP

In der Diskussion um die Nachverdichtung urbaner Räume wird der auch Einsatz von Hochhäusern besprochen. Die Stapelung von Raumeinheiten mit einer hohen Nutzungsdiversität und die so generierten vertikalen Lebensräume bieten das Angebot einer kompakten Stadt mit einem vergleichsweise kleinen städtischen Fussabdruck.



Früher Zeitzeuge der Vertikalverdichtung in Holz – Tour de Valais

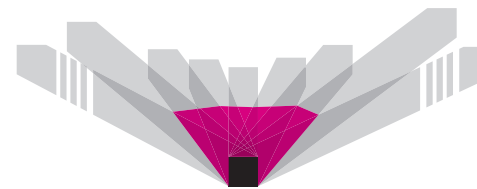
In der Schweiz werden Antworten auf die Frage gesucht, welchen Beitrag die Typologie des Hochhauses zu einer sozial nachhaltigen und qualitätsvollen Verdichtung der urbanen Räume unter den geltenden Rahmenbedingungen leisten kann. Diese Rahmenbedingungen sind in der Schweiz in diversen Verordnungen, wie kommunal ausgearbeitete Hochhaus-Richtlinien, der Bau- und Zonenordnungen (BZO), der Allgemeinen Bauverordnung (ABV) oder dem Planungs- und Baugesetz (PBG), definiert. Diese Verordnungen und Richtlinien definieren die baurechtlichen, städtebaulichen und architektonischen Anforderungen zur qualitativen Beurteilung und Planung von Hochhausprojekten.

EXKURS SCHATTENWURFREGELUNG

Ein für Hochhäuser spezifisches Planungsinstrument ist die Schattenwurfregelung. Diese regelt, vereinfacht gesagt, wie lange ein Hochhaus bewohnte Gebäude in seiner Nachbarschaft und benachbarte Grundstücke in Wohnzonen beschatten darf. Zurückzuführen ist die Regelung auf Forderungen von Vertretern der Architektur des «Neuen Bauens». Diese forderten mehr «Licht, Luft und Sonne» für städtische Siedlungen.¹⁵

Im Gegensatz zu München, Frankfurt am Main oder Berlin, wo die Verschattung durch Hochhäuser nicht explizit in Gesetzesgrundlagen oder Richtlinien erwähnt werden, gelten in den meisten Schweizer Kantonen klare

Regelungen über die zulässige Verschattungsdauer durch Hochhäuser. Diese variiert je nach Kanton zwischen zwei und drei Stunden an mittleren Sommer- und Wintertagen. Der Nachweis über die ausgelöste Verschattung durch Hochhäuser wird über Schattenwurfstudien der projektierten Baukörper erbracht.



Schattenwurfstudie eines quadratischen Hochhausgrundrisses

Fokussiert man sich auf den Kanton Zürich, so bezieht sich die Regelung zum Zeitpunkt der Veröffentlichung auf den Schatten von Gebäuden über 25 Meter Gesamthöhe (§ 282 PBG). Eine Verschattung, ausgelöst durch eine Regelbebauung hingegen, muss hingenommen werden, auch wenn sie länger als die maximal zulässige Verschattung andauert. Dieses bietet eine Chance für Hochhäuser in der Stadt. Kann nachgewiesen werden, dass eine Projektierung nach Regelbauweise nicht weniger Schatten als ein projektiertes Hochhaus auf benachbarte Wohngrundstücke wirft, so muss das Hochhausprojekt genehmigt werden, auch wenn es die zulässige Verschattungsdauer überschreitet.

Die Schattenwurfregelung ist ein kontrovers diskutiertes Planungsinstrument. Nicht wenige Experten erachten sie als zu rigide, weil die Regelung stark in Form, Gestalt und Anordnung von Hochhäusern eingreift. So ist es beispielsweise nur schwerlich möglich, mehrere Hochhäuser auf einer Parzelle zu platzieren, sodass sie in der Stadt als Ensemble wahrgenommen werden können. Die geltenden Schattenwurfregelungen stellen deshalb in mancherlei Hinsicht ein Hindernis für die Innenentwicklung dar. Wenn die Typologie des Hochhauses ihren Beitrag zur Siedlungsentwicklung nach innen leisten und ihr Potenzial besser ausschöpfen soll, ist eine Flexibilisierung der Regelung notwendig.

Im Jahre 2015 haben sich diese Rahmenbedingungen für den Holzbau massgeblich geändert. Die turnusmässig alle zehn Jahre stattfindende Überarbeitung der Brandschutzvorschriften durch die Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) hat dafür gesorgt, dass sich der Einsatzbereich für Holz als Baustoff massgebend erweitert hat. Sind bereits seit 2005 Holzbauten bis sechs Geschosse für die Nutzungen Wohnen, Schule und Büro möglich, so bereinigt die aktuelle Liberalisierung die letzten noch bestehenden Einschränkungen betreffend Gebäudehöhe und Nutzungsweise. Gleichzeitig hat die Gleichstellung einer Konstruktion mit brennbaren Anteilen den mit nicht brennbaren Bauteilen die Anwendungsmöglichkeiten von Holz deutlich erweitert.¹⁶ Der Fachartikel Holz als Baustoff ohne Sonderregelung fasst zusammen:

«Brandschutztechnisch robuste, mit nicht brennbaren Bekleidungen geschützte Holzbauteile werden der nicht brennbaren Bauweise gleichgestellt. [...] und die Anwendung von Holz bei Tragwerken, brandabschnittsbildenden Bauteilen, Aussenwandbekleidungen, Bedachungen und der Innenanwendung erweitert.»¹⁶

Holz, ein Baustoff mit hohen ökologischen und nachhaltigen Eigenschaften, hat die Chance, sein Potenzial nun auch im Bereich hochleistungsfähiger Bauweisen und Konstruktionen unter Beweis zu stellen. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen worden, damit die Typologie eines Holz- oder Holzhybridhochhauses wieder Einzug in die Stadt erhält.

02

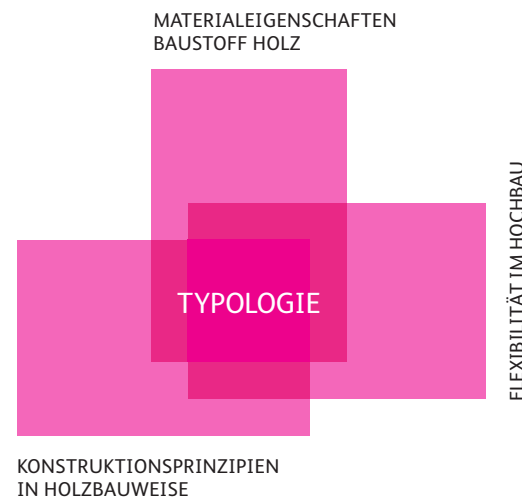
DIE DREI THEM ENFE LDER

«Mit Blick auf die fortschreitende Urbanisierung und Verdichtung unserer Städte stellen Hochhäuser aus Holz die praktischste, effektivste und umweltfreundlichste Lösung für die weltweite Wohnraumknappheit dar.»*

*Green, M. & Taggart, J. (2017). Hoch bauen mit Holz. Birkhäuser, S. 24.

DIE DREI THEMENFELDER

Auch wenn die einleitende These sehr selbstbewusst auftritt, so ist es nicht von der Hand zu weisen, dass keine Typologie erkennbar ist, welche spezifisch auf die Eigenschaften von Holz als Baustoff und relevante Fragen in Architektur und Städtebau reagiert. Für die Entwicklung einer spezifischen Typologie für Holzhybridhochhäuser gilt es, zuallererst die Themenfelder zu beschreiben und notwendige Forderungen abzuleiten, welche die Grundlage für die Definition und Entwicklung einer solchen Typologie bilden. Legt man den Fokus der Betrachtung auf die Multiplizierbarkeit einer solchen Typologie, also dem Gegenteil des aktuell stattfindenden Wettrennens um die Höhe von Holzbauten, kristallisieren sich die folgenden Themenfelder als Entwicklungsgrundlage heraus.



In den folgenden Kapiteln werden diese erläutert und als Synthese zwölf Forderungen für Entwicklung einer spezifischen Typologie für ein Holzhybridhochhaus herausgearbeitet.

MATERIAL-EIGENSCHAFTEN BAUSTOFF HOLZ



Aufgrund seiner zahlreichen positiven Eigenschaften gilt Holz als ein wichtiger Baustoff der Zukunft. Er ist vielseitig einsetzbar, leicht zu bearbeiten, frei von Emissionen oder elektrostatischen Aufladungen, er weist ein im Vergleich zu seiner Festigkeit ein geringes Eigengewicht auf und ist dank seines zellulösen Aufbaus nur gering wärmeleitend. Seine einfache und saubere Bearbeitbarkeit in der Vorfertigung sowie seine Anpassungsfähigkeit auf der Baustelle erschliessen dem Baustoff neue Aufgabengebiete, nicht nur auf dem beständig wachsenden Markt des nachhaltigen Bauens. Die folgenden Eigenschaften stehen im Fokus unserer Betrachtung.

HOLZ UND DIE ÖKOLOGIE

Gebäude, die im Betrieb immer energieeffizienter bewirtschaftet werden, sorgen dafür, dass Themen wie die Energiebilanz von Gebäuden sowie der CO₂-Fussabdruck von Baumaterialien immer wichtiger werden. Der hohe Energieeinsatz bei der Produktion von Baumaterialien wie Beton, Ziegelstein, Stahl oder Glas führt zu negativen Ergebnissen bei der Bilanzierung der Primärenergie oder grauen Energie von Gebäuden und verschafft Holz einen klaren Vorteil im Karussell der Baustoffwahl. Holz bindet während das Wachstums im Wald Kohlenstoff und speichert es über seine gesamte Lebensdauer. Das Potenzial dabei lässt sich wie folgt darstellen:

«In einer Tonne trockenem Bauholz werden 510 kg Kohlenstoff gespeichert, dies entspricht 1,8 Tonnen CO₂. In allen Holzprodukten bleibt diese CO₂ weiterhin gebunden. Erst bei der Verrottung oder Verbrennung wird genau diese Menge CO₂, wieder in Umlauf gebracht und lässt sich auch zu 100 % ohne die Produktion nicht abbaubarer Restabfälle in den ökologischen Kreislauf zurückführen.»¹⁷

Eine Maximierung des Anteils von Holz als Baustoff trägt damit zur nachhaltigen Transformation des Gebäudeparks bei und leistet einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion des CO₂-Ausstosses.

HOLZ UND DIE STATISCHEN EIGENSCHAFTEN

Holz weist durch sein breites Spektrum an Rohdichte- und Festigkeitswerten Eigenschaften auf, die dem Baustoff Holz, je nach Holzart und Holzgüte, eine grosse Bandbreite an Anwendungsmöglichkeiten bei der Erstellung von Bauwerken eröffnen. Holz, als Vollholzprodukt eingesetzt, ist grundsätzlich ein anisotropes Material. Die Zug- und Druckfestigkeiten sowie die Steifigkeiten längs zur Faser sind

im Vergleich zum geringen Gewicht des Holzes sehr hoch, quer zur Faser sind sie jedoch vergleichsweise gering.¹⁸ Technische Weiterentwicklungen im Bereich der Holzwerkstoffe, wie beispielsweise festigkeitssortiertem BSH (Brettschichtholz), kompensieren etwaige Nachteile und öffnen dem Baustoff Holz neue Einsatzbereiche im Bereich hochleistungsfähiger Konstruktionen.

