Professur für Architektur
und Konstruktion Annette Gigon
ETH Zürich Mike Guyer

HIL E 15
Stefan-Franscini Platz 5
CH 8093 Zürich
Tel +41 44 633 06 14

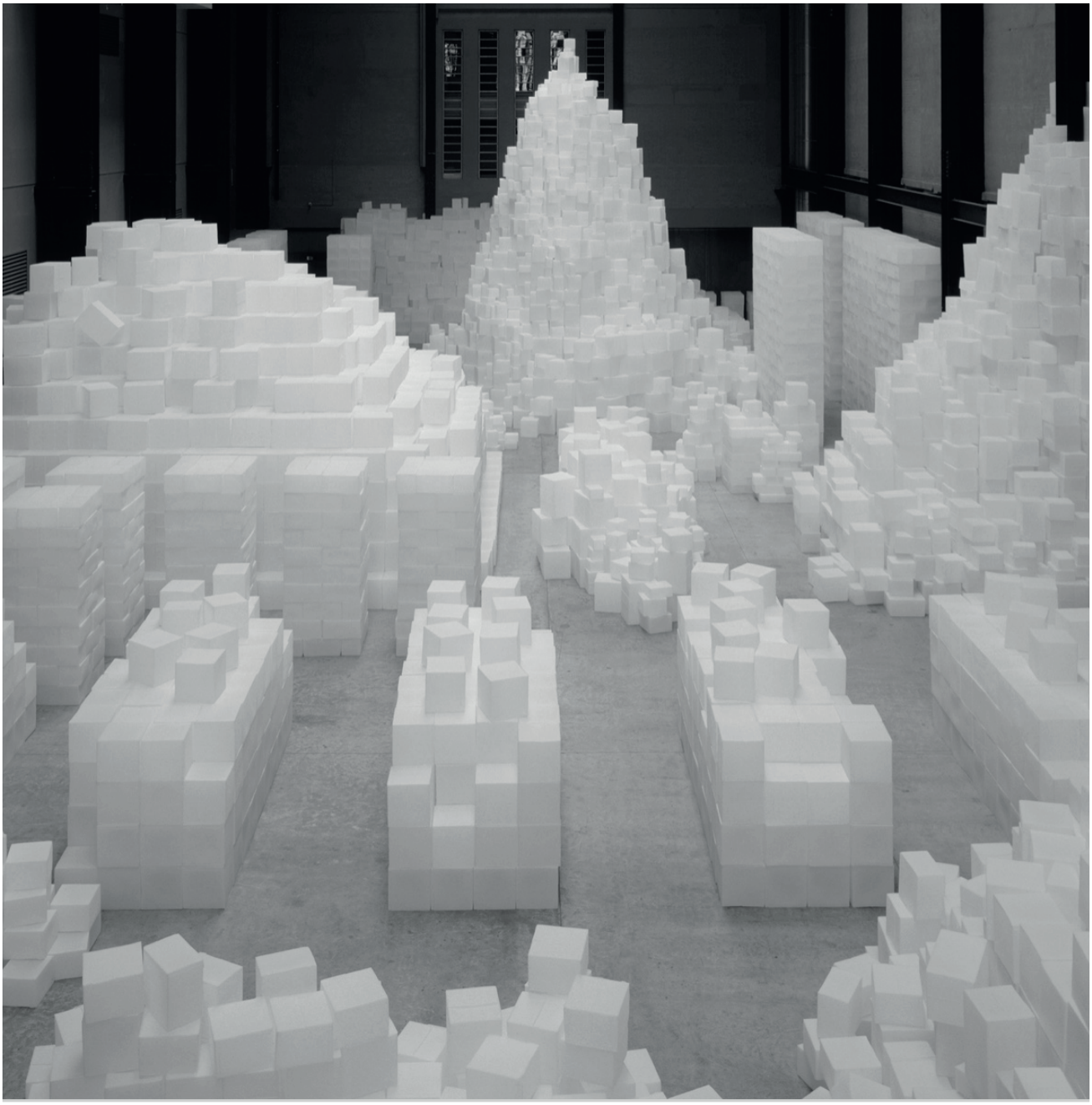
FS 22

HOHE HÄUSER
MORE WITH LESS II

Assistierende:
Kathrin Sindelar
sindelar@arch.ethz.ch
Moritz Holenstein
holenstein@arch.ethz.ch
Stefan Jos
jos@arch.ethz.ch

Leitung FS 22:
Mike Guyer
guyer@arch.ethz.ch

Bild Umschlag: Black E.C. Tower, Kenneth D. Snelson, Basel, 1974



Rachel Whiteread, Solidification of the void, London 2017

INHALT

07 ZUM SEMESTER
08 TERMINE
09 ANFORDERUNGEN
11 STATICS
21 PRÄZISIERUNGEN

23 STRATEGIEN DER STADT ZÜRICH

33 VIER ENTWURFSORTE

63 REFERENZBAUTEN

123 TEXTE
124 Geschichte Ästhetik
146 Residential Towers
152 Geschichte Diskussionen CH
184 Beispiele

275 BIBLIOGRAPHIE

276 Brandschutznorm

Beaux-Arts Costume Ball circa 1931

ZUM SEMESTER

HOHE HÄUSER - MORE WITH LESS II

Gebäude und deren Erstellung verursachen 40% des weltweiten CO_2-Ausstosses, wenn man die Ressourcenausbeutung, die Abfallerzeugung und den Energieverbrauch dazu rechnet. Das erwartete, globale Bevölkerungswachstum von fast 20% bis 2050 wird beinahe eine Verdoppelung des weltweiten Gebäudevolumens zur Folge haben.

In Zürich hat die Bevölkerung im letzten Jahr dem Richtplan 2040 zugestimmt, der von einem Wachstum von 100'000 neuen Bewohnern*innen innerhalb der nächsten 20 Jahre ausgeht. Er schlägt Verdichtungsgebiete in der Stadt und einen Katalog von Nachhaltigkeitsmassnahmen bezüglich Gemeinschaftlichkeit, Mobilität, Biodiversität und Hitzeminderung vor. Gleichzeitig werden die Richtlinien für die Erstellung von Hochhäusern überarbeitet. Die Zonen für die tieferen Hochhauskategorien werden in die Verdichtungsgebiete ausgedehnt und die Gebäudehöhen teilweise markant erhöht.

Wir wollen die Herausforderungen einer nachhaltigen Verdichtung der wachsenden Stadt angehen und qualitätsvolle Gebäude entwerfen, die die bestehenden Stadtstrukturen respektieren und die Freiräume mit mehr Grün und Aufenthaltsqualität aufwerten. Wir suchen nach innovativen und experimentellen Lösungen, die eine gute Balance zwischen Haltbarkeit, niedrigem, ökologischen Fussabdruck und Materialverbrauch finden sowie den CO_2-Ausstoss reduzieren, Nutzungen neu interpretieren, kombinieren und zukünftige Veränderungen antizipieren.

Das Studio wird anhand des vorgegebenen Bautyps «Hohes Haus» diesen Fragestellungen an vier Entwurfsorten entlang der Limmat nachgehen. Die Standorte sind städtebaulich so gewählt, dass sie zusammen mit bestehenden oder geplanten Hochhäusern Cluster bilden und die Orte mit einer stadträumlich neuen Massstäblichkeit auszeichnen. Auf der lokalen Ebene ist die Ausbildung des Sockels mit öffentlichen Nutzungen im Erdgeschoss und dessen Vernetzung im Quartier essentiell. Aus den Gegebenheiten des Orts wird ein vertikales Konglomerat von vielfältigen Nutzungen mit teilweise hybriden Formen entwickelt. Um Änderungen zu ermöglichen, sind die Tragstrukturen grosszügig bemessen und dadurch nutzungsneutral und polyvalent. Die Erschliessungen sind differenziert, abwechslungsreich und mit Orten für die Gemeinschaftlichkeit erweitert.

Wir fokussieren uns zusammen mit der Block Research Group auf die Tragstruktur, die rund 75% der grauen Energie eines Hochhauses ausmacht. Anhand eines Katalogs von Baustrukturen in verschiedenen Materialien suchen wir nach effizienten, leichten Konstruktionen, um die graue Energie und den CO_2-Fussabdruck markant zu reduzieren. Entsprechende Berechnungen helfen uns bei den Entwurfsentscheiden. Mit der Vorfabrikation von Tragstruktur, Kernelementen, Fassaden und Nasszellen leisten wir einen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft, indem Bauteile bei Bedarf während der Nutzungszeit ersetzt und am Ende der Lebensdauer demontiert und wiederverwendet werden können. Durch die Nähe der ‚Hohen Häuser' zu den Umgebungsbauten, sowie durch die Stapelung von unterschiedlich grossen Räumen im Schnitt, entstehen strukturelle Herausforderungen wie Überspannungen, Stufungen und Auskragungen. Alle Themen der Tragstrukturen werden in ihrem Potential bezüglich Volumen- und Raumbildung ausgelotet und bestmöglich aktiviert.

Bezüglich der Nachhaltigkeit werden uns Experten begleiten. Die Anordnung der Technikzentralen, die Wärmerzeugung, das Lüftungskonzept sowie die vertikale und horizontale Medienverteilung werden konzeptionell bearbeitet, ebenso die Anordnung von PV-Anlagen auf dem Dach und an den Fassaden. Auf der Ebene des Stadtklimas werden die Windverhältnisse, Massnahmen zur Hitzeminderung, die Förderung der Biodiversität mit Grünräumen und Fassadenbegrünungen sowie das Wassermanagement untersucht.

Trotz all dieser technischen Anforderungen ist das Ziel eine ausdrucksstarke Architektur, die präsent ist, überzeugt und emotional berührt. Vorträge über Hochhausprojekte und Inputs sowie Workshops für entwurfsbestimmte, spezifische Visualisierungen werden uns im Entwurfsprozess unterstützen.

Die Projekte werden an einer Zwischen- und an den Schlusskritiken mit Gästen und dem Lehrstuhl in der Bandbreite von Konzeptidee, städtebaulicher Einbettung, Vernetzung im Quartier, architektonischem Ausdruck und Präsenz, Konzept Tragstruktur, Qualität der Aussen- und Innenräume sowie der Nachhaltigkeit besprochen.

In Zusammenarbeit mit der Block Research Group (BRG)
Entwurf in 2er Gruppen
Fakultativ wird eine Vertiefung der Konstruktion als integrierte Disziplin angeboten

TERMINE

Woche	Datum	Zeit	Programm
KW08	Di 22.02.22	10:00 h	SEMESTEREINFÜHRUNG Mike Guyer HIL D15 WORKSHOP Statik 1 Francesco Ranaudo
01		14:00 h	BESICHTIGUNGEN BAUAREALE ZÜRICH
	Mi 23.02.22	09:00 h	GRUPPENBILDUNG UND STANDORTWAHL, Gruppenarbeit im Zeichensaal
		16:00 h	VORSTELLUNG DIPLOMARBEITEN MORE WITH LESS
KW09	Di 01.03.22	09:30 h	BESICHTIGUNG WOLKENWERK Staufer & Hasler Architekten, von Ballmoos Partner Architekten
			Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden
02	Mi 02.03.22	09:00 h	VORTRAG/GESPRÄCH NACHHALTIGKEIT Jules Petit, Lemon Consult
		13:30 h	INPUT HAUSTECHNIK Arno Schlüter
			Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden
KW10	Di 08.03.22	09:00 h	WORKSHOP Statik 2 Francesco Ranaudo HIL D15
03	Mi 09.03.22	09:00 h	VORTRAG HOCHHAUS WETTBEWERBE Mike Guyer
			Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden
KW11	Di 15.03.22	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 1 HIL D15
04	Mi 16.03.22	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 1 HIL D15
KW12	21. - 25.03.22		SEMINARWOCHE
KW13	Di 29.03.22	09:00 h	Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden *
05	Mi 30.03.22	09:00 h	VORTRAG/GESPRÄCH HOCHHAUS KOCHAREAL Enzmann Fischer Architekten
			Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden
KW14	Di 05.04.22	09:00 h	Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden *
06	Mi 06.04.22	09:00 h	VORTRAG/GESPRÄCH SOZIOLOGIE Dr. Joëlle Zimmerli, Zimraum
			Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden
KW15	Di 12.04.22	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 2 HIL D15 mit Gästen
07	Mi 13.04.22	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 2 HIL D15 mit Gästen
		16:00 h	RENDERING INPUT 1 Martin Wey, ZUEND
KW16	15. - 22.04.22	Ostern	unterrichtsfrei
KW17	Di 26.04.22	09:00 h	VORTRAG/GESPRÄCH ZHWATT HOCHHAUS Boltshauser Architekten
			Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden
08	Mi 27.04.22	09:00 h	Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden *
		09:00 h	Rendering Fragen Martin Wey, ZUEND
KW18	Di 03.05.22	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 3 HIL D15
09	Mi 04.05.22	09:00 h	ZWISCHENKRITIK 3 HIL D15
KW19	Di 10.05.22	09:00 h	VORTRAG/GESPRÄCH HOCHHAUS Kengo Kuma & Associates
			Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden
10	Mi 11.05.22	09:00 h	Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden *
		14:00 h	RENDERING INPUT 2 Martin Wey, ZUEND
KW20	Di 17.05.22	09:00 h	Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden *
11	Mi 18.05.22	09:00 h	KONSTRUKTIONSWORKSHOP HIL D15
KW21	Di 24.05.22	09:00 h	Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden *
12	Mi 25.05.22	09:00 h	Gruppenarbeit im Zeichensaal, Tischkritik mit Assistierenden
		14:00 h	Rendering Fragen Martin Wey, ZUEND
KW22	Mo 30.05.22	17:00 h	Schlussabgabe und gemeinsames Räumen des Zeichensaals HIL D15
13	Di 31.05.22	09:00 h	SCHLUSSKRITIK HIL D15 mit Mike Guyer, Annette Gigon und Gästen
	Mi 01.06.22	09:00 h	SCHLUSSKRITIK HIL D15

* Präsenz von Francesco Ranaudo

ANFORDERUNGEN

ZWISCHENKRITIK 1 (Vision, Nutzungskonzept, Städtebau, Statik)

- Städtebauliches Konzept
- Programatisches Konzept
- Nutzungsverteilung
- Skizzen, Pläne, Konzeptmodelle, Analysen
- Referenz-, Stimmungsbilder
- Situation, Mst. 1/1000
- Modell 1/500
- Darstellungsform frei
- Varianten sind ausdrücklich erwünscht

STATISCHES KONZEPT

- Schematischer Schnitt der Projektstrategie
- Diagramm Lastabtragung durch Haupttragelemente
- dargestellt in Plänen, Handskizzen

ZWISCHENKRITIK 2 (Konzept Städtebau, Volumen, öffentlicher Raum, Erschliessung, Nutzungen, Statik)

- Situationsplan, Situationsmodell 1:500
- Projektpläne (Grundrisse, Schnitte, Ansichten) 1:200
- Arbeitsmodelle 1:200
- Nutzungskonzept
- Erschliessungskonzept, Gemeinschaftlichkeit
- eingearbeitetes statisches Konzept
- Konzept Nachhaltigkeit
- Skizzen Aussenerscheinung, wichtige Innenräume

STATISCHES KONZEPT

- Illustrierung der gewählten Tragstruktur an Hand eines Schnittes und der wichtigen Regelgrundrisse
- Diagramm Lastabtragung der Tragelemente
- dargestellt in Plänen, Handskizzen, Modellen

ZWISCHENKRITIK 3

(Konzept Architektur, Volumen, öffentlicher Raum, Nachhaltigkeit)

- Situationsplan, Situationsmodell 1:500
- Projektpläne (Grundrisse, Schnitte, Ansichten) 1:200 / 1:100
- Horizontaler und vertikaler Konstruktionsschnitt 1:50
- Arbeitsmodelle 1:200
- Struktur-/Schnittmodell
- Konzept Statik
- Konzept Nachhaltigkeit
- Erste Renderings Aussen und Innen

STATISCHES KONZEPT

- Diagramme des gesammten Gebäudeskeletts
- Vordimensionierung der Tragstruktur
- Strategien der Vorfabrikation
- Berechnungen zu grauer Energie und CO_2-Ausstoss
- in Form von Plänen, Handskizzen, Modellen

KONSTRUKTIONSWORKSHOP

- Konstruktionsweise, Materialisierung, Fügungen
- Architektonischer Ausdruck
- Detailzusammenstellung, Ausschnitte und Mst. gem. Absprache mit der Professur

SCHLUSSKRITIK

- 8-10 Panels im Querformat A0 (oder equivalente digitale Präsentation)
- Situationsplan, Situationsmodell, Volumensetzung, Freiraum, Vernetzung
- Grundrisse, Schnitte, Fassaden 1:200 /1:100 mit Möblierung
- Modell 1:200
- Konstruktionsschnitt Aussen-/ Innenansichten 1:50
- Struktur-/Schnittmodell 1:100 / 1:50
- Konzept Statik
- Konzept Nachhaltigkeit
- Renderings Aussen und Innen

STATISCHES KONZEPT

- Axonometrische Ansicht der Tragstruktur
- Strategien der Vorfabrikation
- Berechnungen zu grauer Energie und CO_2-Ausstoss der Tragelemente im Vergleich zu konventionellen Konstruktionen

Allgemeine Hinweise zur Darstellung:

- gut lesbare Pläne (Linien nicht zu fein)
- Beschriftung unten links: „FS 21, Professur Gigon / Guyer, Leitung Mike Guyer“

Beurteilungskriterien:

Schlüssigkeit architektonisches Konzept:

- Vision, Idee
- Städtebau / Volumen / Freiraum / Vernetzung
- Architektonischer Ausdruck
- Nutzungskonzept / Gemeinschaftlichkeit
- Statik / Vorfabrikation
- Visualisierungen
- Konstruktion / Detaillierung (aussen / innen)

Weitere wichtige Kriterien:

- Qualität der Darstellung in Zeichnung, Bild und Modell
- Projektvorstellung / Vermittlung
- Projektentwicklung im Verlauf des Semesters
- Zusammenarbeit in der Gruppe

Frank Lloyd Wright demonstriert mit seinen Händen die alte Pfosten- und Balkenkonstruktion, Gebr. Mann Verlag, 1997

STATICS

WORKSHOP
WITH FRANCESCO RANAUDO

The environmental challenges

High-rise construction plays a crucial role in the efforts of the building and construction industry to become more sustainable. With a population growth of about 2.1 billion people by 2050 and about 200 billion square metres of new construction expected to be built worldwide in the same time frame, avoiding the locking-in of embodied green-house emission in inefficient and poorly conceived structures must be a priority of any designer, architects and engineers.

Data shows that most of this new construction will happen in the form of high-rise construction. Since in mid high-rise buildings (25-50 storeys) almost 75% of the entire building mass is in the main structure (Fig. 1), special attention must be placed towards the sustainability aspects of these structures since the very beginning of the design phase.

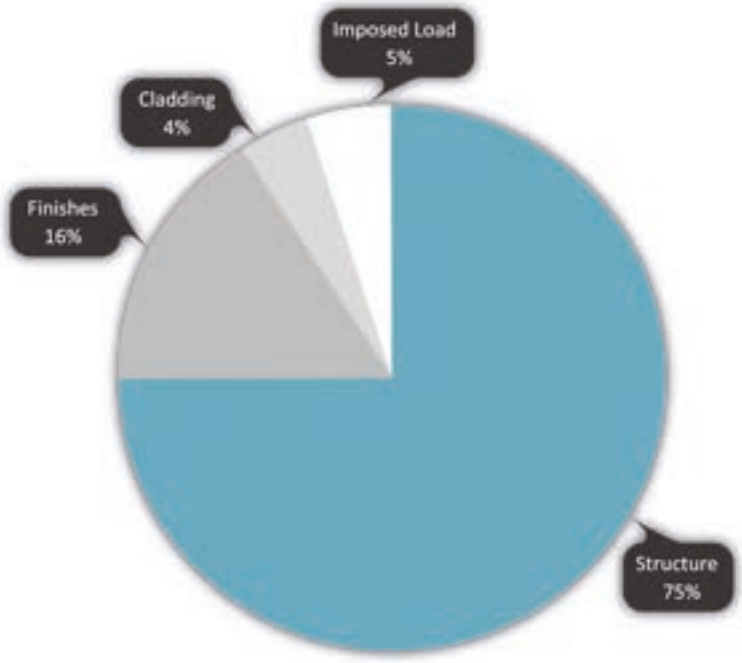


Fig.1 - Mass distribution in a mid high-rise building. (Ranaudo, 2018)

The shape of the structure

Despite the intimidating sizes of tall buildings, their structural concept is actually quite straightforward: it is often the case that imponent and record breaking structures like the Willis or the John Hancock (Fig. 3) towers, are conceived by the hand of skilled engineers on a simple piece of paper (Fig. 2). Usually, a clear structural concept is easy to calculate, to build and it proves to be cost effective. SOM structural partner and designer of the tallest building in the world so far, Bill Baker puts it simply: if you can describe your structural scheme with just two words (noun + adjective), than you can be assured to be on the right track; otherwise, you should consider to spend more time on it and simplify it as much as possible. The "Buttressed Core" was the structural innovation that made it possible to go from 509m of the Taipei 101 tower to 828m of the Burj Kalifa (+60%!).

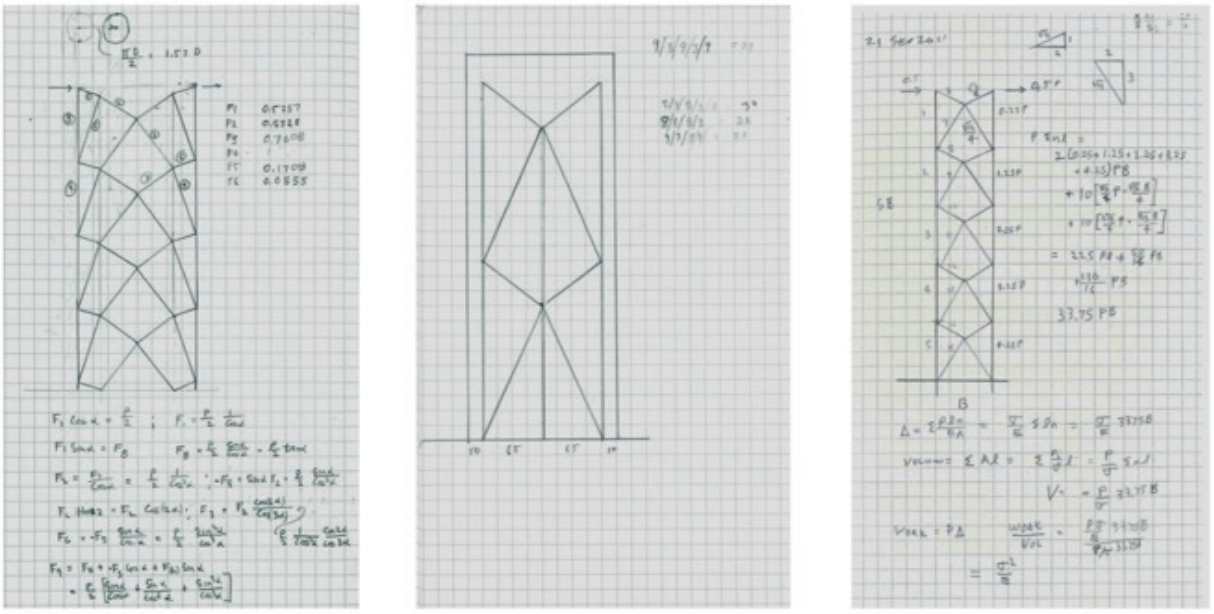


Fig. 2 - Hand calculations for bracing studies from Bill Baker's note-book (SOM)

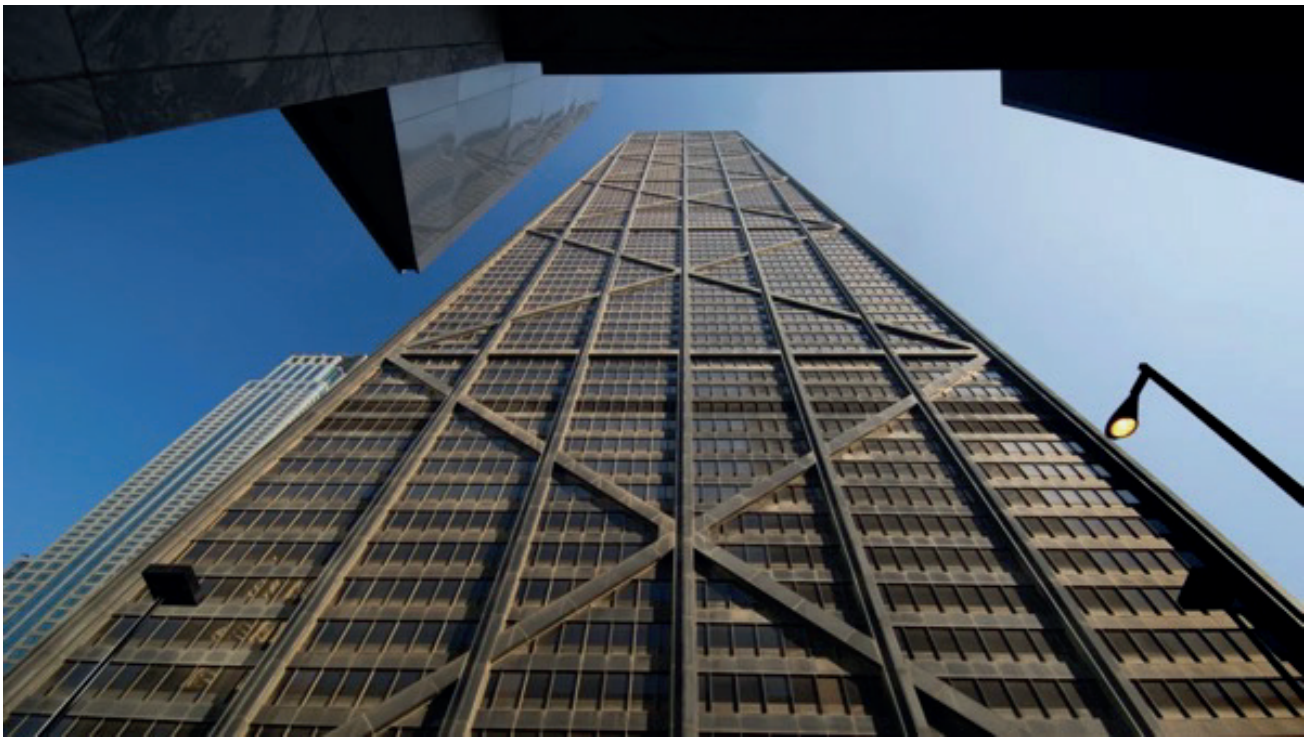


Fig. 3 - John Hancock tower, Chicago IL.

Although engineers have come up with optimal structural schemes for specific cases (Fig. 4), often local boundary conditions, program requirements and technological aspects impose to shape the structure differently. It is important, however, to understand the premium or price to pay for shifting from the optimum: this is in the very nature of a tall building, which the more increases in height the more is subjected to additional lateral wind loads and the more structure is required (Fig. 5).

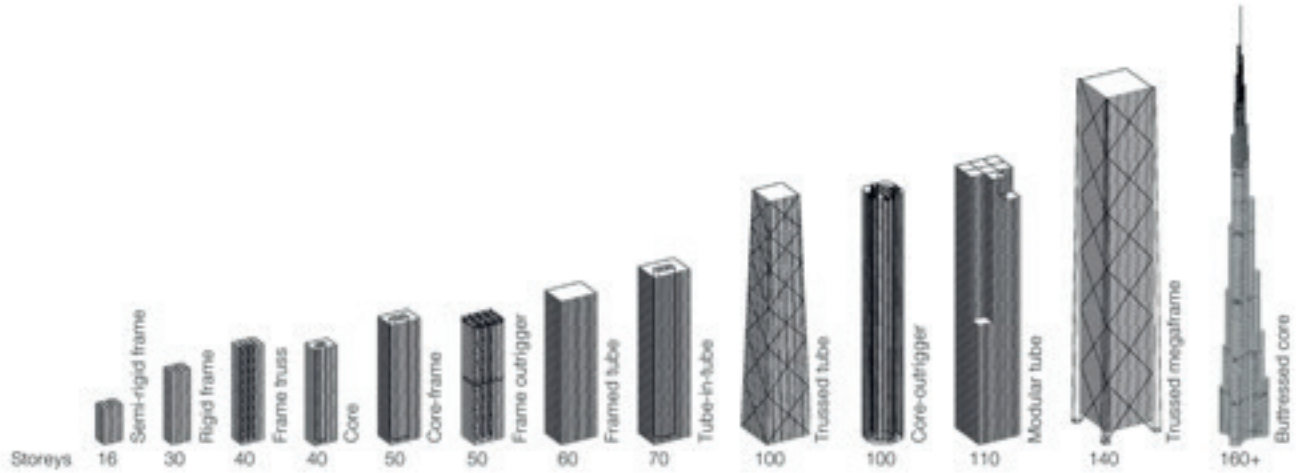


Fig. 4 - Preferred structural schemes for increasing heights. (SOM)

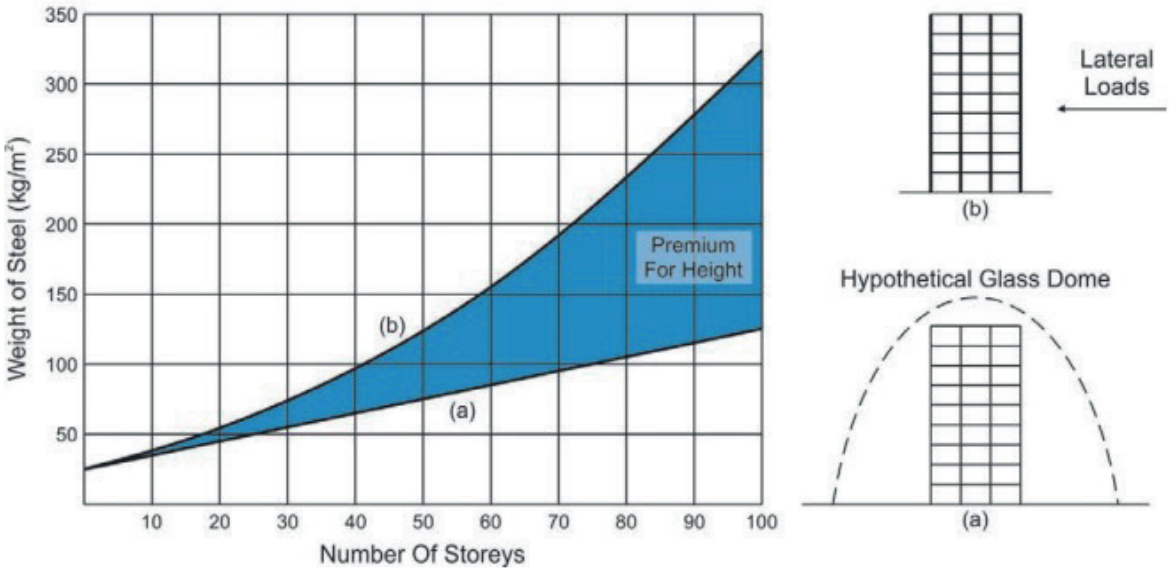
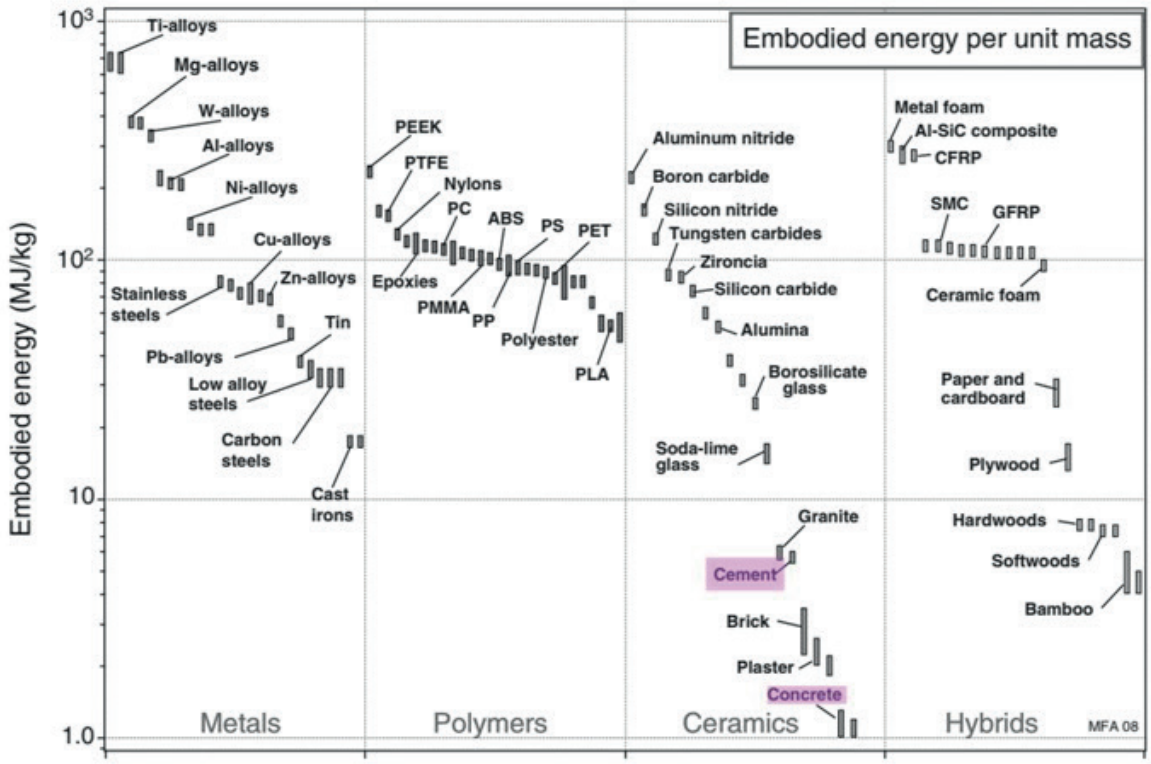


Fig. 5 - Premium for height (F. Khan, SOM)

The size of the structure

The structural scheme defines the force flow from the external loads to the foundation of the building. It is completely independent from the material or the specific structural system used. However, buildings are not mathematical constructs and at one point the designer must choose how it is intended to be built, which then defines the final typology and size of the structural elements.

Concrete and steel are the most common construction materials for tall buildings, with timber slowly making its way. Other structural materials have not been proved (yet) to be a valid alternative. It is, in general, not possible to say which is the best material and this must be chosen on a project basis. As a simple example, the wide-spread belief that concrete is not a sustainable material can be easily disproved by checking its embodied energy per unit mass (or volume), which is the lowest among all viable construction materials. The problem with concrete is that we use too much of it, either because we place it where it should not be (i.e. in tensioned elements) or because we use obsolete construction techniques.



Bar chart of the embodied energies of materials per unit mass (Ashby, 2009)
Note: the scale is logarithmic.

Fig. 6 - Embodied energy of materials per unit mass (Ashby, 2009)

Similarly, there are a multitude of different technologies to realise structural elements (columns, walls, slabs, beams, etc.), each of them with characteristics that may or not fit the specifics of the projects. A careful analysis of all the viable structural systems for the project must always be carried out at the beginning of the sizing phase (Fig. 7).

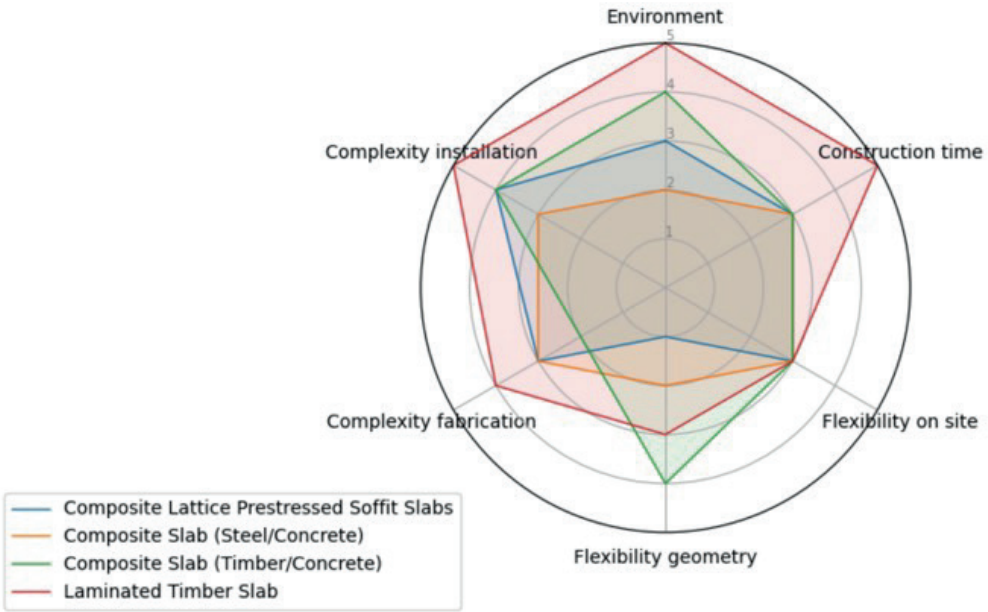


Fig. 7 - Comparison of structural slabs. (Ranaudo, 2020)

Fig. 8 - Concrete flat slab

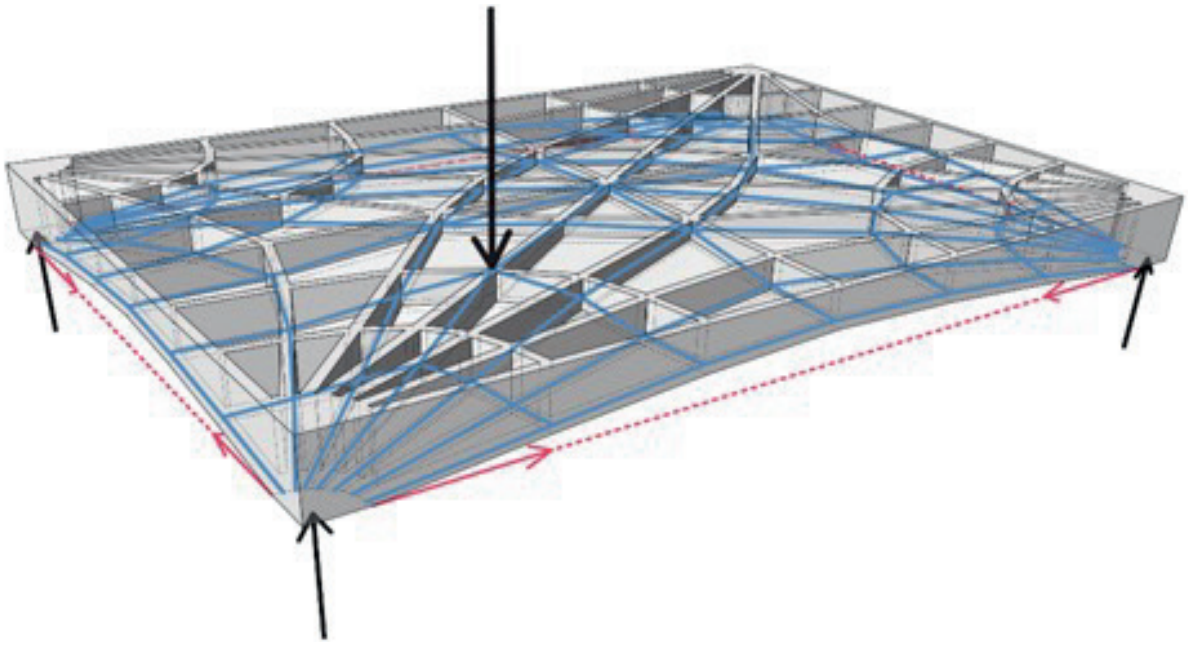


FIG. 9 - RIB-STIFFENED FUNICULAR FLOOR (BRG)

WORKSHOPS

Workshop - Statics 1

Topics:

Part 1: The environmental challenges (1h)
The students will learn about the environmental challenges that the building and construction industry faces in the imminent future and possible strategies to mitigate energy use, carbon emissions and resource depletion. They will be introduced to the themes of Strength Through Geometry, Material Effectiveness, Digital Fabrication and Computational Design, which can be used to design efficient and sustainable building structures. All the topics will be discussed from a high-level point of view, without delving deep into the calculations, and with the help of real case applications. At the end of this part of the workshop, the students will be aware of the importance of the structure for the overall sustainability of the project and will be able to formulate a critical assessment of the environmental performance of their design choices.

References:

- **Redefining Structural Art: Strategies, necessities and opportunities (Block et al.)**
- **How to calculate embodied carbon (IStructE)**
- **Lecture slides**

Assignments:

- **None**

Part 2: The shape of the structure (1h)
This part will discuss how to approach the structural design of a tall building and start the shaping of the structural scheme. Materials, technologies and elements' sizes will not play any role at the moment. We will follow the flow of the vertical and horizontal loads to understand the behaviour of the most common structural typologies. We will compare the structural performance of similar systems and the premium associated with each alternative. At the end of this part of the workshop, the students will be able to design schematic load bearing structures for their projects, compute the loads acting on them and evaluate their performance.

Assignments:

- **Provide 3 different structural schemes able to accommodate the required distribution of functions and spaces.**
- **Discuss the pros and cons of each alternative and compare them, with particular attention to the environmental aspects.**
- **Choose a preferred scheme and justify your choice.**

References:

- **Designing Tall Buildings - Structure as Architecture (M. Sarkisian)**
- **Form and Forces (Allen, Zalewsky)**
- **Lecture slides**

Workshop - Statics 2

Topics:

Part 3: The size of the structure (1h)
The goal of this workshop is to learn how to transform the schematic concept previously developed into a realistic structural design. This will mean to assign to the general structural scheme actual materials and sizes. To this end, information about the most common construction materials and structural systems, their characteristics and how to preliminarily size them, will be provided. The discussion will cover reinforced concrete, steel and timber, and will analyse the main elements of the super- and sub-structure. Since it is not realistically possible to cover every structural system, references will be given to study at home and peculiar applications will be discussed individually with each group. At the end of the workshop, the students will be able to generate a realistic structural design for their project, with everything that is needed for a preliminary sustainability assessment of their design.

Assignments:

- **Using the force flow previously developed, assign to each part of the structural scheme a suitable material and fabrication strategy**
- **Select possible structural systems for each element**
- **Size the elements accordingly and evaluate if the design assumptions and choices are correct and realistic, otherwise go back and reformulate them.**
- **Compute the GWP of your structure and comment on the sustainability aspects introduced in Workshop 1.**

References:

- **Structural Engineer's Pocket Book (F. Cobb)**
- **Economic Design of Concrete Frames to Eurocode 2 (MPA - The Concrete Centre)**
- **Lecture slides**

Part 4 (optional): One-to-one consultations (10-15 mins per group, >3h)
Each group presents its assignment and discusses with the assistants previous choices and the next steps.

Superstudio, IL MONUMENTO CONTINUO, GRAND HOTEL COLOSSEO, Fotomontage 1969 © FONDAZIONE MAXXI

PRÄZISIERUNGEN

STÄDTEBAU, CLUSTER

Durch Clusterbildungen werden die Hochhäuser einfacher in die Stadt integriert und die oft zufälligen Positionen der einzelnen Hochhäuser vermieden. Eine Gruppe von hohen Häusern schafft eine neue Massstäblichkeit des Ortes, die dann in den verschiedenen Stadtstrukturen selbstverständlich seinen Platz findet. Um ein überzeugendes Ensemble zu erreichen, sind die Türme in der Gestaltung der Volumen und Fassaden sowie in der Wahl der Materialien aufeinander abgestimmt. Der Sockel schafft überzeugende Aussenräume mit klaren Adressen, der Mittelbereich bildet übergeordnete, städtische Räume mit gemeinschaftlichen Terrassen und der Kronenbereich eine einprägsame Silhouette. Die Cluster werden zu speziellen Orten in der Stadt, die von fern und nah sicht- und erlebbar sind.

NUTZUNGSVIELFALT, HIERARCHIE, ERSCHLIESSUNG, AUSSENRÄUME

Die Vision eines vertikalen Konglomerats von verschiedenen Nutzungen ist wichtiger Bestandteil des Entwurfs. Die Stapelung der unterschiedlich grossen Räume hat direkten Einfluss auf die Formung des Volumens, die Tragstruktur und die Entwicklung des Erschliessungssystems. Dieses soll innovativ sein und angereichert mit Räumen der Gemeinschaftlichkeit. Aus Wohnen, Dienstleistung, Ateliers, Forschung, Manufakturen, Produktion, Gewerbe, Gastronomie, Retail, Bildung, Fitness und Freizeit können auch hybride Nutzungsformen wie home-office, co-working, working-living, selling-production, meet-eat, after-work-exchange, etc. abgeleitet werden. Diese können zwischen den grossen Nutzungsbereichen vermitteln und diese durchlässiger machen. Reihungen, Stufungen, Schachtelungen, Stapel von vielen, ähnlichen Einheiten sind für die Formung des Volumens wichtig, ebenso wie der nutzungsbezogene und strukturelle Wechsel zwischen den verschiedenen Gebäudeteilen.

ERDGESCHOSS, INTEGRATION QUARTIER, VERNETZUNG

Weil der Turm vertikal viel Nutzungen und Menschen beherbergt, ist das Erdgeschoss durch Bewegung geprägt, lebhaft und für alle zugänglich. Öffentliche Nutzungen im Sockel und in der Krone vernetzen das Gebäude im Quartier und in der Stadt. Im besten Fall ergänzen sich Turm und Quartier, intensivieren das städtische Leben vor Ort und lassen das Gebäude zu einem Teil des gesellschaftlichen Lebens von Zürich werden.

GRÖSSENORDNUNGEN

Abhängig von Ort und Konzept sind die Türme 90 bis 150m hoch und haben 25 bis 55 Geschosse. Das Wohnen hat aufgrund der ökonomischen Anforderungen des preisgünstigen Wohnungsbaus 6 bis 10 Wohnungen pro Geschoss und eine Geschossfläche von 600m2 (2 Lifte, 1 Fluchttreppenhaus) bis 1200m2 (3-4 Lifte, 2 Fluchttreppenhäuser). Büro- und Dienstleistungsgeschosse sind min. 1000m2 und Manufaktur- und Produktionsflächen mind. 1500m2 gross. Die oberirdische Geschossfläche beträgt je nach Projekt zwischen 30‘000m2 bis 50‘000m2. Bei einigen Standorten sind auch mehrere Türme möglich.

VISUALISIERUNGEN ALS TEIL DES ENTWURFS

Schon früh unterstützen 3D-Darstellungen der Volumen und Räume den Entwurfsprozess. Zu Beginn sind es abstrakte S/W Darstellungen, mit denen man die Volumenformung, Proportionen, Teilungen und Lichtverhältnisse überprüft. Sie werden in Umgebungsfotos eingesetzt, von Hand überzeichnet oder mit Texturen belegt. Die Bilder werden mit dem fortschreitenden Entwurfsprozess verdichtet und zeigen am Schluss die Essenz des Entwurfskonzepts, die Raum-, Licht- und Materialstimmungen. Es sind spezifische Darstellungen, die den Inhalt des Projektes unterstützen - keine Verkaufsbilder. Die finalen Visualisierungen haben präzise Blickpunkte und Ausschnitte und sind explizit persönlich. Sie sind modellartig und abstrakt, lichtbestimmt und geheimnisvoll oder farbig und grafisch. Sie haben einmontierte Readymades oder hochauflösende und lichtaffine Materialoberflächen. Es können Linienzeichnungen, einfache Texturdarstellungen, realistische Lichtstimmungen oder eine Mischungen aus Computerdarstellung und Handzeichnung sein. In zwei Inputs wird Martin Wey von ZUEND digitale Techniken und Darstellungsarten vermitteln und an 2 Tagen für Tischbesprechungen und Fragen zur Verfügung stehen.

NACHHALTIGKEIT

Jules Petit von Lemon Consult wird uns in die Nachhaltigkeit einführen und die Projekte während ihrer Entwicklung begleiten.

Bild: Kommunaler Richtplan Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen Stadt Zürich
Richtplantext – Antrag des Stadtrats vom 24. Oktober 2019

STRATEGIEN DER STADT ZÜRICH

RICHTLINIEN FÜR DIE PLANUNG UND BEURTEILUNG VON HOCHHAUSPROJEKTEN

Aktualisierte Neuauflage 2012

HOCHHÄUSER IN ZÜRICH

Richtlinien für die Planung und Beurteilung von Hochhausprojekten

November 2001

Hochbaudepartement der Stadt Zürich
Amt für Städtebau

Die Ziele dieser Richtlinien

Qualitätssteigerung

Nicht an jedem Ort sind Hochhäuser am rechten Platz: Nur präzis gesetzte und sorgfältig gestaltete Bauten werden zu wichtigen Merkpunkten in der Stadt. Dann tragen sie zu einem beeindruckenden und unverwechselbaren Stadtbild bei.

Präzisierung des § 284 PBG

Die Richtlinien liefern Grundlagen zur qualitativen Beurteilung von Hochhausprojekten. Sie füllen die im § 284 PBG nicht näher definierten Vorgaben mit konkreten Inhalten, d.h. Kriterien zur Beurteilung von städtebaulicher und architektonischer Qualität. Dazu werden Kategorien mit unterschiedlichen Anforderungen aufgestellt, nach denen Hochhausprojekte beurteilt werden.

Einzelfallbeurteilung und Rechtssicherheit

Der gesetzliche Auftrag der Einzelfallbeurteilung eines Baugesuches wird erfüllt. Die Richtlinien zeigen auf, wie der im kantonalen Planungs- und Baugesetz verliehene Ermessensspielraum gehandhabt wird, erhöhen damit die Rechtssicherheit und erleichtern die Gleichbehandlung.

Frühzeitige Kontaktaufnahme vermindert den Projektierungsaufwand

Die Kontaktaufnahme mit dem Amt für Städtebau bereits im frühen Planungsstadium ermöglicht die Erläuterung der in den Richtlinien festgelegten Anforderungen. Diese Begleitung und Beratung gewähren einen möglichst reibungslosen Ablauf des Planungsverfahrens.

Impressum

Herausgeberin:
Stadt Zürich
Hochbaudepartement
Amt für Städtebau (AfS)

Druck: Mattenbach AG, Winterthur

Bezugsquelle:
Stadt Zürich
Amt für Städtebau
Lindenhofstrasse 19
8021 Zürich
Telefon: 044 412 11 11
afs@zuerich.ch

www.stadt-zuerich.ch/hochbau

Die Ausgangslage

Planungs- und Baugesetz des Kantons Zürich (PBG)

Das Planungs- und Baugesetz des Kantons Zürich regelt den Begriff und die Zulässigkeit sowie die Anforderungen an Hochhäuser.
Die zwingenden kantonalen Vorgaben sind in den folgenden Paragraphen festgelegt:

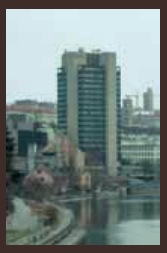
§ 282 Hochhäuser sind Gebäude mit einer Höhe von mehr als 25 m. Sie sind nur gestattet, wo die Bau- und Zonenordnung sie zulässt.

§ 284 Abs. 1 Hochhäuser müssen verglichen mit einer gewöhnlichen Überbauung ortsbaulich einen Gewinn bringen oder durch die Art und Zweckbestimmung des Gebäudes bedingt sein.

§ 238 Abs. 2 Auf Objekte des Natur- und Heimatschutzes ist besondere Rücksicht zu nehmen; ...

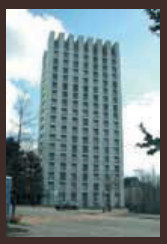
§ 284 Abs. 2 Hochhäuser sind architektonisch besonders sorgfältig zu gestalten.

Die Anforderungen des ortsbaulichen Gewinns und der architektonisch besonders sorgfältigen Gestaltung werden in den nachfolgenden Richtlinien näher umschrieben.



§ 284 Abs. 3 Die Ausnützung darf nicht grösser als bei einer gewöhnlichen Überbauung sein; eine Ausnahme ist ausgeschlossen. Vorbehalten bleiben die Bestimmungen über Arealüberbauungen, Sonderbauvorschriften und Gestaltungspläne.

Der Anreiz heute ein Hochhaus zu bauen, liegt bei der Zeichensetzung und nicht bei der zusätzlichen Ausnützung.



§ 284 Abs. 4 Die Nachbarschaft darf nicht wesentlich beeinträchtigt werden, insbesondere nicht durch Schattenwurf in Wohnzonen oder gegenüber bewohnten Gebäuden.

Die Anforderungen bezüglich Schattenwurf werden im § 30 der Allgemeinen Bauverordnung näher erläutert. Der Nachweis des Ausmasses der Beeinträchtigung ist zwingender Bestandteil der Baueingabe. Eine Anleitung zur Konstruktion eines Schattendiagramms ist im Amt für Städtebau oder im Amt für Baubewilligungen erhältlich.

§ 68 Im Zonenplan können Gebiete bezeichnet werden, in denen Hochhäuser gestattet sind.

Im Rahmen der Bau- und Zonenordnung 1999 wurden die Gebiete festgelegt, in denen Hochhäuser gestattet sind.

Bau- und Zonenordnung der Stadt Zürich (BZO)

Art. 9 [1] Hochhäuser sind in den im entsprechenden Ergänzungsplan bezeichneten Gebieten zulässig.

[2] Die zulässige Gesamthöhe beträgt in den Gebieten I und II 80 m und im Gebiet III 40 m.

Die städtebaulichen Prinzipien

Das Amt für Städtebau hat in einer Grundlagenarbeit Prinzipien für die Ausscheidung der Hochhausgebiete in der Stadt Zürich definiert.

Hochhäuser gehören in die Stadt.
Das Hochhaus ist ein Gebäude, das in zentrumsnahe Gebiete und nicht in die Peripherie gehört. Diese Interpretation steht im Gegensatz zu der Auffassung der 60er und 70er Jahre, als das Hochhaus mehrheitlich auf die grüne Wiese gesetzt wurde.

Keine Satelliten.
Durch einen Grünraum vom Stadtgebiet abgetrennte Siedlungsgebiete werden als Hochhausgebiete ausgeschlossen.

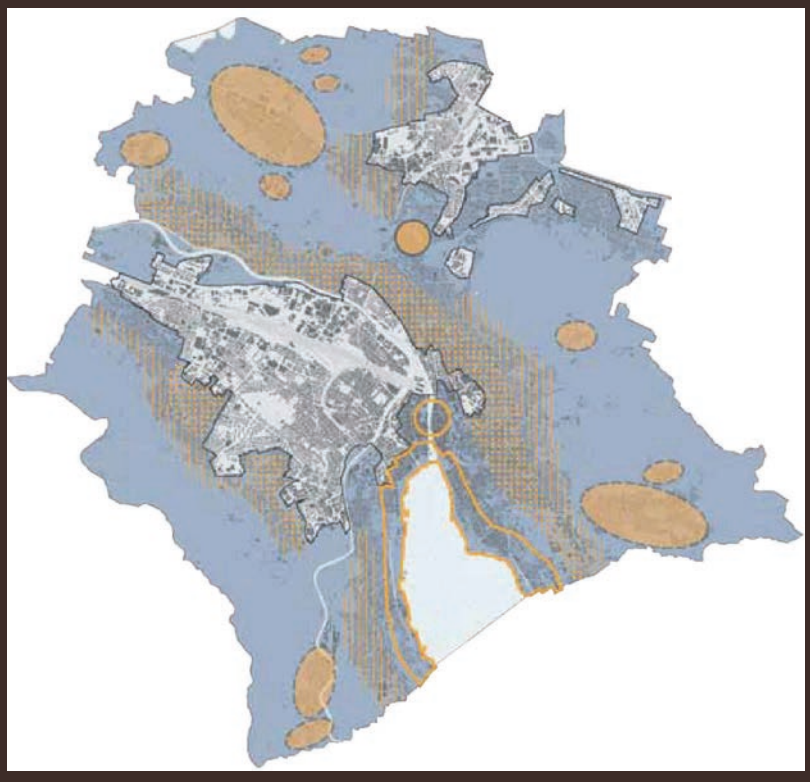
Baugebietsränder sind sensibel.
An den Übergängen zu Freihalte- und Erholungszonen dürfen keine Hochhäuser stehen.

Aussicht wird geschützt.
Ebenso ausgenommen sind topografisch empfindliche und bevorzugte Wohngebiete wie Hang-, Ansichts- und Aussichtslagen. Ausnahmen bilden die leichten Hanglagen in Wiedikon, Albisrieden und Altstetten. Hier befindet sich bereits eine grosse Anzahl von Hochhäusern.

Seeufer bleibt frei.
Die Ausstrahlung und Präsenz des Sees soll nicht durch Hochhäuser konkurrenziert werden.

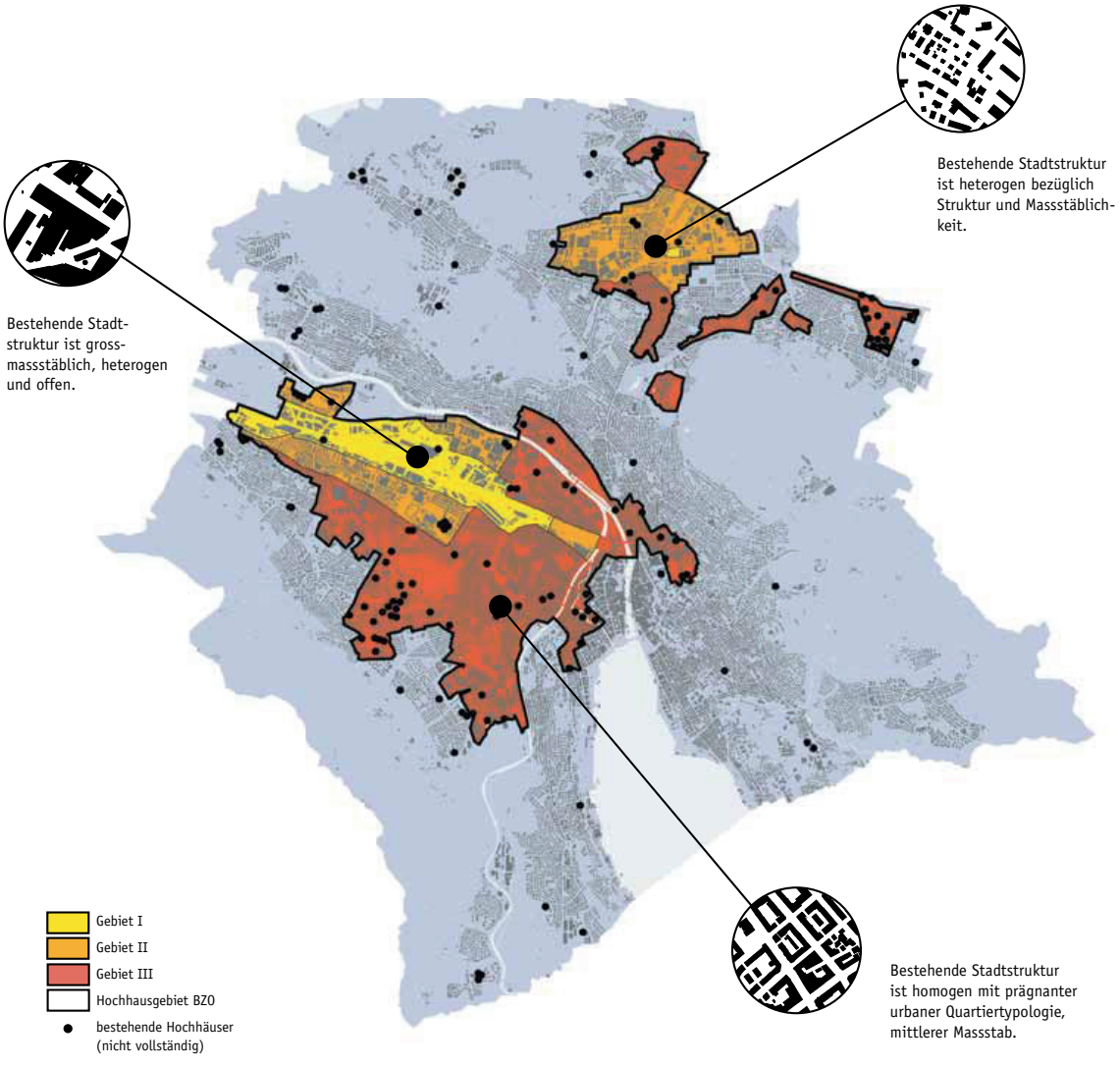
Keine Hochhäuser in der Altstadt.
Die Altstadt als schützenswertes Ensemble wird von Hochhäusern freigehalten.

Keine Hochhäuser auf dem Milchbuck.
Der Milchbuck als exponierter Übergang zwischen Zürich City und Zürich Nord bleibt frei von Hochhäusern.



Die Hochhausgebiete

Die im Zonenplan ausgeschiedenen Hochhausgebiete sind von sehr unterschiedlicher Bebauungsstruktur. Nicht alle Standorte sind für den Hochhausbau gleich gut geeignet. Nach den Kriterien Stadtstruktur, Verkehrserschliessung, Entwicklungspotential und Nutzungsstruktur wurden drei Hochhausgebiete ausgeschieden. Je nach Gebiet sind die Anforderungen verschieden.



Der rechtsverbindliche Hochhausgebietsplan der BZO im Massstab 1:12500 kann beim Info-Desk Hochbaudepartement im Amsthaus IV bezogen werden.

Die Anforderungen an Hochhausprojekte

Je nach Standort werden unterschiedliche Anforderungen an die städtebauliche Einordnung, den Bezug zum öffentlichen Raum und das Nutzungskonzept gestellt. Die Qualitätsansprüche an die Architektur und die Ökologie sind in allen Gebieten gleich definiert.
Gesucht ist die Optimierung aller Anforderungen. § 284 PBG besagt, dass für Hochhausprojekte erhöhte Anforderungen gelten. Dies trifft auch auf die Sanierung bestehender Hochhäuser zu.

	1 Städtebauliche Einordnung	2 Bezug zum öffentlichen Raum	3 Nutzungskonzept
Anforderungen an Hochhäuser in **Gebiet I** weniger empfindlich	Gesamthöhe bis 80 m. Höhen über 80 m sind im Rahmen von Sonderbauvorschriften oder eines Gestaltungsplanes möglich.* Der Bezug zu den bestehenden und projektierten Gebäuden grossmassstäblichen und heterogenen Charakters ist mit grosser Sorgfalt herzustellen. Projektierte Hochhäuser sollen weiträumig mit dem Stadtkörper in präzise Beziehung treten und wenn möglich Gruppen bilden.	Die Schaffung von Innen- und Aussenraum mit hohem Öffentlichkeitscharakter ist von grosser Bedeutung. Die Anordnung des Hochhauses, seine Erdgeschossgestaltung und seine umgebenden Aussenräume sollen die Vernetzung der bestehenden und geplanten öffentlich zugänglichen Freiräume unterstützen.	Mischnutzung ist anzustreben. Hoher öffentlicher Anteil im Erdgeschoss und mindestens halböffentlicher Anteil in einem der obersten Geschosse.
Anforderungen an Hochhäuser in **Gebiet II** empfindlich	Gesamthöhe bis 80 m.* Der Bezug zu den bestehenden und projektierten Gebäuden heterogenen Charakters ist mit grosser Sorgfalt herzustellen. Projektierte Hochhäuser sollen mit einzelnen Hochhäusern im Quartier in präzise Beziehung treten.	Die Schaffung von Aussenraum mit hohem Öffentlichkeitscharakter ist von grosser Bedeutung. Die Anordnung des Hochhauses, seine Erdgeschossgestaltung und seine umgebenden Aussenräume sollen bestehende öffentliche Aussenräume bereichern und aufwerten respektive zur Schaffung neuer beitragen.	Öffentlicher Anteil im Erdgeschoss und mindestens halböffentlicher Anteil in einem der obersten Geschosse.
Anforderungen an Hochhäuser in **Gebiet III** sehr empfindlich	Gesamthöhe bis 40 m.* Hochhäuser sind mit grosser Sorgfalt in das bestehende, sensible Stadtgefüge einzusetzen, insbesondere in Quartiererhaltungs- und Kernzonen. Projektierte Hochhäuser sollen mit den Bauten des Nahumfeldes in präzise Beziehung treten.	Die Schaffung von Aussenraum mit hohem Öffentlichkeitscharakter ist von grosser Bedeutung. Das Hochhaus soll durch seine Erdgeschossgestaltung und durch seine Umgebung bestehende öffentliche Aussenräume bereichern oder aufwerten.	Halböffentlicher Anteil im Erdgeschoss.

* Gesamthöhe = gesamte Höhe des Gebäudes inkl. Dach und Aufbauten, ohne Antennen

4 Ökologie

Anforderungen an Hochhäuser an allen Standorten

Form und Ausrichtung
Das Hochhaus muss in seiner Form und Ausrichtung ökologisch und klimatisch sinnvoll in das Stadtgefüge eingesetzt sein. Im Freiraumkonzept der Stadt Zürich (Grün Stadt Zürich, 18.04.1986) sind die stadtklimatisch empfindlichen Gebiete gekennzeichnet.

Konstruktion
Für die Konstruktion müssen – bei gleichzeitig guter Gestaltung – ökologisch und klimatisch überzeugende Konzepte angewendet werden. Ziel ist die Erhaltung oder Verbesserung der mikroklimatischen Verhältnisse, insbesondere bezüglich Durchlüftung, Wärmeinsel-Effekte und Schadstoffverteilung.

Aussenraumkonzept
Das Gebäude muss in ein Aussenraumkonzept eingebunden werden, das auch ökologischen Ansprüchen genügt.

5 Architektur

Anforderungen an Hochhäuser an allen Standorten

Nähere Umgebung
Durch seine Architektur soll sich das Hochhaus in den unmittelbaren städtebaulichen Kontext einfügen.

Proportionen
Wichtig sind die Proportionen eines Hochhauses. Dabei ist das Verhältnis von Grundriss zu Höhe und die Einordnung des Baukörpers in die nähere und weitere Umgebung von besonderer Bedeutung.

Gliederung
Es ist auf eine sorgfältige Gliederung des Hochhauses und einen bewussten Umgang mit den Themen Sockel, Schaft und oberer Abschluss zu achten.

Grundriss und Schnitt
Grundriss und Schnitt müssen eine hohe Qualität aufweisen. Sie müssen aus dem Bautyp des Hochhauses entwickelt werden.

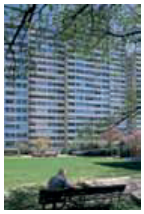
Öffentliches Erdgeschoss
Der architektonischen Gestaltung und adäquaten Proportionierung des öffentlichen oder halböffentlichen Erdgeschosses kommt hohe Bedeutung zu. Sie ist ein entscheidender Faktor für den gelungenen Bezug zwischen Innen- und Aussenraum.

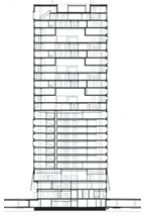
Tag und Nacht
Das unterschiedliche Erscheinungsbild eines Hochhauses am Tag und in der Nacht ist in die Gestaltung einzubeziehen und architektonisch zu thematisieren.

Fassadengestaltung
Die Fassadengestaltung soll Ausdruck des architektonischen Gesamtkonzeptes und deren zukunftsweisender, konstruktiver Umsetzung sein.

Fernwirkung
Neben der architektonischen Einordnung ins Nahumfeld ist die Gesamtkomposition, die volumetrische Ausbildung und die Materialisierung auf die Fernwirkung hin auszugestalten.

Reklamekonzept
Im Rahmen der Projektierung ist ein Reklamekonzept zu erarbeiten. Reklamen sind als Teil der Architektur aufzufassen und müssen dem Gesamtkonzept des Hochhauses entsprechen. Die Bedeutung der einzelnen Komponenten des Reklamekonzeptes sind auf ihre Nah- bzw. Fernwirkung abzustimmen.





Das Bewilligungsverfahren

Bauabsicht

Das Amt für Baubewilligungen koordiniert das Bewilligungsverfahren für ein Hochhausprojekt. In einem Beratungsgespräch informiert es Bauwillige über alle Anforderungen des Verfahrens.

Das Amt für Städtebau erläutert die vorliegenden Richtlinien, berät und begleitet die Projektierenden in städtebaulichen und architektonischen Fragen. Es agiert dabei als Mittler zwischen Stadt und Bauträgerschaft. Ein frühzeitiger Kontakt wird angestrebt. Damit werden sowohl ein reibungsloser Ablauf als auch die Qualitätssicherung gewährleistet.

Vorprojekt / Konkurrenzverfahren

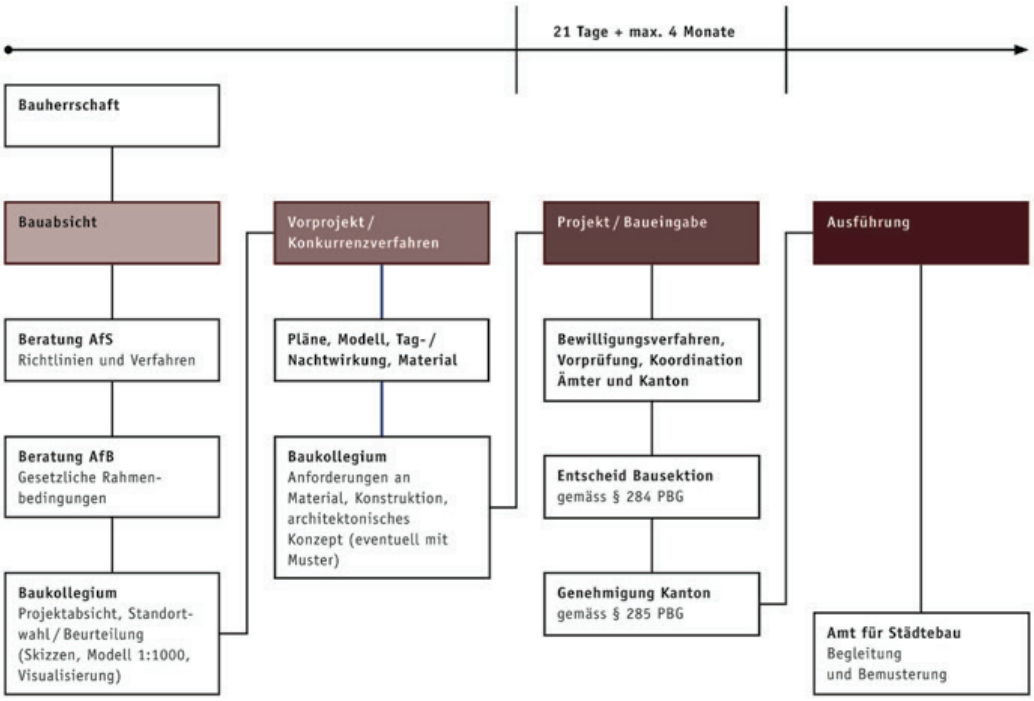
Durch die Wahl eines Konkurrenzverfahrens – eine dringende Empfehlung des Hochbaudepartementes – zur Erlangung eines Vorprojektes können verschiedene Projektvorschläge miteinander verglichen und Vor- und Nachteile sorgfältig abgewogen werden. Die Zusammensetzung des Beurteilungsgremiums mit einer Mehrheit von Fachjuroren gewährleistet ein städtebaulich und architektonisch hochstehendes Fachurteil.

Durch die Optimierung aller für die Bauträgerschaft und die Stadt relevanten Faktoren kann bereits in einem frühen Stadium der Projektentwicklung eine hohe Planungssicherheit in Bezug auf die Anwendung des § 284 PBG erzielt werden.

Projekt / Baueingabe

Das Hochhausprojekt wird vom Baukollegium beurteilt, das einen Antrag zu Handen der Bausektion formuliert. Wurde ein Wettbewerb nach anerkannten Prinzipien durchgeführt, nimmt das Baukollegium das Projekt nur zur Kenntnis. Es respektiert das Urteil der Jury.

Mit Beschluss vom 16. Mai 2001 hat der Gemeinderat den Stadtrat eingeladen, dafür zu sorgen, dass die Richtlinien im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten als Grundlage für die qualitative Beurteilung von Hochhausprojekten im Baubewilligungsverfahren zur Anwendung gelangen.



Siegfriedkarte 1930 I M 1:15‘000

VIER ENTWURFSORTE

ENTLANG DER LIMMAT
AN BRÜCKEN ÜBER DEN FLUSS

- **Hardhof**
- **Förrlibuck**
- **Escherwyss**
- **Lettenviadukt**

HARDHOF
FÖRRLIBUCK

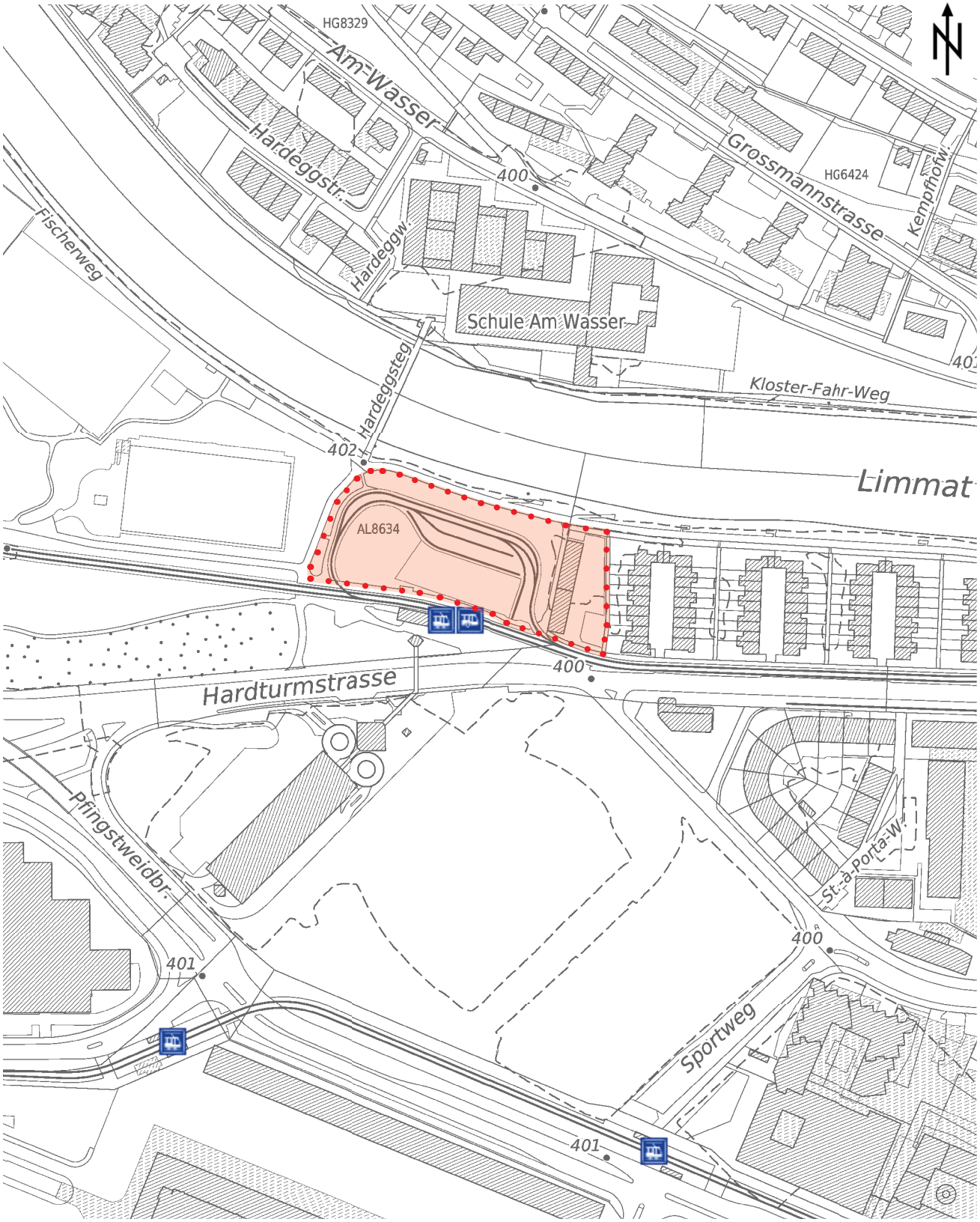
ESCHERWYSS
LETTENVIADUKT

FOCO
BASIS LAGER

HARDHOF

Die Parzelle Hardhof befindet sich direkt an der Limmat und bildet die Endhaltestelle der Tramlinie 8. Östlich des Entwurfsortes stellt die Sportanlage Hardhof zusammen mit dem Flussraum ein wichtiges Freizeit- und Erholungsgebiet für die Bevölkerung dar. Auf der Parzelle befindet sich nebst der Tramschlaufe ein Schulpavillon mit Mittag- und Abendhort. Auf der gegenüberliegenden Seite der Limmat kann die Primarschule am Wasser über den Hardeggsteg erreicht werden. Die Schule besteht aus vier Kindergärten, sechs Unterstufen- und sechs Mittelstufenklassen sowie drei Mittag- und Abendhorten. Die Schüler*innen und Kindergartenkinder kommen aus den nahe der Limmat gelegenen Siedlungen des Quartiers Höngg. Westlich des Bauplatzes Hardhof schliessen die denkmalgeschützten Bernoulli-Häuser an, welche als Reihenhaussiedlung in den Jahren 1924-28 erbaut wurden. Architekt und zugleich Bauherr der Arbeitersiedlung war Hans Bernoulli. Mit dem Grundsatz, der Boden soll der Gemeinschaft oder der öffentlichen Hand gehören und somit der Spekulation entzogen werden, plante Bernoulli die Kleinhäuser mit eigenen privaten Gärten. Der Erschliessungsraum mit den Parkplätzen war ursprünglich als gemeinsamer Begegnungsraum gedacht. Die Reihenhaussiedlung ist ein wichtiger Zeitzeuge und von nationaler Bedeutung. Heute sind die Bernoulli-Häuser umgeben von Geschäfts- und Wohnbauten, welche durch den enormen Massstabssprung in grossem Kontrast zur Siedlung stehen.
An der Kreuzung der Hardturm-/Förrlibuckstrasse steht die Hufeisensiedlung als dominante Grossform in dem heterogen bebauten Gebiet. Die unter Schutz stehende Gesamtanlage wurde zwischen 1933-34 vom Architekten Giacomo Barbatti erbaut und gehört heute noch der Stiftung à Porta. Die offene Hofrandbebauung zeichnet sich durch ihre charakteristischen Elemente wie die Dachform und die gerundeten Doppelbalkone an der Fassade aus. Gegenüber der genossenschaftlichen Siedlung entsteht das Hardturm-Areal. Den Zuschlag für dieses Projekt haben die Architekturbüros Pool, Caruso St.John und Boltshauser im Jahr 2016 erhalten. Das Projekt mit Fussballstadion, einer Genossenschaftssiedlung mit Doppelkindergarten sowie zwei 137m hohen Wohn- und Gewerbetürmen, wird durch die Schule Hardturm ergänzt. Die Schulhausnutzung wird im Turm West integriert und nebst 6 Primar- und 12 Sekundarschulklassen sollen zwei Sporthallen zur Verfügung stehen.

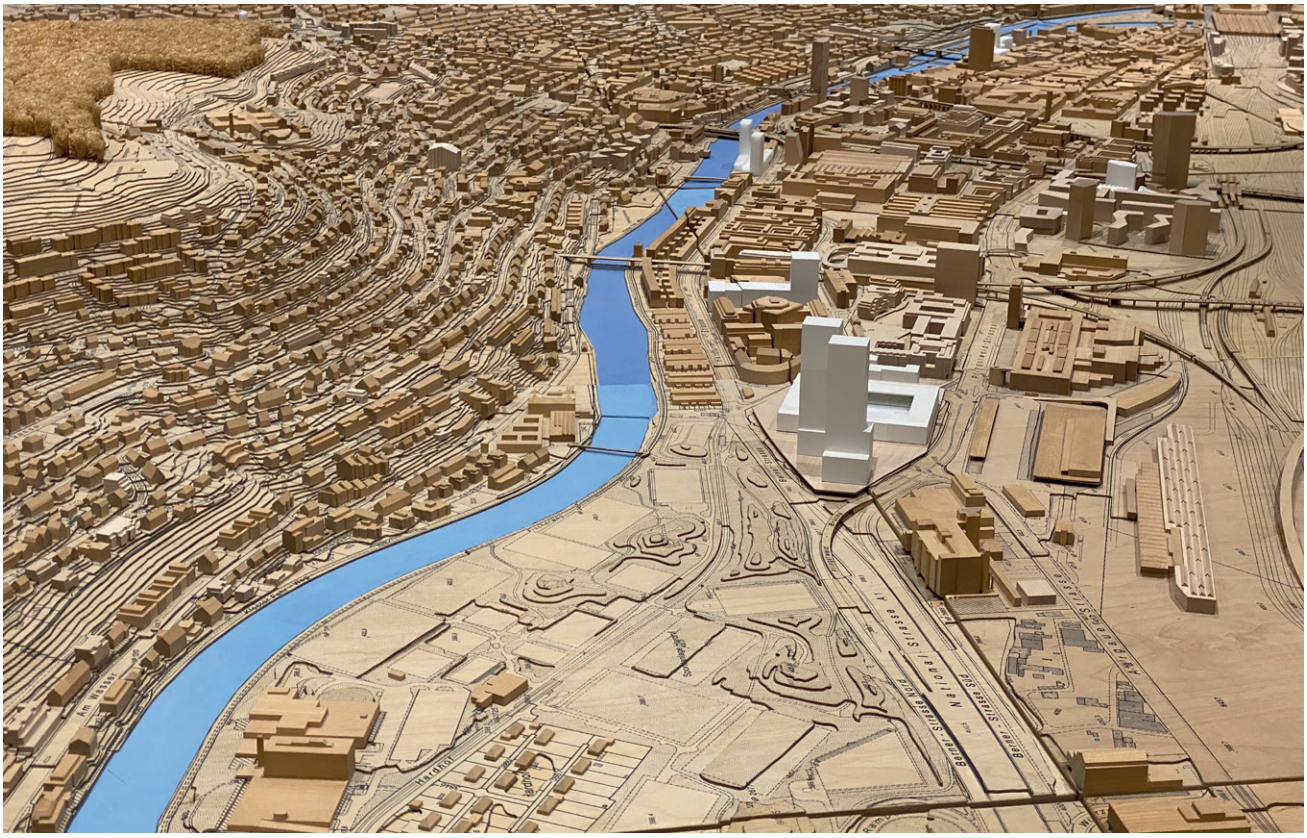
Der neue Turm bildet mit den beiden Hochhäusern des Hardturm-Areals einen Cluster, der den Eingang in die Stadt markiert. Gleichzeitig reagiert der Sockel auf die verschieden grossen Massstäbe der Nachbarbauten. Die Tramschlaufe mit Haltestelle und die Fussgängerbrücke sind zusammen mit öffentlichen Nutzungen Teil der Erdgeschossgestaltung. Im Sockel ist eine Sportschule mit verschieden grossen Hallen und Unterrichtsräumen als Ergänzung der äusseren Sportanlage denkbar. Im Turm sind preisgünstige Wohnungen in grosser Typologievielfalt angedacht. Im Übergang von Sockel zu Turm soll eine allgemeine Zone mit Waschen/Trocknen, Kindergarten, Gemeinschaftsraum und grosser Terrasse liegen. Homeofficezonen und spezifische Gemeinschaftsräume ergänzen die Erschliessung in der Vertikalen.



Situation I M 1:3000 I Hardhof

KIBAG

ewz

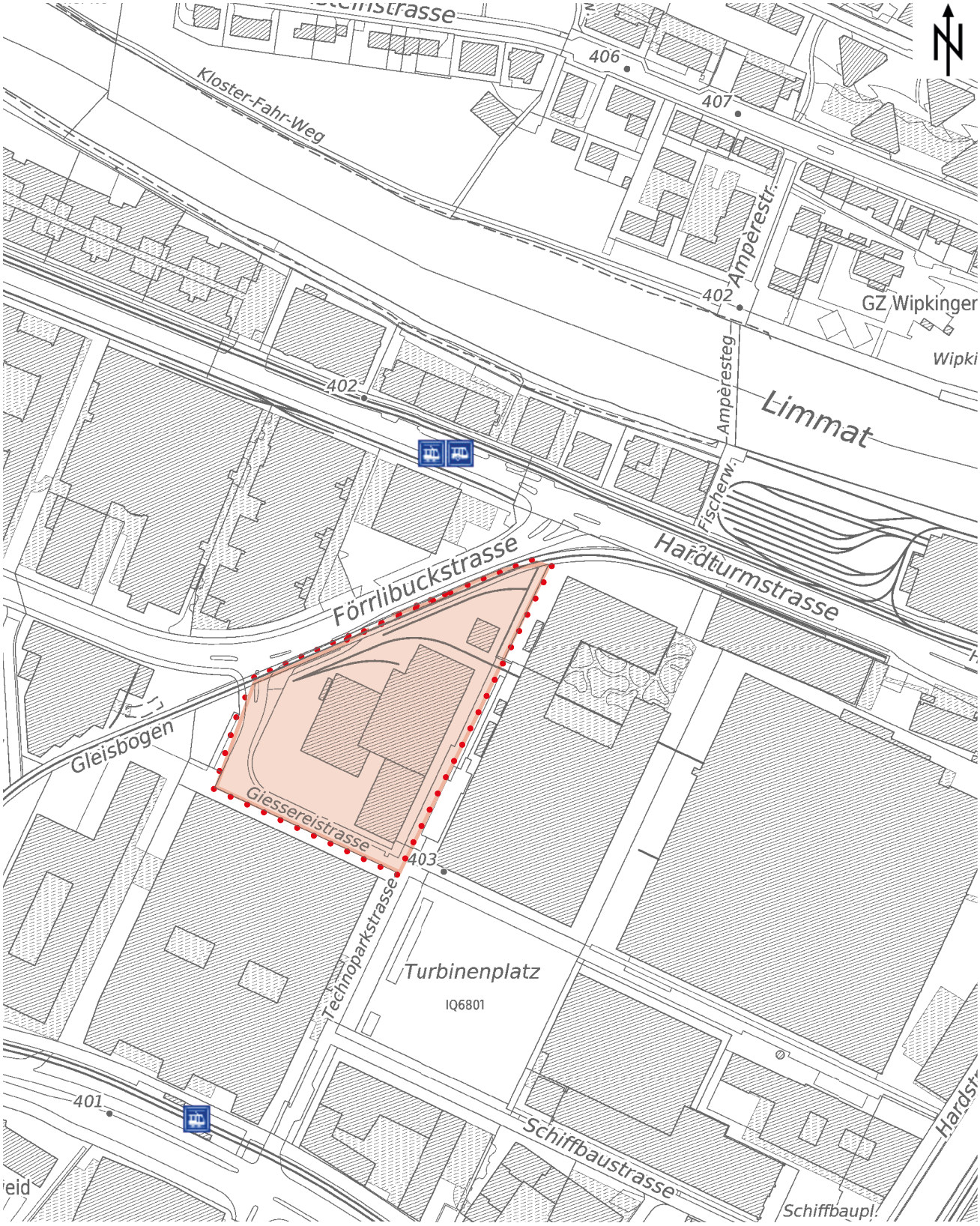


Duttweiler - Strasse

FÖRRLIBUCK

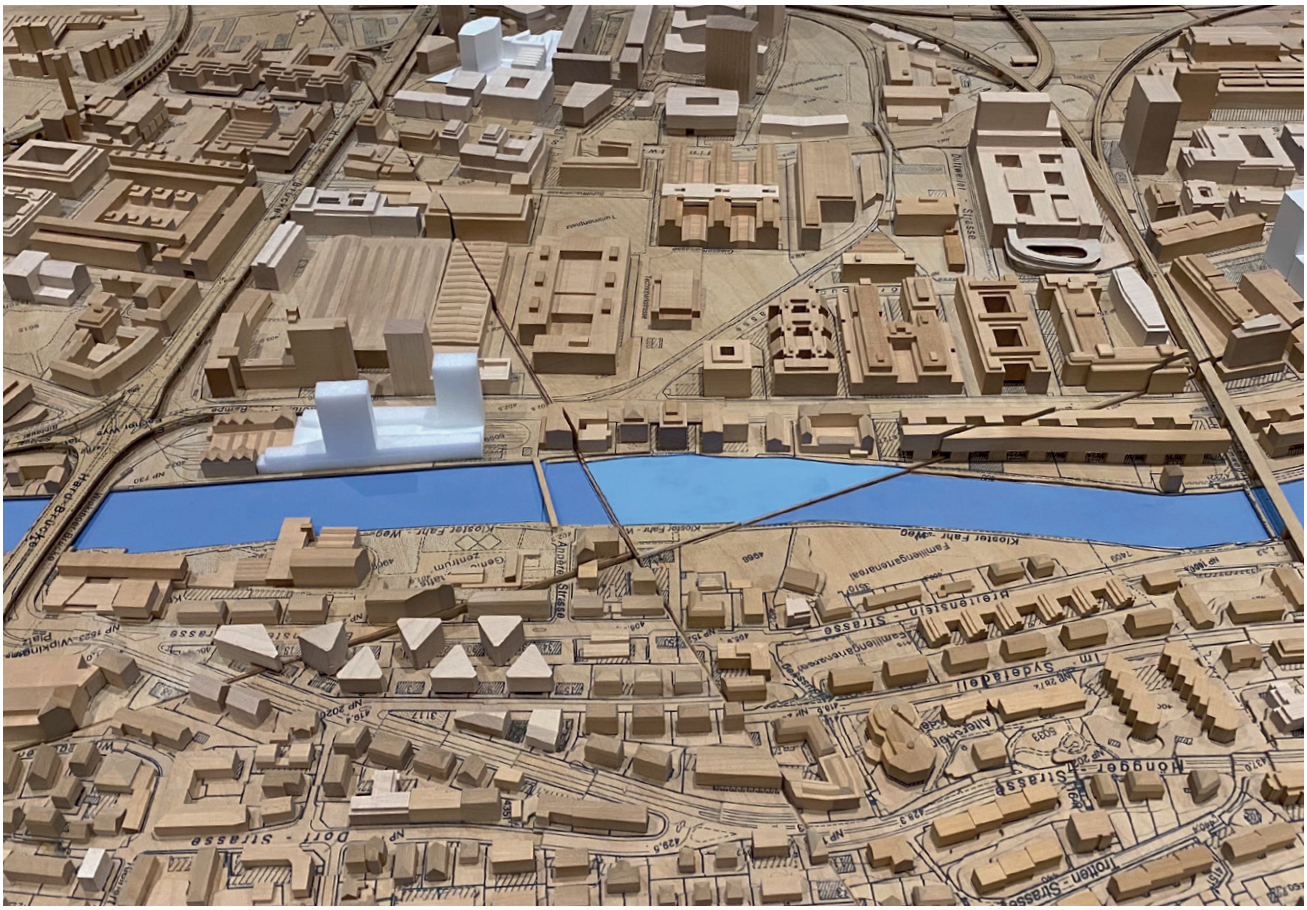
Der Bauplatz befindet sich an der Verzweigung Förrlibuck-/Hardturmstrasse und beherbergt grössere Hallen des Maschinenbauunternehmens MAN Energy Solutions Schweiz AG. Der Fokus des Unternehmens liegt auf der Entwicklung, Konstruktion, Produktion und Prüfung von Hightech-Kompressionssystemen. Diese werden eingesetzt, um kritische Prozesse in Industriezweigen wie Energie und Chemie zu ermöglichen. Der Hauptsitz der MAN Energy Solutions Schweiz AG liegt am Escher-Wyss-Platz, die Hallen auf dem Bauplatz Förrlibuck werden zur Produktion und als Lager benutzt. Der Entwurfsort ist einerseits mit den Tramlinien 8 /17 und andererseits über den Autobahnanschluss (A1) optimal erschlossen. Zusammen mit dem alleinstehenden Bürogebäude an der Förrlibuckstrasse 10, sowie dem westlich gelegenen Puls 5, liegt der Bauplatz an prominenter Lage in Zürich West. Das kompakte Bürogebäude wurde im Jahr 1963 gebaut und bildet mit seinem fast quadratischen Grundrisse und seinen sieben Geschossen, ein städtebaulich wichtiges Gegenüber. Die öffentlich zugängliche Halle des Puls 5 zeichnet sich durch die Integration der alten Giessereihalle (1983) als Zeuge der industriellen Vergangenheit aus. In der Halle finden Märkte und Events statt. Der Neubau enthält Läden, Restaurants, Schulnutzungen, Fitness und Wohnungen. Weiter Richtung Escher-Wyss-Platz steht das vom Architekturbüro E2A im Jahr 2014 gebaute 60 m hohe Wohnhochhaus Escher-Terrassen. Das 19-geschossige Wohnhochhaus mit 51 Wohnungen integriert ein bestehendes, altes Magazingebäude (1900), in dem sich die Probebühnen des Opernhauses befinden. Direkt anschliessend befindet sich das Mobimo-Bürohochhaus (Swisscom-Tower), welches im Jahr 1974 erstellt wurde. Das Hochhaus wurde 2011 komplett saniert und um drei, auf insgesamt 16 Geschosse, aufgestockt.
Auf der gegenüberliegenden Seite an der Limmat ist das Projekt Depot Hard in Ausführung, welches das Architekturbüro Morger Partner Architekten im Wettbewerbsverfahren 2015 gewonnen hat. Das Projekt besteht aus zwei rund 70 m hohen Türmen auf einem viergeschossigen Sockel. Im Erdgeschoss befindet sich das Tramdepot, darüber gliedern sich Reihenhäuser in Zeilen, die über eine halböffentliche Platzebene erschlossen werden.