HOLZ UND DIE INDUSTRIELLE VERARBEITUNG

Das geringe Transportgewicht, die einfache Bearbeitung sowie die moderne Fügechnik prädestinieren Holz und Holzwerkstoffe für die Vorfertigung von Bauelementen, deren individuelle Ausdrucksmöglichkeit heute kein Hinderungsgrund für eine industrielle Vorfertigung mehr darstellt. Fällt das Schlagwort Vorfertigung, so sind die ersten Assoziationen häufig mit industrialisiertem Bauen und Waschbetonbauten der 1960er- und vor allem der 1970er-Jahre verbunden. Besonders verbreitet in den ehemals sozialistischen Ländern Europas und geprägt durch den Einsatz von auf Fertigteilschulung basierenden, seriellen Stahlbetonfertigteilen, hängt diesen Bauten häufig der Ruf des Monotonen nach. Im Gegensatz zum Effizienzgedanken im vorgefertigten Stahlbetonbau, dem eine möglichst grosse Stückzahlproduktion immer gleicher Bauteile zugrunde liegt, hat hier im Bereich des Holzbaus dank moderner, digitaler Planungs- und Fertigungsprozesse eine Weiterentwicklung zur individualisierten digitalen Fertigung stattgefunden:

«Diese starren Schemata [des Stahlbetonbaus, Anm. Verf.] benötigt die moderne Holzbauvorfertigung nicht. [...] Beim CNC-gesteuerten Abbund ist der Aufwand für die Fertigung unabhängig von der Differenzierung der Werkstücke.»¹⁹

Die automatisierte Produktion mittels CNC-gesteuerter Produktionsanlagen ermöglicht die Fertigung individueller Bauelemente, die sich nicht selten in hochwertigen Detaillösungen zeigen und eine grosse konstruktive Freiheit für den Holzbau ermöglichen. Gleichzeitig steigt der Aufwand in der Produktion nicht massgeblich an. Lediglich der Aufwand für Planung der Elemente und Organisation der Logistik erhöht sich bei zunehmender individueller Gestaltung und projektbezogenen Detaillösungen. Zu Vor- und Nachteilen einer länger andauernden Planungsphase im Verhältnis zu einer kurzen Bauphase äussert sich Wolfgang Huss wie folgt:

«Der Gesamtprozess von Planung und Ausführung verkürzt sich durch die Holzbauweise in der Regel nicht, da die Planungsphase aufwendiger ist und mehr Zeit in Anspruch nimmt. Das Projekt bleibt jedoch sehr lange virtuell, die Investitionskosten für die Ausführung müssen also erst relativ spät getätigt und so nur über einen kürzeren Zeitraum finanziert werden.»²⁰

Eine stärkere Standardisierung würde hier die Effizienz deutlich erhöhen, ohne dass die Vorteile einer kurzen Bauphase verloren gingen. Die Anwendung dieser Fertigungstechnologien ist an die Produktion in Werkstätten gebunden und kann nicht im Freien stattfinden. Die Vorteile wirken auf vielen Ebenen: Es werden witterungsunabhängig und unter idealen ergonomischen Bedingungen für die Bauarbeitenden mit sehr kurzen Lauf- und Kommunikationswegen Bauteile, Bauelemente und Raummodule hergestellt. Diese müssen auf der Baustelle mit vergleichsweise geringem Zeitaufwand nur noch montiert werden. Die Verkürzung der Gesamtbauzeit bei erhöhter Massgenauigkeit, die Minimierung von Feuchteschäden durch schlechte Witterung während der Bauphase sowie der geringere Aufwand für Wetterschutzmassnahmen auf der Baustelle

sind positive Folgeerscheinungen der Vorfertigung in Produktionshallen. Huss beschreibt diese weiteren Vorteile:

«Geschützte und für die Fertigung optimale Werkstattbedingungen führen zu erhöhter Ausführungsqualität und besserer Kontrolle der Prozesse. [...] Auch die Koordination und Kontrolle von Fremdgewerken ist in der Werkhalle einfacher und die Gefahr der Beschädigung von bereits erstellten Konstruktionen sinkt erheblich.»²¹

Der Grad der Vorfertigung hat grossen Einfluss auf die Konstruktion. Wird die strukturierende Einteilung des vorgefertigten Elements bereits früh im Entwurfs- und Konstruktionsprozess mitbedacht, so wird der Grad der Vorfertigung positiv beeinflusst. Dieses setzt jedoch ein hohes Mass an Know-how über Materialeigenschaften und Fertigungsprozesse voraus. Da gerade im Bauen der Wirtschaftlichkeit zunehmend mehr Bedeutung zugemessen wird, ist eine Erhöhung des Vorfertigungsgrades anstrebenswert.

HOLZ UND MARKETING

Die grosse Anzahl von Holzarten mit charakteristischen und diversen Erscheinungsbildern bietet Planenden und Gestaltenden eine grosse Bandbreite an Möglichkeiten bei Design und Konstruktion von Innenräumen, Fassaden und Tragwerken. Dank der Vielfalt an verfügbaren Halbfertigprodukten und Verkleidungssystemen ist Holz eines der wenigen Materialien, das sich innen wie aussen, für Böden wie für Decken verwenden lässt, häufig sogar in einem materialechten Ausdruck. Dieser USP (Unique Selling Point) bietet Bauherrschaften die Möglichkeit, Nachhaltigkeit durch das gebaute Objekt direkt zu kommunizieren und so einer verantwortungsvollen Haltung Ausdruck zu verleihen. Es wird zum Teil der Corporate Identity von Bauherrschaften, wenn der Anteil an sichtbaren Holzoberflächen erhöht wird.

FORDERUNGEN

Neue Dimensionen des Umweltbewusstseins und die Notwendigkeit ressourcenschonend, energieeffizient und klimafreundlich zu bauen, erschliessen Holz als Baustoff neue Einsatzgebiete und Absatzmärkte. Im Wettkampf der Wirtschaftlichkeit und Ressourceneffizienz ist die Rückbesinnung auf die statischen Eigenschaften des Baustoffes Holz bereits im Entwurf ein entscheidender Startvorteil. Die Ressourcenpolitik Holz formuliert im Aktionsplan Holz das Ziel den Einsatz von Schweizer Holz im Gebäudebereich von rund 35 % (2012) auf 40 % (2020) zu steigern. Diese Ziele, die hohe Eignung von Holz im Bereich der Vorfertigung sowie die Möglichkeit mit Holz gebaute Nachhaltigkeit als Corporate Identity professioneller Bauherrschaften zu transportieren, führen zu folgenden Forderungen:



Potenzial zur CO₂-Reduktion durch den Baustoff nutzen – Anteil von Holz als Baustoff im Gebäudepark erhöhen



Zielgerichteter Einsatz von Holz dort, wo der Baustoff seine Stärken ausspielen kann – Potenzial für Hochleistungskonstruktionen nutzen



Stärken des Holzbaus im Bereich der Vorfabrikation nutzen – Vorfertigungsgrad erhöhen



Positives Image von Holz durch unverkapselte Bauweisen kommunizieren – Sichtbarkeit von Holz im Gebäude erhöhen

KONSTRUKTIONS- PRINZIPIEN IN HOLZBAUWEISE



Fachwerkträger, Rahmen- und weit gespannte Bogenkonstruktionen sowie unterspannte Tragsysteme sind die heute bevorzugten Tragwerksarten und bereichern den Ingenieurholzbau. Um dem Baustoff Holz und seiner statischen Eigenschaften gerecht zu werden, ist es sinnvoll, sich auf einfache und grundsätzliche Prinzipien des Holzbaus zu besinnen. Deshalb sind die folgenden Grundsätze zu beachten:

- Normalkräfte sind zu bevorzugen
- Hohe Momentenbeanspruchungen sind zu reduzieren
- Exzentritäts- und Torsionsbeanspruchungen sind zu vermeiden
- Querkraft- und Druckbeanspruchungen sind zu vermeiden

Neue Technologien wie beispielsweise Klebeverbindungen, Verbundmaterialien oder hybride Bauteile können die beschriebenen Nachteile kompensieren und eröffnen dem Baustoff Holz neue Einsatzbereiche für Grossstrukturen, Tragwerkskonstruktionen und der Gebäudeaussteifung.

HOLZ FÜR GROSSSTRUKTUREN

Mit der Erfindung des Brettschichtholzes (BSH) wurde anfangs des 20. Jahrhunderts ein neues Kapitel des Ingenieurholzbaus aufgeschlagen.

«Die [...] Brettschichtholz-Bauteile erweiterten die konstruktiven Möglichkeiten des Ingenieur-Holzbaus entscheidend. Damit ließen sich nun Tragfähigkeiten erreichen, die Vollholz nicht bieten konnte. Spannweiten von über 40 Meter waren kein Problem mehr. Dies führte natürlich auch zu neuen Tragwerksformen. Die Erfindung des Brettschichtholzes gilt daher als die Geburtsstunde des modernen Ingenieur-Holzbaus.»²²

Das Bauen mit Brettschichtholz bildete somit den Auftakt des modernen Ingenieurholzbaus, welcher sich zu der Hightech-Bauweise entwickelt hat, die uns heute zur Verfügung steht. Waren frühere Holzkonstruktionen noch auf handwerkliche Verbindungen angewiesen, trugen Nägel, Stabdübel, Sonderdübel, Stahlblechformteile sowie eingeklebte Gewindestangen oder die systematische Untersuchung von Keilzinkenverbindungen wesentlich zur Weiterentwicklung des Holzbaus bei.²³

Der Einsatz der möglichen Technologien hat heute die Grenzen des Machbaren für den Holzbau verschoben. Gleichwohl ist für den Einsatz in der Breite und unter Massgabe der Wirtschaftlichkeit die Angemessenheit ein wichtiger Aspekt. Dazu zählt auch, dass der Einsatz von BSH und BSP zu einem übermässigen Einsatz von Holz führt, der nicht immer ressourceneffizient ist. Der Fokus auf die Grundprinzipien der Holzbauweise und der Einsatz von Konstruktionen, die mit wenigen Verarbeitungsschritten produziert werden können, ist weniger ressourcenaufwendig, arbeits- und transportintensiv.

HOLZ UND TRAGWERKE

In den letzten Jahren hat sich der Holzbau rasant weiterentwickelt. Ein deutliches Indiz ist die stetig zunehmende Vielfalt der realisierten Holzbauten. Genau so vielfältig sind die Lösungsansätze der Tragwerksplanung den Herausforderungen des zeitgenössischen Holzbaus zu begegnen. Diese beschränken sich nicht auf bestimmte Tragstrukturen oder Bauelemente. So reicht das Spektrum von reinen Holzskelettkonstruktionen und hybriden Konstruktionen aus Holzstützen mit Betondecken über Schottenkonstruktionen bis hin zu ungerichtet tragenden Wänden aus Brettsperrholzplatten. Die Vielfalt der Bauelemente und Konstruktionsweisen ausführlich zu behandeln, würde an dieser Stelle zu weit führen, weshalb für eine umfassende Typologie der Konstruktion auf die systematische Einteilung im Atlas mehrgeschossiger Holzbau verwiesen sei.²⁴ Für die zu entwickelnde Typologie erscheinen die folgenden drei Bauweisen wesentlich:

Pfosten-Riegel-Systeme (Skelettbau)

Die primäre Tragstruktur besteht aus einem Skelett aus stabförmigen Elementen. Das dadurch generierte Stabtragwerk gewährleistet den optimalen vertikalen Lastabtrag quer zur Faser des Baustoffs Holz.

Plattensysteme

Der vertikale Lastabtrag sowie die Horizontalaussteifung erfolgt über tragende, gleichmässig und geschossweise übereinander aufgestellte Brettsperrholzplatten (BSP).

Hybridsysteme

Ein hybrides Gebäude basiert auf der Idee des Hybrid in einer Strategie der gezielten Bündelung von unterschiedlichen Technologien und Bauweisen. Jede dieser Technologien und Bauweisen stellt für sich betrachtet bereits eine Lösung dar, bildet aber im Zusammenspiel mit der ergänzenden Eigenschaft der zusätzlichen Technologie oder Bauweise Synergien aus. So wird Holz beispielsweise häufig in Kombination mit Stahl oder Beton eingesetzt.

Im Vergleich zu den Massivholzplattensystemen generiert der Skelettbau hinsichtlich Nutzungsanforderungen innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes eine grössere Flexibilität, weil Raumabschluss und Tragwerk getrennt sind.

HOLZ UND GEBÄUDEAUSSTEIFUNG

Beim Themenkomplex Hochhaus und Gebäudeaussteifungen kann man nicht auf etablierte Lösungen aus Literatur und Praxis zurückgreifen. So zeigt beispielsweise der Holzbauatlas Lösungsansätze für Gebäude mit bis zu zehn Geschossen auf.²⁵ Darüber hinaus sind wenig konkrete Ansätze zu identifizieren. Die Testplanung eines fiktiven Turms mit einer Grundfläche von 30/30 m und einem mittig liegenden Erschliessungskern mit der Grundfläche von 10/10 m hat betreffend die Horizontalaussteifung folgende Erkenntnisse gebracht:

Bis 30 m – der Erschliessungskern übernimmt Aussteifung

Bis zu einer Gebäudehöhe von ca. 30 m ist der Erschliessungskern als alleiniges Element der Gebäudeaussteifung ausreichend. Alternativ dazu kann die Aussteifung über die Aussenwand oder in Kombination von Kern und Aussenwand erfolgen.

Ab 55 m – zusätzliche aussteifende Elemente notwendig

Ab einer Gebäudehöhe von 55 m werden die einwirkenden Windlasten so stark, dass der Kern als alleiniges aussteifendes Element eine zu geringe Grundfläche hat, um diese Aufgabe in einem wirtschaftlich sinnvollen Verhältnis zu übernehmen. Es benötigt zwingend ergänzende, aussteifende Bauteile wie beispielsweise Wandscheiben oder Fachwerke, um die Aussteifung zu gewährleisten. Idealerweise werden diese in den Randbereichen des Gebäudes positioniert, um ihre Wirksamkeit effizient zu entfalten.

03

MODUL17

TYPOLOGISCHES KONZEPT

«In der Stapelung von vorgefertigten Bauteilen [...] sollte trotzdem der Weg zu einer neuen und brauchbaren Einfachheit zu finden sein: durch das Übereinanderstellen vorgefertigter Holzmodule, die – räumlich und lastabtragend mit Infrastruktur ausgestattet – autonom funktionieren können, [...], die dann einen Ausbau mit einfachen, nicht lastabtragenden und brandanspruchslosen Bauelementen ermöglichen und somit wiederum den Einsatz vorgefertigter Holzelemente erlauben.»*

*Götz, B. & Manahl, R. (2018). Vorfertigung, Serie, Standard. Zuschnitt, 71, S. 4.

MODUL17 TYPOLOGISCHES KONZEPT

Die Analyse der drei Themenfelder hat in der Synthese zwölf Forderungen ergeben. Diese stellen die Grundlage zur Entwicklung eines typologischen Konzeptes für ein Hochhaus in Holzhybridbauweise dar.



1. Anteil von Holz als Baustoff im Gebäudepark erhöhen
2. Potenzial für Hochleistungskonstruktionen nutzen
3. Vorfertigungsgrad erhöhen
4. Sichtbarkeit von Holz im Gebäude erhöhen
5. Fokussierung auf die Grundprinzipien des Holzbaus
6. Skelettbauweisen sind zu bevorzugen
7. Wirkungsgrad der Aussteifung erhöhen
8. Das Kräftedreieck definiert die Form des Gebäudes
9. Vorausschauende Konzeptionierung des Tragwerks
10. Konzeptionierung von dezentralen Gebäudetechniksystemen
11. Fassade muss Nutzungsänderungen des Gebäudes aufnehmen können
12. Nutzung von flexiblen Investitions- und Bewirtschaftungsmodellen

Diese Forderungen werden im folgenden Kapitel mit den Betrachtungsebenen in Kontext gesetzt, die relevant für ein zeitgemäßes Holzhybridhochhaus sind. Mit Fokus auf die Multiplizierbarkeit und dem Potenzial der Typologie zur nachhaltigen innerstädtischen Nachverdichtung wird das Konzept auf den folgenden Betrachtungsebenen entwickelt.

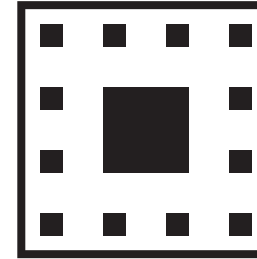


Tragwerk

Nutzung

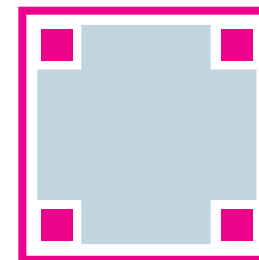
Stadt

TRAGWERK UND RÄUMLICHE FLEXIBILITÄT

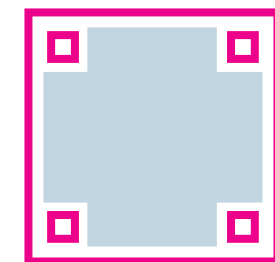


Die wesentlichen Herausforderungen beim Tragwerksdesign von hohen Häusern sind der vertikale Lastabtrag sowie die Aufnahme der horizontal einwirkenden Wind- und Erdbebenlasten und deren Einleitung ins Erdreich. Der Wahl des spezifischen Tragwerks und der richtigen Positionierung der einzelnen Elemente im Grundriss kommt eine grosse Bedeutung zu. Die Lage der statischen Elemente im Grundriss steht in einem direkten Zusammenhang mit der Anpassungsfähigkeit eines Hochhauses in seinem Lebenszyklus.

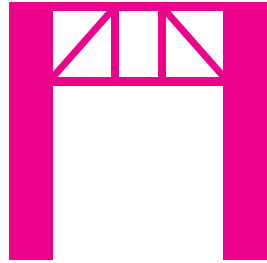
VERTIKALER LASTABTRAG



Direkte Lastabtragungssysteme führen entstehende Lasten geschossweise von oben nach unten und leiten diese ohne Umlenkung in den Baugrund ab. Das Skelettsystem als direktes Tragsystem aus Pendelstützen und Riegeln ist ausschliesslich in der Lage vertikaler Lasten abzutragen. Anfallende Horizontal-lasten müssen über weitere Elemente des Tragwerks aufgenommen und in den Grund abgetragen werden. Das hohe Vorfertigungspotenzial von Skelettkonstruktionen und der bevorzugt direkte Lastabtrag längs zur Faser ermöglichen es dem Baustoff Holz, sein Potenzial in diesem statischen System zur Geltung zu bringen. Damit ein hoher Grad der Anpassungsfähigkeit im Grundriss erreicht wird, werden die Elemente für den Vertikallastabtrag in den Randbereichen des Grundrisses positioniert. Die konzentrierte Anordnung dieser Bauteile ermöglicht die Gestaltung des Free Space, ein Bereich, der im Grundriss vollkommen frei bespielbar ist. Daraus resultiert eine hohe Nutzungsflexibilität des Hochhauses.

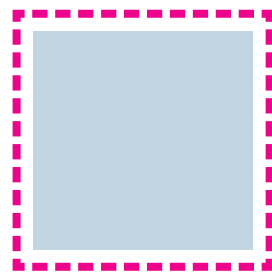


Um den Free Space zu ermöglichen, wird die Anzahl der Stützen auf ein Minimum reduziert. Wenige, aber hochleistungsfähige Megastützen in den Ecken des Grundrisses gewährleisten den vertikalen Lastabtrag im Hochhaus und sind auf vielfältige zukünftige Nutzungsszenarien ausgelegt. Diese hochgradig vorgefertigten Megastützen sind aus einzelnen Wandscheiben konstruiert und generieren einen revisionierbaren Hohlraum für gebäudetechnische Installationen und deren Vertikalerschliessung innerhalb des Hochhauses.



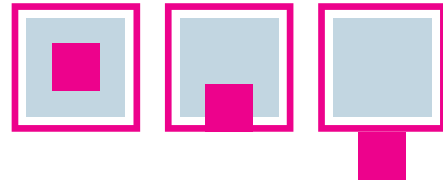
Durch die konzentrierte Anordnung der Megastützen in den Ecken des Grundrisses entstehen grosse Spannweiten, die zu überbrücken sind. Als besonders schlanke und materialsparende Konstruktionen bieten Fachwerke aus Brettschichtholz (BSH) die Möglichkeit, diese Spannweiten effizient zu überbrücken. Das hohe Vorfertigungspotenzial sowie eine materialgerechte Belastung ausschliesslich auf Druck und Zug (Normalkräfte) prädestinieren BSH-Fachwerke für den Einsatz in grossen baulichen Strukturen.

HORIZONTALER LASTABTRAG

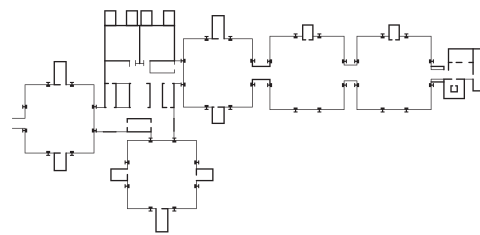


Mit zunehmender Höhe eines Hochhauses wird die Gebäudeverformung zum bestimmenden Faktor für das Tragwerksdesign. Die Windlasten steigen proportional zur Gebäudehöhe und beanspruchen das statische System aufgrund der grossen Angriffsfläche enorm. Je höher ein Gebäude ist, desto aufwendiger werden die Massnahmen innerhalb des statischen Systems, um die Gebäudeverformung zu minimieren. Damit die Auslastung des Tragwerks und die Gebäudeverformung in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen, ist es entscheidend, die Effizienz der horizontalen Aussteifung zu maximieren.

Durch die Positionierung der aussteifenden Elemente in der Peripherie des Hochhauses wird nicht nur der Wirkungsgrad der Aussteifung durch die Verlängerung des Hebelarms erhöht, sondern ausserdem der Grundriss freigespielt. Der so generierte Free Space ermöglicht eine hohe Flexibilität im Grundriss eines Hochhauses.



Der Position des Erschliessungskerns im Grundriss kommt eine hohe Bedeutung zu. Als durchlaufendes vertikales Element eines Hochhauses übernimmt er Aufgaben der Gebäudeerschliessung und der Gebäudeaussteifung. Wird der Kern, ähnlich dem Alfred Newton Richards Medical Research Building (siehe Abbildung), ausserhalb des Footprints des Gebäudes gelegt, erhöht das den Wirkungsgrad der Aussteifung und den Grad der Flexibilität im Grundriss.



Kahn, Alfred Newton Richards Medical Research Building, Grundriss

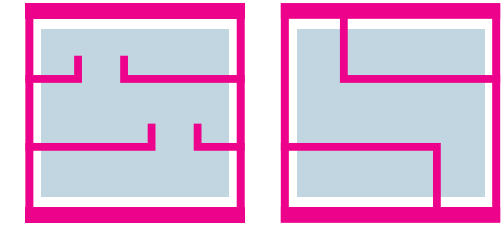
Die so freigespielte Mitte des Grundrisses steht dadurch auch für grossflächige Nutzungen von Fassade zu Fassade offen und weist eine grössere Hauptnutzfläche (HNF) als Typologie mit einem zentral liegenden Kern auf.

NUTZUNG UND RÄUMLICHE FLEXIBILITÄT



Viele aktuelle Hochhausprojekte sind gekennzeichnet durch eine Stapelung von Nutzungen mit Fernsicht. Geschossdecken bilden dabei vertikale Brand- und Nutzungsabschnitte und geben durch ihre Höhen das zukünftig mögliche Nutzungsspektrum vor. Im Falle einer Nutzungsänderung sind die vorzufindenden Geschosshöhen häufig entweder zu hoch oder zu niedrig und jede Änderung im betrieblichen Konzept zieht schwerwiegende bauliche Eingriffe nach sich.

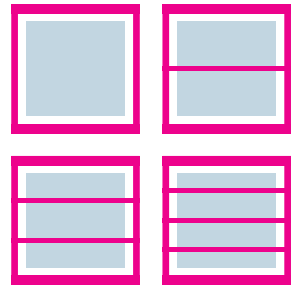
VERTIKALE NUTZUNGSCUSTER



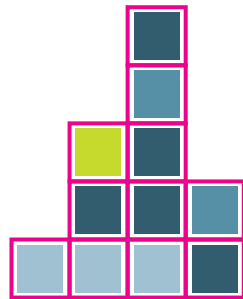
Betrachtet man das Hochhaus im Kontext Stadt und den sich ständig wandelnden Marktanforderungen, wird schnell klar, wie wichtig die Fähigkeit ist, adäquat auf Veränderungen zu reagieren. Das hohe Flächenangebot, das dem Immobilienmarkt durch Hochhäuser zur Verfügung gestellt wird, erfordert ein hohes Mass an Anpassungsfähigkeit und neue räumliche Konzepte.

Durch das Auflösen des Prinzips der durchgängig gestapelten Geschossdecken und der damit verbundenen flexiblen Raumgestaltung wird der Free Space auch in der Vertikalen realisiert.

Dieser 11 m hohe Bereich ist so konzipiert, dass er von einem ein- bis zu einem dreigeschossigen in offener Verbindung stehenden Bereich ausgebaut werden kann. Der Free Space ist als ein Brandabschnitt konzipiert und bietet die Möglichkeit, auf die Anforderungen des Immobilienmarktes mit einem Höchstmass an Flexibilität zu reagieren. Das Clustern von Nutzungen nicht nur im Grundriss, sondern über mehrere Geschosse ermöglicht eine räumliche Variabilität in der Vertikalen. Dadurch können nutzungsspezifische Anforderungen an Raumhöhen von Schulen oder Gewerbebetrieben innerhalb eines Vertikalclusters realisiert werden.



Der 11 m hohe Bereich des Free Space ermöglicht diverse räumliche Szenarien. So ist die Transformation von drei Office- zu vier Wohngeschossen genauso möglich wie die Transformation zu zwei Gewerbegeschossen oder einem überhohen Raum für Sondernutzungen. Diese räumlichen Anpassungen sind möglich, ohne dass bauliche Anpassungen am Tragwerk, der Erschliessung oder der Fassade vorgenommen werden müssen.



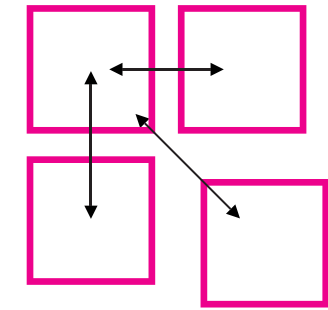
Werden Module mit den Eigenschaften des Free Space gestapelt, entsteht die räumliche Voraussetzung für polyvalente Nutzungen im Hochhaus. Diese Vielfalt macht ein Hochhaus resilient gegen den Anpassungsdruck in der Stadt. Modulare, kleinteilige Nutzungseinheiten, die sowohl einzeln, aber auch geschaltet funktionieren, bieten Investoren massgeschneiderte Investitionsmöglichkeiten und bilden die Grundlage für das Entstehen von Synergien zwischen den vielfältigen Nutzungen innerhalb des Hochhauses.

STADT UND MODULARE BAUWEISEN



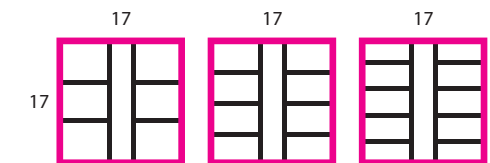
Die Betrachtungsebene der Stadt und die auf dieser Ebene bestehende Wechselwirkung in der Beziehung zwischen Hochhaus und Stadt ist ein Hauptaspekt bei der Entwicklung einer Hochhaustypologie – ein Hochhaus hat Einfluss auf die Stadt und ihr Erscheinungsbild und die Stadt mit ihren Bewohnern und gewachsenen Strukturen hat Einfluss auf das Hochhaus. So muss eine Typologie für ein Hochhaus in Holzhybridbauweise Impulse der Stadt aufnehmen können, um auch ausserhalb der Systemgrenze des Gebäudes dauerhaft im urbanen Kontext integriert zu sein.