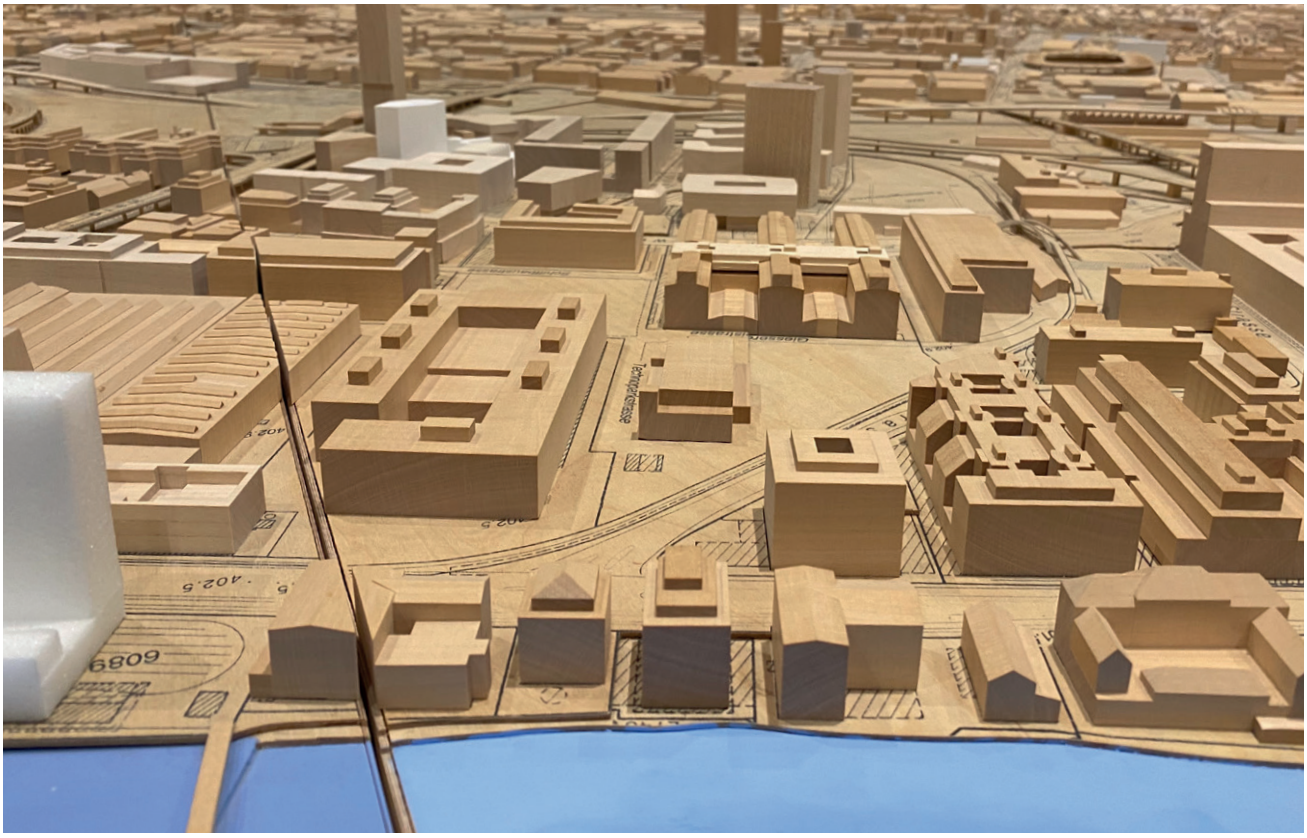
Die neuen Türme bilden zusammen mit dem Mobimo-Hochhaus, den Escher-Terrassen und den zwei Wohnhochhäusern des Tramdepots einen Cluster, der den Auftakt zu Zürich West bildet und den Escher Wyss Platz auszeichnet. Ein mögliches Nutzungsszenario im Sockel ist die Stapelung der Produktions- und Lagerhallen der MAN Energy Solutions Schweiz AG zu einer optimierten, vertikalen Fabrik, ergänzt mit öffentlichen Nutzungen und den Eingangshallen im Erdgeschoss. Die halböffentliche Nutzungen wie ein Ärztezentrum, Beratungsbüros und Co-Working in den Obergeschossen sind über ein Atrium mit offenen Treppen erschlossen. Im Turm befinden sich im unteren Drittel Ateliers und eventuell Manufakturen von innovativen Start-ups und im oberen Teil verschiedene Wohnangebote, inklusiv preisgünstige Wohnungen.

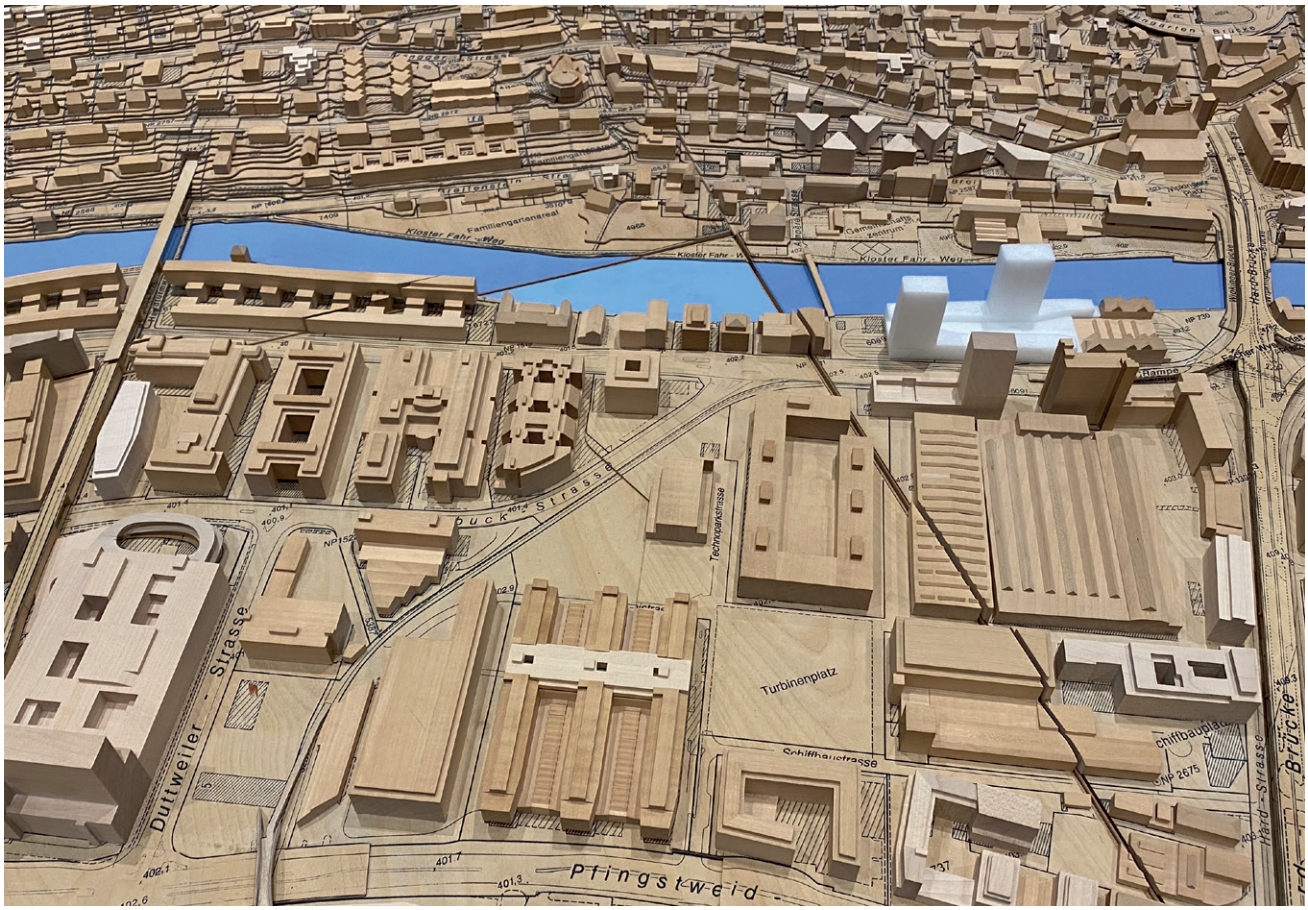


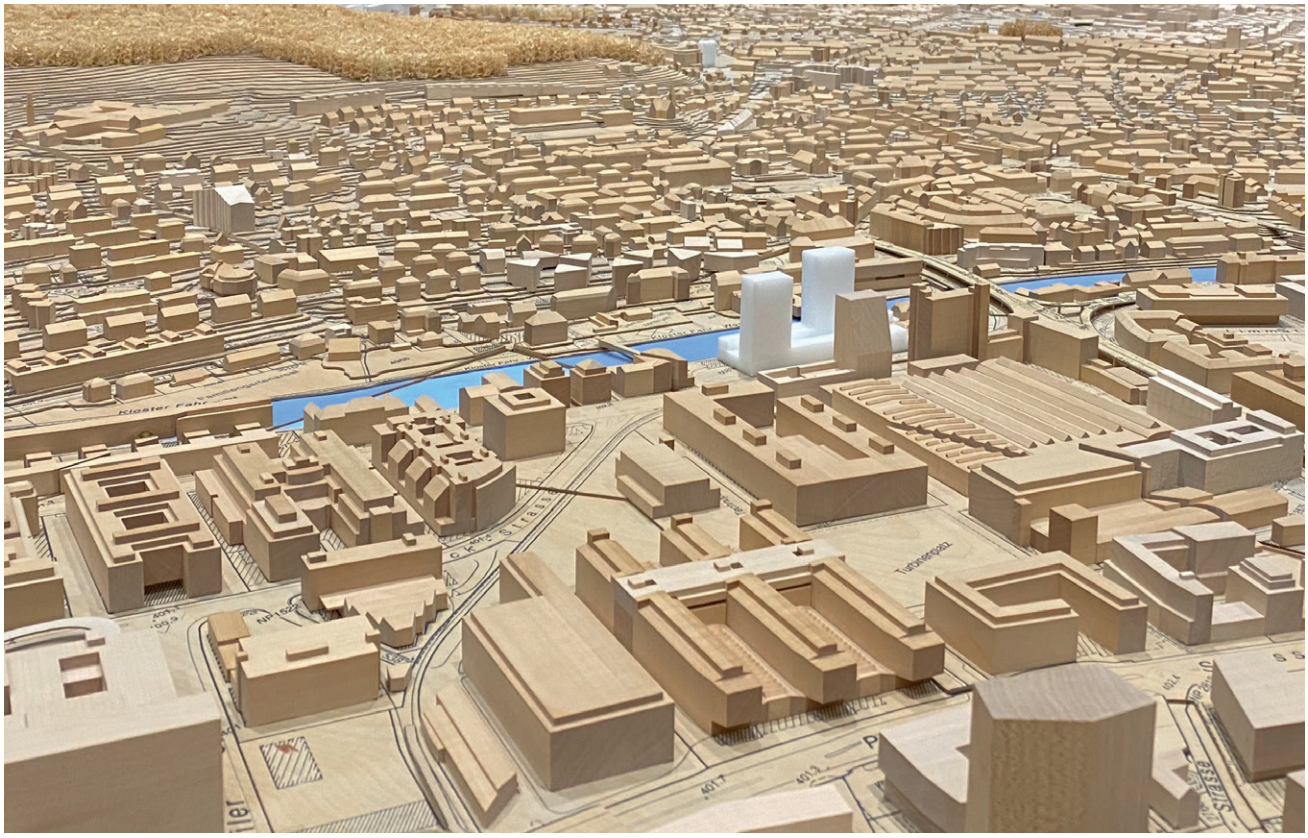
Situation I M 1:3000 I Förrlibuck

MAN





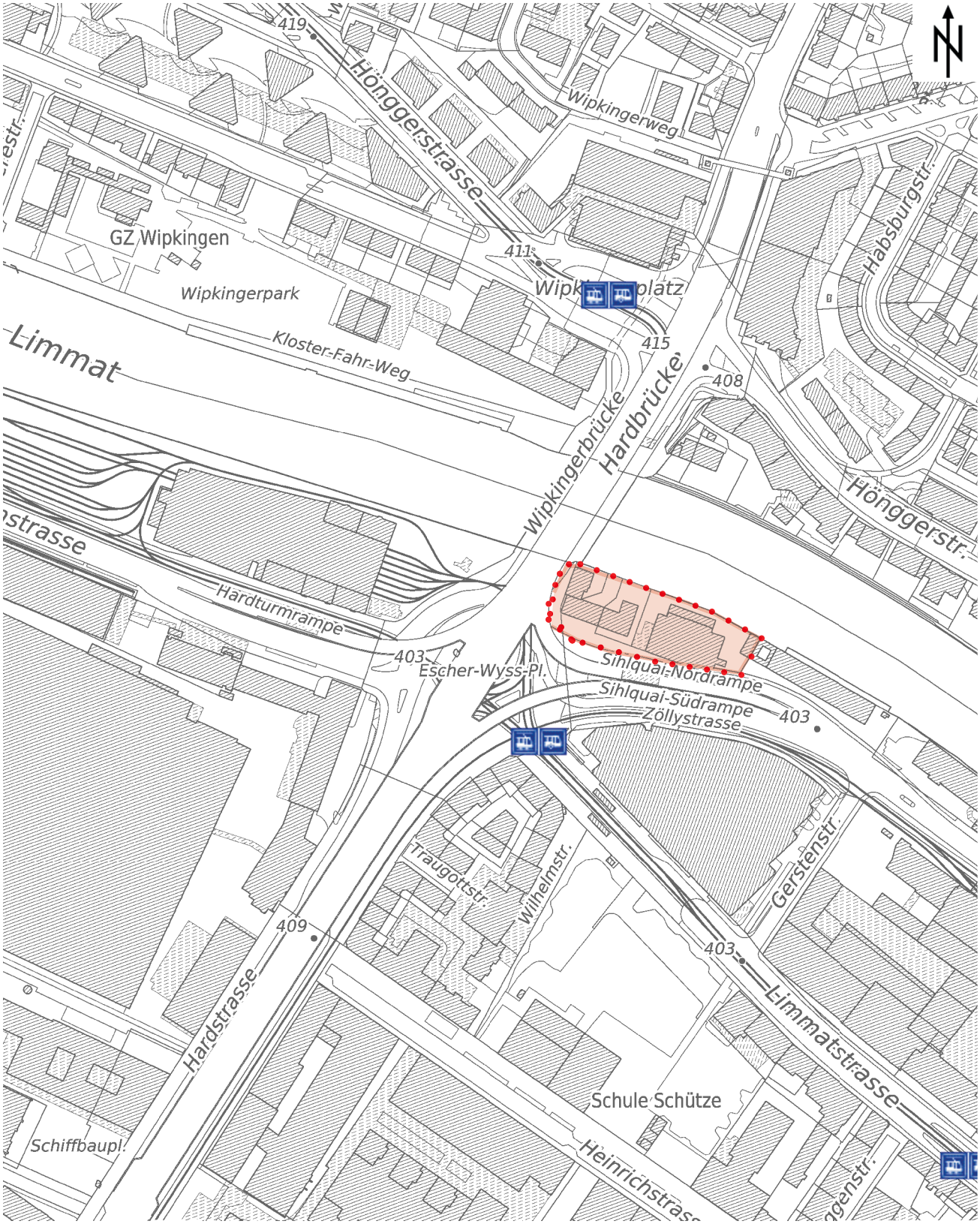

Duttweiler - Strasse
Turbinenplatz
Schiffbauplatz
Schiffbaustrasse
Technikumstrasse
Hard - Strasse
Brücke
Pfingstweid
Kloster Fahr - Weg
Rampe



ESCHERWYSS

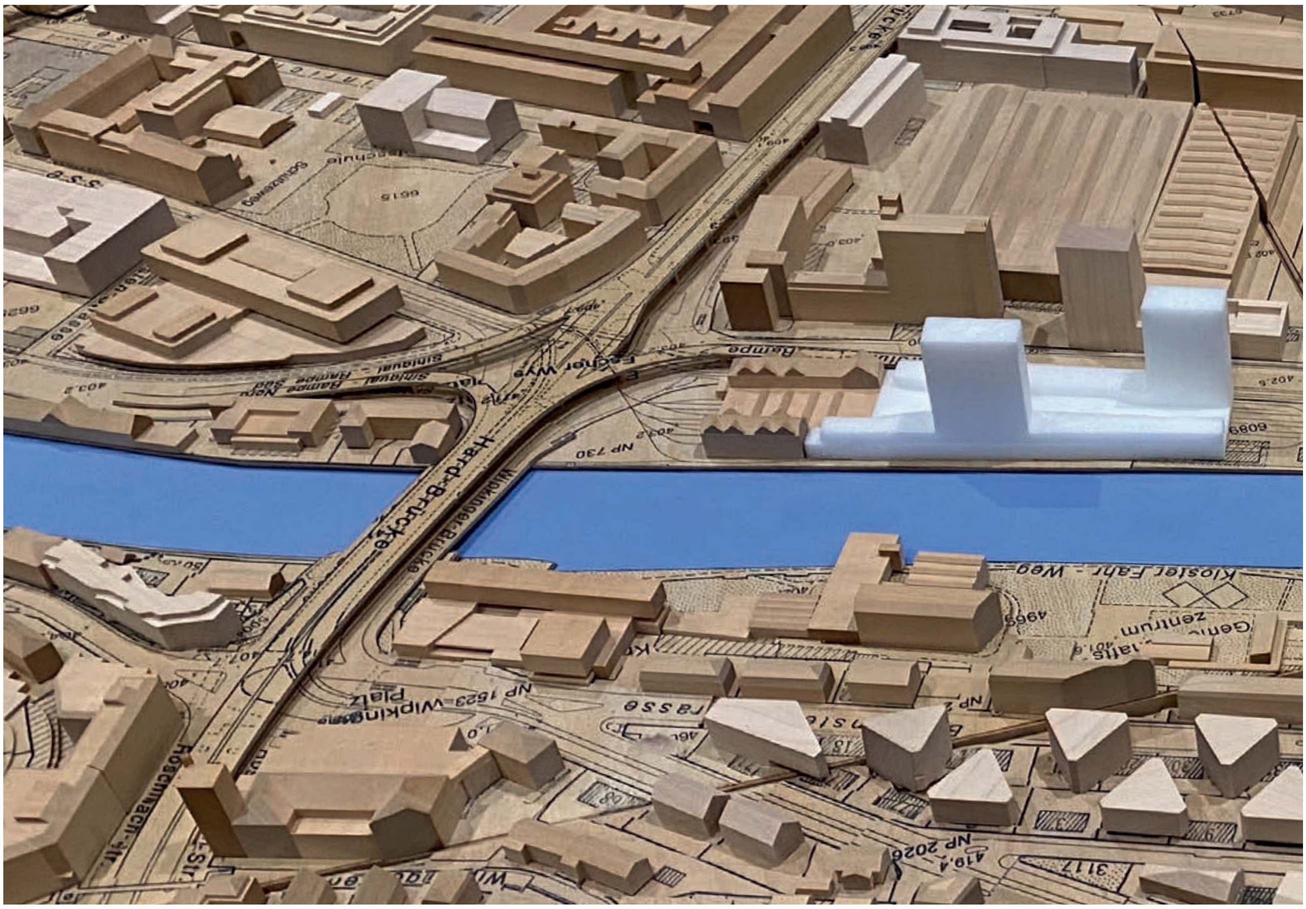
Die Parzelle liegt am Verkehrsknotenpunkt des Escher-Wyss-Platzes direkt an der Limmat. Auf Höhe des Erdgeschosses führt die Wipkingerbrücke über die Limmat zum Kreis 10. Darüber verläuft die Hardbrücke mit der Sihlquai-Rampe. Die Parzelle umfasst zwei Bestandsgebäude, ein Wohngebäude an der Kreuzung und einen Gewerbebau. Das viergeschossige Wohngebäude enthält im Erdgeschoss gewerbliche Nutzungen, eine Fahrschule und einen Shop. Im Gewerbebau befindet sich der Mahlzeitendienst Menu and More AG, der auf Kinderverpflegung für Mittagstische spezialisiert ist. Das dreigeschossige Gebäude wurde 1939, in der Zeit des „Roten Zürich" vom Stadtbaumeister Hermann Herter gebaut und diente als Volksküche. Das Gebäude wurde als Betonstruktur erstellt und erfuhr über die Jahre mehrere bauliche Veränderungen. Mit dem Bau der Hardbrücke und Sihlquai-Rampe wurde die rechte Gebäudeecke im Sockel für die Strassenführung abgebrochen. Auf Seite der Limmat verfügt der Gewerbebau über eine Laderampe für die Anlieferung. Zu Beginn der Stadtküche vor 125 Jahren stand die Verpflegung der Armen im Vordergrund. Bis in die 90er Jahre bestand die Kerntätigkeit aus der Führung von 25 Speiselokalen, Cafeterias und Personalrestaurants sowie der Herstellung von Menüs für die städtischen Schulen und Altersheime. Nachdem die Stadtküche in den folgenden Jahren rote Zahlen schrieb und sich die Verpflegungsbedürfnisse änderten, schloss sich die Stadt Zürich 1997 mit der gemeinnützigen Stiftung DSR zusammen. Im Jahr 2010 wurde die Stadtküche dann an das Privatunternehmen Menu and More AG verkauft, wobei die Stadt Zürich noch einen Anteil von 20% hat. Eine Diplomarbeit, www.food-forms.com, hat im letzten Semester eine interessante Zukunftsvision für die ehemalige Stadtküche entwickelt. In unmittelbarer Nähe befinden sich mehrere Schulnutzungen. An der Verzweigung Zölly-/Limmatstrasse liegt die Wirtschaftsschule KV Zürich, auf der gegenüberliegenden Seite der Limmat, am Wipkingerplatz, die städtische Fachschule Viventa. Die Weiterbildungsinstitution ist ein Kompetenzzentrum für Berufsvorbereitung, Integration, Berufs-, Erwachsenen- und Elternbildung.

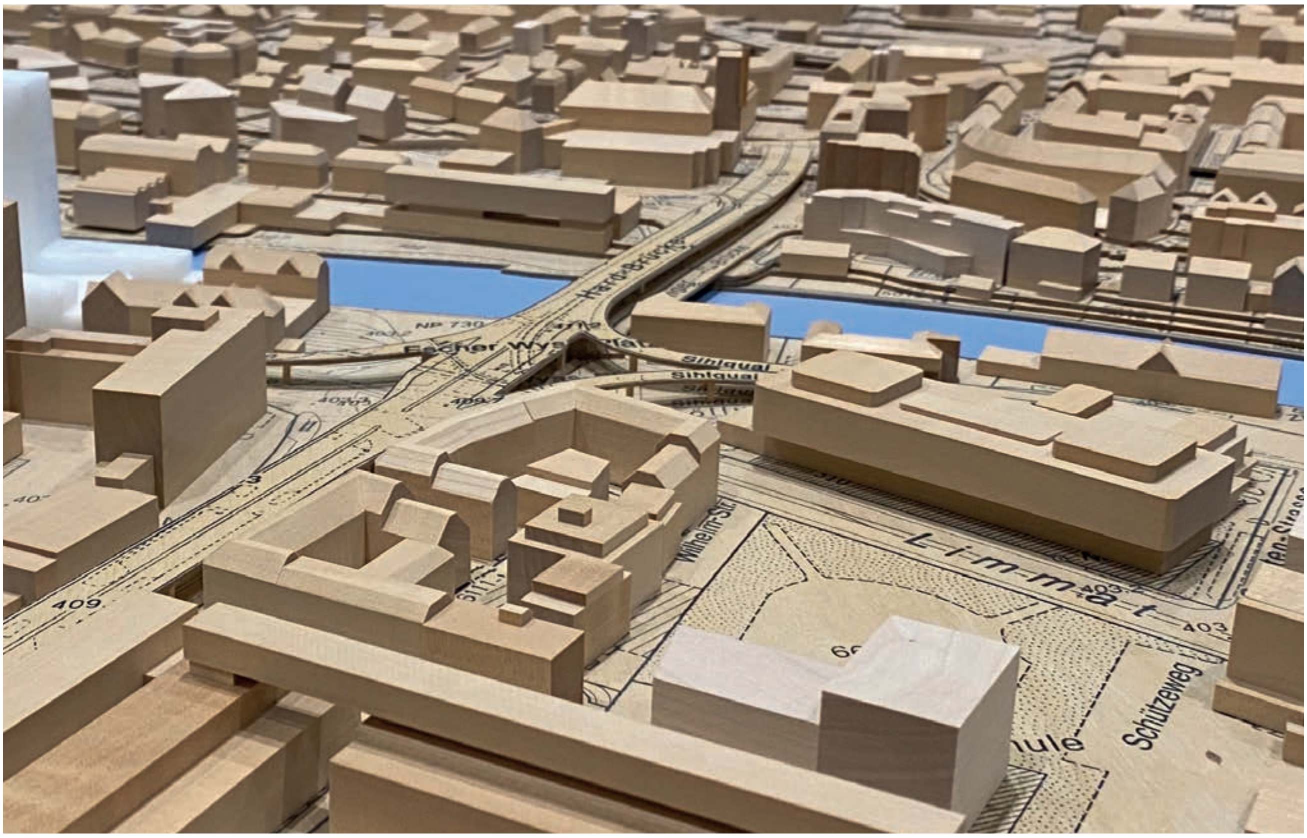
Mit dem neuen Turm Escherwyss, den zwei 70 m hohen Wohntürme des Tramdepot Hard, dem Mobimo-Hochhaus, den Escher-Terrassen und den neuen Türmen Förrlibuck entsteht ein länglicher Cluster, der den nördlichen Eingang ins Stadtquartier Zürich West markiert und gleichzeitig ein Gegenpol zum Cluster um den Prime Tower bildet, der mit 126m Höhe noch das höchste Gebäude von Zürich ist. Bei Erhalt und Umbau der ehemaligen Stadtküche könnte die Nutzung im Sockel das Thema Food in Form von Labors, Produktionsstätten und einer Kochschule weiterentwickeln. Die Verknüpfung der zwei Eingangsebenen Escherwyss Platz und Hardbrücke sowie die öffentliche Vertikalverbindung zur Bus- und späteren Tramhaltestelle ist für die Vernetzung des Turms in der Umgebung zentral. Im Turm sind im lärmbeeinträchtigten, unteren Teil Büros und Dienstleistungen, im oberen Teil verschiedene Wohnangebote, inklusiv preisgünstige Wohnungen, angedacht.



Situation I M 1:3000 I Escherwyss

Winterthur 1
Schaffhausen 4
Flughafen
Bern Basel 1
Bern Basel 1
Hönggerberg
menuandmore
Weil Kinder
das Grösste
sind!


Hard-Brücke
NP 730
NP 1623
NP 2026

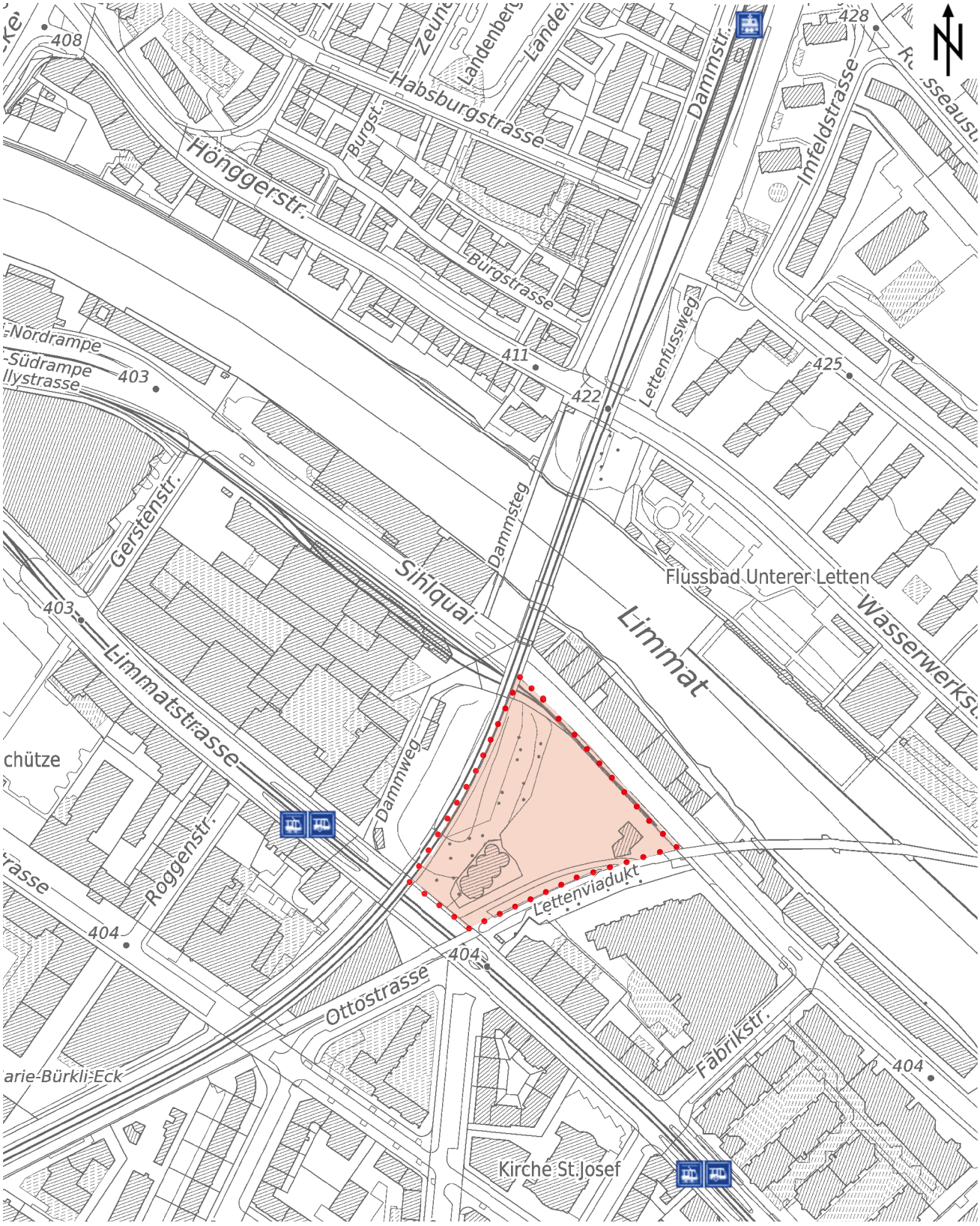

NP 730
Sihlquai
409
403
Schützeweg

Wipkingerplatz
Wipkinger Brücke
Hard-Brücke
NP 730
Sihlquai - Rampe Nord
Sihlquai - Rampe Süd
Zolly Strasse
Gerstenstrasse
Limmat

LETTENVIADUKT

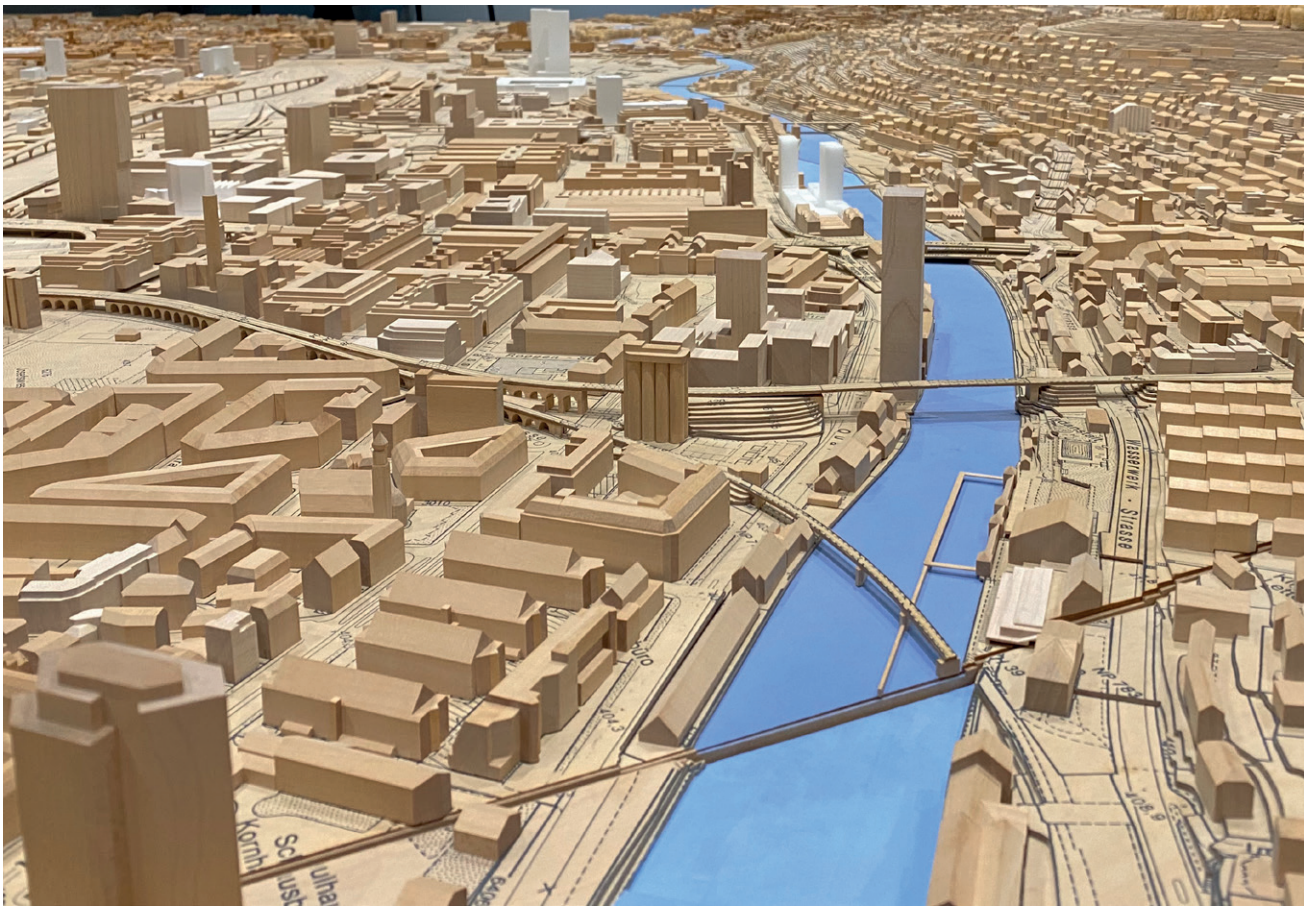
Der Bauplatz befindet sich zwischen dem Letten-Viadukts für Fussgänger und Fahrräder und dem Wipkinger-Viadukt für die Züge. Bereits seit mehr als 150 Jahren trennen die parallel verlaufenden Trassen den Stadtteil 5 in zwei Teile. 1894 wurden die Dämme durch Viadukte ersetzt, die heute im kantonalen Inventar für Denkmalschutz stehen. Quer dazu verlaufen auf Erdgeschossniveau die Limmat- und Sihlquaistrasse. Auf dem Areal der Swiss Mill befinden sich ein Umschlagplatz und ein Silo. Auf der gegenüberliegenden Seite bildet die Markthalle Viadukt den Kopfbau der 53 Viaduktbögen. Die 500 m lange Einkaufsmeile mit Läden und Restaurants wurde vom Architekturbüro EM2N im Jahr 2010 fertiggestellt. Doch bereits vorher nistete sich unter der Bogenstruktur Gewerbe ein. Bis zu 200 Steinhauer gingen dort ihrem Handwerk in schuppenartigen Einbauten nach, die dann dem neuen Projekt weichen mussten.
An der Kreuzung der Limmat-/ Viaduktstrasse ist auf dem Heinrich-Areal eine Blockrandbebauung mit einem 70m hohen Wohnturm vom Architekturbüro Jessenvollenweider in Planung. Das Projekt sieht in den Erdgeschossen entlang der Viaduktstrasse Gewerbeflächen vor, zum Hof hin sind genossenschaftliche Wohnungen angeordnet.
Westlich der Entwurfsparzelle befindet sich das Löwenbräu-Areal, ein ehemaliges Bierbrauerei- Areal, welches bis 2014 von den Architekturbüros Gigon/Guyer und Atelier WW umgebaut und mit Neubauten erweitert wurde. Der 70 m hohe, schwarze Wohn-, der 35m hohe, rote Bürobau und das bestehende Stahlsilo bilden die Hochpunkte des teilweise unter Denkmalschutz stehenden Areals. Im Westen wurden die Brauereigebäude in einen Museums-, Kunsthallen- und Galeriekomplex umgebaut und im Osten mit Wohnen, Arbeiten und öffentlichen Nutzungen im Erdgeschoss ergänzt. Hinter dem Löwenbräu-Areal direkt an der Limmat steht das Kornhochhaus der Swissmill, der grösste Getreidemühlebetrieb der Schweiz. Nach einer positiven Volksabstimmung wurde der bestehende Silo 2016 von 40 m auf 118 m aufgestockt und fasst heute 35‘000 Tonnen Getreide. Die Anlieferung erfolgt dreimal täglich durch Cargo-Züge über die Zölly- und Sihlquaistrasse. Der geschlossene Turm in Beton ist mit vertikalen Rippen verstärkt und hat einen oberen Abschluss mit Öffnungen.

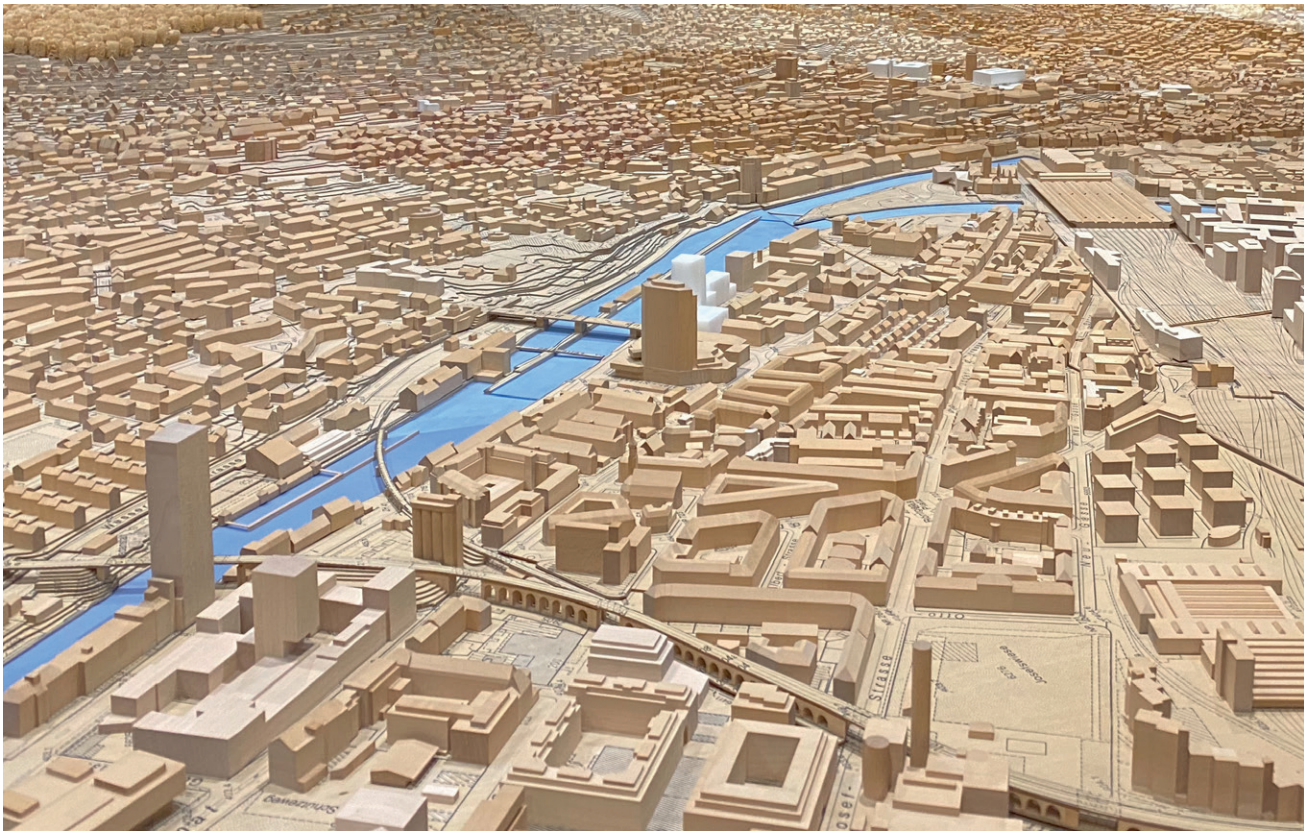
Die Einbindung des neuen Turms im Bereich der beiden Viadukte mit der Verknüpfung der verschiedenen Erschliessungsebenen ist essentiell. Die Nutzungen für den Sockel können ein Ort der urbanen Produktion als Fortsetzung des Swissmill Areals sein, eine Werkstadt 4.0 für gewerbliche, industrielle Innovationsbetriebe sowie die Kultur-/ Kreativwirtschaft. Darüber sind im unteren lärmbeeinträchtigten Teil Büros und Dienstleistungen, im oberen Teil verschiedene Wohnangebote, inklusiv preisgünstige Wohnungen, angedacht.



Situation I M 1:3000 I Lettenviadukt

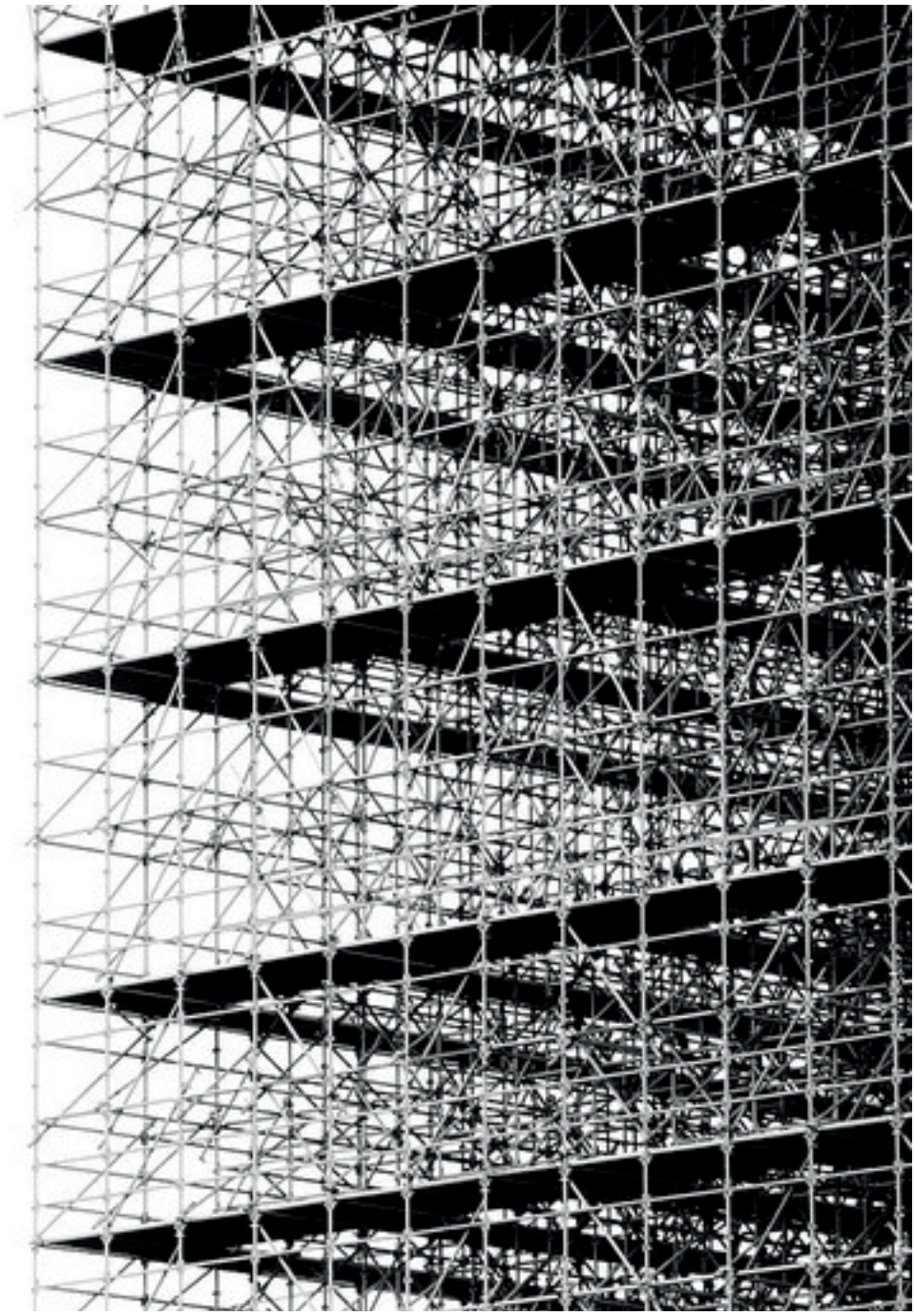
Markthalle
im VIADUKT





Heinrich - Strasse
Roggen - Strass
Limmat - Strasse
Dammweg
Quai
Badanstalt
Wasserwerk - Strasse
NP 715
NP 783
3010

Roggen - Strasse
Otto - Strasse



REFERENZBAUTEN

LÖWENBRÄUAREAL

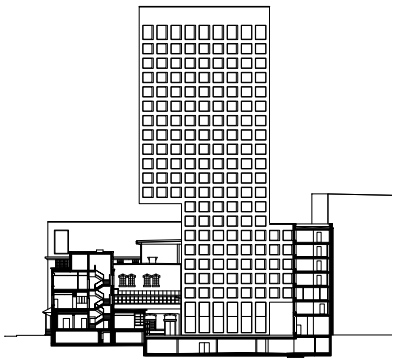
ZÜRICH, GIGON / GUYER ARCHITEKTEN, ATELIER WW, 2012

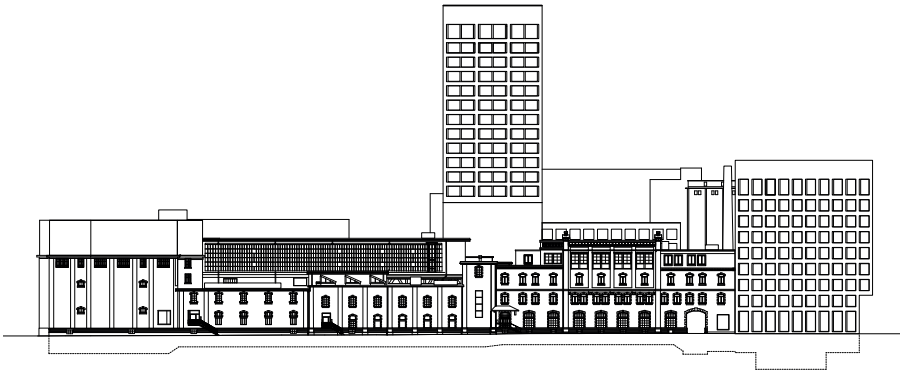
REFERENZ

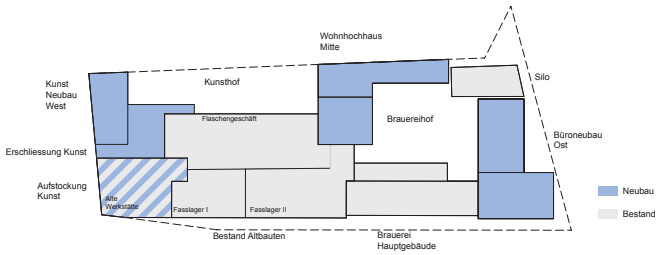
Komposition Bestand / Neubau
Freiräume

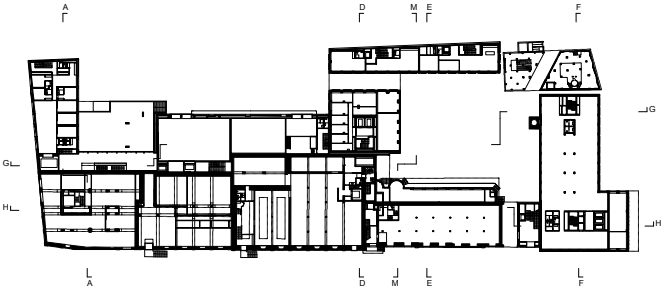
Nutzungsvielfalt
Wohnturm

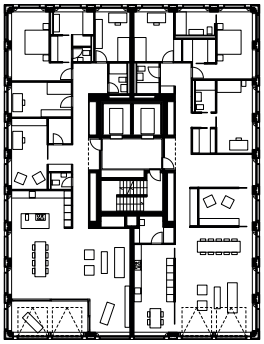
Typologievielfalt
Auskragungen

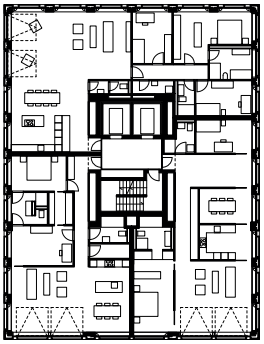


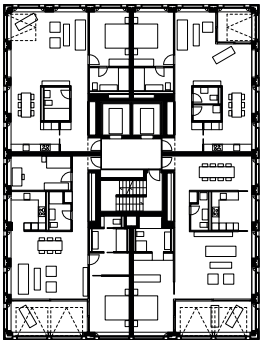


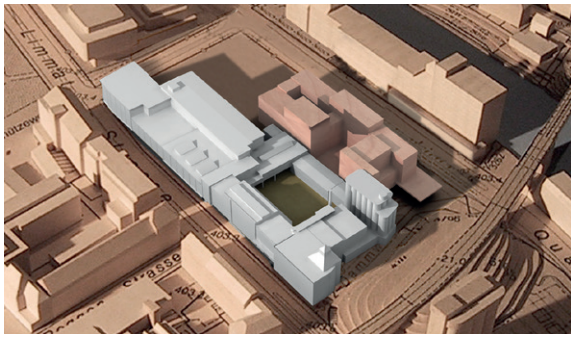


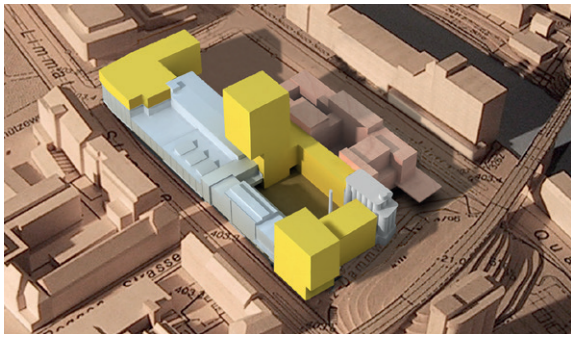








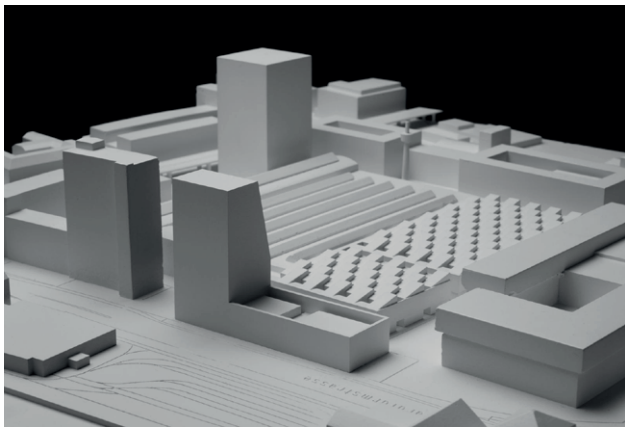


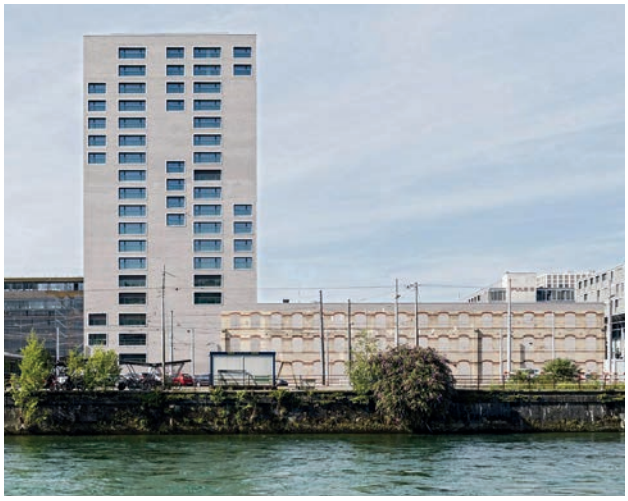


Quelle: GIGON / GUYER, atelier ww

ESCHERTERRASSEN

ZÜRICH, E2A, 2007-2014

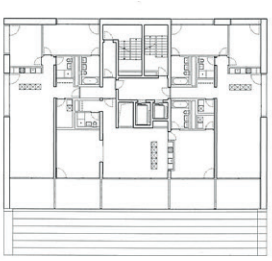




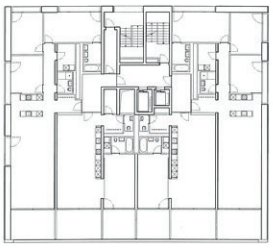
REFERENZ

Wohnen
Stufung

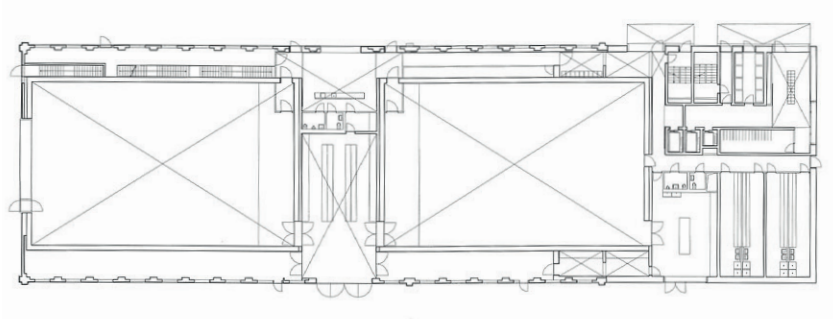
Terrassen
Neubau / Bestand



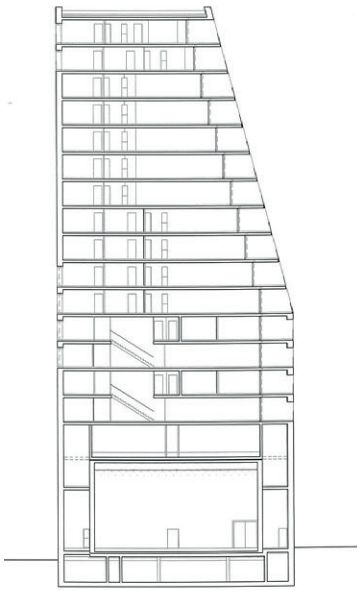
14.-16. Obergeschoss

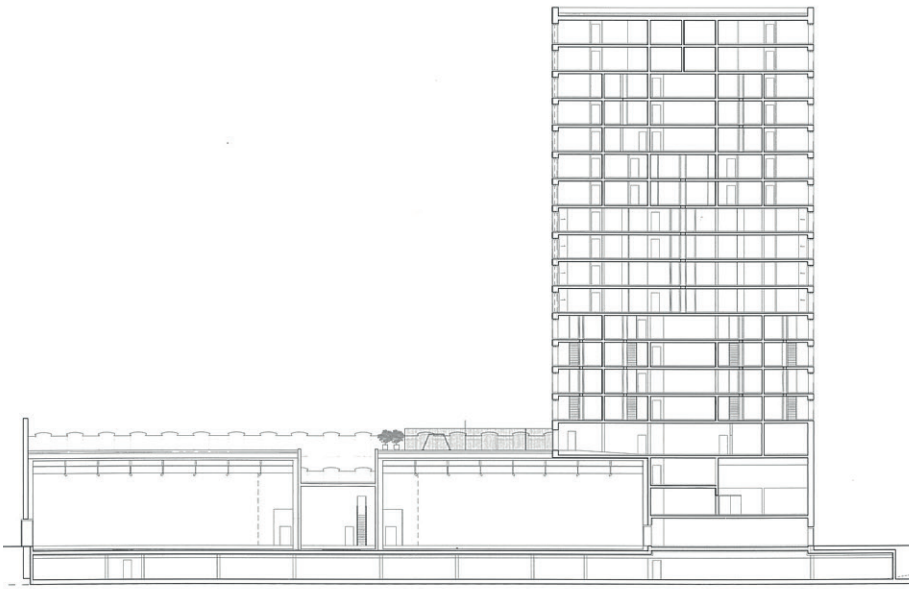


8.-13. Obergeschoss



Erdgeschoss

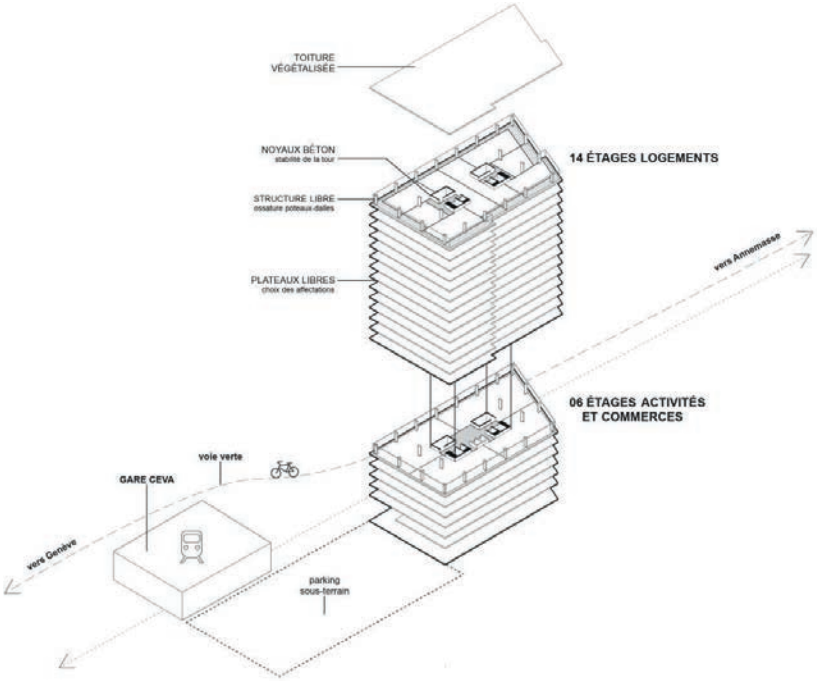




unter: https://www.e2a.ch/projects/housing/escher-terrassen#/page18/ | (08.02.22)
aus: Piet Eckert, „E2A: Architecture, Piet Eckert & Wim Eckert“, Berlin 2013, S. 404-413

TOUR OPAL

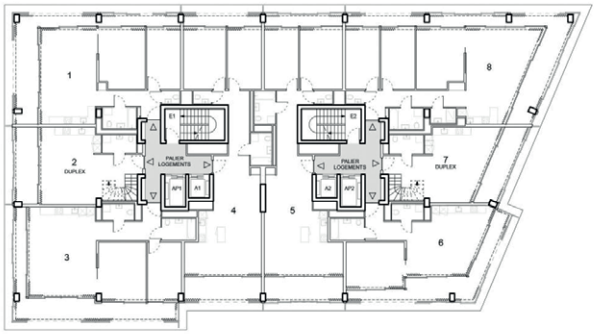
GENF, LACATON & VASSAL, 2018-2020



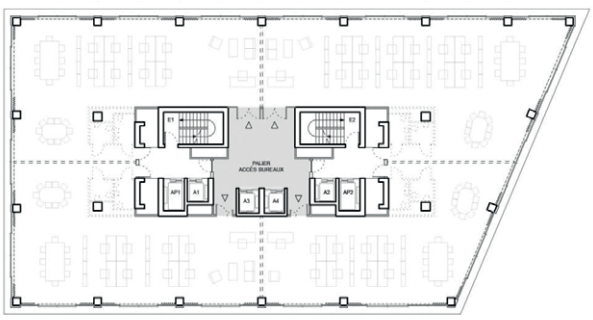
REFERENZ

Wohnen / Coworking
Sockel / Turm

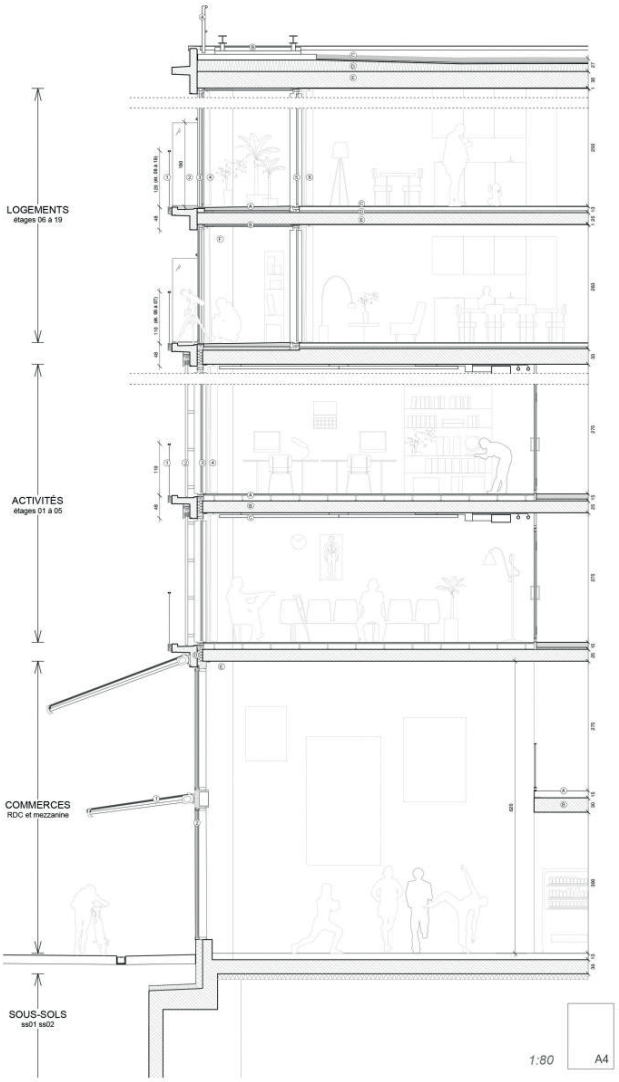
Formung
Öffentliche Nutzung EG



Wohngeschoss



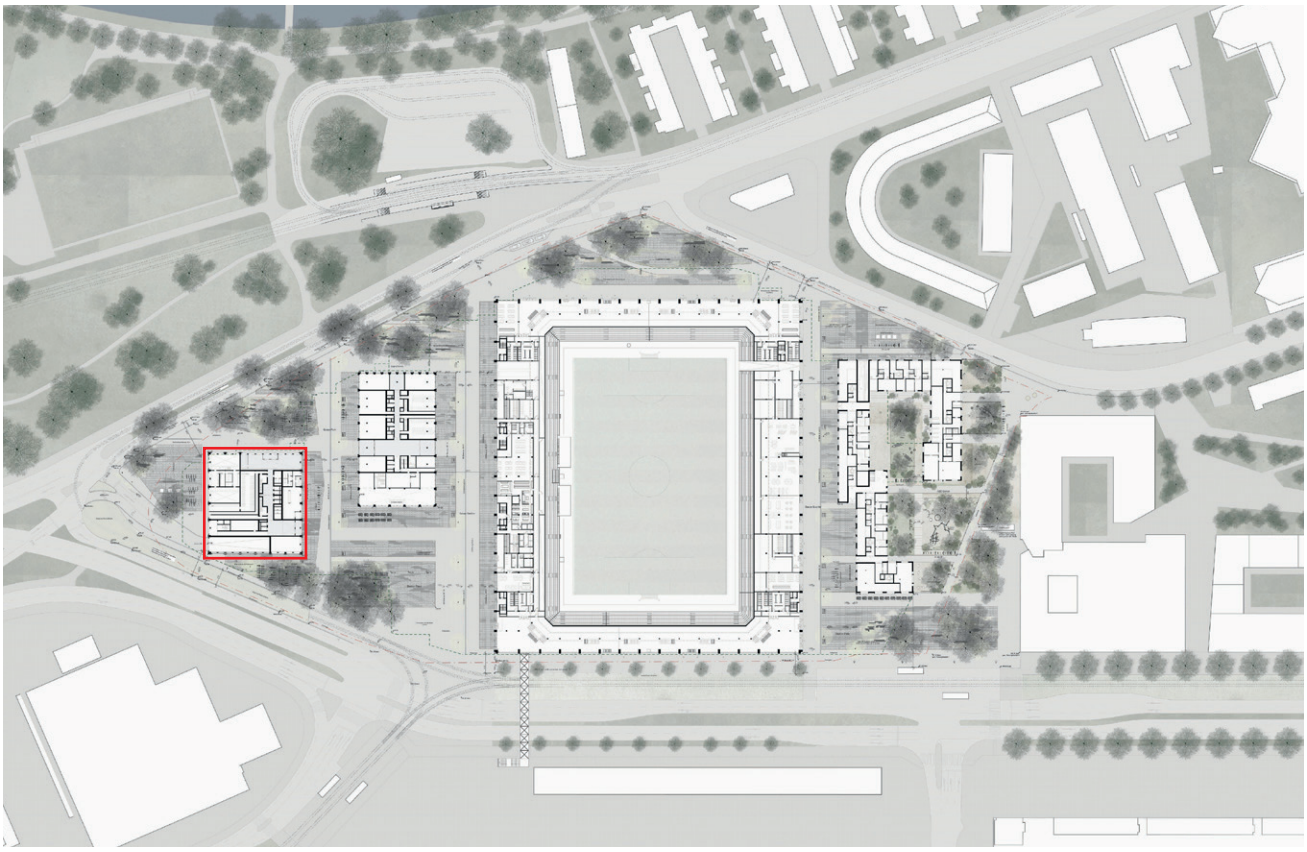
Bürogeschoss

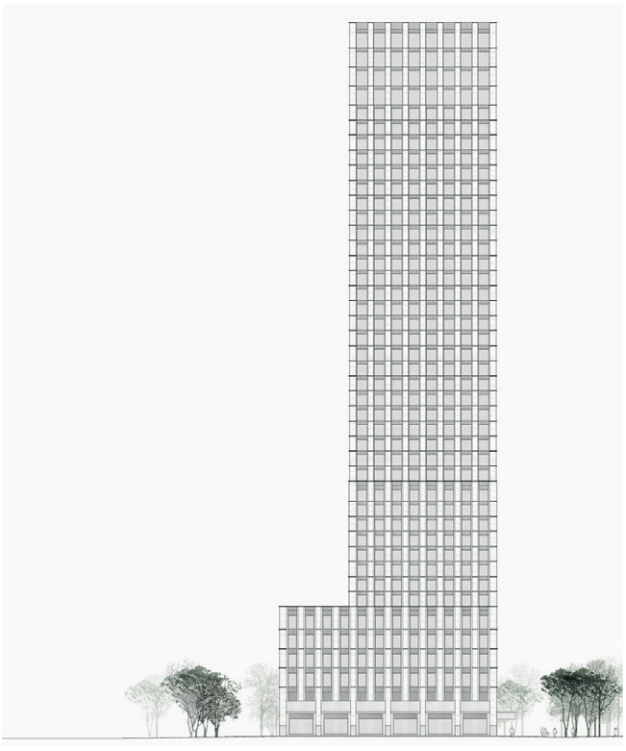


unter: https://www.espazium.ch/fr/actualites/la-tour-ou-la-possibilite-du-tout | (01.02.2022)

HARDTURM AREAL

ZÜRICH, CARUSO ST. JOHN ARCHITECTS, 2016-HEUTE



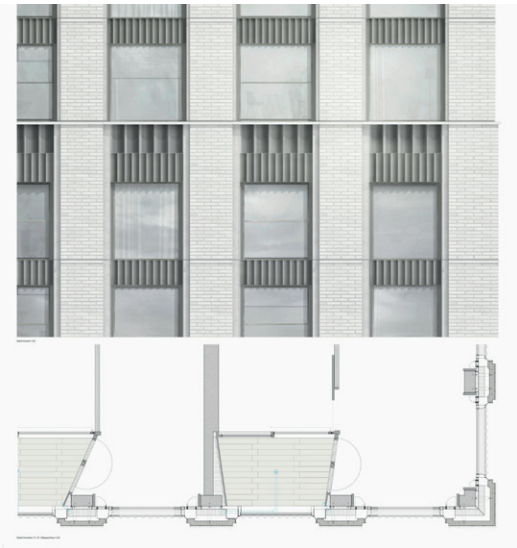


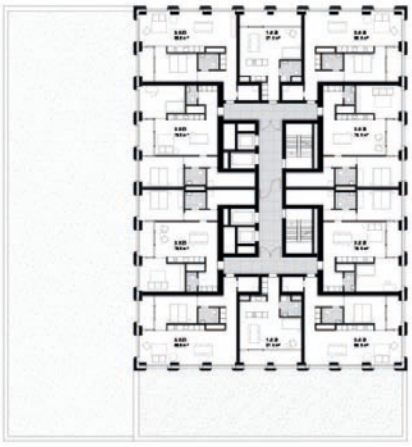
REFERENZ

Cluster
Wohnen
Nachbarparzelle Hardhof

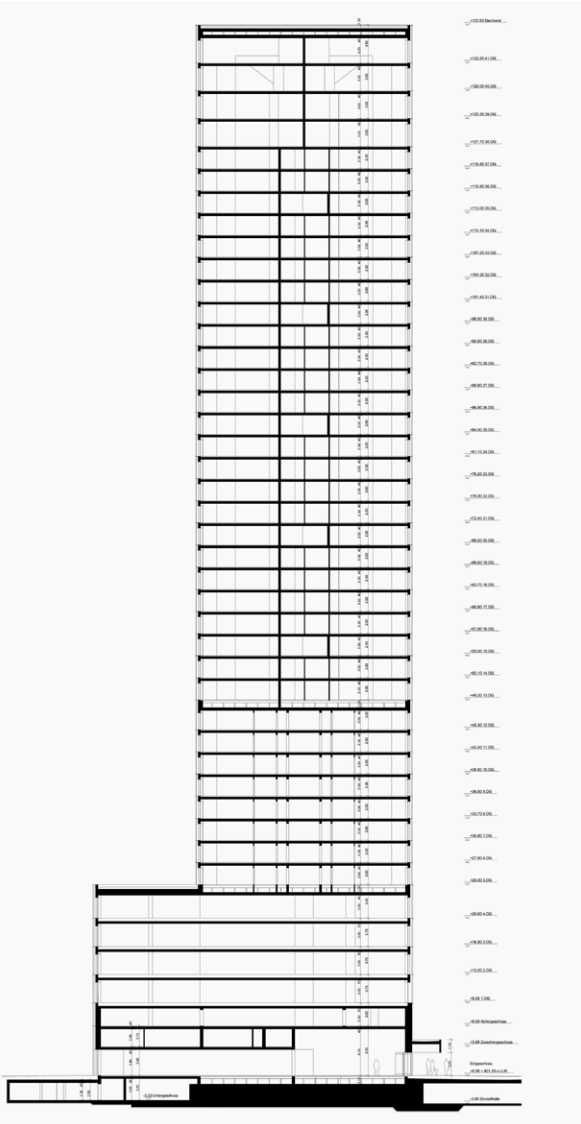
Setzung
Nutzungsvielfalt
Formung Volumen

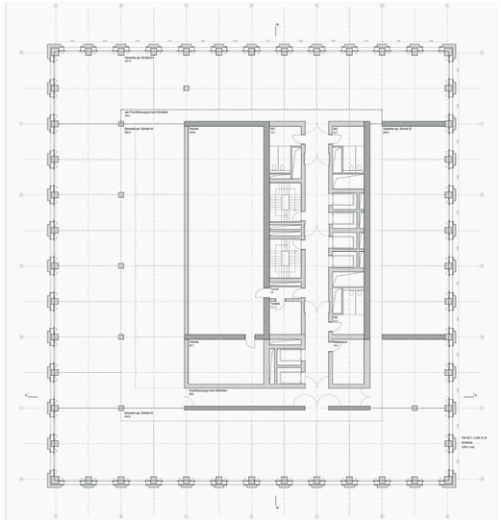
Schule im Sockel



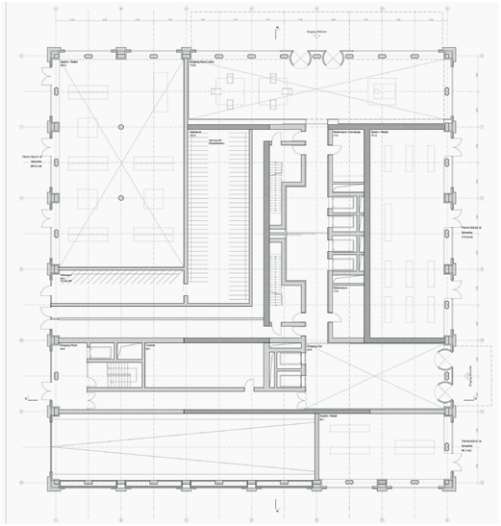


Wohngeschoss





Mezzanin

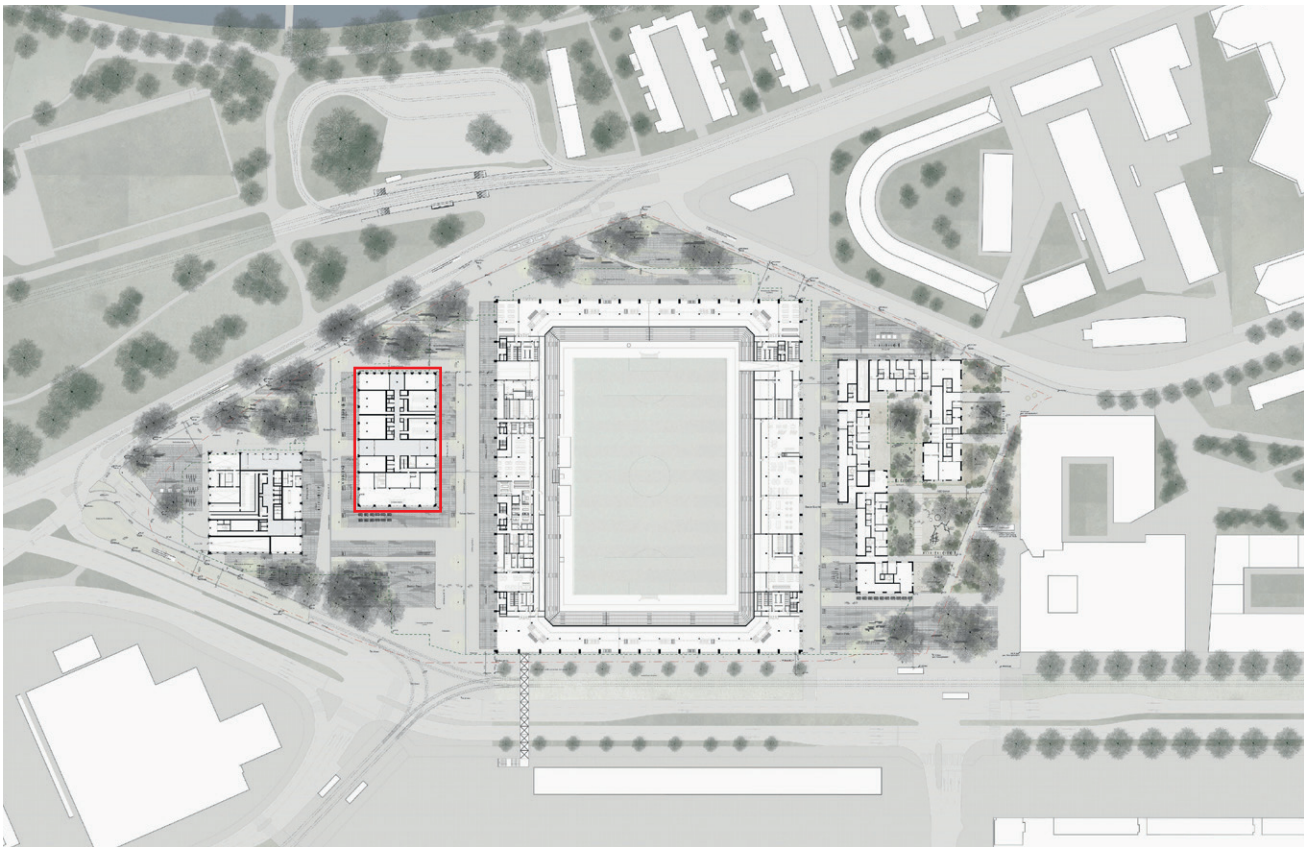


Erdgeschoss

unter: https://afasiaarchzine.com/2016/07/caruso-st-john-pool-boltshauser/caruso-st-john-pool-boltshauser-hardturm-area-zurich-13/
https://carusostjohn.com/projects/hardturm-areal-zurich/ | (17.01.22)

HARDTURM AREAL

ZÜRICH, BOLTSHAUSER ARCHITEKTEN, 2016-HEUTE

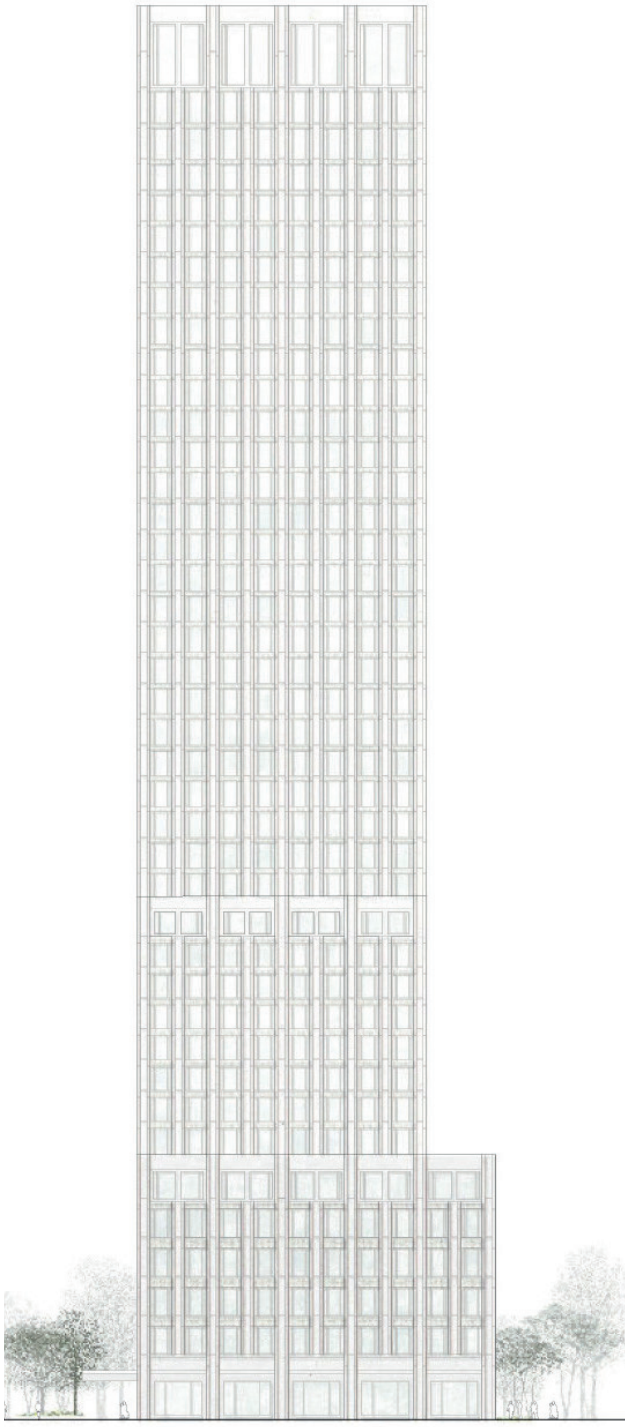


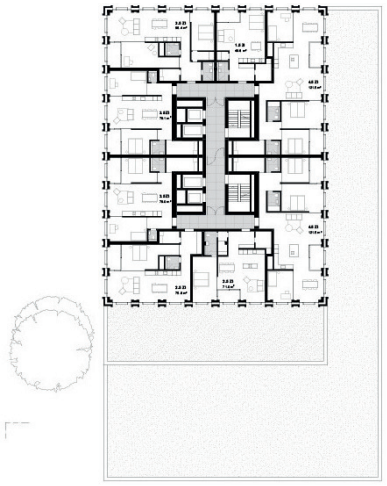
REFERENZ

Cluster
Wohnen
Nachbarparzelle Hardhof

Setzung
Nutzungsvielfalt
Formung Volumen

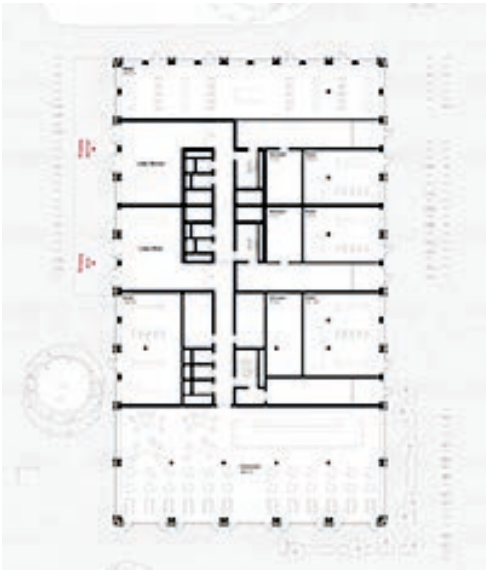
öffentliche Nutzung EG





Wohngeschoss

Mezzanin

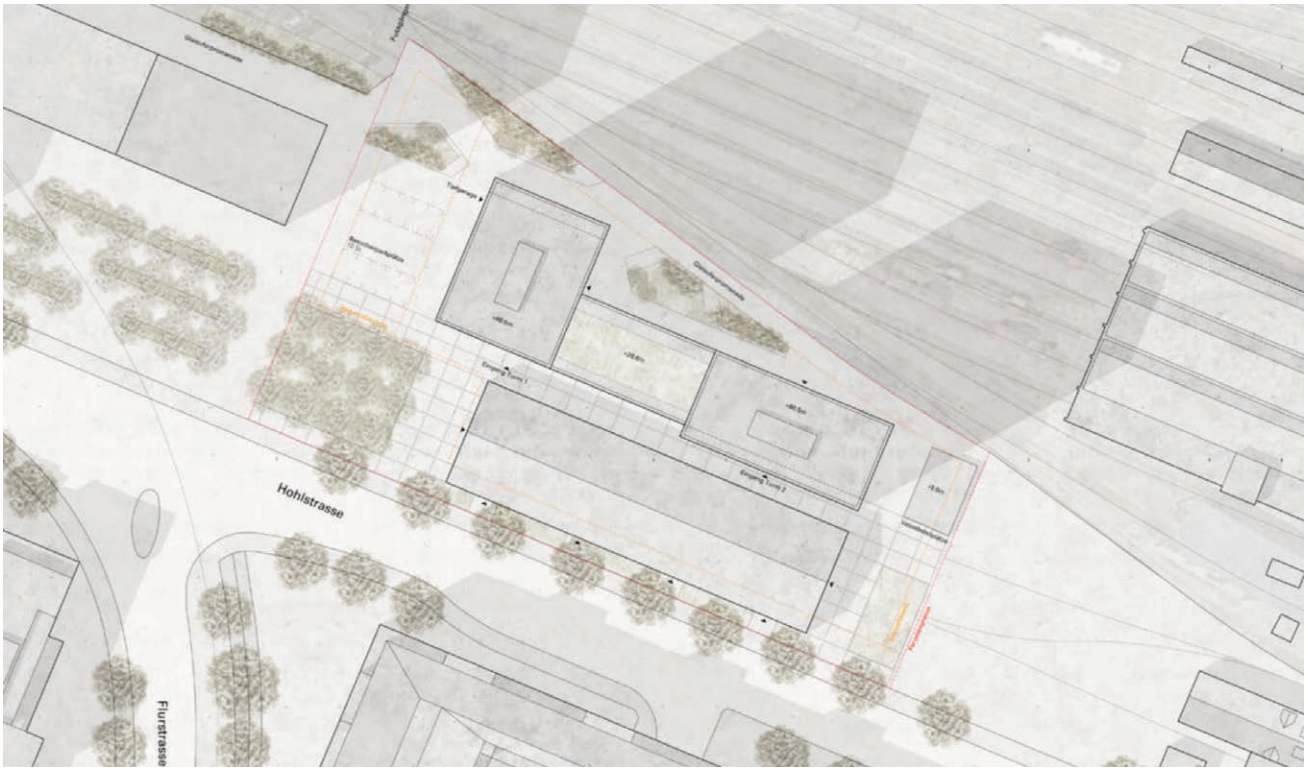


Erdgeschoss

unter: https://www.boltshauser.info/works/work-detail.php?y=2017&aID=213 | (18.01.22)
https://carusostjohn.com/projects/hardturm-areal-zurich/ | (17.01.22)
https://afasiaarchzine.com/2016/07/caruso-st-john-pool-boltshauser/ | (18.01.22)

LETZITURM

ZÜRICH-ALTSTETTEN, ARMON SEMADENI, 2017-2022

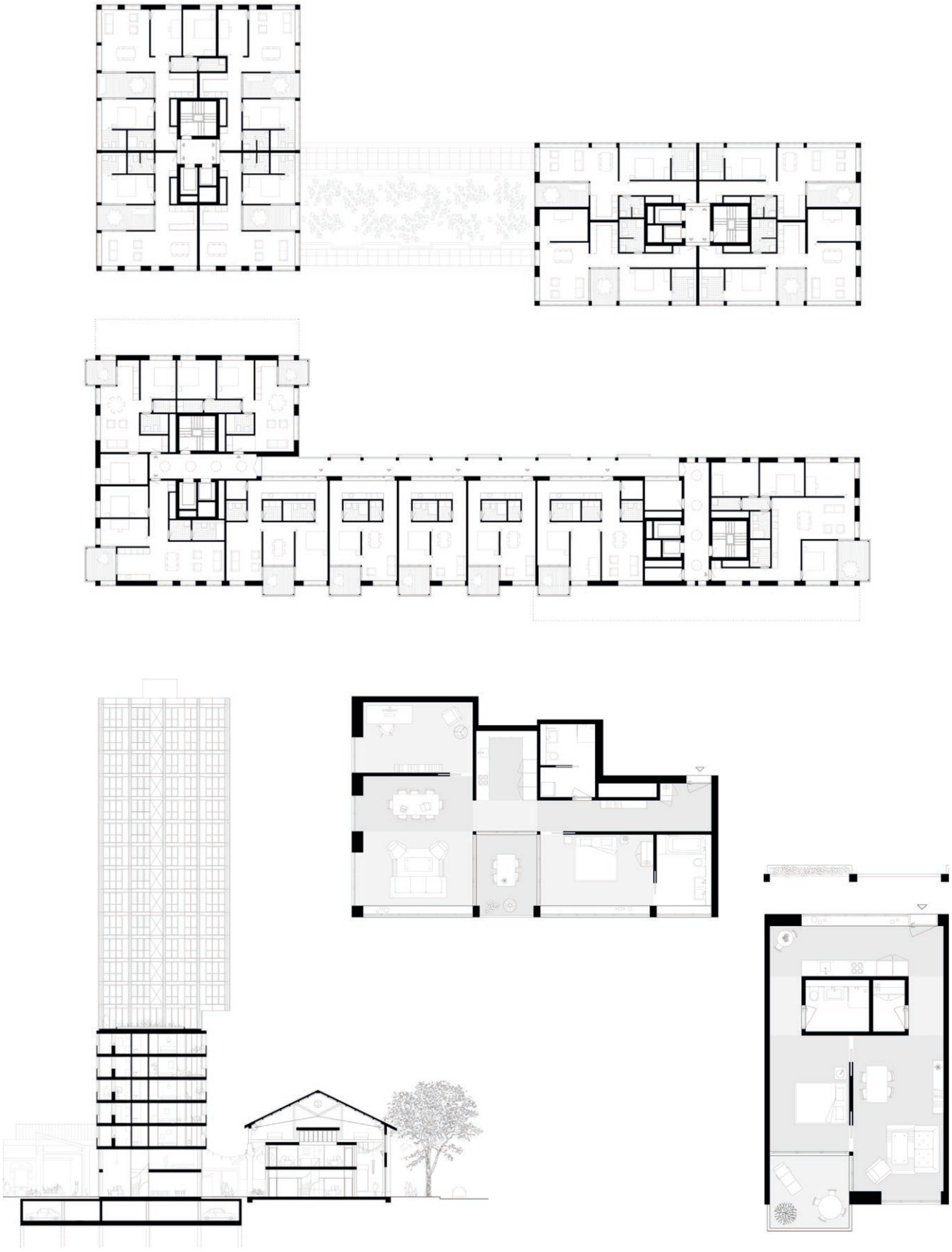


REFERENZ

Wohnen
Cluster

Bestand / Neubau
Typologievielfalt

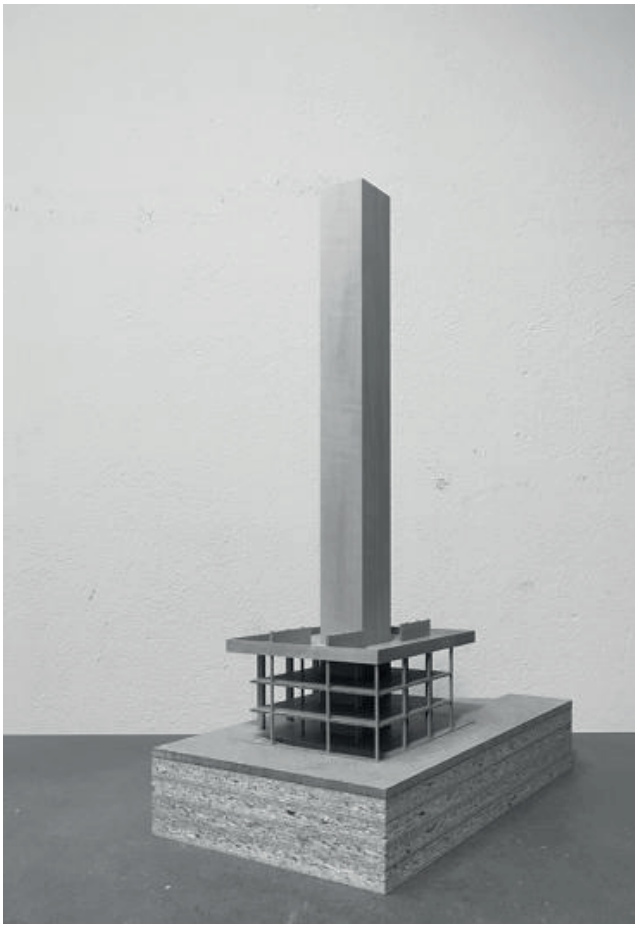
Formung Volumen
Auskragung

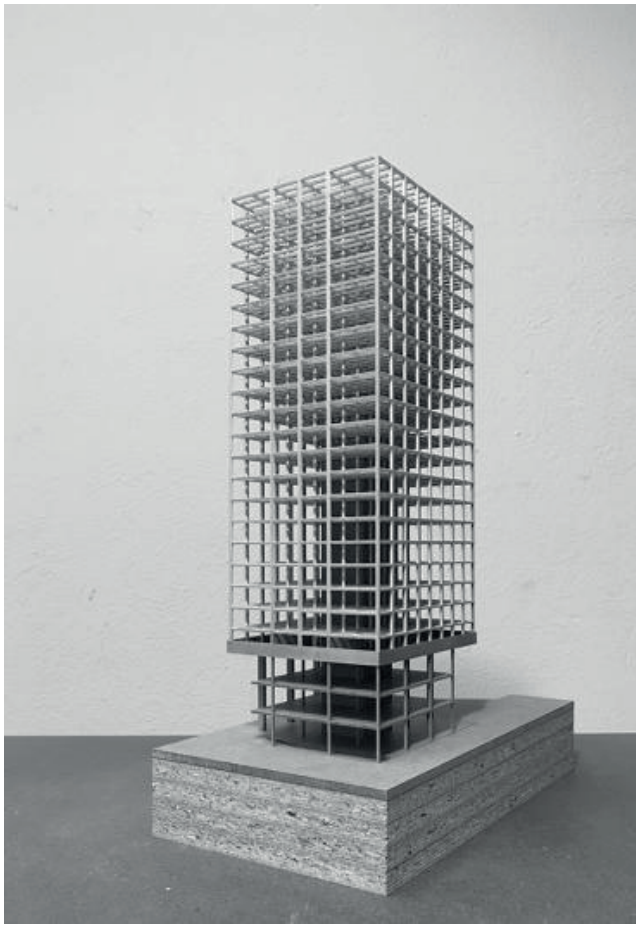


unter: https://www.armonsemadeni.com/projekte/letziturm | (17.01.22)

HOCHHAUS H1 ZWHATT AREAL

REGENSDORF, BOLTSHAUSER ARCHITEKTEN, 2019-2024



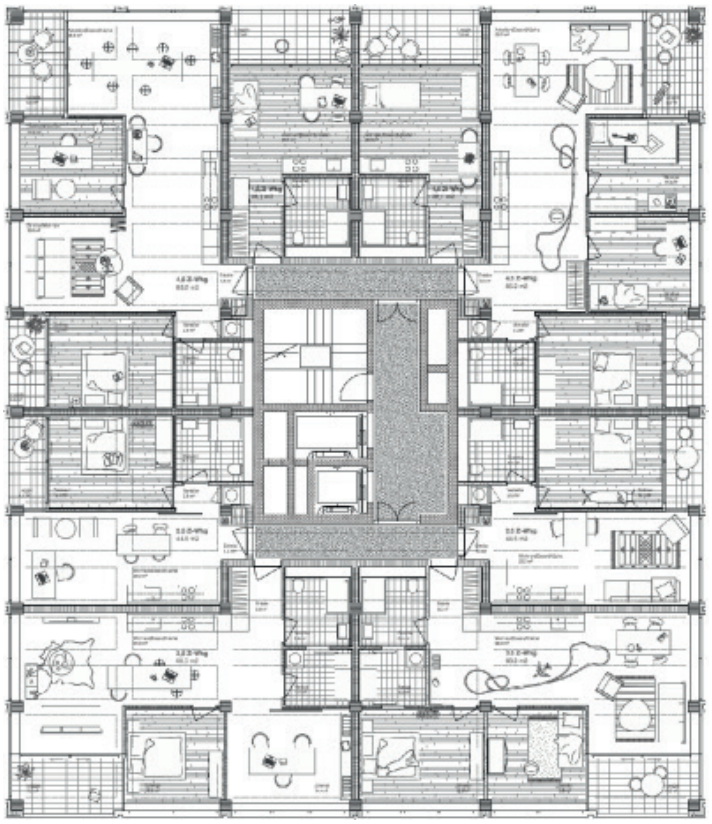


REFERENZ

Wohnen
Coworking

Turm Holz-Beton-Hybrid Struktur
Typologievielfalt

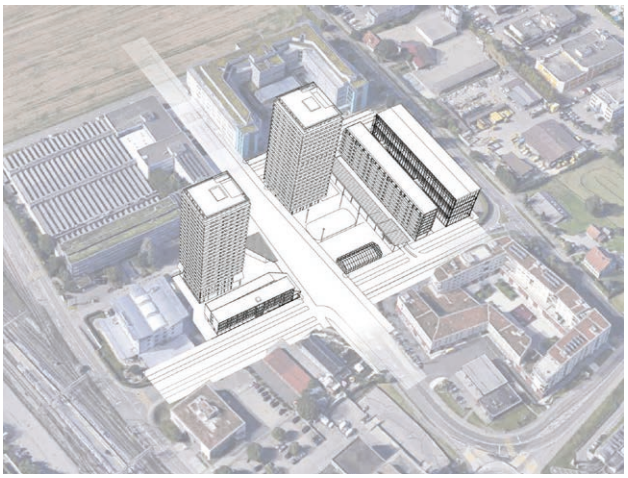
PV Integration Fassade

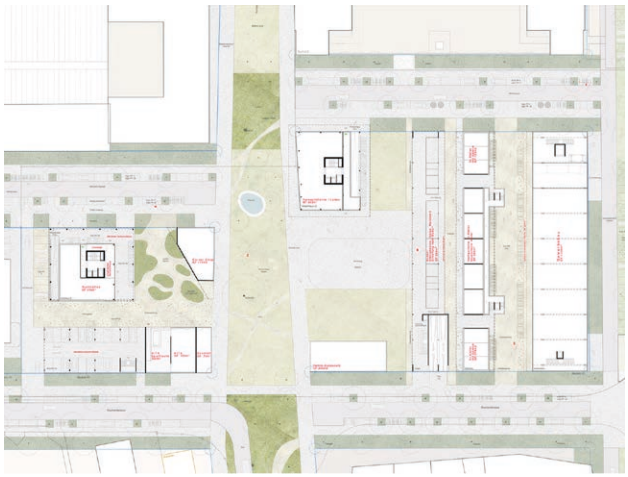


unter: https://www.swiss-architects.com/de/architecture-news/meldungen/auf-kurs-das-stadtquartier-zwhatt-vor-den-toren-zurichs | (17.01.22)
https://www.boltshauser.info/works/work-detail.php?y=2020&aID=295 | (17.01.22)

CHARRETTE ZWHATT

REGENSDORF, PETER MÄRKLI, 2019

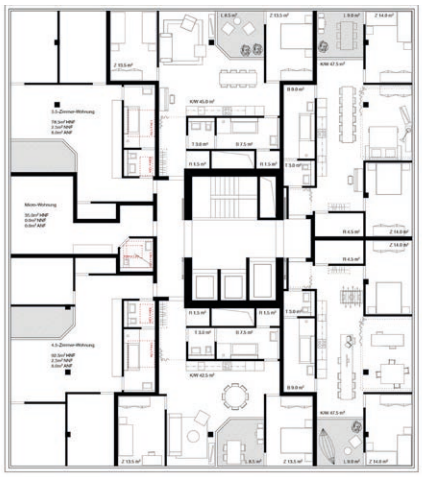


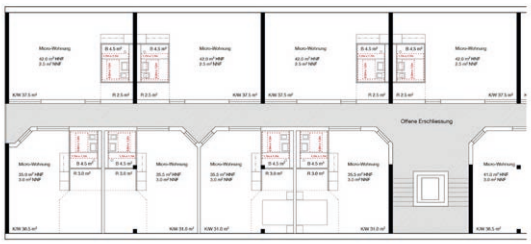


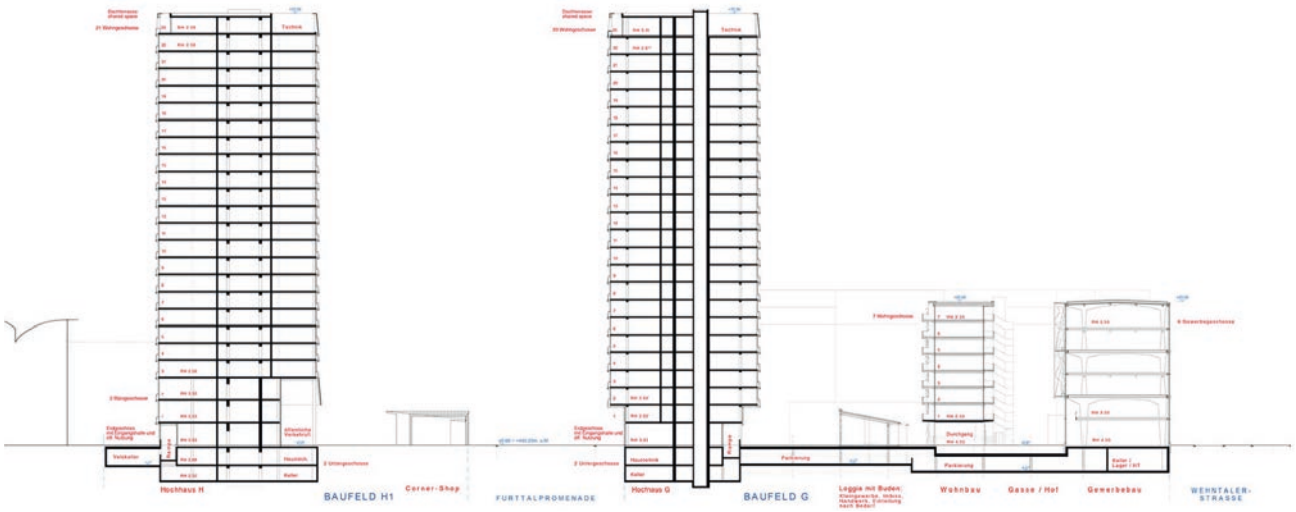
REFERENZ

Cluster
Wohnen

Freiräume
Typologievielfalt



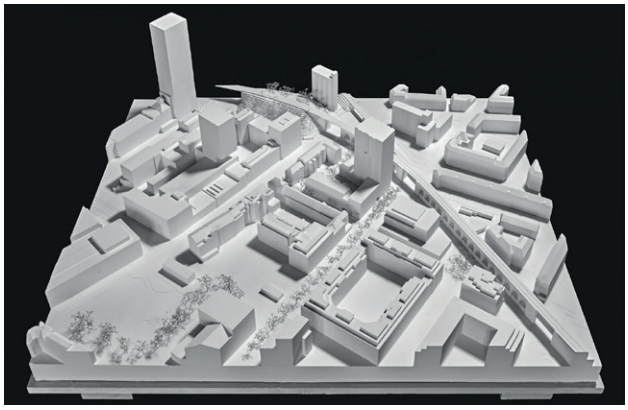




unter: https://afasiaarchzine.com/2018/11/peter-markli-10/ | (01.02.22)

HEINRICH-AREAL

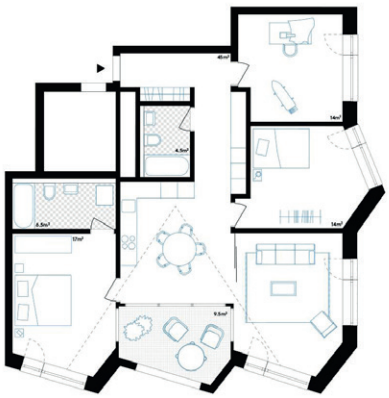
ZÜRICH, JESSENVOLLENWEIDER ARCHITEKTUR, 2019



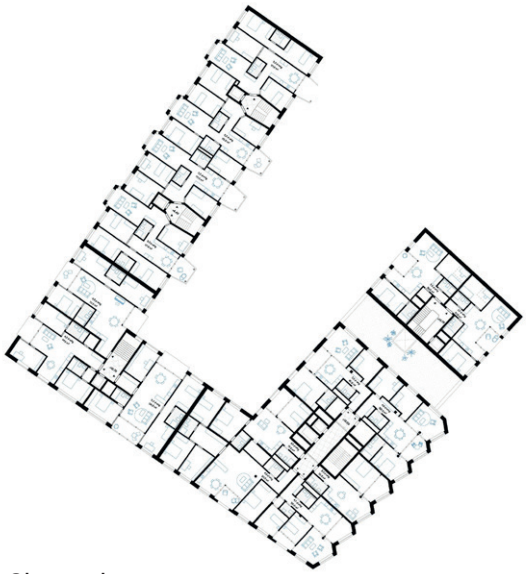
REFERENZ

Wohnen
Sockel

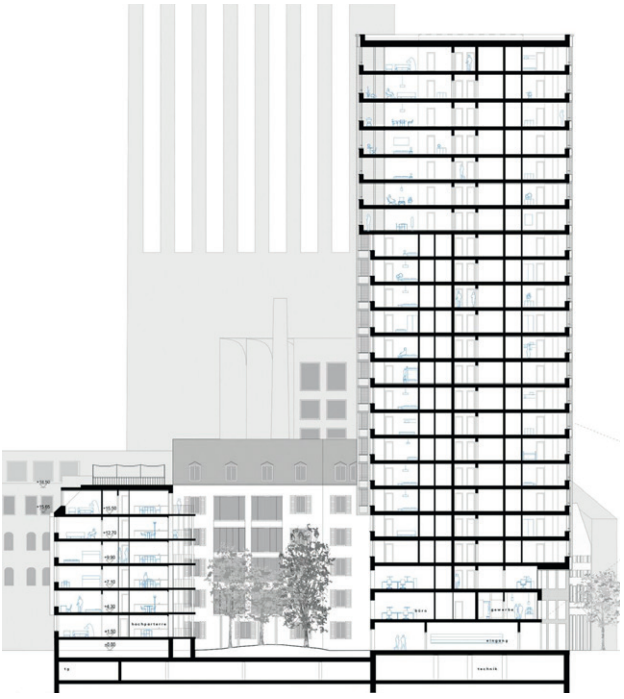
Freiräume
Loggien



Wohnungsgrundriss Hochhaus



3. Obergeschoss

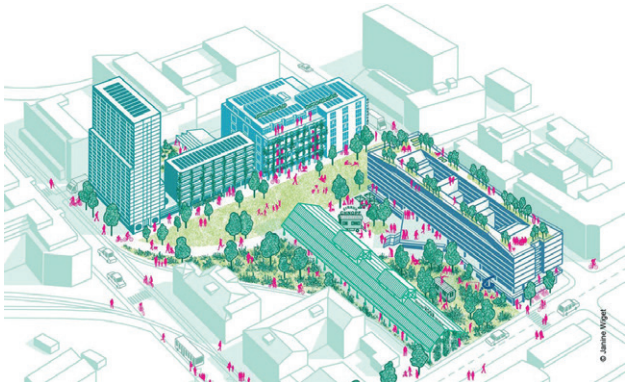


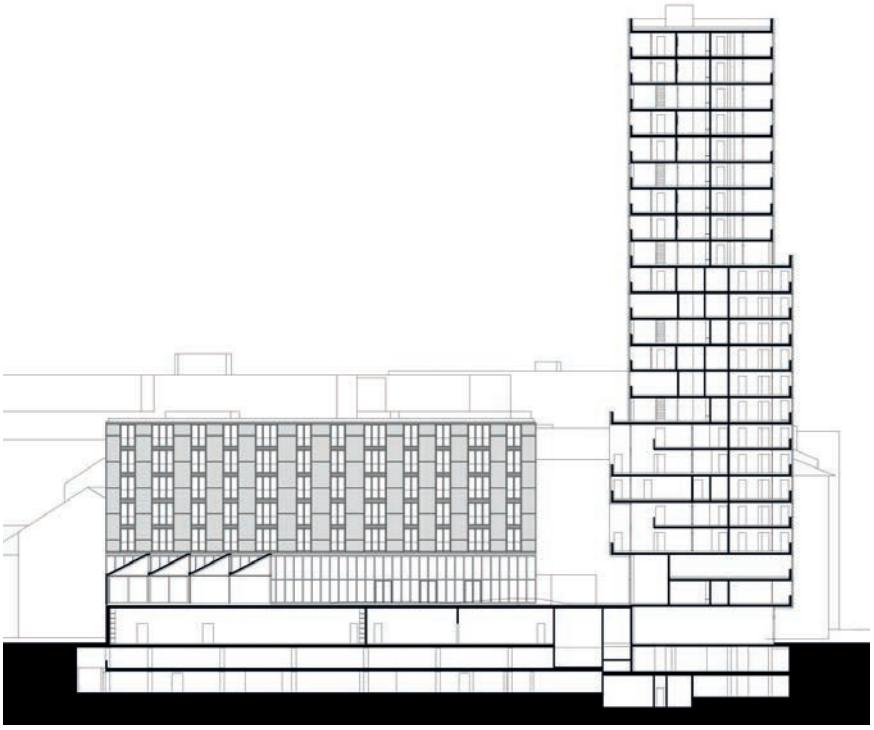
Erdgeschoss

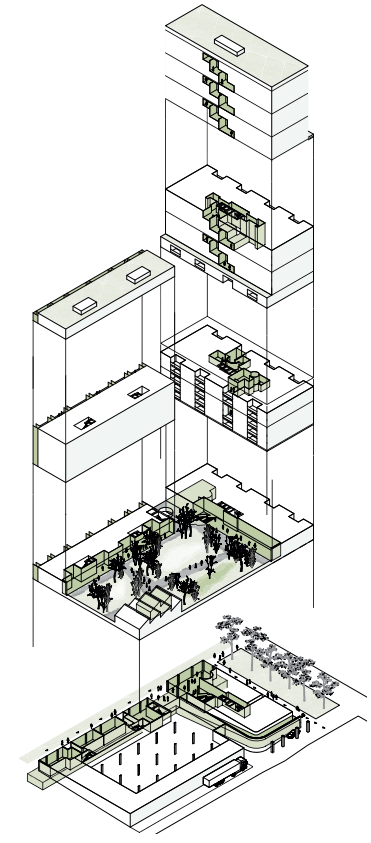
unter: https://competitions.espazium.ch/de/wettbewerbe/decisi/heinrich-areal | (08.02.22)
https://www.jessenvollenweider.ch/projekte/ | (08.02.22)

KOCHAREAL B

ZÜRICH, ENZMANN UND FISCHER, 2019-2024







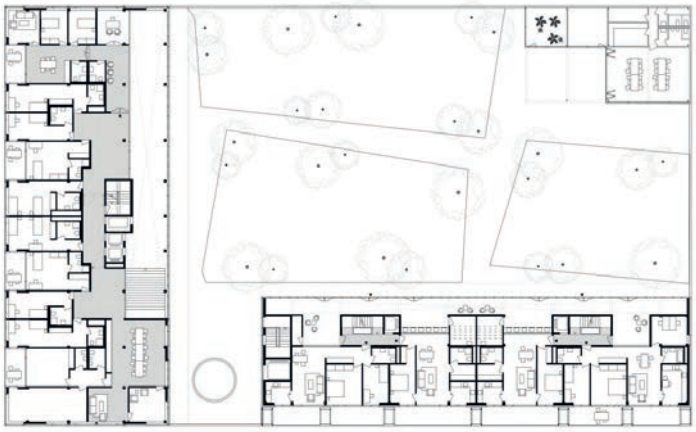
Nachbarschaftliche Flächen

REFERENZ

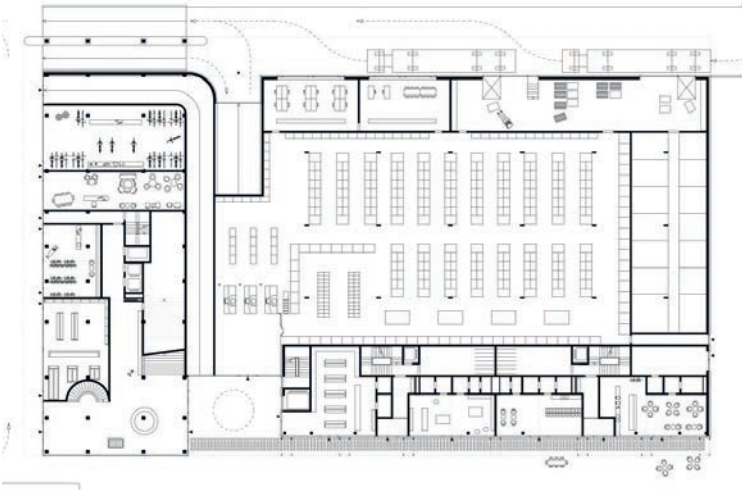
Gemeinschaftlichkeit
Dachnutzung mit Pavillon

erstes genossenschaftliches Wohnhochhaus

3. Obergeschoss



1. Obergeschoss

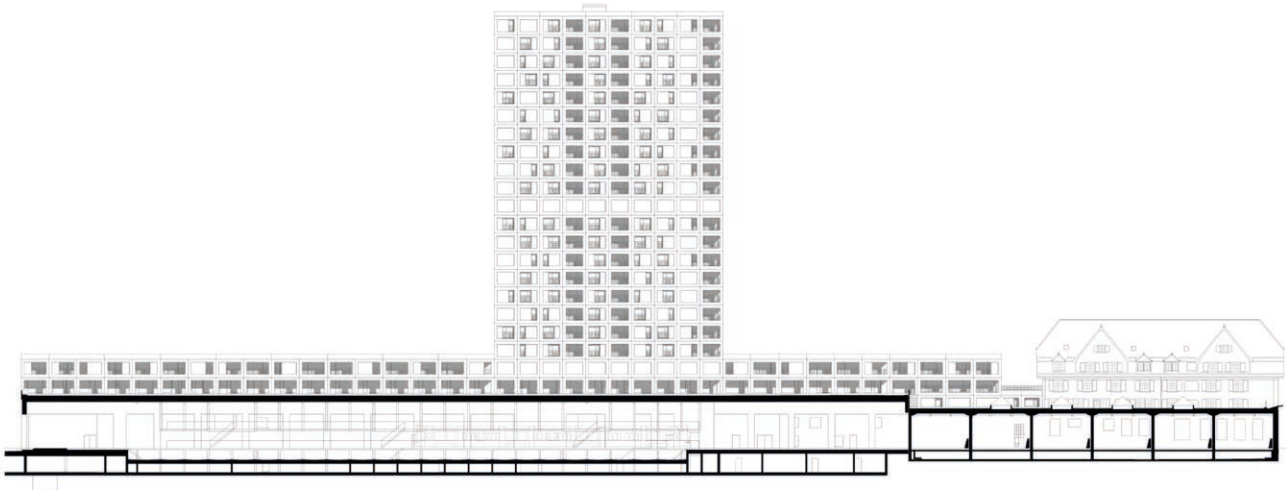


Erdgeschoss

unter: https://www.enzmannfischer.ch/?project_id=286 | (17.01.22)
https://kochquartier.ch | (27.01.22)

DEPOT HARD

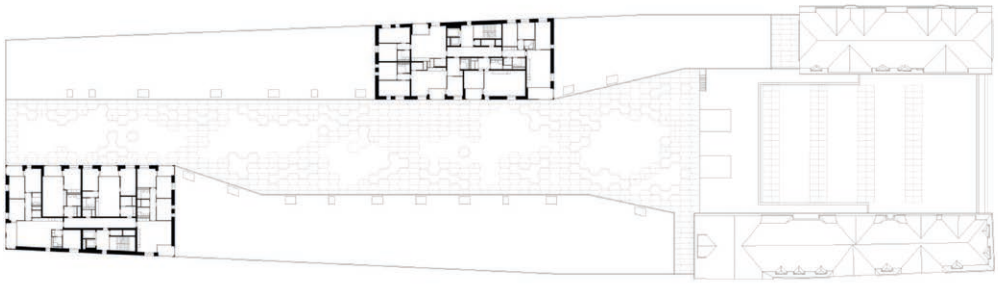
ZÜRICH, MORGER PARTNER ARCHITEKTEN, 2015-2025

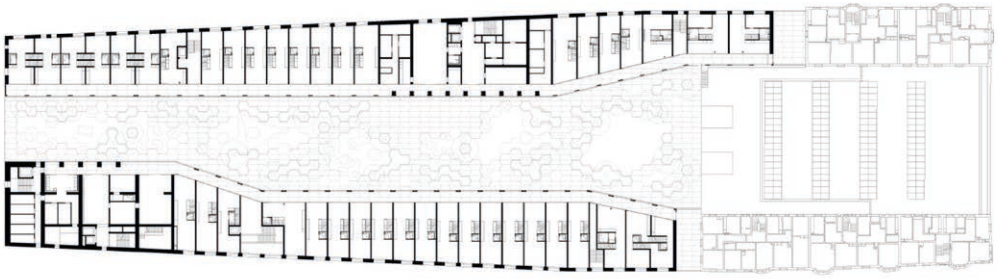


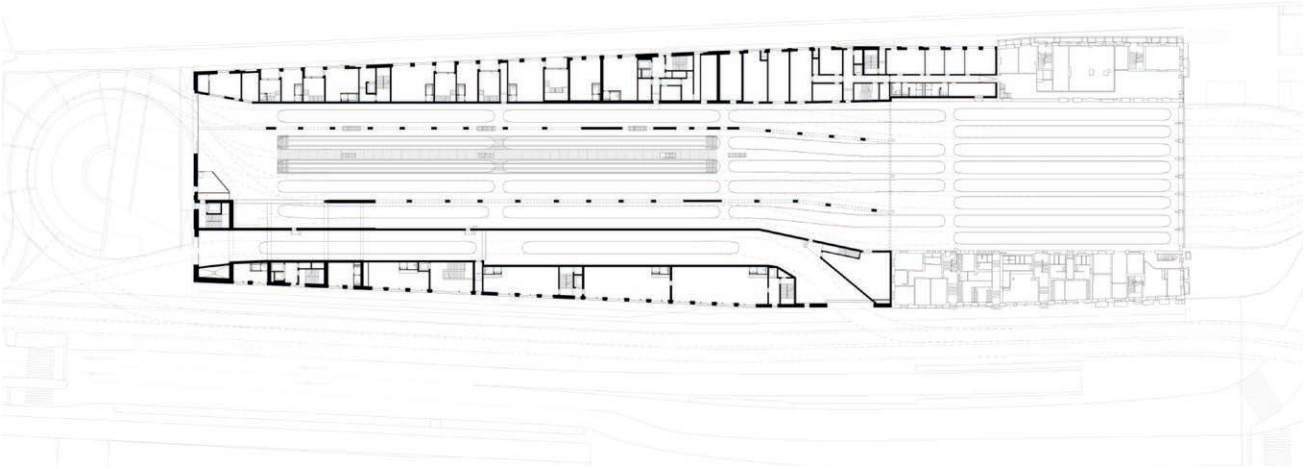
REFERENZ

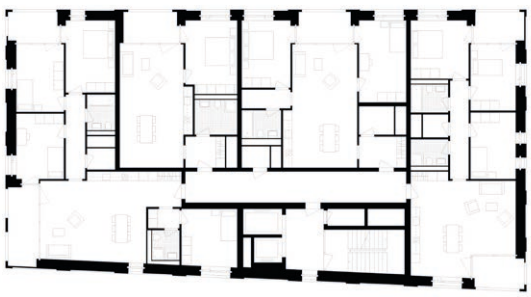
Wohnhochhäsuer
Neubau / Bestand

Komposition / Cluster





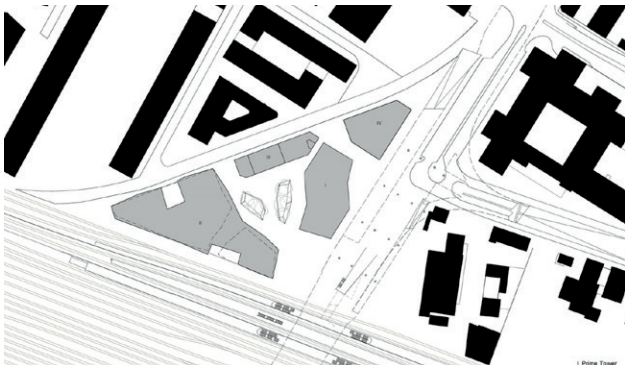


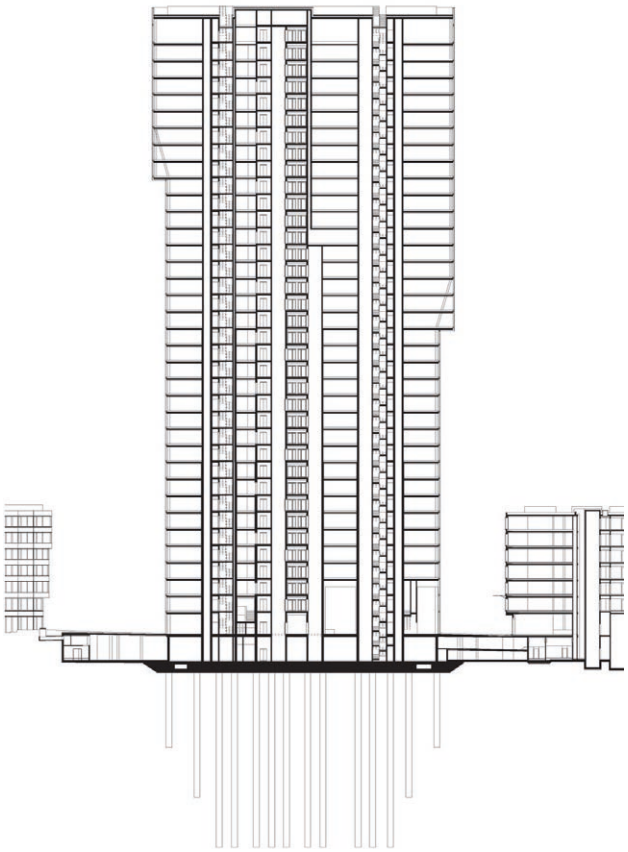


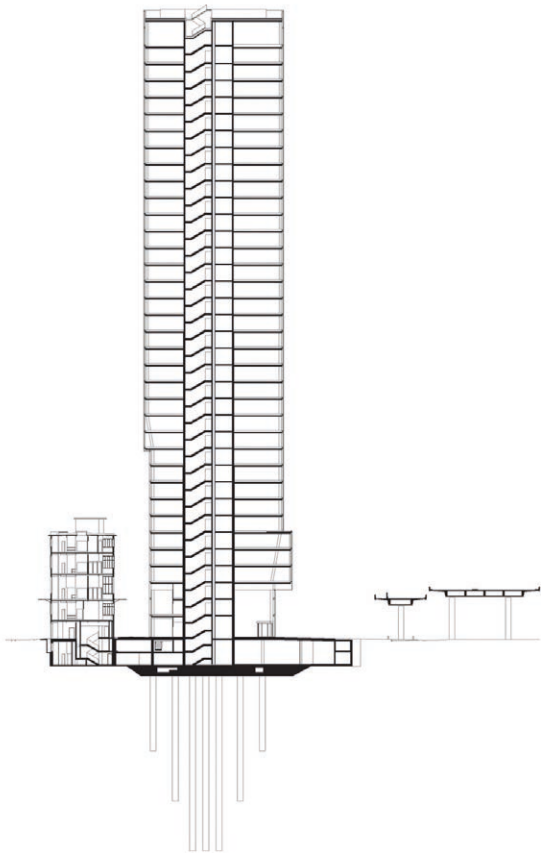
unter: https://www.morgerpartner.ch/de/projekte#project-272 | (17.01.22)

PRIME TOWER

ZÜRICH, GIGON/GUYER, 2004-2011





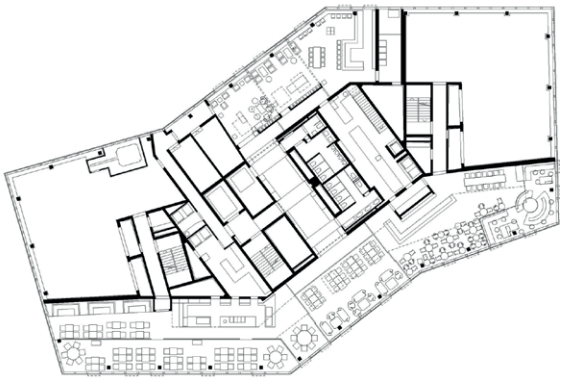


REFERENZ

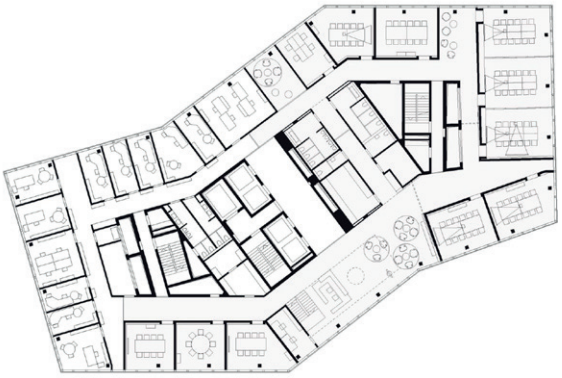
Cluster
Platzraum

öffentliche Nutzungen EG + oberstes Geschoss
Auskragungen

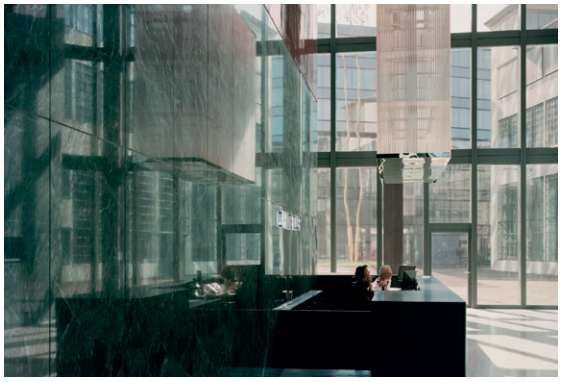
Formung Volumen

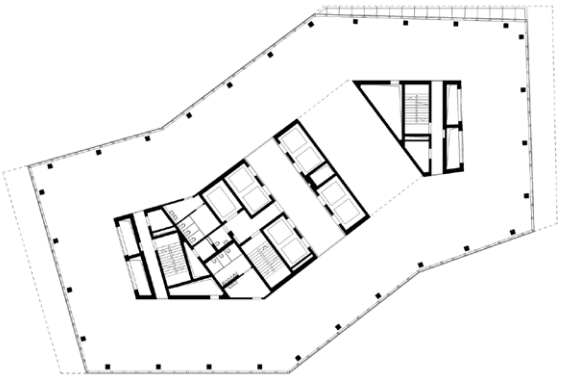


31. Obergeschoss

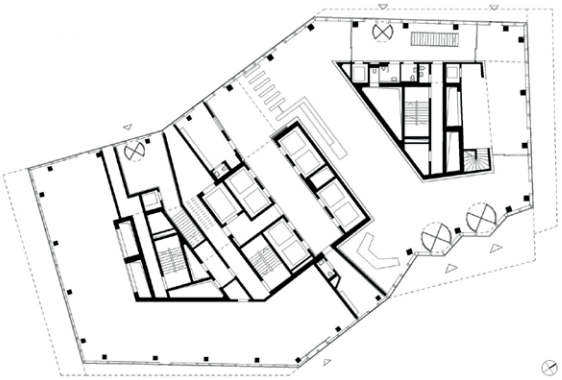


31. Obergeschoss





10. Obergeschoss

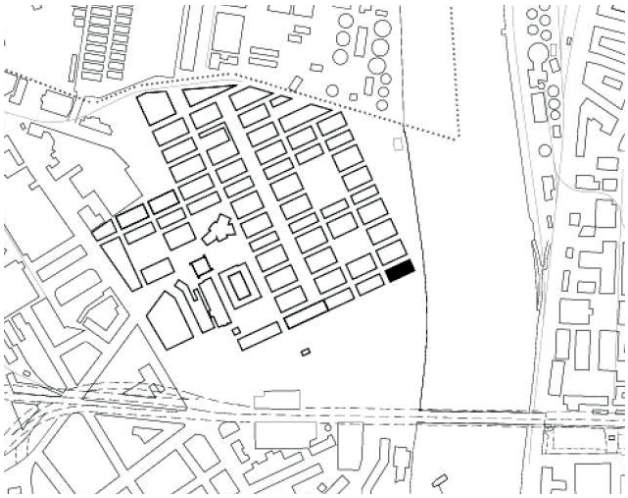


Erdgeschoss

unter: https://www.gigon-guyer.ch/de/werk/bauten/#prime-tower-annexbauten | (17.01.22)

NOVARTIS CAMPUS

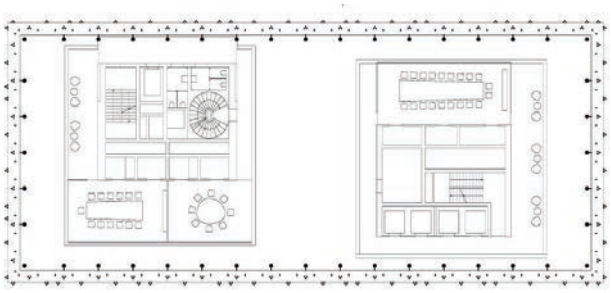
BASEL, HERZOG & DE MEURON, 2010-2015



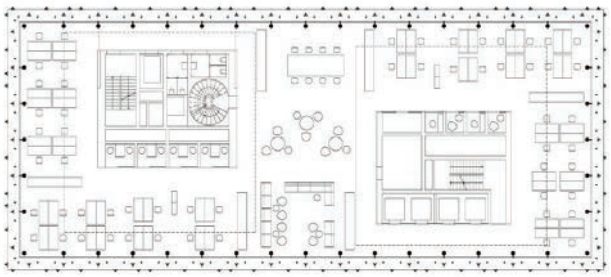
REFERENZ

Büronutzung
Vernetzung Quartier / Ort

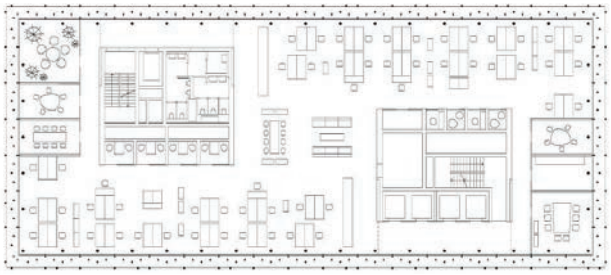
Fassade



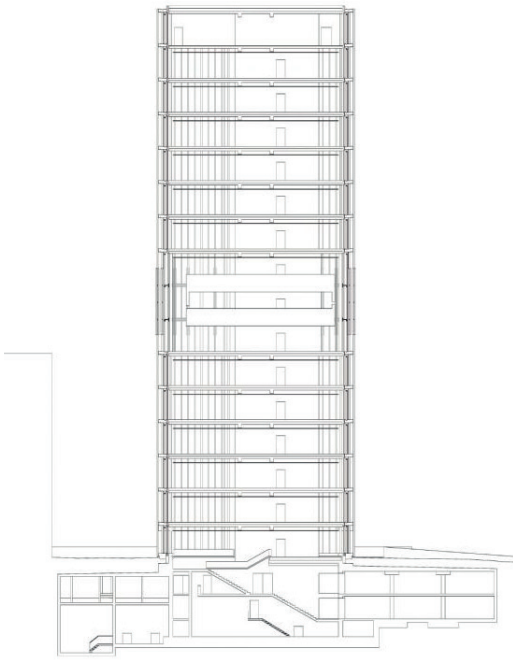
7. Obergeschoss

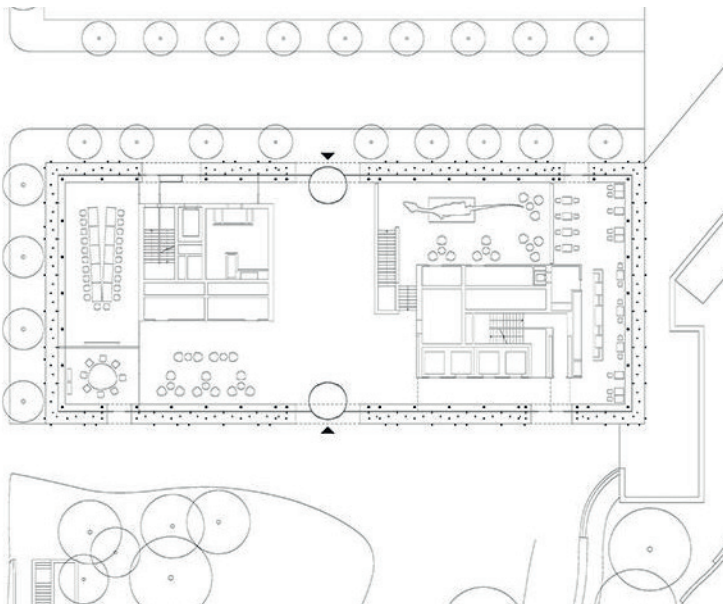


6. Obergeschoss



2. Obergeschoss



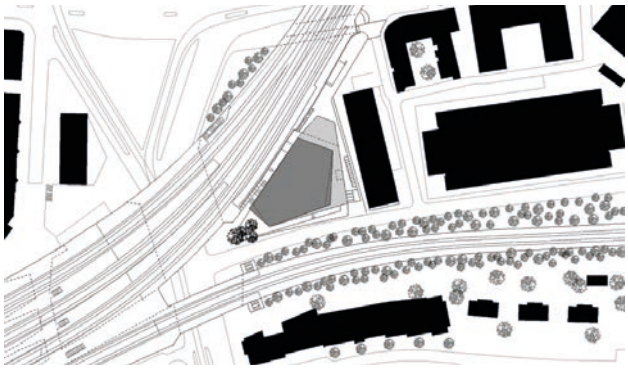


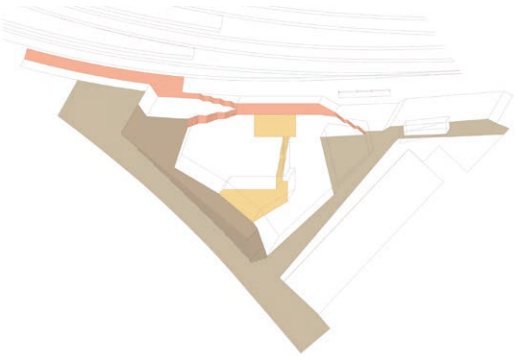
Erdgeschoss

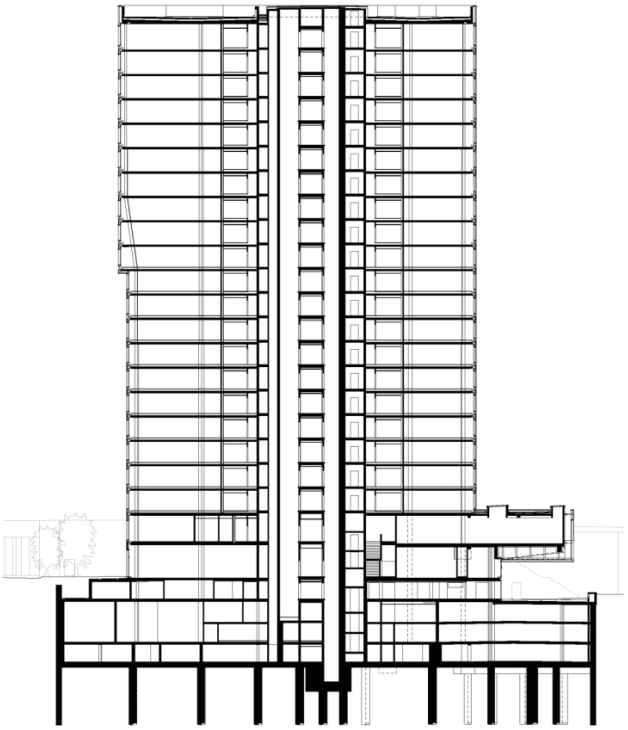
unter: https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/351-375/362-novartis-campus-asklepios-8/image.html | (01.02.2022)
https://arquitecturaviva.com/works/asklepios-8-edificio-de-oficinas-3 | (01.02.2022)

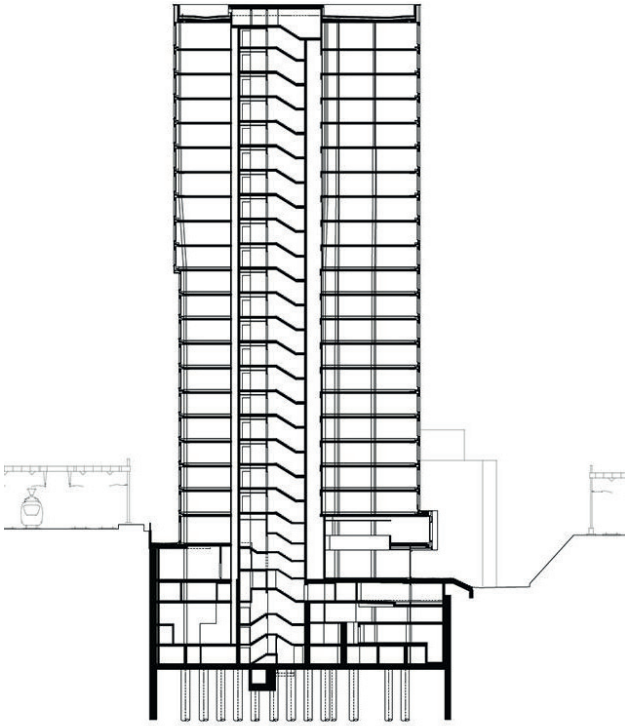
ANDREAS TURM

ZÜRICH, GIGON/GUYER, 2013-2018





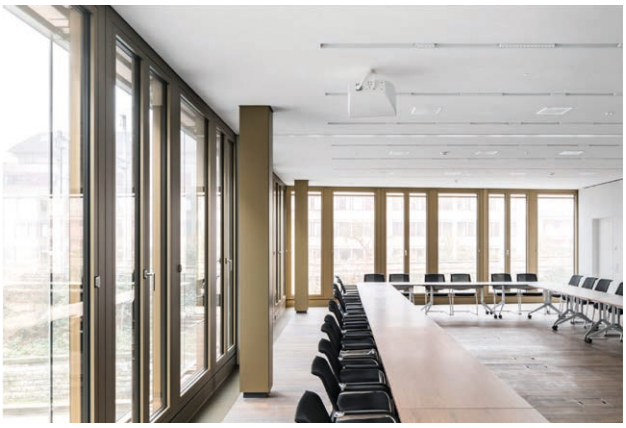




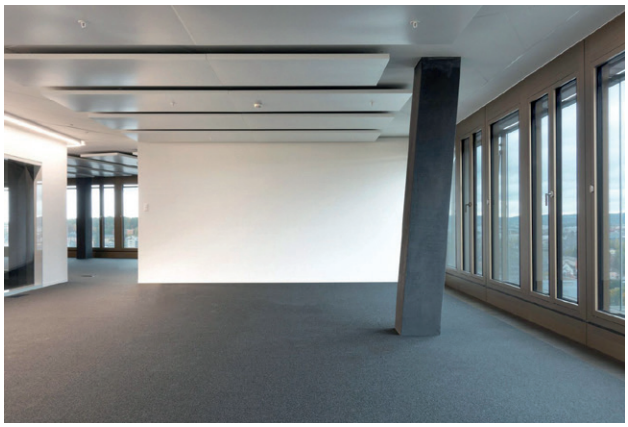
REFERENZ

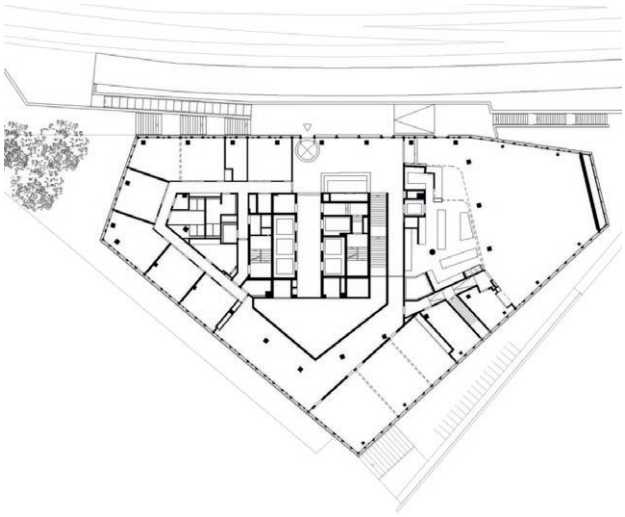
Büro
Vernetzung mit Ort im Sockel

Formung Volumen
öffentliche Nutzungen EG



7. Obergeschoss





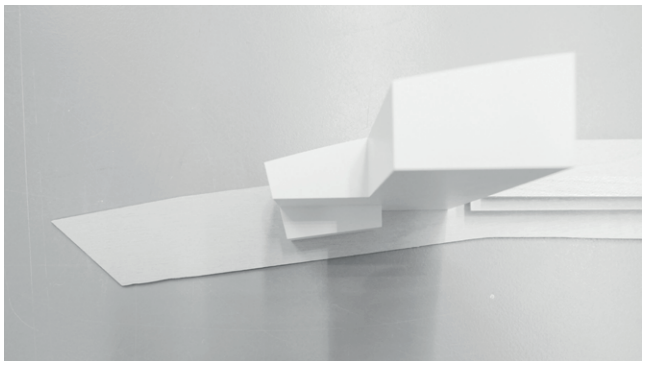
1. Obergeschoss – Niveau Perron

Erdgeschoss – Strassenniveau

unter: https://www.gigon-guyer.ch/de/werk/bauten/buerogebaeude/#andreasturm | (01.02.22)

FRANKLIN TURM

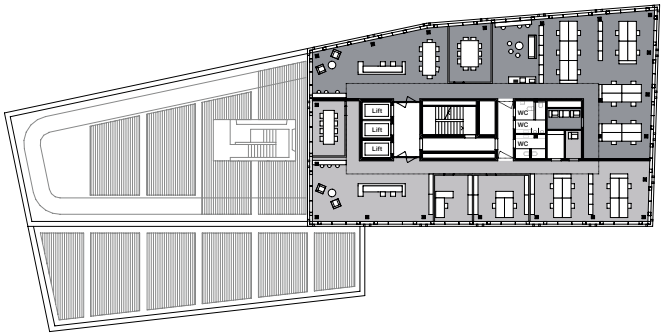
OERLIKON, ARMON SEMADENI, 2014-2022

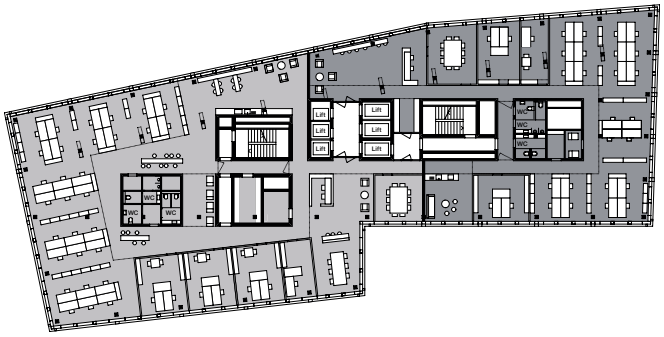


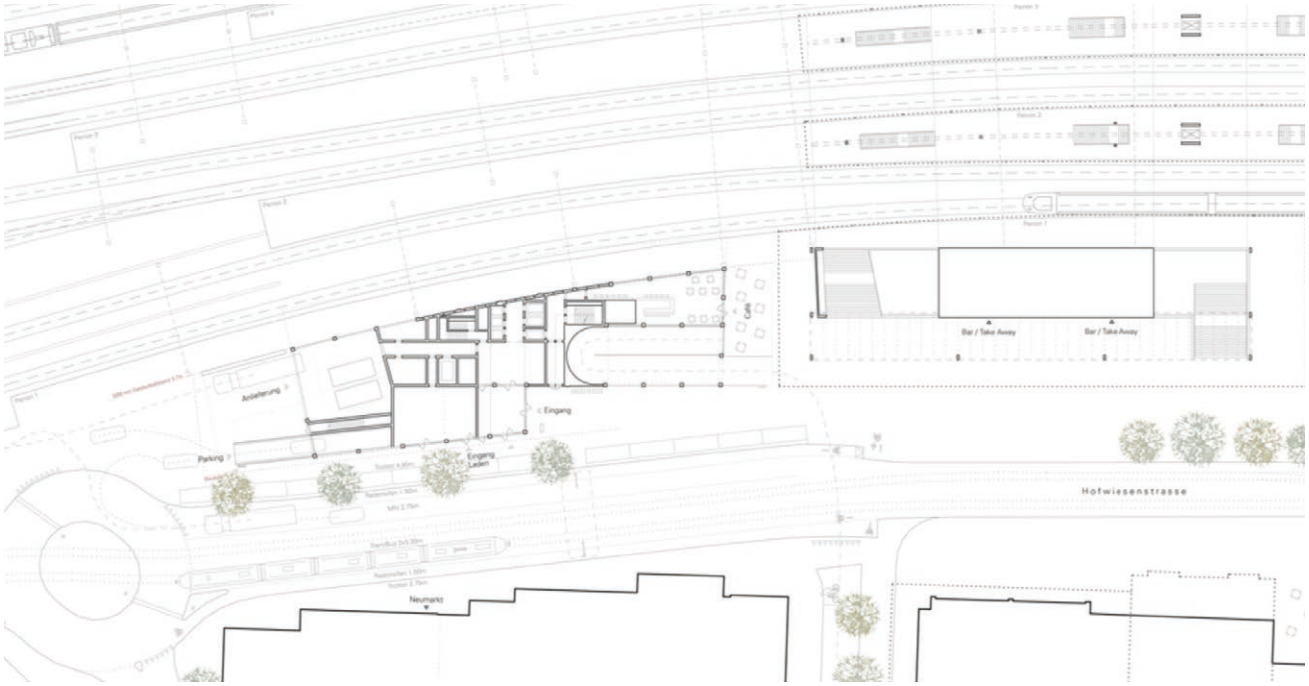
REFERENZ

Büro
Formung Volumen

Einfügung im Ort







unter: https://www.armonsemadeni.com/projekte/franklin-turm/ | (17.01.22)
SBB Immobilien, franklinturm.ch

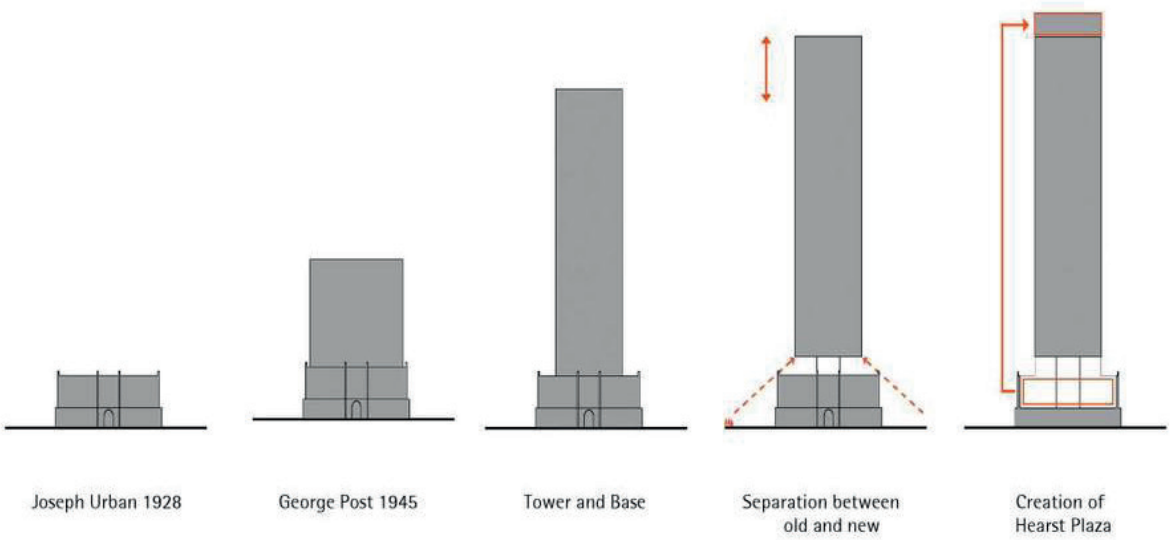
HEARST TOWER

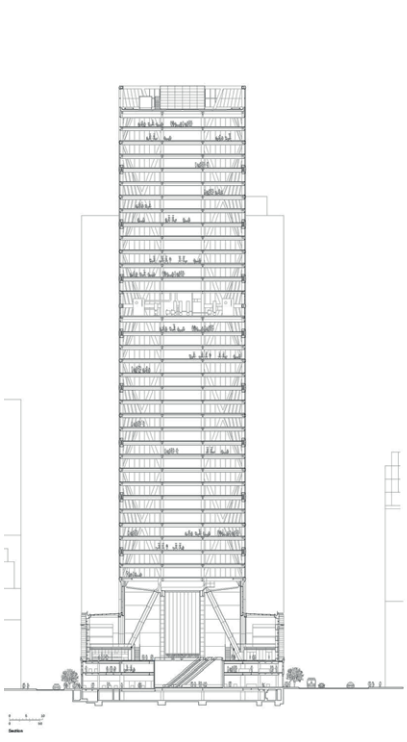
NEW YORK, FOSTER & PARTNERS, 2006

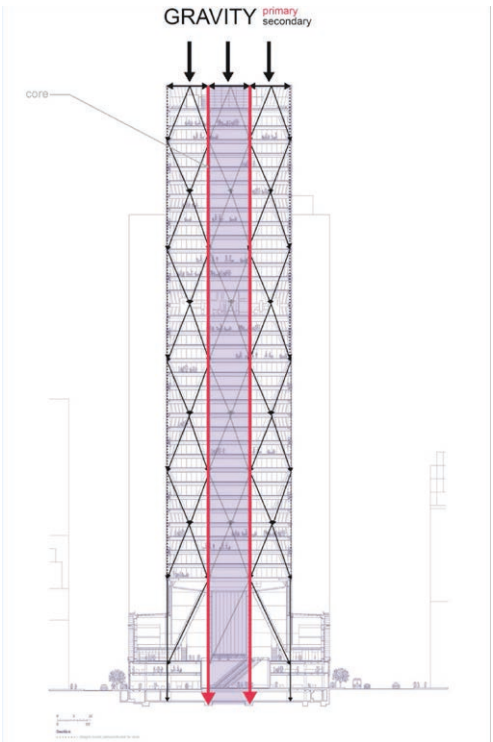
REFERENZ

Bezug Bestand / Neubau
Sockel / Aufbau

Strukturwechsel
tragende Fassade







unter: http://faculty.arch.tamu.edu/anichols/courses/applied-architectural-structures/projects-631/Files/HearstTower_1.pdf | (01.02.2022)
https://www.archdaily.com/204701/flashback-hearst-tower-foster-and-partners | (01.02.2022)

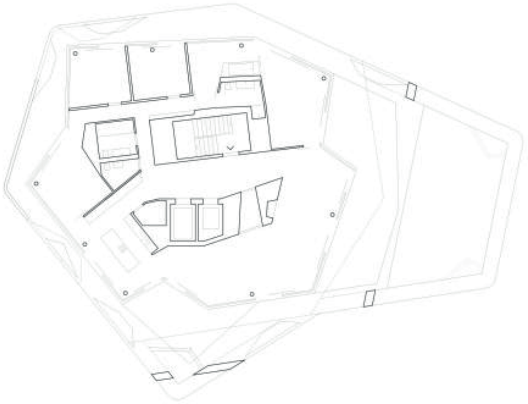
GARDEN TOWER

KÖNIZ, BUCHNER BRÜNDLER ARCHITEKTEN, 2014-2016

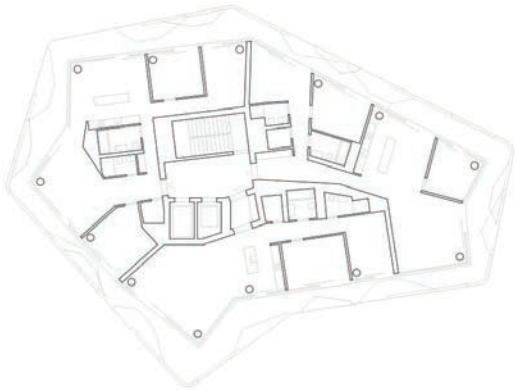
REFERENZ

Wohnen
Begrünung

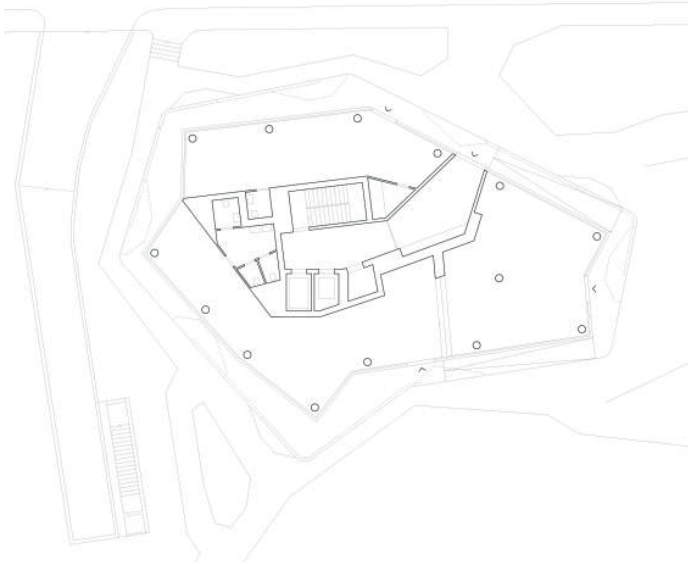
Aussenräume



16. Obergeschoss



1. Obergeschoss

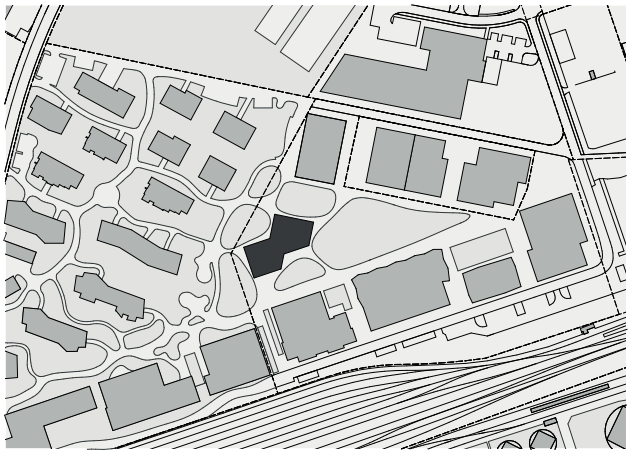


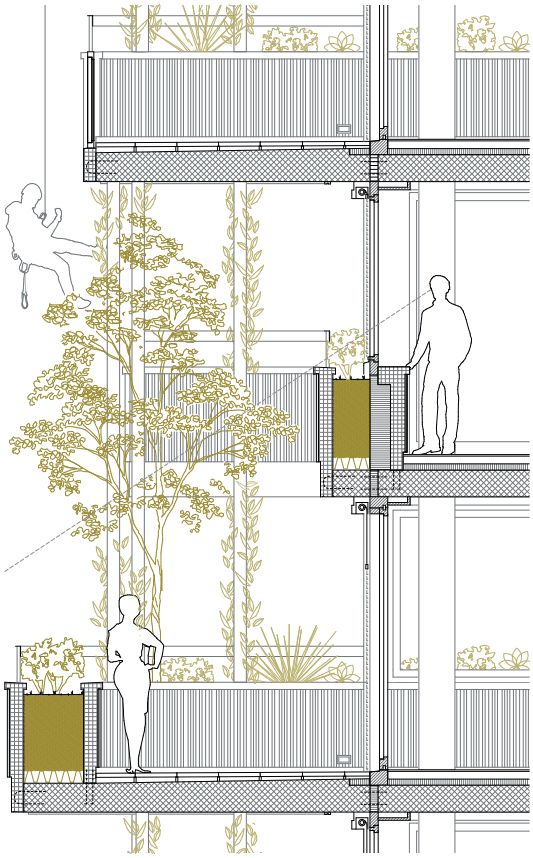
Erdgeschoss

unter: https://www.swiss-architects.com/de/architecture-news/reviews/garden-tower | (10.01.22)
https://bbarc.ch/en/garden-tower | (11.01.22)

GARTENHOCHHAUS AGLAYA

ROTKREUZ, RAMSER SCHMID ARCHITEKTEN, 2017-2019





REFERENZ

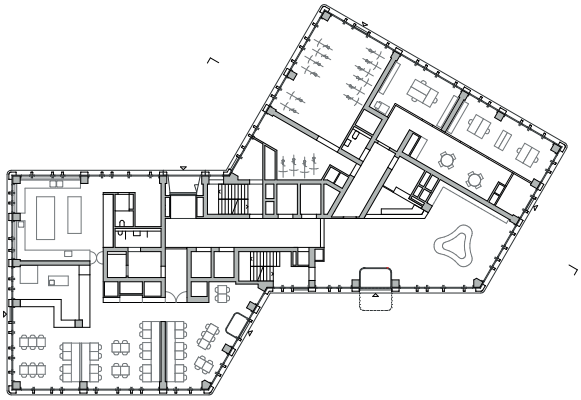
Wohnen
Aussenraum

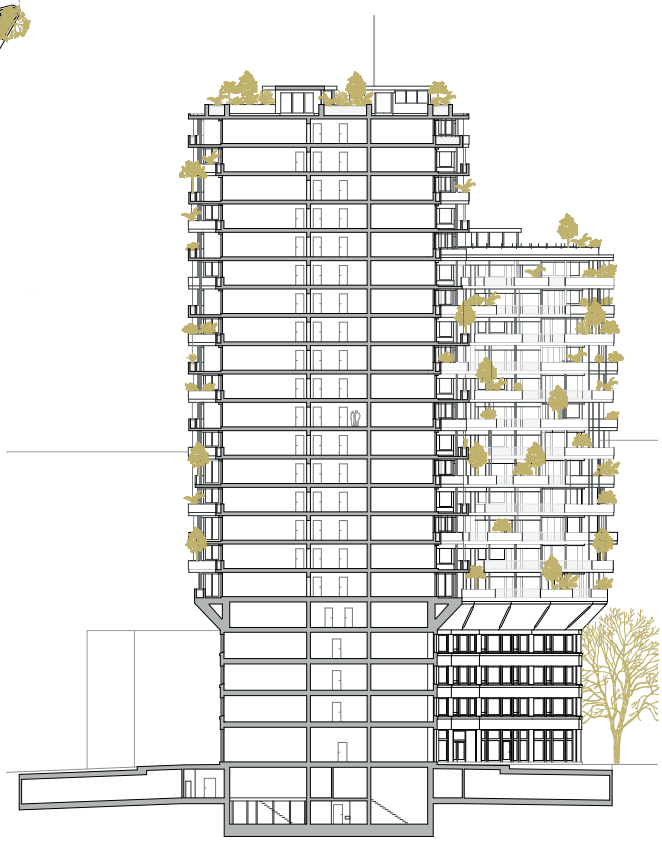
Begrünung
Auskragung

Sockel Coworking

17. Obergeschoss

11. Obergeschoss





Erdgeschoss

unter: https://www.baudokumentation.ch/projekt/gartenhochhaus-aglaya/778081# | (08.02.22)
https://bbarc.ch/en/garden-tower | (11.01.22)

HSB STOCKHOLM 2023

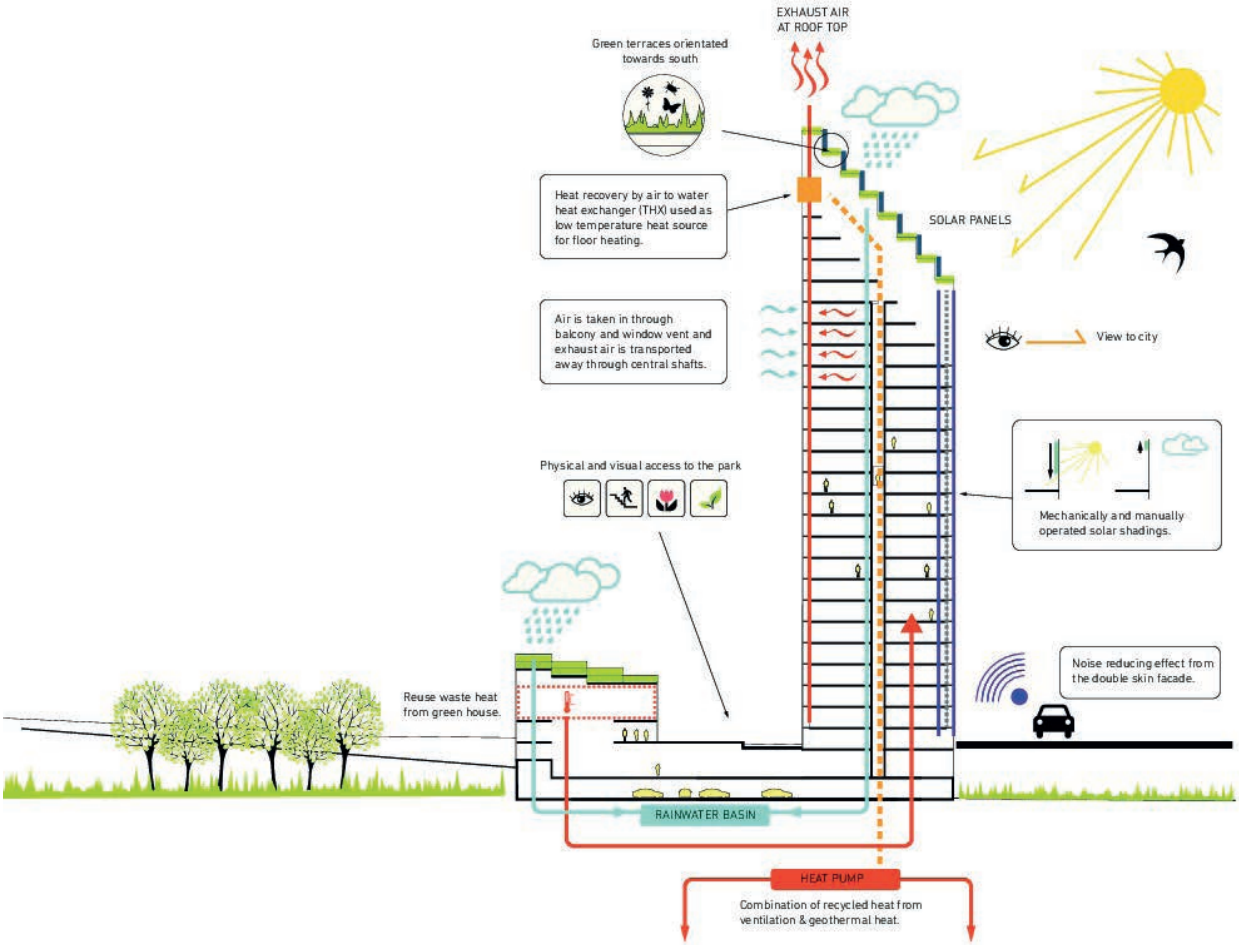
STOCKHOLM (SWE), C. F. MØLLER ARCHITECTS, 2013-2023

REFERENZ

Wohnen
Holzstruktur

Nachhaltigkeit
Aussenräume

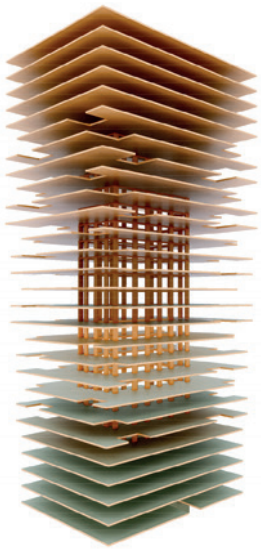
Krone

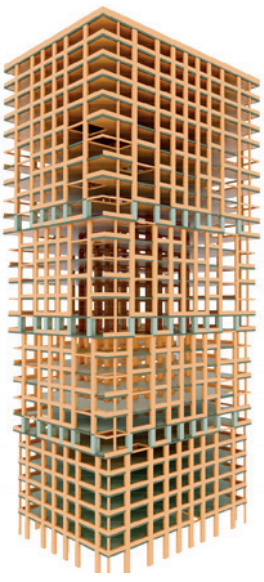


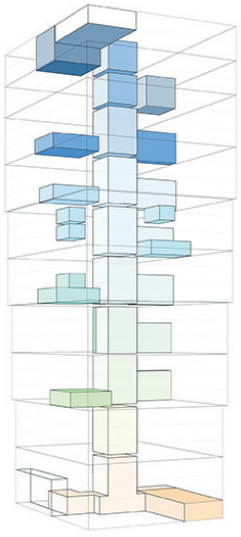
unter: https://www.archdaily.com/458202/c-f-moller-s-wooden-skyscraper-wins-international-competition | (08.02.22)

HOLZHOCHHAUS PI

ZUG, DUPLEX ARCHITEKTEN, 2019-2024



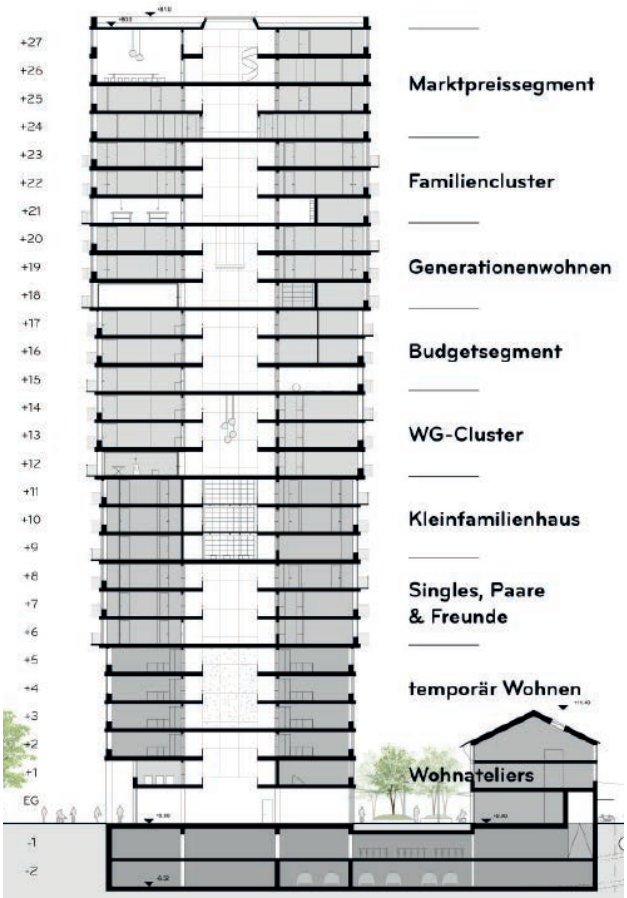




REFERENZ

Wohnhochhaus Familien / Angestellte
Gemeinschaftlichkeit: innere Hallen

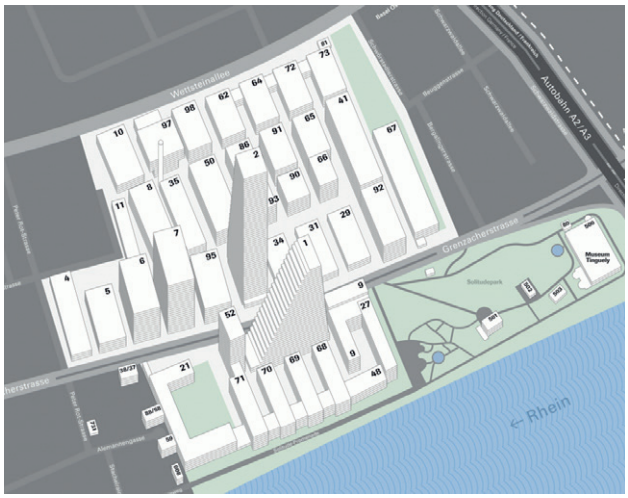
zweigeschossige Wohnungen
Tube in Tube Holzhochhaus



unter: https://duplex-architekten.swiss/de/#/de/projekte/holzhochhaus-pi/ | (18.01.22)

ROCHE TOWER

BASEL, HERZOG & DE MEURON, 2010-2015

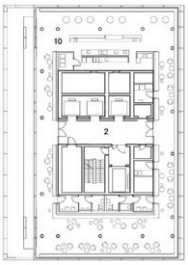


REFERENZ

Cluster
Setzung

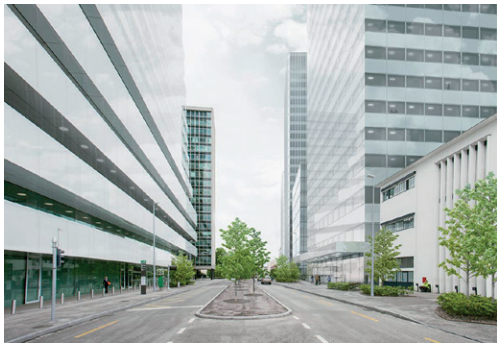
Kernausbildung
Terrassen

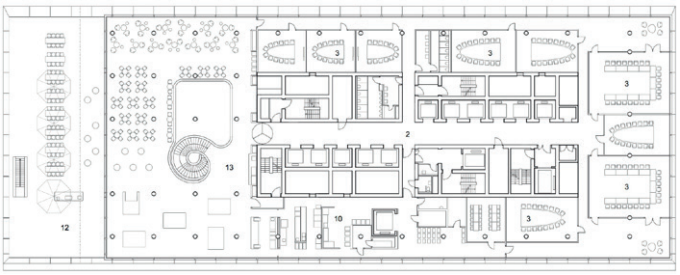
Gemeinschaftlichkeit
Büronutzung



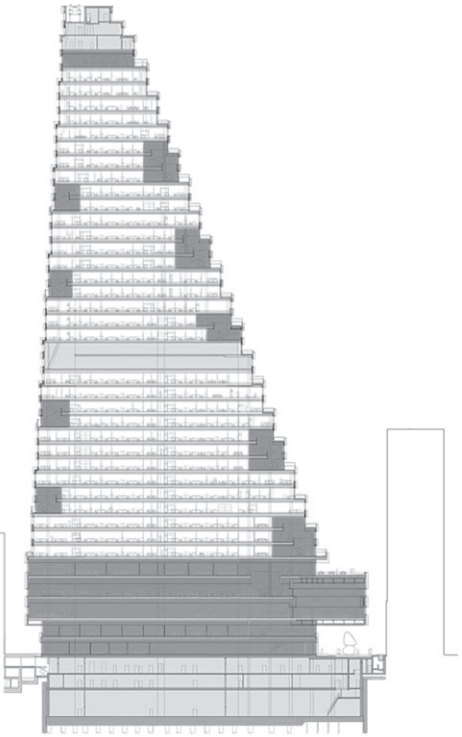
38. Obergeschoss

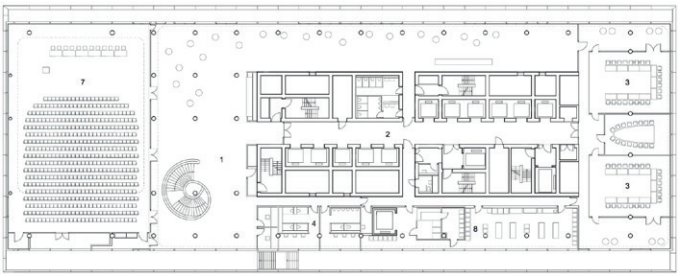
22. Obergeschoss



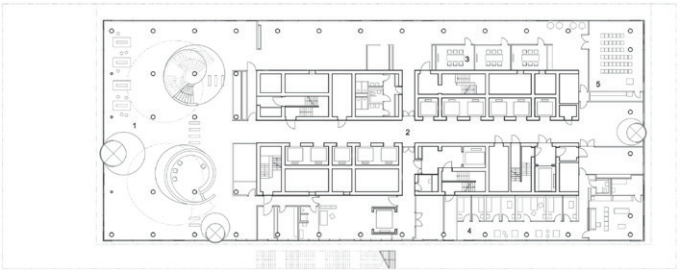


4. Obergeschoss





2. Obergeschoss



Erdgeschoss

unter: https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/426-450/445-roche-bau-2.html | (01.02.2022)
https://www.espazium.ch/de/aktuelles/eine-baustrategie-fuer-den-weltkonzern | (01.02.2022)

LABITZKE AREAL

ZÜRICH, GIGON / GUYER ARCHITEKTEN, 2013-2018

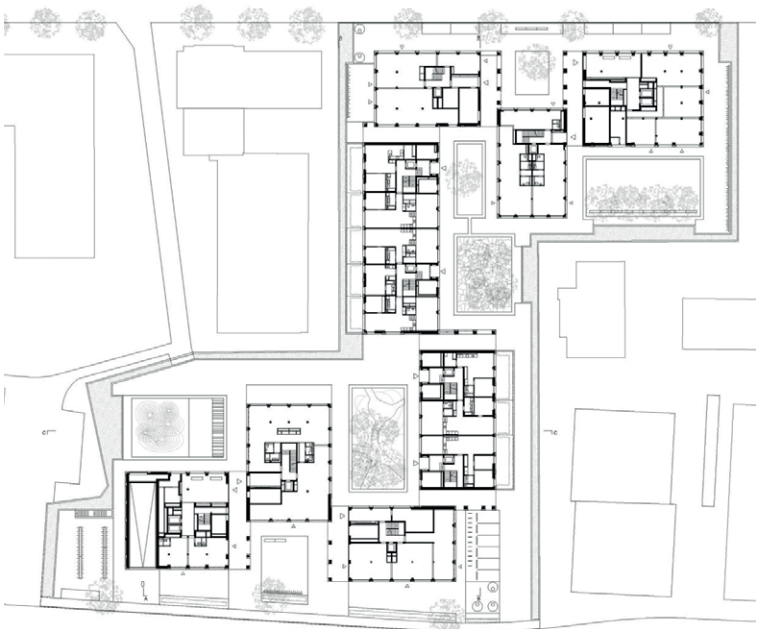
REFERENZ

Wohnen
Vernetzung Quartier

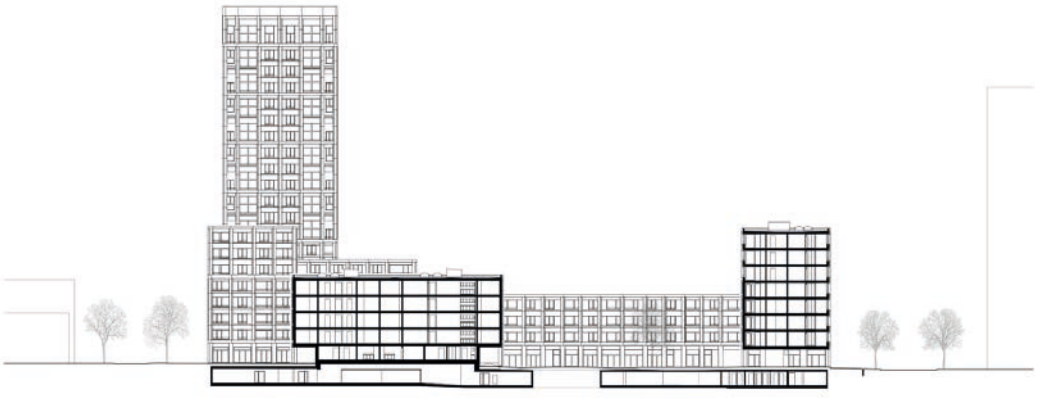
Freiräume
Cluster

Typologievielfalt
öffentliche Nutzung EG

1. Obergeschoss



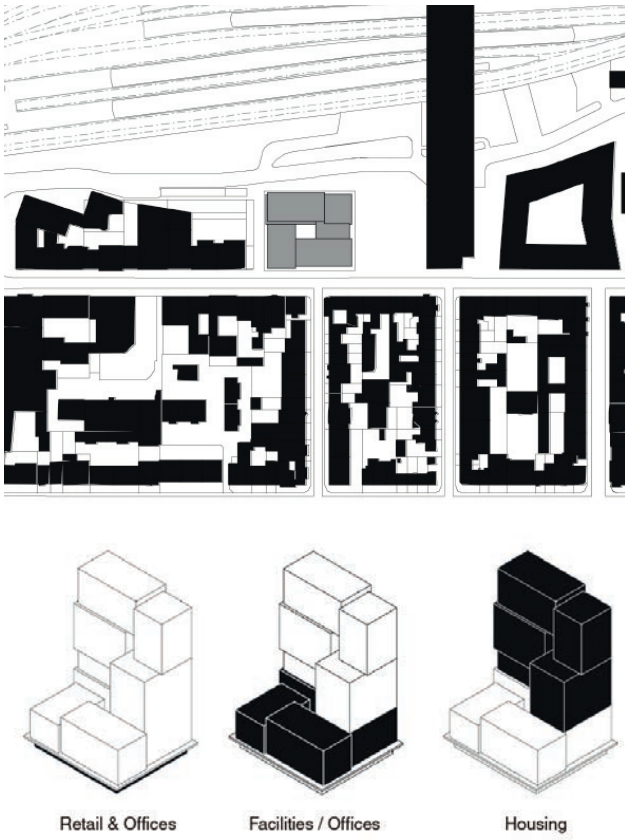
Erdgeschoss



Quelle: GIGON / GUYER

MERET OPPENHEIM HOCHHAUS

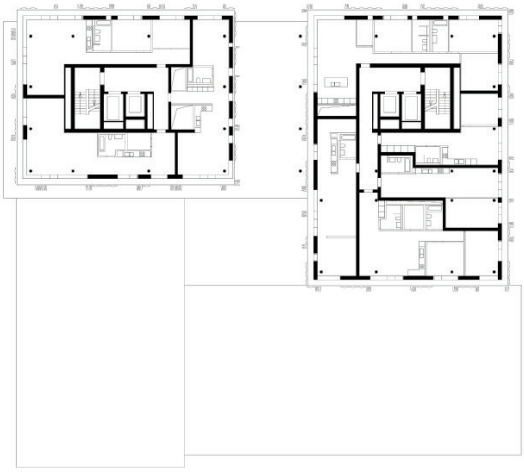
BASEL, HERZOG & DE MEURON, 2013-2018



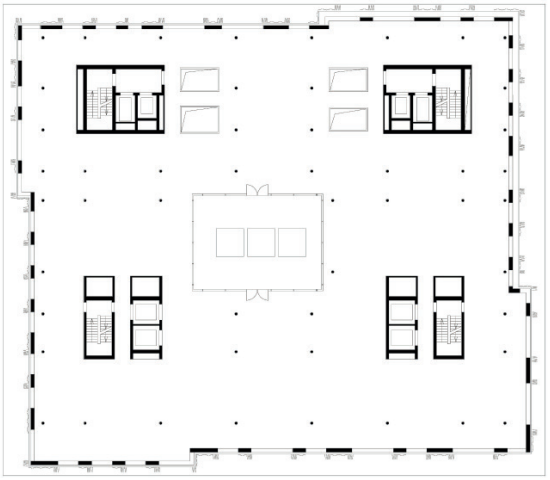
REFERENZ

Nutzungsvielfalt
Konglomerat

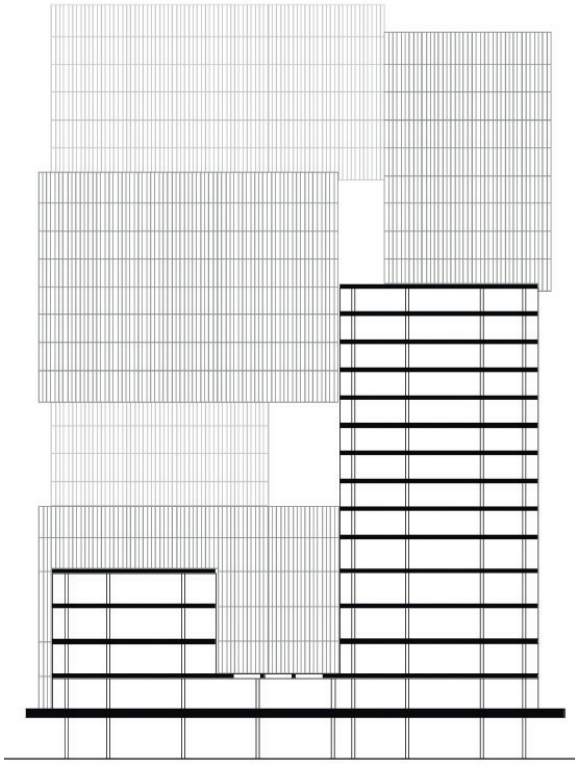
öffentliche Nutzung EG
Volumenformung

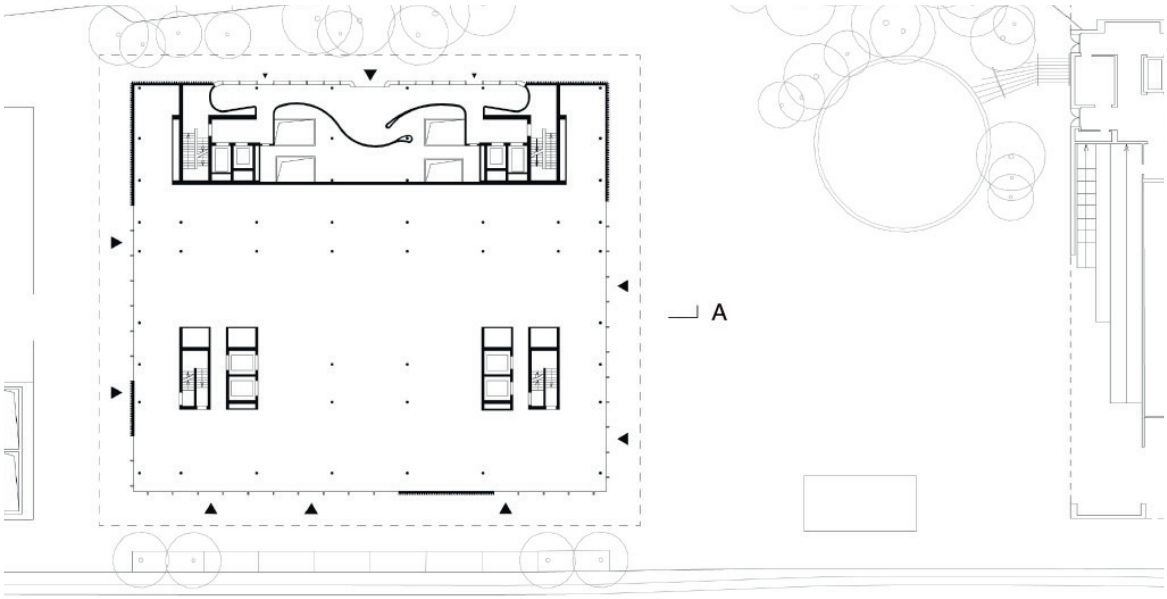


9. Obergeschoss



2. Obergeschoss





Erdgeschoss

unter: https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/401-425/418-meret-oppenheim-tower.html | (01.02.2022)
https://arquitecturaviva.com/works/edificio-en-altura-meret-oppenheim-7 | (01.02.2022)