MODULARE BAUWEISEN



Flexible, modulare Baukörper, die ohne klare Funktionstrennung auskommen und auf die Diversität der Bedürfnisse im städtischen Kontext reagieren können, liefern Antworten auf relevante Fragen im städtischen Diskurs. Der Megatrend der Urbanisierung als Triebfeder für eine innerstädtische Nachverdichtung verlangt nach Mitteln und Wegen, diese schnell und störungsarm durchzuführen. Der zeitgenössische Holzbau mit seinem systemischen Denken und hohen Vorfertigungspotenzial ermöglicht genau dieses. Es sind genau diese Eigenschaften, welche in letzter Konsequenz zu modularen Konzepten und Prinzipien führen, welche in höchstem Masse vorfabriziert die Werkhalle verlassen und ihren Einsatz in der Stadt finden. Dort erlauben sie Gestaltenden und Benutzenden, innerhalb einer übergeordneten Systemarchitektur einzelne Module gegeneinander auszutauschen. So entstehen Konstrukte, die nicht nur sehr nutzungsflexibel agieren, sondern auch auf diverse städtebauliche Situationen reagieren können.

DAS RICHTIGE MASS



Doch welches Mass muss ein solches Grundmodul aufweisen, um zu gewährleisten, dass es eine hohe Nutzungsdiversität ermöglicht? Setzt man einen Minimalkonsens voraus, so müssen

04

MODUL17

IM
KON
TEXT
DER
STADT

«In Zukunft wird sich das Wachstum und damit auch die Bautätigkeit weltweit in den Städten abspielen, wird es darauf ankommen, dort den Bestand zu er-tüchtigen, zu verdichten, aber auch den wachsen-den Wohnungsmarkt effi-zient zu bedienen. Es wird darum gehen, schnell und möglichst störungsarm nachzuverdichten und zu sanieren, und das mit möglichst hohem Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen.»*

*Kaufmann, Essay Das Holz muss in die Stadt,
Wien: Zuschnitt 59, S. 5.

MODUL17 IM KONTEXT DER STADT



Das folgende Kapitel ist der Validierung des Modul17 im städtischen Kontext gewidmet. Dabei wird der Fokus auf die Adaptionsfähigkeit des Modul17 in diversen städtebaulichen Texturen und Strukturen gelegt. Die Thematik des Zwischen- und Freiraums wird in diesem Projekt nicht behandelt und muss an anderer Stelle selbstverständlich diskutiert werden.

EXKURS TEXTUR UND STRUKTUR

«Beide Begriffe beschreiben räumliche Ordnungen. Während Textur eher zweidimensionale [oder auf zweidimensionale Abbildungen reduzierte] Strukturen beschreibt, ist der Begriff Struktur umfassender. Er wird für dreidimensionale Ordnungen, für logische oder typologische Ordnungen angewandt. Struktur beschreibt das innere Ordnungsgefüge komplexer [auch nicht räumlicher] Systeme; Texturen hingegen eher zweidimensionale Ordnungen.»³⁶

Die Stadt mit ihren vielfältigen städtebaulichen Pattern bildet den Rahmen für das Modul17. Innerhalb dieses Rahmens wird die Reaktionsfähigkeit des Modul17 auf diverse städtebauliche Situationen überprüft und dadurch das Potenzial zu innerstädtischen Nachverdichtung und Multiplizierbarkeit des typologischen Konzepts validiert.

Der Grundriss einer jeden Stadt ist in seiner Struktur und Textur einzigartig, unterscheidet sich in seiner Körnigkeit von anderen Stadtgrundrissen und wirkt im Vergleich mal heterogen oder homogen in seiner Struktur. Diese Strukturen lassen sich im Schwarzplan aber gut ablesen und analysieren. Die Besonderheiten jeder Stadt in Textur und Struktur verlangen nach spezifischen Konzepten in der Hochhausplanung, um eine städtebaulich sinnvolle Ergänzung für den jeweiligen Standort zu sein.

Die bauliche Vielfalt sowie die Überlagerung diverser städtebaulicher Strukturen erschweren eine Abgrenzung bei der Auswahl des Perimeters für das Modul17. Deshalb beschränkt sich das Betrachtungsfeld im Folgenden auf typische, prägnante und in den meisten Städten vorhandene Pattern. Dadurch wird der Fokus auf die Multiplizierbarkeit des Systems gelegt und sichergestellt, dass das Modul17 auf gängige Strukturen in den für Hochhausprojekte relevanten Städten der Schweiz reagieren kann. Ausgangspunkt für die Auswahl dreier Parzellen für die Überprüfung des Modul17 bildet der Schwarzplan. Drei grundsätzliche städtebauliche Strukturen lassen sich nach ihrem Abdruck im Schwarzplan diverser Städte identifizieren.



Homogene Stadtstrukturen
in Zentrumslagen



Heterogene Stadtstrukturen
mittleren Massstabs



Heterogene Stadtstrukturen
grossen Massstabs

Innerhalb dieser drei prägnanten Strukturen wird nachfolgend mittels Testkonzeptionen überprüft, wie das Modul17 auf den jeweiligen städtebaulichen Kontext reagieren kann und ob eine Praxistauglichkeit der Typologie gegeben ist.

HOMOGENE STADTSTRUKTUREN IN ZENTRUMSLAGEN

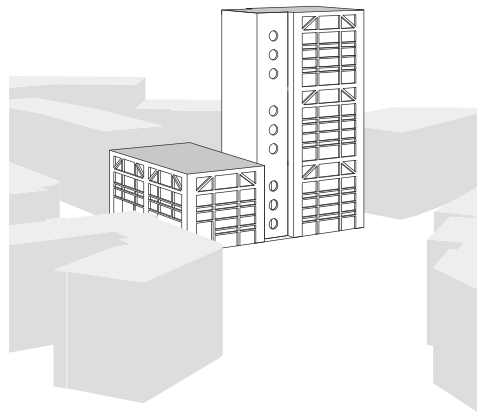


EXKURS HOMOGENE STADTSTRUKTUREN

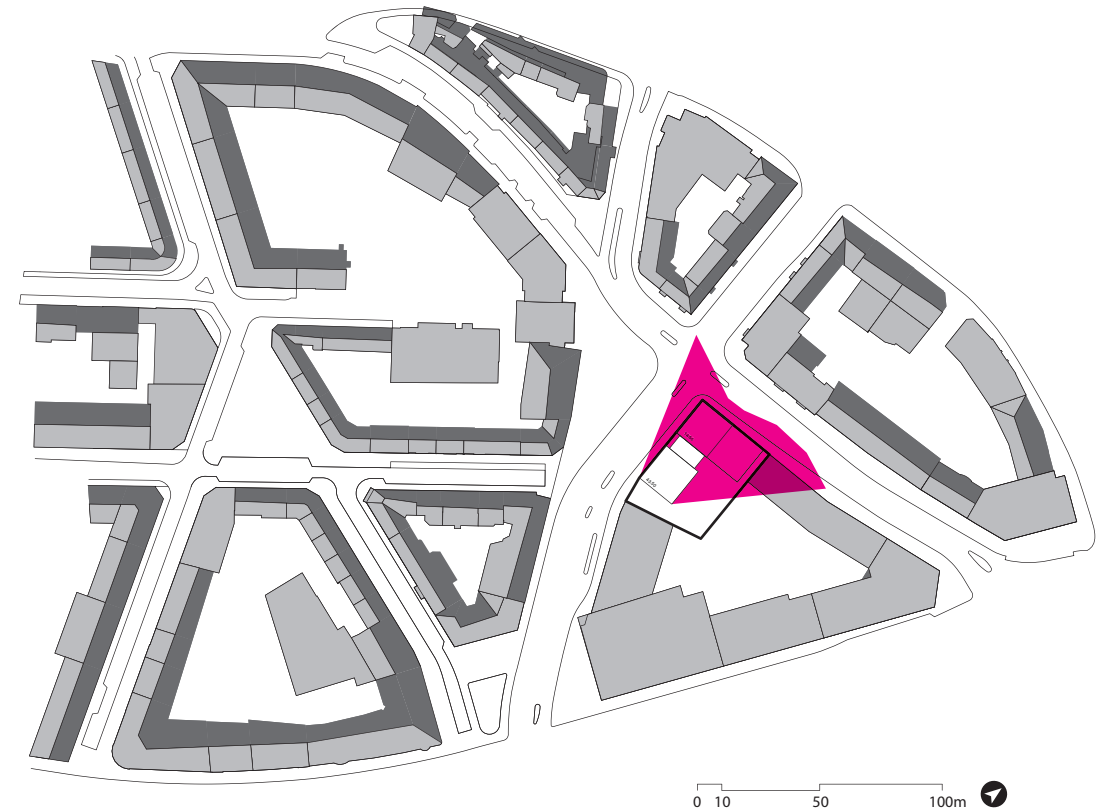
«Texturen/Strukturen bezeichnen wir als homogen, wenn die Elemente, die die Strukturen bilden, gleich oder ähnlich sind und wenn die Abstände und Geometrien der räumlichen Zuordnung der Elemente gleich oder ähnlich sind. Homogene Texturen/Strukturen bestehen aus gleichförmigen Anordnungen von Elementen und Zwischenräumen. Es kommt nicht auf eine exakte oder gerichtete Regelmässigkeit an, sondern ausschliesslich auf die Wiederholung ähnlicher Grundmuster. Deshalb ist auch die Wiederholung mit inneren Mustern oder Löchern eine homogene, wenn sich die texturbildenden Elemente und ihre Zwischenräume so wiederholen, dass die Gemeinsamkeiten grösser als die Verschiedenheiten sind.»³⁷

Homogene Stadtstrukturen sind häufig in Stadtgebieten mit sensiblem, gewachsenem Gebäudebestand zu finden. Geschlossene Bauweisen wie hofbildende Blockrandbebauungen prägen das Stadtbild und schaffen klar definierte Raumsituationen, auf welche Hochhauskonzepte reagieren müssen. Die Bebauung in mittlerem Massstab definiert klare Quartiere, die sich in ihren Nutzungen durch eine hohe Vielfalt auszeichnen. Neben einer hohen Dichte existiert innerhalb dieser Strukturen eine klare Trennung von privatem und öffentlichem Raum. Das Nebeneinander diverser Nutzungen lässt Nutzungsbeziehungen entstehen, die sich gegenseitig stärken und zu diversen Formen städtischer Vielfalt führen. Innerhalb homogener Stadtstrukturen wird exemplarisch die folgende Parzelle für die Textkonzeption ausgewählt.

PERSPEKTIVE



DIE SITUATION



Exemplarischer Situationsplan homogener Stadtstrukturen

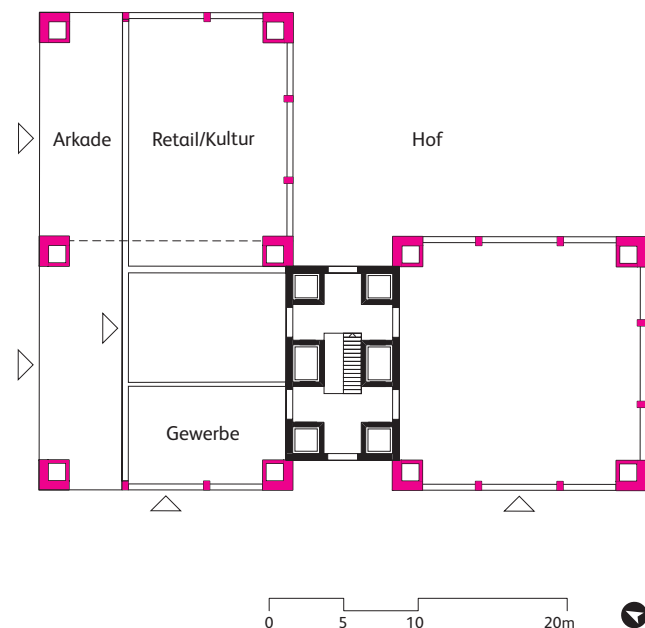
Die rechteckig zugeschnittene, an einem Quartierplatz gelegene Parzelle bildet die Grundlage für die Addition von fünf Einheiten des Modul17 sowie einem Erschliessungskern für die Testkonzeption I. Durch die Fortführung der bestehenden Strassenfronten wird der quartiertypische Blockrand mit einer Gebäudetiefe von 17 m weitergebaut und die prägnante Ecksituation geschlossen. Der Hof im Innern des Blockrands bleibt dadurch bestehen und die Fuge ermöglicht einen Anschluss an den öffentlichen Raum. Die Modulhöhe von ca. 15 m unterschreitet die gängige Traufhöhe in homogenen Strukturen Schweizer Städte (17–21 m) an den meisten Orten.