WOLKENWERK

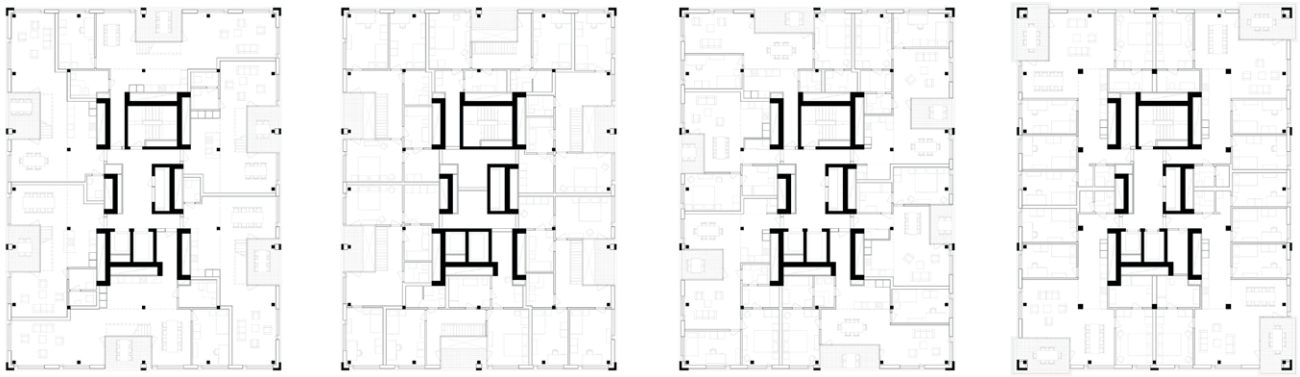
LEUTSCHENBACH, STAUFER & HASLER/VON BALLMOOS PARTNER ARCHITEKTEN, 2017-2020

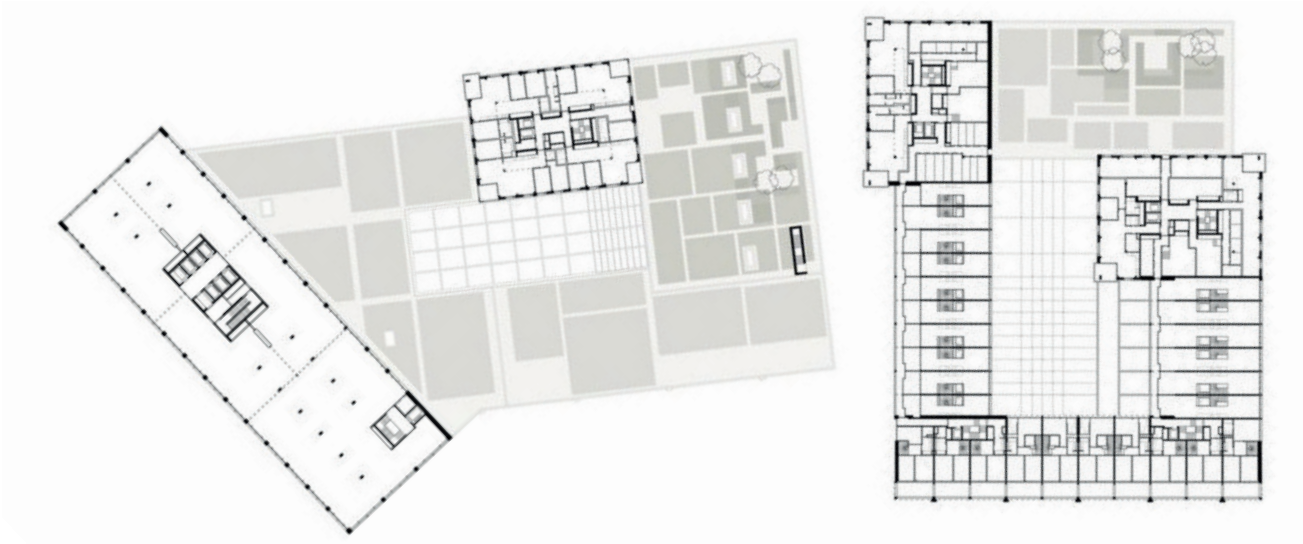
REFERENZ

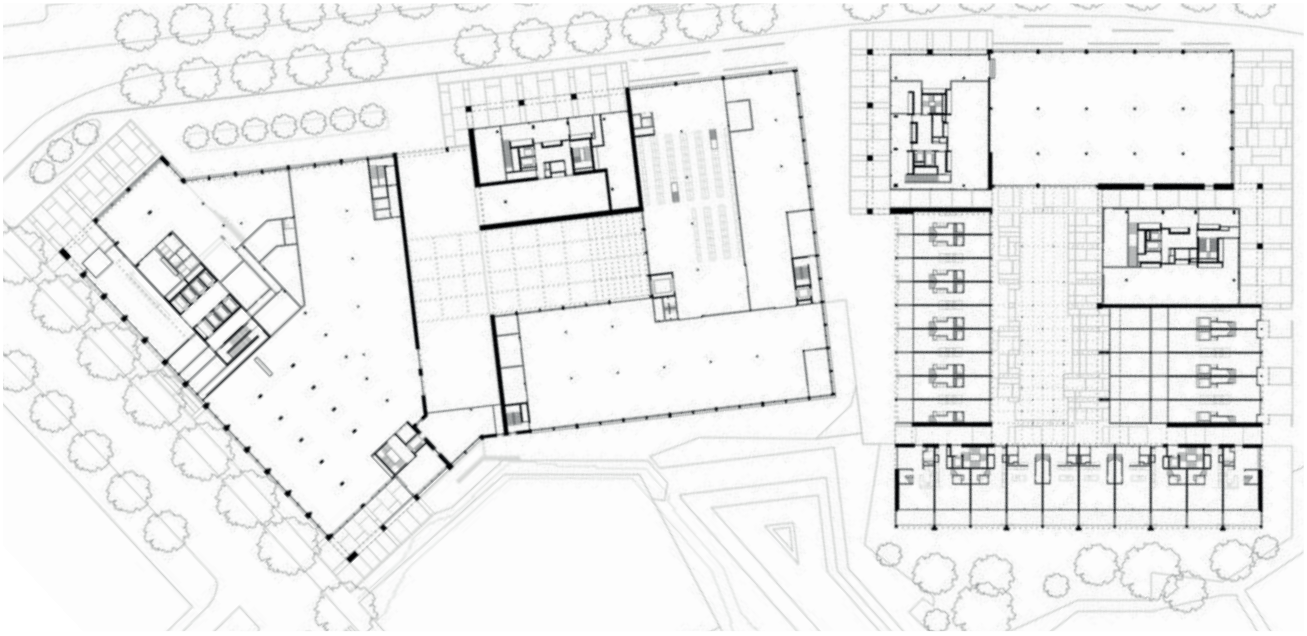
Wohnen
Sockel / Turm

Vernetzung Quartier
Freiräume

Nutzungsvielfalt



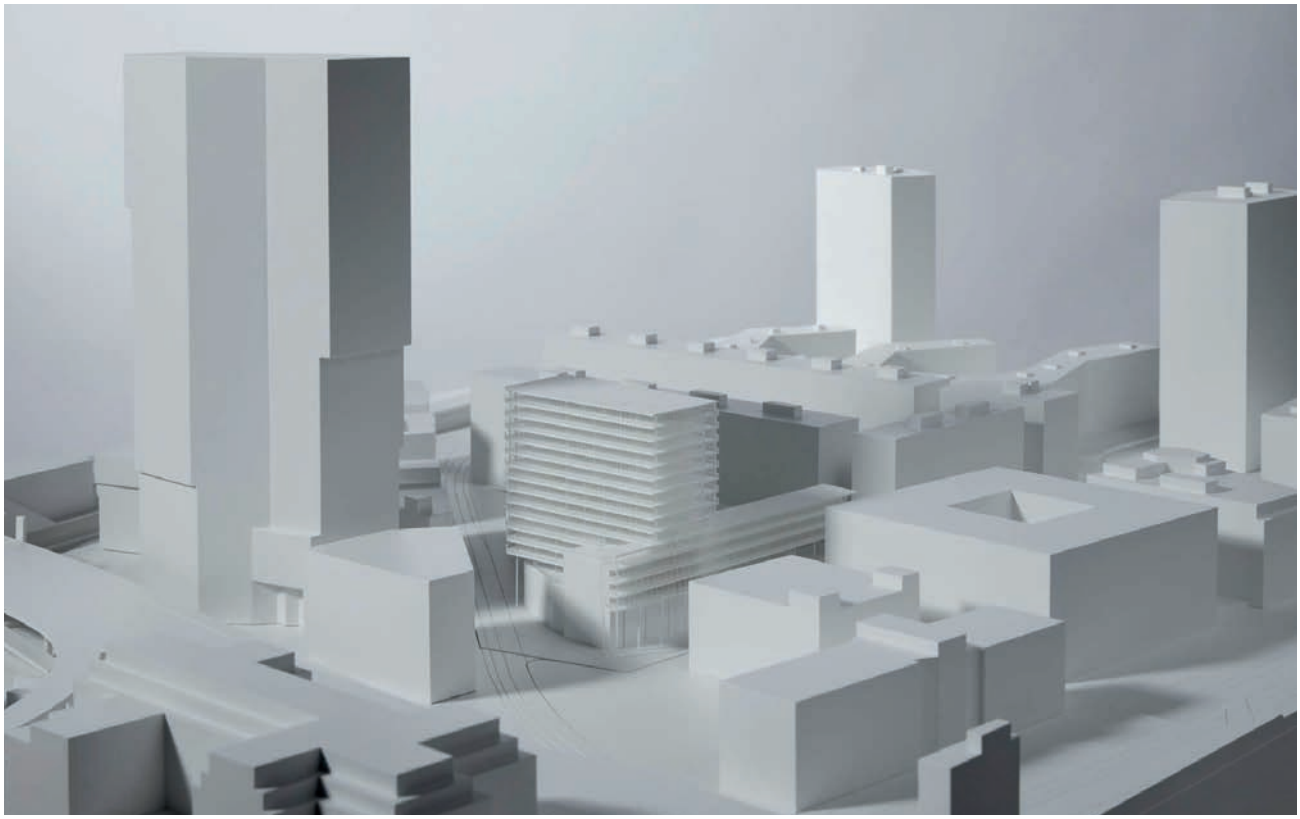




unter: https://staufer-hasler.ch/projekt-details/hochhausensemble-wolkenwerk-leutschenbach/ | (17.01.22)
https://www.vonballmoospartner.ch/project/leutschenbach-kopf/ | (17.01.22)
https://landezine.com/wolkenwerk-leutschenbach-zurich-by-mavo/ | (27.01.22)

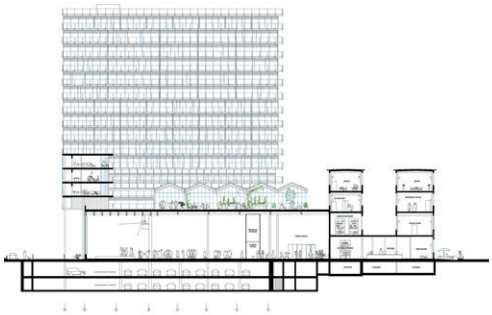
MAAGLIVE

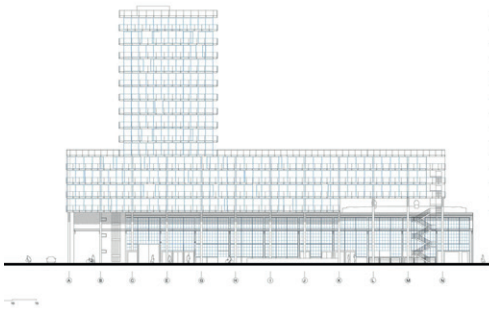
ZÜRICH, LACATON & VASSAL ARCHITECTES, STUDIENAUFTRAG 2020



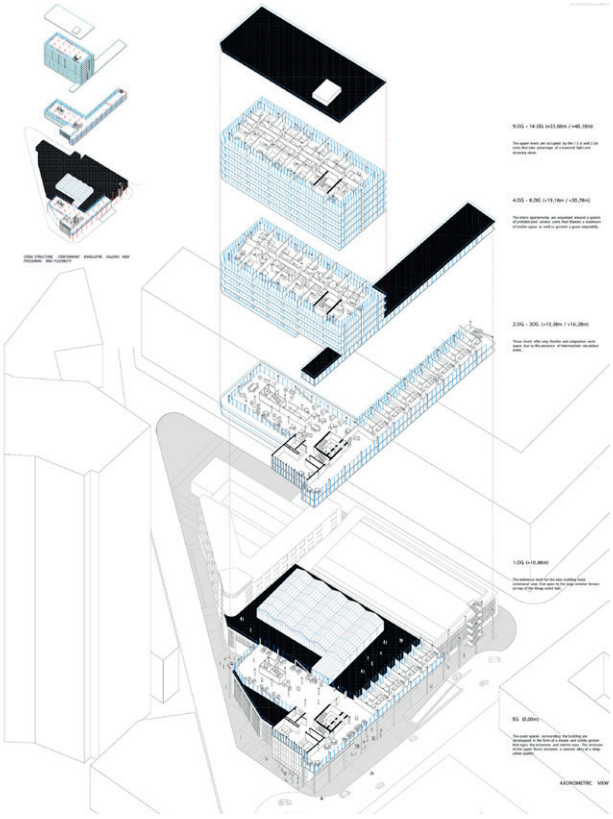
REFERENZ

Wohnhochhaus
Neubau / Bestand

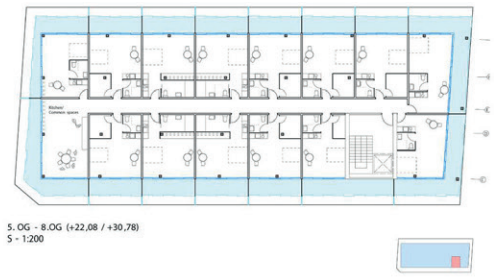


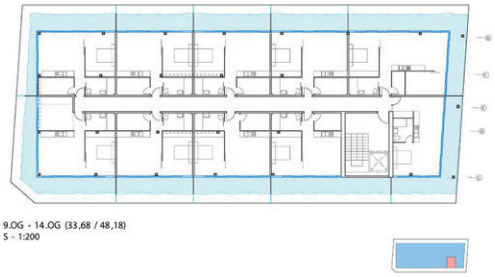


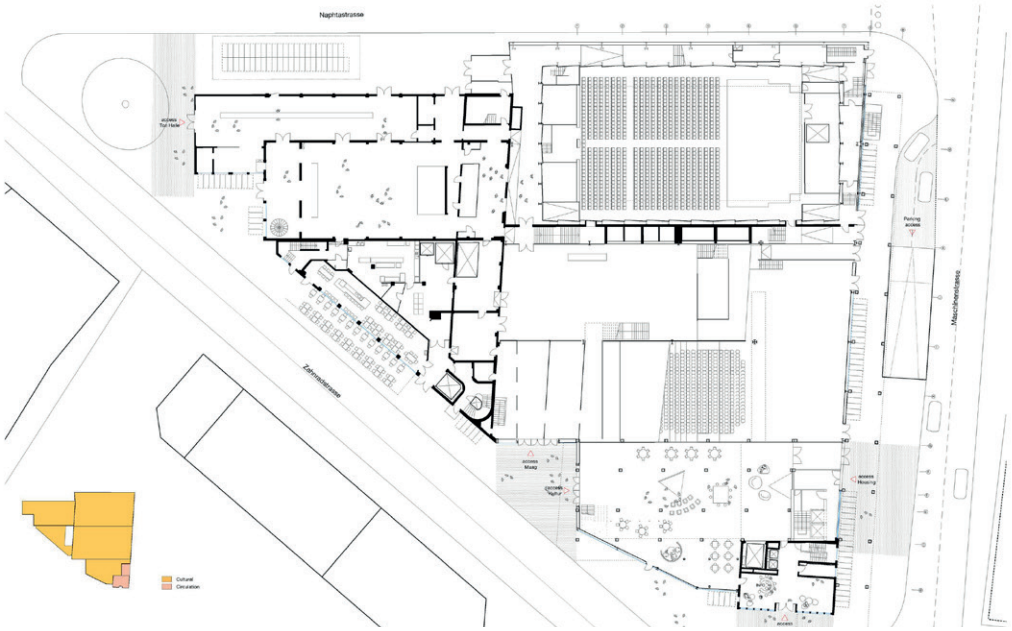
Nutzungsvielfalt
Nachhaltigkeit



Klimaschichten
Aussenräume



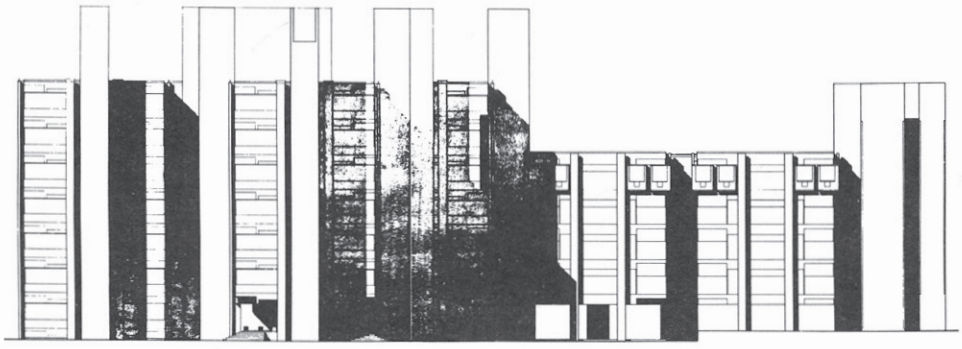




unter: https://www.beta-architecture.com/amt-fur-umwelt-und-energie-jessen-vollenweider/ | (11.01.22)
https://www.jessenvollenweider.ch/home/ | (11.01.22)

RICHARDS MEDICAL RESEARCH TOWERS

PHILADELPHIA (USA), LOUIS KAHN, 1957-1965

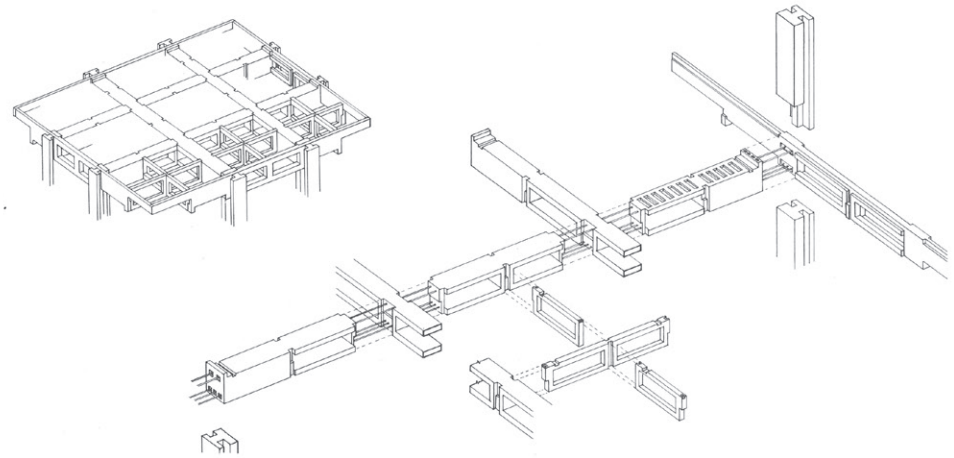


North elevation, later version.

REFERENZ

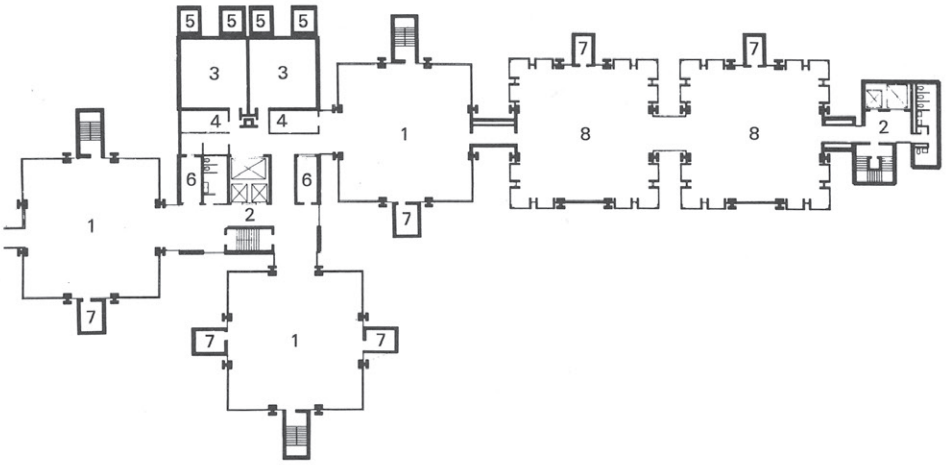
Struktur
Vorfabrikation

Fügung
dienende / bediente Räume



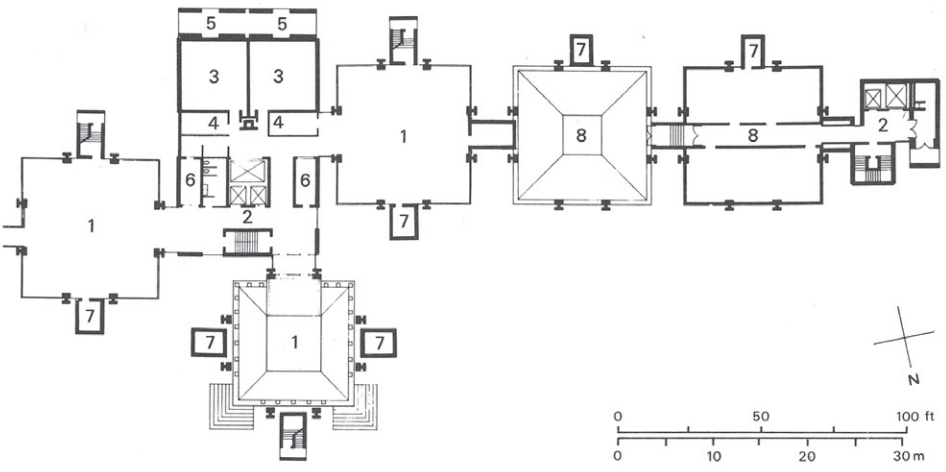
Schematic isometric drawings, showing assembly of pre-cast concrete members of floor system.

"A building is like a human, an architect has the opportunity of creating life. The way the knuckles and joints come together make each hand interesting and beautiful. In a building these details should not be put in a mitten and hidden. Space is architectural when the evidence of how it is made is seen and comprehended."



1 Studio towers
2 Elevators and stairways
3 Animal quarters
4 Animal service rooms
5 Fresh air intake stacks
6 Air distribution shafts
7 Fume and exhaust stacks
8 Biology Building towers

Typical laboratory floor plan, later version.

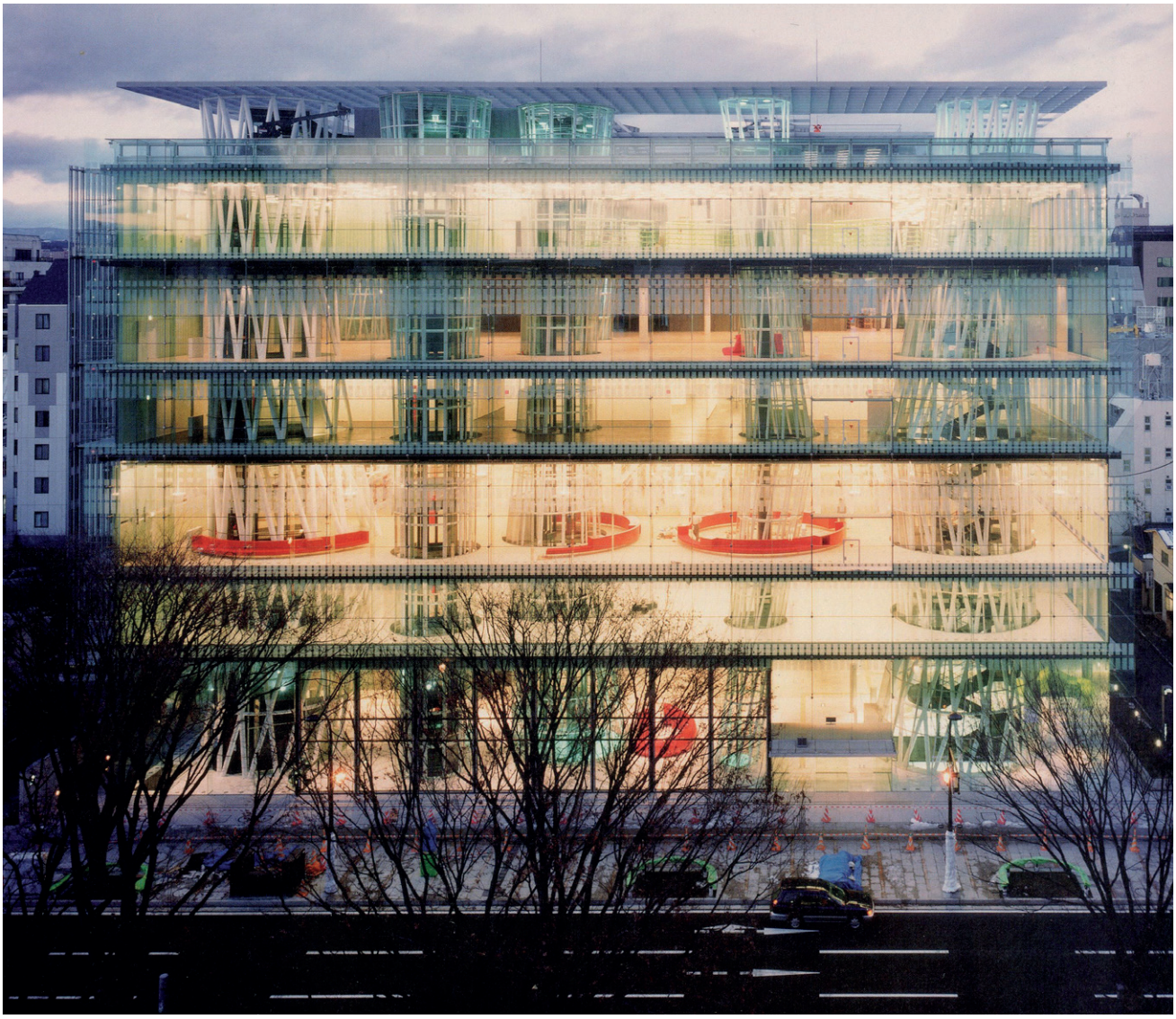


First floor plan, later version.

unter: https://www.jstor.org/stable/pdf/4058304.pdf | (01.02.2022)

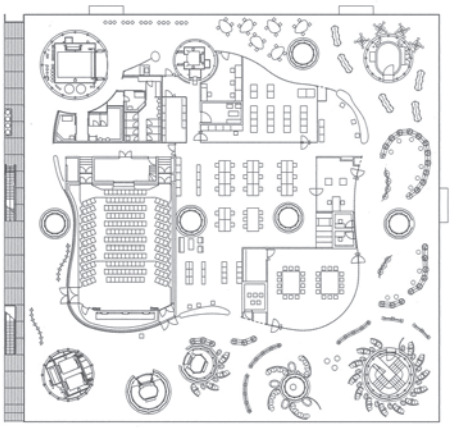
MEDIATHEK SENDAI

SENDAI (JPN), TOYO ITO & ASSOCIETES, 1995-2000

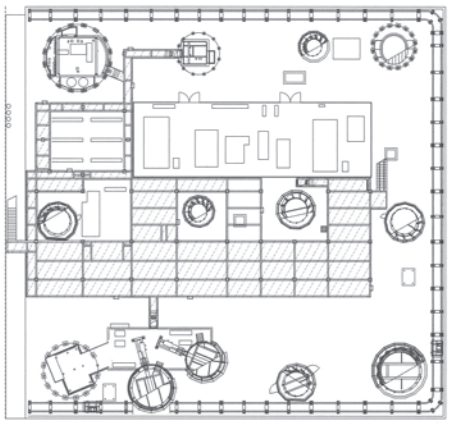


REFERENZ

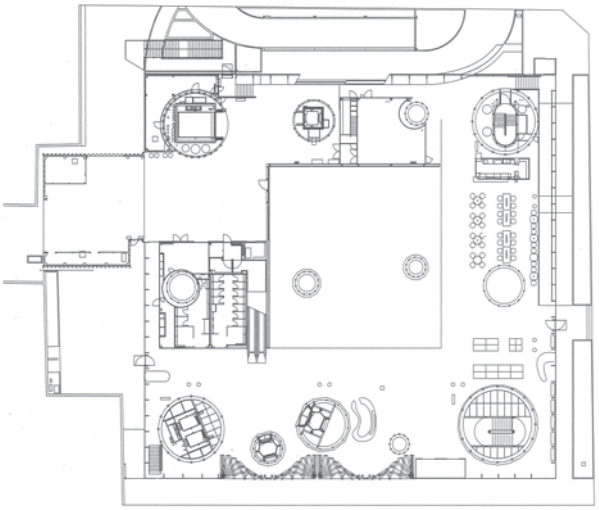
leichte Struktur
raumhaltige Stützenelemente



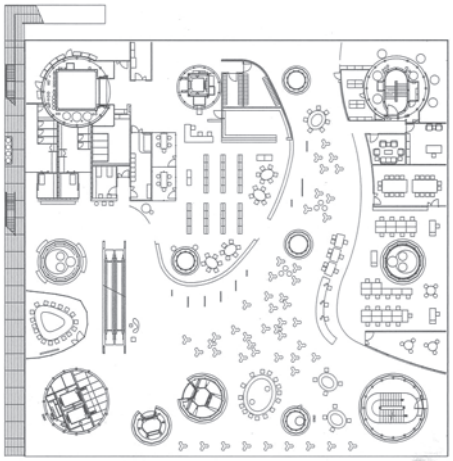
Sixth-floor plan



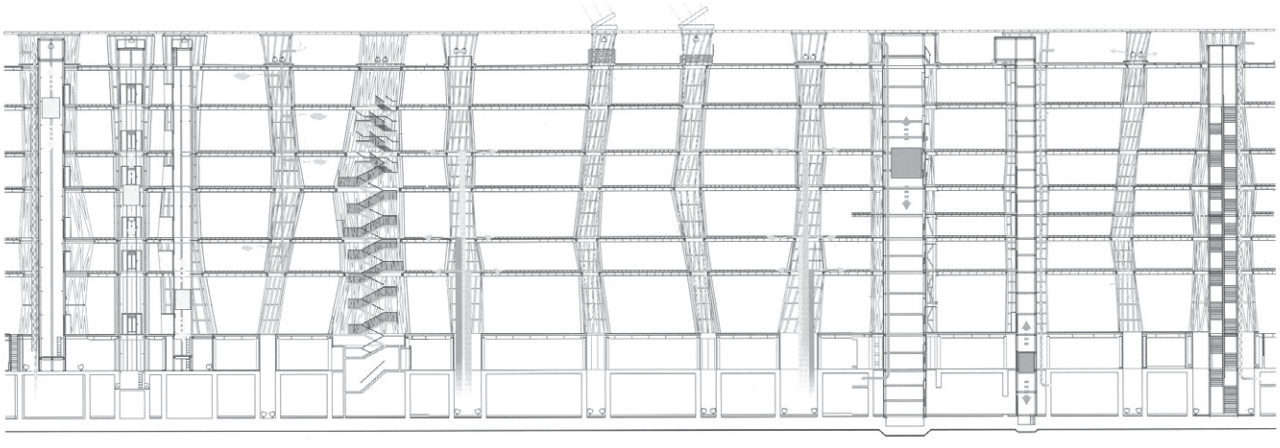
Roof plan



Ground-floor plan



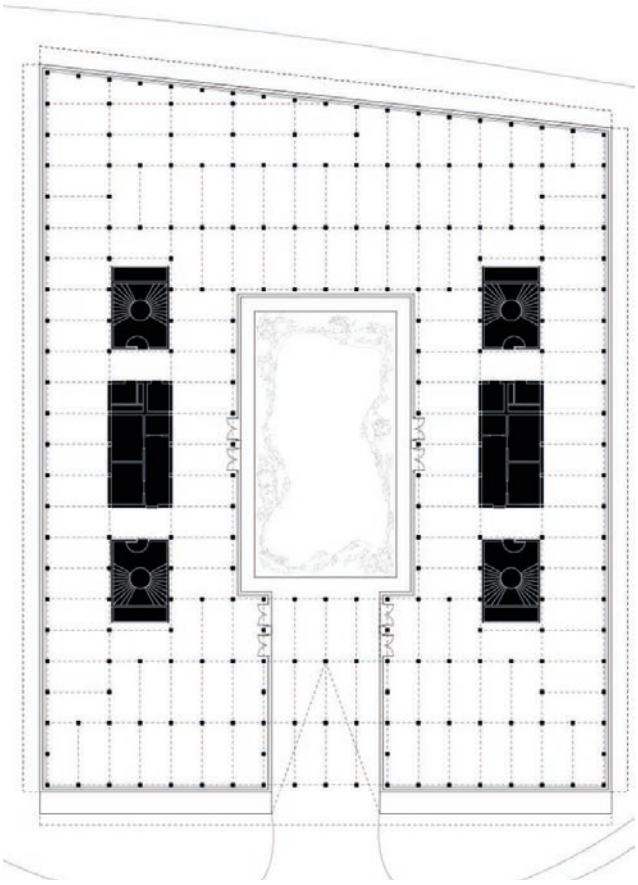
First-floor plan

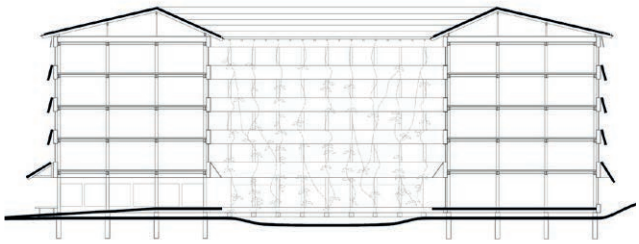


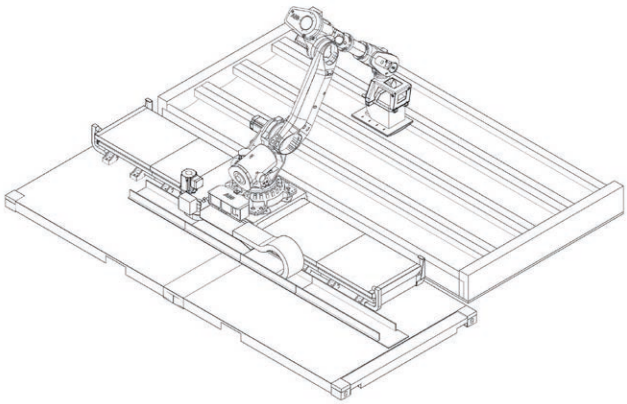
The tubes function variously as housing for stairs
and lifts, air conditioning and light wells

HORTUS

ALLSCHWIL, HERZOG & DE MEURON, 2025







[...] Nicht das Material allein, sondern vor allem die Konstruktion entscheidet über Nachhaltigkeit und Klimasünde. Die Betonrippendecke ist in etwa so ökologisch wie die Verbunddecke, nämlich irgendwo im Mittelfeld. Konkurrenzlos schlecht ist der heutige Standard, die Betonflachdecke. Spitzenreiter dagegen ist eine Bauweise, die der Investorenbau noch nicht gesehen hat: Holzbalken und Lehmgewölbe sind energetisch top und punkto CO2 konkurrenzlos. [...]

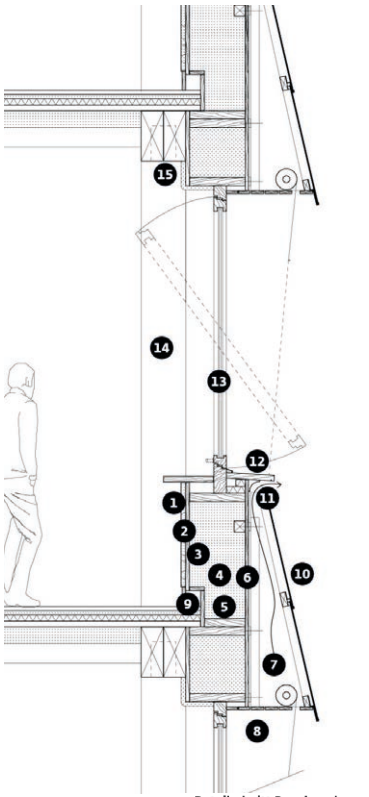
aus: Hochparterre, Themen Fokus, PP

REFERENZ

Nachhaltigkeit
graue Energie, CO_2 Emissionen

Kreislaufwirtschaft Fabrikation
Holz / Lehm Hybridbau

Erstellungsenergie nach 30 Jahren abgegolten



Detailschnitt Regelgeschoss

1 Lehmputz **2** Dreischichtplatte **3** Windpapier **4** Isofloc Eco **5** Holzrahmen **6** Profilholz **7** Sonnenschutz **8** Holzlattung weiss lackiert **9** Kabelkanal **10** PV-Panel **11** Holzwinkel für Rauch-/Wärmeabfuhr **12** Fensterbank aus Holz **13** Schwingfenster Fichte/Tanne weiss lackiert **14** Leimverbund Buchenstützen 32 x 32 cm **15** Leimverbund Buchenträger 16 x 36 cm

unter: https://www.hochparterre.ch/nachrichten/themenfokus/blog/post/detail/ir%20b-6700-und-der-dreck/1627550418-2/ | (17.01.22)

Virgil Abloh (Leiter Herrenmodekollektion von Louis Vuitton), Herbst-Wintershow 2020/21, Bild Louis Vuitton

TEXTE

GESCHICHTE ÄSTHETIK
***„Typology“*, Ellen Kloft**
***„The Tall Office Building Artistically Considered“*, Louis H. Sullivan**
***„Residential Towers“*, Annette Gigon, Mike Guyer, Felix Jerusalem (Hg.)**

GESCHICHTE DISKUSSIONEN CH
***„Hochhausdebatte Schweiz“*, Lilian Pfaff**
***„Zürich und das Hochhaus“*, Karin Gimmi**
***„Cluster, Stoppelfeld, Rhizom“*, Caspar Schärer & Tibor Joanelly**
***„Es gibt weiterhin Gründe, Hochhäuser zu bauen“*, Sabine von Fischer**
***„Interview mit Katrin Gügler“*, Adi Kälin**
***„In Zürich könnten Wolkenkratzer künftig 250 Meter in den Himmel ragen“*, Beat Metzler**

BEISPIELE
***„Urbane Landschaft“*, Daniel Kurz**
***„Ensemble für die Stadt“*, Daniel Kurz**
***„Tragwerke für Hochhäuser“*, Maria E. Moreyra Garlock**
***„Faustformel Tragwerksentwurf“*, Philippe Block**
***„Elemente und Systeme: Modulares Bauen - Entwurf, Konstruktion, neue Technologien“*, Gerald Staib u. A.**
***„Vorfertigung“,* Wolfgang Huß**
***„Hype ums Grün auf Hochhäuser“*, Sabine von Fischer**
***„Effizienz und Nachhaltigkeit von Werkstoffen und Tragkonstruktionen“*, Werber Lang & Patricia Schneider-Marin**
***„Zirkuläre Tragstrukturen“*, Patric Fischli-Boson**

Ellen Kloft, *„High-Rise Manual - Typology“*, Basel 2003

Typology

Ellen Kloft

1. **When Does a Building Become a High-rise?**

2. **The Beginnings in the USA**
Chicago – the Block
New York – the Block and the Tower
New York, The 1916 Zoning Laws – the Wedding Cake
New York – the American Skyscraper
The International Style – Simple Forms
New York, The Zoning Laws of 1961 –
A High-rise with an Entrance Plaza
Postmodernism

3. **High-rise Construction in Europe**
Developments before 1945
Germany
France
Russia
Developments after 1945
Paris
London
Frankfurt am Main
Moscow

4. **Enter Asia**

1. When Does a Building Become a High-rise?

In everyday usage, the term high-rise commonly designates any tall building. The height at which a building is considered tall is, of course, relative and has undergone many changes at different times and places throughout all epochs of building history. A building is characterized as a high-rise when it is considerably higher than the surrounding structures and explodes their scale. For example, if buildings in an urban setting have an average height of two to three stories, a 5-story building that soars above them may be considered a high-rise. However, matters become more complicated if a building's neighbors are five to six stories high: now a building exceeding their height by a mere two to three stories will barely be perceived as a dominant structure. The town planners' definition of a high-rise as a building that rises above the skyline offers a relative but not absolute measure. Obviously it will scarcely serve as a basis for an unequivocal definition of a high-rise.

In Germany, consensus has been reached for the purposes of building supervision to define a high-rise in accordance with certain safety criteria. The dictates of fire protection and, above all, the effective use of fire escapes, have produced the following definition:
"High-rises are buildings in which the floor of at least one occupied room is more than 22 m above the natural or a prescribed ground level."

Other countries also have building laws that define buildings exceeding specified heights (which can vary between 13 m and 50 m) as high-rises. This limit may even vary within a single country. It is therefore difficult to generalize about how high-rises are defined in international legislation. In their comparative surveys of high-rise buildings, international databases such as skyscrapers.com have chosen a building height of 35 m or 12 stories as a benchmark. From the standpoint of building typology, the category of height alone – whether for fire safety or for database considerations – is not satisfactory for determining whether or not a building should be classified as a high-rise. The construction of tall buildings also includes questions of form and design. These, in turn, are primarily related to the load-bearing structure, which must not only be designed to withstand the horizontal loads generated by the wind and earthquakes, but also take into account never-ending developments in building technology as well as the environmental and social compatibility of large structures.
The forms assumed by high-rise buildings have changed repeatedly over the course of time. Inventions and developments affecting structures and technologies, manifold influences exerted by prevailing legislation regulating the impact of high-rises on their immediate surroundings and urban surroundings, and last but not least, a wealth of architectural theories and styles have all left their mark on high-rise design. The following contains a survey, presenting typical examples, of the chronological development of this type of building and discusses the question: What are the characteristic features of the development of the high-rise as a specific type of building at a particular time and place?

We cannot consider the development of high-rise buildings in Europe and subsequently in Asia without first examining high-rise typologies in the USA. Tall buildings obviously existed long before the United States was founded: in Ancient Rome, for example, the timber-framed houses constructed to accommodate the lower classes in mass housing were around 35 m high. However, the progressive development of the high-rise proper begins in 19th-century Chicago, and its continual typological evolution can be followed there and in New York well into the 1970s. Although other US cities followed this line of development, they have had nothing like the influence of Chicago or New York on high-rise construction.

2. The Beginnings in the USA

Chicago – the Block

The high-rise as a specific type of structure originated in the booming city of Chicago towards the end of 19th century. Its development was decisively influenced by the great inventions of the age. The technological preconditions were created with the development of safe elevators and the skeleton steel structure made of rolled iron sections – two of the most important parameters – and with the development of service systems, such as communications systems. Their combined impact led to the development of large office blocks and expensive floor areas stacked on top of one another.

1 Home Insurance Building, Chicago, William LeBaron Jenney, 1884

2 Reliance Building, Chicago, Burnham and Root, 1894

3 Masonic Temple, Chicago, Burnham and Root, 1892

4 Singer Tower, New York, Ernest Flagg, 1908

5 Woolworth Building, New York, Cass Gilbert, 1914

Despite the use of skeleton structures of cast and wrought iron, the first big office blocks in Chicago do not seem to strive for the heavens; the horizontal structure of their brick and natural-stone façades lend them a certain heaviness reminiscent of the Italian Renaissance palazzo (**Fig. 1**).

However, the development of light and powerful steel skeleton structures soon emancipated architecture from its classical appearance (**Fig. 2**). Vertical structural elements were accentuated to emphasis their lightweight character and to create the impression of soaring façades. Furthermore, façades were increasingly reduced to lightweight shields mounted on a load-bearing structure separating the load-bearing and boundary functions. Incidentally, the first building to receive the epithet "the world's tallest building" was the Masonic Temple (**Fig. 3**). It had a public viewing platform almost 100 m above the ground. Thematizing the capital and exploiting the building's view as a popular attraction were quite novel approaches at the time. What are the characteristics of these new soaring office buildings?

Louis H. Sullivan (1856–1924) must be mentioned in this context. Sullivan may be considered the first theoretician of high-rise aesthetics. Between 1880 and 1895, when the first tall office blocks were all the rage in Chicago, Sullivan, and John Wellborn Root (1850–1891), formulated the principles of an architecture in which "form follows function". The new style, which became known around the world as the "Chicago School", helped pave the way for the Modern Movement. The structure became a form-giving element and was clearly identifiable from outside. Louis Sullivan was the first to define the rules for designing high-rises [1]. To render the scale of the tall buildings legible, he subdivided the building into base, shaft and capital. This tripartite division is barely perceptible in the high block structures built in Chicago. Later, however, it was sometimes transferred dogmatically onto the outer form and can be considered typological of high-rise buildings in all epochs of their construction. A law passed in 1893, drastically limiting permissible height to 40 m, temporarily halted any further development of the high-rise in Chicago. As a consequence, Chicago was compelled to surrender its leading role in high-rise construction and development to New York.

New York – the Block and the Tower

In New York, the evolution of the high-rise was determined by two factors: the development of the idea of the tower and the influence of eclecticism. Speculators' demands for maximum exploitation of the land sent buildings constructed on small plots soaring to new heights. We now see the transition from the tall office block to the office tower. An attempt was made to create the high-rise building as a homogeneous whole in historicist style. Gothic, Romanesque and Beaux Arts were employed as metaphors to link the new with the old.

In 1908, Ernest Flagg designed a new tower for the existing 14-story Singer building (**Fig. 4**). In its form, the top of the Singer Tower imitates the corner towers of the Louvre in Paris. Its tower-like extension made it the most famous building in America and the tallest office tower in the world. Thousands traveled to New York to visit the viewing platform. Its design cites historicist forms in an endeavor to soften the futurist image of the high-rise. The soaring vertical elements of Gothic proved particularly suitable for creating a stylized mask to clad the high-rise. Soon the high-rise buildings of this epoch, such as the Woolworth Building, were to become the cathedrals of commerce (**Fig. 5**). Attention was given in particular to accentuating the forms of their pinnacles, turning them into symbolic advertisements for the buildings, their clients and architects and, indeed, the entire city. The term "skyscraper" was coined. The public acceptance of the skyscraper's architectural language grew, reaching its zenith in the Golden Twenties.

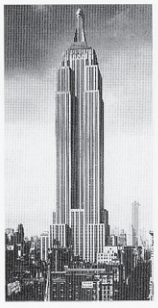
New York, The 1916 Zoning Laws – the Wedding Cake

It was only when building clients and architects began pushing the exploitation of plots to extreme lengths that the enthusiast response skyscrapers had met with in New York declined. Consequently, there was a shift away from the slender tower form in favor of the more compact, tall block structure. The great bone of contention was the Equitable Building (**Fig. 6**). Following public protests, limits were imposed on such developments, which threatened to destroy the cityscape and jeopardized neighbor laws. As a result, new legislation was passed: the 1916 Zoning Laws.

6 Equitable Building, New York, Ernest Graham, 1915

7 Barclay Vesey Building, New York, Voorhees, Gmelin und Walker, 1926

8 Chrysler Building, New York, 1930



9 Empire State Building, New York, 1931

10 PSFS Building, Philadelphia, 1932

11 RCA Building, Rockefeller Center, New York, 1940

These laws prescribed the construction of the so-called "setback building", which meant that the more a building was set back towards the top, the higher it was allowed to rise. This legislation instructed architects which form their buildings were to assume. The Barclay Vesey Building **(Fig. 7)** is an example of how the Zoning Laws were implemented. Buildings thus constructed may be classified as high-rise structures with three distinct zones and greatly extended pinnacles. This style, created by setting back buildings in distinct levels, is often referred to as the "wedding-cake style".

New York – the American Skyscraper

The race to achieve ever-greater heights continued despite the Zoning Laws. For if the floor area were reduced to a quarter of the ground-floor area by introducing setbacks, a building could be made to rise indefinitely. In the early 1930s, probably the two most famous skyscrapers in the world were constructed: the Chrysler Building designed in theatrical Art Deco style by architect William van Alen **(Fig. 8)**, and the Empire State Building designed by Schreve, Lamb and Harmon **(Fig. 9)**. The Empire State Building, the archetype of the American skyscraper, finally reached the limits of the proven steel-skeleton structure. At 381 m, the Empire State Building remained the world's tallest building for more than forty years: from 1931 to 1972. The economic crisis combined with the radical change in the spirit and style embodied in Modernism brought to an end the era of the Golden Twenties and that of the skyscraper too.

The International Style – Simple Forms

In 1922, radical new goals were formulated in what was probably the most famous international high-rise competition: the competition for the Chicago Tribune Tower in Chicago. A new generation of European architects, such as Gropius and the three Dutchmen Bijvoet, Duiker and Zandvoort (representatives of German Bauhaus architecture and the De Stijl movement in Holland respectively), entered the competition, submitting designs with new radical goals. Even though their designs had little chance of winning, they nevertheless revealed a definite commitment to technology, functionality and clear lines. Modernist architects had entered the arena.
In 1937, Walter Gropius was offered a chair at Harvard; that same year, Laslo Moholy-Nagy founded the new Bauhaus in Chicago; and in 1938, Mies van der Rohe became director of the Illinois Institute of Technology. In the disturbing years between the War and the economic crisis two buildings were erected under the sign of Modernism: the PSFS Building in Philadelphia in 1932, designed by Howe and Lescaze **(Fig. 10)** and the RCA Building of the Rockefeller Center, designed by Hood & Foulhoux, Hofmeister, Corbett, Harrison & Mac Murrey, which was erected in New York in 1940 **(Fig. 11)**.

The PSFS Building was one of the first unmistakable attempts to apply the principles of the International Style of the Modern Movement to the American skyscraper. However, it was only in 1947 – shortly after the Second World War – that Ludwig Mies van der Rohe initiated an entirely new generation of high-rise buildings, of which Lake Shore Drive Apartments in Chicago **(Fig. 12)**, with their typical curtain-wall façades, were an early example. Between 1948 and 1969, Mies van der Rohe designed fourteen high-rises in Chicago, which gave him an opportunity to develop and perfect an archetype. His high-rise buildings look very similar to one another, for Mies van der Rohe was fundamentally opposed to the notion that each one had to have a distinct character. His buildings are based on a simple cubic form and display great attention to detail. The Seagram Building of 1958 **(Fig. 13)**, planned in co-operation with Philip Johnson, became the prototype of the modern office tower. Subsequently, office towers were built in Mies van der Rohe style all over the world. However, the replicas did not attain the quality of the originals. The word skyscraper had more or less fallen into disuse; from a certain height upwards the buildings were simply referred to as tall buildings, high-rises or IGH (Immeubles de Grande Hauteur).

New York, The Zoning Laws of 1961 – A High-rise with an Entrance Plaza

The Seagram Building was also innovatory with respect to urban planning. It was set back from the property line to create a large plaza in front. This mode of construction influenced New York's new building legislation, the 2nd Zoning Laws of 1961, which now permitted greater concentration in return for public space on the site. Where the top had once been the most significant element of skyscrapers, this new type of high-rise building

12 Lake Shore Drive Apartments, Chicago, 1947

13 Seagram Building, New York, Mies van der Rohe, 1958

14 Pennzoil Plaza Building, Houston/Texas, Philip Johnson and John Burgee, 1976

15 AT&T Building, New York, Johnson/Burgee Architects, 1984

16 Humana Building, Louisville, Michael Graves, 1986

focused attention on the base as the public zone. The greater floor-space index that was now allowed for a building with a plaza triggered a building boom. A problem arose, however, when several of these buildings are placed alongside one another they create a rather unsatisfactory urban setting. The "plazas" pass into one another without interruption, dissolving the property line completely.

Postmodernism

In the 1970s and 1980s, people began searching for alternatives to the stereotypical buildings of the Modern Movement. Clearly defined forms were distorted to create huge sculptural forms; instead of being treated as purely functional components, technical elements were exaggerated to create decorative details or else concealed behind historicist façades. For instance, the Pennzoil Plaza Building in Houston abandons the right angle to make a striking building out of an otherwise anonymous box **(Fig. 14)**. The AT&T Building **(Fig. 15)** conspicuously draws on historicism. It is designed as a skyscraper in a classical sheath with a crown that New York Times critic Paul Goldberger referred to as a vastly exaggerated version of a Chippendale pediment. The striking tripartite division of the building plays an important role in Postmodernist high-rise architecture. It represents an attempt to use a striking base zone in connection with a tall building and a conventional street development. This new awareness of the significance of the street space and scale led to another change in New York's legislation in 1981. The new law stipulated that the base of the building was not to be set back by more than three meters on certain streets in order to preserve the property line. At the same time, appropriate measures had to be taken with new buildings to extend public access routes. This law aimed to ensure that public street space also extended into the building. In the Humana Building, for instance, this is achieved by means of a large front hall lined with tall pylons **(Fig. 16)**.

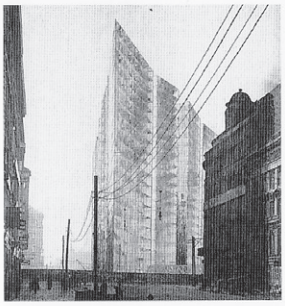
The tall buildings designed by Michael Graves are characterized by their independent base, which is pushed up against the street edge. The high-rise above is set back from the base, which, in turn, integrates the public zone – a feature typical of this type of building. The high-rise as a structure defined by public uses, communications areas with atriums, conservatories for relaxing, shopping zones and other attractions has become the theme of a whole new generation of buildings. The tower and the base receive distinct uses as two separate zones.

In addition to this high-rise family there are other types in which the top of the building is given conspicuous thematic treatment. The skyline and prestigious appearance play a very important role here. Since the 1970s, it has become impossible to consider the typology of high-rises as a chronological evolution as styles have developed parallel to one another. Nor is it possible to focus on the USA alone, because Europe (since the 1950s and 1960s) and Asia (since the 1980s and 1990s) have played an increasingly significant part in the development of the high-rise.

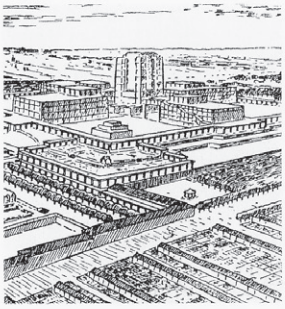
3. High-rise Construction in Europe

Developments before 1945

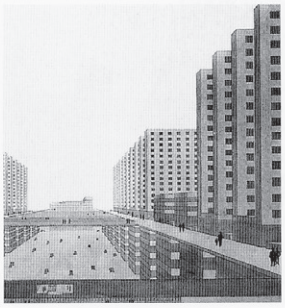
At the end of the 19th century, Europe played an important role in developing new building materials such as steel, glass and reinforced concrete and in applying innovatory construction techniques. The industrial revolution, which introduced new production methods, created a need for large workshops, factories and warehouses as well as multi-story buildings for the rapidly growing towns and cities. In addition to factories, there was an equally great need for a completely new transport, trade and traffic infrastructure. Industry made a vital technical contribution towards creating this infrastructure as it switched over from producing cast iron to making rolled steel with standardized sections. Powerful lightweight structures permitted the erection of structures that spanned great distances and could be used in the new halls and bridges. The use of iron in combination with glass created the aesthetics of a new type of building: the railway, market and exhibition hall. In 1851 Joseph Paxton's Crystal Palace, an all-skeleton building, was erected for the World Exhibition. It was the prototype of the structural mode of construction. Another milestone in the development of iron skeleton structures was the 300 m Tower designed by Gustave Eiffel for the 1889 World Exhibition in Paris. The replacement of unwieldy cast iron by rolled iron and sheet sections and the use of riveted joints made the structure lighter and easier to calculate. Thus were created the technical and structural preconditions for high-rise construction.



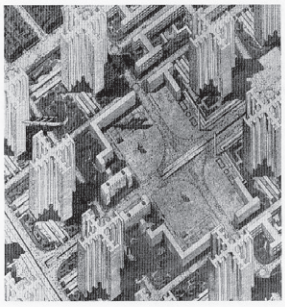
17 Wettbewerb Berlin Friedrichstraße, Mies van der Rohe, 1922



18 Die Stadtkrone, Bruno Taut, 1919



19 Vertikale Stadt, Ludwig Hilbersheimer, 1924



20 Plan Voisin for Paris, Le Corbusier, 1925

In Europe, high-rise buildings were not initially erected due to any real need, but rather as a sign of technological progress and the power of the societies in which they arose. At the time it was built, the Eiffel Tower, with its steel skeleton aesthetics, almost attained the status of a sacred building.

In the USA, on the other hand, the construction of high-rise buildings responded to a very real demand for office buildings in city centers. One need only recall the reconstruction of Chicago after its destruction by fire. American architects initially tended to be hesitant regarding the aesthetics of the new types of buildings. The "Chicago School", with its avowed principle of combining architecture and technology with a functionalism that was visible in the outward appearance of the buildings, was unable to assert itself against historicism.

In the early 20th century high-rise planning was discussed at a purely theoretical level in Europe. Not bound by the constraints of practical implementation, urban-planning and architectural theories on the new type of building were able to develop more freely.

The model of a concentrated ensemble of high-rises in the city center, as implemented in the new American cities that were evolving on grid plans, was out of the question for Europe. The structure of the historically evolved city with a medieval city center and dominant historical structures called for a variety of approaches to high-rise planning. And these were formulated in diverse ways in different European countries.

Germany

In Germany, the positioning of isolated high-rise buildings at major intersections was proposed as a model compatible with the city. High-rises located at a suitable distance from the historical center were supposed to provide points of orientation in an expanding city. Even though this subsequently proved to be a useful model, the capital needed to implement this idea was still lacking in the early days (**Fig. 17**).

Another striking idea in Germany was that of harmonizing the high-rises and the city, as described by Bruno Taut in his book *Die Stadtkrone*. This model conceived the high-rise as a building in the city center that towered above everything else. The idea was particularly popular among the champions of the various currents of socialism. At the time of the November Revolution *Die Stadtkrone* was seen as an image a socialist society in which the central building served as a superelevated civic center (**Fig. 18**).

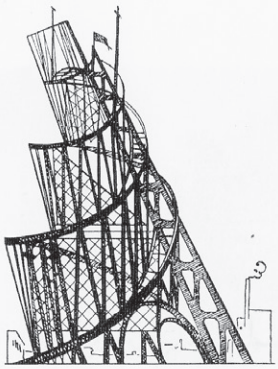
The image of the *Stadtkrone*, which has been taken up by project studies time and again, has remained a purely theoretical construct. The same is true of the rather different approaches adopted by the architect Ludwig Hilbersheimer, who published his designs for a *Großstadtarchitektur* (metropolitan architecture) in 1924. A novel modern cityscape arose that was based on the notion of horizontal traffic layers and high-rise buildings. The commercial zones occupy the lower levels, while the higher levels are reserved for residential purposes. Rail transport is located below ground, car traffic flows along the level occupied by the commercial zones, while the pedestrian areas, which consist of paths and bridges, are assigned to the residential level (**Fig. 19**).

France

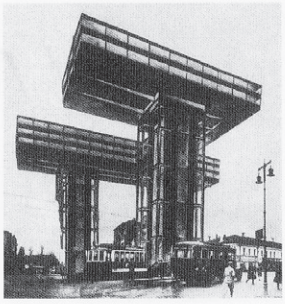
Approaches developed in France also exploited the new high-rises to create completely new city structures using broken rows of buildings. By greatly concentrating residential and working space, this new type of building – the high-rise – had the potential both to satisfy the city's growing demand for space and to redress its cramped plan which let in too little light and air. Auguste Perret and Le Corbusier were the leading advocates of concept. Their high-rises, which were designed as elements of urban-development projects, reach the considerable height of 200 m and are placed at sufficient distance from one another to create space for large traffic axes and green strips in between the towers (**Fig. 20**).

The designs of European architects, whose architectural language is radically modern at times, stands in marked contrast to the conceptions espoused by their US colleagues. This was quite evident at the competition for the Chicago Tribune Tower (see p. 13) mentioned above. The design submitted by US architect Raymond Hood of Howells and Hood, which was premiered in Chicago and subsequently built, plainly drew on historicism, whereas

21 Wettbewerb Chicago Tribune Tower, Walter Gropius and Adolf Meyer, 1922



22 Monument to the Third International, Moscow, Vladimir Tatlin,1920



23 Sky-Hook, design for a high-rise, Moscow, El Lissitzky, 1924

24 Soviet Palace, Moscow, Jofan, Helfrich and Stschuko, 1937

those entered by Walter Gropius, Bruno Taut and the Dutch De Stijl architects were distinctly Modernist. It was only after the Second World War that these currents were able to assert themselves in the United States (Fig. 21).

Russia

The ideas inspiring high-rise building in Eastern Europe, above all in Russia, were quite idiosyncratic. The development of high-rise buildings began with the idea of creating the symbolic representation of a new society. It is in this connection that the Tatlin Tower – a spiraling 300 m iron and glass structure – must be considered. It was conceived in 1919 both as a building and an architectural monument to the Third International, an organization that united all the communist parties of the world. Steel spirals bear a number of large, variously sized glass cubes containing diverse rooms, such as meeting rooms in the base, offices for the executive organs in the middle and press rooms at the top. Although it was never built, the tower become both an internationally famous icon of the ideology of the largest communist organization and a symbol of Constructivism, an architectural current inspired by a strong belief in modern technology (Fig. 22).

Following Lenin's death in 1924, there was a growing desire to construct a Palace of the Soviets as Russia's supreme building: a monument to Lenin, to the memory of the October Revolution and to the founding of the USSR in 1922. Alongside the idea of creating a palace as a unique building there was also a desire and need for buildings for the central administration. This became the objective of countless competitions and architectural experiments in those cauldrons of ideas, the universities. During the 1920s, studies and designs for office towers up to 225 m high were completed in an astonishingly modern, technological language. Little is known of the theoretical studies then carried out on the proportions and staggered organization of high buildings, such as those designed by Malewitch (a marked contrast to those of Hugh Ferris in the United States). This is mainly due to the difficulties involved in implementing Russian architecture at the time.

Other structures that were never built, but whose fame carried across all borders, are the radical designs for a Sky-Hook by "artist-architect" El Lissitzky in 1924. He wanted to leave street areas free and accommodate the mass of the building in a block floating horizontally 45 m above ground. All together, eight Sky-Hooks were to be erected to mark the important intersections of the Boulevard Ring Road and the radial roads within the city. This great emphasis on public space was seen as a counter model to the dense concentration typical of US cities (Fig. 23).

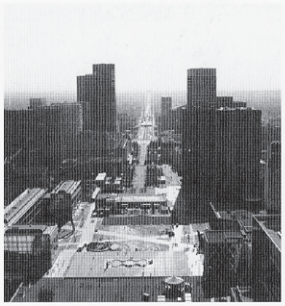
In the ensuing years, discussions on the design for a Soviet Palace were held in ever wider circles. During the 1930s, comprehensive plans to redesign the city of Moscow were submitted. The masterplan (architect: Jofan) for Moscow reflected the desire to dramatically present and embody Soviet power in the form of monumental buildings, squares and streets. The supreme building was not to be a mere office tower, but a monument. The building was to be crowned by a gigantic statue of Lenin, which was intended to be the biggest sculpture in the world, even bigger than the Statue of Liberty. In the early 1930s a competition was held. The location was the site of the Cathedral of Christ the Savior in the center of the city. Demolition of the building began immediately. In 1933, the Moscow architect Boris Michailowitch Jofan was appointed chief architect of the palace by the head of the urban planning department. Leningrad architects Helfrich and Stschuko co-operated with Jofan on revising the design for the Soviet Palace, which by 1937 was planned to rise to 419 m. The Lenin statue was projected to be 100 m. Construction of this mammoth project actually began in 1937. After the foundations were completed, work began on the steel skeleton. However, construction came to an abrupt halt as the Soviet Union was drawn into the Second World War (Fig. 24).

Developments after 1945

Lacking the necessary economic power, Europe had yet to demonstrate whether the implementation of ideas that had, in some cases, been radically committed to Modernism were socially compatible. Before the Second World War, high-rise buildings were few and far between and remained well below the 100 m limit. It was only when work began on reconstructing the destroyed towns

25 Zürich Hochhaus, Frankfurt am Main, Udo von Schauroth and Werner Stückeli, 1962

26 Gropiusstadt Berlin, various architects, 1962–72



27 La Défense: Grande Arche, Paris, Johan Otto von Spreckelsen, 1989

28 Tour Sans Fins with Grande Arche, La Défense in Paris, Jean Nouvel, draft, 1989

and cities and capital flowed in from abroad that high-rise planning received a new boost. In Western Europe, projects followed the US model; Eastern Europe, in contrast, consciously pursued a different course expressing its opposed ideological position. In both East and West, high-rise buildings served to symbolize the power –administrative and economic – of the towns and countries where they were erected. The rapid reconstruction carried out during the post-War period to accommodate the expanded demand for office and residential space, as well as the search for new, modern urban models, favored the choice of high-rise buildings as an appropriate for form both the inner-city and the outlying areas. Even then, high-rises tended to be isolated phenomena because planners sought to show consideration towards the historical structures that dominated the old towns and cities (**Fig. 25**).

High-rises were erected in inner-city areas to distinguish city centers or set landmarks at the intersections of major routes, which were often junctions of radial traffic axes linking city centers with the ring roads around them. Urban models also displayed linear arrangements of high-rises along both the ring roads and the main roads leading out of the city. Dense concentrations of high-rise buildings were also adapted as possible models, although in Europe (in contrast to the USA, where such concentrations were customary) they were generally reserved for specific areas outside the city. Only in Frankfurt am Main did the urban planners bow to the pressure of financially powerful corporations and release land in the inner city for high-rise construction.

Initially, high-rise buildings were welcomed. In the 1970s, however, enthusiasm for these types of buildings gave way to criticism of planning practice. Office tower blocks came to be viewed as negative symbols of the power of capital. Living space disappeared inside cities, leading to a functional separation between home and work and to a dramatic increase in traffic as commuters traveled to work every day. Where concentrated groups of mono-functional high-rise buildings arose, regardless of whether they were residential buildings on the outskirts or office tower blocks inside the inner cities, they ultimately left entire districts empty, creating social powder kegs (**Fig. 26**).

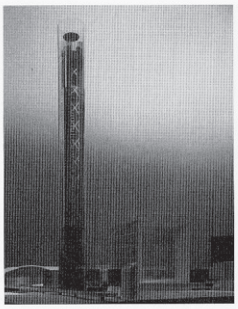
It was only in the 1980s that people began to identify more closely with high-rises. During this phase, the appearance of high-rises altered. The stereotyped forms of the Modernists gave way to the playful variations of the Postmodernists. The desire to create significant forms and to humanize the world of work led to the design of new types of high-rise structures. Great importance was now attached to integrating them into existing urban contexts. A return to the traditional values of the European city with their dominant historical structures resulted in the demand to keep important visual axes free and locate high-rise buildings outside the city center.

Below, I endeavor to show how the high-rise has evolved as a building form in urban contexts in Paris, London, Frankfurt and Moscow since 1945.

Paris

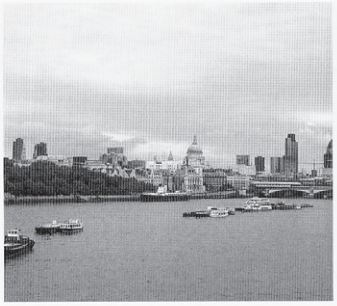
"La Défense" is a cluster of high-rises built on the outskirts of Paris as a branch of the city directly extending *La voie royale*. The above-mentioned Ville de Tour, built from a design by August Perret in 1922, was located here (see page 15). During the post-War period, the cluster was completed in several stages. An interesting aspect is the consistent application of modern urban planning, which is apparent in the strict separation of traffic flows: the railway lines at the lowest level, the road traffic above them, and the pedestrian level at the top. The first high-rises were built during the 1960s as simple geometric cubatures no higher than 100 m. And although the subsequent Postmodernist high-rises of the 1970s and 1980s are taller, they are still well under the 200 m limit. One of the highlights in the development of the area was the erection of the Grande Arche in 1989 (architect: Johan Otto von Spreckelsen) to mark the 200th anniversary of the French Revolution. This sculptural high-rise constitutes a monumental conclusion of the axis not so much because of its height, since it is only 110 m high, as because of its form. It stands as a monumental gate marking the conclusion of the axis, while providing a view of the countryside. Additional high-rises, also below 200 m, were built in the 1990s in a striking architectural language (**Fig. 28**).

The design (architect: Jean Nouvel et Associé) for the Tour Sans Fins, which rises to a height of 427 m, was produced during the wave of excitement that swept across the world at the turn of the millennium. The building was



29 Tour Sans Fins, Paris, Jean Nouvel, draft, 1989

30 Tour Maine-Montparnasse, Paris, E. Beaudouin, 1973



31 London skyline viewed from Waterloo Bridge, 2003

32 One Canada Square, Canary Wharf, London, Cesar Pelli & Ass. Architects, 1991

scheduled for completion in the year 2000 (**Fig. 29**). As a result, Paris was also able to boast a millennium project that reached the very limits of contemporary technology. Had it been designed with the aim of erecting the tallest building in competition with other nations, the Tours sans fins would have taken its place among the world's tallest buildings, making it unique in Europe. In Paris, this project has currently been shelved – not only for financial reasons, but also as a conscious rejection of the fetishization of gargantuan structures. Paris's heritage comprises a largely intact historical city structure unequalled anywhere in the world. Building to extreme heights is a secondary consideration here; the enterprise of building the world's highest buildings has been consciously left to Asia. In order to accommodate the pressure of investors and the desire of major corporations for prestigious buildings, high-rise projects have been assigned to locations outside the city center. Among these is La Défense, the large high-rise cluster mentioned above. There also exist smaller groupings of high-rises with a city-gate function at the intersections of the main access roads to the expressway ring and at certain points outside this ring at a sufficiently large distance from the old city center. The Tour Maine-Montparnasse (architect: E. Beaudouin), which was completed in 1973 and stands alongside the Paris railway station, is regarded as an urban-planning mistake. This 209 m structure is the tallest high-rise building in France. It is the only one that can be considered a serious rival to the Eiffel Tower (**Fig. 30**).

London

While it was possible to keep the historical center of Paris almost free from high-rise buildings, these structures have been rising successively in the center of London right up to the present. After the War, and indeed well into the 1950s, London had no high-rise buildings worth mentioning. It was not until the 1960s that high-rise buildings exceeding the 100 m mark were erected. Both single and concentrated groups of high-rises have been constructed in the city such as the Bank Centre to the northeast of St Paul's Cathedral. Here, too, stands the 183 m Nat West Bank Tower, which was erected in 1980. These towers are formidable rivals to the dominant historical structures (**Fig. 31**).

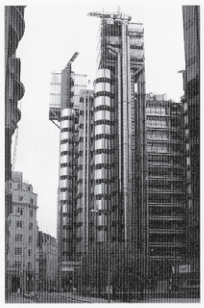
This trend has continued even though regulatory instruments were created in the mid-1970s to control the development of high-rises by regulating the granting of building permits for high-rise buildings. Thus, from a height of 150 feet (46 m) upwards high-rises must be authorized by the Greater London Council, which is duty bound to ensure that they conform with the Greater London Development Plan. This plan was drawn up to regulate the construction of high-rise buildings and thus preserve historical areas and visual axes. The regulations have been repeatedly ignored. In 1986, the laws for high-rise permits were relaxed. Nevertheless, from a height of 100 m upwards, reports must be prepared and presented for public discussion. As a matter of principle, locations selected for new high-rises buildings must be of both commercial and visual significance.

In the late 1980s and early 1990s pressure from investors finally led to the development of Canary Wharf on the outskirts in the conversion zone of the London Docklands, an area earmarked for far-reaching redevelopment. The construction of high-rises there had the advantage of not adding to the congestion of the inner-city skyline. At the same time it met the needs of a modern metropolis by providing locations for high-rise buildings. After the 1985 Canary Wharf masterplan had been revised a number of times by the American architect's and engineer's office of SOM (Skidmore, Owing & Merill, Chicago) and in response to initial charges of excessive Americanization, a compromise was forged that allowed the planned high-rise complex in the Canary Wharf district to go ahead without jeopardizing important historical reference points. In 1984, the central tower of the high-rise ensemble was erected: One Canada Square at a height of 254 m (architect: Cesar Pelli). The other towers have not yet been built (**Fig. 32**).

Subsequent development of Canary Wharf proceeded very slowly, and the high-rise city also failed to fulfil its promise as an economic success. In consequence, high-rise locations in the city center have remained attractive since they offer better marketing prospects.

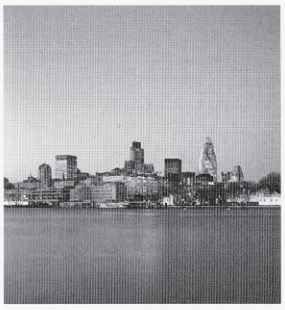
In the City of London, towers have sprung up a moderate height of 100–150 m.
In the mid-1980s, parallel styles asserted themselves as Postmodernism entered the scene. Such different buildings as the Postmodernist bank (designed by architect Terry Farrel) in Fenchurch Street and the building

33 Fenchurch Street, London, Terry Farrell, 1987



34 Lloyds of London, London, Richard Rogers, 1986

35 Millenium Tower, London, skyline view of building in context – visualisation, Foster and Partners



36 Swiss Re Headquarters, 30 St Mary Axe, London, visualisation, Foster and Partners, 2003

for the Lloyds of London insurance company (designed by Richard Rogers), which seemed to be committed to "true" functionalist architecture [2] have been erected. Whereas Farrel's building abstracts from classical stylistic elements, Lloyd's high-rise is embellished by its technical elements, structure and services **(Figs. 33, 34)**.

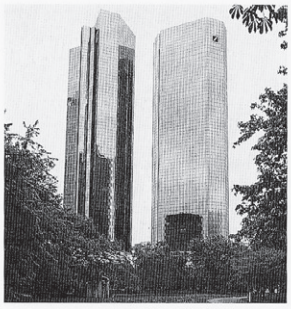
At the end of the 1990s, a trend towards extremely tall buildings made itself felt in London, as in other metropolises, too in the form of millennium fever. This is reflected in the designs for the 383 m Millennium Tower by Sir Norman Foster and the City Point Tower by Santiago Calatrava, which was supposed to reach a height of just over 200 m **(Fig. 35)**. Both buildings are characterized by mixed-use: combining office use and public catering areas. High-rises are increasingly becoming investment projects with flexible room structures designed to serve the requirements of future tenants with varied needs and offer additional attractions. Neither of the above projects has been implemented. As in Paris, critical voices have expressed doubts about the need for superscrapers in a European capital like London.

During the past few years, London's high-rise development has evolved a powerful dynamic of its own. After some delay, the building boom forecast for Docklands finally took off: from 1999 to 2005, twenty new high-rises are scheduled for completion. Very few of these will exceed 150 m; the majority will be in fact under 100 m. Their names will mundanely reflect their addresses, e.g. 40 Bank Street Building. Even so, there is still the occasional spectacular project, such as the tower designed by Renzo Piano – a pointed needle that is supposed to soar to 310 m. It is, however, uncertain whether this project will be realized. One thing is sure, though: the planned Millennium Tower will not be constructed. In its place, the approximately 180 m tower, Swiss Re Headquarters, 30 St Mary Axe, also designed by Foster and Partners, will be erected in the center of London. That this conspicuous structure has already achieved fame prior to its completion is due more to its striking form – which has lent it its name, the Cuban Cigar – than its height **(Fig. 36)**.

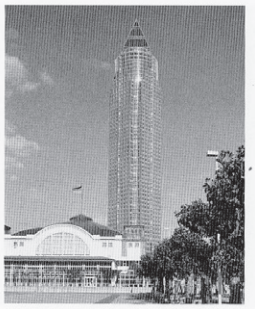
Frankfurt am Main

Frankfurt am Main is another center of high-rise construction in Europe, although it is far smaller than the other two European metropolises – Paris and London – described above. The development of high-rise structures in Frankfurt, with its a dense concentration of office towers in the city center, has closely followed the US model. As Frankfurt was the main base for the US occupying forces, its international airport was rapidly extended; this development created the conditions for today's commercial hub. Following the decision of the major banks to move their headquarters to Frankfurt, the constitution of the Bundesbank with its headquarters in Frankfurt in 1957 and the establishment of the international stock exchange in Frankfurt, the city became Germany's financial services center. Corporations have pushed for the best locations and demanded the release of land in the center to develop offices. City planning has ceded to this pressure in order to ensure Frankfurt a permanent place as a financial and commercial center. An extreme concentration of buildings in the inner-city area has been permitted at the cost of high property prices. Town planners have responded by creating a new office city in a green area (Niederrad).

Considered typologically, the first postwar high-rises were simple geometrical buildings of moderate height. When the original office towers were constructed, the prime aim was not so much to stage a symbolical demonstration of power as to use the land as profitably as possible. Speculation rapidly sent property prices soaring in Frankfurt's inner-city area. In 1970, the city commissioned the so-called Bank Plan, which permitted high-rises that exceeded the cathedral's height of 95 m. Although the first climate reports were made for the Frankfurt inner-city area in the early 1970s they had no effect on planning. A noticeable deterioration in the urban climate coupled with traffic problems caused by the daily flows of commuters provoked criticism of Frankfurt's planning practice. What finally sparked off public protest more than anything else was the destruction of living space and the fact that small businesses were being squeezed out of the inner city. Rents in the center and the surrounding inner-city area were too high. An inner city developed which only came alive during the day when the commuters and financially powerful customers were there and was completely dead at night. Only in the 1980s were there first signs of the public identifying with the city of Frankfurt. At the same time, efforts were made to exploit



37 Deutsche Bank, Frankfurt am Main, ABB Hanig, Scheid, Schmidt, Beckert, 1984



38 Messeturm (Exhibition Tower), Frankfurt am Main, Helmut Jahn, Murphy/Jahn, 1984

39 Kronenhochhaus, Frankfurt am Main, KPF/Nägele Hofmann Tiedemann, 1993

40 Commerzbank, Frankfurt am Main, Foster and Partners, 1997

Frankfurt's high-rises as constituting the city's image; after all, it is these buildings that both symbolize Frankfurt as an important commercial hub and attract additional corporations to this prospering region. During this phase, Frankfurt's high-rises took on a new form, increasingly resembling sculptural forms clad in reflecting façades. High-rise buildings are the symbol of Frankfurt as a banking metropolis; and the aesthetic impact of their combined mass on the city skyline is becoming more impressive as time passes. High-rises are more readily accepted, the more individual their form. High-rise euphoria became evident with the completion of the Messeturm (245 m, architect: Helmut Jahn, Chicago) in 1984. The Messeturm falls back on the typology of American skyscraper styles of the 1920s **(Figs. 37, 38)**.

In the early 1990s, further high-rise buildings reaching 200 m were erected in the inner-city area. Frankfurt applied to be the seat of the European Central Bank. In 1993, the 208 m Kronenhochhaus (architects: KPF/Nägele Hofmann Tiedemann) and the 186 m Trianon, (Architektengemeinschaft BfG: Novotny Mähner Ass./Albert Speer & Partner) were completed. Both buildings are conspicuous for their form and the design of the "capital": the base contains a public passageway, and their striking classical tripartite division recalls the Postmodernism of US high-rise typology **(Fig. 39)**.

The 1990 Bank Plan envisaged additional high-rise locations in the inner city. During the following years further high-rises were constructed. Planning controls affecting the height as well as the ecological and social consequences of towers were introduced, resulting in a new type of high-rise, e.g.: the Japan Center (architects: Ganz + Rolfes, 115 m), the new Commerzbank building (architects: Foster and Partners, London, 259 m), Eurotheum (architects: Novotny and Mähner Ass., Offenbach, 110 m) and the Maintower (Architects: Schweger + Partner, Hamburg, 200 m). A novel feature of these high-rises was their emphasis on mixed use – and not only office use as had formerly been the case. This was reflected in the opening-up of the base and/or top to include catering areas, or turning over the top floors to special uses (e.g. radio stations) and creating apartments above the office floors.

The search for energy-saving concepts and climatic approaches that allowed individual ventilation control via the façade without recourse to air-conditioning created a new room quality and emancipated the high-rise building from its anti-ecological image. "Hanging gardens" and spacious vertical interior rooms created new points of reference to the inside and outside. These approaches resulted in towers that were less slender than they had been in the past, and displayed office areas that could be located on the external and atrium façades **(Fig. 40)**.

With the definitive establishment of the European Central Bank in Frankfurt and the favorable development of the office market, a new high-rise development plan was adopted in 1999. Increasingly, plans were designed that envisaged renting out space to third parties so that high-rises would no longer be used solely by the owners. This strategy in turn changed high-rise typology. Demand arose for rental units with their own entrances, addresses and tower lobbies. This, in turn, lead to the development of larger core and access areas. The flexibility and interconnectability of the units left its mark on the floor plan and elevation, and allowed for a wide variety of office forms. The workplace of the future calls for an infrastructure that can be shared by all users. A conference room, twenty-four-hour catering services in cafeterias and bistros, as well as recreational and leisure areas close to the offices, create high-rise buildings offering more flexible use. High-rise buildings create worlds of their own. Public access requires greater security.

Access to the top of towers is financially possible only in certain cases, but where the top floors are open to the public, for example in the Maintower, they attract tourists. Enlivening base zones with richly diversified urban activities is hard to imagine because rental areas are too expensive to permit flexible small-scale use. The targeted promotion of cultural establishments and attractive after-work events is a blatant attempt to keep "bankers" in the city after working hours. Frankfurt's inhabitants identify with the metropolitan image their high-rise buildings radiate to the outside world; metropolitan life cannot, however, be created under these conditions.

41 Lomonossow University, Moscow, Lew Rudnjew, 1953

42 Kalin Prospekt, Moscow, Possochin, 1968

43 RGW building, Moscow, Possochin, 1970

44 White House, Moscow, Tschetschulin, 1981

Moscow

Most of Europe's high-rise buildings are in Central and Northwest Europe. The high-rises in Eastern Europe were erected during the Cold War in an endeavor to convey the image of a centrally run society. Moscow assumed the leading role within the Warsaw Pact and served as the model for member countries. It became a city crowned by high-rises. The Palace of the Soviets in the city center had been conceived as an ensemble surrounded by eight high-rise buildings whose overall impact was intensified by a uniform architectural language. Stylistically, these buildings recall both traditional Russian architecture with their pointed, fairytale tower-tops, and the early Gothic-like skyscrapers (those cathedral-like buildings whose outer appearance seems to belie their function as office towers) of New York, with their vertically structured shells. Each of the eight high-rise buildings was assigned a specific use independently of its impressive outward appearance: administration, university, hotel or residence. The form of these high-rises was primarily determined by urban-planning considerations. They all have a dominant function: their highest points are related to those of the Palace and form a silhouette that crowns the city. The decision to build these towers around the planned Palace of the Soviets was taken in 1947 and rapidly implemented over the following six years. In Moscow, the chief architect responsible for this project was Tschetschulin; different architects were chosen for each of the seven high-rises. All but one of the buildings were completed and are popularly referred to as the Seven Sisters. The highest building in the ensemble is the 239 m Lomonossow University building (architect Lew Rudnjew). The other high-rises are shorter – 150 m **(Fig. 41)**.

Following Stalin's death in 1953, the construction of the central project, the Palace, was suddenly questioned: the architectural monument with Lenin's statue was no longer politically acceptable. When Chruschtschow, the new leader, took power a critical attitude to Stalin and the personality cult emerged. This was accompanied by a rejection of Stalinist architecture and finally led to the cancellation of the Palace project, which had been planned for decades and was started before the Second World War.

Even though the high-rise ensemble of the Seven Sisters still lacks a centrepiece, it has nonetheless left an unmistakable mark on the city skyline. Its impact is felt to this day, although new high-rise buildings speaking a different architectural language were also erected in the inner-city area during the 1960s.
Modern high-rise building made its appearance in Moscow with the development of the Kalin Prospekt, a complex comprising nine modern residential and administration buildings erected in a row in 1968 **(Fig. 42)**, and the RGW building **(Fig. 43)**, a government administration building dating from 1970 (architect: Possochin, Moscow's chief architect from 1960). Not the height of the Kalin Prospekt high-rises (a modest 100 m approximately), but the arrangement of the point blocks and slab structures has led to justified doubts about their harmonic integration into the cityscape.

The 1971 masterplan no longer envisaged high-rise buildings in the city center. This does not mean high-rise buildings are being rejected, however, since their construction was still permitted outside the central area. During the 1970s and 1980s a series of high-rise buildings, none higher than 100 m, was erected. One exception among the high-rise buildings at this time was the White House, formerly the House of the Soviets, now the Russian government building, which was designed by Tschetschulin as a prestigious state building in the backward-looking style of Soviet Postmodernist architecture **(Fig. 44)**.

During the mid-1990s, under the changed political conditions of a rapprochement between East and West, the idea was proposed to develop a business center called Moscow City based on the US model and using US architects. The tallest building in the world, with a height of 640 m (designed by SOM architects), was supposed to dominate the ensemble on the outskirts of Moscow. Unlike the current plans in other European metropolises, high-rise buildings are no longer planned for the historical city center, with the possible exception of an "Eighth Sister". Although the Seven Sisters are postwar high-rises dating from the 1950s, their architectural language and original intention makes them a historical testimony to a bygone era. Priority has been given to preserving the buildings and the city skyline.

45 Shenzhen, China, 1998

46 Oriental Pearl TV Tower, Shanghai Pudong, 1998

47 View from the Peak, Hong Kong, 1992

4. Enter Asia

Many cities in Europe and the United States experienced their greatest periods of growth around the turn of the century during the transition to industrial society. Asia's cities, in contrast, have experienced explosive growth rates only during the past few decades with the onset of economic growth. After the Second World War, the victorious powers wielded a powerful influence in Japan and in strategically important locations in East and Southeast Asia. It was considered important to build up military, political and economic strongholds within Asia to counter the influence of communist China. This goal was reaffirmed in 1954 with the founding of SEATO (South-East Asia Treaty Organization), which was dominated by the USA. Dissolved after the Vietnam War, the alliance nonetheless exerted a considerable influence on the region's development.

The Japanese economy began to boom in the 1950s. Somewhat later than Tokyo, the city-states of Hong Kong and Singapore, both British colonies, underwent powerful economic booms as they emerged as economic and financial centers in the 1960s. They were followed by South Korea and Taiwan, the two Asian threshold countries with the most rapid growth rates. Elsewhere in Asia, the cities of Bangkok, Kuala Lumpur, Djakarta and Manila began to grow dramatically during the 1980s. Americanization, technical modernization and higher standards of living fundamentally changed the economic and social structures there. These processes triggered the development of the high-rise building and the related technical know-how in these prospering Asian countries. For all that, the infrastructures one might expect to find in powerful economies are still lacking. Furthermore, there has been rapid urbanization of formerly rural structures; cities are growing so fast that it has become impossible to create the planning instruments needed to cope with their growth.

On the "opposite side", in China, cities have been growing upwards since the 1980s. The economic reforms introduced by Deng Xiaoping led to the establishment of Special Economic Zones which permit capitalist investment in specified areas. Through these experimental zones, China, its communist system notwithstanding, is opening up to the world economy, giving its stagnating economy a powerful boost. This has created the basis for integrating Hong Kong into the Chinese economy. (Hong Kong, the former British crown colony and international trading center, was returned to China in 1999.) Thanks to its proximity to Hong Kong, growth in Shenzhen, one of the four Special Economic Zones originally carved out in southern China, has exceeded all forecasts. In 1978, in connection with the establishment of the Special Economic Zone, Shenzhen was granted the status of a district with its own legislative authority. Before the Zone was established, the area had had a primarily agrarian economy, growing grain and rice, and had just under 30,000 inhabitants. The explosive development of the economy, which sent job vacancies soaring, raised wage levels and improved supplies of goods and leisure facilities, has increased the number of inhabitants to over three million within two decades. Achievements in the field of construction are among the most impressive in the world. The Shenzhen skyline occupies eighth place in Wolfgang Leonhard's list of the world's skyscraper cities **(Fig. 45)**.

Shanghai's skyline ranks even higher on the list. Shanghai is the center of economic activity in China. In the late 19th century, during the colonial era, the colonial powers forced Shanghai to open its economy to foreign trade. The growth of trade and industry made Shanghai the fifth largest city in the world by 1911. When the Red Army entered the city after the Second World War, all companies there were taken over by the state and economic ties to the outside world were severed. It was only with the economic reforms of the 1980s and the gradual introduction of market forces that Shanghai again became an attractive investment location for foreign corporations. Centrally located on the Chinese coastline, the city of Shanghai used to be the "gateway to the world" at the Yangtze delta. Shanghai is now continuing where it left off. Of all Chinese cities, it has the most considerable potential for establishing links with the world economy. In 1990, the Special Economic Zone of Shanghai Pudong was created on a hitherto undeveloped site. Shanghai's old city districts are also undergoing a phase of total reconstruction. According to observers, it seems as if a new skyscraper is completed every day.

High-rise buildings are a symbol of economic growth. In Asia, extreme heights are held to be a visible sign that a country has managed the leap into the first world. As a symbol announcing the beginning of urban

48 Petronas Twin Towers, Kuala Lumpur, Cesar Pelli, 1998

development, television towers of conspicuous dimensions and form have been erected there. The 333 m Tokyo Tower, dating back to 1958 and clearly inspired by the Eiffel Tower, is an early instance of this development in Asia. Later examples include the Kuala Lumpur Television Tower (KLTV Tower), which rises to a height of 421 m, and the Oriental Pearl TV Tower, 468 m high, whose construction in 1995 heralded the development of Shanghai Pudong **(Fig. 46)**.

All of Asia's tallest high-rises dating from the 1980s are below the 300 m mark. However, this limit was soon to be exceeded: in 1989, the 368 m Bank of China was built in Hong Kong, followed shortly afterwards by superscrapers – all above 330 m – in Bangkok (Thailand), Shenzhen (China), Guangzhou (China) and Kaoshiung (Taiwan). The Central Plaza Building (374 m) built in Hong Kong in 1992 was not far off the 400 m mark **(Fig. 47)**.

The desire to erect the world's highest building in Asia was finally realized in Kuala Lumpur in 1998, where the Petronas Towers have stood since 1998 **(Fig. 48)**. With their tops peaking at 452 m (architect Cesar Pelli) they outbid the Sears Tower in Chicago. The Petronas Towers are part of Kuala Lumpur's largest building complex, with a total usable floor space of 1.82 million square meters. In the social context of a European city, a complex of this magnitude would not have had a chance; indeed, it would destroy any sense of proportion and ruin the city. In Asia, however, such projects are constructed despite the absence of infrastructure or compensatory space. And developments such as these not only cause entire transport systems to collapse at regular intervals, but also bring about a dramatic deterioration in climatic conditions.

Kuala Lumpur presents a typical example of urban development governed by market forces. Structural plans are designed to be ignored. Authoritarian governments take decisions and ignore planning instruments. In spite of this, there are no signs of large-scale protest, on the contrary: modern urban development pursued on the basis of highly concentrated complexes and extremely tall buildings is welcomed, people seem to accept the adverse effects. The cultural and sociological backgrounds of Asian lifestyles are often cited as explanations for this response. The great degree of tolerance shown in the face of drastic changes in living conditions is said to stem from the old Chinese and Indian doctrines of I-Ching and Yin-Yang, which have been very influential throughout Asia for thousands of years. The ideas of predestined fate and continual change are part of a process in which creation, destruction and renewal are immanent. Asia's cities grow unrestrained, adapting continually to new economic realities until they find a new equilibrium. Only when the optimum size has been reached can stability be restored. Then artistic and cultural life can flourish anew, as is already visible in Japan and, to some extent, in Singapore too.
A study carried out by the architect Rem Koolhaas with Harvard University students in 1996 examined the phenomenon of explosive overdevelopment in the Chinese Pearl River delta, the region extending from Hong Kong to Shenzhen to Guangzhou. The individual studies looked at various aspects such as the infrastructure, ideology, architecture, politics, countryside and money in an attempt to define new forms of urban coexistence. The study's new vocabulary of patented terms provides a framework for describing contemporary urban reality adequately. To Western observers, such unbridled growth is as fascinating as it is horrifying. This is as true of the superscrapers as it is of the structures of the new megacities.

The Taipeh Financial Center (planned height 508 m) now under construction in Taiwan is likely to offer fresh nourishment to the obsession with high-rise buildings in Asia. In contrast, plans for high-rise structures in Europe, with few exceptions, envisage buildings of a more moderate height. New safety precautions are in demand worldwide following the catastrophe of 11 September.
Additional investment in both fire protection and redundant structural systems hike up the costs of a mode of construction that is expensive at the best of times. In view of the high costs, questions of durable construction are becoming increasingly important. How can we develop sufficiently flexible room structures (for high-rise structures) that are adaptable to new user requirements and new technologies? Alongside the conquest of extreme heights, these are topics to which people involved in high-rise building will have to devote more attention in the future. They will also give new impetus to high-rise building.

Louis H. Sullivan, *„Kindergarten Chats and Other Writings - The Tall Office Building Artistically Considered“*, New York 1979

The Tall Office Building Artistically Considered

This essay was first published in *Lippincott's*, March 1896.

The architects of this land and generation are now brought face to face with something new under the sun —namely, that evolution and integration of social conditions, that special grouping of them, that results in a demand for the erection of tall office buildings.

It is not my purpose to discuss the social conditions; I accept them as the fact, and say at once that the design of the tall office building must be recognized and confronted at the outset as a problem to be solved — a vital problem, pressing for a true solution.

Let us state the conditions in the plainest manner. Briefly, they are these: offices are necessary for the transaction of business; the invention and perfection of the high-speed elevators make vertical travel, that was once tedious and painful, now easy and comfortable; development of steel manufacture has shown the way to safe, rigid, economical constructions rising to a great height; continued growth of population in the great cities, consequent congestion of centers and rise in value of ground, stimulate an increase in number of stories; these successfully piled one upon another, react on ground values — and so on, by action and reaction, interaction and inter-reaction. Thus has come about that form of lofty construction called the "modern office building." It has come in answer to a call, for in it a new grouping of social conditions has found a habitation and a name.

Up to this point all in evidence is materialistic, an exhibition of force, of resolution, of brains in the keen sense of the word. It is the joint product of the speculator, the engineer, the builder.

Problem: How shall we impart to this sterile pile, this crude, harsh, brutal agglomeration, this stark, staring exclamation of eternal strife, the graciousness of those higher forms of sensibility and culture that rest on the lower and fiercer passions? How shall we proclaim from the dizzy height of this strange, weird, modern housetop the peaceful evangel of sentiment, of beauty, the cult of a higher life?

This is the problem; and we must seek the solution of it in a process analogous to its own evolution — indeed, a continuation of it — namely, by proceeding step by step from general to special aspects, from coarser to finer considerations.

It is my belief that it is of the very essence of every problem that it contains and suggests its own solution. This I believe to be natural law. Let us examine, then, carefully the elements, let us search out this contained suggestion, this essence of the problem.

The practical conditions are, broadly speaking, these:

Wanted — 1st, a story below-ground, containing boilers, engines of various sorts, etc. — in short, the plant for power, heating, lighting, etc. 2nd, a ground floor, so called, devoted to stores, banks, or other establishments requiring large area, ample spacing, ample light, and great freedom of access. 3rd, a second story readily accessible by stairways — this space usually in large subdivisions, with corresponding liberality in structural spacing and expanse of glass and breadth of external openings. 4th, above this an indefinite number of stories of offices piled tier upon tier, one tier just like another tier, one office just like all the other offices — an office being similar to a cell in a honey-comb, merely a compartment, nothing more. 5th, and last, at the top of this pile is placed a space or story that, as related to the life and usefulness of the structure, is purely physiological in its nature — namely, the attic. In this the circulatory system completes itself and makes its grand turn, ascending and descending. The space is filled with tanks, pipes, valves, sheaves, and mechanical etcetera that supplement and complement the force-originating plant hidden below-ground in the cellar. Finally, or at the beginning rather, there must be on the ground floor a main aperture or entrance common to all the occcupants or patrons of the building.

This tabulation is, in the main, characteristic of every tall office building in the country. As to the necessary arrangements for light courts, these are not germane to the problem, and as will become soon evident, I trust need not be considered here. These things, and such others as the arrangement of elevators, for example, have to do strictly with the economics of the building, and I assume them to have been fully considered and disposed of to the satisfaction of purely utilitarian and pecuniary demands. Only in rare instances does the plan or floor arrangement of the tall office building take on an æsthetic value, and this usually when the lighting court is external or becomes an internal feature of great importance.

As I am here seeking not for an individual or special solution, but for a true normal type, the attention must be confined to those conditions that, in the main, are constant in all tall office buildings, and every mere incidental and accidental variation eliminated from the consideration, as harmful to the clearness of the main inquiry.

The practical horizontal and vertical division or office unit is naturally based on a room of comfortable area and height, and the size of this standard office room as naturally predetermines the standard structural unit, and, approximately, the size of window openings. In turn, these purely arbitrary units of structure form in an equally natural way the true basis of the artistic development of the exterior. Of course the structural spacings and openings in the first or mercantile story are required to be the largest of all; those in the second or quasi-mercantile story are of

a somewhat similar nature. The spacings and openings in the attic are of no importance whatsoever (the windows have no actual value), for light may be taken from the top, and no recognition of a cellular division is necessary in the structural spacing.

Hence it follows inevitably, and in the simplest possible way, that if we follow our natural instincts without thought of books, rules, precedents, or any such educational impedimenta to a spontaneous and "sensible" result, we will in the following manner design the exterior of our tall office building — to wit:

Beginning with the first story, we give this a main entrance that attracts the eye to its location, and the remainder of the story we treat in a more or less liberal, expansive, sumptuous way — a way based exactly on the practical necessities, but expressed with a sentiment of largeness and freedom. The second story we treat in a similar way, but usually with milder pretension. Above this, throughout the indefinite number of typical office tiers, we take our cue from the individual cell, which requires a window with its separating pier, its sill and lintel, and we, without more ado, make them look all alike because they are all alike. This brings us to the attic, which, having no division into office-cells, and no special requirement for lighting, gives us the power to show by means of its broad expanse of wall, and its dominating weight and character, that which is the fact — namely, that the series of office tiers has come definitely to an end.

This may perhaps seem a bald result and a heartless, pessimistic way of stating it, but even so we certainly have advanced a most characteristic stage beyond the imagined sinister building of the speculator-engineer-builder combination. For the hand of the architect is now definitely felt in the decisive position at once taken, and the suggestion of a thoroughly sound, logical, coherent expression of the conditions is becoming apparent.

When I say the hand of the architect, I do not mean necessarily the accomplished and trained architect. I mean only a man with a strong, natural liking for buildings, and a disposition to shape them in what seems to his unaffected nature a direct and simple way. He will probably tread an innocent path from his problem to its solution, and therein he will show an enviable gift of logic. If he have some gift for form in detail, some feeling for form purely and simply as form, some love for that, his result in addition to its simple straightforward naturalness and completeness in general statement, will have something of the charm of sentiment.

However, thus far the results are only partial and tentative at best; relatively true, they are but superficial. We are doubtless right in our instinct but we must seek a fuller justification, a finer sanction, for it. [See Figs. 12, 16]

I assume now that in the study of our problem we have passed through the various stages of inquiry, as follows: 1st, the social basis of the demand for tall office buildings; 2nd, its literal material satisfaction; 3rd, the elevation of the question from considerations of literal planning, construction, and equipment, to the plane of elementary architecture as a direct outgrowth of sound, sensible building; 4th, the question again elevated from an elementary architecture to the beginnings of true

architectural expression, through the addition of a certain quality and quantity of sentiment.

But our building may have all these in a considerable degree and yet be far from that adequate solution of the problem I am attempting to define. We must now heed the imperative voice of emotion.

It demands of us, what is the chief characteristic of the tall office building? And at once we answer, it is lofty. This loftiness is to the artist-nature its thrilling aspect. It is the very open organ-tone in its appeal. It must be in turn the dominant chord in his expression of it, the true excitant of his imagination. It must be tall, every inch of it tall. The force and power of altitude must be in it, the glory and pride of exaltation must be in it. It must be every inch a proud and soaring thing, rising in sheer exultation that from bottom to top it is a unit without a single dissenting line — that it is the new, the unexpected, the eloquent peroration of most bald, most sinister, most forbidding conditions.

The man who designs in this spirit and with the sense of responsibility to the generation he lives in must be no coward, no denier, no bookworm, no dilettante. He must live of his life and for his life in the fullest, most consummate sense. He must realize at once and with the grasp of inspiration that the problem of the tall office building is one of the most stupendous, one of the most magnificent opportunities that the Lord of Nature in His beneficence has ever offered to the proud spirit of man.

That this has not been perceived — indeed, has been flatly denied — is an exhibition of human perversity that must give us pause.

One more consideration. Let us now lift this question into the region of calm, philosophic observation. Let us seek a comprehensive, a final solution: let the problem indeed dissolve.

Certain critics, and very thoughtful ones, have advanced the theory that the true prototype of the tall office building is the classical column, consisting of base, shaft and capital — the moulded base of the column typical of the lower stories of our building, the plain or fluted shaft suggesting the monotonous, uninterrupted series of office-tiers, and the capital the completing power and luxuriance of the attic.

Other theorizers, assuming a mystical symbolism as a guide, quote the many trinities in nature and art, and the beauty and conclusiveness of such trinity in unity. They aver the beauty of prime numbers, the mysticism of the number three, the beauty of all things that are in three parts — to wit, the day, subdividing into morning, noon, and night; the limbs, the thorax, and the head, constituting the body. So they say, should the building be in three parts vertically, substantially as before, but for different motives,

Others, of purely intellectual temperament, hold that such a design should be in the nature of a logical statement; it should have a beginning, a middle, and an ending, each clearly defined — therefore again a building, as above, in three parts vertically.

Others, seeking their examples and justification in the vegetable kingdom, urge

that such a design shall above all things be organic. They quote the suitable flower with its bunch of leaves at the earth, its long graceful stem, carrying the gorgeous single flower. They point to the pine-tree, its massy roots, its lithe, uninterrupted trunk, its tuft of green high in the air. Thus, they say, should be the design of the tall office building: again in three parts vertically.

Others still, more susceptible to the power of a unit than to the grace of a trinity, say that such a design should be struck out at a blow, as though by a blacksmith or by mighty Jove, or should be thought-born, as was Minerva, full grown. They accept the notion of a triple division as permissible and welcome, but non-essential. With them it is a subdivision of their unit: the unit does not come from the alliance of the three; they accept it without murmur, provided the subdivision does not disturb the sense of singleness and repose.

All of these critics and theorists agree, however, positively, unequivocally, in this, that the tall office building should not, must not, be made a field for the display of architectural knowledge in the encyclopædic sense; that too much learning in this instance is fully as dangerous, as obnoxious, as too little learning; that miscellany is abhorrent to their sense; that the sixteen-story building must not consist of sixteen separate, distinct and unrelated buildings piled one upon the other until the top of the pile is reached.

To this latter folly I would not refer were it not the fact that nine out of every ten tall office buildings are designed in precisely this way in effect, not by the ignorant, but by the educated. It would seem indeed, as though the "trained" architect, when facing this problem, were beset at every story, or at most, every third or fourth story, by the hysterical dread lest he be in "bad form"; lest he be not bedecking his building with sufficiency of quotation from this, that, or the other "correct" building in some other land and some other time; lest he be not copious enough in the display of his wares; lest he betray, in short, a lack of resource. To loosen up the touch of this cramped and fidgety hand, to allow the nerves to calm, the brain to cool, to reflect equably, to reason naturally, seems beyond him; he lives, as it were, in a waking nightmare filled with the disjecta membra of architecture. The spectacle is not inspiriting.

As to the former and serious views held by discerning and thoughtful critics, I shall, with however much of regret, dissent from them for the purpose of this demonstration, for I regard them as secondary only, non-essential, and as touching not at all upon the vital spot, upon the quick of the entire matter, upon the true, the immovable philosophy of the architectural art.

This view let me now state, for it brings to the solution of the problem a final, comprehensive formula.

All things in nature have a shape, that is to say, a form, an outward semblance, that tells us what they are, that distinguishes them from ourselves and from each other.

Unfailingly in nature these shapes express the inner life, the native quality, of the animal, tree, bird, fish, that they present to us; they are so characteristic, so recognizable, that we say, simply, it is "natural" it should be so. Yet the moment we peer beneath this surface of things, the moment we look through the tranquil reflection of ourselves and the clouds above us, down into the clear, fluent, unfathom-

able depth of nature, how startling is the silence of it, how amazing the flow of life, how absorbing the mystery. Unceasingly the essence of things is taking shape in the matter of things, and this unspeakable process we call birth and growth. Awhile the spirit and the matter fade away together, and it is this that we call decadence, death. These two happenings seem jointed and interdependent, blended into one like a bubble and its iridescence, and they seem borne along upon a slowly moving air. This air is wonderful past all understanding.

Yet to the steadfast eye of one standing upon the shore of things, looking chiefly and most lovingly upon that side on which the sun shines and that we feel joyously to be life, the heart is ever gladdened by the beauty, the exquisite spontaneity, with which life seeks and takes on its forms in an accord perfectly responsive to its needs. It seems ever as though the life and the form were absolutely one and inseparable, so adequate is the sense of fulfillment.

Whether it be the sweeping eagle in his flight or the open apple-blossom, the toiling work-horse, the blithe swan, the branching oak, the winding stream at its base, the drifting clouds, over all the coursing sun, form ever follows function, and this is the law. Where function does not change form does not change. The granite rocks, the ever-brooding hills, remain for ages; the lightning lives, comes into shape, and dies in a twinkling.

It is the pervading law of all things organic, and inorganic, of all things physical and metaphysical, of all things human and all things superhuman, of all true manifestations of the head, of the heart, of the soul, that the life is recognizable in its expression, that form ever follows function. This is the law.

Shall we, then, daily violate this law in our art? Are we so decadent, so imbecile, so utterly weak of eyesight, that we cannot perceive this truth so simple, so very simple? Is it indeed a truth so transparent that we see through it but do not see it? Is it really then, a very marvelous thing, or is it rather so commonplace, so everyday, so near a thing to us, that we cannot perceive that the shape, form, outward expression, design or whatever we may choose, of the tall office building should in the very nature of things follow the functions of the building, and that where the function does not change, the form is not to change?

Does this not readily, clearly, and conclusively show that the lower one or two stories will take on a special character suited to the special needs, that the tiers of typical offices, having the same unchanging function, shall continue in the same unchanging form, and that as to the attic, specific and conclusive as it is in its very nature, its function shall equally be so in force, in significance, in continuity, in conclusiveness of outward expression? From this results, naturally, spontaneously, unwittingly, a three-part division, not from any theory, symbol, or fancied logic.

And thus the design of the tall office building takes its place with all other architectural types made when architecture, as has happened once in many years, was a living art. Witness the Greek temple, the Gothic cathedral, the medieval fortress.

And thus, when native instinct and sensibility shall govern the exercise of our beloved art; when the known law, the respected law, shall be that form ever follows function; when our architects shall cease struggling and prattling handcuffed and vainglorious in the asylum of a foreign school; when it is truly felt, cheerfully accepted, that this law opens up the airy sunshine of green fields, and gives to us

a freedom that the very beauty and sumptuousness of the outworking of the law itself as exhibited in nature will deter any sane, any sensitive man from changing into license, when it becomes evident that we are merely speaking a foreign language with a noticeable American accent, whereas each and every architect in the land might, under the benign influence of this law, express in the simplest, most modest, most natural way that which it is in him to say; that he might really and would surely develop his own characteristic individuality, and that the architectural art with him would certainly become a living form of speech, a natural form of utterance, giving surcease to him and adding treasures small and great to the growing art of his land; when we know and feel that Nature is our friend, not our implacable enemy — that an afternoon in the country, an hour by the sea, a full open view of one single day, through dawn, high noon, and twilight, will suggest to us so much that is rhythmical, deep, and eternal in the vast art of architecture, something so deep, so true, that all the narrow formalities, hard-and-fast rules, and strangling bonds of the schools cannot stifle it in us — then it may be proclaimed that we are on the high-road to a natural and satisfying art, an architecture that will soon become a fine art in the true, the best sense of the word, an art that will live because it will be of the people, for the people, and by the people.

Annette Gigon, Mike Guyer, Felix Jerusalem (Hg.), *„Residential Towers“* , Zürich 2016

Majestic Apartments
New York - USA - 1929–31
Irwin S. Chanin,
Jacques L. Delamarre
40–41

860–880 Lake Shore Drive Apartments
Chicago - USA - 1948–51
Ludwig Mies van der Rohe
42–45

Price Tower
Bartlesville - USA - 1952–56
Frank Lloyd Wright
46–49

Marina City
Chicago - USA - 1959–64
Bertrand Goldberg Associates
50–53

Peabody Terrace
Cambridge - USA - 1962–64
Sert, Jackson & Gourley
54–57

Crawford Manor
New Haven - USA - 1962–66
Paul Rudolph
58–59

Lake Point Tower
Chicago - USA - 1965–68
Schipporeit-Heinrich
60–63

John Hancock Center
Chicago - USA - 1965–69
Skidmore, Owings & Merrill (SOM)
64–67

8 Spruce Street
New York - USA - 2003–10
Gehry Partners
68–71

Habitat '67
Montreal - Canada - 1964–67
Moshe Safdie
72–75

Absolute Towers
Mississauga - Canada - 2006–12
MAD Architects
76–77

Edifício Louveira
São Paulo - Brazil - 1946–49
João Vilanova Artigas
78–81

Edifício COPAN
São Paulo - Brazil - 1951–66
Oscar Niemeyer
82–85

Edifício Niemeyer
Belo Horizonte - Brazil - 1954–55
Oscar Niemeyer
86–89

Edifício Guaimbê
São Paulo - Brazil - 1964
Paulo Mendes da Rocha
with João de Gennaro
90–93

Edifício Residencial Jaraguá
São Paulo - Brazil - 1984
Paulo Mendes da Rocha
94–97

Immeuble Asayag
Casablanca - Morocco - 1930–32
Marius Boyer
98–101

Ponte
Johannesburg - South Africa - 1969–75
Manfred Hermer, Feldman & Grosskopff
102–103

Harumi Apartments
Tokyo - Japan - 1956–58
Kunio Maekawa
104–107

Nakagin Capsule Tower
Tokyo - Japan - 1970–72
Kisho Kurokawa architect
& associates
108–111

Gifu Kitagata Apartment Building
Motosu - Japan - 1994–98
Kazuyo Sejima & Associates
112–115

Ardmore Habitat
Singapore - 1980–85
Moshe Safdie
116–119

The Colonnade
Singapore - 1980–86
Paul Rudolph
120–123

The Pinnacle@Duxton
Singapore - 2001–09
ARC Studio
124–127

Kent Vale Faculty Housing
Singapore - 2007–12
MKPL Architects
128–131

The Met Tower
Bangkok - Thailand - 2003–09
WOHA
132–135

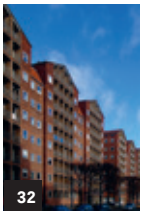
Kanchanjunga Apartments
Mumbai - India - 1970–83
Charles Correa
136–139

Sui Wo Court
Hong Kong - 1970–81
Palmer&Turner
140–143

Vertical Courtyard Apartments
Hangzhou - China - 2001–07
Amateur Architecture Studio
144–145

Grå punkthus på Södra Guldheden
Gothenburg - Sweden - 1950–52
Sven Brolid and Jan Wallinder
146–147

Tower Hus i Ortdrivaren
Kiruna - Sweden - 1961–66
Ralph Erskine
148–149



Dronningegården og Christiansgården
Copenhagen - Denmark - 1942–58
Kay Fisker with C. F. Møller,
Eske Kristensen
150–153

Cluster Block at Claredale Street, Bethnal Green
London - United Kingdom -
1954–57
Fry Drew Drake & Lasdun
154–157

Residential Towers of the Barbican Estate Redevelopment
London - United Kingdom -
1956–76
Chamberlin, Powell & Bon Architects
158–161

Flats at 26 St James's Place
London - United Kingdom -
1958–60
Denys Lasdun & Partner
162–165

Grindelhochhäuser
Hamburg - Germany - 1946–56
Gruppe der Grindelberg-Architekten
166–169

Wohnhochhäuser Romeo und Julia
Stuttgart - Germany - 1954–59
Hans Scharoun with Wilhelm Frank
170–173

Wohnhochhaus im Hansaviertel, Klopstockstrasse
Berlin - Germany - 1955–57
Alvar Aalto
174–177

Wohnhochhaus im Hansaviertel, Bartningallee
Berlin - Germany - 1957–60
Van den Broek & Bakema
178–181

Hochhaus Neue Vahr
Bremen - Germany - 1958–62
Alvar Aalto
182–183

41

Wohnbebauung Märkisches Viertel
Berlin - Germany - 1962–67
Oswald Mathias Ungers
184–187

42

Kreuzberg-Turm
Berlin - Germany - 1983–88
John Hejduk
188–189

43

Woongebouw Bergpolder
Rotterdam - Netherlands - 1932–34
Willem van Tijen and
J. A. Brinkman & L. C. van der Vlugt
190–191

44

KNSM Island Skydome
Amsterdam - Netherlands - 1990–96
Wiel Arets Architects
192–193

45

Silodam
Amsterdam - Netherlands - 1995–2003
MVRDV
194–197

46

Chassé Park Apartments
Breda - Netherlands - 1996–2001
XDGA / Xaveer De Geyter Architects
198–199

47

De Rotterdam
Rotterdam - Netherlands - 1997–2013
Office for Metropolitan Architecture (OMA)
200–203

48

Silverline Tower
Almere - Netherlands - 1998–2001
Claus en Kaan
204–207

49

Westkaai 1+2 Apartment Buildings
Antwerp - Belgium - 2005–09
Diener & Diener
208–211

50

Les Gratte-Ciel de Villeurbanne
Lyons - France - 1928–34
Môrice Leroux
212–215

51

Tour d'Amiens
Amiens - France - 1942–51
Auguste Perret
216–217

52

Les Tours résidentielles
Le Havre - France - 1945–55
Auguste Perret and Atelier de reconstruction du Havre
218–225

53

Unité d'Habitation
Marseilles - France - 1946–52
Le Corbusier
226–229

54

La Tour Croulebarbe
Paris - France - 1956–61
Édouard Albert
230–233

55

Résidence Le Parc
Meudon-la-Forêt - France - 1957–62
Fernand Pouillon
234–237

56

Résidence du Point-du-Jour
Boulogne-Billancourt - France - 1957–63
Fernand Pouillon
238–241

57

Tours résidentielles de l'Île-Verte
Grenoble - France - 1963–67
Roger Anger and Pierre Puccinelli
242–245

58

Les Choux de Créteil
Créteil - France - 1968–74
Gérard Grandval
246–249

59

Marina Baie des Anges
Villeneuve-Loubet - France - 1969–93
André Minangoy
250–251

60

Les Tours Aillaud
Nanterre - France - 1974–78
Émile Aillaud
252–255

61

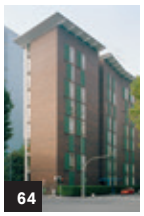
Transformation de la Tour Bois-le-Prêtre
Paris - France - 2005–11
Frédéric Druot, Anne Lacaton & Jean Philippe Vassal
256–259

62

Torres Blancas
Madrid - Spain - 1961–68
Francisco Javier Sáenz de Oiza
260–263

63

Walden-7
Barcelona - Spain - 1970–75
Ricardo Bofill
264–267


64

Casa Borsalino
Alessandria - Italy - 1948–52
Ignazio Gardella
268–271

65

Complesso per abitazioni e uffici in corso Italia
Milan - Italy - 1949–56
Luigi Moretti
272–275

66

Torre Velasca
Milan - Italy - 1950–58
BBPR
276–279

67

Edificio residenziale in via Quadronno
Milan - Italy - 1959–60
Angelo Mangiarotti and Bruno Morassutti
280–283

68

Edificio residenziale in piazza Carbonari
Milan - Italy - 1960–61
Luigi Caccia Dominioni
284–287

69

Torre ad appartamenti in piazzale Aquileia
Milan - Italy - 1961–64
Vico Magistretti
288–289

70

Edificio residenziale in via Artigianelli
Monza - Italy - 1972
Angelo Mangiarotti
290–291

71

Wohnhochhäuser am Letzigraben
Zurich - Switzerland - 1946–52
Albert Heinrich Steiner
292–295

72

Schwesternhochhaus
Zurich - Switzerland - 1952–59
Jakob Zweifel
296–299

73

Casa Torre
Lugano - Switzerland - 1953–57
Rino Tami
300–301

74

Hochhaus am Triemliplatz
Zurich - Switzerland - 1956–66
Rudolf and Esther Guyer
302–303

75

Tours de Lancy
Geneva - Switzerland - 1961–64
Jean-Marc Lamunière
304–307

76

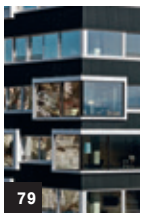
La Cité du Lignon
Geneva - Switzerland - 1963–71
Addor, Julliard, Bolliger and Payot
308–311

77

Wohnhochhaus Löwenbräu-Areal
Zurich - Switzerland - 2003–13
Annette Gigon / Mike Guyer with Atelier WW
312–315

78

Wohnhochhaus Hirzenbach
Zurich - Switzerland - 2006–14
Boltshauser Architekten
316–319


79

Hochhaus Hard Turm Park
Zurich - Switzerland - 2007–14
Gmür & Geschwentner Architekten
320–323

80

Zölly Hochhaus
Zurich - Switzerland - 2009–14
Marcel Meili, Markus Peter Architekten
324–327

Lilian Pfaff, *„Hochhausdebatte Schweiz“* , in: Architese 3/2003, Zürich 2003

HOCHHAUSDEBATTE SCHWEIZ

Das Comeback eines umstrittenen Bautypus Die neue Debatte um das Hochhaus als Gebäudetypus hat vor allem einen stark wirtschaftlich geprägten Hintergrund. Investoren werfen mit konkreten Bauprojekten grundsätzliche Standortfragen auf. Ob die neu definierten Richtlinien jedoch die Stadtentwicklung positiv leiten oder deren prozesshafte Entwicklung behindern, ist Gegenstand der momentanen Diskussion in der Schweiz.

2

Text: Lilian Pfaff

Das Hochhaus ist wieder in Mode, daran hat auch der 11. September nicht gerüttelt. Die anfängliche Euphorie, wie sie noch Ende der Neunzigerjahre bestand, ist jedoch schon wieder etwas abgeklungen. Für Ben van Berkel hat nach dem Terroranschlag auf die Twin Towers beim Hochhausbau ein grundlegender Wandel stattgefunden, der sich auch in der Gestaltung der Bauten niederschlagen wird. Das neue Bedürfnis nach Sicherheit hat dem unerschöpflichen Drang nach oben eine andere Dimension gegeben.

Diese Tendenz macht sich jedoch in der derzeitigen Debatte über Hochhäuser in der deutschen Schweiz nicht bemerkbar. Warum heute das Hochhaus wieder aktuell ist oder ob es sich nur um ein alle 10–15 Jahre wiederkehrendes Thema handelt, wie Theo Hotz letztens konstatierte, ist die Frage. Von einer visionären Stimmung kann kaum gesprochen werden. Zwar gibt es in drei Schweizer Städten Bestrebungen, durch Richtlinien den Bau von Hochhäusern zu ermöglichen, angeregt und leidenschaftlich für den Hochhausbau plädiert wird jedoch nicht. Denn die Hochhausdebatte ist, wie Ruedi Weidmann es treffend charakterisiert, dieselbe wie in den Fünfzigerjahren: «Hochhäuser wären eigentlich toll, aber man hat Angst vor ihnen.»[1]

Erste Hochhäuser in den Fünfzigerjahren

Vielleicht sollte man gerade deswegen bei der historischen Diskussion ansetzen, um die heutige besser zu verstehen. Die ersten Hochhäuser in der Schweiz entstanden nach dem Zweiten Weltkrieg, als sich durch das wirtschaftliche Wachstum die Städte immer mehr verdichteten. Während der Ruf nach Verkehrsentlastung der Innenstädte lauter wurde, nahm das Wohnen an der Peripherie zu. So waren die ersten Hochhausprojekte fast ausschliesslich als Wohnbauten geplant. Und schon damals wurde über den Sinn und Zweck von Hochhäusern debattiert.[2] Im Gespräch waren zu dieser Zeit vor allem das Projekt von Haefeli, Moser, Steiger für Prilly (1947), die Wohnhochhäuser in Basel von Gfeller und Mähly (1950–51) und die Wohntürme von Albert Heinrich Steiner in Zürich am Letzigraben (1951–52). In einer Artikelserie von Armin Meili in der *Neuen Zürcher Zeitung* unter dem Titel «Braucht Zürich Hochhäuser?»[3] vertrat 1950 der Architekt die Meinung, dass die Stadt im Gebiet der City verdichtet werden müsse. Denn statt sich auf ausgewiesene Zonen zu konzentrieren, weite sich das Stadtgebiet immer stärker aus. Armin Meili plädierte vor allem für das Büro – und Geschäftshochhaus, nicht für das Wohnhochhaus nach schwedischem Vorbild, das in Form von vier- bis zwölfgeschossigen Gebäuden den Auftakt zu einer grünen aufgelockerten Vorstadt bilden sollte. Er vertrat damit eine andere Haltung als der damalige Stadtbaumeister Albert Heinrich Steiner. Einen wichtigen Aspekt stellte die Standortfrage dar, denn nach Meili sollten Hochhäuser eben nicht vor den Toren der Stadt stehen, sondern mitten im Zentrum, um der «Verhüselung der Schweiz» durch die Konzentration von hohen Bauten in der City entgegenzutreten und damit mehr Freiraum in der Landschaft schaffen zu können.[4] Die Kritik am Hochhaus, dass

1 **Blick auf den Zürcher Westen. Links die Hardau-Hochhäuser, rechts das Wohnhochhaus Lochergut** (Fotos 1–5: Hubertus Adam)

2 **Heinrich Albert Steiner: Wohnbebauung Letzigraben, 1951/52**

3 **Wohnbebauung Lochergut**

4 **F. Sauter, A. Dirler: Ehemaliges SBG-Hochhaus Werdstrasse, 1973/74**

5 **Max P. Kollbrunner: Hardau-Hochhäuser, 1976–78**

dieses zur Anonymisierung des Individuums und zur Vermassung der Gesellschaft beitrage, teilte Meili ebenso wenig wie die Gruppe um den Architekten und Schriftsteller Max Frisch: «Ich brauche keinen dekorativen Trost [wie die romantische Zweistöckigkeit unserer Siedlungen] gegen das ‹Zeitalter der Vermassung›. Was ich brauche, ist wirkliche Hilfe, um in diesem Zeitalter leben zu können: – eine Satellitenstadt mit Schnellbahn, Hochhäusern und meinetwegen auch Standardisierung der Bauteile, damit es billiger kommt, damit ich mir grössere Räume leisten kann, usw.»[5]

Zusammen mit Lucius Burckhardt und Markus Kutter gab Frisch 1955 die Schrift *achtung: die Schweiz* heraus, die mit über 10 000 verkauften Exemplaren grosse Beachtung fand und deren Kritik und Anregungen in der nachfolgenden Publikation *die neue Stadt* zusammengefasst sind. Anstelle einer Landesausstellung 1964 schlugen die Autoren die Planung einer neuen Stadt vor, in der die oben zitierten Vorstellungen Eingang finden sollten. Ausgehend von Le Corbusiers Charta von Athen 1933 traten sie für eine Nutzungstrennung und damit eine Entlastung des Verkehr ein und gegen die Zersiedelung der Landschaft, während die offizielle Meinung eine Verschmelzung von Stadt und Land und damit eine dezentralisierende Stadtentwicklung anstrebte. Walter Gropius hatte in einem Vortrag von 1930 beim CIAM Kongress bereits auf die Unterscheidung von Flach-, Mittel- und Hochbau hingewiesen und sich infolgedessen vor allem für das scheibenförmige Wohnhochhaus eingesetzt. Diese Ansätze waren das Vorbild der Hochhausbefürworter, wohingegen in der Realität vor allem die gemischte Variante beliebt war. So realisierte Alfred Steiner bei den ersten Züricher Hochhäusern, der Letzigraben Überbauung, selbst eine gemischte Bebauung aus Turmhaus und Kleinhaus. Deutlich wird die Nähe von Armin Meilis Hochhausideen zu den städtebaulichen Ansichten eines Max Frisch, der im Hochhaus auch eine Gestaltungsfreiheit hinsichtlich des Grundrisses sah und das Hochhaus als «männliche draufgängerische» Architektur gegen die Monotonie der Uniformität der Reihenhäuser verstand. «Das Hochhaus in der Grossstadt wird für Frisch zum Ausdruck moderner Lebensform und zeitgenössischen Bauens schlechthin. Es ersetzt die ‹Kaninchenfarm für den Mittelstand› der ausufernden Vorortsiedlungen und bietet eine Möglichkeit zur Strukturveränderung der Stadt.»[6] Frisch schlug beispielsweise beim Wettbewerb für das Physikergebäude in Zürich 1954 ein Hochhaus vor und lebte selbst ab 1960 in einem Hochhaus in der Überbauung Lochergut.

Der Rückgang des Hochhausbooms Ende der Siebziger

«Waren die ersten Wohnhochhäuser am Letzigraben mit zwölf Stockwerken gerade mal 33 Meter hoch, stieg die Höhe der Häuser Ende der Fünfzigerjahre auf über fünfzig Meter oder 18 Stockwerke, in den Sechzigern auf sechzig Meter und in den Siebzigerjahren auf siebzig bis neunzig Meter.»[7] Ende der Siebzigerjahre ging die Zunahme an Hochhäusern auf ein Minimum zurück, da mit ihnen nun nicht mehr nur Fortschritt und wirtschaftliches Wachstum verbunden waren, sondern vor allem eine Verslumung der Wohnviertel und die «Unwirt-

3 4 5

lichkeit der Städte» deutlich in Erscheinung trat. Als Negativbeispiel dienten etwa immer wieder die erste Satellitenstadt der Deutschschweiz Bern West, Tscharnergut, Schwabgut, Fellergut und Gäbelbach von 1958 – 69, die aus Hochhäusern mit bis zu zwanzig Geschossen besteht. Der Grund lag nicht an den Hochhäusern selbst, sondern an der fehlenden Anbindung an die Stadt und der Infrastruktur. Die im grünen gelegenen Wohntürme verkamen damit zu Wohnsilos der sozial schwachen Bevölkerungsschichten. Die Hochhäuser im urbanen Kontext dagegen fanden, da sie eine gemischte Nutzung aufwiesen, grösseren Anklang. Im Unterschied zu anderen, vor allem deutschen Städten wie Frankfurt, erlahmte in den Schweizer Städten die Hochhausbautätigkeit in den Achtzigerjahren fast ganz. Der Grund mag einerseits in der wirtschaftlichen Prosperität liegen, welche Frankfurt einen Boom an Hochhäusern beschert hat. Warum Hochhäuser gerade heute wieder so en vogue sind, liegt indes an verschiedenen Faktoren.

Die aktuelle Hochhausdebatte in Basel, Zürich und Zug

Den Hintergrund der neuen Debatte bilden vor allem wirtschaftliche Aspekte, in den meisten Fällen konkrete Bauprojekte von Investoren, die eine grundsätzliche Auseinandersetzung mit der Standortfrage von Hochhäusern in einer Stadt auslösen. Interessant ist, dass die meisten der neu gebauten Hochhäuser nicht als Zeichen im Stadtbild funktionieren, sondern durch ihre gestaffelten Baukörper versuchen, sich in das Umfeld zu integrieren. Ob die Schweiz Hochhäuser überhaupt braucht und welchen Sinn diese vor allem städtebaulich haben könnten, wird indessen nicht diskutiert. So herrscht in Zug die Meinung vor, einzelne Hochhäuser als Zeichen zu errichten, in Basel und Zürich dagegen eher Gruppen von Hochhäusern, welche die neuen Entwicklungszentren markieren. Die Studien machen aber deswegen das Hochhaus an sich nicht unbedingt interessanter, sondern regeln im Ausschlussverfahren, wo diese überhaupt im Stadtbild entstehen dürfen – und wo nicht. Wie die Debatten in Zug zeigen, ist damit jedoch noch nicht das letzte Wort gesprochen, denn verhindert man nicht gerade mit Richtlinien die prozesshafte Entwicklung einer Stadt und begeht somit den gleichen Fehler wie in den Fünfzigerjahren? Erst jetzt scheint die Diskussion über Hochhäuser wirklich loszugehen.

Autorin: Lilian Pfaff ist Kunst- und Architekturkritikerin in Basel.

Anmerkungen

1 Ruedi Weidmann, «Hochhäuser in Zürich: Wo nicht statt Wozu?», in: *tec21*, Nr. 49 – 50, 2001, S. 28.

2 Hans Marti, «Es liegt etwas in der Luft», in: *Schweizerische Bauzeitung*, 27. Oktober 1951, S. 603 – 609.

3 Armin Meili: «Braucht Zürich Hochhäuser», in: Separatabdruck aus der *Neuen Zürcher Zeitung* vom 8., 9. und 11. Dezember 1950.

4 Karin Gimmi und Michael Burckhardt, in: *Meili, Mailand und das Hochhaus. Das Centro Svizzero di Milano, 1949 – 52*, Zürich 2002, S. 8.

5 Max Frisch, in: *Das Werk*, 1953, S. 325.

6 Petra Hagen, in: *Städtebau im Kreuzverhör. Max Frisch zum Städtebau der fünfziger Jahre*, Baden 1986, S. 49.

7 Thomas Schneider, «Die Grosstadt – des Schweizers Wunsch oder Albtraum?», in: *Medienheft*, Dossier, 25. 1. 2002.

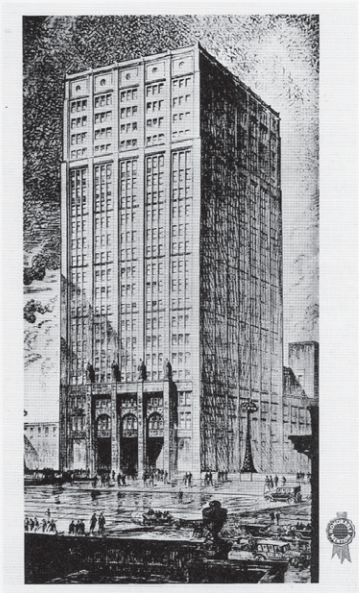
Karin Gimmi, *„Hochhäuser für Zürich, eine Chronik, 1950-2000 - Zürich und das Hochhaus“ Zürich 2003*

Zürich und das Hochhaus

Karin Gimmi

Die «Geburt» des Hochhauses liegt gute hundert Jahre zurück und fand in Amerika statt. Ein rasch boomender Verwaltungsapparat auf der Suche nach Büroraum, teurer Stadtboden, die ungeahnten Möglichkeiten des Eisenskeletts und die Erfindung des Fahrstuhls hatten dazu geführt, dass im Chicago der 1880er-Jahre die ersten zehn- bis fünfzehngeschossigen Bürohochhäuser entstanden.
Zur gleichen Zeit präsentierte sich auch Zürich mit der ersten schweizerischen Landesausstellung von 1883 offiziell als neue Wirtschaftsmetropole. Allerdings bestand hier kein Anlass, in die Höhe zu bauen. Der Turmbau blieb für Kirchen, das Landesmuseum und die Universität reserviert. Die wenigen höheren Profanbauten – Otto Rudolf Salvisbergs Kamin des Fernheizkraftwerks der ETH, der zehngeschossige Walcheturm oder das Quartierzentrum Wipkingen – stellten selbst in den 30er-Jahren die Ausnahme dar. Dennoch: Hiesige Architekten hatten sich schon früh für den Wolkenkratzer interessiert. So unternahm etwa der Semper-Schüler Alfred Friedrich Bluntschli 1901 eine Reise durch die Vereinigten Staaten, von der er ausführlich in der «Schweizerischen Bauzeitung» berichtete. Am berühmten Wettbewerb für das Hochhaus der Chicago Tribune im Jahr 1922 beteiligten sich sogar sechs eidgenössische Bewerber – unter ihnen der kurz zuvor zum Stadtbaumeister von Zürich gewählte Hermann Herter, dessen Projekt mit einer «honorable mention» ausgezeichnet wurde.
Das Hochhaus ist neuerdings Thema – nicht nur in Zürich, sondern in der Schweiz überhaupt. Dabei sind die meisten Argumente für oder gegen deren Bau beileibe nicht neu. Bereits in den 50er-Jahren waren intensive Hochhausdebatten in Gang gesetzt worden, denen heute kaum grundsätzlich neue Einsichten beizufügen sind. Mit zyklischer Regelmässigkeit wird in Zürich der Fall Hochhaus von Städteplanern und Architekten neu aufgerollt und den gesellschaftspolitischen und wirtschaftlichen Umständen entsprechend abgehandelt. Die erste Euphorie in den 50er- und 60er-Jahren und der anschliessende Bauboom der 70er mündeten 1984 in ein Hochhausverbot für die Zürcher Innenstadt.

Seit kurzem steht dem Bautypus jedoch wieder eine grössere Akzeptanz von Behörden und Bevölkerung gegenüber. So stellte die Stadt Zürich im November 2001 vor zahlreich erschienenem Publikum ihr aktuelles Hochhausleitbild vor.
Mit der frisch aufgeworfenen Frage nach Sinn und Unsinn von hohen Häusern in Zürich müssen auch die vermeintlich «schlechten» Hochhauseigenschaften – inhumanes Wohnen, kapitalistische Machtdemonstration – neu überdacht und unvoreingenommen beurteilt werden. Das ist erfreulich und macht einen Blick in die Zürcher Hochhausgeschichte lohnend. Denn wie die nachfolgend ausgewählten Beispiele der letzten fünfzig Jahre zeigen, besitzt die Stadt einen ansehnlichen Fundus qualitätvoller Hochhäuser. Hochhäuser zürcherischen Zuschnitts.



Hermann Herter, Hochhausentwurf für den Chicago-Tribune-Wettbewerb, 1922

Caspar Schärer & Tibor Joanelly, *„Cluster, Stoppelfeld, Rhizom. Hochhaus-Leitbilder in den Schweizer Städten Genf, Basel und Zürich“*, in: werk, bauen+wohnen 12-2021, Zürich 2021

Cluster, Stoppelfeld, Rhizom

Hochhaus-Leitbilder in den Schweizer Städten Genf, Basel und Zürich

Basel setzt auf Hochhaus-Cluster und profitiert dabei von den Industriearealen mitten in der Stadt. Die Möglichkeit, in die Höhe zu bauen, verschafft den grossen Playern Spielraum und lädt ein zur Standorttreue. Gelb: Projekte in Planung; Orange: im Bau. Bild: Geo-Portal Kanton Basel-Stadt

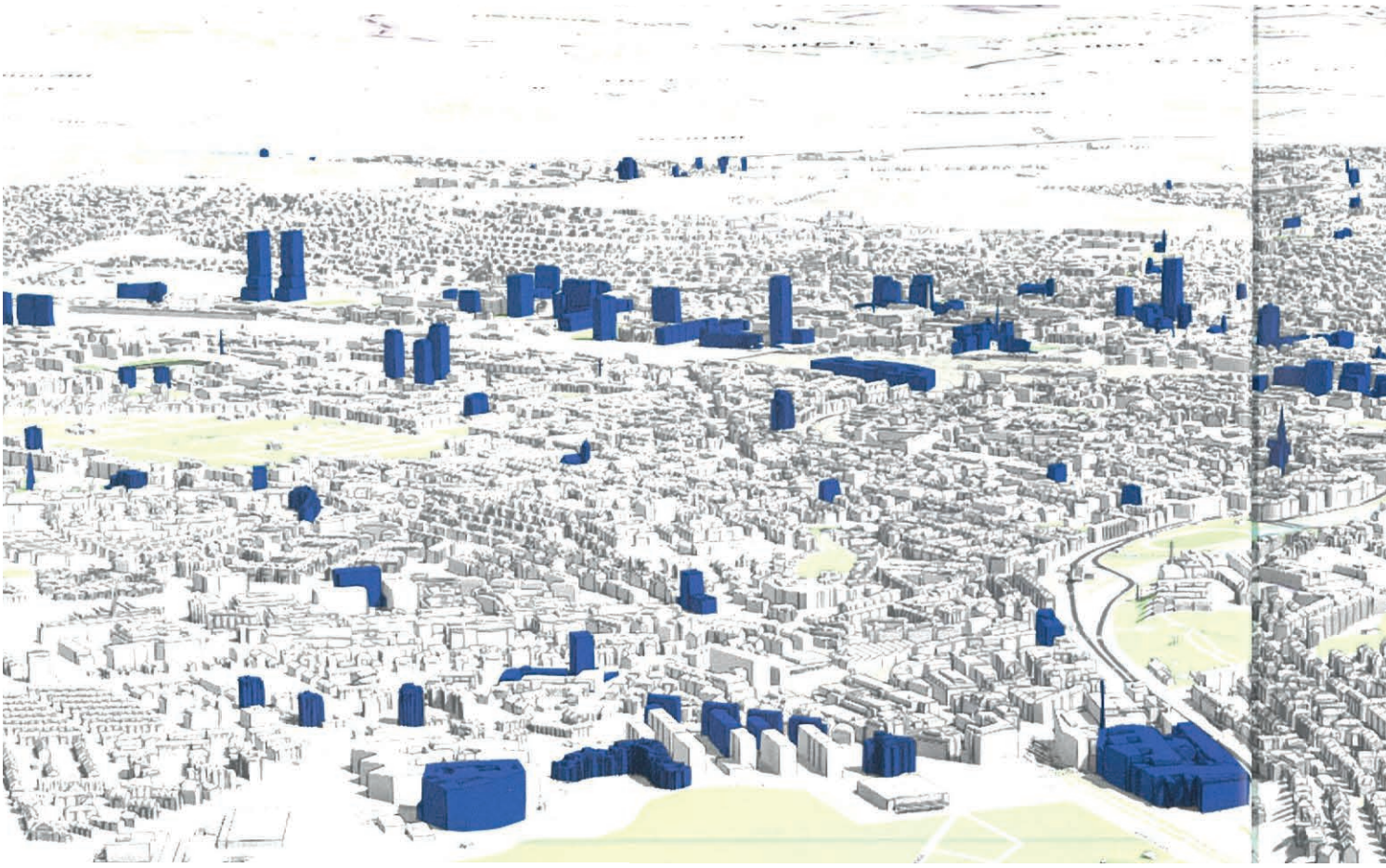
Warum sehen die Städte mit ihren Hochhäusern so aus, wie sie aussehen? Und warum erscheinen manche Stadtsilhouetten attraktiver als andere? Der Grund sind natürlich verschiedene Reglemente – und verschiedene Zeitskalen. Wir haben uns bei einer Stadtbaumeisterin und zwei Kantonsarchitekten umgehört.

Caspar Schärer, Tibor Joanelly

Laut einer Recherche des online-Magazins *Republik* hat seit der Subprime-Krise 2008 eine regelrechte «Finanzialisierung» des Zürcher Liegenschaftenmarkts stattgefunden, eine Entwicklung, die sich auch in anderen Schweizer Städten beobachten lässt. Gelder, die zuvor in Aktien angelegt waren, sind zunehmend in Immobilien investiert – 2016 bis 2017 haben gemäss *Republik* allein 26 grosse Immobiliengesellschaften im Raum Zürich 1 Milliarde Franken in den Kauf von Liegenschaften investiert.[1] Woher das Geld kommt, ist zu einem grossen Teil bekannt: Es sind hauptsächlich unsere Altersguthaben aus der zweiten und dritten Säule, die angelegt werden. Doch über dieses Volksvermögen hinaus drängt immer mehr auch internationales Geld in die städtischen Lufträume. In Zürich hat man, laut Katrin Gügler, Direktorin des Amts für Städtebau, «feststellen können, dass die Anfragen für Hochhäuser zugenommen haben».

Gemäss einem auf Investorenseite gerne bemühten Narrativ sei die notwendige Verdichtung nur mit mehr Ausnützung und – in der bereits dicht bebauten Stadt – mit höheren Häusern zu stemmen. Der Basler Kantonsbaumeister Beat Aeberhard bestätigt den enormen Investitionsdruck auch für seine Stadt, doch bei der Frage nach der Verdichtung relativiert er zugleich: «Begehrlichkeiten erscheinen schnell als Notwendigkeiten. Klar, Hochhäuser können ein Mittel zur Verdichtung sein unter anderen – aber nicht a priori.» Etwa, wenn bei einer bestimmten Ausnützung Freiräume oder eine verträgliche Baumasse nur realisiert werden können, wenn man in die Höhe baut – eine Logik, die auch Katrin Gügler bestätigt – oder, wenn bei einer bestehenden Bebauung anlässlich eines anstehenden Erneuerungszyklus die Ausnützung erhöht werden soll. Gerade hier können eines oder mehrere hohe Häuser bei einem nur teilweisen Ersatz von Bestandsbauten den Druck von den verbleibenden nehmen. Dass dabei die städtebauliche Qualität und soziale Diversität im Vordergrund stehen müssen – dass also für Bevölkerung und Umgebung ein Mehrwert entsteht –, versteht sich laut Aeberhard und Gügler von selbst.

Hochhäuser finden darum auch im Planungs- und Baurecht ihren Niederschlag. Zu unterscheiden ist hier zunächst zwischen der planerischen Nutzungsordnung und der Baubewilligungspraxis. In der Nutzungsordnung legt eine Gemeinde fest, wie die einzelnen Grundstücke überbaut werden dürfen, etwa in welcher Dichte und Höhe und wie gross der Wohnanteil mindestens sein muss. Auf die Erteilung einer Baubewilligung hat hingegen jede Grundeigentümerin einen Anspruch, solange sie die in der Nutzungsordnung und im Baureglement festgelegten Bestimmungen einhält. Regulierungen zu Hochhäusern sind



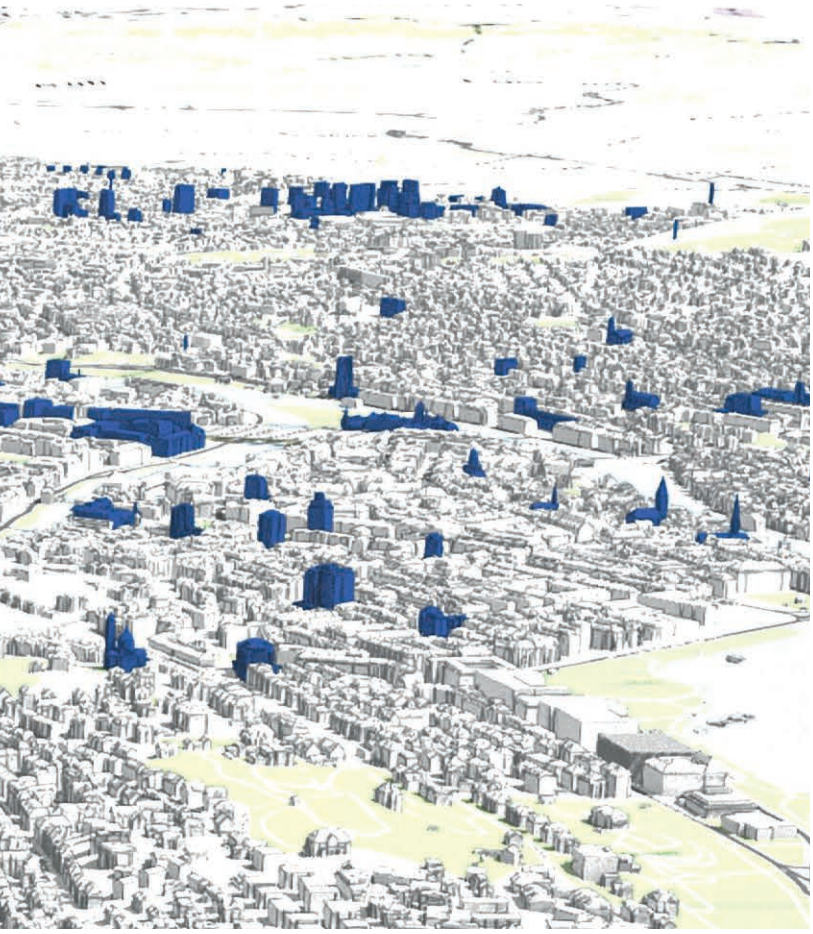
Hochhäuser können in der Stadt Zürich in den Hochhaus-Gebieten bis zu einer gewissen Höhe ohne Gestaltungsplan bewilligt werden; anderswo sind sie nur ausnahmsweise und gut begründet mit Gestaltungsplan möglich. Dargestellt sind gebaute und projektierte Hochhäuser. Bild: Stadt Zürich Open Data, Hochhaus-Viewer

meist eine Mischung aus beidem, aus Eintragungen in der Nutzungsplanung und einer spezifischen Praxis bei der Erteilung der Baubewilligung. Die Städte Basel, Genf und Zürich beschreiten in dieser Hinsicht jeweils eigene Wege. Genf setzt ganz auf die Einzelfallbetrachtung in der Bewilligungspraxis, Zürich auf grundeigentümerverbindliche Eignungsgebiete in der Nutzungsordnung, und Basel arbeitet mit einer Mischung aus nicht-verbindlichen Eignungsgebieten und der Beurteilung konkreter Projekte.

> **Begehrlichkeiten erscheinen schnell als Notwendigkeiten. Klar, Hochhäuser können ein Mittel zur Verdichtung sein unter anderen – aber nicht a priori.** Beat Aeberhard

Erhöhte Anforderungen gelten überall – bloss wie lassen sich diese verbindlich einfordern? Als Königsweg hat sich die Sondernutzungsplanung (je nach Kanton Bebauungs- oder Gestaltungspläne genannt) herauskristallisiert: An sie lassen sich allerlei qualitative – aber auch politisch motivierte – Ansprüche andocken. Bei Hochhäusern sind dies in der Regel zunächst ein Architekturwettbewerb oder Studienauftrag, dann das Verhältnis zur Nachbarschaft, weiter die Gestaltung des Erdgeschosses und der Umgebung, allenfalls Forderungen nach einer öffentlichen Nutzung des obersten Stockwerks sowie diese und jene Energiefrage bei Bau und Betrieb.

Das Zürcher Hochausreglement besteht aus einem grundeigentümerverbindlichen Ergänzungsplan als Teil der Bau- und Zonenordnung, und den Hochhausrichtlinien, welche die qualitativen Anforderungen an Hochhäuser beschreiben. Innerhalb der im Ergänzungsplan bezeichneten Eignungsgebiete müssen Hochhäuser nicht über einzelne Gestaltungs-



pläne bewilligt, sondern lediglich im Sinn der Qualitätssicherung dem Baukollegium vorgelegt werden – was im Fall der Eignungsgebiete parlamentarische Debatten über Einzelprojekte erspart.

Laut Katrin Gügler steuert das Hochhausleitbild die räumliche Entwicklung der Stadt. Ausserhalb der gewünschten Gebiete sind Hochhäuser nur ausnahmsweise und nur gut begründet mit parlamentarisch sanktioniertem Gestaltungsplan möglich. Es gibt allerdings auch Zonen, aus denen Hochhäuser explizit verbannt sind: Rund um den See, in und an der Altstadt, in den typischen Gründerzeitgebieten und entlang der Talflanken. Genf kennt vergleichbare Einschränkungen für das Seeufer und die Altstadt, Basel ebenso. Am Rhein gilt allerdings augenscheinlich keine grundsätzliche Beschränkung.

Eine Analyse im Vorfeld der gerade laufenden Revision der Zürcher Richtlinien habe zutage gebracht, so Gügler weiter, dass trotzdem einige der realisierten Hochhäuser (ca. 10 Prozent) auch ausserhalb der Eignungsgebiete entstanden seien. Bei der Revision werde sich am Prinzip der Eignungsgebiete nichts ändern, verrät Gügler; das Dispositiv der Hochhaus-

Das Zürcher Hochhausleitbild steuert die räumliche Entwicklung der Stadt. Ausserhalb der gewünschten Gebiete sind Hochhäuser nur ausnahmsweise und nur gut begründet mit Gestaltungsplan möglich. Katrin Gügler

gebiete habe sich nämlich grundsätzlich bewährt. Die qualitativen Anforderungen in den Richtlinien und die räumliche Verortung innerhalb der Hochhausgebiete – beispielsweise in Bezug auf die Stadtsilhouette, Hochhausgruppen, Strassenachsen und -kreuzungen – würden hingegen präzisiert und besser auf übergeordnete Planwerke wie etwa den kommunalen Richtplan abgestimmt.

Zudem sollen die Qualitätskriterien auch bei den Entscheidungsprozessen des Baukollegiums für Kontinuität sorgen (dessen personelle Zusammensetzung alle vier Jahre wechselt). Neben der räumlichen und qualitativen Präzisierung soll künftig auch der Prozess geschärft werden mit einer Unterscheidung zwischen kleineren und höheren Hochhäusern. Angedacht ist, dass Anforderungen und Bewilligungsprozesse anspruchsvoller und umfangreicher werden, je höher ein Hochhaus ist. Im Stadtbild von Zürich zeichnet sich die konjunkturgetriebene Bautätigkeit bei grosser Standort-Freiheit innerhalb der Eignungsgebiete ab: Die heterogene Stadtlandschaft mit den weit verstreuten Hochpunkten haben kritische Stimmen auch schon als «Stoppelfeld» bezeichnet.

In Basel ist die formale Logik etwas einfacher, die im Stadtplan angelegte Signatur von Arealen wird bereits explizit im Hochhausleitbild von 2010 vorweggenommen: Ein Blick auf das Stadtmodell macht klar, dass die Stadtsilhouette ganz wesentlich von Clustern bestimmt sein wird. Die Areale von Roche, Novartis, Kantonsspital, Messe und bald auch Rosental Mitte (als zukünftiger Forschungs- und Firmenstandort) erscheinen deutlich von der Regelbebauung abgesetzt. Das ist eigentlich ein städtebaulicher Glücksfall, denn Hochhäuser sind in der Gruppe deutlich besser verträglich als allein. Laut Beat Aeberhard tut es nur gut, wenn die einzelnen

Genf setzt auf Vorbildwirkung und Anbindung an den öffentlichen Verkehr. Vorne (grau) die *Tour Opale* von Lacaton & Vassal; sie steht direkt über dem Bahnhof von Chêne-Bourg und grüsst zum Entwicklungsgebiet Praille Acacias Vernets (PAV). Violett: Projektiert oder im Bau. Bild: SITG (sitg.maps.arcgis.com)

Architekturen absorbiert werden und in einem guten Ganzen aufgehen. Das Leitbild in Basel sei zwar «knochentrocken und etwas hüftsteif», sagt Aeberhard, doch es habe sich bewährt und sei gerade darum für die Argumentation gegenüber Investoren sehr nützlich. Basel kennt wie Zürich Eignungsgebiete, die im Hochhauskonzept morphologisch, städtebaulich und von der Erschliessung her begründet sind.

De facto sind die Eignungsgebiete erst einmal Farben auf einem Stück Papier, haben keine Verbindlichkeit. Jedes Projekt, das von der Regelbauweise in der Zonenordnung abweicht, muss vielmehr durch den «Flaschenhals» des Bebauungsplans. Ohne Bebauungsplan geht gar nichts. An ihn werden qualitative Anforderungen geknüpft, die einerseits generell im Hochhauskonzept aufgelistet sind, andererseits zusätzlich auch aus der spezifischen Situation heraus abgeleitet werden. Es geht also konkret um «Gegenleistungen» für das Gewähren einer höheren Nutzung. Bebauungspläne werden in Basel dem Grossen Rat zum referendumsfähigen Beschluss vorgelegt.

Wenn wie im Fall der Roche-Türme kein Einspruch aus der Bevölkerung erfolgt – wir wiederholen: keine Einsprache! –, dann steht einer Realisierung nichts im Weg. Die politischen Hürden sind damit hoch, und ausserhalb der Eignungsgebiete werden Hochhäuser eher restriktiv behandelt. Es gilt

Es ist ein offenes Geheimnis, dass das Hochhausleitbild in Basel vor allem den Interessen der grossen Player dient. Doch für die Lesbarkeit der Stadt bringen deren durch den Hochhausbau gestärkte Standorttreue und damit der seit mehr als zehn Jahren begangene Weg grosse Vorteile.

eben die Einzelfallbetrachtung, und Ausnahmen sind wie eingangs erwähnt, möglich. Die Eignungsgebiete selbst fokussieren wesentlich auf die Areale der grossen Player, und es ist ein offenes Geheimnis, dass das Hochhausleitbild in Basel vor allem deren Interessen dient. Doch für die Lesbarkeit der Stadt bringen ihre durch den Hochhausbau gestärkte Standorttreue und damit der seit mehr als zehn Jahren begangene Weg grosse Vorteile.

Genf wiederum kennt keine Eignungsgebiete. Die Direction d'urbanisme habe solche verworfen, so Kantonsarchitekt Francesco Della Casa. Ihn interessiert das städtebauliche Signal eines Hochhauses: «Gerade die neuen Bahnhöfe der CEVA eignen sich ideal für neue Hochpunkte, um diese für Genf so wichtige Infrastruktur im Stadtgewebe zu markieren».[2] Genf entwickelt nun ein Regelwerk, einen Werkzeugkasten, in dem die verschiedenen qualitativen Ansprüche an ein Hochhausprojekt formuliert werden. Leuchtturmprojekte wie etwa die *Tour Opale* von Lacaton Vassal in Chêne-Bourg zeigen potenziellen Investorinnen auf, welche Qualitäten sich die Bewilligungsbehörden bei Hochhäusern wünschen. Konkret gewährleistet wird Qualität in Genf durch die einflussreichen Kommissionen für Bau (Commission d'architecture), Denkmalpflege (Commission des monuments, de la nature et des sites) und Städtebau (Commission d'urbanisme). Auch wenn die Stadtbildkommissionen in allen drei Städten eine wichtige Funktion erfüllen, so ist deren Arbeit in Genf privilegiert. Denn im Gegensatz zu Basel und Zürich sind sie keine ausschliesslichen Fachgremien, sondern politische Instrumente, die kraft ihrer Zusammensetzung mit Mitgliedern aus verschiedenen Interessengruppen breit abgestützt sind. Ihre Entscheide sind gesetzgeberisch zwar nicht sanktioniert; doch weil sie laut Della Casa als «Gegengewichte zur Verwaltung die Gesellschaft *ad personam* demokratisch repräsentieren», würden ihre Entscheide sogar vor Gericht akzeptiert. Das verschafft Gewicht und, noch wichtiger: die Möglichkeit, Neues auszuprobieren. «Es braucht immer jemanden, der mit gutem Beispiel vorangeht, mit Engagement, um die Regeln infrage zu stellen.»

> **Mich interessiert das städtebauliche Signal des Hochhauses. Gerade die neuen Bahnhöfe der CEVA eignen sich ideal für neue Hochpunkte, um diese für Genf so wichtige Infrastruktur im Stadtgewebe zu markieren.**
>
> Francesco Della Casa

Hochhäuser bringen in Form von Reglementen und Leitbildern den virtuellen Charakter einer Stadt zum Ausdruck, gewissermassen ihr Bild von sich selbst. Wenn es in Zürich vielleicht die «unsichtbare Hand des Marktes» ist, die in gewisser Weise mit den verpixelten Skylines von Flächenstädten wie São Paulo oder Tokio mithalten will, so wäre es in Genf die Hypothese einer von der Infrastruktur geprägten Stadt – einer Infrastruktur notabene, die mit dem Jahrhundertbauwerk der neuen S-Bahn CEVA mit gutem Recht auch als politischer Katalysator gesehen werden kann. In Basel wiederum sind es die einzelnen Areale der grossen Unternehmen, die Hochhausleitbild und Stadtgestalt prägen.

Gerade in Basel wird mit den stetig in die Höhe wachsenden Roche-Türmen deutlich, welche Kräfte die Stadt wirklich formen – und hier sind es nicht im eigentlichen Sinn die Ströme der Finanzindustrie, sondern die Ambitionen der Pharmakonzerne. Bieten die Leuchttürme des Roche-Campus nun ein Bild der Hybris oder dasjenige einer hellen Zukunft? Ähnlich vielleicht wie in Genf dereinst neue Türme die rhizomische und netzwerkartige Infrastruktur der Stadt sichtbar machen sollen, symbolisieren die Basler Cluster mit ihren Türmen hochenergetische Knoten einer den Globus umspannenden Maschine, die gleichermassen für Zustimmung wie Ablehnung sorgt – tatsächlich ähnlich wie einst die Kirchtürme.

Und in Zürich? Es wird sich weisen, ob mit den kommenden Hochhaus-Richtlinien sich das «Stoppelfeld» zu einer Gestalt wird lenken lassen. Vielleicht braucht es auch einen weiteren Zeithorizont, um die sich hier anbahnende offene Gestalt verstehen zu können. «Offen» ist durchaus positiv gemeint. Selbst wenn der Bewilligungsprozess für Hochhäuser anders ist als in anderen Schweizer Städten, so wird auch in Zürich deutlich, dass gerade jetzt, unmittelbar die Stadtgestalt entsteht – zwischen Investitionsbegehren und Lenkung durch Politik und Verwaltung. 2022 werden die Grundlagen für diesen Prozess erneut im städtischen Parlament verhandelt. Das ist gut so. Denn die potenzielle Stadtsilhouette ist ein Gemeingut und gehört demokratisch legitimiert. —

Caspar Schärer (1973) ist Architekt, Publizist und Raumplaner. Seit 2017 ist er Generalsekretär des Bunds Schweizer Architektinnen und Architekten BSA.

Beat Aeberhard (1969) ist Architekt ETH und seit 2015 Kantonsbaumeister von Basel Stadt sowie Leiter der Abteilung Städtebau und Architektur.

Francesco Della Casa (1961) ist Architekt ETH, Kunsthistoriker und seit 2011 Genfer Kantonsarchitekt. Davor war er selbständiger Architekt und leitete die Redaktion von *Tracés*.

Katrin Gügler (1965) ist Architektin und seit 2017 Direktorin des Zürcher Amts für Städtebau. Sie hat an der ETH Zürich studiert, führte ein Büro mit Regula Stahl in Zürich und Basel und war von 2007–16 Mitglied der Geschäftsleitung im Amt für Städtebau Winterthur.

Résumé

Cluster, champ de tours, rhizome

Des règlements pour les tours dans les villes Genève, Bâle et Zurich

Les tours passent pour être des instruments de densification. C'est faux, mais pas tout-à-fait. Une enquête auprès d'une urbaniste municipale (Katrin Gügler, Zurich) et de deux architectes cantonaux (Beat Aeberhard, Bâle, et Francesco Della Casa, Genève) montre que les bâtiments élevés se prêtent surtout à garantir des espaces libres lors d'une haute densité. On a développé différents instruments pour satisfaire aux exigences de qualités urbanistiques et architecturales des tours. Il s'agit souvent d'un mélange de dispositions dans les plans d'affectation et d'une pratique spécifique lors de l'attribution d'autorisations de construire. C'est là justement que l'instrument du plan d'aménagement ou des constructions joue un rôle central (obligatoire à Bâle pour les tours, à Zurich seulement hors des zones qui s'y prêtent) qui est toujours lié à une décision parlementaire et donne ainsi une légitimité démocratique aux projets. A Genève, ce sont les très influentes commissions consultatives qui assurent une telle légitimité.

Summary

Cluster, Stubble Field, Rhizome

High-rise guidelines in Swiss cities Geneva, Basel and Zurich

High-rise buildings are regarded as instruments for increasing density. This is wrong, although not entirely. An enquiry made to chief architects and planners (Katrin Gügler from Zürich, Beat Aeberhard from Basel, and Francesco Della Casa from Geneva) shows that tall buildings are suitable above all for ensuring open spaces in high-density areas. So that high-rises meet the demands of urban design and architectural quality, there are several instruments that can be used. These generally consist of a mix of entries in the land use plans and specific practice in granting planning permission. Precisely here the instrument of the development plan is of central importance (in Basel compulsory for all high-rise projects, in Zurich only outside the areas deemed suitable for high-rise buildings), which is always coupled with a parliamentary decision and in this way gives projects a democratic legitimacy. In Geneva, this kind of legitimation is ensured by the influential advisory commissions.

Sabine von Fischer, *„Es gibt weiterhin Gründe, Hochhäuser zu bauen: Im Ensemble prägen sie den Stadtraum“*, in: NZZ online, Zürich 2021

Es gibt weiterhin Gründe, Hochhäuser zu bauen: Im Ensemble prägen sie den Stadtraum

Stadtbildschützer und Umweltschützer bekämpfen Hochhausprojekte in Zürich, Basel und München. Die wichtigste Frage betrifft aber nicht die Höhe, sondern den Zwischenraum.

Sabine von Fischer
11.11.2021, 05.30 Uhr

Über den Dächern von Zürich: die Hardau-Hochhäuser im Winter 2019. Annick Ramp / NZZ

Auf Bergspitzen, im Flugzeug und in der Sky-Bar der höchsten Häuser: Von oben sieht die Welt ganz anders aus. In der Höhe stellen sich Gefühle ein, die weiter unten nur schwierig herbeizurufen sind: Übersicht. Entfernung. Freiheit. Diese Gefühle kann man nicht nur in den Alpen erleben, sondern auch auf dem 110. Geschoss eines Hochhauses. Die Frage ist nur: Wie wichtig ist das, und nützt es der Stadt?

Der Begeisterung über hohe Wohn-, Büro- oder Hotelbauten steht vehemente Kritik gegenüber. Bei allein stehenden Hochhäusern wird beanstandet, sie seien phallische Symbole der Macht, die in ihrer schnöden Hässlichkeit die Kirchtürme überragten. Die Argumente der Hochhausgegner werden spätestens dann politisch tragfähig, wenn sich Stadtbildschützer mit Umweltschützern verbünden.

Sorge um die Skyline

So wurde jüngst in München eine Petition gegen die geplanten Zwillingstürme neben der denkmalgeschützten Paketposthalle lanciert. Das Projekt der Basler Architekten Herzog & de Meuron wird seit längerem heftig bekämpft, vor allem mit dem Argument, dass es die Stadtsilhouette störe. Diesseits der Landesgrenzen wiederum dominieren zurzeit die Zweifel an der Wohntauglichkeit der oberen und obersten Geschosse: In Basel wird gegen die Verdichtung einer Siedlung mit einem Hochhaus am Horburgplatz protestiert, in Zürich gegen Wohntürme mit Familienwohnungen auf dem Koch-Areal oder solche mit Seniorenwohnungen beim Letzipark.

Der einstige Stadtbaumeister Albert Heinrich Steiner warb in Zürich vor über einem halben Jahrhundert als einer der Ersten für das Wohnen im Hochhaus, so für die von ihm selbst entworfenen und bis heute beliebten Y-Hochhäuser im Heiligfeld. Auch in Planungen für andere Gebiete ordnete er die Hochhäuser in Gruppen an, mit besonderem Augenmerk auf die Zwischenräume.

Ob auch die Basler Roche-Türme seine Gunst gewonnen hätten? Der erste übertrumpfte mit 178 Metern den vorherigen Schweizer Rekord des Prime Tower in Zürich, der zweite wurde noch höher, die Spitze des dritten soll sogar 221 Meter über der Strasse erst enden.

Das Argument, dass nur Kirchtürme über die Dächer der Stadt hinausragen dürfen, kursiert, seit Häuser über die allgemein festgelegte Traufhöhe ragen (in Zürich sind dies 25 Meter). Und führt dann direkt zum Kurzschluss, dass das Hochhaus eine Art moderner Kirchturm sei, der dessen Höhe und auch Symbolik konkurrenziere.

Dieser Vergleich greift aber zu kurz, weil er die Gebäude aus ihrem Zusammenhang reisst und ihren Ort in der Stadt nicht mitdenkt: Über die Kirchtürme schrieb der Sozialhistoriker Alain Corbin, dass die Reichweite ihres Läutens das Territorium markiere. Die Sichtbarkeit der Türme ist das eine, die Hörbarkeit der Glocken das andere, das Corbin ausführlich untersuchte und daran die Geschichten von Dörfern und Landschaften nachzeichnete («Die Sprache der Glocken», 1995).

In der Funktion, mit Glockengeläut Nachrichten zu übermitteln und das

Gebiet zu markieren, war der Kirchturm immer ein Einzelbau. Hochhäuser aber entstanden vornehmlich gruppiert, an bestimmten Orten, an denen eine bauliche Konzentration wünschenswert scheint.

Etwas hat der einzelne Kirchturm mit den gruppierten Hochhäusern allerdings gemeinsam: Im Alltag spielen die oberen Geschosse der hohen Häuser nicht die Hauptrolle, ungeachtet dessen, wie weit sie nach oben gegen den Himmel streben. Vielmehr entscheidet die auf Augenhöhe erlebte Situation, ob wir ein Gebäude als einladend empfinden. So ist es beim bald hundertjährigen Empire State Building in Manhattan und ebenso beim gut zehnjährigen Höhenrekordhalter Burj Khalifa in Dubai: Markante Tore und repräsentative Eingangshallen weisen den Weg ins Innere.

Kaum jemand weiss, wie hoch das legendäre Economist Building von Alison und Peter Smithson aus den 1960er Jahren in London ist, denn es spielt keine Rolle: Berühmt sind die Zwischenräume, die das Ensemble formt. Und in einem Park in Chicago steht noch der Torbogen der vor einem halben Jahrhundert zerstörten Chicago Stock Exchange, mit der die Firma Adler & Sullivan ihren Ruf als Pioniere der Hochhausarchitektur zementiert hat.

Veränderte Perspektiven

Die Geschichte der Wohn- und Bürotürme begann mit der Ambition, mehr Geschosse auf den immer teureren Grundstücken der Innenstädte zu bauen. Stahl, Stahlbeton und elektrische Aufzüge boten technische Lösungen, um vermehrt in der Vertikalen zu bauen. Unterdessen leisten sogar Holzverbindungen in der passenden Konstruktion eine ausreichende Tragkraft und Brandfestigkeit: In der Stadt Zug beispielsweise soll bis 2024 das Holzhochhaus Pi des jungen Zürcher Büros Duplex Architekten entstehen, dessen Atmosphäre aussen wie innen von Holz geprägt ist.

Vor allem aber eröffnen Hochhäuser die Möglichkeit für attraktive Aussenräume trotz grossen Bauvolumen. Auch in Manhattan sind die Strassen und Parks die wahren Sensationen, die hohen Häuser folgen erst an zweiter Stelle.

Die Lochergut-Hochhäuser, links, und die Hardau-Hochhäuser in Zürich prägten 2009, vor dem Bau des Prime Tower, die Zürcher Stadtsilhouette.

Patrick B. Kraemer / Keystone

Als 2001 das World Trade Center in New York nach Flugzeuganschlägen einstürzte, gab es Stimmen, die behaupteten, das Zeitalter der Wolkenkratzer sei zu Ende. In ähnlicher Weise glaubte in den 1970er Jahren der Architekturkritiker Charles Jencks, die Sprengung der Mustersiedlung Pruitt-Igoe in St. Louis bedeute das Ende der modernen Grosswohnbauten.

Diese zwei Gebäudekomplexe, das frühere New Yorker World Trade Center und die Siedlung Pruitt-Igoe, wurden vom gleichen Architekten, dem Amerikaner Minoru Yamasaki, entworfen. Die Deutungen ihrer jeweiligen Zerstörung schlugen aber fehl: Weder die Sprengung in St. Louis noch der Einsturz in New York City markierte das Ende einer Ära oder eines Stils. Bis heute werden Hochhäuser und Sozialwohnungssiedlungen geplant und gebaut. Was sich geändert hat, ist die Art, wie wir über sie sprechen.

Erwin Küenzi / Baugeschichtliches Archiv, E-Pics ETH Zürich

Die Hardau-Türme II in Zürich in den Jahren 1978 und 2018. Nathalie Taiana / NZZ

Symbole wofür?

Zu den Aufrufen, dass Turmhäuser den Horizont verschandelten und es das historische Stadtbild zu bewahren gelte, kommen in jüngerer Zeit vermehrt Berechnungen von Umweltkosten. Der Bau von neuen Hochhäusern hinterlässt einen markanten ökologischen Fussabdruck, den auch die langlebigste Konstruktion kaum amortisieren kann. Da ist also ein grosser städtebaulicher, sozialer und ökonomischer Mehrwert gefragt, wenn man unter den heutigen Bedingungen noch Hochhäuser bauen möchte.

Das Hochhaus ist nicht die effizienteste Bauform für die Verdichtung (auch wenn die irrtümlicherweise immer wieder gesagt wird). Und man mag kritisieren, dass Investoren, Architekten und Ingenieure nur ökonomischen Argumentationen folgen und die Symbolik ausser acht lassen.

Die Diskussion um Wahrzeichen – Stadtwahrzeichen, Stadtteilwahrzeichen und wohl bald auch noch Strassenabschnittswahrzeichen – wird unter falschen Vorzeichen geführt, beispielsweise eben mit dem Vergleich von Hochhäusern und Kirchtürmen. Vor allem wünscht man sich mehr Bodenhaftung: Was geschieht dort, wo die meisten Menschen das Hochhaus auch erleben, nämlich auf Augenhöhe?

Weniger über einsame Türme, dafür mehr über das Ensemble sollten wir sprechen. Die höchsten unter den Türmen mögen von weit her sichtbar sein – für den Stadtraum werden sie aber erst wirksam, wenn sie in einem Zusammenhang stehen.

Adi Kälin, *„Interview mit Katrin Gügler“* in: NZZ online, Zürich 2021

«Das Bild des problematischen Hochhausblocks wird vor allem von aussen bewirtschaftet», sagt die Direktorin des Amtes für Städtebau

Zum dritten Mal innert kürzester Zeit wird in der Stadt Zürich über den Bau eines Wohnturms abgestimmt. Katrin Gügler, die Direktorin des Amtes für Städtebau, erklärt, warum Hochhäuser wieder derart im Trend sind.

Adi Kälin

20.02.2021, 05.05 Uhr

Die kurze Geschichte der Zürcher Wohnhochhäuser ist geprägt von einem steten Auf und Ab. Einmal hatten die engagierten Befürworter Oberwasser, dann wieder die Gegner, die in den siebziger Jahren sogar ein Hochhausverbot für die Innenstadt durchsetzen konnten. Besonders umstritten waren die Wohnhochhäuser – seit der Stadtbaumeister Albert Heinrich Steiner in den fünfziger Jahren die ersten auf dem Areal zwischen Badenerstrasse und Letzigraben erstellt hatte.

Comet / ETH-Bildarchiv

Das Lochergut ist eine der klassischen Hochhaussiedlungen, die der Stadt Zürich gehören. Einer der ersten Bewohner war Max Frisch.

Zunächst boomte der Hochhausbau; bis Ende der siebziger Jahre entstanden rund 150 Hochhäuser auf Stadtgebiet, danach brach die

«Hochhaussucht», wie nun selbst Albert Heinrich Steiner die Entwicklung nannte, abrupt ab – um in den letzten gut zwanzig Jahren ein eigentliches Revival zu erleben. In rascher Folge entstanden in Zürich-West und im Norden der Stadt zahlreiche Büro- und Wohnhochhäuser.
Auch die Stadt setzt bei ihren eigenen Siedlungen vermehrt auf Wohntürme. Im Februar letzten Jahres wurde über die Siedlung Tramdepot Hard mit zwei Hochhäusern abgestimmt, im November über die Planung für das Areal Thurgauerstrasse mit fünf Hochhäusern. Am 7. März steht nun die Abstimmung über die nächste kommunale Wohnsiedlung an: Direkt gegenüber dem Letzipark bauen Liegenschaften Stadt Zürich und zwei städtische Stiftungen 265 Wohnungen; die 131 der Stiftung Alterswohnungen entstehen in einem 24-stöckigen Hochhaus. Katrin Gügler, die Direktorin des Amts für Städtebau, erklärt im Gespräch, warum in letzter Zeit fast immer Hochhäuser bei städtischen Siedlungen eingeplant werden.

Die geplante Siedlung über dem Tramdepot Hard beim Escher-Wyss-Platz sieht den Bau von zwei Wohnhochhäusern vor.

Visualisierung PD

Frau Gügler, warum setzt die Stadt Zürich bei ihren Siedlungen wieder so stark auf das Wohnhochhaus?

Ich habe sogar schon den Vorwurf gehört, die Stadt Zürich forciere geradezu den Hochhausbau. Wir haben es aber überhaupt nicht darauf angelegt, möglichst viele Wohnhochhäuser zu bauen. Es ist einfach ein Bautypus, der bei der Siedlungsentwicklung nach innen, der Verdichtung, aus verschiedenen Gründen oftmals zum Tragen kommt. Die geltende Bau- und Zonenordnung (BZO) erlaubt eine

grosse Ausnützung, die wir aus raumplanerischen Gründen auch umsetzen wollen, um eben im Siedlungsraum zu verdichten und nicht noch mehr Landschaft «anzuknabbern». Das Anordnen grosser Baumassen auf flächenmässig beschränkten Arealen führt einfach oft zu Hochhauslösungen. Aus städtebaulichen Überlegungen sind diese vielfach gut geeignet, genügend Freifläche zu schaffen, grosszügige Wegverbindungen zu ermöglichen oder das Areal gut in der Umgebung zu verankern. Ich bin überdies klar der Ansicht, dass wir die ganze Bandbreite möglicher Bautypen brauchen, um eine gute Stadt bauen zu können.

Aus rechtlicher Sicht ist das Hochhaus aber gar kein Instrument zur Verdichtung.

Tatsächlich steht im kantonalen Planungs- und Baugesetz, dass Hochhäuser nicht mehr Ausnützung generieren können. Wenn man dennoch mehr Ausnützung will, braucht es Sonderplanungsinstrumente, etwa einen Gestaltungsplan. Beispiele dafür sind die Wohntürme, die zusammen mit dem neuen Stadion entstehen, oder die Planung für das Areal Thurgauerstrasse. Bei diesen Instrumenten treten aber auch andere Mitwirkungs- und Entscheidungsprozesse in Kraft – bis hin zur Volksabstimmung. Die Legitimation solcher Projekte ist also deutlich höher.

Wenn Firmen ihren Sitz ins Hochhaus verlegen, wollen sie auch Überlegenheit demonstrieren. Geht es bei städtischen Hochhäusern ebenfalls um ein Signal in dieser Art?

Nein, die Situation bei der Stadt ist anders. Im Fall des Airgate oder des VZ Werd nutzt die Stadt zwar die Gelegenheit, durch Kauf und Umnutzung bestehender Bürohochhäuser zwei neue Verwaltungszentren zu realisieren. In der Regel aber baut sie Wohnhochhäuser. Zahlreiche sind in den sechziger und siebziger Jahren erstellt worden, um rasch zu vielen günstigen Wohnungen zu kommen. Um Prestige ging es dabei nicht. So ähnlich sehe ich die Situation heute auch wieder: Wir haben einen Bedarf an zusätzlichen günstigen Wohnungen, und gleichzeitig ist der Platz dafür sehr beschränkt. Da bietet sich das Wohnhochhaus in manchen Fällen als beste Lösung an. Da haben wir wohl, zusammen etwa mit der Allgemeinen Baugenossenschaft (ABZ), auch eine Pionierfunktion: Wir wollen den Typus Hochhaus auch wieder für preisgünstiges Wohnen erschliessen. Da geschieht im Moment sehr viel Spannendes.

Sie schildern den Bau von Hochhäusern jetzt sehr nüchtern. Aber es gab und gibt doch auch die Faszination, die von diesem Bautyp ausgeht, oder nicht?

Aber ja doch, auf jeden Fall, ich bin ja Architektin! Das hat immer schon fasziniert – seit dem Turmbau zu Babel, wenn Sie so wollen. Und die Möglichkeiten beim Bau von Hochhäusern sind noch lange nicht ausgereizt, auch das finde ich faszinierend. Beim Hochhaus stapeln wir ja Häuser, die wir sonst aneinanderreihen. Beim Aneinanderreihen wissen wir heute sehr genau, was es braucht, um ein gutes, vernetztes Wohnen zu ermöglichen: Es braucht attraktive Eingänge, einen guten Freiraum, die Anbindung ans übrige Quartier, Treppenhäuser, in denen man einander begegnet, und, und, und. Beim Wohnhochhaus muss man es im Prinzip gleich machen. Ein Eingang mit Briefkästen und ein Lift genügen eben längst nicht mehr. Da müssen wir weiterdenken, innovativ sein. Die Idee der ABZ, für ihr Hochhaus auf dem Koch-Areal jeweils drei Stockwerke zu einer Gemeinschaft zu verbinden, finde ich ganz spannend. Es braucht weitere solche Bestrebungen, um das Hochhaus wirklich nachhaltig als positiven Bautypus zu verankern.

Simon Tanner / NZZ

Katrin Güğler, die Direktorin des Amtes für Städtebau, inmitten des hölzernen Stadtmodells im Amtshaus IV.

Aber es besteht doch immer die Gefahr der Anonymisierung, der Vereinsamung in Wohnhochhäusern. Sehen Sie das anders?

Das Bild des problematischen Hochhausblocks entspricht kaum je der Lebensrealität der Leute, die darin wohnen. Das Problem wird vor allem von aussen bewirtschaftet. Die Bewohnerinnen und Bewohner sprechen von guten Nachbarschaften und guter Vernetzung, unter ihnen durchaus Eltern mit Kindern. Und dann haben wir von der Attraktivität, im dreissigsten Stockwerk mit der umwerfenden Aussicht zu wohnen, noch gar nicht gesprochen. Ich würde selber gern einmal in einem Hochhaus leben.

Das haben Sie noch nie?

Nein, ich nicht, aber mein Mann ist in einem Hochhaus aufgewachsen, und ich weiss, wie gut es der Familie gefiel. Die Kinder liebten es und nutzten das Hochhaus ein Stück weit auch als Abenteuerspielplatz. Ich habe auch Freunde, die im Hochhaus wohnen und sehr zufrieden sind. Damit will ich die Probleme, die es durchaus geben kann, nicht kleinreden – Stichwort Verwahrlosung oder Anonymisierung. Oft fängt es bereits im Kleinen an, solchen Risiken entgegenzuwirken. Die Hausverwaltung kann beispielsweise die Eingangsbereiche sorgfältig bewirtschaften oder eine App zur Vernetzung der Bewohnerinnen und Bewohner anbieten. Sehr wichtig ist sicher eine gute soziale Durchmischung innerhalb des Hauses.