Die Lage und Geometrie des Hochpunktes, abgerückt von der Gebäudeecke mit einer

Höhe von 44 m (Stapelung von drei Einheiten Modul17), ist so gewählt, dass die umliegenden Wohnbebauungen maximal zwei Stunden verschattet werden. Somit ist gewährleistet, dass die nach aktuell geltendem Recht strengste Version der Schattenwurfregelung in der Schweiz eingehalten werden kann. Eine Positionierung des Hochpunktes über Eck wäre nach aktueller rechtlicher Lage aufgrund des Schattenwurfes in vielen Städten der Schweiz nicht genehmigungsfähig.

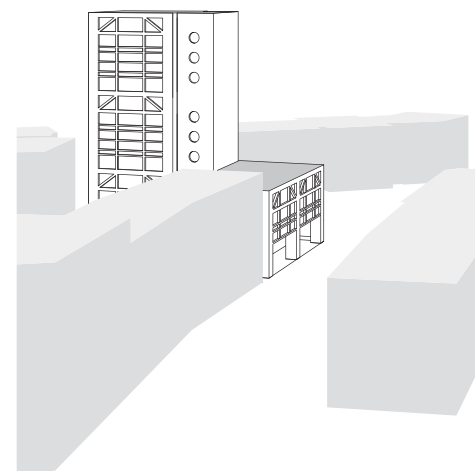
Mit der vorgeschlagenen Anordnung und Konstellation der Module in Testkonzeption I kann eine städtebauliche Verdichtung mit einer Ausnutzung von ca. 400 % erreicht werden. Die Gebäudegrundfläche besetzt 55 % der Parzelle.

GRUNDRISS ERDGESCHOSS



Die zurückspringenden Arkaden des Erdgeschosses betonen die städtebaulich prägnante Ecksituation der Parzelle in Testkonzeption I. Das urbane Element der Arkaden wirkt adressbildend und zieht den öffentlich wirksamen Stadtboden ins Gebäude. Dadurch entstehen im Sockelbereich des Gebäudes (bis zum ersten Megageschoss) attraktive, publikumswirksame Mietflächen an der Schnittstelle von Stadtraum zum Gebäude.

PERSPEKTIVE



FACTS AND FIGURES

Anzahl Module:	5
Grundfläche Parzelle:	1667 qm
Grundfläche EG:	921 qm
Geschossfläche:	6744 qm
Ausnutzungsziffer:	4.0

RESÜMEE

Die Testkonzeption I zeigt, dass durch die Möglichkeit, die Module orthogonal zu addieren, das Modul17 auf diverse städtebauliche Prinzipien reagieren kann, die innerhalb homogener Stadtstrukturen vorzufinden sind. Das Potenzial zur Gliederung des Baukörpers in modulare Einheiten ermöglicht es, auch kleinere und polygonal geschnittene Grundstücke innerstädtisch mit dem Modul17 zu bespielen. Etwaige geometrische Abweichungen vom orthogonalen Prinzip können über die Erschließungskerne aufgefangen werden. Die Modulhöhe von ca. 15 m unterschreitet die gängige Traufhöhe in homogenen Strukturen Schweizer Städte (17–21 m) an den meisten Orten. Wenn aufgrund spezifischer Vorschriften exakte Gebäudebezüge hergestellt werden sollen, so müssen Höhenanpassungen des Modul17 vorgenommen werden.

Testkonzeption I zeigt, dass die Addition mehrerer Module schnell eine Ausnutzung generiert, die (derzeit) in Kerngebieten nur schwer genehmigungsfähig ist.

Die derzeitige Schattenwurfregelung greift stark in die gewählte Gebäudekonfiguration ein. Wäre eine Ecklage des Hochpunktes in der vorliegenden städtebaulichen Struktur naheliegend, kann sie aufgrund der Schattenwurfregelung hier (noch) nicht realisiert werden.

05

MODUL17

EIN
PRO
TO
TYP

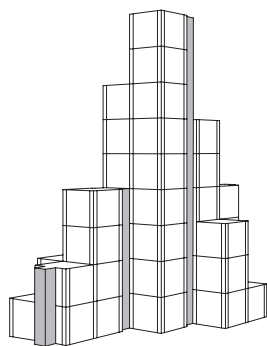
«Kann das Konzept Modul17 auch im Prüfstand der Planung eines konkreten Prototyps seine Praxisrelevanz und sein Potenzial hinsichtlich Multiplizierbarkeit und Nutzungsflexibilität nachweisen?»



MODUL17 EIN PROTOTYP

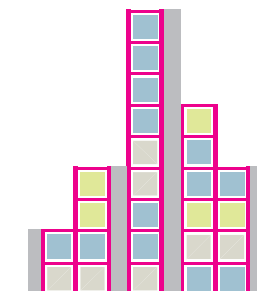
«Kann das Konzept Modul17 auch im Prüfstand der Planung eines konkreten Prototyps seine Praxisrelevanz und sein Potenzial hinsichtlich Multiplizierbarkeit und Nutzungsflexibilität nachweisen?»

So heisst es im Editorial der vorliegenden Publikation. Auf der Suche nach Antworten zu dieser Fragestellung haben sich die relevanten Disziplinen mit einem als Testplanung konzipierten Prototyp sowie seiner kleinsten Einheit, dem Modul17 auseinandergesetzt. Um die Grenzbereiche der Machbarkeit sowie der realisierbaren Nutzungsflexibilität auszuloten, stellt die grossformatige Addition von 58 Einheiten des Modul17 aus dem vorangegangenen Kapitel die Basis für diesen Prototyp dar. In der Folge werden die dabei gewonnenen Erkenntnisse aus Sicht der Disziplinen aufgeführt.



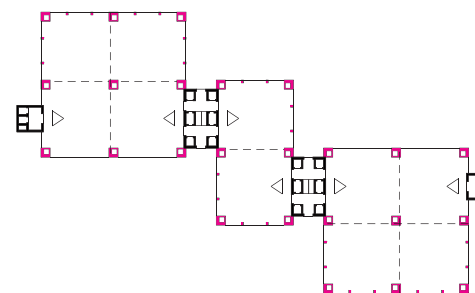
Die Fragestellungen zur Gestaltung des Frei- und Zwischenraumes sind von hoher Relevanz, stehen aber nicht im Fokus des vorliegenden Projektes und müssen deshalb an anderer Stelle diskutiert werden.

ARCHITEKTUR



Die Grundlage für die Architektur ist die Komposition von 58 Einheiten des Modul17. Jedes dieser Module kann individuell bespielt werden und generiert in seiner Addition eine vertikale Stadt – durchmischt, dicht und 24/7.

ERSCHLIESSUNG



Die Erschliessung des Prototyps ist durch die periphere Lage der vier Erschliessungskerne vollkommen vom Modul17 entkoppelt. Dadurch sind die bedienten Module frei bespielbar und flexibel nutzbar.

GEBÄUDEFORM UND NUTZUNG

Die Höhenentwicklung des Prototyps erfolgt nach dem Setback-Prinzip. Während sich der Baukörper in der Peripherie des Sockels in Höhe und Struktur der nachbarschaftlichen Bebauungen angleicht, staffeln sich die Module zur Mitte hin pyramidal zurück und bilden dort den städtebaulich sichtbaren Hochpunkt. Dieses Prinzip erlaubt die Positionierung des Prototyps im Stadtraum, ohne dass die Tageslichtversorgung der Strassenräume zu sehr beeinträchtigt wird.

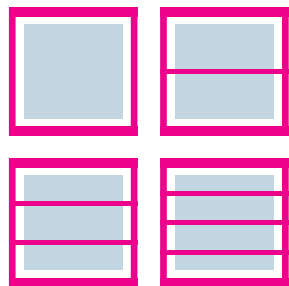
Am Stadtboden öffnet sich der Prototyp der Stadt durch einen ausladenden Sockelbereich. Die offene und attraktive Fassade zum Stadtraum wird durch das urbane Element der Arkaden verstärkt und bildet den Auftakt für publikumswirksame Nutzungen an der Schnittstelle vom Gebäude zur Stadt. Ähnlich der städtischen Arkaden von Bern oder Bologna verzahnt sich hier der öffentliche Raum mit den halböffentlichen Innenräumen des Prototyps. Nutzungen wie Retail und Gastronomie teilen sich diese attraktiven Flächen mit den Eingangsbereichen für das Kulturzentrum und die höher liegenden Nutzungen.

Mit zunehmender Gebäudehöhe ermöglicht das typologische Konzept des Modul17 eine maximale Nutzungsflexibilität – von der Turnhalle zum Schulzimmer, von der Clusterwohnung zum Hotelzimmer und vom Grossraumbüro bis zum Veranstaltungssaal ist nahezu jede Nutzungswidmung möglich.

Der Prototyp in der Stadt ist ein Konglomerat diverser Nutzungen. Das Hochhaus ist dabei Abbild der sich stets wandelnden städtischen Vielfalt, in der sich Wohn-, Arbeits- und Freizeitwelten in der Vertikalen ausbreiten. Anders gesagt, im Prototyp soll gewohnt und gearbeitet, gelehrt und gelernt, gegessen und getrunken, gesungen und getanzt, gehört und gesehen, «gefittet und gewellnessed» werden.

FASSADE

Die Fassaden von Hochhäusern im Allgemeinen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Konstruktion nicht wesentlich von herkömmlichen Geschossbauten. Meist als Vorhangfassaden aus elementierten Einheiten gefügt, ist die Bandbreite möglicher Konstruktionen und die Materialauswahl durch die Höhe eines Gebäudes nicht substanziell eingeschränkt. Dennoch weisen Fassaden von Hochhäusern einige Besonderheiten auf. So ist die Fassadenkonstruktion für hohe Windlasten zu dimensionieren und durch eine entsprechende Konzeption und Ausbildung der Fugen das komplexe Verformungsverhalten der Primärstruktur eines Hochhauses zu kompensieren.⁴⁰ In der Literatur⁴¹ zur konstruktiven Konzeption von Hochhäusern ist die grosse Bandbreite der Möglichkeiten zum Themenkomplex der Fassade von Hochhäusern zu erkennen. Nachfolgend wird der Fokus auf die Nutzungsvielfalt des Prototyps und seiner Fassadenkonzeption gelegt. Diese wird exemplarisch anhand des Modul17 als der kleinsten Einheit im additiv formulierten Baukörper des Prototyps erläutert.



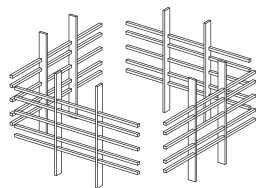
Der 11 m hohe Bereich des Free Space ermöglicht polyvalente Nutzungen in diversen räumlichen Szenarien. Innerhalb dieses Bereichs sind drei Officegeschosse ebenso zu realisieren

wie vier Wohn-, zwei Gewerbegeschosse oder ein überhoher Raum für Sondernutzungen. Auf Änderungen im Betriebskonzept des Prototyps reagiert der Free Space des Modul17 durch eine hohe räumliche Anpassungsfähigkeit, ohne dass bauliche Massnahmen am Tragwerk oder der Erschliessung vorgenommen werden müssen.

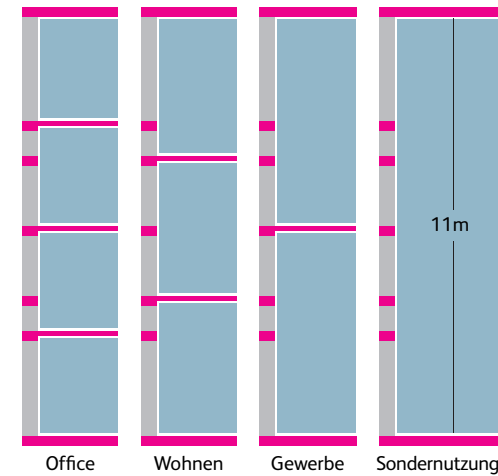
Die Fassade des Modul17 ist das Bindeglied vom Innen- zum Aussenraum. Deshalb muss sie innerhalb ihres Lebenszyklus genauso flexibel auf mögliche Änderungen im Betriebskonzept des Free Space reagieren können wie das gesamte Modul selbst. Hinsichtlich dieser Transformationsfähigkeit und der Statik lassen sich folgende wesentliche Anforderungen an die Fassade formulieren.

- Anpassungsfähigkeit bei Nutzungsänderungen
- Aufnahme und Ableitung der Horizontallasten
- Ableitung der Eigenlasten

SEKUNDÄRSTRUKTUR FASSADE

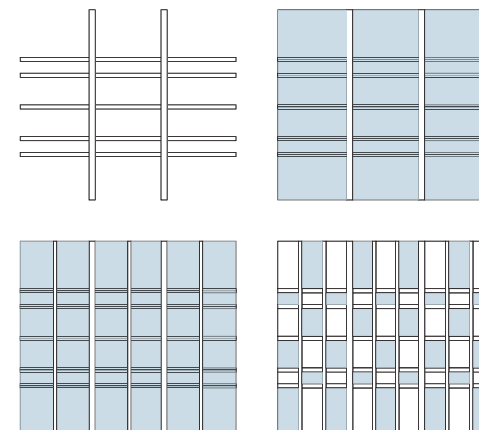


Die konstruktive Basis für die Fassade ist die Sekundärstruktur. Ihre Hauptaufgabe liegt in der Aufnahme und Ableitung der Eigenlasten und der für Hochhausbauten massgeblich einwirkenden Windkräfte. Die Struktur, bestehend aus zwei Stützen (BSH GL24h 200/760 mm) und fünf Riegeln (BSH GL24h 280/240 mm), übernimmt diese Aufgabe und bietet zudem konstruktive Montagefixpunkte für die Primärstruktur der Fassade.