Visualisierung PD

Die Siedlung Letzi, über die am 7. März abgestimmt wird, besteht aus drei Teilen. Einer davon ist ein Hochhaus der städtischen Stiftung für Alterswohnungen.

Bei der Siedlung Letzi wohnen allerdings nur ältere Leute im Hochhaus, das von der Stiftung für Alterswohnungen genutzt wird.

Ja, aber die ganze Siedlung wird sehr gut durchmischt sein, weil auch die Stiftung Wohnungen für kinderreiche Familien und Liegenschaften Stadt Zürich Wohnungen auf dem Areal erstellen. Zur guten Durchmischung werden zudem die Gewerberäume, die Büros, der Kindergarten, die Kindertagesstätte und die Ateliers beitragen.

Der Bau von Hochhäusern ist vergleichsweise teuer. Wie verträgt sich das mit dem Bau günstiger Wohnungen?

Das stimmt natürlich, man redet von zehn bis zwanzig Prozent höheren Kosten. Dies mit dem Bau günstiger Wohnungen in Einklang zu bringen, gerade wenn man die Anforderungen der kantonalen Wohnbauförderung einhalten muss, ist tatsächlich kein Spaziergang. Es gibt erhöhte Anforderungen bezüglich Brandschutz, Statik oder Gebäudetechnik. Auf der anderen Seite ermöglicht es das Hochhaus, ein Baugrundstück voll auszunützen – was die Rechnung vielleicht wieder anders erscheinen lässt. Wir müssen aber auch über Standards reden, über Flächen pro Wohnung und Flächenverbrauch. Zudem braucht es im Bereich des günstigeren Bauens innovative Ansätze.

Die Beliebtheit von Hochhäusern unterliegt grossen Schwankungen. Vor einigen Jahrzehnten wollte niemand darin wohnen, heute reissen sich die Leute um Hochhauswohnungen. Was aber ist, wenn der Trend wieder in die umgekehrte Richtung geht?

Diesem Auf und Ab unterliegen doch alle Bautypen in der Stadt. Auch Blockrandsiedlungen sah man einst als Lösung aller Probleme; später wurden sie als dunkle, unattraktive Mietskasernen verurteilt. Ich kann mir schon vorstellen, dass die kritische Haltung gegenüber Hochhäusern wieder stärker wird. Deshalb ist es umso wichtiger, heute besonders gute Hochhäuser zu bauen; das macht sie robust gegen solche Schwankungen.

Beat Metzler, *„In Zürich könnten Wolkenkratzer künftig 250 Meter in den Himmel ragen“*
in: Tagesanzeiger online, Zürich 2021

In Zürich könnten Wolkenkratzer künftig 250 Meter in den Himmel ragen

Steigt die Skyline auf doppelte Höhe? Die Stadt möchte in vielen Gebieten deutlich grössere Häuser erlauben. Wir zeigen, wo Zürich wachsen könnte.

Zürichs Skyline hat sich in den letzten 20 Jahren ein wenig Richtung Hongkong verschoben. Neue Türme prägen die Stadtsilhouette. Und das könnte erst der Anfang sein. Künftig soll die Stadt auch an weiteren Orten Höhe gewinnen. So zumindest will es der bisher unveröffentlichte Schlussbericht zur «Aktualisierung der Hochhausrichtlinien», der dieser Redaktion vorliegt.

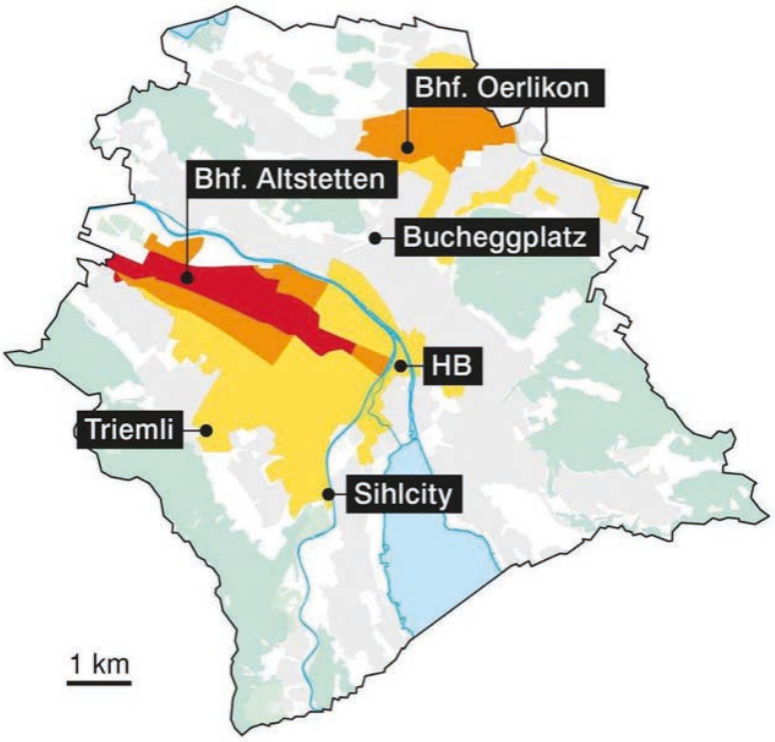
Das 180-seitige Dokument spurt vor, wie die Stadt Zürich in Zukunft mit Hochhäusern umgehen soll. Das bisherige Hochhausleitbild stammt aus dem Jahr 2001. 2019 hat das Amt für Städtebau, das zum Hochbaudepartement von André Odermatt (SP) gehört, einen Überarbeitungsprozess gestartet. Dazu gehört ein zweistufiger Wettbewerb, für den acht Planungsteams eine Hochhaus-Vision entwickelten. Vertreter der Stadt und Fachexpertinnen kürten das Team um die Zürcher E2A Architekten zum Sieger. Der Schlussbericht fasst diese «Testplanung» zusammen.

Ähnlich wie heute unterscheidet der Siegerbeitrag drei Typen von Hochhäusern: «hohes Haus» (bis 40 Meter), «Hochhaus» (40 bis 85 Meter) und «Metro Hochhaus» (85 bis 250 Meter). Doch vieles soll sich ändern: So möchte das Team die Zonen für die zwei tieferen Hochhauskategorien stark ausdehnen. Zu den Gebieten, in denen Häuser bis 85 Meter erlaubt wären, würden Teile von Altstetten, Albisrieden, Affoltern und Schwamendingen hinzukommen. Zur Einordnung: 85 Meter beträgt die Höhe des ehemaligen Swissôtel-Turms beim Bahnhof Oerlikon. Nur in der Altstadt, vielen Blockrandgebieten und Hanglagen bliebe eine Erhöhung über 25 Meter grundsätzlich ausgeschlossen.

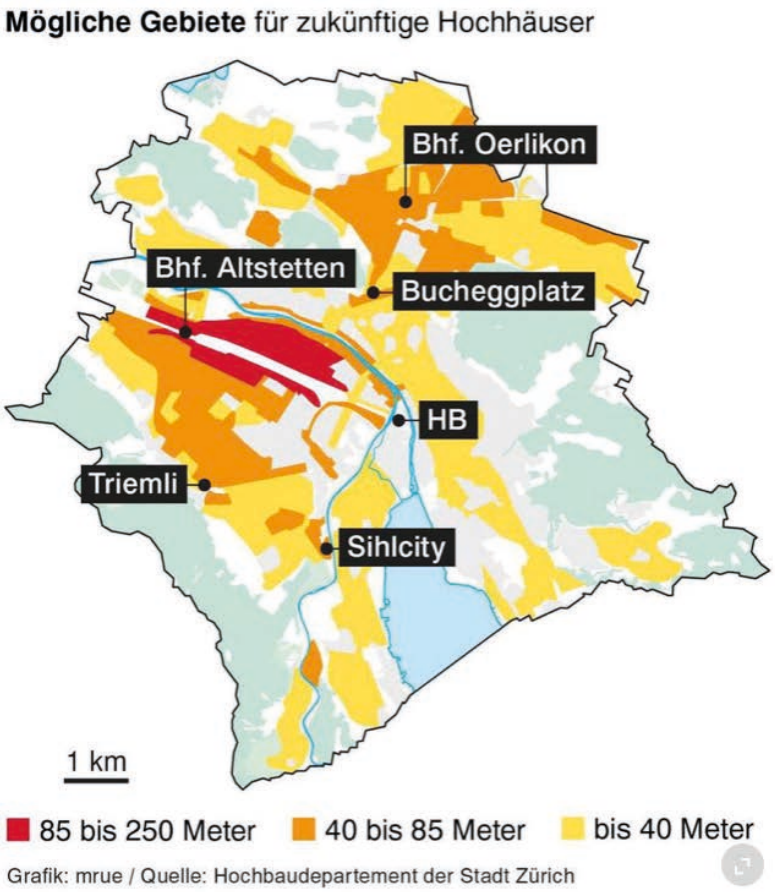
Darüber hinaus setzt der Gewinnerbeitrag mit 250 Metern ein noch nicht annähernd erreichtes Maximum. Das entspricht fast zweimal dem Prime Tower, mit 126 Metern Zürichs bisher höchstes Gebäude. Solche «Metro Hochhäuser» dürften entlang des Gleisfeldes und in Zürich-West in den Himmel ragen. Sie benötigten aber einen Gestaltungsplan, das heisst: Das Parlament könnte mitreden.

Hochhauszonen sollen ausgeweitet werden

Gebiete, in denen **heute** Hochhäuser gebaut werden dürfen



bis 80 Meter, mit Sonderbauvorschriften höher
bis 80 Meter
bis 40 Meter



Grafik: mrue / Quelle: Hochbaudepartement der Stadt Zürich

Vorgesehen sind ausserdem ganze Hochhausquartiere. Sie sollen sich entlang grosser Strassen bilden, rund um wichtige Plätze sowie bei den Hochschulen und Spitälern.

Die zusätzliche Ausnutzung, die Hochhäuser bringen, sollen die Investoren aber nicht gratis bekommen. Auch die Allgemeinheit müsse profitieren, fordert das Siegerteam. In den Hochhäusern soll es daher günstige Wohnungen und öffentlich zugängliche Erdgeschosse geben. Die unbebaute Fläche, die Hochhäuser ermöglichen, müsse als öffentlicher Freiraum dienen. Mit der Höhe der Häuser stiegen die städtebaulichen Anforderungen. Bei der Planung müsse auch die Bevölkerung mitreden können, steht im Siegerbeitrag.

Die neuen Türme sollen sich zudem in Zürichs «Topografie einbetten». Sie dürften die Wirkung der «raumbestimmenden Landschaftselemente» wie See, Flüsse und Hügel nicht schmälern.

Die angedachte Lockerung der Hochhausregeln wird auf Widerstand stossen, zumindest ausserhalb des Parlaments. Die Arbeitsgruppe Städtebau+Architektur Zürich (Asaz), die aus Planerinnen und Architekten besteht, wehrt sich gegen den Zürcher «Hochhaus-Hype». Hochhäuser würden nichts zur Verdichtung beitragen, findet die Asaz. Im Bau und Betrieb seien sie wesentlich teurer und bräuchten mehr Energie als normale Häuserzeilen. So verhinderten Wohnhochhäuser einen ökologischen, sozial durchmischten Städtebau.

«Man will mehr Hochhäuser und hat das Verfahren so ausgerichtet.»

Horst Eisterer, Architekt

«Darüber hinaus verschandeln die immer höheren und breiteren Baukörper das Stadtbild», sagt Horst Eisterer, Architekt und Asaz-Mitglied. Der Gruppe graut es vor einer Hongkong-Skyline. Sie verweist lieber auf Paris, das in der Kernstadt auf Hochhäuser verzichtet.

In einem offenen Brief kritisiert die Asaz, dass die Überarbeitung bisher geheim abgelaufen sei. Zudem habe das Hochbaudepartement die Testplanung nicht ergebnisoffen angelegt. «Man will mehr Hochhäuser und hat das Verfahren so ausgerichtet», sagt Eisterer.

Die Skyline von Zürich-West: Renaissance-Hochhaus, Prime Tower und Zölly-Turm.
Foto: Sabina Bobst

Auch die AL bemängelt, dass der Schlussbericht «unter Verschluss bleibt». Sie hat eine entsprechende Anfrage im Gemeinderat eingereicht. Es sei der Sinn eines Planungswettbewerbs, dass man öffentlich darüber diskutieren könne, sagt AL-Gemeinderätin Regula Fischer. «Ausserdem betont das Hochbaudepartement gern, wie wichtig Mitwirkung und Transparenz sind.»

Abo Kommentar zum Zürcher Hochhausplan
Lasst die Türme wachsen

Das Amt für Städtebau verteidigt das Vorgehen. Der Bericht diene als Grundlage für die folgenden Planungsschritte, sagt Katrin Gügler, Direktorin des Amts für Städtebau. «Er stellt aber nicht das Endresultat dar. Deshalb haben wir auf eine vorzeitige Veröffentlichung verzichtet.»

Die endgültigen Richtlinien erarbeiten derzeit Fachleute aus dem Amt für Städtebau sowie Beteiligte aus der Testplanung. Im Herbst sollen die neuen Regeln vorliegen. «Wir brauchen die Zeit, um wichtige Themen wie Sozialverträglichkeit und Ökologie mit zusätzlichen Studien zu vertiefen», sagt Gügler. Viele Punkte befänden sich noch in Bearbeitung, etwa die finale Festlegung der Hochhausgebiete und des Leistungskatalogs.

«Der Bericht stellt nicht das Endresultat dar. Daher haben wir auf eine Veröffentlichung verzichtet.»

Katrin Gügler, Amt für Städtebau

«Wir sind uns bewusst, dass das ein wichtiges Thema ist, das die Öffentlichkeit sehr interessiert», sagt Gügler. Parallel zur Testplanung habe das Amt einen «Dialogprozess» angestossen mit dem Ziel, die Debatte zu erweitern. Eine erste Veranstaltung mit Vertreterinnen von Fachverbänden und Parteien fand bereits statt. Aufgrund von Corona habe sich der Zeitplan verschoben. Die weiteren geplanten Anlässe würden nun dieses Jahr durchgeführt.

Laut Gügler braucht es «die ganze Bandbreite von Bautypen, um die Herausforderungen der Stadtentwicklung zu bewältigen». Dazu gehöre auch das Hochhaus. Im Schlussbericht heisst es, dass Hochhäuser «einen Beitrag zur stadträumlichen Akzentuierung, Orientierung und Silhouettenschärfung» leisteten. Sie würden besondere Orte «programmatisch aufladen und so einen lokalen Mehrwert generieren».

Nach der Ausarbeitung wird der Stadtrat die neuen Richtlinien festlegen, darauf wird der Gemeinderat darüber bestimmen. Aus dem Parlament hat es bisher wenig Widerstand gegeben gegen den Zürcher Umgang mit Hochhäusern. Im Gegenteil. Der neue, vom Gemeinderat mitgeprägte Siedlungsrichtplan sieht – ganz wie die Testplanung – «Hochhauscluster» mit Höhen von über 80 Metern vor. Gegen den entsprechenden Antrag der GLP stimmten einzig die SVP und die AL.

Die Planung von Zürichs Hochhauszukunft läuft noch. Aber die Richtung scheint klar. Es geht nach oben.

Beat Metzler ist Redaktor, sein Schwerpunkt ist die Stadt Zürich. Er berichtet darüber, wer die Stadt regiert, wem sie gehört und wohin sie sich entwickelt. Mehr Infos

Daniel Kurz, Roland Bernath (Bilder), *„Urbane Landschaft. Wolkenwerk in Zürich“*
in: werk, bauen+wohnen 12-2021, Zürich 2021

Urbane Landschaft

Wolkenwerk in Zürich von Staufer & Hasler und von Ballmoos Partner mit Mavo Landschaften

Im Quartier Leutschenbach sind Hochhäuser willkommen, vor allem als Gruppen. Das Wolkenwerk kombiniert gegensätzliche Typologien, Park- und Hochhauswohnen, Gewerbe und sogar eine Fabrik und lässt eine Stadtlandschaft mit intensivem Bodenbezug im Norden von Zürich entstehen.

Daniel Kurz
Roland Bernath (Bilder)

Man nimmt kaum wahr, dass im Moment noch die Baugrube für den «Messeturm», das künftige Flaggschiff der Überbauung, den Auftakt bildet. Denn schon jetzt füllt eine beeindruckende Häusermasse das Blickfeld: drei hoch aufstrebende Türme, zueinander abgedreht, die aus einer strassenbegleitenden Sockelbebauung herauswachsen. Sie bilden eine ganze Landschaft, der ein explizites, rahmendes Raster von weissen Betonelementen mit dunklen Füllungen eine ausgeprägte Ordnung verleiht.

Turmlandschaft im Gewerbequartier

Der Stadtteil Leutschenbach ist ein dynamisches Entwicklungsgebiet im Norden von Zürich – bekannt als Sitz des Schweizer Fernsehens, der ikonischen Schule von Christian Kerez und des Genossenschaftsquartiers Hunziker Areal. Die baurechtlich erlaubte Dichte ist hoch (Zentrumszonen 5 bis 7). Testplanungen setzten 1998 und 2010 die Rahmenbedingungen für eine geordnete Entwicklung; sie postulierten namentlich ein Netz von Grünflächen und Grünzügen (u.a. Andreaspark), um die grossen Areale zu strukturieren.[1] Die Testplanung 2010 kam zum Schluss: «In Leutschenbach kann dicht und hoch gebaut werden». Das städtische Leitbild präzisierte später: «An städtebaulich bedeutenden Standorten sind Hochhausgruppen zu bilden». Gleichzeitig formulierte es die Idee eines «Inneren Gartens» als rückwärtige Grünverbindung entlang der Grundstücksgrenzen, abseits der Strassen.[2] Die Überbauung *Wolkenwerk* übersetzt diese Vorgaben in Architektur.

Motor und Promotor des Projekts ist eine Einzelperson, der Architekt Henrik Jason Stump, der hier schon vor zwanzig Jahren ein erstes Areal erworben hatte, zu dem sich später ein weiteres gesellte. Nach einem gescheiterten Überbauungsprojekt gelang der Durchbruch, als sich die Besitzer eines dritten Grundstücks zum Mitmachen entschlossen: die Armaturenfabrik Nyffenegger, die das prominente Eckgrundstück besetzte und nicht wegzuziehen gedachte. Ein kooperatives Planungsverfahren mit der Stadt Zürich führte 2011–14 zum jetzt realisierten Projekt.

Zentaurenhafte Wesen

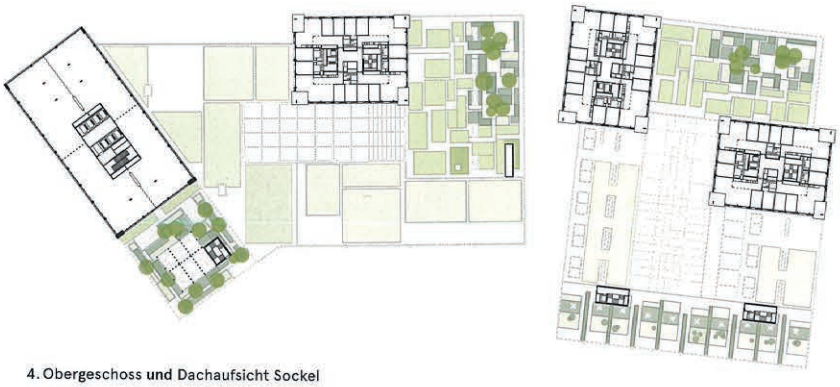
Es sind zentaurenhafte Wesen, die sich da auftürmen. Zur Strasse treten sie zunächst als relativ flache, gewerbliche Randbebauung in Erscheinung, unterbrochen durch eine schmale Gasse, die in die Tiefe des Areals führt. Aus diesen Sockeln wachsen unmittelbar die drei schlanken Türme empor; sie stehen in der gleichen Flucht, jedoch auf eigenen, kräftigen Beinen bzw. Stützen, die teils offene, teils geschlossene Arkaden bilden. Durchwandert man das Areal, sind die Türme an manchen Stellen Protagonisten, an anderen nur Hintergrund, nie aber erscheinen sie als Monumente freigestellt, sondern stets eingebunden ins Ganze. Vielleicht ist es die typologische Überlagerung von Sockel und Türmen, Fabrikhalle und Wohnhof, Park, Siedlung und Stadtfront, die den Eindruck von Landschaft entstehen lässt. Dazu kommen die nonchalante Abdrehung der Türme, die Variation ihrer Höhe und schliesslich – ganz besonders – das Netz von Stichstrassen, Durchgängen, Höfen sowie der rückwärtige Park, der «Innere Garten», der mit seiner massiven und extrem dichten Baumbepflanzung den Gebäudemassen entgegenhält. Die Überlagerung von Themen, Typolo-

Als zentaurenhafte Wesen wachsen die Wohntürme aus dem Gewerbesockel an der Leutschenbachstrasse. Eine offene Arkade bezeichnet den Eingang.

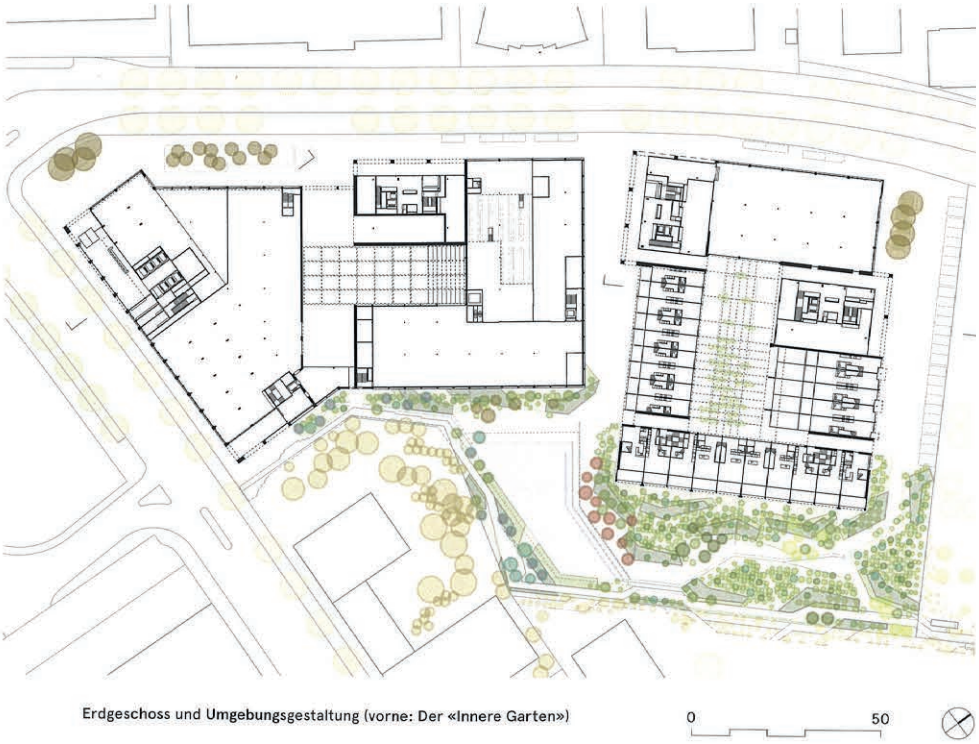
Am zentralen Hof präsentiert sich der nördliche Sockel als Wohnsiedlung – mit Patiowohnungen (rechts) und zweigeschossigem Atelierwohnen (links) am Fuss der Türme.

Wolkenwerk
Leutschenbachstrasse 30 – 48,
8050 Zürich
Bauherrschaft
Leutschenbach AG, Schwyz
Nyffenegger Immobilien AG, Zürich
Gesamtprojektleitung Bauherrschaft/QS:
Ghisleni Partner AG, Zürich
Architektur
Ateliergemeinschaft Sihlquai, Zürich
von Ballmoos Partner Architekten
(verantw. Thomas von Ballmoos, Séverine
Schrumpf) / Staufer & Hasler Architekten
(verantw. Astrid Staufer, Gian-Marco
Jenatsch)
Landschaft
Mavo Landschaften, Zürich
Baumanagement GU-Submission
Ghisleni Partner AG, Zürich
Fachplanung
Tragwerk: Dr. Lüchinger + Meyer, Zürich
Bauphysik: Mühlebach Partner, Winterthur
HLKS, Elektro: 3-Plan Haustechnik,
Winterthur
Fassadenplanung: gkp Fassadentechnik,
Aadorf (bis GU-Submission) / Reba
Fassadentechnik, Chur
Brandschutz: Basler & Hofmann, Zürich
Lichtplanung: LLAL AG, (vormals:
Mettler+Partner Licht), Zürich
Verkehrsplanung: Gruner Wepf, Zürich
Signaletik: Bivgrafik, Zürich
Generalunternehmung
Implenia Schweiz, Glattpark (Opfikon)
Kunst
Lukas Hofkunst, Zürich (Lobby B), Anne-
Marie Fischer, Zürich (Lobbies C und D)
Arealfläche
22 832 m² (inkl. Messeturm)
Ausnützungsziffer
250 % (286 % inkl. anrechenbares
Untergeschoss)
Gebäudevolumen SIA 416
235 710 m³ (ohne Messeturm)
Geschossfläche SIA 416
64 163 m² (ohne Messeturm)
Energie-Standard
Energiekennzahl Minergie-P, Graue
Energie nach SIA 2032
Wohngebäude: Minergie zertifiziert
Wärmeerzeugung
Fernwärme
Nutzungen
314 Miet- und Eigentumswohnungen
Armaturenfabrik, Gewerbe
Chronologie
Kooperatives Verfahren mit der Stadt
Zürich: 2011 – 12
Vorprojekt: 2013, Bauprojekt: 2014 – 15
GU-Submission: 2015 – 17
Ausführungsplanung: 2016 – 19
Bauzeit Wolkenwerk: 2017 – 20
Messeturm: 2021 – 23

Längsschnitt Süd-Nord (mit Messeturm)



4. Obergeschoss und Dachaufsicht Sockel



Erdgeschoss und Umgebungsgestaltung (vorne: Der «Innere Garten»)

0 50

gien, Logiken und Widersprüchen macht das Urbane am *Wolkenwerk* aus – und ebenso seinen landschaftlichen Charakter.

Sockel – Fabrik und Reihenhaus

Mit ihren schmalen Gassen und den Füllungen aus Klinkermauerwerk im tragenden Betonrahmen zitiert die Architektur der tiefen Gebäudesockel die gewerblichen Vorgängerbauten aus den 1940er Jahren. Nur fand jetzt dunkler, fast schwarzer Klinker Verwendung, der in unterschiedlicher Art, teils mit Relief und teils durchbrochen, vermauert wurde. Die immer ähnliche Gebäudehöhe tritt je nach Nutzung teils als ein- oder zwei-, teils als viergeschossig in Erscheinung.

Die beiden Sockel sind von ganz unterschiedlichem Charakter: Der im Süden enthält den Neubau der Fabrik Nyffenegger Armaturen, die dem Hochhausprojekt weichen musste. Der Familienbetrieb in fünfter Generation (1910 im Areal des heutigen Restaurants «Giesserei» in Oerlikon» gegründet) wollte seinen kundennahen Standort in der Stadt nicht verlassen und wurde deshalb Teil des Projekts *Wolkenwerk*. Hier finden sich nicht nur ein grosses Verkaufsgeschäft, Lager und Büros, sondern auch eine veritable Fabrikhalle, wo Rotguss oder Messing gefräst und gebohrt und ganze Armaturen gefertigt werden – eine ungewöhnliche und bereichernde Nutzung in einer Wohnüberbauung.

Der grössere Sockel im Norden zeigt sich zur Strasse als Gewerbehaus mit Ladenfront, zum Park hin dagegen als viergeschossige Wohnsiedlung. Gedeckte Durchgänge bilden ein Geflecht von Wegen, das im rechteckigen Hof seine Mitte findet, in den zwei Türme herunterblicken. Unterschiedlichste Wohnungstypen variieren das Thema des gestapelten Reihenhauses: als Patiotyp auf der Nordseite, mit durchgehendem Wohnraum von der Gasse zum Hof im südlichen Flügel – und als Gartenwohnen hinter zweigeschossiger Loggia am Park. Diese Parkfront, geprägt vom grossen Rhythmus ihrer Kolossalordnung, blickt in klassischer Würde auf die Wildnis des «Inneren Gartens» herunter.

Türme

Die drei Wohntürme sind je etwas anders ausgerichtet, wobei zwei dem Bogen der Strasse folgen, während der dritte um 90 Grad abgedreht ist. Ihre Grundfläche ist gleich, doch die Höhe variiert um ein Weniges, sodass sie nicht als eine Serie, sondern als lockere Gruppe gelesen werden. Ihre Erscheinung ist vom liegenden, kraftvoll ausgebildeten Raster der rahmenden Betonelemente geprägt, deren vertikale Stützen leicht vortreten. Die Fenster integrieren sich unauffällig in die dunkel gekachelten Füllungen, die mit den weissen Rahmen zusammen den Takt vorgeben. In der Höhe sind die Türme geschichtet und geben unterschiedlichen Wohnformen Raum: Grosse Wohnungen mit Eckbalkon strukturieren bis ins achte Obergeschoss das Äussere der Türme, sie eignen sich gut auch für Familien. Darüber folgen Kleinwohnungen mit eingezogener Loggia, den oberen Abschluss bilden zweigeschossige Penthouse-Wohnungen. In den oberen Geschossen bleibt nur die prismatische Form und ihre gleich bleibende Teilung; die starke Bewegung im Sockelbereich kommt in der hohen Brüstung der Dachterrassen zur Ruhe.

Arkaden und hohe Vorhallen setzen den Fuss der Türme vom Sockel ab, aus dem sie herauswachsen. Doppelgeschossige, edel materialisierte Eingangshallen bieten mit ihrer expressiven Farbigkeit, Wandgemälden und eigens entworfenen Leuchten einen erlebnishaft inszenierten Empfang, der die Bewohner zu gelegentlichem Innehalten und nachbarschaftlichem Austausch einlädt.

Wohnen in der Dichte

Im Wolkenwerk ist eine erhebliche bauliche Dichte realisiert: 286 Prozent beträgt die Ausnützung, wenn man die baurechtlich nicht anrechenbaren EG-Flächen miteinbezieht. Die reiche Variation und Abstufung der Wohnungstypen sorgt dafür, dass die Höhe der Türme für Bewohner nicht nur Gewinner und Verlierer schafft, sondern je unterschiedliche Qualitäten oben und unten: Bodennahes Wohnen in der Maisonette, dazwischen Balkonwohnen, weiter oben die weite Aussicht.

Der Ausbaustandard ist überall sehr hoch, und auch die Miet- beziehungsweise Kaufpreise bewegen sich nicht im Bereich preiswerten Wohnens (die Webseite nennt Bruttomieten von ca 4 000 Schweizerfranken für eine grosse 4,5-Zimmerwohnung; die wenigen noch unverkauften Penthouse-Wohnungen kosten rund 16 000 Franken pro Quadratmeter). Die 54 Wohnungstypen sprechen unterschiedliche Bewohnergruppen an. Trottinetts und Kinderwagen weisen vor allem vor den bodennahen Wohnungen am Hof des Sockelbaus auf Familien hin. An den

Loggia im 1. Obergeschoss einer Sockelwohnung mit südwestlicher Ausrichtung.

Die Fassade des Gartenflügels erscheint wie eine Kolonnade in Kolossalordnung. In den Stützen verläuft sichtbar die Entwässerung, welche Regenwasser von den Dächern der Türme über die Dachgärten des Sockel bis in den Park herunterführt.

Turmwohnungen, sagt der Entwickler Jason Stump, zeigten dagegen ältere *Empty-Nesters* grosses Interesse, die ihr Einfamilienhaus dafür eintauschten; zahlreich sind im Wolkenwerk zudem Expats sowie kinderlose Paare.

Wildnis und blau-grüne Infrastruktur

Im Wolkenwerk steht die Architektur nicht für sich allein, sondern sie verbindet sich besonders intensiv mit der Landschaftsgestaltung von Martina Voser, die auch die Häuser selbst mit einbezieht. Nur das breite Trottoir an der Leutschenbachstrasse mit der bestehenden Allee von Paulownien und die Gassen ins Innere des Areals sind durchgehend asphaltiert; die Dachflächen der Sockel dagegen sind teils als private oder gemeinschaftliche Gärten ausgebildet (soweit es der Brandschutz erlaubte), teils wie die Flachdächer der Türme extensiv begrünt. Das Regenwasser der Türme wird sichtbar aussen an den Fassaden herabgeführt und bewässert die tiefer gelegenen Dachgärten, um von dort in den öffentlich zugänglichen Park zu gelangen, wo es sich in einem grossen Teich sammelt. Ein ausgeklügeltes Stausystem sorgt dafür, dass die Dachgärten immer genug, aber nie zuviel Wasser abbekommen.

Den spektakulärsten Teil dieser mehrstufigen Landschaft bildet der geräumige Park im Rücken der Überbauung, der als besagter «Innerer Garten» künftig Teil der Grünverbindung quer durch das Quartier sein wird. Die Landschaftsarchitektin hat in ihrem Abschnitt dichte Gehölze und Baumhallen geschaffen, die zusammen mit den eingestreuten Ruderalflächen eine wilde, naturhafte Anmutung ausstrahlen. Sie münden in einer sonnigen Lichtung am Ufer des Retentionsweihers, wo Sitzstufen zu stiller Meditation einladen – inmitten der dynamisch emporstrebenden Hochhauslandschaft. —

Résumé

Paysage urbain

Ensemble Wolkenwerk à Zurich de Staufer & Hasler et von Ballmoos Partner avec Mavo Landschaften

Le projet Wolkenwerk est plus qu'un groupe de tours; il est ancré dans l'espace urbain fait de routes et de parcs au moyen de profondes constructions de socle. Un de ces socles contient une entreprise de robinetterie qui était déjà ici auparavant, le deuxième différentes sortes d'appartements en maisonnettes disposées sur quatre étages autour d'une cour. Les trois tours s'élèvent en affleurement hors des socles. Le lotissement, avec la position dégagée des tours, leur hauteur différenciée et leur mélange typologique fait l'effet d'un paysage très varié qui réunit différentes échelles, utilisations et espaces de vie. La structure marquée de la façade, constituée d'éléments blancs avec remplissage foncé, relie par son ordre continu les socles plus animés et les tours. A l'arrière, le parc public répond avec des plantations denses et vivantes à l'aspect massif de la construction. Son grand étang collecte l'eau de pluie qui s'écoule ouvertement des tours par les toits des socles tout en arrosant les jardins en passant.

Summary

Urban Landscape

Wolkenwerk development in Zürich by Staufer & Hasler and von Ballmoos Partner with Mavo Landschaften

More than just a group of towers, the project Wolkenwerk is anchored in the urban space of street and park by means of its deep plinth buildings. One of these houses a tap factory that was already located previously on this site, the second contains maisonette apartments of quite different kinds, organised on four storeys around a courtyard. The three housing towers grow directly out of the plinths. The free positioning of the towers, their different heights and the typological mix make the development like a strongly varied landscape that combines different scales, functions, and environments. The marked facade grid of white elements with dark infill links the more animated plinths with the towers through its consistent order. The public park at the rear responds to the mass of the development with planting that is both dense and lively. The large pond collects the rainwater from the towers that flows openly across the roofs of the plinth, irrigating the gardens on the way.

Daniel Kurz, Roland Bernath (Bilder), *„Ensemble für die Stadt. Baloise Park in Basel“*, in: werk, bauen+wohnen 12-2021, Zürich 2021

Ensemble für die Stadt

Baloise Park in Basel von Miller & Maranta, Diener & Diener und Valerio Olgiati

Die Hochhausgruppe und ihr Vorplatz schaffen neue städtebauliche Bezüge und binden auch das bestehende BIZ-Hochhaus mit ein.

Die dicht gedrängte Gebäudegruppe mit ihrem öffentlichen Platz ordnet nach dem Bebauungsplan von Miller & Maranta die städtebaulichen Zusammenhänge neu.

Martin Tschanz
Walter Mair (Bilder)

Die Ankunft in Basel war für mich früher oft etwas verwirrend. Zwischen der Bebauung am Bahnhofplatz und jener des Aeschengrabens gab es trotz des leichten Knicks eine Kontinuität. Obwohl der Aeschengraben in seiner Geschichte und Logik nur indirekt mit dem Bahnhof zu tun hat, erschien er mir deshalb als Bahnhofstrasse und nicht als Raum der ehemaligen Stadtbefestigung. Dementsprechend irritierte es mich, dass er nicht ins Stadtzentrum führt.

Die Bebauung Baloise Park, die unter anderem das einstige Hotel Hilton und den alten Sitz der Versicherung von Hermann Baur aus den 1950er Jahren ersetzt, trägt nun zu einer Klärung dieser Situation bei. Drei neue Häuser fassen winkelförmig einen Platz, der den Raum der Elisabethen-Anlage über den Aeschengraben hinaus erweitert. Dadurch wird der Centralbahnplatz mit seinen Bauten von der Umgebung gelöst und als der Bahnanlage zugehörig artikuliert.

Vom Masterplan zum Direktauftrag

Verstärkt wird dieser Effekt durch die Position des Hochhauses. Der Turm schiebt sich mit seinem Vorbau in den Aeschengraben vor, sodass die räumliche Kontinuität zwischen Bahnhofplatz und Graben mit einer klaren Geste unterbrochen wird. Deshalb öffnet sich der Raum vom Bahnhof aus nun verstärkt in Richtung Park, Elisabethenstrasse und letztlich in Richtung Stadtzentrum. Im Rückblick dagegen, vom Aeschenplatz aus, werden die Bauten am Centralbahnplatz ausgeblendet, und der Bahnhof mit seiner monumentalen Fassade wird optisch iso-

Das beherrschende Hochhaus West von Miller & Maranta rückt mit dem Arkadenvorbau dicht an den Aeschengraben heran und schliesst den Strassenraum ab.

liert. Er wirkt deshalb wie in die Nähe gerückt und tritt als Monument in Erscheinung, das «vor den Mauern der Stadt» liegt, wie die Markthalle mit ihrem Hochhaus und der hyperboloide Turm der Bank für Internationalen Zahlungsausgleich, BIZ (Burckhardt+Partner 1972–76). Dass dieser, der zuvor merkwürdig abseits lag, in die neue städtebauliche Ordnung integriert wird, ist nicht deren geringstes Verdienst. Seine eigenwillige Architektur mit ihren eleganten Kurven kann nun ihre Qualitäten richtig entfalten.

Der Masterplan, der die Kubatur der Neubauten exakt vorschrieb, geht auf eine Testplanung zurück, in der sich Miller & Maranta gegen Diener & Diener und Burckhardt+Partner durchgesetzt hatten. Das Hochhaus wurde in der Folge als Direktauftrag weiterentwickelt, während die beiden anderen Gebäude aus einem Wettbewerb hervorgingen (vgl. wbw 3–2015, S.53).

Turm

Architektonisch sind die drei neuen Häuser insofern verwandt, als alle das Thema einer tektonischen Gliederung aufgreifen. Jedes Haus hat aber seinen eigenen Ausdruck und setzt die Vorgabe einer mineralischen Fassade eigenständig um. Typologisch gibt es ein Zusammenspiel von Autonomie und Anpassung, am offensichtlichsten beim Hotel und Büroturm von Miller & Maranta.

Der Turm erhebt sich weit über seine Umgebung und strahlt mit offenen Ecken allseitig in den Raum aus, während der Vorbau an die Höhe der Umgebung anschliesst. Eine Loggia verknüpft den Bau mit dem Strassenraum. So artikuliert er einen Willen zur Teilhabe an der Öffentlichkeit, wie auch mit der Bar am Platz und der Dachterrasse mit ihrer Balustrade. Und schliesslich ist da auch noch die einladende, elegant ausschwingende Treppe, welche die Eingangshalle am Ort verankert. Sie verbindet die Lobby mit dem Ballsaal im Untergeschoss und dem Restaurant im Obergeschoss. Leider ist sie mit ihrer komplexen Geometrie und ihrer wunderbaren Ausformung in geschliffenem Ortbeton das einzige Element, mit dem Miller & Maranta ihre Virtuosität im Innern beweisen durften. Das Hotelinterieur verantwortet Matteo Thun.

Die Fassade aus weissen gestockten Betonelementen ist bestechend einfach und ästhetisch robust: eine adäquate Antwort auf den Umstand, dass das Hochhaus in erster Linie ein Renditeobjekt ist, verbunden mit entsprechenden Rahmenbedingungen. Prägend ist das kräftige Relief der Pfeiler und Balken,

Etwas versteckt liegt das Haus Ost von Valerio Olgiati.

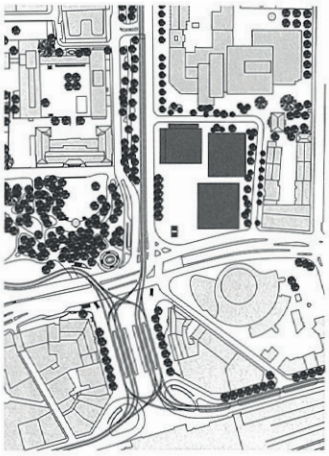
das die Tragstruktur nachzeichnet und die dunklen Fenster mit ihrem Sonnenschutz wörtlich und im übertragenen Sinn in den Hintergrund rückt. Dennoch reagiert die Fensterteilung präzise auf die Nutzungen und auf die differenziert ausgebildeten Geschosshöhen und Pfeilerstärken, die den Bau beleben und seine Ganzheit stärken.

Palast

Der zweite Bau, der unmittelbar am Platz steht, ist der Konzernsitz der Baloise Group, entworfen von Diener & Diener. Er bildet in mancherlei Hinsicht einen Kontrast zum Hochhaus und schafft gerade dadurch eine ausgleichende Balance. Der gedrungene, annähernd würfelförmige Baukörper wird durch ausserordentlich schlanke Stützen gegliedert, die jeweils zwei Geschosse zusammenfassen und Gurtgesimse tragen. Diese Kolossalordnung mit ihrem Kontrast zwischen dem grossen Massstab und der Feinheit der Struktur überspielt geschickt die nicht ganz einfache Grösse und Proportion des Baukörpers. Eine Überhöhe unter dem Dach und ein kräftigeres Gesims über dem Mezzanin artikulieren präzise das Oben und Unten und verankern so den Bau ruhig und fest an seinem Ort. Die Ecken werden durch winkelförmige Stützen definiert, wobei die Fassaden unterschiedlich tief ausgreifen, so dass die Seiten differenziert auf ihre jeweilige Lage reagieren. Offensichtlich wird dies bei der Hauptfassade, wo die Gesimse so weit vorkragen, dass sie einem Ausbauchen der äusseren Fassadenschicht Raum zu geben vermögen.

Diener & Diener sprechen von Erkern oder *Bow-Windows*, allerdings gibt es ausser im Erdgeschoss keine Ausweitung des Innenraums, also auch keine Verzahnung von Innen- und Stadtraum. Der Bereich zwischen der inneren und der äusseren Schicht der Fassade könnte zwar zugänglich sein, doch wer sollte sich in diesen Schaufenstern präsentieren und weshalb? Die Bauchungen zeichnen die Seite zum Platz fast überdeutlich aus, das Motiv bildet aber in seiner gleichförmigen Repetition eher ein Muster als eine Gliederung.

Der Eingang bleibt unartikuliert und gleicht fast einer Tapetentür. Er liegt zwar in der Mitte, die aber aufgrund der asymmetrischen Platzgestaltung gar nicht so einfach auszumachen ist. So wirkt der Bau insgesamt zwar elegant, aber nicht gerade einladend. Seine hermetisch anmutende Hülle scheint in gewissem Widerspruch zu seiner interessanten Typologie zu stehen, die eine Öffentlichkeit ermöglichen würde, die sogar über das allgemein zugängliche Kunstforum,

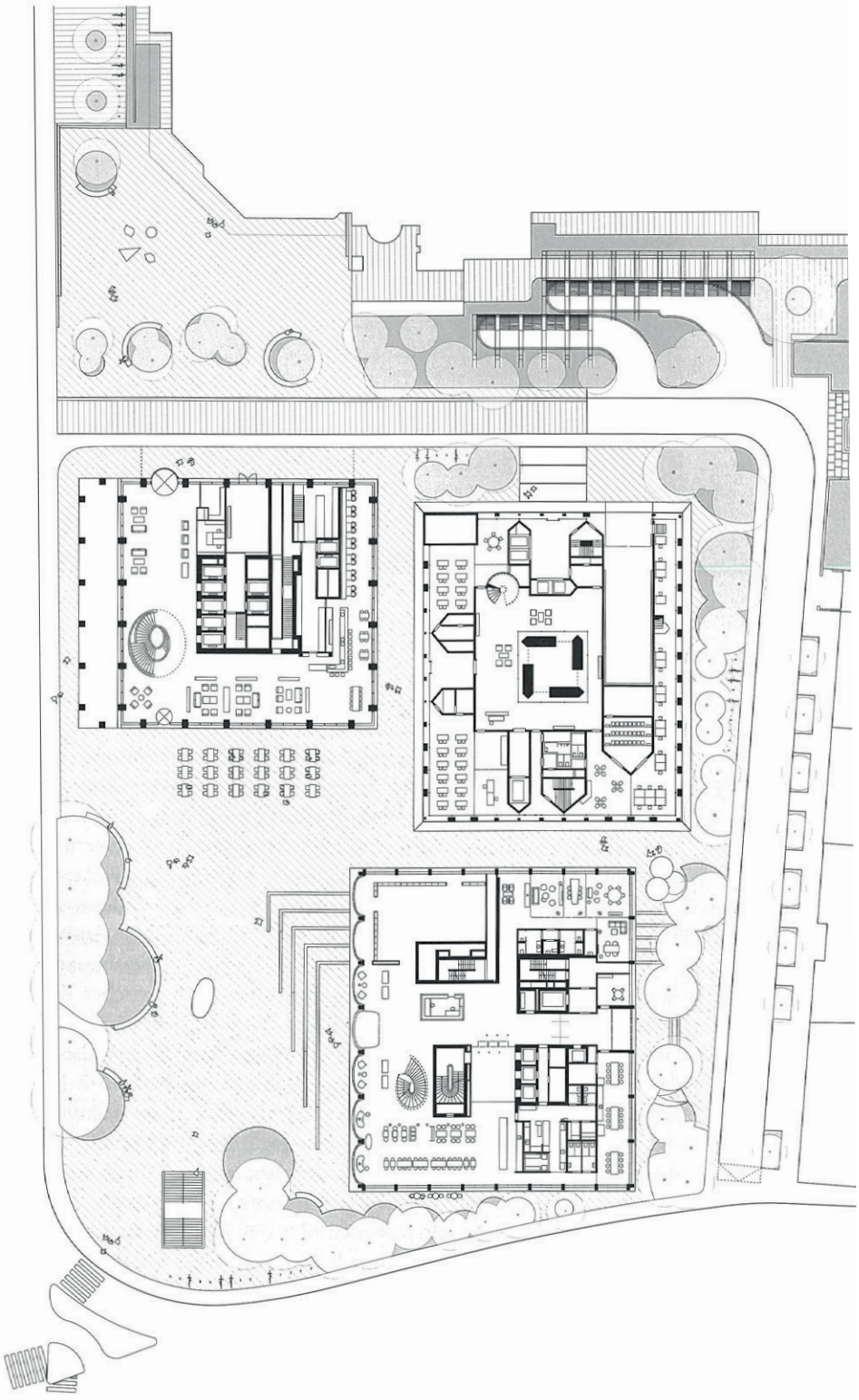


Baloise Park
Aeschengraben 21, 4002 Basel
Bauherrschaft
Basler Leben AG
Städtebau
Miller & Maranta Architekten, Basel
Landschaftsarchitektur
August + Margrith Künzel
Landschaftsarchitekten, Binningen
Signaletik
Lengsfeld Designkonzepte, Basel
Kunst
Thomas Schütte: *Drittes Tier*
Karsten Födinger: Kupfersäule Grundstein
Bausumme total
keine Angabe
Arealfläche
8 195 m²
Geschossflächen total
70 900 m²
Nachhaltigkeitsstandard
SNBS
Chronologie
Wettbewerb Masterplan: 2011
Planungsbeginn: 2013
Baubeginn (Abbrüche): 2015
Bezug: 2020 – 21

Gebäude Ost

Architektur
Valerio Olgiati, Flims
Totalunternehmung
Porr Suisse AG, Basel
Gebäudevolumen SIA 416
74 480 m³
Geschossfläche SIA 416
17 745 m²

Valerio Olgiati wollte – wie schon in anderen Fällen – seine Pläne nicht in dieser Zeitschrift publiziert sehen.



Erdgeschosse und Umgebung

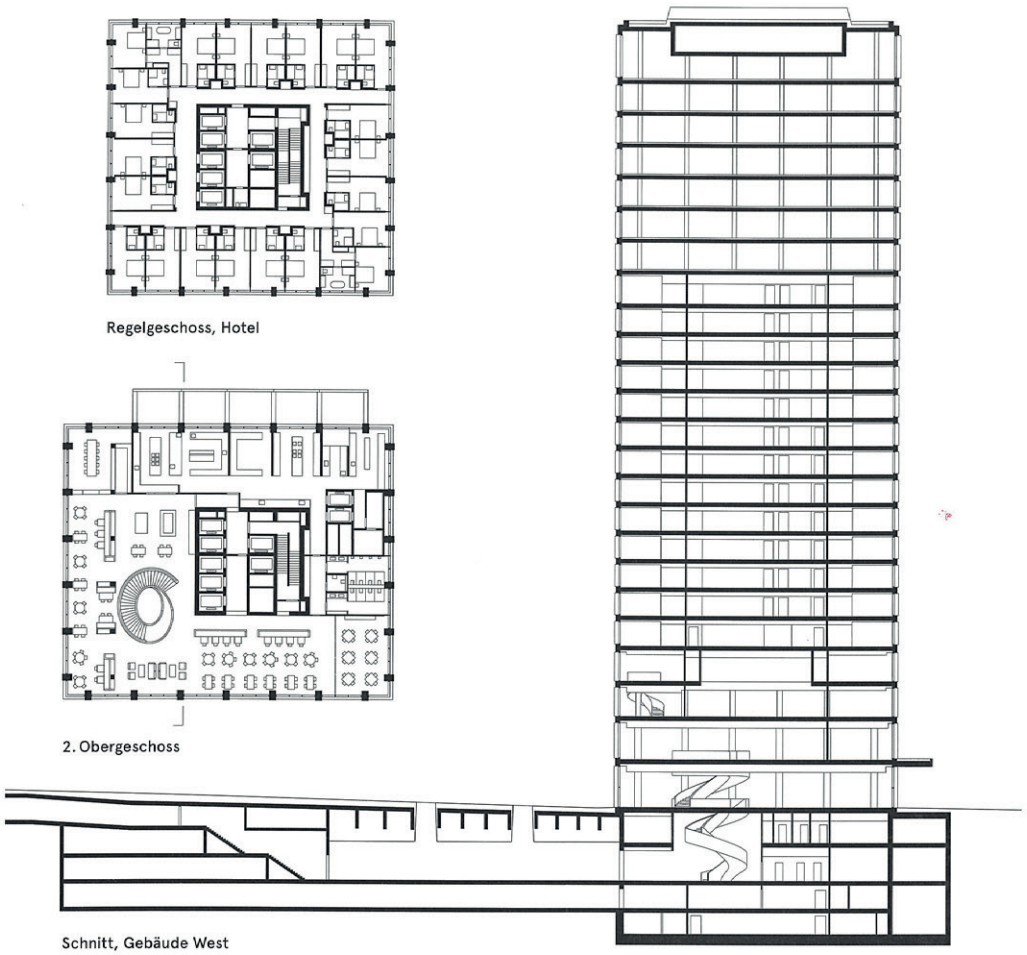
0 20

Gebäude West, Hotel und Büros

Architektur
Miller & Maranta Architekten, Basel
Fachplanung
Tragwerk: Gruner, Basel
Bauphysik: Zeugin Bauberatungen
HLK: Haustec Engineering, Ostermundigen
Sanitär: Gruner Gruneko, Basel
Elektro: Pro Engineering, Basel
Brandschutz: A+F Brandschutz, Basel
Innenarchitektur: Matteo Thun & Partners, Milano
Hotel-Fachplaner: Feuring Hotel Development, Kirchheim / Teck D
Totalunternehmung
Steiner AG, Zürich
Bausumme total
keine Angabe
Gebäudevolumen SIA 416
140 831 m³
Geschossfläche SIA 416
36 396 m²

Regelgeschoss, Hotel

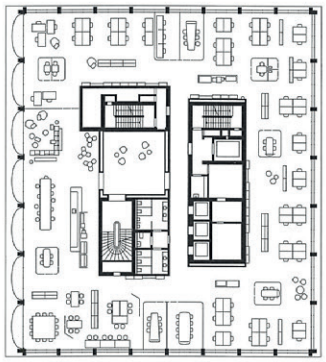
2. Obergeschoss



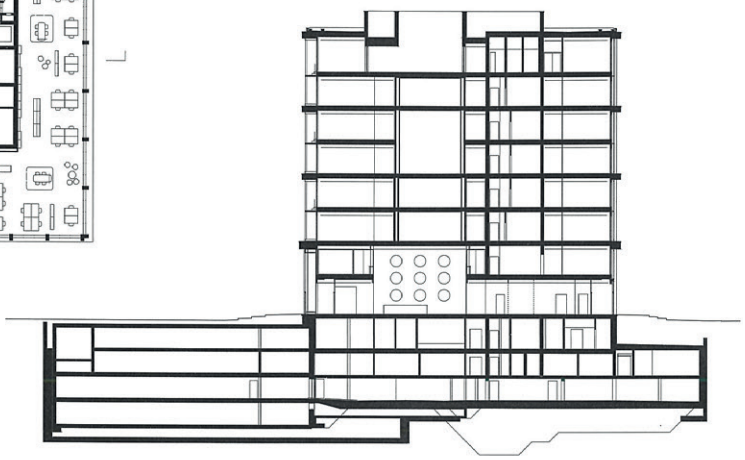
Schnitt, Gebäude West

Gebäude Süd, Hauptsitz Baloise

Architektur
Diener & Diener Architekten, Basel
Fachplanung
Tragwerk: Synaxis, Zürich
Bauphysik: Gartenmann Engineering, Basel
HLKS: Dr. Eicher + Pauli, Bern
Elektro: Pro Engineering, Basel
Brandschutz: BDS Security Design, Bern
Totalunternehmung
Porr Suisse AG, Basel
Kunst
Karsten Födinger: Kupferverkleidung an der Aussenhülle zwischen 4. und 5. OG
Gebäudevolumen SIA 416
67 353 m³
Geschossfläche SIA 416
16 759 m²



2. Obergeschoss



Schnitt, Gebäude Süd

Mittels seiner feingliedrigen Kolossalordnung überspielt der Hauptsitz der Baloise von Diener & Diener seine Höhe und präsentiert sich als Stadtpalast.

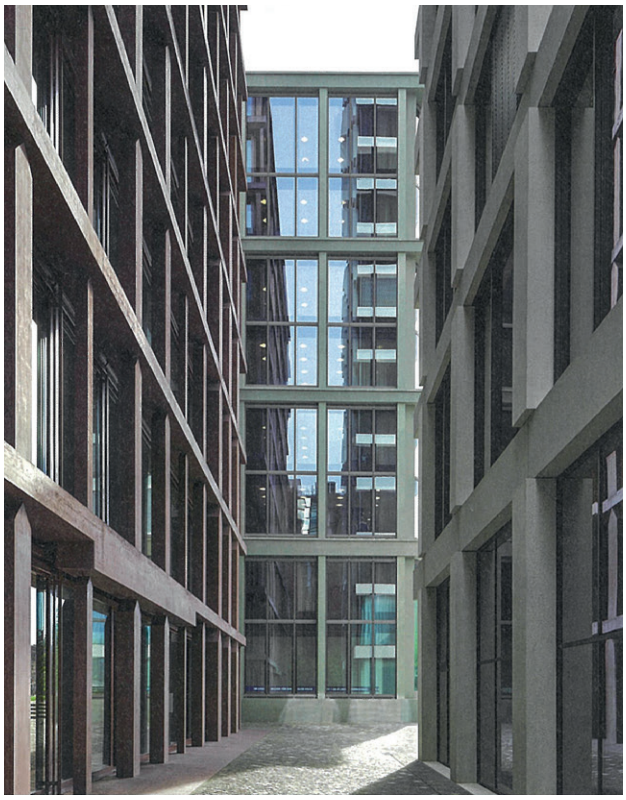
das Mitarbeitercafé und die üblichen Besucherbereiche im Mezzaningeschoss hinausgeht. Die hochkarätige Kunstsammlung der Baloise ist darauf ausgerichtet, die Arbeitswelt der Mitarbeitenden zu bereichern. Da aber in der zeitgemässen Bürolandschaft Wände zum Hängen weitgehend fehlen, schaffen Ausstellungsräume im erweiterten Gebäudekern Ersatz. Durch ein Schliessen der Brandfalltüren lässt sich dieser Bereich von den Arbeitszonen abtrennen, sodass die Sammlung ausserhalb der Bürozeiten öffentlich zugänglich gemacht werden kann. Im Innern des Gebäudes entsteht dann eine Art Kunst-Turm mit eigener Treppe, der von der Eingangshalle bis zum Hof im Dachgeschoss reicht. Im Alltag scheinen diese Ausstellungsräume ihren Charakter und ihre Rolle allerdings noch nicht ganz gefunden zu haben. Ihre Anbindung an den Kern isoliert sie von der Arbeitswelt, obwohl sie unmittelbar an diese angrenzen.

Haus oder Tempel?

Das dritte Haus liegt eher versteckt, ohne zentrale Anbindung an den Platz. Valerio Olgiati hatte es ursprünglich für das südliche Baufeld entworfen, doch liess sich der Entwurf dank der hohen Autonomie der auf die eigene Mitte bezogenen Architektur den Gegebenheiten des Baufelds Ost anpassen. Wo üblicherweise ein Erschliessungskern ist, gibt es einen Hof, der von mächtigen Wandscheiben begrenzt wird. Diese verjüngen sich nach oben hin und artikulieren so eine Verankerung des Baus, die über das Technische einer Erdbebensicherung hinausgeht. Die vertikalen Erschliessungen dagegen sind auf mehrere Kerne aufgeteilt. Das erleichtert ein direktes Erreichen der unterschiedlichen Nutzungen, besetzt aber wertvollen Raum an der Fassade.

Der Bau wird ganz von Variationen jener einfachen Form geprägt, die Olgiati derzeit mit Vorliebe auf ihre Möglichkeiten hin untersucht: einer Kombination von Rechteck und Dreieck bzw. Quader und Prisma. In ihrer Prägnanz und in der Kombination von einem ruhenden und einem gerichteten, zugespitzten Pol ist sie ausserordentlich leistungs- und anpassungsfähig. Überdies weckt sie starke Assoziationen – etwa an ein Haus, an einen Pfeil oder auch an einen Obelisken, wenn sie als langgestreckter Körper auftritt –, ohne dass ihre Bedeutung als Zeichen determiniert wäre.

Als Raum entfaltet die Form ihre Prägnanz allerdings kaum. Dies ist einer der Gründe, weshalb die drei untersten, von Olgiati als Schulungszentrum für die Baloise gestalteten Geschosse unübersichtlich und konfus wirken. Da dasselbe Motiv für die massiven



Dramatisch schmale Gassen trennen und verbinden die drei hohen Häuser, die im Prinzip sockellos den Boden berühren.

Betonkörper, aber auch für die Glaswände der Schul- und Büroräume und für die Blechkammern der Teeküchen verwendet wird, entsteht überdies ein Hierarchieproblem. Es verstärkt sich, indem die heruntergehängte Decke in den Beton der Kerne und Pfeiler einschneidet. Da der Beton optisch dem Blech ausweicht, wird seine Solidität in Frage gestellt.

Als nicht unterteilte Bürolandschaft, stellt man sich vor, könnte der Grundriss vielleicht funktionieren: als offener Raum, der sich zwischen dem zentrierenden Hof und den Fassaden erstreckt, gegliedert durch die Betonkörper. Dass diese den tiefen Geschossen viel Licht wegnehmen, was durch den Hof kaum kompensiert wird, bleibt allerdings ein dem Typus inhärentes Problem.

Stylobat und Säulen

Die äussere Erscheinung artikuliert die Stapelung einzelner Geschosse. Deshalb wirkt sogar die zurückgestaffelte Attika unproblematisch, dank der sich der Baukörper an seine Umgebung anpasst. Die Höhe des Gebäudes findet ihre präzise Fixierung nicht aussen, sondern innen, im zentralen Hof mit seinen Scheiben, die nach oben hin immer schmaler werden. Das Auflagern der Platten auf den Pfeilern, die man auch als Säulen bezeichnen könnte, wird in der Fassade im wahrsten Sinn auf den Punkt gebracht. Was Olgiati zusammen mit dem Ingenieur Patrick Gartmann zeigt, ist eine Antithese zum klassischen Kapitell. Wo dieses vermittelt und den Fluss der Kräfte artikuliert, wird hier der Gegensatz von Tragen und Lasten in aller Schärfe vorgeführt. Die Pfeiler wirken hart wie Diamant, die Platten unendlich starr. Als unteren Abschluss dient ein etwas grösserer Stylobat, der den Bau farblich und materiell auch da von seiner Umgebung abgrenzt, wo er schwellenlos anschliesst. Gleichzeitig erzeugt die Tiefe der Fassade mit ihren freistehenden Körpern einen Schwellenraum, der zu einer Verzahnung von Innen- und Aussenraum führt.

Die rechteckigen Pfeiler zeigen sich jeweils mit ihrer Breitseite, gleichsam mit ihrer Front, wobei die Richtung in der Ecke geschossweise wechselt. So wird der Baukörper präzise gefasst, gleichzeitig entsteht aber eine leichte Dynamik, die um die Ecke führt, ähnlich wie bei sich verzahnenden Steinen einer Bossierung.

Die unterschiedlichen Lastfälle – bisweilen stehen Stützen unmittelbar vor einem Kern – motivieren ein Spiel graduell abgestufter Pfeilerstärken. Als Resultat wirkt die Fassade spielerisch, lässt aber gleichzeitig keinen Zweifel offen, die primäre, tra-

gende Struktur zu sein. Damit findet sie eine faszinierende Balance zwischen souveräner Willkür und zwingender Logik.

Nähe und Weite

Die extreme Nähe zwischen den drei Bauten ist vor allem aus den Innenräumen heraus eindrücklich. Man kennt ähnliche Distanzen von Hinterhöfen in vielen Städten, doch zwischen einem Hotelzimmer mit Glaswand und einem ebenso vollverglasten Büro Blicke auszutauschen, ist doch ziemlich ungewohnt, wenn bloss sechs Meter zwischen den Fassaden liegen. Aber auch interessant! Dass sich der Grad der Offenheit über Vorhänge und Jalousien steuern lässt, versteht sich von selbst.

Legitimiert wird die Nähe primär durch die städtebauliche Wirkung, die durch die zurückhaltende Aussenraumgestaltung von August + Margrith Künzel vorbildlich unterstützt wird. Die drei neuen Häuser bilden im besten Sinn ein Ensemble. Die engen, hohen Gassen stehen in dramatischem Kontrast zur Weite des Platzes, der eine klar definierte, bergende Nische im offenen Raum bildet. Und zwischen diesen Extremen vermitteln jene Räume, die durch das leichte Versetzten der Baukörper entstehen. Auch wenn man nicht gerade Vergleiche zu amerikanischen Grossstädten ziehen mag: Der Baloise Park ist zweifellos eine willkommene Bereicherung des stadträumlichen Repertoires von Basel. —

Martin Tschanz (1965) ist Architekt und unterrichtet Architekturgeschichte und -theorie an der ZHAW Winterthur.

Walter Mair (1960) diplomierte 1980 als Fotograf an der Kunstgewerbeschule Zürich und 1991 als Architekt ETH. Er lebt und arbeitet als freier Fotograf in Basel.

Résumé

Un ensemble pour la ville

Baloise Park, de Miller & Maranta, Diener & Diener et Valerio Olgiati

Les trois nouveaux bâtiments situés en face de la gare de Bâle réordonnent les rapports d'urbanisme en délimitant plus clairement le boulevard du Aeschengraben de la place de la gare. Ils forment un ensemble dans le meilleur sens du terme: des ruelles étroites contrastent de manière saisissante avec l'étendue de la place. La tour dominante de Miller & Maranta irradie de tous côtés avec ses angles ouverts alors que son avant-corps s'adapte à la hauteur des bâtiments environnants. Le bâtiment de Diener & Diener, qui domine la place, est le siège de Baloise Group. Il forme un contraste avec la tour et crée ce faisant un équilibre compensatoire. Le bâtiment, compact et presque cubique, est structuré par des piliers extrêmement fins qui relient toujours deux étages et qui sont ceinturés de corniches. Cet ordre colossal dissimule adroitement la grandeur et la proportion pas tout-à-fait simple du corps de bâtiment. Le bâtiment de Valerio Olgiati est un peu caché, sans attache centrale avec la place, mais il a pu s'adapter à la réalité de son site grâce à l'autonomie de son architecture centrée sur son propre milieu.

Summary

Ensemble for the City

Baloise Park by Miller & Maranta, Diener & Diener and Valerio Olgiati

The three new buildings opposite Basel Train Station, reorganise the urban situation by more clearly demarcating the boulevard that is Aeschengraben from the station forecourt. They form an ensemble in the best sense of the term: narrow lanes contrast dramatically with the expansiveness of the public square. With its open corners the dominant tower by Miller & Maranta radiates into the surrounding space on all sides, while the front element relates to the height of the neighbouring buildings. The headquarters of the Baloise Group, designed by Diener & Diener dominate the square. It contrasts with the high-rise in several respects and in this way establishes a balance. The compact, almost cube-shaped volume is articulated by extremely slender columns that extend through two storeys and carry cordon cornices. This use of a giant order cleverly disguises the building's not unproblematic size and proportions. The building by Valerio Olgiati is somewhat hidden, but thanks to the autonomous nature of the architecture, which relates to its own centre, it proved possible to adapt the design to suit the situation.

Maria E. Moreyra Garlock, *„Atlas Tragwerke - Tragwerke für Hochhäuser“*, München 2021
S. 116-121

Tragwerke für Hochhäuser

Maria E. Moreyra Garlock

Für die meisten Menschen sind die Begriffe Hochhaus, Wolkenkratzer und hohes Gebäude gleichbedeutend. Im Folgenden wird jedoch „Hochhaus“ nach der Definition des in Chicago ansässigen renommierten Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) verwendet. Doch wie definiert man nun „Hochhaus“? Laut der US-amerikanischen National Fire Protection Association (NFPA) ist ein Hochhaus ein Gebäude mit einer Höhe von über 75 ft bzw. 22,86 m (ca. sieben Stockwerke), die für den Zugang von außen zur Brandbekämpfung relevant ist [1]. Der CTBUH hingegen erklärt: „Es gibt keine absolute Definition für ein ‚Hochhaus‘; jegliche Definition ist subjektiv und bezieht sich auf eine oder mehrere der folgenden Kategorien: […]“ [2]. Bei diesen Kategorien, die auf der Website des CTBUH näher erläutert werden, handelt es sich um:

- auf die Umgebung bezogene Höhe
- Proportionen
- Ausstattung mit für Hochhäuser relevanten Technologien
- Supertall- (über 300 m hoch) und Megatall-Gebäude (über 600 m hoch)

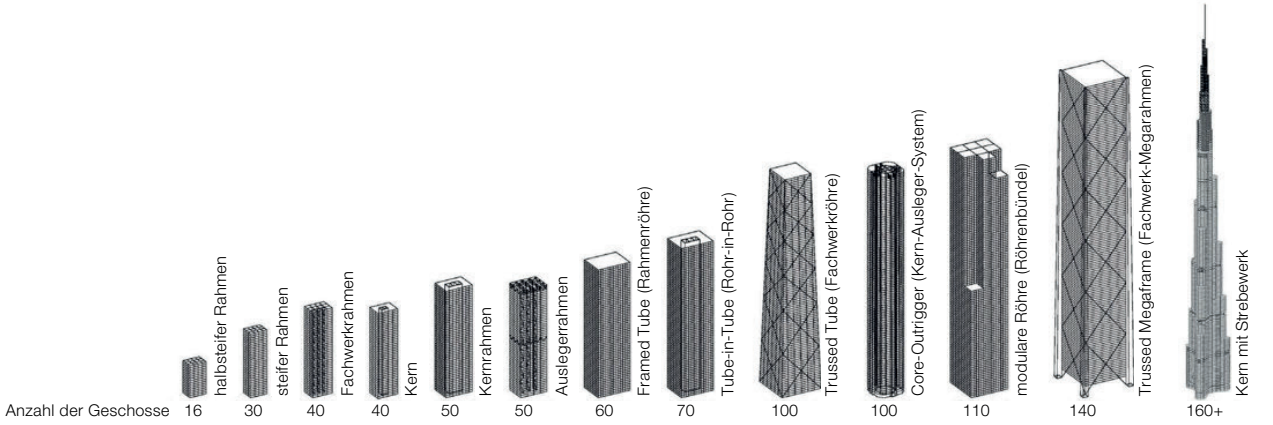
In Bezug auf das Tragwerk sind vor allem die letzten beiden Kategorien relevant, weil hier die Gebäudehöhe konstruktive Überlegungen und Innovationen während der Planung erfordert.

D 3.1 Wainwright Building, St. Louis, Missouri (US) 1891, Louis Sullivan
D 3.2 Tragsysteme von Hochhäusern und ihre Leistungsgrenze je nach Anzahl der Geschosse
D 3.3 Fazlur Khans Darstellung der Einheitskosten von Hochhäusern mit steigender Höhe

D 3.1

Historische Entwicklung des Hochhausbaus

Das Konzept hoher Bauwerke existiert bereits seit dem Zeitalter der großen Pyramiden und findet sich mit dem Turmbau zu Babel auch im Alten Testament. Doch erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurden diese hohen Bauten erstmals „konstruiert“ – d. h. die handwerkliche Ausführung erfolgte nicht mehr nach der Trial-and-Error-Methode unter Zuhilfenahme einfacher mathematischer Grundregeln, sondern beruhte auf statischen Berechnungen. David Billington [3], dessen Argumente zum Teil auf einem Studium der Werke von Carl Condit [4] basieren, legte die Geburtsstunde des modernen Hochhausbaus auf die Zeit nach dem Großen Brand in Chicago im Jahr 1871. Dieser zerstörte etwa 9 km^2 des Stadtgebiets. Aufgrund seiner Lage im Mittleren Westen an den Großen Seen hatte sich Chicago seit den 1840er-Jahren zu einem Eisenbahnknotenpunkt und starken Wirtschaftszentrum entwickelt. In rasantem Tempo wurden Gebäude errichtet, ohne dabei etwas für den Brandschutz zu tun. Folglich war die aus Holz und Eisen errichtete Infrastruktur, die fast keinen Feuerwiderstand besaß, hochgradig gefährdet. Nach dem Großen Brand wurden ernorme Summen in den Wiederaufbau dieses boomenden Wirtschaftszentrums investiert. Chicago wurde nun zum architektonischen Experimentierfeld und die damals neue Erfindung des Fahrstuhls machte es möglich, noch höhere Gebäude zu bauen. Jene Architekten, die den neuen architektonischen Stil Chicagos prägten, wurden als Erste Chicagoer Schule bekannt, zu deren berühmtesten Vertretern William Le Baron Jenney, John Wellborn Root und Louis Sullivan zählten. Der neue Baustil basierte grundlegend auf der Stahlskelettbauweise (Abb. D 3.1). Diese erlaubte größere Fenster und entmaterialisierte die Außenwände, mehr Licht konnte eindringen. Die Tatsache, dass die Außenwände aufgrund der Stahlrahmenbauweise keine tragende Funktion mehr erfüllen mussten, eröffnete den Architekten völlig neue Gestaltungsmöglichkeiten. Die Entmaterialisierung der Außenwände erinnert an den Stil gotischer Kathedralen. Und auch Billington [5] und Condit [6] vertreten die Auffassung, die Architekten der Ersten Chicagoer Schule seien von gotischen Kathedralen und den Schriften und Lehren von Eugène Viollet-le-Duc beeinflusst gewesen. Die neuartigen Höhen und die betonte Vertikalität sind weitere Gemeinsamkeiten. Gotische Kathedralen waren die Hochhäuser ihrer



D 3.2

Zeit und sind Ausdruck für den Geist, den Stil und die wirtschaftliche Lage einer Gemeinschaft. Konstruktive Innovationen wie Kreuzrippengewölbe und Strebesysteme machten diese völlig neuen Höhen, die großen Fenster und Wandöffnungen der gotischen Kathedralen überhaupt erst möglich.

Die vertikale Ausdehnung von Hochhäusern ließ sich zwar durch die Erfindung des Fahrstuhls vergrößern, aber hinsichtlich des Tragsystems, d. h. auf welche Weise vertikale und horizontale Lasten in das Fundament eingeleitet werden, gab es zunächst keine nennenswerten Innovationen. Billington merkt dazu an, dass wohl niemand einen großen Anreiz verspürte, für Gebäude mit „nur" 16 Geschossen eine fantasievolle Konstruktion zu erfinden [7]. Die Planung solcher Häuser war noch immer hauptsächlich von der Schwerkraft bestimmt, nicht von Wind- oder Erdbebenlasten.

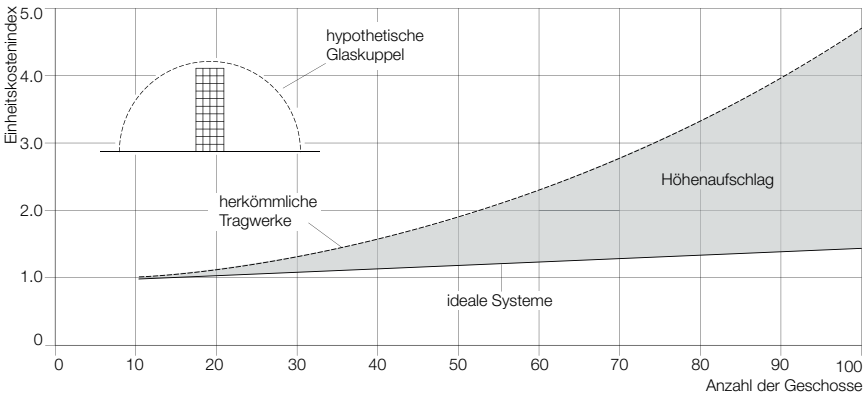
Mit zunehmender Höhe wirken sich solche durch Wind oder Erdbeben erzeugten horizontale Lasten jedoch auf den Entwurf aus. Bei Supertall-Gebäuden haben die seitliche Auslenkung der oberen Etagen und die Querbeschleunigung einen großen Einfluss auf die Wahl des Tragwerks. Optimale Lösungen für Windlasten sind aber meist nicht zur Aufnahme seismischer Lasten geeignet. Durch die Aussteifung eines Gebäudes lassen sich z. B. dynamische Windlasten reduzieren, die Möglichkeit seismische Lasten aufzunehmen nimmt dabei allerdings ab. Wichtiger Aspekt bei der Planung erdbebensicherer Gebäude ist die Duktilität des verwendeten Materials, da angenommen wird, dass es sich bei einem starken Erdbeben dauerhaft verbiegt. Gleichzeitig muss das Tragwerk unter Windlast ausreichend steif sein. Wegen der komplexen Zusammenhänge, die aus der Einwirkung lateraler Kräfte auf den Gebäudeentwurf entstehen, waren Innovationen in der Tragwerksplanung aus Gründen der Standsicherheit, aber auch der Effizienz und Wirtschaftlichkeit unumgänglich.

Innovationen im Hochhausbau des 20. Jahrhunderts

Der Bauingenieur Fazlur Khan gehört zu den innovativsten Köpfen unter den Hochhauskonstrukteuren des 20. Jahrhunderts. Er veröffentlichte zahlreiche Beiträge zu seinen Projekten und Ideen, die uns heute die wissenschaftliche Analyse seiner Tragwerke erlauben und seine Philosophie näherbringen. In einer von seiner Tochter Yasmin Khan veröffentlichten Monografie ist ein umfassendes Literaturverzeichnis seiner Abhandlungen zu finden [8]. Weitere prominente Ingenieure und Pioniere dieser Branche sind unter anderem Leslie E. Robertson [9] und William F. („Bill") Baker [10].

Khan begann seine Karriere im Chicagoer Architekturbüro Skidmore, Owings and Merrill (SOM), wo er zusammen mit den Architekten Bruce Graham und Myron Goldsmith innovative Tragsysteme für Hochhäuser entwickelte. In seiner Masterarbeit von 1953 stellte Goldsmith folgende Analogie zu Brücken her: Mit zunehmender Spannweite muss der Ingenieur nach neuen Tragsystemen Ausschau halten. Eine Spannweite von 30 m lässt sich beispielsweise mit einem einfachen Fachwerkbinder überbrücken, sollen aber 1000 m überspannt werden, bedarf es eines ganz anderen Tragsystems wie z. B. einer Hängebrücke. Dasselbe trifft auch auf Hochhäuser zu: Unterschiedliche Höhen erfordern unterschiedliche Tragsysteme, um die Horizontal- und Vertikallasten effizient aufzunehmen (Abb. D 3.2). Gestapelte steife Rahmen sind lediglich bis zu einer Höhe von etwa 30 Stockwerken einsetzbar. Für größere Höhen sind sehr lange Träger und Stützen nötig, und es sollten hier wirkungsvollere Tragsysteme in Betracht gezogen werden. Kostentreiber für größere Höhe sind weniger die Vertikallasten, sondern vielmehr die horizontalen Windlasten, da der Winddruck mit zu-nehmender Höhe steigt (Abb. D 3.3). Diese höheren Kosten aufgrund von Wind bezeichnete Khan als „Höhenaufschlag". Als „ideal" gilt ein System, bei dem der Kostenanstieg mit zunehmender Geschosszahl einzig und allein von der Vertikallast abhängt – so als wäre das Gebäude von einer Glaskuppel geschützt. Der Kostenanstieg für herkömmliche Tragwerke folgt jedoch der gestrichelten Linie in Abb. D 3.3, die anzeigt, dass die Kosten eines Gebäudes mit zunehmender Geschosszahl aufgrund der Windlasten deutlich steigen.

Um dieser höhenbedingten Kostenexplosion entgegenzuwirken, waren innovative Tragwerkskonzepte gefragt. Als Khan 1961 damit begann, das Brunswick Building zu



D 3.3

D 3.4

D 3.5

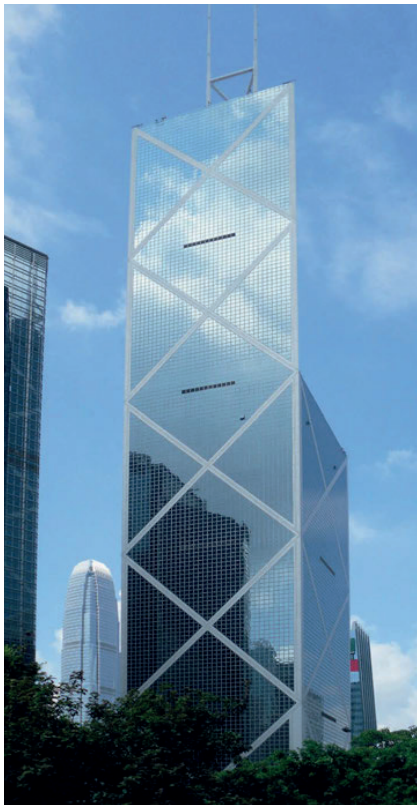
entwerfen, erkannte er, dass die eng stehenden Stützen der Außenwand naturgemäß zur Aufnahme von Querkräften beitragen (Abb. D 3.7, S. 120). Bis dato wurde angenommen, dass lediglich die den inneren Kern umgebenden Wände (die Scherwände bzw. die innere „Röhre“) Querkräfte abtragen. Das Konzept des umlaufenden Rahmens, der Horizontal- und Vertikalkräfte aufnimmt, wurde für das DeWitt-Chestnut Apartment Building weiter verfeinert. Das 1965 fertiggestellte, 42-geschossige Gebäude weist ein Rastermaß der umlaufenden Stützen von unter 1,70 m auf (Abb. D 3.4). Das aus diesen eng platzierten Stützen erzeugte Tragwerk lässt sich mit einer Betonröhre vergleichen, bestehend aus vier Außenwänden mit Fensteröffnungen. Bei sehr geringen Stützenabständen ist das Röhrentragwerk steif und stabil genug, um die Windlasten abtragen zu können. Dieses Rahmenröhren-Tragwerk, auch „Framed Tube“ genannt (Abb. D 3.2, S. 117), ermöglichte höhere Gebäude ohne Innenstützen oder Scherwände. Am Beispiel des DeWitt-Chestnut Apartment Building zeigte sich zudem, dass die Rahmenröhre sowohl Tragwerk als auch Stilelement ist – das Tragwerk prägt die Ästhetik des Gebäudes.
Die Hochhäuser mit den deutlich sichtbarenTragwerken wurden nicht von allen geschätzt. Als das John Hancock Center (heute 875 North Michigan Avenue), ebenfalls in Chicago, 1970 fertiggestellt wurde (Abb. D 3.5), bezeichnete es ein Kritiker als „hässlichen mit Stahl umschnürten Koloss“ [11]. Eine solche Kritik erinnert an den Eiffelturm, der seinerzeit von angesehenen Künstlern als „monströs“ und „lächerlich“ verunglimpft wurde [12]. Doch sowohl das John Hancock Center als auch der Eiffelturm sind ein Symbol für innovative Konzepte, aus deren Tragwerk ersichtlich ist, wie die Windlasten abgeleitet werden. Das Tragsystem des John Hancock Center ist eine Fachwerkröhre („Trussed Tube“, Abb. D 3.2, S. 117). Khan und Goldsmith entwickelten die Idee dazu, als sie Studierende am Illinois Institute of Technology betreuten. Die Stützen und Diagonalverstrebungen der Außenhaut tragen sämtliche Windlasten und einen Großteil der Vertikallasten ab. Die diagonalen Elemente ermöglichen die lokale Umverteilung der Stützenlasten, wodurch alle Stützen eines Stockwerks die gleiche Größe haben. Dabei sind die Stützenabmessungen direkt über dem Fundament am größten und nehmen nach oben mit jedem Geschoss ab.
Aus einer Kooperation des Bauingenieurs Leslie E. Robertson mit dem Architekten I. M. Pei entstand der Büroturm der Bank of China in Hongkong (Abb. D 3.6), der an das John Hancock Center erinnert. Beim Bank of China Tower erfahren nur die Eckstützen und Diagonalen eine starke Betonung und nicht wie beim John Hanckock Center alle tragenden Bauteile, so auch die umlaufenden Stützen und Riegel. Damit soll nicht die Überlegenheit der einen Variante gegenüber der anderen hervorgehoben, sondern lediglich die Unterschiedlichkeit der Tragwerke von Hochhäusern aufgezeigt werden. Aus konstruktiver Sicht basieren die Gebäude auf verschiedenen Systemen, obwohl beide auf Rahmenkonstruktionen zurückgreifen. Beim Tragwerk des John Hancock Center handelt es sich um eine Fachwerkröhre, beim Bank of China Tower um einen Fachwerk-Megarahmen („Trussed Megaframe“, Abb. D 3.2, S. 117).
Ein solcher Fachwerk-Megarahmen überträgt die Lasten aus den umlaufenden Stützen genau dort auf die Megadiagonalen, wo die Stützenunterkante auf die Diagonale trifft. Die Megadiagonale gibt diese Last an die Megastützen in den Gebäudeecken weiter. Auf diese Weise werden alle Lastenin die großen Eckstützen geleitet. Dies ist möglich, indem man mit der axialen Steifigkeit jedes Elements spielt. Am Kreuzungspunkt von Stütze und Diagonale besitzt beispielsweise die Stütze unter der Megadiagonale eine viel geringere Steifigkeit als die

D 3.4 DeWitt-Chestnut Apartment Building, Chicago (US) 1965, SOM, Fazlur Khan, Bruce Graham
D 3.5 John Hancock Center (heute 875 North Michigan Avenue), Chicago (US) 1970, Bruce Graham, Fazlur Khan, SOM
D 3.6 Bank of China Tower, Hongkong (HK) 1990. Leslie E. Robertson, I.M. Pei

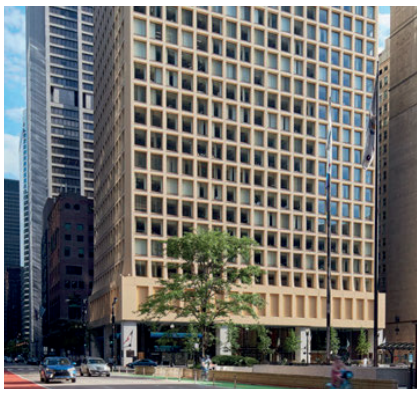
darüber. Zudem weist die Megadiagonale eine sehr hohe axiale Steifigkeit auf. Da die Last immer entlang dem Pfad der höchsten Steifigkeit wandert, geht die Vertikallast aus der Stütze, die auf der Diagonale aufsitzt, auf die Megadiagonale über.
Die Bauwerksform des Bank of China Tower ist sehr effizient und wirtschaftlich. Trotz der großen Höhe und der starken Windbelastung unterschritten die Baukosten sogar das geplante Budget. Der Erfolg dieses Tragwerks basierte nicht nur auf der Konstruktion selbst, sondern auch auf einer Materialinnovation – dem Verbundwerkstoff aus Stahl und Beton. Die Megadiagonalen sind betongefüllte Stahlröhren, und die Megastützen bestehen aus mehreren Stahlstützen, die mit den stählernen Diagonalen verbunden und dann in Gruppen einbetoniert wurden. Möglich wurde eine derartige wirtschaftliche Konstruktion mit einer den Anforderungen entsprechenden Festigkeit und Steifigkeit erst durch die Kombination aus Beton und Stahl. Die Idee, die Abtragung der Lasten durch Form und Steifigkeit der Elemente zu lenken, bildet die Grundlage für das Prinzip „die Funktion folgt aus der Form“ (Function follows Form).

Function follows Form

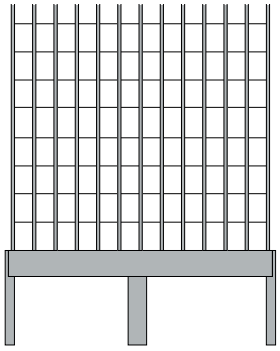
Billington stellte die These auf, dass die besten Beispiele für gelungene Tragwerksentwürfe, die sogenannte Structural Art, d.h. die Kunst des Ingenieurs, von Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Eleganz geprägt sind [13]. Er schreibt: „Das erste Prinzip der Structural Art ist, dass die Form die Kräfte lenkt. Allgemeiner gesprochen bedeutet das, dass die Funktion aus der Form folgt und nicht umgekehrt, wie es alle Autoren über die Baukunst im 19. Jahrhundert formuliert hatten.“ [14] Am Beispiel des Eiffelturms erläutert er, wie sich die Form auf die angreifenden Windlasten auswirkt. Die „Transparenz“ des Tragwerkrahmens sowie die sich verjüngende Form reduzieren die Windbelastung auf die Konstruktion. Umgekehrt wirken sich die durch den Wind auf das Bauwerk aufgebrachten Kräfte auch auf die Form aus: Je stärker die Beine des Eiffelturms gespreizt werden, umso kleiner sind die Kräfte in den Beinen. Analog stellt sich die Situation am höchsten Gebäude der Welt, dem Burj Khalifa in Dubai von 2010, dar. Aufgrund seiner außergewöhnlichen Höhe mussten die dynamischen Effekte des Winds sehr sorgfältig untersucht werden. Die Form des Turms sollte „den Wind irritieren“, damit sich die Windwirbel gar nicht erst aufbauen können [15]. Anders ausgedrückt heißt das, die Form hat einen großen Einfluss auf die Tragwerksfunktion unter Windlast.
Eine weitere Anwendung des Prinzips, dass sich durch die Form die Kräfte lenken lassen, zeigt sich in der Neuverteilung der Stützenlasten auf die in größeren Abständen platzierten Stützen auf Straßenniveau. Wie bereits am Beispiel des Bank of China Tower erläutert, folgen die Kräfte dem Pfad der größten Steifigkeit, was bedeutet, dass sich die Kräfte lenken lassen, indem ein Steifigkeitspfad erzeugt wird. Das Tragsystem des Röhrenrahmens besteht aus eng stehenden Stützen entlang der Außenwände. Jedoch müssen die Stützenabstände im Erdgeschoss aus funktionalen Gründen erweitert werden. Die Lasten müssen folglich oberhalb des Erdgeschosses auf das größere Stützenraster aufgeteilt werden. Abb. D 3.7 bis D 3.10 (S. 120f.) stellen zwei unterschiedliche Varianten dieser Lastumverteilung dar: eine direkte und eine sukzessive Methode, wobei letztere auf der Lenkung der Kräfte durch die Steifigkeit des Tragwerks beruht. Beim ebenfalls von Khan in Chicago konzipierten Brunswick Building (1965) erfolgt der Lastabtrag direkt über einen hohen Träger (Abb. D 3.7, S. 120). Eine weitere Innovation Khans zeigt das Two Shell Plaza in Houston von 1972 (Abb. D 3.8, S. 120). Zur Lastabtragung sind hier mehrere gevoutete Träger übereinander platziert. Gevoutet bedeutet, dass die Höhe des Trägers an den Auflagern größer ist als in der Mitte. Die Träger, die dem Erdgeschoss am nächsten sind, besitzen die ausgeprägteste Voute und somit die höchste Steifigkeit. Je höher die Etage, desto kleiner wird die Voute, bis sie nicht mehr erkennbar ist. Abb. D 3.9 (S. 121) zeigt am Beispiel des IBM Building in Seattle von 1964 einen direkten Lastabtrag über die Bögen, während der Lastabtrag beim Marine Midland Plaza sukzessiv über mehrere Bögen erfolgt Abb. D 3.10 (S. 119). Aus Abb. D 3.7 bis D 3.10 (S. 120f.) wird auch deutlich, dass



D 3.6



a



b

D 3.7 Brunswick Building, Chicago (US) 1965, SOM, Fazlur Khan, Bruce Graham
a Ansicht
b direkter Lastabtrag über hohen Träger

D 3.8 Two Shell Plaza, Houston (US) 1972, Fazlur Khan, Bruce Graham
a Ansicht
b sukzessiver Lastabtrag über mehrere gevoutete Träger

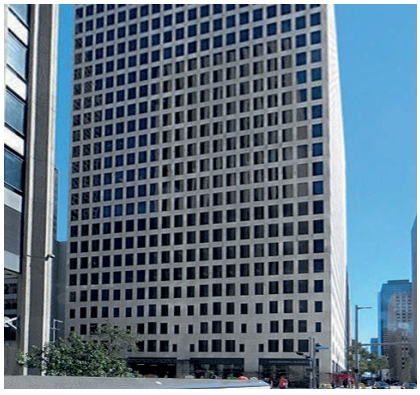
D 3.9 IBM Building, Seattle (US) 1964, Minoru Yamasaki
a direkter Lastabtrag aus den Stützen über einen Bogen
b Ansicht

D 3.10 Marine Midland Plaza (auch Five Star Bank Plaza, One HSBC Plaza), Rochester (US) 1970, SOM, Fazlur Khan, Bruce Graham
a sukzessiver Lastabtrag über Bogenwirkung
b Ansicht

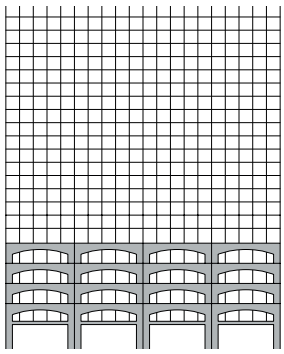
verschiedene konstruktive Lösungen zu unterschiedlichen optischen Ergebnissen führen.

Ansätze und Überlegungen im 21. Jahrhundert

Das 20. Jahrhundert war ausgesprochen reich an Innovationen im Hochhausbau. Einschränkungen durch den Standort sowie der Wunsch, offenere Straßenräume zu schaffen und Häuserschluchten zu vermeiden, spornten die Ingenieure an, neue Ideen für die Errichtung von hohen und schmalen Gebäuden zu entwickeln. Die Grundprinzipien, auf denen das Bauwesen beruht, werden – und können – sich nicht ändern. Allerdings hat das 21. Jahrhundert einige technologische Fortschritte erzielt, die zuvor noch undenkbare Entwürfe, Formen und Höhen realisierbar machen. Diese technologischen Fortschritte lassen sich größtenteils auf die Effizienz und Präzision moderner Computer und Softwareprogramme zurückführen, aber auch neue Werkstoffe mit höheren Festigkeiten und der Einbau von Schwingungsdämpfern, die Querbeschleunigungen reduzieren, haben ihren Teil dazu beigetragen.



a



b

D 3.8

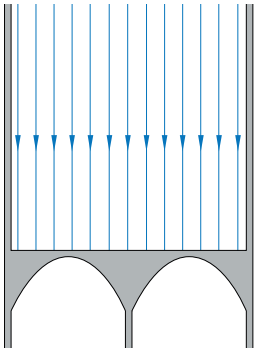
Ingenieure sollten jedoch nicht schon zu Beginn der Entwurfsphase auf leistungsstarke Statikprogramme zurückgreifen. Besser ist es, sich an simplen Formeln und Grundprinzipien zu orientieren. Erst diese grundlegenden Werkzeuge und die gedankliche Vereinfachung ermöglichen es den Planern, das Tragverhalten eines Systems von Grund auf zu verstehen. Außerdem ist es unerlässlich, mithilfe dieser einfachen Analysen die umfangreichen digitalen Ergebnisse zu validieren. Andernfalls könnten Studierende oder Berufsanfänger geneigt sein, den komplexen Computerprogrammen zu sehr zu vertrauen, ohne zu hinterfragen, ob die errechneten Lösungen überhaupt sinnvoll sind, oder ohne das Verhalten der Konstruktion grundsätzlich zu begreifen.
Mithilfe von Softwareprogrammen kann dann jedoch der Tragwerksentwurf optimiert sowie Effizienz und Wirtschaftlichkeit gegeneinander abgewogen werden (denn möglicherweise ist der Bau eines Tragwerks, das am wenigsten Material benötigt, deutlich teurer). In der Optimierung muss auch eine Balance zwischen Eleganz und Nachhaltigkeit unter Berücksichtigung soziokultureller und ökologischer Aspekte sowie des baulichen Kontexts gefunden werden. Bei so vielen Parametern ist es unerlässlich, dem Faktor „Mensch“ bei der Auswahl des besten Entwurfs Raum zu geben. Zwar können Softwareprogramme die Effizienz und das Tragverhalten optimieren, eine ganzheitliche Bewertung ist jedoch nur durch den Menschen auf Grundlage von Fachkenntnis, Erfahrung und einer subjektiv ästhetischen Einschätzung möglich. Zudem beinhaltet die Optimierung eines Hochhauses mehr als nur die Dimensionierung der Bauteile, vielmehr ist damit die Suche nach der passenden Form gemeint – die Optimierung der Topologie. Mit der Auswahl der richtigen Form, der richtigen Geometrie und des richtigen Tragsystems lässt sich die Qualität eines Entwurfs am stärksten beeinflussen. Die Grenze zwischen Architektur und Tragwerksplanung verläuft genau dort, wo sich das vom Ingenieur optimierte Tragwerk sichtbar auf das optische Erscheinungsbild auswirkt.
Moderne Computerprogramme erlauben die Analyse und den Entwurf komplexer Geometrien und unvorstellbarer Höhen. Die Frage lautet nun nicht mehr: „Können wir das bauen?“, sondern vielmehr: „Sollten wir das bauen?“ Bei der Antwort auf diese Frage müssen auch die Auswirkungen auf Gesellschaft und Umwelt bedacht werden. Im 21. Jahrhunderte rückt die Nachhaltigkeit als Entwurfsziel und das 1998 vom U.S. Green Building Council entwickelte LEED-Rating-System in den Fokus, das „als Standard für gesunde, hocheffiziente und kostensparende umweltfreundliche Gebäude gilt. Eine LEED- oder eine vergleichbare andere Zertifizierung wie BREEAM, DGNB o.ä. ist ein weltweit anerkanntes Gütesiegel für erbrachte ökologische Leistungen und eine Auszeichnung für vorbildliche Nachhaltigkeit.“ [16] Bei den meisten Projekten dieses Jahrhunderts gehört die LEED-Zertifizierung bereits zu den Entwurfszielen. Grundsätzlich haben Hochhäuser in Stadtgebieten im Vergleich zu kleineren Gebäuden in Vorstädten oder ländlichen Gegenden positivere Auswirkungen auf die Umwelt. Ihre Bewohner können öffentliche Verkehrsmittel

Übersetzung aus dem Englischen:
Übersetzungsbüro Antoinette Aichele-Platen, München

nutzen, statt mit dem eigenen Pkw zur Arbeit zu fahren und diesen dann auf versiegelten Parkplätzen abzustellen; mehrere Häuser können miteinander gekoppelt werden, um ihre Energieressourcen zu teilen; zudem besitzen Hochhäuser ein besseres A/V-Verhältnis als Einfamilienhäuser, wodurch das Außenklima weniger Einfluss auf die Klimatisierung der Innenräume hat. Allerdings benötigen Hochhäuser großformatigere Stützen, Träger und Wände als niedrigere Gebäude mit gleicher Grundfläche. Folglich ist es wichtig, ihre Form und ihre Bauelemente zu optimieren.

Der Bau eines Hochhauses ist ein Zusammenspiel vieler Fachbereiche und erfordert von allen Planungsbeteiligten eine detaillierte und sorgfältige Abstimmung. Dazu gehören unter anderem die Fachbereiche Architektur, Tragwerksplanung, Aufzugstechnik, Elektroplanung, Maschinenbau, IT, Sanitärtechnik, Fassadenplanung, Beleuchtungsberatung, Brandschutz und Akustik, Geotechnik und das Facility-Management. Einen erheblichen Teil des Geschossflächenbedarfs bei Hochhäusern beanspruchen Erschließungsräume und TGA. Hier gilt es, diese so zu optimieren, dass dem Bauherrn trotzdem genügend hochwertige Flächen zur Vermietung zur Verfügung stehen – ein wichtiges Kriterium für die finanzielle Rentabilität eines Hochhauses. Das 21. Jahrhundert hat Tools hervorgebracht, die dank 3-D-Modellierung in Echtzeit eine bessere Dimensionierung und Positionierung aller Ver- und Entsorgungskomponenten ermöglichen. Dazu gehört beispielsweise die Gebäudedatenmodellierung (BIM, engl.: Building Information Modeling). Die in diesen Tools integrierte Virtual-Reality-Schnittstelle macht es möglich, in den digitalen Entwurf einzutauchen und die korrekte Abstimmung aller Fachbereiche noch vor der Bauausführung zu überprüfen. Dank entsprechender Programme können zeitgleich und von überall auf der Welt mehrere Mitglieder eines Planungsteams die virtuellen Räume „betreten“. [17] Diese sogenannten In-the-model-Meetings gestatten Echtzeitbeobachtungen und erlauben es den Teilnehmern, Objekte zu verändern, um nähere Informationen zu erhalten. Das hohe Koordinations- und Präzisionsniveau in der Entscheidungsfindung führt dazu, potenzielle Konflikte frühzeitig zu erkennen und zu lösen – und damit letztendlich zu mehr Effizienz und Qualität.

Seit den frühen Hochhausbauten der Ersten Chicagoer Schule im ausgehenden 19. Jahrhundert bis in die Gegenwart spielen Hochhäuser für die jeweilige Gesellschaft und auch für die Lebensqualität ihrer Bewohner eine wichtige Rolle. Da schon heute über die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten lebt und die Bevölkerungsdichte hier vermutlich noch weiter steigen wird, ist es wichtiger denn je effiziente, wirtschaftliche und nachhaltige Hochhäuser zu errichten. Die besten Beispiele für geglückte Hochhausentwürfe sind jene, die im Bewusstsein der gesellschaftlichen Bedeutung in enger Zusammenarbeit zwischen Architekt und Bauingenieur entstanden. Ausgestattet mit den modernsten Tools sind die Planungsteams heute bestens aufgestellt, die konstruktiven Herausforderungen beim Hochhausbau zu meistern. Die urbane Zukunft ist in guten Händen.

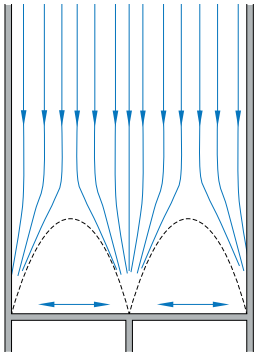


a

b D 3.9

Anmerkungen:

[1] NFPA 101: Life Safety Code. National Fire Protection Association. Quincy 2009; das entspricht in etwa der in Deutschland geltenden Definition von 22 m Fußbodenhöhe des obersten Geschosses.
[2] “there is no absolute definition of what constitutes a ‘tall building;’ the definition is subjective, considered against one or more of the following categories:…” CTBUH Height Criteria, ctbuh.org/resource/height (abgerufen am 31.12.2019)
[3] Billington, David P.: The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering. Princeton 1985 dt. Ausg., übersetzt von Michael Bär. Berlin 2014
[4] Condit, Carl: The Chicago School of Architecture: A History of Commercial and Public Buildings in the Chicago Area, 1875–1925. Chicago 1964
[5] wie Anm. 3
[6] wie Anm. 4
[7] wie Anm. 3, S. 100
[8] Khan, Yasmin Sabina: Engineering Architecture: The Vision of Fazlur R. Khan. New York 2004
[9] Robertson, Leslie E.: The Structure of Design: An Engineer’s Extraordinary Life in Architecture. New York 2017
[10] Schittich, Christian (Hrsg.): SOM Structural Engineering. München 2015
[11] “an ugly steel braced colossus.” In: Modern Marvels: John Hancock Center. DVD. Directed by Emily Lau. History Channel / New Video. New York 2008
[12] “monstrous” and “ridiculous”, wie Anm. 3, S. 61
[13] wie Anm. 3, S. 5
[14] wie Anm. 3, S. 87 (Übersetzung nach dt. Ausgabe S. 77)
[15] “confuse the wind”, wie Anm. 10, S. 55
[16] “a framework for healthy, highly efficient, and cost-saving green buildings. LEED certification is a globally recognized symbol of sustainability achievement and leadership.” usgbc.org/leed/why-leed (abgerufen am 15.02.2020)
[17] z. B. Immersify von Supple

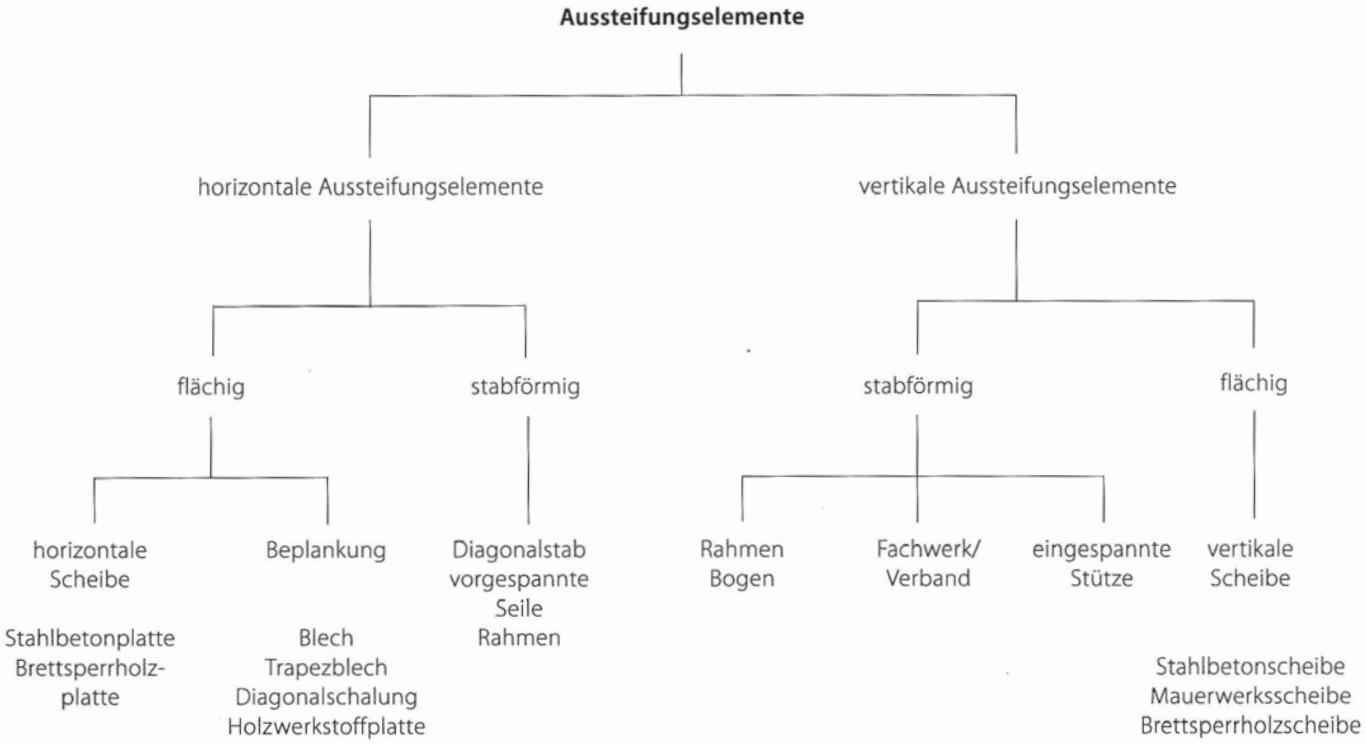


a

b D 3.10

Philippe Block u. A., Auszug aus *„Faustformel Tragwerksentwurf - Aussteifung“*, München 2013
S. 138-151

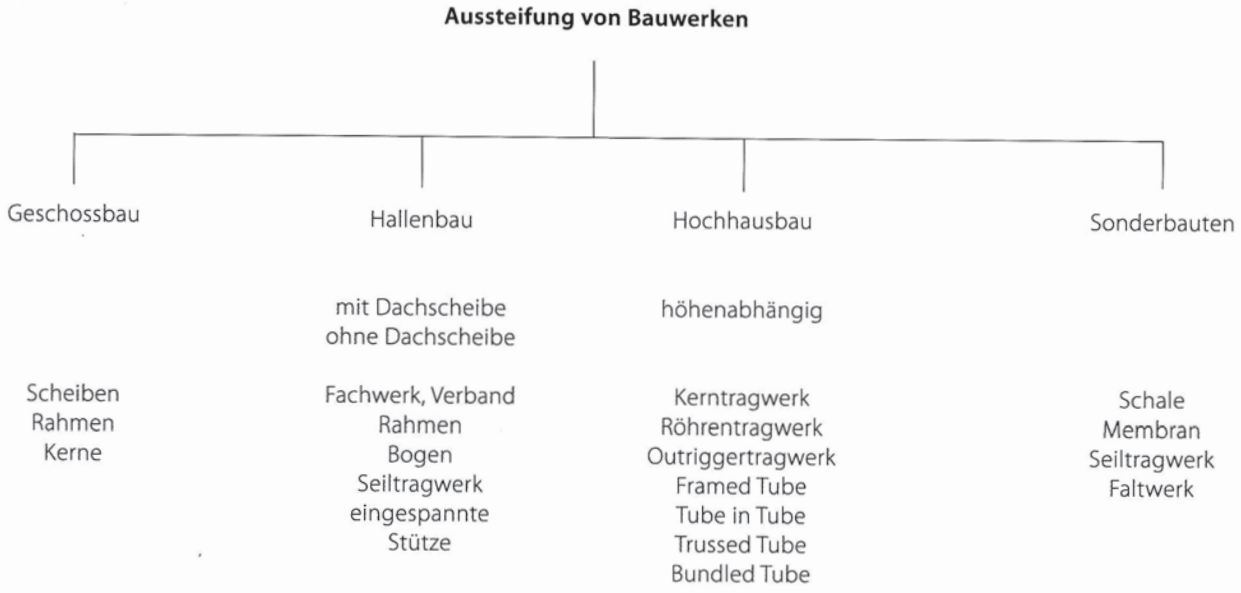
ÜBERSICHT



Gebäudeaussteifung

Die Gebäudeaussteifung gewährleistet die Stabilität eines Gebäudes auch unter horizontalen Lasten. Neben den vertikalen Lasten wirken sowohl planmäßige (z.B. Wind) als auch unplanmäßige (z.B. Schiefstellung) horizontale Lasten auf Bauwerke ein. Sie müssen durch entsprechende Aussteifungselemente bis in die Fundamente geleitet werden (→S. 11). Die horizontalen Kräfte verursachen horizontale Verformungen, deren Ausmaß von der gewählten Aussteifungsvariante bestimmt wird. Windlasten beispielsweise wirken als horizontale Flächenlasten orthogonal auf die Fassade. Diese überträgt die Last als horizontale Linienlast in die Geschossdecken. Die Decken wirken dabei als Linienlager der auf Biegung beanspruchten Fassade. Die horizontale Belastung der Geschossdecken würde ohne zusätzliche Maßnahmen ein gegenseitiges Verschieben der Decken untereinander und gegenüber dem Gelände bewirken. Vertikale Aussteifungselemente wie Stahlbetonscheiben ermöglichen die Weiterführung der Horizontallasten bis in den Baugrund und begrenzen dadurch die Bauwerksverformungen auf ein akzeptables Maß.

ÜBERSICHT



Geschossbau

Horizontale Lasten, die beispielsweise infolge von Wind oder Erdbebenlasten auf ein Bauwerk wirken, werden im Geschossbau meist über Scheiben oder Kerne abgetragen. Liftschächte oder Treppenhäuser werden oft durch umschließende Scheiben als Kerne (vertikale, innen liegende Röhren) ausgebildet. Auch Rahmen kommen als vertikale Aussteifungselemente zum Einsatz.

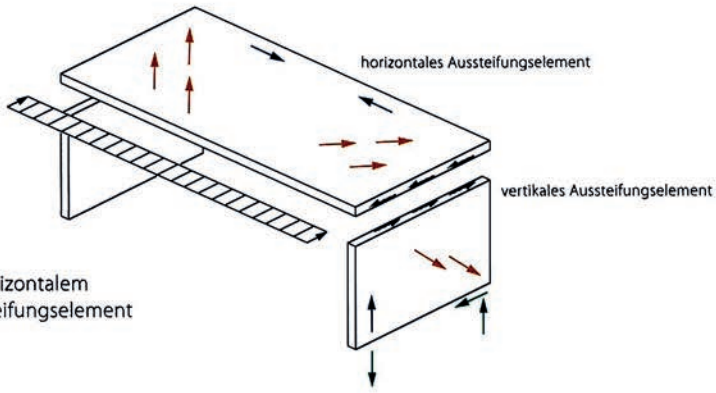
Hallenbau

Fachwerke bzw. Verbände kommen im Hallenbau am häufigsten zur Anwendung. Aber auch Rahmen und Bögen werden eingesetzt. Besonders die Art der horizontalen Aussteifung unterscheidet sich zwischen Hallenbau und Geschossbau. Während im Geschossbau meist massive Scheiben eingesetzt werden, übernehmen im Hallenbau oft Verbände diese Funktion.

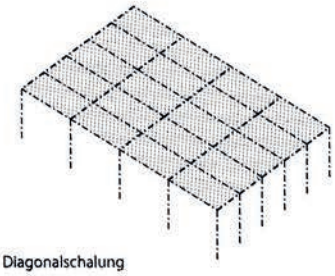
Hochhausbau

Im Hochhausbau kommt der Aussteifung gegen horizontale Lasten besondere Bedeutung zu, da sich mit steigender Bauwerkshöhe auch die horizontalen Lasten vergrößern. Abhängig von der Gebäudehöhe wird ein geeignetes Aussteifungssystem gewählt.

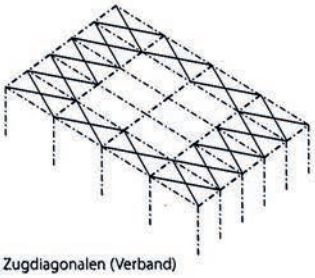
AUSSTEIFUNGSELEMENTE



Lastumlenkung in horizontalem
und vertikalem Aussteifungselement

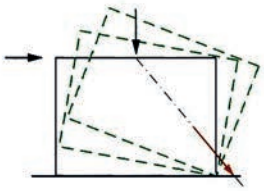


Diagonalschalung

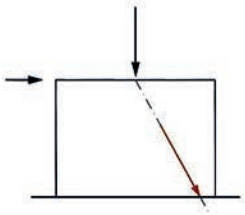


Zugdiagonalen (Verband)

Horizontale Austeifungselemente im Skelettbau



Resultierende außerhalb der Lagerfuge: Kippgefahr



Resultierende Kraft verläuft durch die Lagerfuge:
keine Kippgefahr.

Vertikales Aussteifungselement

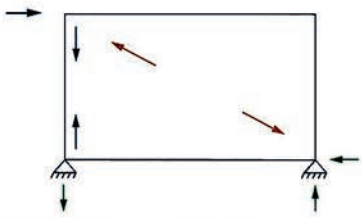
Horizontale Aussteifungselemente

Horizontale Aussteifungselemente ermöglichen es, horizontale Lasten, die in sie eingeleitet werden, umzulenken und auf vertikale Aussteifungselemente zu verteilen. Voraussetzung dafür ist eine Scheibenwirkung der horizontalen Bauteile. Dies bedeutet, dass sie sich unter Beanspruchung in ihrer Ebene als starres Element verhalten. Bei Skelettbauten kann die Scheibenwirkung beispielsweise durch Verbände erzielt werden.

Vertikale Aussteifungselemente

Die in Scheibenebene der vertikalen Aussteifungselemente eingeleiteten Horizontalkräfte können geschossweise nach unten abgeleitet werden. Die vertikalen Aussteifungselemente müssen sich dafür, genauso wie die horizontalen, wie starre Scheiben verhalten. Auch eingespannte Stützen ermöglichen die Vertikalabtragung von horizontalen Lasten bis zu einem gewissen Maß. Vertikale Aussteifungselemente müssen unter Horizontallast gegen Abheben gesichert werden, ansonsten kommt es zum Kippen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Bauteile aus der vertikalen Lastabtragung nur geringe Auflasten erhalten. Verläuft die Wirkungslinie der Resultierenden aus horizontaler und vertikaler Kraft durch die Standfuge der Scheibe, tritt auch ohne Sicherung gegen Abheben kein Kippen auf.

AUSSTEIFUNGSELEMENTE



Horizontallastabtragung in Scheibenebene

Wandscheibe

Horizontallastabtragung in Rahmenebene

Rahmen

Keine Lastabtragung orthogonal zur Scheibenebene möglich, instabil

Scheibe, Rahmen

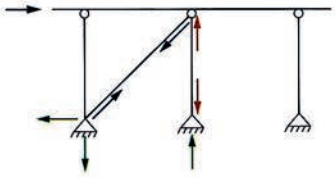
Wandscheiben

Massive Wandscheiben sind als praktisch starr anzusehen. Sie verhindern Verschiebungen der Deckenscheiben gegeneinander. Dies ist jedoch nur der Fall, wenn die Wirkungslinien der einwirkenden Horizontalkräfte in Scheibenebene liegen. In Querrichtung können sie keine aussteifende Funktion übernehmen. Bei Kräften orthogonal zu ihrer Ausdehnungsebene verhalten sie sich wie gelenkig gelagerte Stützen.

Rahmen

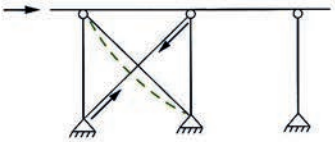
Bei Rahmen sind Stiele und Riegel (Stützen und Träger) biegesteif miteinander verbunden, sodass der rechte Winkel zueinander auch unter Horizontalbelastung erhalten bleibt. Auf diese Weise wird unter Horizontallast eine Verformung zu einem Parallelogramm verhindert. Rahmen können als Zweigelenk-, Dreigelenk- oder eingespannte Rahmen ausgebildet werden, auch mehrstielige Rahmen sowie Stockwerksrahmen werden angewandt (→S. 107). Die Rahmenart sowie die Abmessungen bestimmen das Verformungsausmaß. Dieses ist bei eingespannten Rahmen am geringsten. Im Vergleich zu starren Wandscheiben entstehen bei Rahmen in der Regel deutlich größere horizontale Verformungen.

AUSSTEIFUNGSELEMENTE



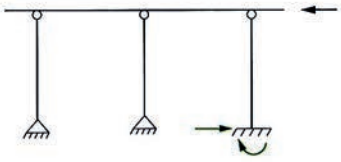
Horizontallastabtragung im Fachwerk

Fachwerk

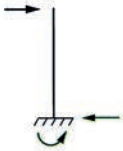


Diagonalseile: Richtung der Horizontallast bestimmt, welches Seil zur Lastabtragung herangezogen wird.

Zugdiagonalen



Horizontallastabtragung über eingespannte Stütze



Eingespannte Stützen ermöglichen die Horizontallastabtragung in allen Richtungen.

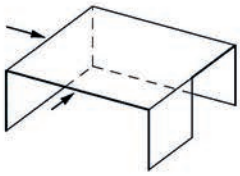
Eingespannte Stütze

Fachwerke, Zugdiagonalen

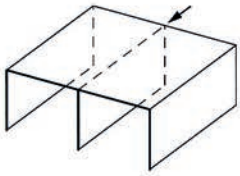
Rein gelenkig gelagerte Stützen können ein gegenseitiges Verschieben der Geschossdecken unter Horizontallast nicht verhindern. Die Anordnung von diagonal verlaufenden Fachwerkstäben kann jedoch eine aussteifende Wirkung erzielen. Es entstehen Fachwerke aus unverschieblichen Dreiecken, die Verformungen in der Fachwerkebene weitestgehend unterbinden. Die Diagonale leitet hierbei die Horizontalkraft nach unten weiter. Wird nur eine Diagonale angeordnet, wird sie abhängig von der Windrichtung entweder auf Druck oder Zug belastet. Bei der Ausführung von zwei gegensinnig geneigten Diagonalen können auch nicht drucksteife Zugstäbe gewählt werden (z.B. Stahlseile). In diesem Fall wird die Horizontallast nur über eine Diagonale abgetragen.

Eingespannte Stützen

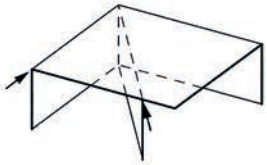
Die Verschiebung von Geschossdecken, die auf gelenkig angeschlossen Stützen gelagert sind, kann durch die Einspannung einzelner Stützen am Stützenfuß reduziert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass bei dieser Variante die größten Verformungen auftreten. Die entstehenden Einspannmomente werden in die weiterführenden Bauteile übertragen.



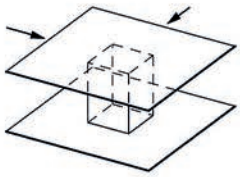
Stabile Aussteifung durch drei vertikale Aussteifungselemente



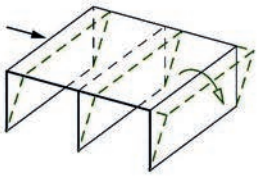
Parallele Scheiben können nur Lasten parallel zur Scheibenrichtung abtragen.



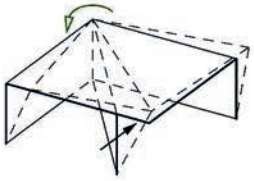
Sich kreuzende Scheiben können nur Lasten, die in den Scheibenebenen wirken, abtragen.



Stabile Aussteifung durch einen Kern (vertikale Aussteifungselemente, im Grundriss angeordnet als geschlossene Röhre): Abtragung von horizontalen Lasten aus allen Richtungen möglich



Labiles Verhalten paralleler Scheiben unter Horizontallast

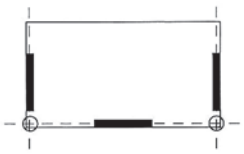


Labiles Verhalten sich kreuzender Scheiben unter Horizontallast

Minimalaussteifung

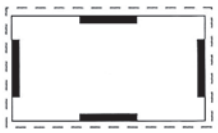
Um die Stabilität eines Geschosses unabhängig von der Richtung der auftretenden Horizontallasten sicherzustellen, sind mindestens drei vertikale Aussteifungselemente erforderlich. Das Vorhandensein von horizontalen Scheiben (Decke bzw. Dach), die die Verteilung der Lasten auf die vertikalen Aussteifungselemente ermöglichen, wird vorausgesetzt. Die Aussteifungselemente dürfen nicht alle parallel zueinander ausgerichtet sein, da in diesem Fall keine aussteifende Wirkung bei Kräften orthogonal zur Scheibenebene gegeben wäre. Nur bei Kräften mit Wirkungslinien parallel zur Scheibenrichtung verhält sich das System stabil, unabhängig von der Lage der Kräfte. Das Schneiden aller Wirkungslinien der Aussteifungsebenen in einem Punkt (im Grundriss betrachtet) muss ebenfalls vermieden werden. Alle Kräfte, die einen Hebelarm zum Kreuzungspunkt aufweisen, ergeben ein Moment um diesen Punkt. Da die Aussteifungsebenen in diesem Fall keinen Hebelarm zum Drehpunkt haben, können sie dem Moment nicht entgegenwirken.

ANORDNUNG DER AUSSTEIFUNGSELEMENTE IM GRUNDRISS



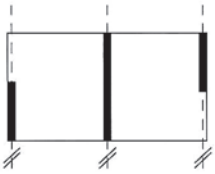
Drei Scheiben

Stabile, günstige Anordnung: Windlasten in Richtung der zwei parallelen Scheiben werden durch diese abgetragen. Durch deren großen Abstand zueinander kann kein Verdrehen auftreten, Windlasten in Querrichtung werden durch die dritte Scheibe abgetragen. Dem dabei auftretenden Moment (Betrag der Resultierenden mal deren Abstand zur Scheibe in Windrichtung) wirkt ein Kräftepaar der zwei parallelen Scheiben entgegen.



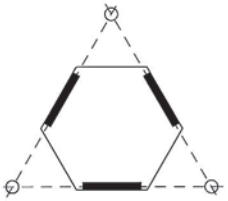
Vier Scheiben

Stabile, günstige Anordnung auch unter Temperaturbelastung: Infolge von Temperaturdehnung verformt sich die Deckenscheibe in den Bereichen der Wandscheiben orthogonal zu den Wänden. Die Wände behindern die Verschiebung kaum, da sie sich orthogonal zu ihrer Ebene weich verhalten (wie Pendelstützen), sodass nur geringe Zwangsbeanspruchungen entstehen.



Drei parallele Scheiben

Instabil: Wirkungslinien der Scheiben verlaufen alle parallel, horizontale Einwirkungen mit Lastanteil orthogonal zur Scheibenebene führen zum Kippen.

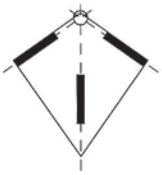


Drei Scheiben

Stabile, günstige Anordnung: Es sind drei Scheiben vorhanden, die nicht parallel ausgerichtet sind und deren Wirkungslinien sich nicht in einem Punkt schneiden.

Vier Scheiben

Stabil, jedoch treten Zwänge unter Temperaturbeanspruchung auf: Die Deckeneckpunkte würden sich bei ungehinderter Temperaturdehnung diagonal vom Deckenmittelpunkt weg verschieben. Die dort angeordneten Scheiben wirken dem Verschiebungsanteil in Scheibenebene entgegen und führen zu Zwängen.



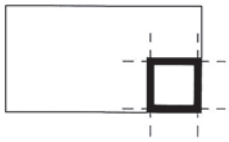
Drei Scheiben

Instabil: Wirkungslinien der Scheiben schneiden sich in einem Punkt, eine Verdrehung des Systems um den Schnittpunkt ist möglich.

ANORDNUNG DER AUSSTEIFUNGSELEMENTE IM GRUNDRISS

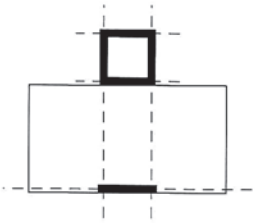
Drei Scheiben

Stabil, jedoch ungünstig: Der Hebelarm zwischen den zwei parallelen Scheiben ist sehr gering. Dies führt zu großen Kräften infolge von Momenteneinleitung durch Wind orthogonal zu diesen Scheiben.



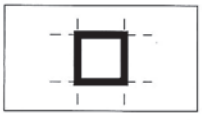
Kern

Stabil, jedoch ungünstig: Die Windlast orthogonal zur Gebäudelängsseite, deren Resultierende einen großen Abstand zum Kern aufweist, führt zu einer deutlichen Torsionsbeanspruchung des Kerns.



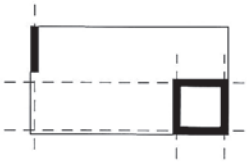
Scheibe und Kern

Stabil, günstig: Torsion im exzentrisch angeordneten Kern wird durch eine Einzelscheibe mit großem Hebelarm zum Kern vermindert.



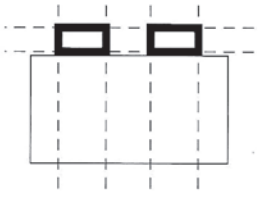
Kern

Stabil und günstig durch zentrale Anordnung des Kerns: Die Resultierende der Windlast verläuft durch den Kern. Dadurch wird eine Torsionsmomentenbeanspruchung des Kerns vermieden.



Scheibe und Kern

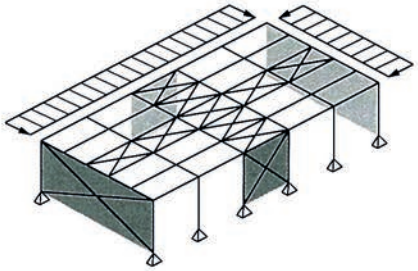
Günstig: Die Einzelscheibe reduziert die Torsionsbeanspruchung des Kerns. Ihr großer Abstand vom Kern ergibt einen großen Hebelarm und führt somit zu kleinen Kräften.



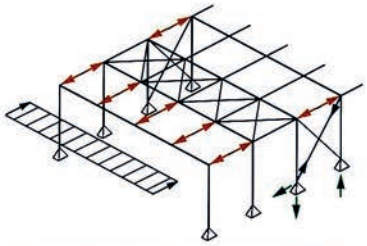
Zwei Kerne

Stabil, jedoch ungünstig: Windlast orthogonal zur Deckenquerseite verursacht durch die exzentrische Anordnung ein Moment, das nur über die schlanken Kerne abgetragen werden kann, sodass diese stark beansprucht werden.

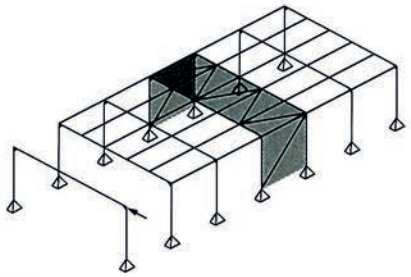
MINIMALAUSSTEIFUNG – VARIANTEN



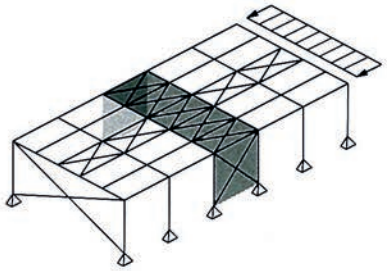
Mindestens vier vertikale Aussteifungselemente notwendig



Lastabtragung über einen Verband in der Dachebene



Rahmen

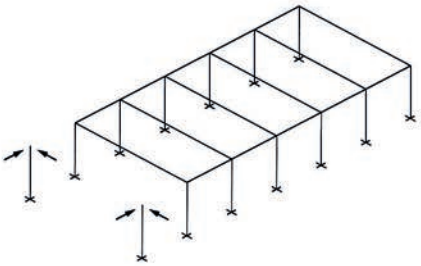


Pro Lastrichtung tragen mindestens zwei vertikale Aussteifungselemente die Horizontallasten ab.

Aussteifung ohne vollflächige Dachscheibe

Lastabtragung über Querbiegung eines Trägers

Lastabtragung in der horizontalen Ebene



Eingespannte Stützen

Minimalaussteifung ohne vollflächige Dach- oder Deckenscheibe

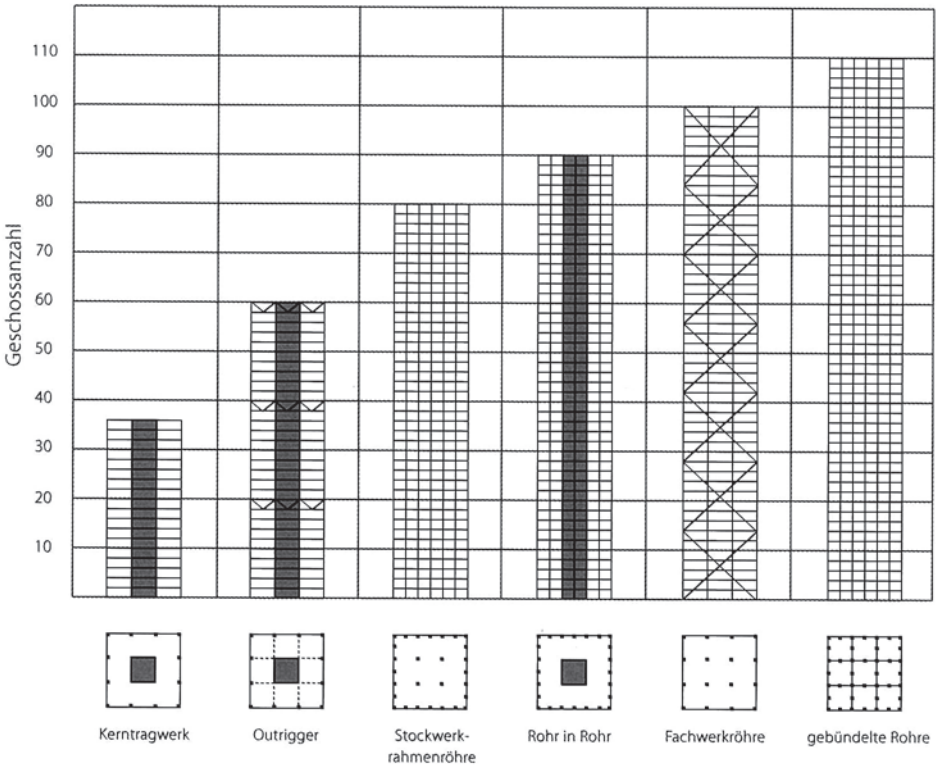
Ist keine vollflächige, ausreichend starre horizontale Scheibe vorhanden, in der die Umlenkung der horizontalen Last zu den Aussteifungselementen stattfinden kann, sind mindestens vier vertikale Aussteifungselemente pro Geschoss nötig. Mindestens müssen in zwei Richtungen jeweils zwei Aussteifungselemente angeordnet werden, die die entsprechenden Lastkomponenten abtragen.

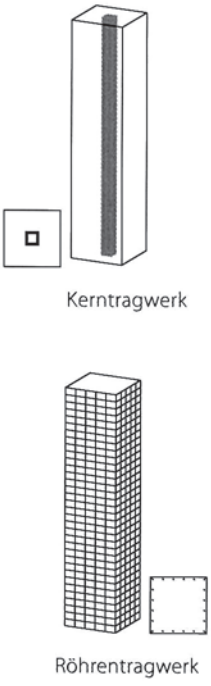
Lastfluss zu den vertikalen Aussteifungselementen

Die Lastabtragung erfolgt entweder über Querbiegung eines dafür geeigneten Trägers oder, wie meist ausgeführt, über einen Verband. Dessen horizontal liegende Aussteifungselemente müssen in beiden Spannrichtungen ausgeführt werden. Ihre Lage im Grundriss kann beliebig verschoben werden.

Varianten

Bei Tragwerken aus Rahmen oder Bögen kann in Rahmen- bzw. Bogenebene auf zusätzliche vertikale Aussteifungselemente verzichtet werden. Eingespannte Stützen ermöglichen die Aussteifung in zwei Richtungen ohne ergänzende vertikale Aussteifungselemente. Je nach Steifigkeit der Stützen sind jedoch die horizontalen Verformungen meist größer als beim Einsatz anderer Aussteifungselemente.

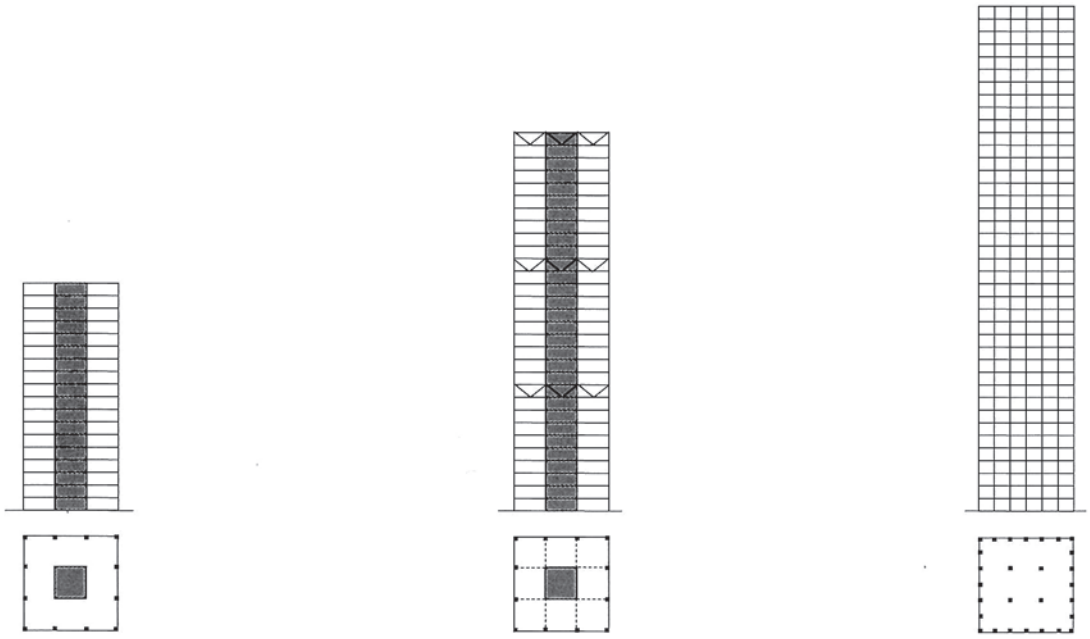




Große Bauhöhen

Mit zunehmender Bauwerkshöhe wird die horizontale Lastabtragung für das Tragwerkskonzept immer entscheidender. Ein vertikales Aussteifungselement eines hohen Gebäudes verhält sich unter horizontaler Last nicht mehr starr sondern wie ein (beispielsweise im Kellerbauwerk eingespannter) Kragarm, der sich unter Biegebeanspruchung horizontal verformt. Um diese Verformungen geringzuhalten, ist eine hohe Steifigkeit des Tragwerks notwendig. Schubsteif zu Röhren verbundene Aussteifungselemente können die entsprechenden Steifigkeiten erzielen. Abhängig von Abmessung und Grundrissanordnung wird zwischen Kern- und Röhrentragwerk unterschieden.

HOCHHAUSBAU



Kerntragwerk

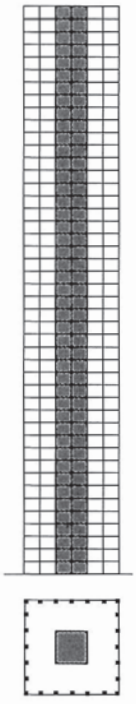
Hierbei trägt ein möglichst zentral angeordneter Kern, der die Erschließung enthält, die gesamte Horizontallast ab. Lagexzentrizität führt zur Torsionsbeanspruchung des Kerns. Kerne werden oft aus Scheiben, jedoch auch aus Fachwerken oder Rahmen gebildet. Da meist der Wunsch nach kompakten Kernen besteht, eignet sich diese Aussteifungsvariante nur für Bauwerke mit bis zu 35 Geschossen.

Outriggertragwerk

Die Steifigkeit von Kerntragwerken kann erhöht werden, indem ergänzend die Außenstützen zur Horizontallastabtragung herangezogen werden. Durch eine schubsteife Verbindung des Kerns und der Stützen mit geschosshohen Tragkonstruktionen (Outriggern) werden bei Biegung des Kerns Normalkräfte in die Stützen übertragen und der Hebelarm vergrößert. Die Anwendung ist bis zu 60 Geschossen wirtschaftlich.

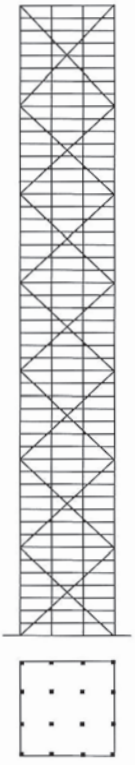
Stockwerkrahmenröhre

Auch bei diesem Tragsystem werden die horizontalen Lasten über eine geschlossene Röhre abgetragen, im Gegensatz zum Kerntragwerk liegt diese im Grundriss so weit außen wie möglich. Die Röhre (Framed Tube) wird aus biegesteif verbundenen Riegeln und Stützen gebildet. Um eine ausreichende Steifigkeit für Bauhöhen bis zu 80 Geschossen zu erzielen sind ein enger Stützenabstand (1,20–3,50 m) und starke Riegel nötig.



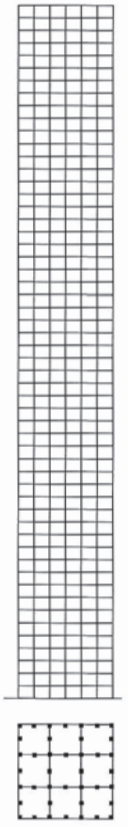
Rohr in Rohr

Da mit zunehmender Gebäudehöhe die erforderliche Steifigkeit des Tragwerks überproportional wächst, kann die Ausbildung von Rohr-in-Rohr-Systemen (Tube in Tube) notwendig werden. Durch die schubsteife Verknüpfung von Kern und äußerer Röhre über die Deckenscheiben wird die Gesamtsteifigkeit deutlich gesteigert. Wirtschaftlich sind solche Systeme für Bauwerke mit bis zu 90 Geschossen.



Fachwerkröhre

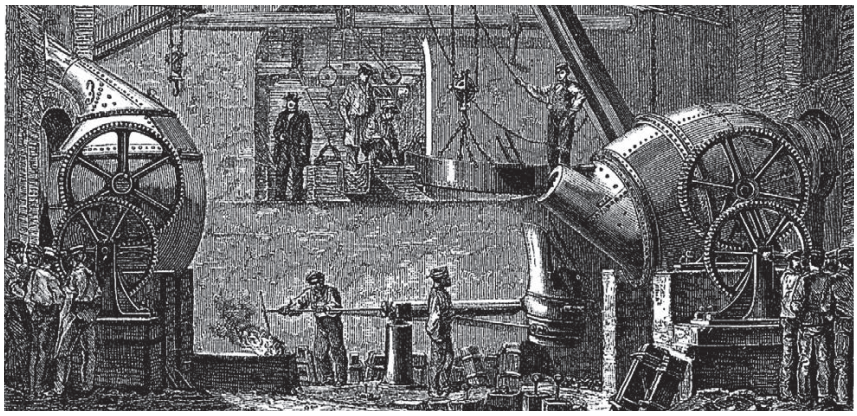
Auch bei Fachwerkröhren (Trussed Tubes) bildet eine außen liegende Röhre die Horizontalaussteifung. Sie besteht entweder aus diagonal ausgesteiften Stockwerksrahmen oder aus Fachwerken, sodass die Steifigkeit größer ist als bei Stockwerkrahmenröhren. Bei gleicher Steifigkeit weisen Fachwerkröhren daher größere Stützenabstände und schlankere Stabquerschnitte auf.



Gebündelte Röhre

Das System der gebündelten Röhren (Bundled Tubes) ermöglicht eine weitere Steigerung der Steifigkeit und somit der Geschossanzahl, es ist bis zu einer Höhe von ca. 110 Geschossen wirtschaftlich. Hierbei werden mehrere Trussed oder Framed Tubes aneinander gekoppelt, sodass ein sehr effektives Tragwerk zur Abtragung horizontaler Lasten entsteht.

Gerald Staib u. A., *„Elemente und Systeme: Modulares Bauen - Entwurf, Konstruktion, neue Technologien - Teil B Grundlagen“*, Basel 2013, S. 38-47



B 1

Grundlagen

Industrielle Vorfertigung

Die industrielle Vorfertigung von Bauelementen ist bereits seit Anfang des 19. Jahrhunderts mit Beginn der Industrialisierung möglich (Abb. B 1). Durch die serielle Vorfabrikation von Elementen aus Baustahl wurde die Entwicklung von Bausystemen wie z. B. die der Skelettbausysteme vorangetrieben.
Heute bedeutet industrielle Vorfertigung im Bauwesen die Herstellung von Bauprodukten mittels industrieller Arbeitsmethoden. Die Baustellenproduktion wird in ein spezielles Werk verlegt, in dem Bauteile witterungsunabhängig und unter optimalen Bedingungen hergestellt werden (Abb. B 3). In der Bautechnik gibt es zahlreiche hochtechnisierte Produktionsstätten, in denen Baustoffe zu Bauelementen verarbeitet werden. Auch handwerklich geprägte Bauweisen wie z. B. der Mauerwerksbau werden so mit modernsten Verfahren im Werk umgesetzt.
Bei konventionell errichteten Gebäuden beträgt der Anteil industriell hergestellter Bauelemente inzwischen ca. 50–60 %.
Sowohl für die Gebäudehülle als auch für den Innenausbau werden immer öfter Systeme mit vorfabrizierten Bauteilen verwendet.
Das Bauen mit vorgefertigten Bauelementen hat gegenüber traditionellen Konstruktionsprinzipien den Vorteil, dass die Produktion im Werk mit konstanter Qualität erfolgt. Auf der Baustelle verkürzt sich dadurch die Bauzeit, Kosten können im Bauprozess eingespart werden. Industriell vorgefertigte Bauteile werden derzeit in der Regel mit auf der Baustelle gefertigten Bauteilen zu komplexen Bauelementen gefügt. Da die Bedingungen auf der Baustelle oft nicht optimal sind und nicht der Ausstattung einer industriellen Produktionsstätte entsprechen, kann dies zu Bauverzögerung und Qualitätsverlust führen.
Der stetig steigende Qualitätsanspruch und das Streben nach immer kürzeren Planungs- und Ausführungszeiten fördert die Entwicklung der industriellen Vorfertigung im Bauwesen.
Mit computergesteuerten, automatischen Produktionstechniken und -anlagen wie z. B CNC-Fräsen und Spezialrobotern können komplexe Bauelemente hergestellt werden.
Für ein Bauvorhaben ist der Vorfertigungs-

Bereich des Bauens	Vorfertigungsgrad [%]
rationalisierter Wohnungsbau	25–35
industrielle Baustellenverfahren	20–30
marktüblicher Fertigbau (Stahlbeton, Stahl, Holz)	40–60
Fertighäuse (Holzgroßtafeln)	50–80
Raumzellen, Sanitärzellen (Stahlbeton, Stahl, Holz)	60–90
mobile Raumzellen (Stahl, Holz)	95–100
Pkw-Fertigung (zum Vergleich)	100

B 2

B 3

B Vorfertigung einer Wandtafel in Holzrahmenbauweise
B 1 industrielle Herstellung von Stahl im 19. Jahrhundert
B 2 prozentualer Anteil des Vorfertigungsgrads im Bauwesen
B 3 Herstellung einer Wandtafel im Stahlrahmenbau
B 4 Stahlskelettbauweise, Lake Shore Drive Apartments, Chicago (USA) 1951, Ludwig Mies van der Rohe
B 5 Massivbauweise mit Ziegelmauerwerk, Museum Römischer Kunst, Merida (E) 1985, Architekt: José Rafael Moneo
B 6 Bürohochhaus in Kawasaki (J) nach fünf Monaten Bauzeit
B 7 innerer Aufbau einer Arbeitsplattform
B 8 Montagevorgang mit Baurobotern

B 4

B 5

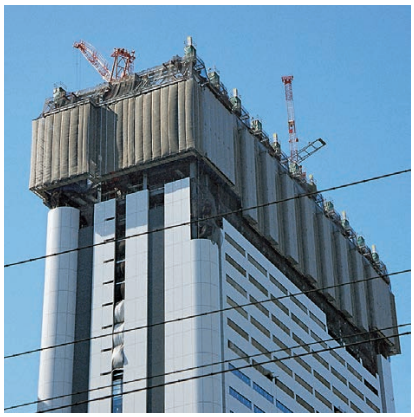
grad der Bauteile entscheidend, da hierüber das Verhältnis von vorgefertigter Bauleistung zur gesamten Bauleistung definiert wird. Je höher der Vorfertigungsgrad, desto geringer ist der Montageaufwand und die Bauzeit auf der Baustelle. Bei Tafelbauweisen beträgt der Vorfertigungsgrad ca. 60 %, bei Raumzellenbauweisen ca. 85 % (Abb. B 2). Bereits vollständig ausgebaute Raumzellen haben einen sehr hohen Vorfertigungsgrad von bis zu 95 % [1].

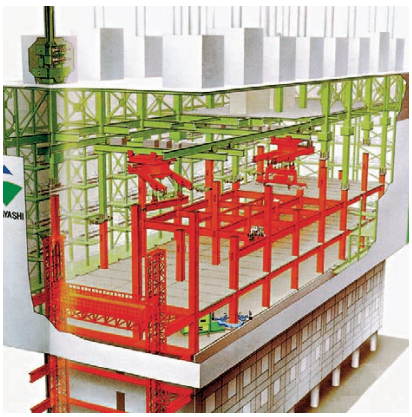
Baustellenvorfertigung und mobile Produktionsstätten

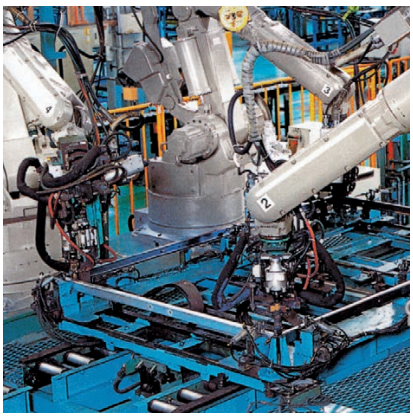
Da sich Produktionsstätten vorgefertigter Bauelemente in der Regel nicht in Baustellennähe befinden, müssen die Bauteile über größere Entfernungen zum Montageort transportiert werden. Steht es finanziell und zeitlich im Verhältnis, besteht inzwischen die Möglichkeit, Bauelemente in einer mobilen Fabrik herzustellen, die in Baustellennähe für die Bauteilproduktion temporär errichtet wird. Voraussetzung dafür sind vollautomatische, speziell entwickelte Verfahrenstechniken. Unterstützt werden diese Techniken durch den Einsatz von Robotern, die selbstständig Montagevorgänge durchführen können.
Besonders in Japan ist die Entwicklung computergesteuerter Montage- und Fertigungsanlagen, die dort auf den Baustellen zum Standard gehören, bereits weit fortgeschritten. Selbst beim Bau von Hochhäusern kommen diese vollautomatischen Montagesysteme zum Einsatz. Das Prinzip basiert auf einer verschiebbaren Arbeitsplattform, auf der das Gebäude in vertikaler Richtung montiert wird (Abb. B 6). Eine zuvor errichtete Stahlskelettkonstruktion bildet das Tragwerk für das Gerüst und dient gleichzeitig als Führungsschiene für eine Arbeitsplattform. Diese ist unter einer wetterfesten Hülle mit Kränen, Baurobotern und Hydraulikpressen ausgestattet (Abb. B 7 und B 8). Die vorgefertigten Bauteile werden von den computergesteuerten Kränen in die entsprechende Position gebracht und eingebaut. In einem ersten Arbeitsgang wird das Erdgeschoss errichtet, danach hebt sich das automatische Arbeitsgeschoss auf vier Stahlstempeln selbstständig empor, um das nächste Stockwerk inklusive Ausbau zu errichten. Der gesamte Arbeitsablauf ist computergesteuert und wird von Kontrollräumen aus überwacht. Bauarbeiter führen die Steuerung der vollautomatischen Hochbausysteme aus. Schwierigkeiten treten hierbei noch bei der Programmierung der Roboter und der termingerechten Anlieferung der Bauteile auf. Alle Montageelemente sind vorgefertigt, lediglich die Fugenisolierung und Teile der Installation werden bei dieser Bauweise noch manuell ausgeführt [2].

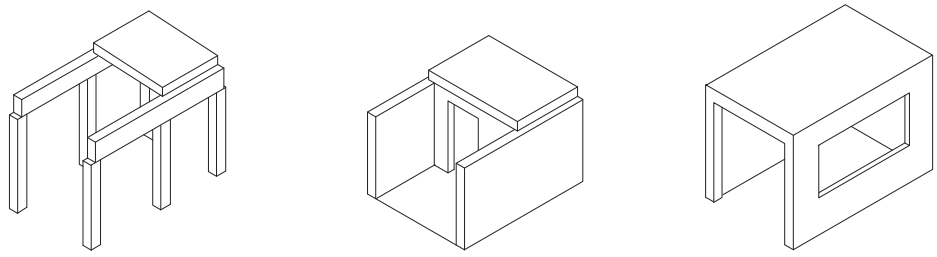
Bauweisen

Im Bauwesen unterscheidet man grundsätzlich zwischen massiven Konstruktionen wie Mauerwerks- und Betonbau und stabförmigen Konstruktionen wie Stahlskelett- und Holzfachwerkbau (Abb. B 4 und B 5). Als ein Regelwerk für die Fügung von Bauelementen beeinflussen sie wesentlich die Gestalt und Konstruktion eines Gebäudes. Traditionelle und handwerklich geprägte Bauweisen wie z. B. der Fachwerkbau bezeichnet man zwar bereits als Bausysteme, deren Elemente


B 6


B 7


B 8



a b c

B 9

sind jedoch manuell vorgefertigt.
Moderne Bauweisen wie beispielsweise der Stahlskelett- oder Großtafelbau basieren auf der Konstruktion mit vorfabrizierten Bauelementen. Diese prägen infolge der strengen Regelmäßigkeit die Gestalt eines Gebäudes.
Beim Entwerfen mit vorfabrizierten Bauelementen folgt man den Zuordnungsprinzipien der einzelner Bauteile. Bauwerke können aus linearen, flächigen oder räumlichen Elementen zusammengesetzt sein. Daraus ergeben sich die für den Systembau charakteristischen Konstruktionsprinzipien Skelett-, Paneel- und Raumzellenbau (Abb. B 9). Diese drei Bauweisen werden in der Praxis häufig kombiniert und kommen nur selten in reiner Form vor, Skelettkonstruktionen werden z. B. häufig mit Paneelen oder Raumzellen in einem System verwendet. Von der Skelett- über die Paneel- zur Raumzellenbauweise nimmt die Flexibilität ab und der Vorfertigungsgrad zu [3].

Elemente

Elemente können innerhalb eines Bausystems mittels systemspezifischer Regeln zu einem Bauwerk zusammengesetzt werden. Je nach System ist das Element entweder der Ziegel im Mauerwerksbau, die Wandtafel in der Paneelbauweise oder die Zelle in der Raummodulbauweise. Für die Umsetzung eines Bauvorhabens ist es wichtig, dass die Beziehung der Elemente untereinander abgestimmt wird, z. B. durch die Festlegung auf eine einheitliche Verbindungstechnik. Bei komplexen Bauten werden die einzelnen Elemente nach ihrer Funktion, tragend bzw. nicht tragend, in verschiedene Hierarchieebenen unterteilt: als Primärstruktur für das Tragwerk oder als Sekundärstruktur für die Gebäudehülle, den Innenausbau und die Haustechnik [4].

Typisierung

Bauelemente können in spezialisierten Werken industriell und seriell gefertigt werden. Dafür werden Form und Verwendungszweck der Elemente, z. B. als Stahlbetonstütze mit Auflagerkonsolen, in der Planungsphase festgelegt. Diesen Prozess bezeichnet man generell in der Industrie als Typisierung. Die Anwendung typisierter Elemente definiert man im Bauwesen als elementiertes Bauen. Auch ganze Bauwerke können für spezielle Zwecke typisiert werden. Im Allgemeinen beschreibt die Typisierung die Eigenschaften eines Bauelements [5].

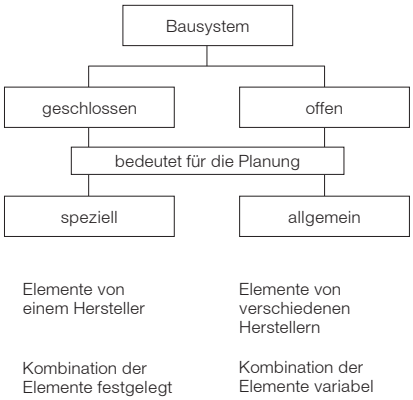
System – Bausystem

Systeme definieren die Zusammenhänge der einzelnen Elemente in einem geometrischen Ordnungsprinzip. In einem Bausystem wird die Summe aller Elemente sowie deren Kombination planmäßig festgelegt. Während des Entwurfsprozesses ist es notwendig, die Bauelemente und deren Fügung systematisch aufeinander abzustimmen. Dazu wird vorab eine Typisierung und Maßkoordination durchgeführt.
Bei der Entwicklung eines Bausystems ist es entscheidend, ob es sich um ein einzelnes Teilsystem für Rohbau, Ausbau und Außenhaut handelt oder ob es alle Teilsysteme integriert. Moderne Bausysteme können offen oder geschlossen konzipiert sein (Abb. B 10). Sie bestehen aus Elementen, die sowohl tragende Struktur als auch Hülle, Innenausbau und Gebäudetechnik miteinbeziehen [6].

Geschlossene Systeme

Für ein geschlossenes System werden alle Elemente von einem Hersteller gefertigt. Im Bauwesen können geschlossene Systeme sowohl für das ganze Gebäude, als auch als Teilsysteme wie beispielsweise Tragwerk, Fassaden und Ausbau konzipiert sein. Alle Elemente sind aufeinander abgestimmt und können nicht ausgewechselt, beliebig ergänzt oder erweitert werden. Die Elemente sind nur innerhalb dieses geschlossenen Systems einsetzbar, ihre Zuordnung ist vergleichbar mit der Montageanleitung eines Bausatzes. Die meisten industriell und seriell hergestellten Produkte wie z. B. Kraftfahrzeuge basieren auf dem Prinzip eines geschlossenen Systems. Die Gestaltungsvielfalt ist durch die strenge Festlegung der Bauelemente allerdings gering. Deshalb kann sich die Anwendung von geschlossenen Systemen bei Gebäuden auch als nachteilig erweisen, wenn sie an spezielle Situationen wie individuelle Nutzerwünsche, Topographie oder Umgebungsbebauung angepasst werden sollen [7].

B 9 systematische Darstellung der Elementierungsprinzipien im Montagebau
a Skelettbauweise
b Paneelbauweise
c Raumzellenbauweise
B 10 Merkmale eines Bausystems
B 11 Kombinationsmöglichkeiten in einem Baukastensystem, LBS-Systemhaus
B 12 Anwendung eines Baukastensystems, Erweiterungsbau der Kantonsschule, Solothurn (CH) 1997, Fritz Haller



B 10

Baukastensysteme

Baukastensysteme sind geschlossene Systeme, deren Elemente vom Hersteller unabhängig von einem Gebäude vorgefertigt werden. Für den Baukasten ist eine bestimmte Anzahl an Elementen festgelegt, mit verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten lassen sie sich zu einem Ganzen fügen (Abb. B 11). Die Zuordnung und Montage der Elemente erfolgt nach geometrischen und konstruktiven Regeln. Baukastensysteme werden für ganze Gebäude wie z. B. Fertighäuser aber auch für komplexe Konstruktionen, z. B. weitgespannte Hallentragwerke, entwickelt.

Beispiele:
- General Panel System
- USM Haller Stahlbausysteme (Mini/Midi/Maxi) (Abb. B 12)
- Mero-System

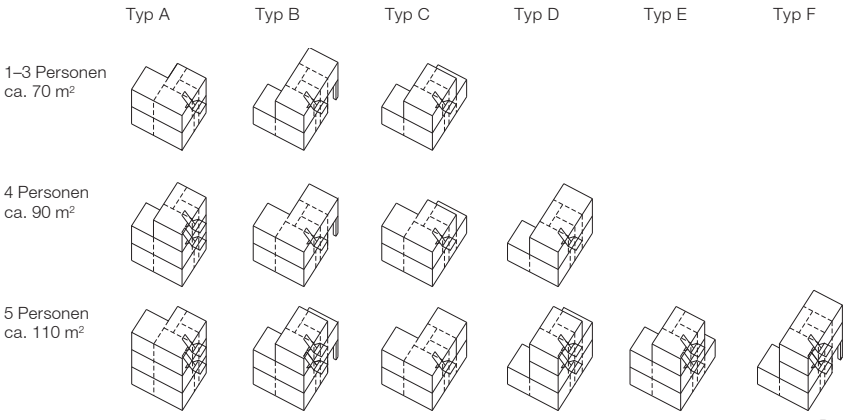
Offene Systeme

Bauen im offenen System bedeutet die Möglichkeit, Produkte unterschiedlicher Hersteller flexibel zu verwenden. Im Vergleich zu geschlossenen Systemen ist das offene System nicht einem einzelnen Gebäude zugeordnet, sondern basiert auf der Fügung verschiedener vorgefertigter Bauteile. Die Elemente können beliebig kombiniert werden, wodurch sich die unterschiedlichsten Bauvorhaben realisieren lassen – als Teilsystem z. B. für die Tragstruktur oder auch als ganzes Gebäude. Bei der Planung offener Bausysteme legt der Architekt die Funktion der Bauelemente fest und wählt die möglichen Hersteller aus. Um Schwierigkeiten bei der Montage zu vermeiden, werden vorab die Elemente typisiert, eine Maßkoordination und Regeln der Zuordung festgelegt. Die typisierten Elemente müssen addierbar, austauschbar und variabel sein, um sie für Bauaufgaben unterschiedlicher Zweckbestimmung verwenden zu können.

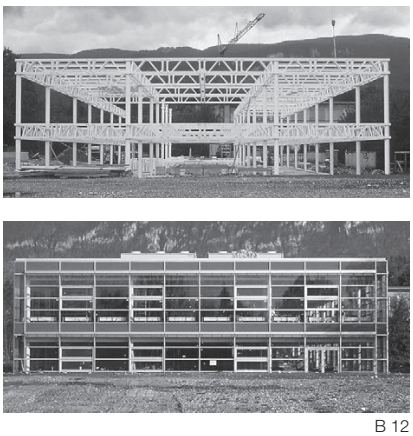
Im heutigen Bauwesen gelten für die Herstellung von Bauelementen genormte Maßordnungen wie beispielsweise das Achtelmetermaß im Mauerwerk. Somit sind gleiche Dimensionen auch bei verschiedenen Herstellern gewährleistet. Geschlossene Systeme z. B. für die Tragstruktur können mit offenen Systemen z. B. für den Innenausbau kombiniert werden.

Bauhalbzeuge – Halbfabrikate

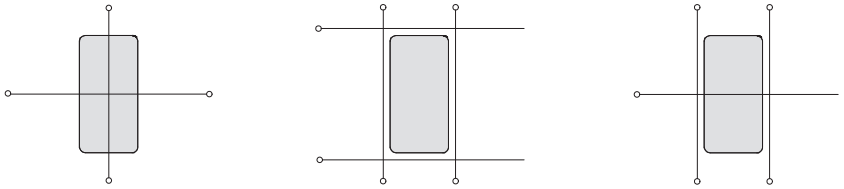
Bauhalbzeuge sind aus Rohmaterialien industriell hergestellte Bauteile, wie z. B. Stahlwalzprofile, Gipskartonplatten oder auch Bauschnittholz. Sie sind systemneutral und können für die unterschiedlichsten Bausysteme eingeplant werden. Das Bauen mit Bauhalbzeugen weist den geringsten Grad der Vorfertigung auf, die Bauteile werden entweder auf der Baustelle handwerklich bearbeitet, z. B. auf Maß gebracht oder im Werk zu komplexeren Elementen weiterverarbeitet.



B 11

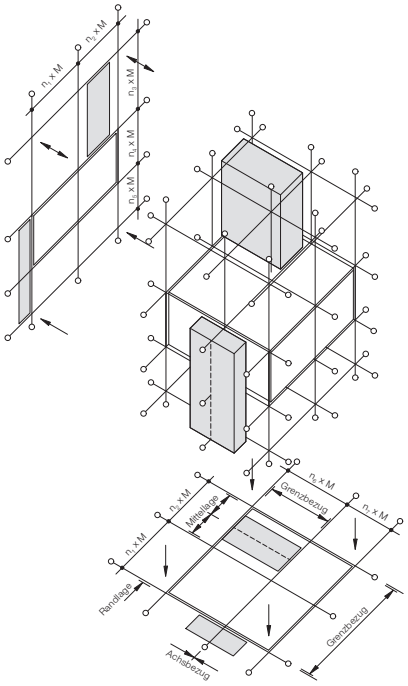


B 12



a b c

B 13



B 14

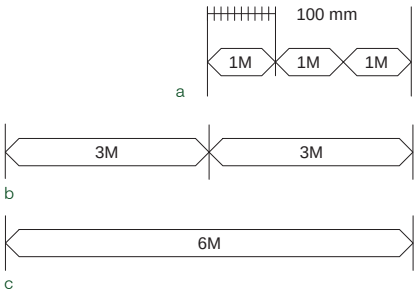
Modul

Als Modul bezeichnet man zum einen das Grundmaß für ein geometrisches Ordnungssystem und zum anderen ein Element, das auf Grundlage eines Ordnungsprinzips in einem System positioniert wird, z. B. Stützen, Wandtafeln, Raumzellen.
Die Maßeinheit der Moduln ist eine technische Größe und wird als Modul (M) bezeichnet. Bei der Gebäudeplanung werden darauf aufbauend für den Roh- und Ausbau Grundmaße festgelegt. In Europa gilt der allgemeine Grundmodul M = 100 mm (Abb. B 15). Die Bauteilmaße der Gebäude, deren Maßordnung sich auf diesen Modul beziehen, müssen ganzzahlige Vielfache des Grundmoduls sein (Abb. B 16). Sinnvolle Vorzugsmaße für verschiedene Planungsmoduln werden als Multimodul nach DIN 18000 wie folgt definiert [8]:
3 M = 300 mm, 6 M = 600 mm,
12 M = 1200 mm (Abb. B 17).

Raster

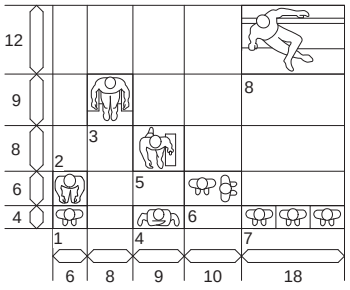
Das Raster ist ein geometrisches System, das Lage und Maße eines modularen Bauteils bestimmt. Grundlage ist ein räumliches Netz aus Maßlinien, das meistens auf einer quadratischen oder rechteckigen Grundform aufbaut. Um die Beziehung der einzelnen Bauteile untereinander zu bestimmen, sind Bezugsebenen, Bezugslinien und Bezugspunkte erforderlich, deren Abstände dem Grundmodul oder einem Vielfachen des Grundmoduls entsprechen. Daraus entwickeln sich zweidimensionale Flächenraster als Koordinatensystem oder dreidimensionale Raumraster (Abb. B 14). Auf dieser Basis erfolgt die Planung, Herstellung und Montage der Bauteile.
Das Raster der Tragstruktur kann vom Raster des Ausbaus und der Außenhaut getrennt werden, was bei Skelettbausystemen meist der Fall ist. Der Stützenabstand basiert hier auf einem Achsraster.

B 13 Bezugslinien der verschiedenen Rasterarten
a Achsraster
b Bandraster
c Kombination aus Achs- und Bandraster
B 14 Beziehung von flächigen zu räumlichen Rastern
B 15 Modulordnung nach Grundmodul und Multimodul
B 16 gebräuchliche Multimodule für Raummaße auf der Basis menschlicher Größen
B 17 Vorzugsmaße der ganzzahligen Vielfachen des Grundmoduls
B 18 geometrische Position einer Fassade zum Tragwerk
a Decken zwischen den Stützen einbindend
b Decken vorspringend
c Decken bündig mit Stützenvorderkante
Lage der Fassadenebene
1 vor den Stützen
2 vor den Stützen anliegend
3 zwischen den Stützen
4 hinter den Stützen anliegend
5 hinter den Stützen



Modulordnung
a Grundmodul
Der Grundmodul ist die Größeneinheit, die als Maßsprung in Maßordnungen verwendet wird.
b Multimodul
Der Multimodul ist das genormte Vielfache des Moduls mit einem ganzzahligen Multiplikator. Multimoduln sind z. B. 3M, 6M, 12M.
c Strukturmodul
Der sogenannte Strukturmodul ist das Vielfache der Multimoduln und legt als Zahlenwert die Koordinationsmaße für das Tragwerk fest.

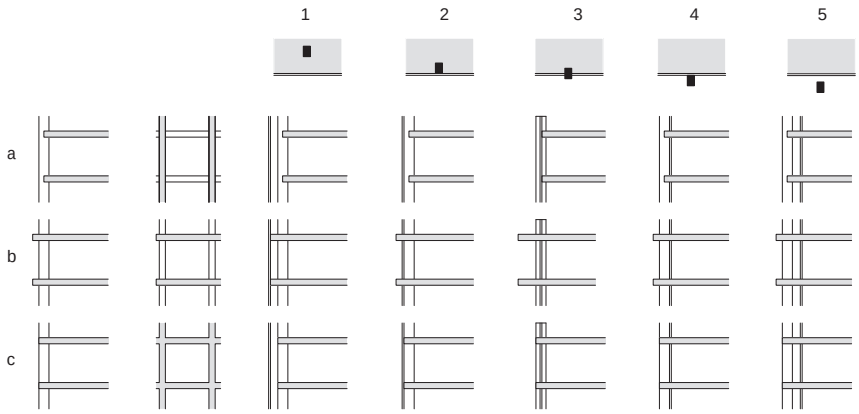
B 15



Zahlenwerte in Länge und Breite häufig gebrauchter und in Moduln ausgedrückter Raummaße, auf Basis menschlicher Größen:

1 stehender Mensch
2 sitzender Mensch
3 im Sessel sitzender Mensch
4 stehender Mensch mit gegrätschten Beinen
5 gehender Mensch mit Gepäck
6 zwei stehende Menschen
7 drei nebeneinander stehende Menschen
8 auf Sofa sitzender Mensch

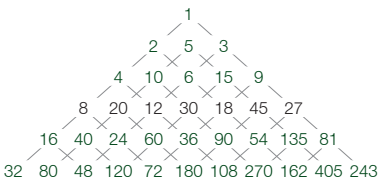
B 16



B 18

Bei Paneelbauweisen liegt in der Regel ein Bandraster zugrunde, das die Bauteilabmessung und den Abstand zwischen den Bauteilen definiert (Abb. B 13). Die verschiedenen Raster können in einem Gebäude kombiniert werden, sind aber in einem geometrischen Ordnungsprinzip aufeinander abzustimmen. Diese Grundordnung bildet die geometrische und maßliche Gesamtkoordination der Planung.
Als geometrische Grundlage dienen das Achs- und Bandraster, für Planung und Zuordnung das Konstruktions-, Ausbau- und Installationsraster.

Achsraster
Bei einem Achsraster decken sich die mittig angeordneten Achslinien des Bauteils mit den Bezugslinien des Rasters. Die Bauteilstärke wird in der modularen Zuordnung nicht berücksichtigt, sodass Überschneidungen an Anschlusspunkten infolge der Bauteilstärke auftreten.



Vorzugsmaße
Vorzugszahlen sind ausgewählte Vielfache der Moduln. Ihre Zählwerte ergeben in Verbindung mit den Moduln Vorzugsmaße als multimodulare bzw. modulare Maße. Aus ihnen sollen die Koordinationsmaße vorzugsweise gebildet werden.

Vorzugszahlen sind:
1, 2, 3 bis 30-mal M
1, 2, 3 bis 20-mal 3M
1, 2, 3 bis 20-mal 6M
1, 2, 3 usw. mal 12M

B 17

Sonderelemente werden zur Vermeidung dieser Überschneidungen erforderlich. Die Länge der Sonderelemente beträgt dabei halbe oder ganze Bauteilstärke. Das Achsrasterprinzip bietet sich für lineare Grundrissanordnungen z. B. Schottenbauweisen oder Skelettbauweisen an.

Bandraster
Das Bandraster bestimmt die Lage der Bauteile in ihrer tatsächlichen Dimension und berücksichtigt dabei die Bauteilstärke. Das Bauteil wird so in seiner Lage und Abmessung von mindestens zwei Linien des Bezugssystems begrenzt. Da keine Überschneidungen der Bauteile entstehen, sind keine Sonderelemente erforderlich. Bandraster eignen sich für Systeme mit Bauteilen, die im Stoß aufeinandertreffenden und regelmäßig in modularer Ordnung verteilt sind [9].

Konstruktionsraster
Das Konstruktionsraster bestimmt die Beziehungen und Lage aller tragenden Bauteile.

Ausbauraster
Das Ausbauraster bestimmt die Lage aller raumschließenden Bauteile.

Installationsraster
Beim Entwurf hochinstallierter Gebäude plant man zusätzlich auf Basis eines speziellen Installationsrasters für den technischen Ausbau. Hiermit lassen sich z. B. Installationsräume zwischen tragenden und abgehängten Decken oder Wandaussparungen für Leitungen festlegen.

Maßkoordination

In einem Bausystem bestimmt die Maßkoordination unter Verwendung einer einheitlichen Maßordnung (z. B. europäisches Grundmodul M, Achtelmetermaß) mithilfe flächiger und räumlicher Raster die Abmessung, Funktion und Lage der Elemente sowie deren Verknüpfung untereinander.
Durch die Maßkoordination sind beispielsweise für Baukastensysteme neben der genauen Positionierung der Elemente auch ihre Kombinationsmöglichkeiten festgelegt. Auf dieser Grundlage kann die Planung, Herstellung und Montage der Bauteile beginnen [10].

Geometrische Position von Tragwerk- und Ausbauelementen

Bausysteme werden in der Regel in ein Hauptsystem für den Rohbau und in Subsysteme für Ausbau und Außenhaut getrennt, z. B. eine Skelettkonstruktion als Hauptsystem und nichttragende Raumzellen als Subsystem. Dadurch entsteht die Möglichkeit, die Elemente der Subsysteme jederzeit auszutauschen. Bei der Planung muss die Überlagerung von Tragstruktur, Ausbau und Außenhaut allerdings so gewählt werden, dass eine sinnvolle Raumaufteilung möglich ist. Tragende Bauteile können im Innenausbau oder für die Gebäudehülle eingeplant werden (Abb. B 18). So besteht z. B. die Möglichkeit, eine große frei stehende Stütze in den raumschließenden Ausbau zu integrieren [11].

Transport

Elementiertes Bauen setzt die Zerlegung der Gebäude in Bauelemente voraus, um diese vom Werk zur Baustelle zu befördern. Die Transportbedingungen bilden die wichtigste Größenbeschränkung der

B 19 Montage einer Mauerwerkstafel mit entsprechenden Hebewerkzeugen
B 20 Lufttransport für eine Hütte, Zillertaleralpen (A) 2007, Hermann Kaufmann
B 21 wirtschaftlicher Transportradius unterschiedlicher Bauelemente
B 22 Montage von Betonelementen
a Stahlbetonfertigteil mit Tragösen für ein Seilgehänge
b Absicherung einer Betonwand mit schrägstehenden Hilfsstützen
B 23 Fugenbild einer Fassade aus Betonwandelementen

B 19

B 20

Bauteile, da die erlaubten Transportabmessungen nicht überschritten werden dürfen. Die zulässigen Lademaße von Sattelschleppern sind z.B. ca. 2,5 × 3,2 × 12,0 m. In Ausnahmefällen ist ein genehmigungspflichtiger Schwertransport für große Bauteile möglich.
Während des Transports sind die Bauteile ausreichend zu sichern und vor Beschädigungen zu schützen. In der Regel werden die Einzelteile zu Ladungen zusammengefasst. Für die Beförderung hochwertiger Bauteile eignen sich Stahlcontainer, in denen sie besonders geschützt sind. Bei großen Entfernungen sind der Schienen- und Schiffstransport wirtschaftlich, wobei die verbleibende Beförderungsstrecke zur Baustelle meist per LKW erfolgt. Der Lufttransport ist aufgrund des Einsatzes der sehr kostenaufwendigen Lasthubschrauber nur in schwer zugänglichen Gebieten sinnvoll (Abb. B 20).
Um mehrmalige zeit- und kostenintensive Ladewechsel zu vermeiden, ist der Straßentransport für Entfernungen bis 1000 km üblich. Der Wert eines Bauteils und dessen Beförderungskosten entscheiden über den wirtschaftlichen Transportradius von Bauteilen (Abb. B 21).

Art, Gewicht und Wert des Bauteils	wirtschaftlicher Transportradius
schwere, rohe Bauteile z. B. Stahlbetonfertigteile	bis ca. 100 km
mittelschwere, rohe Bauteile z. B. Stahlfertigteile	bis ca. 300 km
leichte, hochveredelte Bauteile z. B. Außen- und Innenwände	bis ca. 600 km
komplett ausgestattete Baugruppen, z. B. Sanitärzellen, Mobile Homes	bis ca. 1000 km

B 21

a

b B 22

B 23

Bei der Beladung der Fahrzeuge ist die Reihenfolge der Bauteile so abzustimmen, dass sie entsprechend der Montageabfolge auf der Baustelle entladen werden können,um damit die Effizienz zwischen Transport und Montageabfolge zu erhöhen. Optimale Montageabläufe erzielt man, wenn die Bauteile mit Hebewerkzeugen direkt vom Transportfahrzeug auf der Einbaustelle positioniert und montiert werden können [12].

Montage

Für die Errichtung eines Gebäudes aus vorfabrizierten Elementen müssen auf der Baustelle nur noch Montagearbeiten ausgeführt werden. Sie umfassen Heben, Positionieren, Justieren, Verbinden und Abdichten. Bauarbeiten werden somit zum Montagevorgang. Dabei entfällt im Vergleich zu bisherigen Bauarbeiten die Herstellung und Weiterverarbeitung von Bauelementen auf der Baustelle. Entscheidend für das Bauen mit vorfabrizierten Elementen ist die Entwicklung einer Verbindungstechnik, die eine schnelle und einfache Montage gewährleistet. Wichtig ist zudem eine exakte Zeitkoordination. Um die Projektlaufzeit zu verkürzen, kann die Vorfertigung der Bauteile parallel zur Montage erfolgen.
Die Errichtung eines Gebäudes mit vorfabrizierten Elementen erfolgt horizontal und ist geschossweise organisiert, die Position der Bauteile ist bei der Planung des Ablaufs vorher genau zu bestimmen. Position, Größe und Gewicht des Bauteils sind ausschlaggebend für die Art des Hebewerkzeugs (Abb. B 19). Für die Positionierung großer Bauteile werden Transportrahmen, Transporttraversen oder Seilgehänge verwendet, die als Befestigung für Hebewerkzeuge dienen. Stahlbetonfertigteile besitzen z. B. Tragösen oder Traganker, die bereits während der Herstellung in die Schalung eingelegt und vergossen werden (Abb. B 22a). Um das Positionieren zu erleichtern und Nachjustieren auf der Baustelle zu vermeiden, sind die Bauteile mit Bezugs- und Passflächen versehen. In einem Arbeitsgang werden die Bauelemente angehoben und positioniert. Zusätzliche Geräte wie Montagelehren und Anschlaghilfen sind dabei hilfreich. Einzeln stehende Stützen und Wände werden bis zum Erreichen der Standsicherheit während der Montage mit schräg stehenden Hilfsstützen oder verstellbaren Justierstützen gegen Kippen gesichert (Abb. B 22b) [13].

Fugen

Fugen entstehen am Stoß zweier Bauteile und prägen sehr deutlich die Gestalt der Fassadenflächen (Abb. B 23). Das Fugenraster wird von den Abmessungen der Bauteile bestimmt, die sich aus den Möglichkeiten der Herstellung, der Gestaltung und den Transportbedingungen ergeben.
Fugen müssen zur Vermeidung von Bauschäden bei der Montage sehr sorgfältig ausgeführt werden. Sie dienen dem Maßausgleich zwischen den Bauelementen und müssen alle Anforderungen an Feuchte-, Wärme- und Schallschutz erfüllen. Fugen können konstruktiv oder in Kombination mit Dichtmitteln vor Feuchtigkeit geschützt sein. Der konstruktive Schutz sollte bereits während der Detailplanung berücksichtigt werden.
Die durch die vorgefertigten Bauelemente bedingte Fugenzahl lässt sich reduzieren, indem man Bauteile mit einem hohen Vorfertigungsgrad, d.h. möglichst große Elemente, verwendet.

Toleranzen

Toleranzen beschreiben mögliche Differenzen zwischen Rohmaß und Istmaß eines Bauteils und müssen daher bei der Planung berücksichtigt werden. Das im Entwurf festgelegte Rohmaß wird auf der Baustelle aufgrund von Maßabweichungen nur selten eingehalten. Auch bei der Herstellung eines Bauteils können bereits Größenveränderungen entstehen. Deshalb muss besonders die Verbindungstechnik so konzipiert sein, dass sie Maßabweichungen bis zu einer zulässigen Grenze aufnehmen kann, z. B. durch elastische Fugenausbildungen und Auflager oder Langlöcher für Schraubverbindungen. Die in der DIN-Norm festgelegten Toleranzen sind besonders bei der Entwicklung konstruktiver Details zu berücksichtigen. Toleranzen sind vor allem für Bauweisen mit industriell vorgefertigten Bauelementen von Bedeutung, da aufgrund der begrenzten Bauteilabmessungen mehr Montagefugen entstehen als bei konventionellen Bauweisen [14].

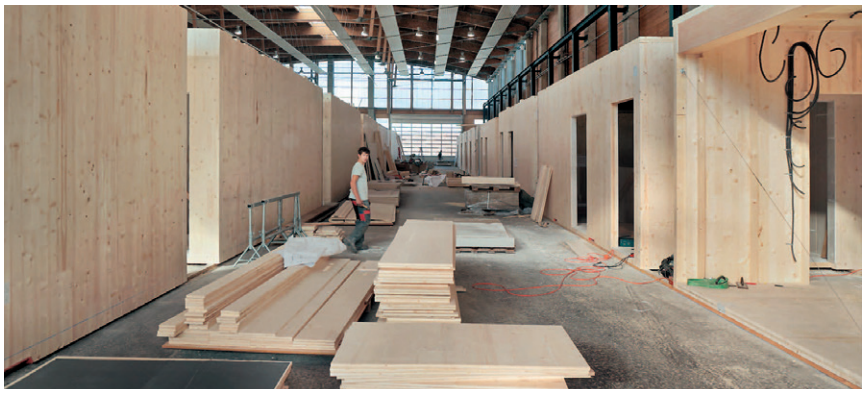
Anmerkungen:

[1] Bock, Thomas: Leichtbau und Systeme. In: Detail 07–08/2006, S. 759
[2] Prochiner, Frank u.a.: Automatisierungssysteme im Wohnungsbau. Stuttgart 1999, S. 155
[3] Cheret, Peter u.a.: Informationsdienst Holz, Holzbausysteme, Holzbauhandbuch Reihe 1 Teil 1 Folge 4. Düsseldorf/Bonn 2000, S. 5
[4] ebd. [3]
[5] Koncz, Tihamér: Bauen industrialisiert. Wiesbaden 1976, S. 28
[6] ebd. [3]
[7] ebd. [3]
[8] Herzog, Thomas u.a.: Fassaden Atlas. München/Basel 2004, S. 48
[9] ebd. [8], S. 49
[10] ebd. [8], S. 48
[11] ebd. [8], S. 51
[12] Weller, Konrad: Industrielles Bauen 1. Grundlagen und Entwicklung des industriellen, energie- und rohstoffsparenden Bauens. Stuttgart/Berlin/Köln/Mainz 1986, S. 96
[13] ebd. [12], S. 98
[14] ebd. [5], S. 26

Wolfgang Huß, *„Atlas Mehrgeschossiger Holzbau - Vorfertigung“*, München 2021, S. 162-171

Vorfertigung

Wolfgang Huß



D 4.1

Holz und Holzwerkstoffe eignen sich wegen ihrer einfachen Bearbeitbarkeit, der Fügetechnik und vor allem aufgrund des geringen Transportgewichts der Elemente und Raummodule besonders gut zur Vorfertigung großer Bauelemente und Gebäudeteile.