Dabei überbrückt sie den 11 m hohen Bereich des Free Space und generiert horizontale und vertikale Anschlusspunkte für Decken und Wände, die auf wesentliche Raumparameter gängiger Nutzungen reagieren. Dabei ist die Lage von Stützen und Riegeln so gewählt, dass die oben beschriebenen Raumszenarien innerhalb des Free Space realisiert und Anpassungen in der Nutzung des Modul17 konzeptionell und konstruktiv aufgefangen werden können.

DIE FASSADE UND DIE SERIE



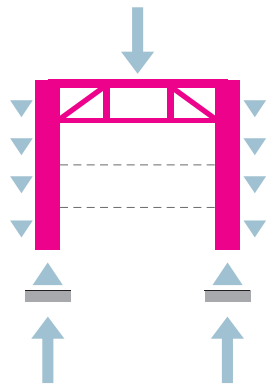
Der hohe Vorfertigungsgrad des Modul17 ermöglicht die Montage des Rohbaus sowie der Fassadensekundärstruktur einer modularen Einheit innerhalb von 1.5 Wochen.

Das bedeutet, dass beim Bau des Prototyps grosse Mengen an Fassadenelementen in kurzer Bauzeit verarbeitet werden müssen. Diese Montagegeschwindigkeit wäre ohne eine Serienproduktion mit hohem Vorfertigungsgrad in der Primärstruktur der Fassade nicht zu realisieren. Durch die Produktion von gleichen Elementen in grossen Stückzahlen werden die Abläufe in Planung, Fertigung und Montage optimiert und eine eigene Serie für die Erstellung des Prototyps wird ermöglicht. Die Typologie des Modul17 und sein additives System erlauben, dass die Konstruktionsprinzipien der Fassadenelemente für eine modulare Einheit konzipiert werden und in der Folge bis zum letzten Modul des Prototyps angewendet werden können. Dadurch werden die Fassadenelemente trotz der Vielfalt der Anforderungen, die an sie gestellt werden, wirtschaftlich und exakt geplant, produziert und montiert.

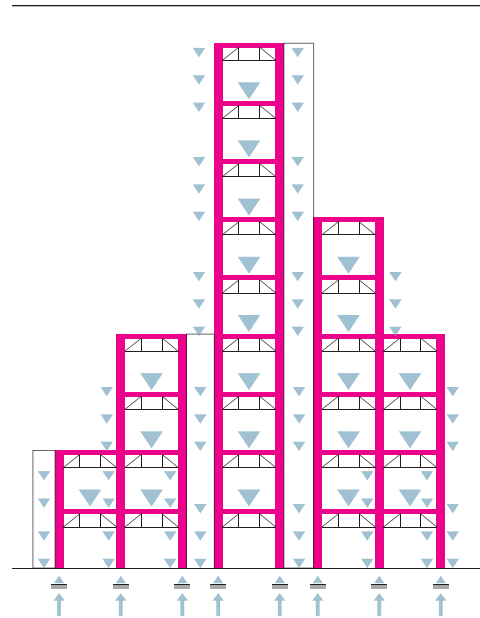
STATISCHES GESAMTKONZEPT

Die statische Grundstruktur des Prototyps besteht aus 58 Einheiten des Modul17 in Holzhybrid- und vier Erschliessungskernen in Elementbauweise aus Stahlbeton. Die Module übernehmen den direkten vertikalen Lastabtrag, staffeln sich in Richtung der Gebäudemitte zurück und definieren dort den Hochpunkt des Prototyps. Die vier Erschliessungskerne übernehmen den Lastabtrag anfallender Horizontalkräfte aus den Modulen.

VERTIKALLASTABTRAG



Der Vertikallastabtrag über vier in den Ecken positionierte Megastützen realisiert. Die Grundfläche jeder modularen Einheit wird durch ein System aus Haupt- und Nebenunterzügen frei überspannt. Diese als geschosshohe BSH-Fachwerkträger ausgebildeten Unterzüge überspannen die Module in den Drittelpunkten der Grundfläche und dienen als Auflager für die Megadecke. Als Einfeldträger konzipiert und mit einem Überbeton versehen, überspannt diese Hochleistungsverbunddecke aus BSH ca. 6 m und nimmt Nutz- und Eigenlasten von vier Geschossen auf.

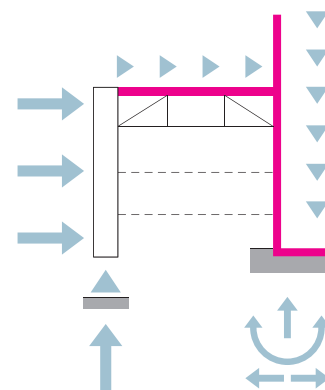


Vertikallastabtrag Gesamtsystem

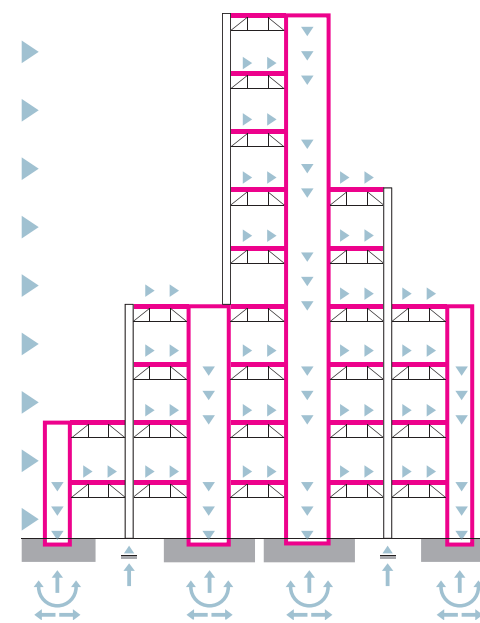
Das durch das Zusammenspiel von Megadecke und Fachwerkträger generierte Megageschoss erlaubt die Addition weiterer Module in der Horizontalen, vor allem aber auch in der Vertikalen.

Bei Stapelung der Module bis zu einer Gesamthöhe von 90 m ist der vertikale Lastabtrag durch die Megastützen mit Abmessungen von 2/2 m gewährleistet. Darüber hinaus können durch die Nutzung von Laubhölzern und Anpassungen in der Dimensionierung der Megastützen im Sockelbereich auch Gebäudehöhen jenseits der 100 m erreicht werden.

HORIZONTALAUSSTEIFUNG



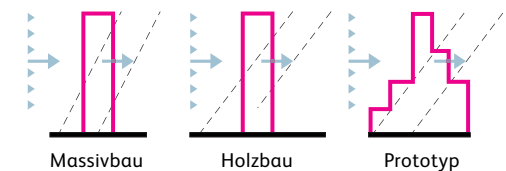
Damit die Nutzungsflexibilität des Prototyps nicht durch aussteifende Elemente in Fassade und Grundfläche des Modul17 beeinträchtigt wird, werden die Erschliessungskerne für das Aussteifungskonzept herangezogen. Diese in der Peripherie des Modul17 liegenden und in der Gründung eingespannten Kerne aus Stahlbeton beteiligen sich nicht am vertikalen Lastabtrag, sondern stellen eine rein horizontale Halterung der Module dar. Für eine effiziente Verbindung der Modul17-Einheiten mit den Kernen werden die horizontal anfallenden Lasten der Module über die Betonscheibe der Megadecke in den Stahlbetonkern eingeleitet und in die Gründung abgegeben. Diese Kerne sind als Hohlkastenträger aus Stahlbeton konzipiert und sie sind im Inneren frei ausbaubar, da nur die äusseren Wände für den Horizontal-lastabtrag herangezogen werden. Damit wird der hohe Grad der Nutzungsflexibilität in jeder Einheit des Modul17 gewährleistet.



Horizontalaussteifung Gesamtsystem

GRÜNDUNG

Ist das geringe Eigengewicht des Baustoffs Holz hinsichtlich des vertikalen Lastabtrags ein grosser Vorteil, so können die reduzierten Eigenlasten bei horizontaler Belastung durch Wind und Erdbeben einen Nachteil beim Bau eines Hochhauses in Holzhybridbauweise darstellen. Durch die im Vergleich höheren Eigenlasten von Massivbauweisen kann die mit zunehmender Gebäudehöhe proportional ansteigende horizontale Windbelastung besser aufgenommen werden. Vergleicht man das Kräftepaar der Wind- und Eigenlasten beider Bauweisen und den Verlauf der Resultierenden im Kräftedreieck, führen die höheren Eigenlasten der Massivbauweisen zu einer steileren Resultierenden und somit in der Fläche zu kleineren Fundamenten.



Die Berücksichtigung dieses Wirkungszusammenhangs in der Gestaltung der Gebäudeform ermöglicht einfache Gründungskonzepte. Der nach dem Setback-Prinzip zurückgestaffelte Baukörper folgt dem Verlauf der Resultierenden und bildet bei grosser Gebäudehöhe einen breiten Fussabdruck aus. Dieser kann im Zusammenspiel mit dem geringen Eigengewicht zu Vorteilen bei der Gründungskonzeption des Prototyps führen.

Das Eigengewicht des Prototyps (ohne Nutzlasten, inkl. Ausbaulasten) beträgt ca. 50 % des Eigengewichts eines Massivbaus aus Stahlbeton. Hieraus wird deutlich, dass hinsichtlich der Gründung des Prototyps entscheidende Vorteile bei setzungsempfindlichem Baugrund zu erwarten sind. Wenn aufgrund des geringen Gewichts anstelle einer Tiefgründung eine Flachgründung möglich wird, kann dieses für



06

MODUL17

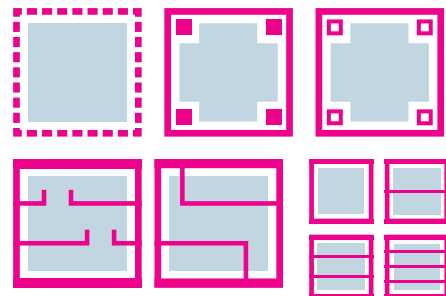
FAZIT

Wer Hochhäuser baut, baut diese für eine lange Lebensdauer – so heisst es im Editorial dieser Publikation. Mit der Entwicklung des Modul17, seiner Validierung in drei prägnanten städtischen Situationen und der Konzeptionierung eines Prototyps steht eine neue Typologie für Hochhäuser in Holzhybridbauweise zur Verfügung. In der Entwicklung waren Fragestellungen nach dem langfristigen Werterhalt eines Hochhauses durch die Anpassungsfähigkeit im urbanen Kontext genauso wichtig wie die Frage nach der Nutzungsflexibilität. Welche Themen beeinflussen die Wirtschaftlichkeit und welche Ergebnisse hat die Validierung des Prototyps hinsichtlich der Praxisrelevanz der Typologie ergeben?

MODUL17 FAZIT

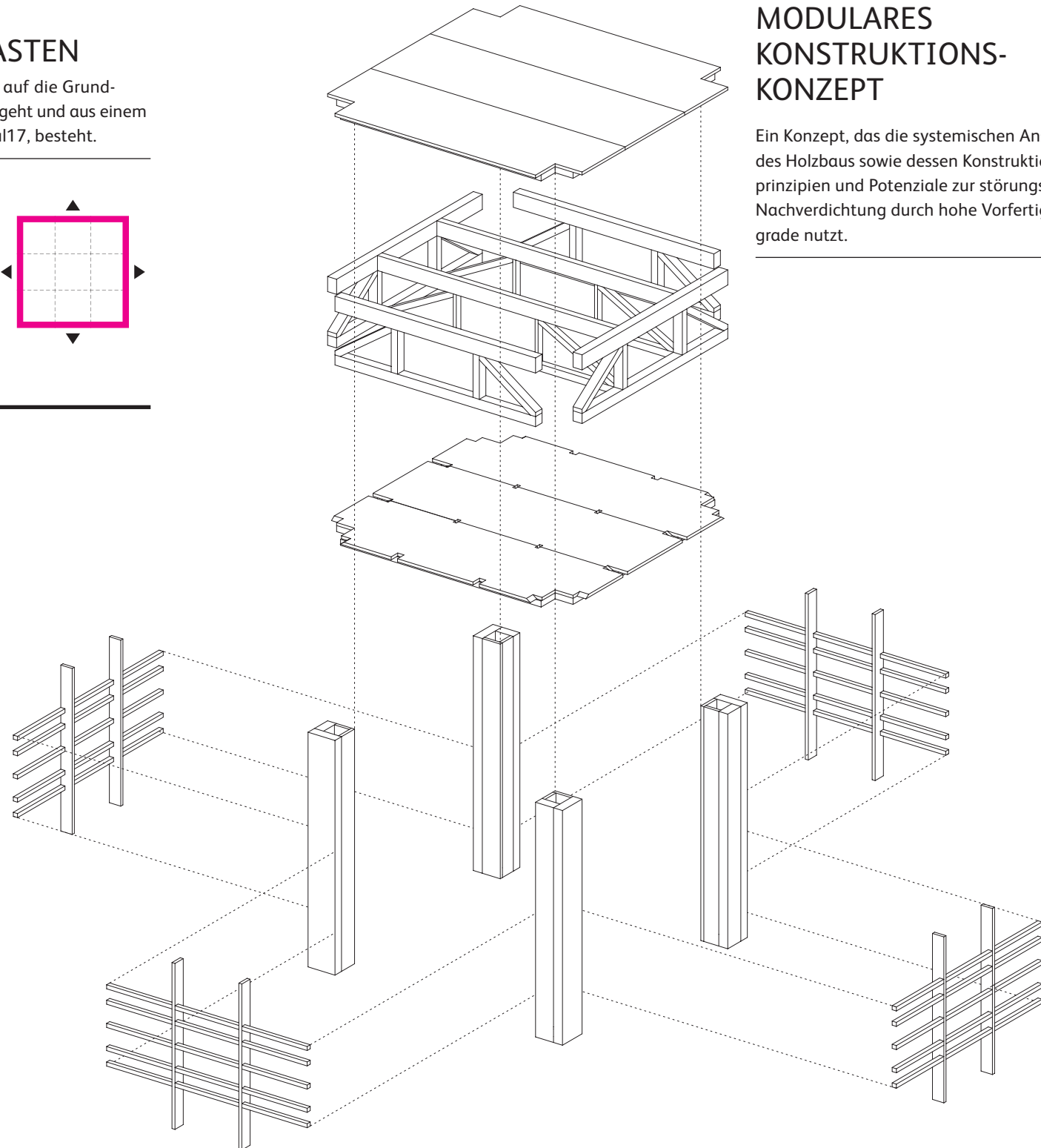
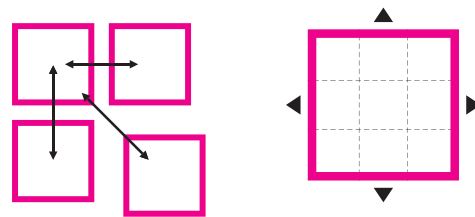
MERKMALE DER SPEZIFISCHEN HOCHHAUSTYPOLOGIE

Die Entwicklung dieser Typologie steht im Kontext der drei Betrachtungsebenen Tragwerk – Nutzung – Stadt und hat zu folgenden typologischen Merkmalen geführt.



MODULARER SYSTEMBAUKASTEN

Ein additives Konzept, das auf die Grundprinzipien des Holzbaus eingeht und aus einem Grundbaustein, dem Modul17, besteht.



MODULARES KONSTRUKTIONS- KONZEPT

Ein Konzept, das die systemischen Ansätze des Holzbaus sowie dessen Konstruktionsprinzipien und Potenziale zur störungsarmen Nachverdichtung durch hohe Vorfertigungsgrade nutzt.

FREE SPACE

Ein nutzungsflexibler Bereich, der horizontale und vertikale Cluster in diversen räumlichen Szenarien ermöglicht, ohne dass bauliche Anpassungen am Tragwerk oder der Fassade vorgenommen werden müssen.

BEWERTUNG DES BEITRAGS ZUR VERDICHTUNG IM URBANEN RAUM

Drei Testkonzeptionen im städtischen Kontext und die anschliessend vertiefte interdisziplinäre Betrachtung des Prototyps haben zu folgenden Erkenntnissen geführt.

- Anpassungsfähigkeit in heterogenen Stadtstrukturen
heterogene Strukturen stellen ein ideales Setting für das Modul17 dar
- Anpassungsfähigkeit in homogenen Stadtstrukturen
wenn Vorschriften exakte Gebäudebezüge verlangen, ist eine Höhenanpassung des Modul17 notwendig
- Interaktion mit dem Stadtraum
der Free Space ermöglicht mehrgeschossige, publikumswirksame, öffentliche Nutzungsbereiche auf der Ebene des Stadtbodens
- Nutzungsvielfalt
die kleinteiligen Einheiten des Modul17 ermöglichen polyvalente Nutzungen und städtische Vielfalt
- Hohe Dichte
die Dimensionierung des Modul17 generiert in seiner Addition relativ schnell eine hohe Ausnutzung
- Schattenwurfregelung
beeinflusst die Setzung und Geometrie von Hochhäusern und die städtebauliche Positionierung von Hochpunkten in der Stadt

- 2/3 weniger Lieferverkehr
führt zur Entlastung der städtischen Infrastruktur
- 50 % kürzere Bauzeiten
bedeuten eine geringere Belastung urbaner Gebiete
- Zeitgemässes Konstruktionskonzept
das Modul17 als modulares Konzept mit einem hohen Vorfertigungsgrad liefert Lösungsansätze für aktuelle Fragestellungen beim urbanen Bauen

WIRTSCHAFTLICHKEIT – MEHR ALS DIE REINEN ERSTELLUNGSKOSTEN

Die vertiefte interdisziplinäre Betrachtung des Prototyps hat hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Modul17 folgende Erkenntnisse ergeben.

- ca. 15 % höhere Rohbaukosten
aufgrund der höheren Materialkosten des Baustoffs Holz fallen die Rohbaukosten höher aus
- ca. 10 % Mehrkosten in der Gebäudetechnik bei Vollinstallation
aufgrund des erhöhten Installationsaufwandes und des Einsatzes einer Sprinkleranlage sind Mehrkosten zu erwarten
- Massiv verkürzte Gesamtbauzeiten
die bis zu fünfgeschossige Konstruktion eines Modul17 wird in weniger als drei Wochen erstellt

- 50–75 % Kompensation der höheren Erstellungskosten
durch frühzeitigere Mieterträge
- 75–80 % Flächeneffizienz
je nach Konfiguration des Modul17 liegt dieser Wert in einem guten bis sehr guten Bereich
- 0.62 Hülle/Geschossfläche
Verhältnis der Hülle zur Geschossfläche beim Prototyp in einem guten Range
- Alternatives Finanzierungskonzept
durch klare Trennung von Ausbau und Konstruktion
- Geringerer Entsorgungsaufwand
der hohe Vorfertigungsgrad der Einzelkomponenten mindert den Entsorgungsaufwand auf Baustellen
- Werterhalt
die Nutzungsflexibilität des Modul17 ermöglicht längere Nutzungsphasen und langfristigen Werterhalt

DAS MODUL17 UND SEINE RELEVANZ FÜR DIE PRAXIS

Die Betrachtung des typologischen Konzepts Modul17 im Licht aktueller, für den Bau relevanter Fragestellungen hat hinsichtlich seiner Praxisrelevanz zu folgenden Erkenntnissen geführt.

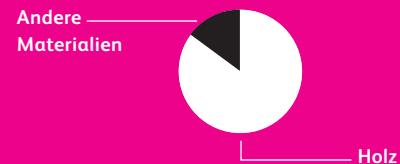
- 370 000 kg CO₂
werden allein durch die Primärstruktur des Modul17 gespeichert

- Nachhaltigkeit
das Modul17 mit seinem hohen Anteil nachwachsender Baustoffe auch in der Primärstruktur erübrigt CO₂-Kompensationszahlungen
- Paradigmenwechsel
klimapolitisch induzierte Ausschreibungen sorgen dafür, dass zukünftig Holzhäuser mit Holzhäusern verglichen werden
- Nachhaltige Nutzungsflexibilität
durch Free Space mit den freigespielten Mittelzonen
- Sinkender Planungsaufwand bei steigender Planungssicherheit und -qualität
durch modulare Prinzipien
- Zielgerichteter Materialeinsatz
durch auf den Holzbau zugeschnittene Raster, Konstruktionsprinzipien und direkte Lastableitung
- Einfaches Konstruktionsprinzip
durch die geringe Anzahl an Systemkomponenten, die additiv zusammengefügt werden können

- Just-in-time-Lieferung
ermöglicht die exakte Taktung von Planung, Produktion und Lieferung
- Hohe Reaktionsfähigkeit
der Free Space ermöglicht Änderungen im Nutzungskonzept ohne bauliche Anpassungen in der Tragstruktur

SIEBEN ARGUMENTE FÜR DAS MODUL17

1 87 % Holzanteil im Tragwerk je Modul17 minimieren den Verbrauch an grauer Energie und tragen zum Paradigmenwechsel im Bauen bei.



2 370 000 kg CO₂

werden je Modul17 gespeichert und leisten einen Beitrag zum nachhaltigen Gebäudepark.



3 Einfache, materialgerechte Konstruktionsprinzipien und ein **hoher Vorfertigungsgrad** des Modul17 ermöglichen **maximale Effizienz** und **Qualität** in Planung und Ausführung.



4 50 % kürzere Bauzeiten ermöglichen frühzeitige Mieterträge, entlasten die Stadt und bieten Lösungen zu aktuellen Herausforderungen beim Bauen in urbanen Räumen.



5 Das typologische Konzept Modul17 generiert eine **hohe Anpassungsfähigkeit** in heterogenen Stadtstrukturen.



7 Nutzungsflexibilität, Flächeneffizienz und flexible Finanzierungskonzepte sind die Grundlage für einen **langfristigen Werterhalt** des Hochhauses.



6 Das typologische Konzept Modul17 mit seinem Free Space ermöglicht eine **hohe Nutzungsflexibilität und Interaktion** mit dem Stadtraum, ohne dass bauliche Anpassungen an der Tragstruktur notwendig werden.



ANH ANG



LITERATURVERZEICHNIS

1 Knpfer, G. (19.12.2017). So viele Wolkenkratzer wie 2017 wurden noch nie gebaut. Verfügbar unter <https://www.handelszeitung.ch/unternehmen/so-viele-wolkenkratzer-wie-2017-wurden-noch-nie-gebaut> abgerufen am 05.06.2019.

2 Glauser, A. (2018). Vertikales Bauen in Europa. Frankfurt am Main: Campus, S. 7.

3 Schulz, B. (17.10.2014). Hochhäuser für die Toten. Verfügbar unter <http://www.spiegel.de/panorama/gesellschaft/platzmangel-auf-friedhoefen-israel-baut-hochhaeuser-fuer-bestattungen-a-997695.html> abgerufen am 05.06.2019.

4 Stadt Zürich (2019). Kommunalen Richtplan. Verfügbar unter <https://www.stadt-zuerich.ch/hbd/de/index/staedtebau/planung/richtplanung0/kommunaler-richtplan.html> abgerufen am 11.03.2019.

5 Eisele, J. (2002). Konstruktion und Gestalt. In J. Eisele & E. Kloft (Hrsg.), HochhausAtlas. Typologie und Beispiele. Konstruktion und Gestalt. Technologie und Betrieb. (S. 116–125) München: Callwey, S. 117.

6 Koolhaas, R. (2006). Delirious New York. Ein retroaktives Manifest für Manhattan. Aachen: Arch+, S. 78.

7 Eisele, J. (2002). Konstruktion und Gestalt. In J. Eisele & E. Kloft (Hrsg.), HochhausAtlas. Typologie und Beispiele. Konstruktion und Gestalt. Technologie und Betrieb. (S. 116–125) München: Callwey, S. 118.

8 Huxtable, A. L. (1984). Zeit für Wolkenkratzer oder die Kunst, Hochhäuser zu bauen. Archibook, S. 38.

9 Green, M. & Taggart, J. (2017). Hoch bauen mit Holz. Birkhäuser, S. 21.

10 Schoof, J. (2018). Der Holzbau kehrt in die Stadt zurück. Detail, 1/2.2018, S. 18.

11 Deutsche Stiftung Weltbevölkerung (16.05.2019). Im Jahr 2050 werden zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben. Verfügbar unter <https://www.dsw.org/projektionen-urbanisierung/> abgerufen am 05.06.2019.

12 Stadt Zürich (2019). Kommunalen Richtplan. Verfügbar unter <https://www.stadt-zuerich.ch/hbd/de/index/staedtebau/planung/richtplanung0/kommunaler-richtplan.html> abgerufen am 11.03.2019.

13 Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (2019). RPG 1: Umsetzung in den Kantonen. Verfügbar unter <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/raumplanungsrecht/revision-des-raumplanungsgesetzes--rpg/rpg-1--anspruchsvolle-umsetzung-der-siedlungsentwicklung-nach-in.html> abgerufen am 11.03.2019.

14 Zimmerli, J. (2011/2014/2016/2018). Akzeptanz städtischer Dichte. Verfügbar unter <http://www.zimraum.ch/studien/akzeptanz-staedtischer-dichte-2018> abgerufen am 05.06.2019.

15 Baudirektion des Kantons Zürich (2018). Allgemeine Bauverordnung (ABV), Änderung der Schattenwurfregelung – Erläuterungsbericht. Vernehmlassung 30. November 2018 bis 22. März 2019. Verfügbar unter [https://www.notes.zh.ch/sk/VNL/vnl.nsf/vw-alldocuments/7A8092DB121E8220C125834D0056B4AF/\\$File/Schattenwurf_Erl%C3%A4uterungsbericht%20zur%20Vernehmlassung.pdf](https://www.notes.zh.ch/sk/VNL/vnl.nsf/vw-alldocuments/7A8092DB121E8220C125834D0056B4AF/$File/Schattenwurf_Erl%C3%A4uterungsbericht%20zur%20Vernehmlassung.pdf) abgerufen am 05.06.2019.

16 Furrer, B. & Kolb, P. & Wiederkehr, R. (2015). Holz als Baustoff ohne Sonderregelung, Zürich: Lignum, (S. 1–8).

17 Jeska, S., Pascha, K. & Hascher, R. (2015). Neue Hochbautechnologien: Materialien, Konstruktionen, Bautechnik, Projekte. Basel: Birkhäuser.

18 Natterer, J. & Herzog, T. & Volz, M. (1996). Holzbauatlas Zwei. Düsseldorf: Holzwirtschaftlicher Verlag, S. 34.

19 Kaufmann, H. & Krötsch, S. & Winter, S. (2017). Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. München: Edition Detail, S. 142.

20 Kaufmann, H. & Krötsch, S. & Winter, S. (2017). Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. München: Edition Detail, S. 143.

21 Kaufmann, H. & Krötsch, S. & Winter, S. (2017). Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. München: Edition Detail, S. 143.

22 Lennartz M. W. & Jacob- Freitag S. (2016). Neues Bauen mit Holz, Typen und Konstruktionen. Basel: Birkhäuser, S. 13.

23 Lennartz M. W. & Jacob- Freitag S. (2016). Neues Bauen mit Holz, Typen und Konstruktionen. Basel: Birkhäuser, S. 13.

24 Kaufmann, H. & Krötsch, S. & Winter, S. (2017). Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. München: Edition Detail, S. 33 ff.

25 Kaufmann, H. & Krötsch, S. & Winter, S. (2017). Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. München: Edition Detail, (S. 46–47).

26 Plagaro Cowee, N. & Schwehr, P. (2008). Die Typologie der Flexibilität im Hochbau. Zürich: vdf, S. 14.

27 Blättler, P., Mulugeta, Y. & Reichelt, P. (2017). CSL Büromarktbericht 2017. S. 10.

28 Plagaro Cowee, N. & Schwehr, P. (2008). Die Typologie der Flexibilität im Hochbau. Zürich: vdf, S. 20.

29 Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (2016). Kriterienbeschrieb Hochbau, Zürich: SGS Société Générale de Surveillance SA, S. 39.

30 DGNB (2019). DGNB Kriterium «Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit». Verfügbar unter <https://www.dgnb-system.de/de/gebäude/neubau/kriterien/flexibilitaet-und-umnutzungsfahigkeit/index.php> abgerufen am 11.03.2019.

31 Plagaro Cowee, N. & Schwehr, P. (2008). Die Typologie der Flexibilität im Hochbau. Zürich: vdf, S. 66 f.

32 Plagaro Cowee, N. & Schwehr, P. (2008). Die Typologie der Flexibilität im Hochbau. Zürich: vdf, S. 77 f.

33 Plagaro Cowee, N. & Schwehr, P. (2008). Die Typologie der Flexibilität im Hochbau. Zürich: vdf, S. 72 f.

34 Kobe & Friedli & Schmid, (2015). Exitstrategie Stockwerkseigentum. Zürich: Swiss Real Estate Journal.

35 Hegemann, W. (1924). Wirkungen der New Yorker Bauordnung von 1916. Wasmuths Monatshefte für Baukunst und Städtebau, Jg. 8, Nr. 9/10, S. 310–312.

36 Curdes, G. (1997). Stadtstruktur und Stadtgestaltung. Stuttgart: Kohlhammer, S. 17.

37 Curdes, G. (1997). Stadtstruktur und Stadtgestaltung. Stuttgart: Kohlhammer, S. 17.

38 Curdes, G. (1997). Stadtstruktur und Stadtgestaltung. Stuttgart: Kohlhammer, S. 17.

39 Eisinger & Reuther & Eberhard & Lüscher (2007). Zürich baut – Konzeptioneller Städtebau. Basel: Springer S. 90.

40 Gunnarsson, S. (2002). Fassadenkonstruktionen. In J. Eisele & E. Kloft (Hrsg.), Hochhaus-Atlas. Typologie und Beispiele. Konstruktion und Gestalt. Technologie und Betrieb. (S. 146–157) München: Callwey, S. 147.

41 Ebd.

42 Schoof, J. (2012). Hohe Bauten mit hohen Zielen. Verfügbar unter <https://www.detail.de/artikel/hohe-bauten-mit-hohen-zielen-9689/> abgerufen am 05.06.2019.

43 Holzbau Deutschland Bund Deutscher Zimmermeister (2018). Statistiken 2018. Verfügbar unter https://www.holzbau-deutschland.de/fileadmin/user_upload/eingebundene_Downloads/Statistiken_2018.pdf aufgerufen am 05.06.2019.

44 Schweizerischer Baumeisterverband (2011). Schweizer Bauwirtschaft: Zahlen und Fakten 2010. Verfügbar unter https://www.ub.unibas.ch/digi/a125/sachdok/2016/BAU_1_4213962_2010.pdf aufgerufen am 05.06.2019.

45 Lehmann, P. (2010). Bilanz Interview, Ausgabe 01.2010, Zürich: Ringier Axel Springer.

46 Ulrich Glauche (2016?). Baukostenplanung für Architekten, Norm-und praxisgerechte Kostenermittlung nach DIN 276, Referat.

47 Dr. H. Naef (2011). Hochhäuser aus Sicht der Immobilienökonomie. Kanton Thurgau: Symposium Hochhausstudien.

48 Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) (2015). Brandschutzvorschriften 2015. Verfügbar unter <https://www.bs vonline.ch/de/vorschriften/> abgerufen am 05.06.2019.

49 Furrer, B. & Kolb, P. & Wiederkehr, R. (2015). Holz als Baustoff ohne Sonderregelung, Zürich: Lignum, (S. 1–8).

BILDQUELLEN

- S. 8** Harvesting at Sky Greens, Foto: Dickinson, Nigel
- S. 14** Downtown Athletic Club, New York, 2019, Foto: Kunz, Stefan
- S. 17 (l)** SOUTH AND EAST ELEVATIONS FROM SOUTHWEST – Leiter I Building, Library of Congress, Prints & Photographs Division, HABS [or HAER or HALS], Reproduction number [e.g., «HABS ILL, 16-CHIG, 33-2»], Foto: Robinson, Cervin
- S. 17 (r)** DETAIL – EXTERIOR – Reliance Building, Library of Congress, Prints & Photographs Division, HABS [or HAER or HALS], Reproduction number [e.g., «HABS ILL, 16-CHIG, 33-2»], Foto: Robinson, Cervin
- S. 18** Looking north toward Kelly Building (the Landing), Vancouver Public Library, Special Collections Historical Photographs, VPL Accession Number: 6527, Foto: Timms, Philip
- S. 19** On Top, Foto: lassedesignen – stock.adobe.com
- S. 20** Holzhaus Evolène, Archiv ibk eth Zürich, Foto: Anton Steurer/LIGNUM
- S. 22** Kayak water polo and basketball installations on the shores of the Upper Zurich Lake (Obersee), Rapperswil Jona, Sankt Gallen, Foto: Luis – stock.adobe.com

- S. 25** Baumstämme, Foto: Daniel Spase – pexels.com/de-de/foto/baum-protokoll-baumstamme-borke-brennholz-698482/
- S. 28** Holzgerüst, Foto: Marco – stock.adobe.com
- S. 32** Abrisshaus im Zentrum, Foto: Heiko Küverling – stock.adobe.com
- S. 36** Zanuso, Marco (1916–2001): Child's Chairs Model No. 4999, 1964 (manufacturer: Kartell, Italy). New York, Museum of Modern Art (MoMA). Polyethylene. each: 19 3/4 X 10 3/4 X 10 3/4 (50.1 X 27.3 X 27.3 cm). Gift of the manufacturer. Acc. num. 367.1993.1–3 © 2019
- S. 52** Cloudy sky over Tokyo, the capital city of Japan, Foto: tapsiful – stock.adobe.com
- S. 68** Rendering – Atelier Brunecky, 2019
- S. 72/73** Rendering – Atelier Brunecky, 2019
- S.100** Nutzungshybrid in Saigon, Foto: Kobe, Thomas
- S. 108** Rendering – Atelier Brunecky, 2019
- S. 116/117** Rendering – Atelier Brunecky, 2019

DAS CCTP

Das Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) erforscht die Interaktion zwischen Mensch und Architektur. Dabei steht die strategische Transformation von gebautem Lebensraum im Zentrum der wissenschaftlichen Arbeit.

Unsere Gebäude und Städte sind einem permanenten Anpassungsdruck ausgesetzt. Auf diese Ausgangslage angemessen zu reagieren, ist eine verantwortungsvolle Aufgabe von hoher gesellschaftlicher Relevanz. Das CCTP analysiert Ist-Zustände, entwickelt Konzepte und erarbeitet in enger partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit der Forschung und der Wirtschaft Lösungen, die in der Praxis implementiert werden, um die Resilienz von Gebäuden und Siedlungen zu erhöhen und damit Städte entwicklungs- und lernfähig bleiben. Diese Herausforderung hat das CCTP zu seiner Mission gemacht. Es untersucht das Systemverhalten, die Wirkung und die Potenziale unterschiedlicher Gebäude- und Siedlungstypen im Kontext sich verändernder Anforderungen. Die entwickelten Lösungen orientieren sich an der Relevanz für die Nutzenden. Damit generiert das CCTP Mehrwert für Mensch und Umwelt.

Diesen umfassenden Aufgabenkomplex geht das CCTP mit vier interagierenden Betrachtungsebenen und der Grundlagenforschung in den Themenfeldern Architektur und Raumentwicklung an.

www.hslu.ch/cctp

FORSCHUNGSPROJEKT

HOLZHYBRIDHOCHHAUS – TYPOLOGIE FÜR HOCHHÄUSER IN HOLZHYBRIDBAUWEISE ZUR URBANEN VERDICHTUNG

PROJEKTDATEN

Projektlaufzeit: 2017 – 2019

TEAM

Forschung

- Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) (Projektleitung)
- Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau (CCKI)

Wirtschaft

- Künzli Holz AG
- Burkhalter Sumi Architekten GmbH
- Makiol Wiederkehr AG
- b+p baurealisation ag
- Vadea AG
- Lignum Holzwirtschaft
- Holzbau Schweiz
- Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen VKF
- Graubündner Kantonalbank
- Prof. Quick und Kollegen – Ingenieure und Geologen GmbH

Das Forschungsprojekt «HolzHybridHochHaus – Typologie für Hochhäuser in Holzhybridbauweise zur urbanen Verdichtung» wird durch Innosuisse – Schweizerische Agentur für Innovationsförderung gefördert.

KONTAKT

Frank Keikut
frank.keikut@hslu.ch
T +41 41 349 34 95

Mit der Liberalisierung der Brandschutzvorschriften im Jahr 2015 in der Schweiz ist die Höhenbeschränkung für Holzbauten gefallen und die Höhenregelung für Hochhäuser durch die VKF neu definiert worden. Dadurch ergeben sich neue Perspektiven für den Holzbau in der Schweiz. Holz, ein Baustoff mit hohen ökologischen und nachhaltigen Eigenschaften, hat die Chance, sein Potenzial nun auch im Bereich hochleistungsfähiger Bauweisen und Konstruktionen unter Beweis zu stellen. Die dazu notwendigen Erfahrungen im Segment des mehrgeschossigen Holzbaus konnten in den letzten Jahren in ausreichendem Masse aufgebaut werden. Im Hochhausbau fehlt diese Expertise aber weitestgehend. Aktuelle Hochhausprojekte in Holzhybridbauweise in- und ausserhalb der Schweiz sind meist Leuchtturmprojekte. Es ist keine spezifische Typologie für den Hochhausbau in Holzhybridbauweise zu identifizieren und häufig kommt der Baustoff Holz in der hybriden Bauweise zu wenig deutlich zur Geltung.

Vor diesem Hintergrund hat das Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) das vorliegende Forschungs- und Entwicklungsprojekt lanciert. Bei diesem stand die folgende Frage im Zentrum der Betrachtung: Welche Merkmale weist eine spezifische Hochhaustypologie in Holzhybridbauweise auf und welchen Beitrag kann diese Typologie zur qualitativ hochwertigen Verdichtung im urbanen Raum leisten?

Die vorliegende Publikation führt die spezifische Hochhaustypologie basierend auf dem Modul17 konzeptionell ein und erläutert anhand eines Prototyps deren Potenzial in der Umsetzung und den dabei generierten Mehrwert für unsere gebaute Umwelt. Die Ergebnisse basieren auf dem interdisziplinären Dialog zwischen Forschung und Umsetzung.

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

Technik & Architektur
FH Zentralschweiz

ISBN 978-3-7281-3979-5