Vorfertigung und Individualität

Die landläufige Vorstellung von vorgefertigten Gebäuden ist noch immer stark von der Architektur der 1960er- und vor allem der 1970er-Jahre geprägt, die durch den Einsatz von seriellen Stahlbetonfertigteilen charakterisiert war. Dieser haftet ein Image von Gestaltungsarmut, Monotonie und fugenbetonter Starrheit an. Dem besonders in den ehemaligen sozialistischen Ländern Osteuropas weitverbreiteten sogenannten Plattenbau lag dabei jedoch eine der Vorfertigung im modernen Holzbau völlig konträre Technologie zugrunde. Die Effizienz war in der großen Stückzahl gleicher Bauteile begründet. Fertigteilschalungen ließen sich so immer wieder verwenden und die aufwendig analog erstellten statischen Nachweise mussten nicht angepasst werden.
Diese starren Schemata benötigt die moderne Holzbauvorfertigung nicht. Moderne Software kann die Abbunddaten selbst komplexer Gebäude automatisiert generieren (siehe „Planung”, S. 146ff. und „Produktion”, S. 158ff.). Beim CNC-gesteuerten Abbund ist der Fertigungsaufwand unabhängig von der Differenzierung der Werkstücke. Lediglich der Aufwand für Planung und Organisation wächst mit der Zahl der Elementvarianten. Insgesamt zeichnet sich eine Individualisierung der automatisierten Fertigung ab. In der Praxis ist eher diese große konstruktive Freiheit problematisch als die Limitierung durch die Vorfertigung. Heute besitzt jeder größere Holzbau meist noch Prototypcharakter, Aufbauten und Anschlüsse werden individuell neu entwickelt und optimiert. Diese Entwicklungen führen zu Innovationen und qualitativ hochwertigen, jedoch stark projektbezogenen Detaillösungen. Eine stärkere Standardisierung würde die Effizienz auf mehreren Ebenen erheblich erhöhen.

Konventionelle Bauweise im Vergleich
Die konventionelle Bauweise erscheint im Vergleich zur industrialisierten Produktion wenig optimiert. Die Abhängigkeit von der Witterung, die komplexe Koordination vieler unabhängig beauftragter Gewerke und die per se wenig ergonomischen Arbeitsbedingungen auf der Baustelle führen zu ineffizienten Abläufen. Probleme werden häufig erst auf der Baustelle realisiert und gelöst, oft verzögern späte Planungsänderungen zusätzlich den Ablauf. Mitunter entstehen durch Folgegewerke zudem Schäden an bereits fertiggestellten Leistungen. Terminpläne lassen sich häufig nicht einhalten, Zusatzkosten werden erst in der Ausführung transparent. Generell führen die vielen Arbeitsschritte vor Ort und die Einhaltung notwendiger Trocknungszeiten zu beträchtlichen Bauzeiten und belasten so, insbesondere im urbanen Kontext, die Nutzenden sowie die Nachbarschaft im gleichen Maße. Hier können vorgefertigte Konstruktionen aus Holz eine Alternative bieten.

Tradition der Vorfertigung
Das Zimmererhandwerk ist seit jeher immer auch mit Vorfertigung verbunden. Historische Block- und Fachwerkbauten erforderten zumindest die Konfektionierung von Einzelstäben in der Werkstatt. Die traditionellen Zimmermannsverbindungen sind geometrisch komplex und verlangen ein hohes Maß an Präzision, das sich unter wettergeschützten Werkstattbedingungen wesentlich einfacher erreichen lässt. Zudem besteht die Möglichkeit, die Organisation zu optimieren und die Verfügbarkeit auch schwerer Werkzeuge ist jederzeit gewährleistet. Der Abbund in der Werkstatt mit dem Aufreißen der Konstruktion im Maßstab 1:1, das

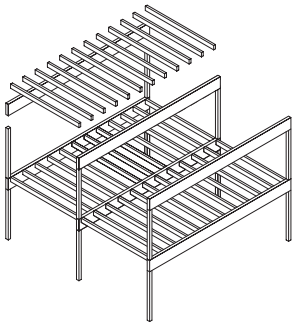
D 4.1 Vorfertigung von Raummodulen, Europäische Schule, Frankfurt am Main (DE) 2015, NKBAK
D 4.2 Vorfertigung von Tafelbauelementen in der Montagehalle
D 4.3 Vorfertigung von linearen Elementen (Stäbe)
a Prinzipdarstellung
b Bürogebäude in Augsburg (DE) 2015, lattkearchitekten
D 4.4 Vorfertigung von flächigen Elementen
a Prinzipdarstellung
b Bürogebäude LifeCycle Tower (LCT ONE), Dornbirn (AT) 2012, Architekten Hermann Kaufmann
D 4.5 Vorfertigung von Raummodulen
a Prinzipdarstellung
b Hotelanbau, Bezau (AT) 1998, Kaufmann 96

D 4.2

Fertigen, Kennzeichnen und probeweise Montieren der Stäbe minimiert die Notwendigkeit von Korrekturen auf der Baustelle. In der Werkstatt lassen sich auch komplexere Detaillösungen entwickeln, und die Montage solcher Konstruktionen kann hier vorab getestet werden.

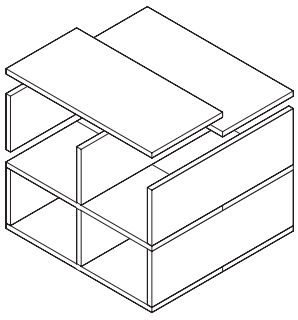
Vorteile im Bauprozess

Die Verlagerung von Produktionsschritten in die Werkstatt verkürzt die Montagezeit auf der Baustelle (Abb. D 4.2). Das hat für den Bauprozess von Holzgebäuden zwei positive Aspekte. Zum einen lässt sich die für den feuchteempfindlichen Baustoff Holz kritische Montagephase bis zur Fertigstellung der dichten Gebäudehülle in extrem kurzer Zeit bewältigen und damit die Witterungsabhängigkeit minimieren. Eine dichte Gebäudehülle impliziert die zumindest provisorische Abdichtung von Dächern und Außenwänden sowie den dichten Einbau von Fassadenelementen. Das Risiko von Feuchteschäden während der Bauphase wird durch die Vorfertigung reduziert, der Aufwand für Wetterschutzmaßnahmen sinkt.
Der zweite Aspekt betrifft die Gesamtbauzeit. Der Vorfertigungsgrad von Gebäudetechnik, Innenausbau und Gebäudehülle ist für eine weitere Zeiteinsparung in der Ausbauphase entscheidend. Die Verkürzung der Bauzeit hat wirtschaftliche Vorteile, die je nach Projekt unterschiedlich stark zum Tragen kommen. Im Fall von Ersatzneubauten reduziert sich beispielsweise der kostenintensive Nutzungsausfall. Beim Bauen im Bestand sind so auch Maßnahmen im laufenden Betrieb möglich, die beim konventionellen Bauen in dieser Weise nicht denkbar wären. Erweiterungen und Sanierungen von Schulgebäuden können während der Ferien durchgeführt werden.
Der Gesamtprozess von Planung und Ausführung verkürzt sich durch die moderne 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 folglich erst relativ spät getätigt und so nur über einen kürzeren Zeitraum finanziert werden.



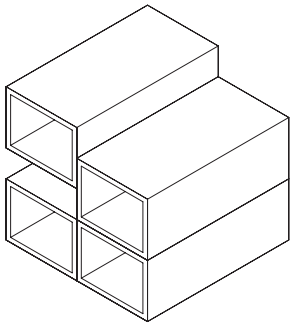
a

b D 4.3



a

b D 4.4



a

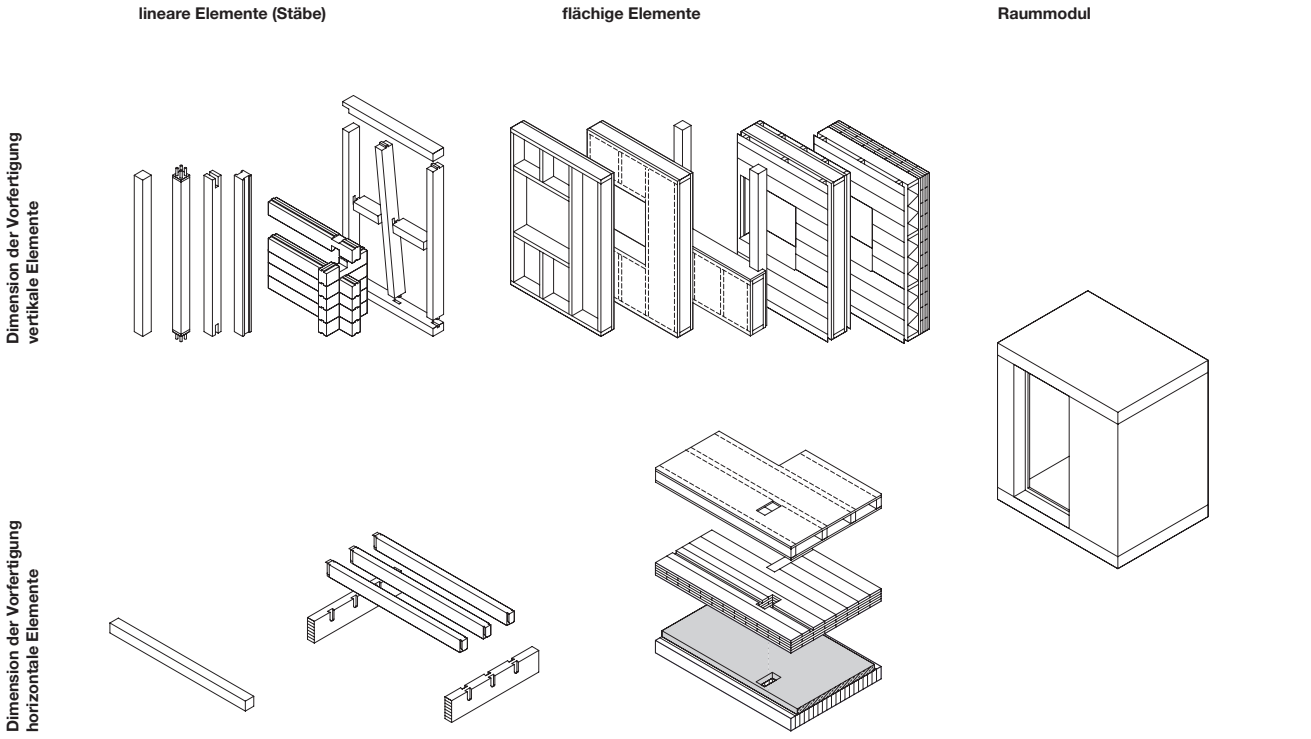
b D 4.5

Geschützte und für die Fertigung optimale Werkstattbedingungen führen zu erhöhter Ausführungsqualität und besserer Kontrolle der Prozesse. Wetterunabhängigkeit, sehr kurze Wege, ständige Verfügbarkeit des kompletten Montageteams sowie der Materialien und Werkzeuge erhöhen die Effizienz. Zudem bietet der Montagetisch im Vergleich zum Baugerüst den wesentlich ergonomischeren Arbeitsplatz. Auch die Koordination und Kontrolle von Fremdgewerken ist in der Werkhalle einfacher, und die Gefahr der Beschädigung von bereits erstellten Konstruktionen sinkt erheblich.
Darüber hinaus begünstigt die Vorfertigung auch einen sparsameren Umgang mit Materialien: Der Verschnitt wird zum Teil computergesteuert optimiert, Restmaterial lässt sich im Vergleich zur Baustellenfertigung kontrollierter sammeln und verwerten.

Nachteile der Vorfertigung
Vorfertigung beim Bauen erfordert eine hohe Planungstiefe (siehe „Planung", S. 146ff.) Zudem bedarf es der Bereitschaft der Planenden und des Bauherrn, alle notwendigen Entscheidungen rechtzeitig und in aller Konsequenz durchdacht zu treffen. Korrekturen vor Ort haben in der Regel erhebliche negative Auswirkungen auf Termine, Kosten und Qualität. Insbesondere bei kleineren Projekten kann die Vorfertigung auch zu einem Mehraufwand in der Baukonstruktion führen, der mit den Vorteilen abzuwägen ist. Beim Bauen im Bestand sind für vorgefertigte Lösungen eine umfassende Bestandsanalyse und ein detailliertes Gebäudeaufmaß erforderlich.

Vom Stab zum Raummodul

Neben dem Grad der Vorfertigung unterscheidet man grundsätzlich die Dimension der Vorfertigung: Zu nennen sind hier die Vorfertigung von linearen (Stäben) und flächigen Elementen sowie raumhaltigen Modulen (Abb. D 4.6).



D 4.6

D 4.6 vom Stab zum Raummodul – Stufen der Vorfertigung
D 4.7 Anlieferung eines Raummoduls per Lkw, Europäische Schule, Frankfurt am Main (DE) 2015, NKBAK
D 4.8 Transportgrößen und resultierende Maßnahmen

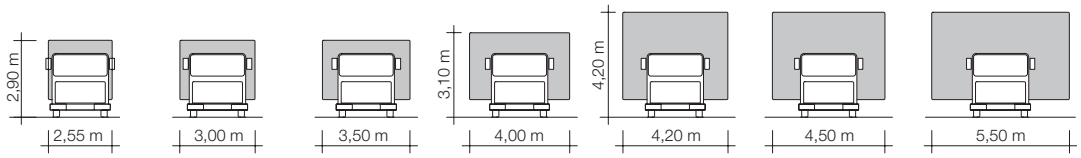
D 4.7

Lineare Elemente (Stäbe)

Lineare Elemente, also vorkonfektionierte Stäbe, stellen die einfachste Stufe der Vorfertigung dar (Abb. D 4.3, S. 163). Die Abhängigkeiten zwischen Entwurf und Vorfertigung sind dabei entsprechend gering. Auch heute noch kommen vorkonfektionierte Stäbe, wie sie im traditionellen Holzbau vorherrschen, zum Einsatz. Vor allem bei Skelettbauten mit größeren Spannweiten ist es durchaus sinnvoll, einzelne Stäbe erst vor Ort zu Tragwerken zusammenzusetzen oder auch mit flächigen Elementen zu kombinieren. Bei Bestandsumbauten werden Einzelstäbe eingesetzt, wenn es die örtliche Logistik erfordert. Das ist beispielsweise der Fall, wenn nur kleine Einbringöffnungen wie Bestandsfenster zur Verfügung stehen. Ein Vorteil liegt im kompakten Transport, zum Teil lässt sich auch mit einfachen Hebezeugen arbeiten. Erfolgt die Montage erst auf der Baustelle, können sich durchaus kleinere Vereinfachungen von Konstruktionen ergeben. Beispielsweise entfallen bei traditionell vor Ort montierten Holzbalkendecken die Balkendoppelungen, die bei vorgefertigten flächigen Elementen an den Stößen notwendig sind. Das kann bei sichtbaren Unterseiten von Bedeutung sein. Dem gegenüber stehen in jedem Fall eine verlängerte Aufbauphase und ein Präzisionsverlust durch die Vor-Ort-Montage.

Flächige Elemente

Flächige Elemente wie Wände, Decken und Dächer stellen den häufigsten Fall im vorgefertigten Holzbau dar (Abb. D 4.4, S. 163). Das Raster der Elemente hat zwar durchaus Einfluss auf den Entwurf und die Gestaltung, da je nach Grad der Vorfertigung und gestalterischer Absicht die Elementstöße ablesbar bleiben. Trotzdem gewährleistet auch der Einsatz von flächigen Elementen – im Vergleich zum Bauen mit Raummodulen – hohe gestalterische Freiheit und es sind alle denkbaren Raumkonstellationen herstellbar. Bei vertikalen Elementen wie Außenwänden ist der Grad einer möglichen Vorfertigung hoch (Abb. D 4.11, S. 167):

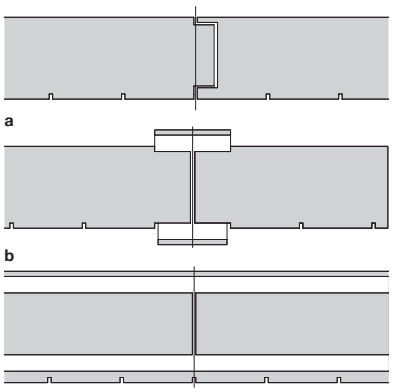


Breite (B)	B 2,55 m	B 3,00 m	B 3,50 m	B 4,00 m	B 4,20 m	B 4,50 m	B 5,50 m
Höhe (H)	H 2,90 m	H 2,90 m	H 2,90 m	H 3,10 m	H 4,20 m	H 4,20 m	H 4,20 m
Länge (L)	L 13,50 m	L 30,00 m	L 12,50 m	L 12,50 m	L 12,50 m	L 12,50 m	L 12,50 m

Genehmigung	keine	Ausnahmegenehmigungen erforderlich		
		meist Dauergenehmigung vorhanden	Für die jeweiligen Transporte müssen separate Genehmigungen beschafft werden.	
Begleitfahrzeug			Begleitfahrzeug auf Bundesstraßen erforderlich	
			auf Autobahnen in AT, in DE/CH teilweise	Begleitfahrzeug auf Autobahnen erforderlich, in AT doppelte Begleitung
Polizeibegleitung				Polizeibegleitung in DE/CH: mit Polizeibegleitung
Sonstiges				Tiefladerkombinationen

D 4.8

D 4.9



c D 4.10

In der Regel werden geschlossene Wandelemente mit beidseitiger Beplankung, im Werk eingebauten Fenstern und Türelementen und zumindest der Unterkonstruktion für die Fassadenbekleidung vorgefertigt. Ein maximaler Vorfertigungsgrad, der auch die Fassadenbekleidung wie die raumseitige Sichtoberfläche beinhaltet, ist je nach Projektspezifik möglich und sinnvoll. Eine gewisse Einschränkung ergibt sich durch die Elementstöße, die wie im Fall von Brandschutzkapselungen häufig vor Ort komplettiert werden müssen. Der Grad der Vorfertigung hängt auch mit der Gestaltung von Fassaden und insbesondere mit der Fugenausbildung der Elementstöße zusammen. Bei mehrgeschossigen Außenwänden mit Holzbekleidung etwa müssen aus Gründen des Brandschutzes häufig geschossweise Unterbrechungen der Hinterlüftungsebene in Form von horizontalen Stahlblechen angeordnet werden. Diese ohnehin sichtbare Fuge kann einen maximalen Vorfertigungsgrad inklusive der Fassadenbekleidung begünstigen.
Die Vorfertigung von Deckenelementen erfolgt aus mehreren Gründen ohne den Fußbodenaufbau. So bilden häufig lose und damit nur nachträglich einbaubare Schüttungen einen Teil des Aufbaus. In dieser Ebene werden auch Elektro- und Heizleitungen über die Elementgrenzen hinaus horizontal verzogen, was einer Vorfertigung entgegensteht. Schwimmende Estriche können nur bei nachträglichem Eintrag zu größeren zusammenwirkenden Flächen verbunden werden. Und auch gestalterisch sowie technisch unbefriedigende Fugen im Bodenbelag lassen sich durch einen nachträglichen Fußbodeneinbau vor Ort vermeiden.

Raummodule
Bei Raummodulen sind die Limitierungen von flächigen Elementen aufgehoben: Alle Oberflächen und Anschlüsse können raumweise komplett und in hoher Qualität vorgefertigt werden, wodurch sich die Montagezeit vor Ort auf ein Minimum reduziert (Abb. D 4.5, S. 163). Dies gilt insbesondere für geschlossene Raummodule. Auch die Mitlieferung der Innenausstattung bis hin zur festen Möblierung ist möglich. Die Haustechnikinstallation lässt sich ebenfalls weitestgehend vormontieren, sodass die Leitungen nach dem Versetzen der Module nur noch miteinander verbunden werden müssen. Der Einsatz von Raummodulen ist eine Planungsentscheidung, die zu Beginn der Entwurfsphase zu treffen ist, da sie den Entwurf maßgeblich prägt. Das gilt sowohl für die Grundrissstruktur als auch für die Raumabmessungen. Das maximale Raummaß hängt von den Gegebenheiten der Transportwege zwischen Werkhalle und Baustelle ab. Der limitierende Faktor ist vor allem im Wohnungsbau die Breite der Raummodule, denn bis zu einer Länge von ca. 13,50 m und einer Höhe von ca. 3,50 m ist ein Standard-Lkw für den Transport ausreichend (Abb. D 4.7 und D 4.8, S. 165).

Fertigungsmethoden

Die Verlagerung der Fertigung von der Baustelle in die Werkhalle ermöglicht auch die Anwendung neuer Fertigungstechnologien, die an die Produktion in der Werkhalle gebunden sind (siehe „Produktion", S. 158ff.).

Berufsbild des Zimmerers
Die sich ändernden Produktionsmethoden beeinflussen auf mehreren Ebenen das Berufsbild des Zimmerers und erfordern in modernen Holzbauunternehmen von den Mitarbeitern zunehmend auch andere Kompetenzen; die Anforderungen verschieben sich vor allem bei größeren Betrieben vom rein Handwerklichen hin zum Umgang mit computerbasierten Produktionsautomaten. Durch die Industrialisierung und Digitalisierung von Prozessen ergibt sich wie auch in anderen Branchen tendenziell ein Bedarf sowohl an hochqualifizierten als auch an eher gering qualifizierten Mitarbeitenden. Dies steht im Kontrast zur traditionellen Berufsausbildung mit umfassend im Handwerk ausgebildeten Gesellen und Meistern. So ist auf der einen Seite digitale Kompetenz sowohl an der Schnittstelle zu den Planenden, als auch in der eigenen Werkstattplanung, Logistik und Produktion gefragt. Auf der anderen Seite schafft eine fließbandähnliche Produktion auch Einsatzmöglichkeiten für Arbeitskräfte ohne umfängliche Gesellen- oder Meisterausbildung. Das traditionell tiefe handwerkliche, planerische und prozessuale Wissen des Holzbauunternehmers behält jedoch weiterhin seine große Wichtigkeit. So ist in modernen Holzbauunternehmen eine große Bandbreite an Kompetenzen abzudecken.
Die Vorfertigung bietet geschütztere Arbeitsbedingungen. Automatisierung, und ergonomische Mensch-Maschine-Interaktion reduzieren die physische Belastung zunehmend. Das erleichtert das Arbeiten im fortgeschrittenen Alter sowie bei körperlichen Einschränkungen. Darüber hinaus wird sich so das zukunftsträchtige Berufsfeld stärker für Frauen öffnen.

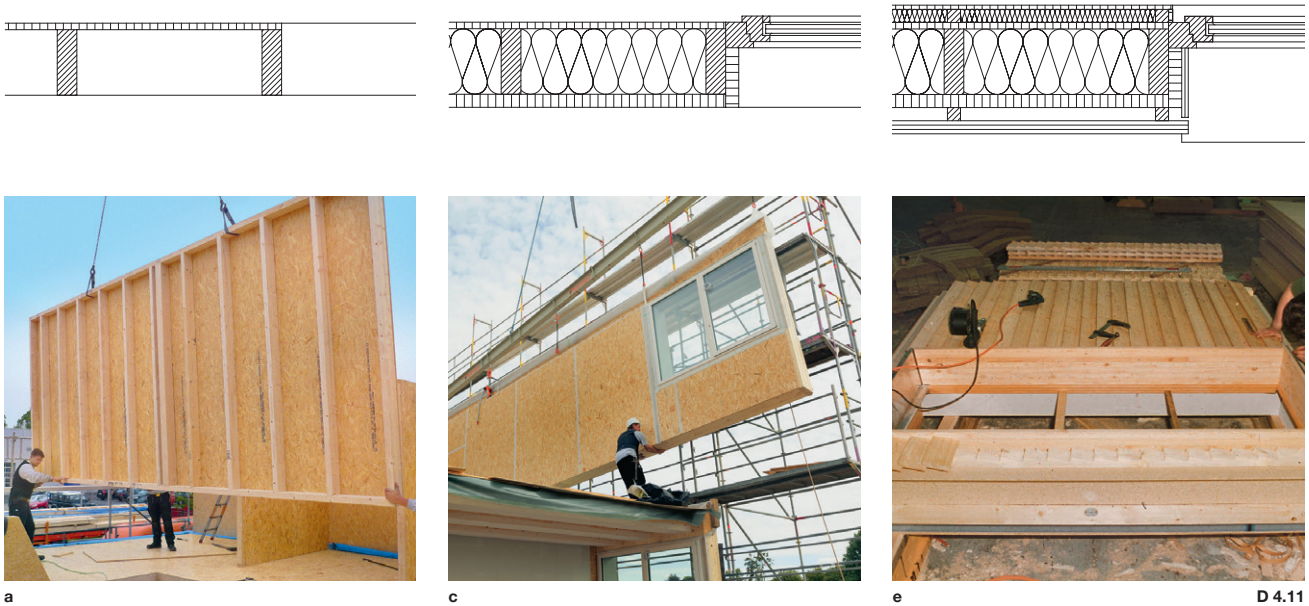
Handwerk versus Industrialisierung
Während der Grad und die Dimension der Vorfertigung im Holzbau einen Stand erreicht haben, der weitgehend abgeschlossen erscheint, finden weiterhin sehr dynamische Entwicklungen in der Art der Vorfertigung, konkret in den Produktionsmethoden, statt. Auf der einen Seite ist in Mitteleuropa die Produktion von Holzbauten durch viele kleinere und mittlere Unternehmen geprägt, sodass der handwerkliche Charakter in dieser innovativen Branche in absehbarer Zeit weiterhin erhalten bleiben wird. Auf der anderen Seite nimmt derzeit der Automatisierungsgrad in der Vorfertigung bei vielen Vorreiterbetrieben stark zu. In industriellem Maßstab erfolgt heute schon die Produktion von Fertighäusern im Ein- und Zweifamilien-

D 4.9 Klassenzimmerinnenraum mit sichtbaren Fugen zwischen den Raummodulen, Europäische Schule, Frankfurt am Main (DE) 2015, NKBAK
D 4.10 Fügungsmethoden vorgefertigter Elemente und entsprechende Elementstöße
a Fügung weitgehend im Elementstoß
b Koppelelemente
c Auflösung in mehrere Schichten
D 4.11 Vorfertigungsgrade am Beispiel Außenwandelement
a geringerer Vorfertigungsgrad: offene Elemente
b mittlerer Vorfertigungsgrad: geschlossene Elemente mit Fenster
c hoher Vorfertigungsgrad: Elemente mit komplettem Schichtenaufbau

haussegment. Im Bereich des mehrgeschossigen Holzbaus, der sich einen stetig wachsenden Anteil am Marktgeschehen erobert, etabliert sich zurzeit schrittweise eine weitgehend automatisierte Fertigung mit hohen Anforderungen an Flexibilität und Individualisierung.

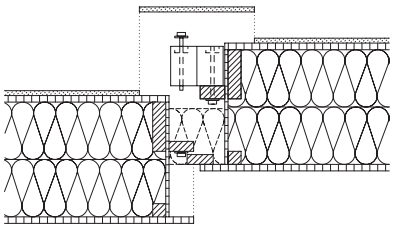
Einfluss der Vorfertigung auf Entwurf und Konstruktion

Die Vorfertigung beeinflusst die Baukonstruktion ebenso wie etwa die statischen oder bauphysikalischen Lösungen. Das verdeutlicht schon das einfache Beispiel der Eckausbildung einer Tafelbauwand: Das Detail folgt nicht mehr nur den konstruktiven und bauphysikalischen Anforderungen, sondern es muss auch berücksichtigt werden, dass zwei vorgefertigte und geschlossene Wandelemente zusammenzufügen sind. Noch sehr viel deutlicher wird der Einfluss der Vorfertigung beim Bauen mit Raummodulen: Die aus Boden, Decke und den beiden Wandschalen von jeweils zwei Modulen bestehenden Aufbauten werden fast gänzlich aus den Montageanforderungen heraus entwickelt.
Bei der Vorfertigung gibt es grundsätzlich unterschiedliche Möglichkeiten im Entwurfsansatz. So können Planende aus der strukturierenden Einteilung in vorgefertigte Elemente die Raumstruktur, die Gestaltung von Innen- und Außenfassaden, Deckenuntersichten oder Dächern ableiten, was in der Regel einen sehr hohen Vorfertigungsgrad begünstigt. Gleichermaßen ist es jedoch auch möglich, die Gestaltung und Raumbildung weitgehend unabhängig von Elementstößen vorzunehmen und diese auf das technisch Notwendige zu beschränken, was mit einem leicht reduzierten Vorfertigungsgrad einhergehen kann. Beide Fälle erfordern schon im frühen Entwurfsstadium ein umfassendes Wissen bezüglich des Fertigungsprozesses.
Beim Fügen von flächigen Elementen in der Horizontalen sowie in der Vertikalen ist in der Detailentwicklung ein Konflikt prägend: Zum einen sollen Elemente mit möglichst beidseitig vorgefertigten Sichtoberflächen aneinandergefügt werden, zum anderen besteht aus Gründen der Statik, Bauphysik oder teilweise auch des Brandschutzes die Notwendigkeit, durchlaufende Bauteilschichten miteinander zu verbinden. Dieser Konflikt lässt sich in der Fugenausbildung selbst, durch das Einführen von nachträglich zu montierenden Koppelelementen oder das Aufteilen in mehrere vorgefertigte Elemente (z. B. Außenbekleidung, Wandelement und Innenbekleidung) lösen (Abb. D 4.10).
Beim Projekt Wohnbebauung Ölzbündt in Dornbirn (Abb. D 4.12 und D 4.13, S. 168)



a c e **D 4.11**

a



b

D 4.12

kam eine Kombination der ersten beiden Strategien zur Anwendung, um die Rahmenbauelemente mit dem kompletten Wandaufbau an den vorab aufgestellten Skelettstützen zu montieren: Die Elemente wurden von außen aufgeschoben und von innen verschraubt. Sie sind außen winddicht verbunden, da jedes Element an ein Holzprofil im Stoß gedrückt wird. Der im Stoß entstehende Hohlraum wurde nachträglich von oben mit Wärmedämmung gefüllt. Innenseitig folgte in einem letzten Schritt das Aufbringen einer Platte mit eingelegten Dichtbändern, die die luftdichte Ebene und die Dampfbremse komplettiert.
Das Beispiel von zwei alternativen Elementstößen von Sanierungsfassaden in Holztafelbauweise in Abb. D 4.14 zeigt, wie stark Montageablauf und Vorfertigung die Detailausbildung beeinflussen. Im Fall des sanierten Wohngebäudes in Augsburg (siehe S. 228ff.) war die Verschraubung durch das geschosshohe Element möglich, sodass eine geometrische Verschränkung der Holztafelkonstruktion durchgeführt werden konnte, was auch die Wärmebrücken minimierte (Abb. D 4.14 a). Bei der Sanierung eines Wohn- und Geschäftshauses in München ließ die großflächige, über das Element auskragende Metallbekleidung dies nicht zu. Als Konsequenz wurden die Elemente von oben eingefädelt, aufeinandergestellt und mit Hartholzdübeln untereinander verbunden (Abb. D 4.14 b). Diese Konstruktion war mit dem Einheben der Elemente fertiggestellt, eine stirnseitige Befestigung nicht notwendig.

Kombination verschiedener Vorfertigungsstufen

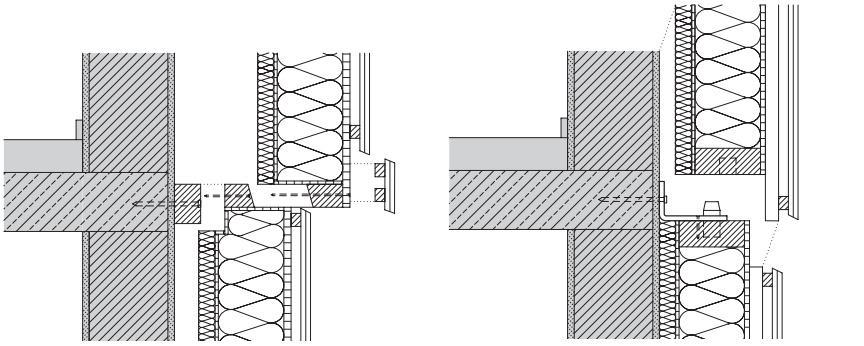
Wie in der gleichzeitigen Verwendung unterschiedlicher Holzbauweisen selbst liegt auch in der Kombination verschiedener Vorfertigungsstufen Potenzial, das bislang noch wenig ausgeschöpft wird. Die Raummodulbauweise ist eine geeignete Methode für kleinere, hochinstallierte oder komplex ausgestattete Räume wie Küchen, Sanitärräume und auch Erschließungskerne. Flächige oder stabförmige Elemente dagegen erweisen sich für weitspannende, flexible und offene Raumstrukturen als prädestiniert. In einer intelligenten Kombination der Systeme sind extrem schnell zu montierende Gebäude mit hoher Flexibilität sowie maximalem Vorfertigungsgrad denkbar. Als weitere Anwendung ließe sich das im Wohnungsbau zentrale Problem der Badsanierung durch außen liegende austauschbare Zellen elegant lösen. Auch bei Aufstockungen und horizontalen Erweiterungen im laufenden Betrieb liegt großes Potenzial in der Kombination von raumhaltigen und flächigen Elementen.

Hybride Bauweisen

In der Kombination von Holz mit anderen Baumaterialien, vorrangig Beton und Stahlbeton, sind weitere Entwicklungen möglich und wahrscheinlich. Auf der Ebene der hybriden Bauteile wie der Holz-Beton-Verbunddecke liegen bereits Lösungen vor, die einen gemeinsamen Vorfertigungsprozess für beide Materialien vorsehen. Es gibt jedoch auch Konstruktionen, die ein intelligentes Fügen von nach Material getrennt vorgefertigten Elementen auf der Baustelle ermöglichen (siehe „Holz-Beton-Verbunddecke", S. 70f.) und so auf die vorhandenen, firmenspezifischen Möglichkeiten der Handwerksbetriebe bzw. Gewerke reagieren. Das Zusammenspiel der Gewerke bei der Montage ist bislang wenig erprobt. Gebäudeteile aus mineralischen Materialien wie Brandwände oder aussteifende Erschließungskerne werden in aller Regel unabhängig vom Holzbau erstellt, selbst wenn vorgefertigte Stahlbetonelemente zur Anwendung kommen. Dies verlangsamt den Bauprozess erheblich, während sich der Aufwand für Gerüste erhöht. Die Ursache des mangelnden Zusammenspiels liegt weniger in baukonstruktiven Hindernissen begründet, sondern vielmehr in der derzeit üblichen Gewerketrennung in je eine ausführende Firma für die Betonkonstruktion und den Holzbau sowie der daraus resultierenden Frage der Baustellenorganisation

D 4.13

D 4.12 Wohnanlage Ölzbündt, Dornbirn (AT) 1997, Architekten Hermann Kaufmann, Christian Lenz
a vorgefertigtes Fassadenelement auf der Baustelle
b hoher Vorfertigungsgrad, Grundriss Elementstoß Außenwand, Maßstab 1:20
D 4.13 Ablesbarkeit der Vorfertigung im Fassadenbild, Wohnanlage, Dornbirn (AT) 1997, Architekten Hermann Kaufmann, Christian Lenz
D 4.14 vorgefertigte Modernisierungsfassaden, Vertikalschnitte Elementstoß
a Bekleidung lässt stirnseitiges Schrauben zu, Sanierung eines Wohngebäudes, Augsburg (DE) 2012, lattkearchitekten
b Bekleidung lässt stirnseitiges Schrauben nicht zu, Sanierung eines Wohn- und Geschäftshauses, München (DE) 2016, Braun Krötsch Architekten
D 4.15 Typologie Raummodule: Verhältnis Raum – Modul



a **b** **D 4.14**

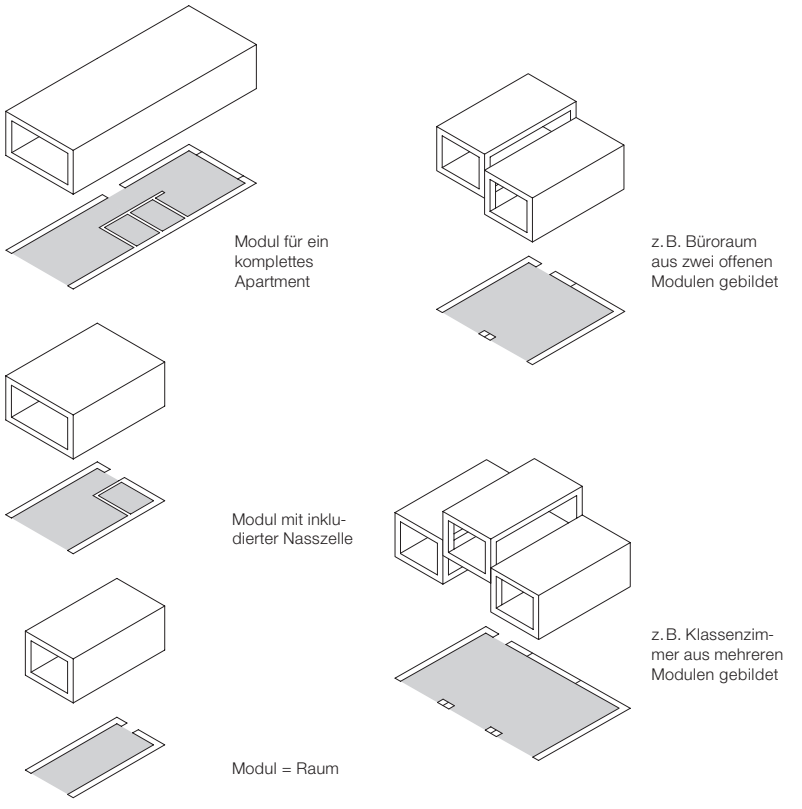
(z. B. hinsichtlich Kranbelegung). In Mitteleuropa zeichnet sich derzeit die Tendenz ab, dass große, als Generalunternehmer auftretende Baufirmen mit Holzbauunternehmen fusionieren, um sich einen Anteil am Zukunftsmarkt Holzbau zu sichern. So werden möglicherweise verstärkt Unternehmen entstehen, die hybride Bauweisen mit einer organisatorisch entsprechenden Firmenstruktur hinterlegen, wodurch sich der Bauablauf hybrider Gebäude erheblich beschleunigen wird.

Maximale Vorfertigung: Die Raummodulbauweise

Raummodule in Holzbauweise werden in Deutschland seit den 1970er-Jahren realisiert. Zunächst nur in eingeschossigen Gebäuden eingesetzt, entstanden mehrgeschossige Raummodulbauten aus Holz seit den 1990er-Jahren vor allem in Vorarlberg und der Schweiz. Die maximale Vorfertigung wurde bei frühen Projekten genutzt, um etwa Hotelbauten mit minimalen Ausfallzeiten aufzustocken (z. B. Hotel Fetz im Skigebiet am Bödele von Leopold Kaufmann, 1997). Der Bau des fünfgeschossigen Hotel Ammerwald bei Reutte 2009 markiert einen Meilenstein in der Entwicklung der Raummodulbauweise mit Holz und stellte mit 96 Modulen eine neue Dimension dar. Ab den 2010er-Jahren entstehen international Bauten an und über der Hochhausgrenze. Aktuell wächst der Marktanteil von Raummodulbauten in Holzbauweise, sodass diese mittlerweile einen festen Platz im Repertoire des Holzbaus einnimmt.

Entwurf und Typologie

Die Raummodulbauweise hat erheblichen Einfluss auf die Logik des Raumgefüges (Abb. D 4.15). Der Transport und die Lastabtragung sind dabei die am stärksten limitierenden Faktoren. Den klassischen Anwendungsfall von Raummodulen stellen Bauaufgaben mit kleinen, abgeschlossenen und wiederkehrenden Nutzungseinheiten wie Wohn- und Pflegeheime oder Hotels dar. Ein Vorfertigungsgrad von 100 % ist hier möglich. Die Module werden im Idealfall mit kompletter Möblierung und abgeschlossener Tür auf die Baustelle geliefert und erst zur Abnahme wieder geöffnet.
Über diese klassische Anwendung hinaus gibt es die Tendenz, die Transportgrößen maximal auszunutzen und ganze Apartments in einem Raummodul zu organisieren. Größere Wohnungen lassen sich aus mehreren Raummodulen zusammensetzen. Insbesondere im Schulbau werden große Räume wie Klassenzimmer meist aus drei gut transportierbaren Raummodulen zusammengefügt (Abb. D 4.9, S. 166). Bei diesen offenen Raummodulen ist der Vorfertigungsgrad etwas geringer, der Bodenaufbau muss oft vor Ort eingebracht werden.
Den strukturell betrachtet häufigsten Anwendungsfall bilden stringent übereinandergestapelte, primär lastabtragende Raummodule (Abb. D 4.17, S. 170). Es gibt jedoch auch lediglich selbsttragende, eingestellte Raummodule. Darüber hinaus sind ebenfalls Kombinationen möglich: Beim Wohnhochhaus Treet im norwegischen Bergen, dem zur Bauzeit 2015 weltweit höchsten Holzbau, wurden jeweils vier Geschosse

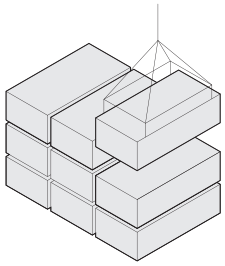


D 4.15

170

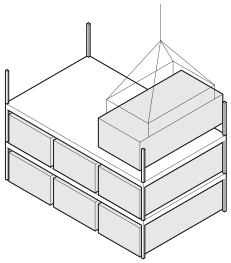
D 4.16

D 4.16 Nocken zur Übertragung von Aussteifungslasten im unteren Modul
D 4.17 Typologie Tragwerkshierarchie
D 4.18 Varianten von Raummodulen, Vertikalschnitte Modulstoß, Maßstab 1:20
a Hybridbauweise mit nach oben offenen Raummodulen, Studierendenwohnheim, Heidelberg (DE) 2013, LiWood AG
b schlanke Konstruktion dank geringer Spannweiten der BSP-Decken, Europäische Schule, Frankfurt am Main (DE) 2015, NKBAK
c Die massive BSP-Decke bildet auch den Gehbelag, Körperschallentkoppelung nur zwischen den Elementen. Hotel Ammerwald bei Reutte (AT) 2009, Oskar Leo Kaufmann, Albert Rüf
D 4.19 Rohbaufertigung von Raummodulen aus Brettsperrholz



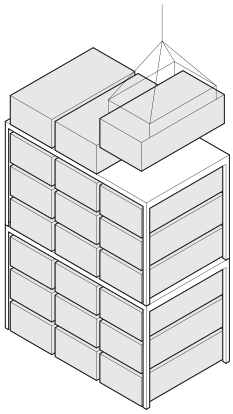
lastabtragende Raummodule

a



selbsttragende, eingestellte Raummodule

b



Kombination:
sekundär tragende Raummodule
in Primärstruktur eingestellt

c

D 4.17

von Raummodulen insgesamt dreimal übereinandergestapelt und in ein großmaßstäbliches Leimholz-Exoskelett eingestellt (Abb. A 1.12, S. 11). So können die hohen Windlasten abgetragen werden. Eine typische Kombination von flächigen und dreidimensionalen Elementen besteht im Einhängen der Decken etwa von Mittelfluren zwischen Raummodulen.

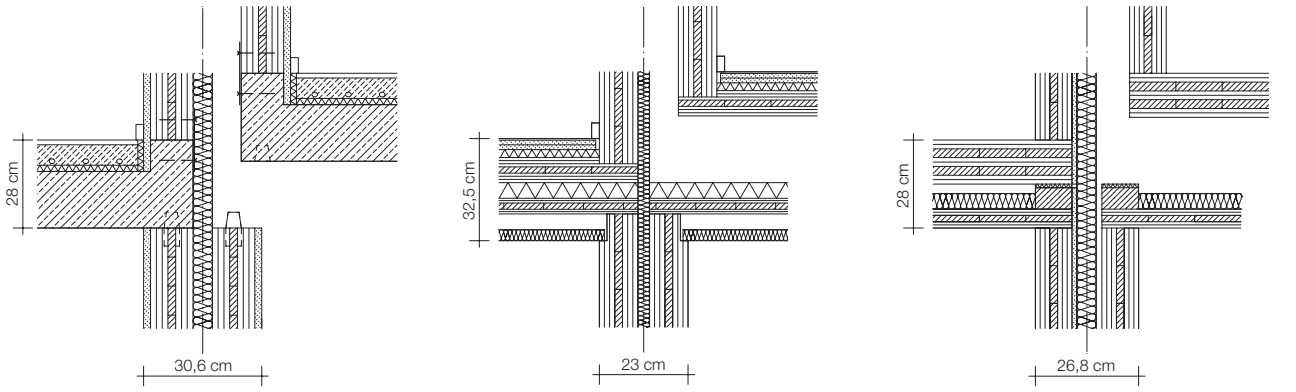
Holzbaukonstruktion

Aus konstruktiver Sicht ist der Unterschied zwischen geschlossenen und offenen Raummodulen erheblich: Bei geschlossenen Modulen findet die Lastabtragung in aller Regel über die Modullängsseiten statt, die Decke spannt also in der kurzen Richtung. Das geschlossene Modul ist in sich ein statisch stabiles System aus sechs Scheiben. Entfällt mehr als eine Scheibe, wie dies etwa bei einem mittleren Modul eines aus drei Modulen gebildeten Klassenzimmers der Fall ist, muss das Modul zumindest für Transport und Montage temporär zusätzlich ausgesteift und im eingebauten Zustand dann entsprechend in das Gesamtsystem eingebunden werden. Dies erfordert ein Drehen der Deckenkonstruktion, sodass die Decke über die lange Seite spannt, oder Unterzüge ersetzen die lastabtragende Funktion der Längswände (Abb. D 4.9, S. 166). Für die Konstruktion von Raummodulen steht die gesamte Klaviatur des Holzbaus zur Verfügung. Besonders häufig sind Brettsperrholzkonstruktionen und Holztafelbauweise. Dies hat neben konstruktiven Erwägungen auch viel mit der Firmenspezifik zu tun: Unternehmen, die ohnehin hochgradig automatisiert Holztafelbauelemente produzieren, fertigen auch Raummodule aus diesen Elementen, um die Wertschöpfung im Betrieb zu maximieren. Andere Firmen nutzen die Vorleistung von Brettsperrholzplattenwerken und beziehen bereits fertig vorkonfektionierte Brettsperrholzelemente. So ist kaum Abbund im Betrieb notwendig, ein aufwendiger Maschinenpark damit nicht erforderlich.

Darüber hinaus kommen auch Hybridkonstruktionen zum Einsatz: Filigrane Stahlbetonfertigteile für die Böden stellen eine wirtschaftlich wie auch bauphysikalisch interessante Variante dar (Abb. D 4.18a).
Um die Gebäudeaussteifung zu gewährleisten, werden die Module oft an Erschließungskerne aus Stahlbeton angeschlossen. Die einfachste Variante besteht darin, die Module gleichsam zwischen zwei Kerne „zu klemmen", da so nur horizontale Druckkräfte zu übertragen sind, was die Verbindung erheblich vereinfacht. Alternativ lassen sich auch die Modulwände selbst zur Gebäudeaussteifung heranziehen oder durch zusätzliche Maßnahmen ertüchtigen.
Bestehen Schallschutzanforderungen, so werden Raummodule durch elastische Lager sowohl in der Horizontalen als auch in der Vertikalen entkoppelt miteinander verbunden. Neben dem Zielkonflikt von Kraftübertragung und Schallschutzentkoppelung ist bei der Montage die geometrisch exakte Positionierung der übereinanderliegenden Module zu gewährleisten. Dies wird beispielsweise durch Nocken und Taschen oder konische Stäbe gelöst, die eine Selbstpositionierung bewirken (Abb. D 4.16).

Schichten – Hülle – Technik

Die Doppelschaligkeit der Wände und Decken ermöglicht einen effektiven Schallschutz. Auch beim Brandschutz ist die Dopplung von Vorteil: Trennt die Modulwand gleichzeitig verschiedene Nutzungseinheiten voneinander, so kann davon ausgegangen werden, dass Brandbelastung gleichzeitig nur auf einer Wandseite auftritt. Auf der dem Brand zugewandten Seite werden Öffnungen etwa für Steckdosen im Brettsperrholz um einige Zentimeter ausbrennen. Dies führt in aller Regel aber nicht zum Kollaps der Wandscheibe, die Tragfähigkeit (R) bleibt über die Feuerwiderstandsdauer erhalten. Die Rauchdichtigkeit und Hitzeabschottung (EI) kann die dem Brand abgewandte Modulwand überneh-



a b c D 4.18

men. Bei der Deckenkonstruktion ist es brandschutztechnisch von Vorteil, wenn die Moduldecke nicht zur Gebäudeaussteifung beiträgt. Dann ist sie nicht Teil der Tragstruktur, muss also im Brandfall nicht geschützt werden, sondern kann im Brandfall ihrerseits den darüberliegenden Modulboden schützen.
Bei der Fassadenkonstruktion muss auch im Modulstoß die Kontinuität der Bauteilschichten gewährleistet sein: Während bei geschlossenen Einheiten jeweils die vorgefertigten Modulwände die luftdichte Schicht ausbilden, erfolgt das Schließen von Wärmedämmung, Winddichtung und Fassadenbekleidung nach der Modulmontage. Wenn die Fassadenbekleidung bereits mit vorgefertigt wird, muss sie am Modulstoß nachträglich ergänzt werden. Je nach Art der Fassadenbekleidung bleibt dieser Stoß in der Fassadengestaltung sichtbar oder lässt sich kaschieren.
Raummodule werden häufig auf einem massiven Sockelgeschoss montiert, wenn die Raumstruktur des Erdgeschosses von der Modulstruktur abweicht. Das ist beispielsweise bei Hotelbauten der Fall, da in der Regel Lobby, Restaurant etc. offene Raumzusammenhänge erfordern. Bei einer reinen Raummodulbauweise dagegen kann das Fundament – insbesondere bei permanenten Gebäuden – als flächige Bodenplatte aus (Stahl)Beton ausgeführt werden. Das hat den Vorteil, dass die erdgeschossigen Module nicht vom Regelmodul abweichen müssen. Es bietet sich an, das Fundament zeitgleich mit der Vorfertigung der Module auszuführen. Bei temporären Gebäuden hingegen ist eine linien- oder punktförmige Fundamentierung naheliegend. Die Module sind dann unterseitig hinterlüftet. Die Fügung der kontinuierlich durchlaufenden Schichten der Wärmedämmung und der Winddichtung ist besonders sorgfältig zu planen, da der Montagezugriff – verglichen mit der frei zugänglichen Fassadenmontage – erheblich erschwert ist.

Flachdachaufbauten werden in der Regel vor Ort ergänzt. Es besteht auch die Möglichkeit, Steildachkonstruktionen aufzusetzen oder aber die Dachmodule schon entsprechend mit Schrägdach auszubilden.
Die für Bauablauf und Maximierung der Vorfertigung beste Trassenführungen besteht bei typischen Modulbauten darin, die Installation innerhalb des Moduls komplett fertigzustellen und verbindende Schächte und Trassen außerhalb des Moduls, etwa im Flurbereich, nachträglich vor Ort zu ergänzen. So müssen die Module weder zur Fertigstellung noch zur Wartung betreten werden. Außerhalb des Moduls liegende Leitungen können auch von nicht an der Vorfertigung beteiligten Sanitärfirmen auf der Baustelle komplettiert werden.

Prozess

Die Fertigung von Raummodulen in Holzbauweise erfolgt in der Regel durch Teams aus mittelständischen Betrieben unter Führung des Holzbauunternehmens (Abb. D 4.1, S. 162 und D 4.19). Für die Modulproduktion sind im Wesentlichen entsprechende Raumkapazitäten und Förderanlagen in der Werkhalle erforderlich.
Die Projektlaufzeit eines Raummodulgebäudes ist gegenüber einem flächig vorgefertigten Holzbau oder einem konventionellen Massivbau erheblich kürzer. Im Entwurf kann nicht zwingend mit einer Zeitersparnis gerechnet werden, jedoch in folgenden Projektphasen. Denn bei Raummodulgebäuden erfolgt die Vergabe fast immer nach der Entwurfsplanung auf Grundlage einer funktionalen Ausschreibung, die wesentlich weniger Planungsvorlauf als eine detaillierte Leistungsbeschreibung erfordert. Die ausführende Firma ist dann bereits in die Ausführungsplanung eingebunden und in der Regel in der Lage, diese sehr effektiv und entsprechend schnell umzusetzen. Die Vorfertigung der Module erfolgt parallel mit den Vorbereitungsmaßnahmen auf der Baustelle. Die Montage ist mit 10–20 Modulen pro Kran/Tag sehr schnell. Ausbau und Restarbeiten auf der Baustelle sind auf ein Minimum reduziert. Neben den zeitlichen Vorteilen erlaubt es diese Vorgehensweise auch, dass ausführende Firmen die Konstruktion noch mit optimieren können, ohne den Prozessablauf zu beeinträchtigen.

Wann ist die Raummodulbauweise sinnvoll?

Notwendige Grundvoraussetzungen für die Raummodulbauweise bestehen in der prinzipiellen Eignung des Projekts für den Holzbau, einem sinnvoll in Raummodule umsetzbaren Raumprogramm, geradliniger Lastabtragung und der Offenheit aller Beteiligter für diese Bauweise. Begünstigende Rahmenbedingungen sind darüber hinaus hohe Anforderungen an die ökologische Qualität, der Wunsch nach sichtbaren Holzoberflächen, Stückzahlen gleicher Module von mehr als 10–15, die Entsprechung von Nutzungseinheit und Raummodul, ein hoher Installationsgrad innerhalb der Module und das Verlangen nach Kostensicherheit. Für Raummodulbauten prädestiniert sind Gebäude, bei denen zusätzlich ein temporärer Charakter gegeben und/oder Wiederverwendbarkeit gefordert ist und die Priorität auf einer kurzen Bauzeit, einer emissionsarmen Baustelle und hoher Ausführungsqualität liegt.

D 4.19

Sabine von Fischer, *„Hype ums Grün auf Hochhäusern: Es ist Spektakel und Klimaschutz in einem, aber die Buchhaltung geht leider nicht auf“*, in: NZZ online, Zürich 2021

Hype ums Grün auf Hochhäusern: Es ist Spektakel und Klimaschutz in einem, aber die Buchhaltung geht leider nicht auf

Bepflanzte Fassaden machen weltweit Schlagzeilen, aber dabei fehlt die Weitsicht.

Sabine von Fischer

10.02.2021, 05.30 Uhr

Kostspieliges Szenario für Mailand: «Pirelli 39» mit Wald-Turm, von Diller Scofidio + Renfro und Stefano Boeri Architetti.

Visualisierung Aether Images

Verdichtet werden soll nicht nur die Stadt, nein, auch die Natur. Parks, Gärten und Abstandsgrün sind für Stadtplaner unterdessen mindestens so wichtig wie die Architektur der Häuser. Und weil das Grün nachweislich eine angenehme und gesundheitsfördernde Umgebung schafft, warum dann nicht gleich mehrfach gestapelt, in der Höhe, am besten auch noch vertikal?

Wälder, Äcker, Blumenfelder gibt es seit je weit draussen auf dem Land. Wenn man nun aber all den Bildern auf Buchumschlägen, Startseiten und Ausstellungsplakaten glauben will: Kein Ort ist mehr zu nah an der Sonne, als dass er nicht bepflanzt werden wollte.

Amazon veröffentlichte soeben Pläne für eine gläserne Spirale, die sich wie eine Sahnetorte in die Höhe schraubt. Dabei ist sie äusserst tragfähig: Die steilen Rampen der Dachflächen sind waldartig bepflanzt, Gebäudesimulationen zeigen viel grünes Laub und ebenso grüne Spiegelungen in der über hundert Meter hohen Glasfassade am zweiten Firmenstandort in Arlington, Virginia.

Grünes Getöse

Wie schon The Spheres am Headquarter in Seattle folgt die Idee von The Helix dem Prinzip der Biophilie, wie es vor gut fünfzig Jahren etwa von Erich Fromm formuliert wurde. Es besagt, dass die Liebe zum Leben sich im Wunsch nach einer Verbindung zur Natur ausdrücke. Bezieht sich diese Idee nun im Fall der Helix auf das Pflegen des beengten Waldes oder auf die Wachstumseuphorie der Architektur als ganzer? In dieser Frage liegt die Crux: Vieles weist darauf hin, dass sich Stadt und Natur nicht so unvermittelt vermählen lassen.

The Helix soll Amazons zweites Headquarter in Virginia aufwerten.
NBBJ / Amazon

Unbestritten positiv ist, neben der Hitzeminderung, der ästhetische Aspekt: Der grüne Schleier hüllt Beton, Stahl und Glas in zauberhafte Muster. Man könnte sie geradezu mit der wilden Natur verwechseln – vor allem, wenn man diese schon länger aus den Augen verloren hat. Und das scheint möglich, wenn so viele Bäume die Sicht aus dem Fenster versperren wie im berühmten Bosco Verticale in Mailand, der seit 2014 in jeder Ausstellung und jedem Film zum Thema gezeigt wird.

Der Architekt Stefano Boeri verbirgt seinen Stolz über die Verdoppelung der Immobilienpreise in diesem ersten Mailänder Luxusturm nicht. Sein Konzept ist ein Erfolg und wird weltweit aufgegriffen, auch in Lausanne war ein Waldhochhaus in Planung. In Huanggang, 80 Kilometer entfernt von Wuhan in der chinesischen Provinz Hubei, wurde sogar wirklich gebaut. Noch diesen Februar sollen zwei Hochhauskomplexe mit bepflanzten Balkonen bis ins 25. Stockwerk eingeweiht werden.

Und im niederländischen Eindhoven ist auch noch dieses Jahr die Eröffnung des Sozialwohnungsbaus Trudo Vertical Forest geplant, der dank Vorfabrikation günstiger produziert werden kann und so beweisen will, dass das Konzept auch sozial verträglich ist. Eine bewohnbare Vertikal-Wald-Variante mit einer Tragstruktur aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz wird erforscht, denn Boeri akzeptiert die Kritik, dass im Bosco Verticale zu viel Beton und Stahl verbaut worden seien.

Adieu also den grauen Stadtwüsten, es blühen Sträucher und wachsen ganze Bäume auf allen Etagen, obendrauf und darum herum. Was alles realisierbar sei, zeigt derzeit die Schau «Einfach grün» im Deutschen Architekturmuseum in Frankfurt anhand von kleinen Eingriffen wie der Bepflanzung der Höfchen im eigenen Haus und von spektakulären Ranken auf hohen Türmen.

Die Schau, obwohl zurzeit nur digital erlebbar, liegt im Trend: Die Nachfrage nach Immobilien mit Balkonen und Gärten steigt infolge der Pandemie. Wenn wir also nicht in die weiten Wälder und Berge reisen können, haben wir zumindest einen Pflanzkübel oder sogar ein paar Bäume auf dem Balkon.

Doch so wirksam mit Blätterwerk geschmückte Fassaden im Kleinen das Mikroklima regulieren, so bescheiden bis sogar negativ fällt die Bilanz fürs Weltklima aus: Die CO_2-Reduktion, die Pflanzen durch Fotosynthese je bewirken könnten, machen die teilweise langen Transportwege der Gräser, Sträucher und Bäume zunichte. Gar noch nicht eingerechnet, dass manche der grünen Zöglinge in den engen Betontrögen frühzeitig verwelken, obwohl aufwendige Bewässerungs- und sogar Tageslichtsysteme sie am Leben erhalten sollen.

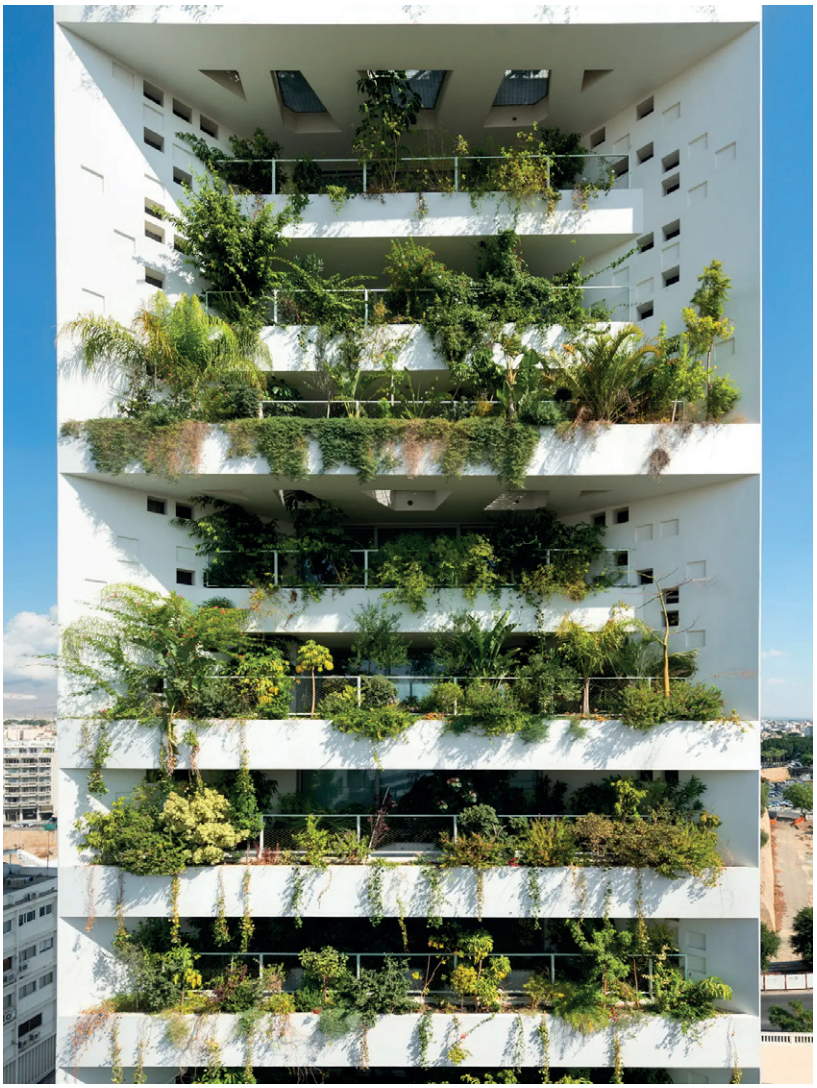
Die Versprechen von vollem Blätterwerk in allen Lagen sind oft so gekonnt in Szene gesetzt, dass das Auge sich freut und der Verstand aussetzt. Zum Glück gibt es immer mehr botanische Expertise, die Pflanzen für windige und kühle Lagen im zwanzigsten Geschoss entdeckt, wie die Schau «Einfach grün» in Frankfurt (und auch online) vorführt. Aber einfach ist gar nichts, wenn es ums Begrünen der Städte geht. Und schon gar nicht, wenn man nachrechnet, inwiefern der grüne Verschönerungsapparat dem Klima nützt.

Der Wert der Bäume

Für eine Übersicht über die verschiedenen Effekte des Stadtgrüns braucht es also eine Klimabuchhaltung. So kompliziert die Zahlen sind, so einfach die Schlagworte: «Klimaschutz» und «Klimaschmutz» sind jene des österreichisch-

amerikanischen Klimaökonomen Gernot Wagner. Er rechnet ausser CO_2-Bilanzen viele andere Externalitäten mit.

Auch bei ihm steht der Wald am Anfang der Überlegungen, denn für seine Diplomarbeit an der Harvard-Universität zählte er vor zwanzig Jahren alle Bäume in den Vereinigten Staaten und bezifferte den rein kommerziellen Wert des Holzes, allein des Materials also, auf 100 Milliarden Dollar. Eine integrierte Umwelt- oder volkswirtschaftliche Gesamtrechnung aber sollte mehr als nur den Materialwert der Bäume berücksichtigen: Genauso ihre Rolle im Ökosystem und ihre Schönheit fürs Auge wollen mitgezählt sein. So entwickelte die junge Disziplin der Klimaökonomie bald Methoden, um anderweitige Wertschöpfungen wie eben die Wirkungen auf die Gesundheit oder auf Immobilienpreise zu beziffern.



Tower 25, Terrassenhaus des Ateliers Jean Nouvel in Nikosia auf Zypern.
Yiorgis Gerolymbos

Unterdessen ist Wagner Professor an der New York University und «Green Columnist» von Bloomberg News. Er berechnet alles Mögliche rund ums Klima:

dass beispielsweise der Baum vor seinem Fenster eine Wertschöpfung bewirkt, weil er den Marktwert der Wohnung erhöht. Solch anschauliche Beispiele illustrieren die Reise durch die junge Disziplin der Klimabuchhaltung in seinem Buch «Stadt – Land – Klima». Mit seinem Wissen um den Wert der Dinge will er Überzeugungsarbeit leisten und an die Eigenverantwortung appellieren, das macht auch sein persönlich gehaltener Erzählstil klar.

Wagner mag die Bäume in Gehdistanz zu seiner Wohnung und die riesigen Wälder weit draussen auf dem Land. Und etwas Fassadenflora auch, weil sie das Mikroklima reguliert und das Stadtleben attraktiv macht. Wenn es um die globale Klimabuchhaltung geht, und diese liegt ihm vor allem am Herzen, sieht er jedoch schwarz fürs abenteuerliche Grün auf Balkonen und Wohntürmen: «Für das Weltklima bedeuten vertikale Stadtgärten allerdings nichts Gutes», hebt der Klimaökonom in seinem Buch in grosser, roter Schrift heraus.

Dabei unterscheidet der Klimaökonom nicht zwischen Luxus und Low Budget: Der vertikale Wald und die Salatzucht an der Hauswand sind zwar beide hübsch, aber generell ineffizient. Sie verhindern schliesslich, dass die globalen CO_2-Emissionen auf null sinken könnten, was dank Investitionen in innovative Technologien eben möglich wäre. Schwere Bäume in Balkonkästen und Blumen auf dem Dach helfen vor allem dem Marketing, so die ernüchternde Nachricht aus der Fachwelt. Was der Klimabilanz wirklich nützt, ist die 15-Minuten-Stadt: Arbeit und Familienalltag auf kurzen Wegen, mit minimalem CO_2-Ausstoss und maximaler Effizienz.

Effizienter leben

svf. Der Klimaökonom Gernot Wagner und seine Familie, eine rundum sympathische Truppe, liefern im soeben erschienenen Buch «Stadt – Land – Klima: Warum wir nur mit einem urbanen Leben die Erde retten» üppiges Anschauungsmaterial für die nüchternen Befunde der Klimaökonomie. Dies wohl in dem Wissen, dass ohne Lust an der Sache auch keine Motivation für Verhaltensänderungen besteht. Und diese will Wagner einfordern, vor allem im Dazwischen von Stadt und Land; da, wo der Lebensstil im Siedlungsbrei aus ortlosen Einzelhäusern und Pendlergemeinden zu viel Klimaschmutz produziert.

Die Geschichte beginnt in der niederösterreichischen 78-Quadratmeter-Mittelklassewohnung, wo der Autor seine Kindheit verbrachte, und endet in der 70-Quadratmeter-Wohnung seiner Familie mitten in New York City, sie startet sozusagen bei jedermann und endet mit einem Aufruf zum verantwortungsvollen Handeln. Wagners oft wiederholte Quadratmeterzahlen sind keine zufälligen Bemerkungen, sondern für den CO_2-Verbrauch ausschlaggebende Faktoren, die aber in den üblichen CO_2-Fussabdruck-Rechnern vernachlässigt werden.

Wo wollen wir wohnen und wie? In der Stadt, lautet das Mantra, vernetzt mit möglichst vielen andern Stadtbewohnern und nahe an Arbeit, Schule und Freizeitspass. Ausführlicher als die Kennzahlen (in den Fussnoten ist ein umfangreicher Apparat von Studien und Fachartikeln hinterlegt) sind die Anekdoten aus dem Leben des jungen Wissenschafters, Ehemanns und Familienvaters, der sich selbst zum Vorbild für eine effizientere Lebensweise stilisiert, inklusive der Fähigkeit zur persönlichen Verhaltensänderung. Dabei streifen wir, fast beiläufig, die wissenschaftlichen Entwicklungen der ökonomischen Modellierungen und Berechnungen ums Klima.

So folgt die Erzählung, die sich zuweilen wie ein Tagebuch oder eine Jugenderinnerung liest, also auch durchaus unterhaltsam ist, einer klaren Absicht: Sie ist ein Appell für ein effizientes Leben im eigenverantworteten genauso wie im politischen Handeln. Dabei gehen Klima und Ökonomie Hand in Hand: Auf den knapp zweihundert Seiten der kurzweiligen Lektüre lernen wir den Autor und seine Familie kennen, die sich auf 70 Quadratmetern Wohnfläche einem klimaeffizienten Lebensstil verschrieben haben.

Für die globalen Zusammenhänge zehrt Wagner von seinem Schüleraustausch in einer Suburb im amerikanischen Midwest und Besuchen im Elternhaus in Niederösterreich genauso wie im aufgepfählten Haus der thailändischen Schwiegermutter, das auch bei den zukünftig öfter auftretenden Überflutungen trocken bleibt. Unmittelbar an die These des effizienten Stadtlebens geknüpft ist das Familienleben in der New Yorker Loft, mit handbetriebenem Kaffeemahlwerk und zentraler Wärmepumpe.

In Wagners Worten ist die Stadt dann die «ultimative positive Externalität», was nach der Lektüre seines Buchs ganz selbstverständlich klingt. «Effizienz» ist sein Schlüsselwort und die Stadt der Ort, der diese anbietet. So verhallen auch die Unkenrufe, dass die gegenwärtige Pandemie eine Landflucht auslösen werde, im Strassenraum der jahrhundertealten New Yorker Häuserfluchten, hinter denen schon vor hundert Jahren Pandemien durchlitten und Quarantänen ausgesessen wurden, wie uns der Klimabuchhalter nüchtern erklärt.

Globales Denken heisst für Gernot Wagner, am Boden zu bleiben: beim Berechnen der Klimabilanz genauso wie im Alltag. Er betrachtet die Stadt in diesem Sinn also auf Augenhöhe wie einst Jane Jacobs, die breit gegen Robert Moses' Abrisspläne zugunsten der Highways durch New York mobilisierte. Nun bedrängen keine Autobahnen, dafür Wolkenkratzer mit Luxuswohnungen die gute alte Stadt. Auch diesen widmet Wagner eine Nebenbemerkung: «Das Leben im Wohnturm garantiert vielleicht den Blick auf die Lichter der Stadt, als Ersatz für den ansonsten wegen allgegenwärtiger Lichtverschmutzung unsichtbaren Sternenhimmel.»

Gernot Wagner: Stadt – Land – Klima: Warum wir nur mit einem urbanen Leben die Erde retten. Mit alltagstauglichen, persönlichen und überraschenden Lösungen für ein klimafreundliches Leben.

Kein Feigenblatt

Aus Wagners Klimabuchhaltung ergeben sich auch Überraschungen, dass beispielsweise nicht alles Selbstgemachte auch gut fürs Klima ist, etwa wenn es in einem klapprigen Lieferwagen eine Tagesreise hinter sich bringt, bevor es am Markt feilgeboten wird. Und eben auch nicht alles Selbstgezüchtete. Zuweilen ist es sinnvoller, ein Solarpaneel auf dem Dach zu montieren.

Effizienz ist hier das Ticket in eine Klimazukunft beziehungsweise in überhaupt eine Zukunft. Die auf bald allen Kontinenten gebauten vertikalen Wälder, hängenden Salatbeete und blühenden Ranken vor Penthouse-Apartments werden niemals fürs globale Klima leisten, was das riesige Ökosystem Wald und Landschaft seit Jahrhunderten dafür tut.

Wenn die Schönheit des Fassadengrüns die Weitsicht verstellt – ganz wörtlich vor dem Fenster und schliesslich mit schlimmen Folgen für das Weltklima –, verkommt die Begrünung der Architektur zu einem blossen Feigenblatt. Natürlich darf und soll das grüne Etwas die Sehnsucht nach der weiten Natur stillen, und die florierenden Pflanzenwelten lindern auch mancherlei Nebeneffekte von engen Häuserschluchten. Doch muss die grüne Vernunft auch in der verdichteten Stadt den weiten Horizont behalten.

Quell: - Text, Pläne & Bilder: https://www.nzz.ch/feuilleton/pflanzen-auf-hochhaeusern-mehr-spektakel-als-klimaschutz-ld.1600616?reduced=true | (02/2021)

Werner Lang & Patricia Schneider-Marin, *„Atlas Tragwerke - Effizienz und Nachhaltigkeit von Werkstoffen und Tragkonstruktionen“*, München 2021, S. 150-159

Effizienz und Nachhaltigkeit von Werkstoffen und Tragkonstruktionen

Werner Lang und Patricia Schneider-Marin

Nachhaltigkeit im Bauwesen

Die Lösung der globalen Herausforderungen wie Klimawandel, Umweltzerstörung, Rivalität um Ressourcen, demografischer Wandel und Urbanisierung sowie die sich hieraus ergebenden Anforderungen an unsere Gesellschaft gehören zu den zentralen Aufgaben der heutigen Zeit. Hierbei spielt das Bauwesen eine entscheidende Rolle, da es erheblich zur Reduktion des CO_2-Ausstoßes und Verringerung des Ressourcenverbrauchs (z. B. Boden, Material und Wasser) sowie zur Anpassung unserer Städte, Quartiere und Gebäude an den Klimawandel und an die sich rasch verändernden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Verhältnisse beitragen kann.
Derzeit entfallen rund 26 % der eingesetzten Endenergie in Europa auf den Betrieb von Wohngebäuden [1]. Weltweit sind nahezu 40 % der CO_2-Emissionen [2] auf Bau und Betrieb des Gebäudesektors zurückzuführen. Zudem ist das Bauwesen europaweit für 50 % des Materialverbrauchs [3] und 25–30 % des Abfallaufkommens verantwortlich [4]. Deutschlandweit werden derzeit jährlich rund 450 Mio. t (ca. 5,6 t/Person) an mineralischen Rohstoffen (z. B. Kies und Sand) und mehr als 15,5 Mio. t (194 kg/Person) an Metall wie z. B. Stahl, Aluminium und Kupfer für den Erhalt und den Neubau von Gebäuden eingesetzt [5].
In Anbetracht der derzeitigen Größe des ökologischen Fußabdrucks der Weltbevölkerung und der bereits heute spürbaren Überbeanspruchung der Erde um das mehr als 1,5-fache der Biokapazität – also der Fähigkeit der Erde, Ressourcen zu generieren und Schadstoffe umzuwandeln – sind das alarmierende Zahlen. Vor dem Hintergrund der weiterhin stark wachsenden Weltbevölkerung und den sich hieraus ergebenden Konsequenzen für einen ebenso rasch zunehmenden CO_2-Ausstoß und Ressourcenverbrauch ist daher eine umgehende Umstellung auf ein ausschließlich nachhaltiges Handeln im Bauwesen zwingend erforderlich.
Um die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen, müssen die Industrieländern ihre Treibhausgasemissionen bis 2050 um etwa 80–95 % gegenüber dem Stand von 1990 reduzieren. Gemäß der im Jahr 2021 in Kraft getretenen EU-Gebäuderichtlinie müssen alle Neubauten in der EU ab 2021 nach dem Niedrigstenergiestandard gebaut werden. Das entspricht Anforderungen, die nahezu Null-Energie-Gebäuden entsprechen. Dies bedeutet aber auch, dass neben der Berücksichtigung des Betriebsenergieaufwands auch auf der Materialebene der Einsatz von möglichst CO_2-neutralen Baukomponenten und -systemen nötig ist. Hierzu muss ein belastbarer Nachweis der CO_2-Neutralität unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus erfolgen.
Neben der zwingend erforderlichen Reduktion des CO_2-Ausstoßes gilt es gerade auch im Hinblick auf die Planung und Umsetzung von Tragwerken, den hier verursachten Verbrauch von Ressourcen sowie den Einfluss des Materialeinsatzes auf das Ökosystem Erde und die Gesundheit des Menschen zu berücksichtigen.
In Anbetracht der dringenden Notwendigkeit eines nachhaltigen und damit ökologischen sowie gesunden Bauens sind Planer besonders gefragt, mit ihrem Expertenwissen gesamtheitlich optimierte Tragwerke zu entwickeln. Dies erfordert neben der Berücksichtigung ökologischer Herausforderungen einen Wandel der bisher linearen Planung hin zu interdisziplinären und iterativ angelegten Planungsprozessen. Dabei muss bereits früh im Prozess das projektspezifische Optimierungspotenzial erschlossen und realisiert werden. Nur so lassen sich Tragwerke konzipieren, die sowohl ökologische Schutzziele erreichen als auch den ebenso wichtigen Nachhaltigkeitsfaktoren wie soziokultureller und ökonomischer Qualität gerecht werden.

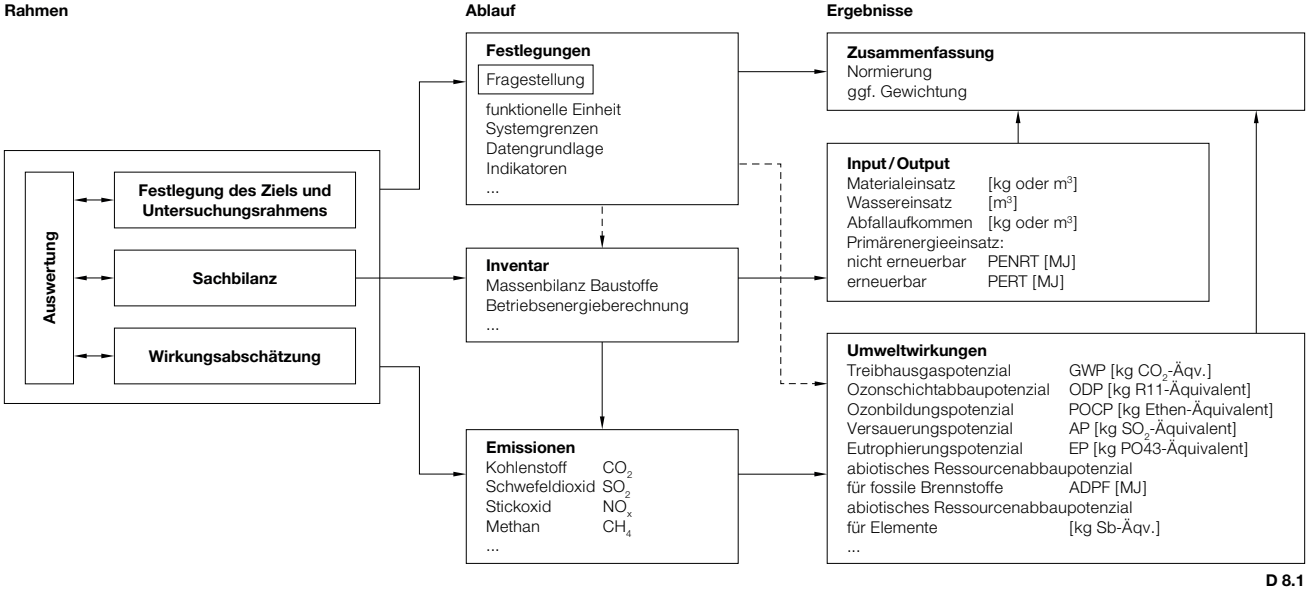
D 8.1 Rahmen, Ablauf und Ergebnisse einer Ökobilanz (eigene Darstellung nach DIN EN ISO 14040: 2021-02 /DIN EN 15804:2020-03).

Umweltwirkungen von Tragwerken

Bereits heute verfügbare digitale Analyse-, Berechnungs- und Planungswerkzeuge sowie zukunftsweisende Fertigungsmethoden und neue Materialien können entscheidend dazu beitragen, Optimierungspotenziale zur Minimierung negativer Umweltwirkungen und des Ressourcenverbrauchs zu nutzen.
Die größten Chancen für Veränderungen hin zu nachhaltigen Tragwerken bieten sich in frühen Planungsphasen, in denen die Weichen für ein Projekt gestellt werden. Um schon zu diesem Zeitpunkt die Umweltwirkungen von Baumaßnahmen und den entsprechenden Tragwerken beurteilen und optimieren zu können, braucht es eine Lebenszyklusperspektive statt kurzfristiger Kriterien. Im Rahmen einer Ökobilanzierung sollten der material- bzw. konstruktionsbedingte Energieaufwand und die sich hieraus ergebenden Umweltwirkungen für Materialgewinnung, Komponenten- bzw. Produktherstellung, Transport, Errichtung, Erhalt, den späteren Rückbau und die Entsorgung oder das Recycling für den jeweiligen Planungsansatz ermittelt werden. Andererseits spielen neben der Konstruktion auch der Energieeinsatz und die hiermit verbundenen Umweltwirkungen für den Betrieb im Lebenszyklus des Gebäudes eine wichtige Rolle.
In Abhängigkeit vom Bautyp, der Funktion des Bauwerks und den Energieversorgungsanlagen können die Umweltwirkungen z. B. bei Verwaltungsgebäuden sehr stark vom Gebäudebetrieb dominiert werden. Im Bereich des Ingenieurbaus hingegen wie etwa im Tief- und Brückenbau oder bei Sonderbauten (z. B. Stadien oder nicht konditionierte Hallenbauten) sind die Umweltwirkungen maßgeblich durch die Materialwahl und die Konstruktionsart des entsprechenden Tragwerks bestimmt.

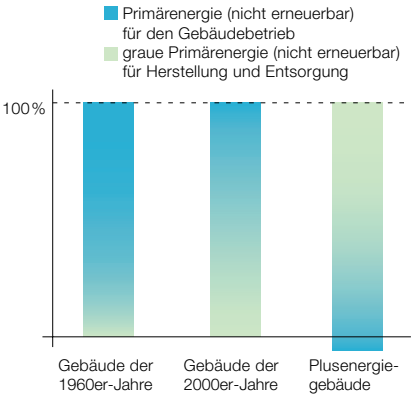
Ökobilanzierung

Eine lebenszyklusorientierte Planung erlaubt es, unterschiedliche Planungsansätze bzw. -szenarien im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen – bezogen auf die gesamte Lebensdauer eines Bauwerks – zu vergleichen und zu optimieren. Hierbei werden die umweltbezogenen Folgen der Errichtung, des Betriebs, des Unterhalts und der Entsorgung ermittelt, wodurch eine gesamtheitliche Bewertung bereits in der Planung möglich ist.
Die Grundidee der Ökobilanz ist es, über den Lebenszyklus eines Produkts oder einer Dienstleistung alle Inputs (z. B. Material, Energie) und Outputs (z. B. Abfall) zu quantifizieren und die daraus resultierenden Umweltwirkungen zu ermitteln. Allgemeine Grundlagen zur Durchführung einer Ökobilanzierung finden sich in den Normen DIN EN ISO 14040:2021-02 und DIN EN ISO 14044:2021-02. Demnach wird eine Öko-



D 8.1

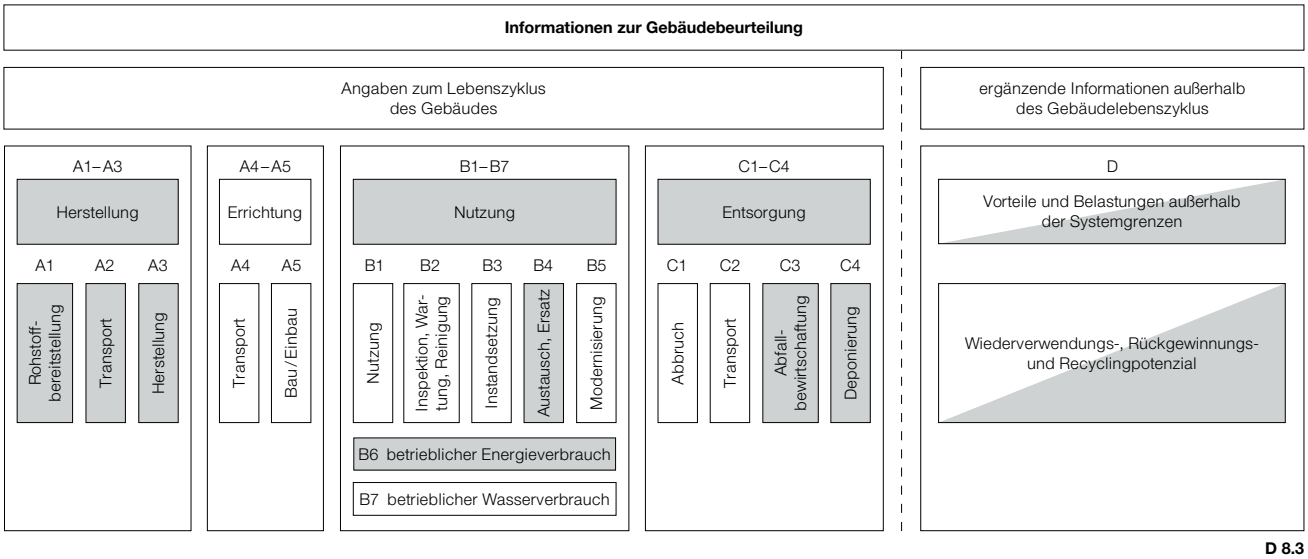
152



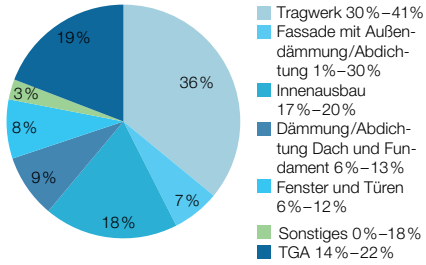
D 8.2

D 8.2 Bedeutung der grauen Energie für den Gesamtenergiebedarf von Gebäuden mit zunehmender Energieeffizienz im Betrieb
D 8.3 Lebenszyklusphasen von Gebäuden nach DIN EN 15978:2012-10, blau markiert die in DGNB bzw. BNB (ohne Phase D) berücksichtigten Phasen für die Ökobilanz
D 8.4 Anteile des Tragwerks am gesamten Treibhauspotenzial (GWP) von Gebäuden anhand von drei Studien; in den Diagrammen der Studien in a und b sind Durchschnittswerte abgebildet, da sich die Daten aus mehreren Projekten zusammensetzen, die Werte neben der Legende zeigen die entsprechende Bandbreite. Die Gebäude, für die negative Werte im Ergebnis dargestellt sind, nutzen größere Mengen von Holz, das CO_2 einlagert, in Fassade bzw. Innenausbau. Da hier negative Emissionen entstehen, verursachen andere Gebäudeteile rechnerisch mehr als 100 % der Emissionen.
a nach Design2Eco, siehe Anm. 9
b nach Hildebrand, Linda: Strategic investment of embodied energy during the architectural planning process. Diss. TU Delft 2014
c nach wagnis, siehe Anm. 10
D 8.5 Vergleich des Treibhausgaspotenzials von Baustoffen für Tragwerke
D 8.6 Vergleich des erneuerbaren und des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs von Baustoffen für Tragwerke

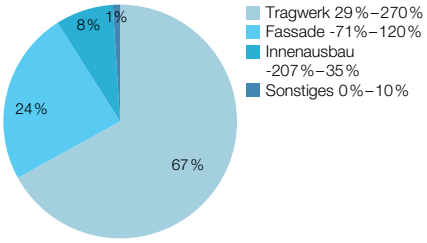
bilanz in die folgenden vier Phasen unterteilt: Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung (Abb. D 8.1, S. 151).
Hinweise für die Erstellung von Gebäudeökobilanzen enthält DIN EN 15978: 2012-10 und DIN 15804:2020-03, wobei spezifische Vorgaben für die konkrete Durchführung derzeit in Deutschland nur in dem Zertifizierungssystem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) [6] und dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) [7] festgelegt sind.
Die Lebenszyklusphasen eines Gebäudes unterteilt man in Herstellungsphase (A 1–3), Errichtungsphase (A 4–5), Nutzungsphase (B 1–7) und Entsorgungsphase (C 1–4) (Abb. D 8.3). Prozesse außerhalb der Systemgrenze des Lebenszyklus eines Bau- bzw. Tragwerks werden im Rahmen der sogenannten Phase D – „Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen“ abgebildet. Dies beinhaltet z. B. das Potenzial für die Wiederverwendung, Rückgewinnung und das Recycling von Baustoffen bzw. Baukomponenten. Ob dieses Modul in die Gesamtrechnung einfließen darf, ist umstritten. Die Phase D wird beispielsweise in der Ökobilanz nach DGNB berücksichtigt, nach BNB werden die Werte aus Phase D allerdings nicht hinzugezählt.
Tragwerke sind für die „grauen“, d. h. alle materialrelevanten Phasen des Lebenszyklus (alle Phasen außer B6 und B7) besonders ausschlaggebend. Bezogen auf die Energieeffizienz in der Betriebsphase (B6) spielen sie eine untergeordnete Rolle, sollten jedoch fallbezogen im Hinblick auf ihre potenzielle thermische Speichermasse überprüft werden. Ebenso ist die Lebenszyklusphase „Austausch und Ersatz“ (B4) weniger relevant, da im Laufe des Lebenszyklus von Bauwerken ein Austausch von Tragwerken in der Regel nicht stattfindet. Der Schwerpunkt von Ökobilanzen für Tragwerke liegt also auf der Herstellung/Errichtung (A) und auf den End-of-Life-Phasen (C, D).
Vor dem Hintergrund zunehmender Energieeffizienz im Betrieb und verstärkter Nutzung erneuerbarer Energien werden diese „grauen“ Lebenszyklusphasen immer relevanter für den Gesamtenergiebedarf (Abb. D 8.2). Plusenergiegebäude verbrauchen in diesen frühen Lebenszyklusphasen sogar die gesamte nicht erneuerbare Primärenergie ihres Lebenszyklus, die im Idealfall durch die Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen während der Betriebsphase sogar noch kompensiert wird.
Ökobilanzen analysieren aber nicht nur den Primärenergiebedarf, sondern auch die Umweltwirkungen, die in den verschiedenen Lebenszyklusphasen anfallen. Ökobaudat.de, die öffentlich zugängliche Datenbasis des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) für die Ökobilanzierung von Bauwerken in Deutschland, gibt sieben Umweltwirkungskategorien an (siehe Umweltwirkungen in Abb. D 8.1, S. 151). Sowohl die Zertifizierungssysteme DGNB und BNB als auch eine Vielzahl an Ökobilanzstudien messen dem Treibhausgaspotenzial (Global Warming Potential – GWP) die größte Bedeutung unter den Umweltwirkungen im Bau-



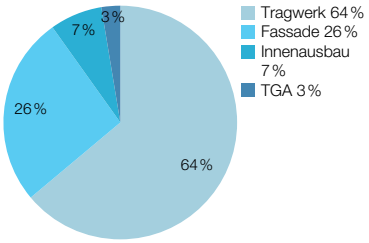
D 8.3



a



b



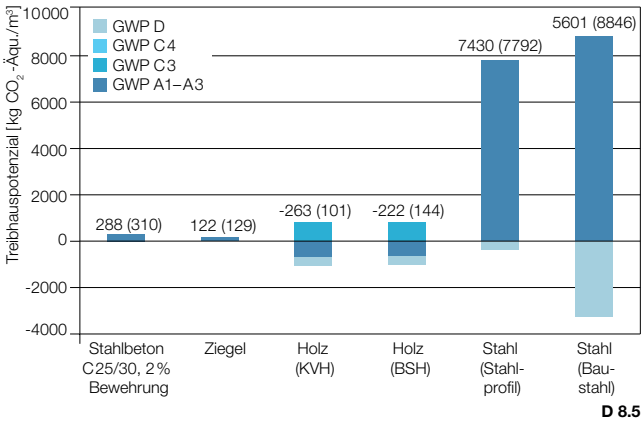
c

D 8.4

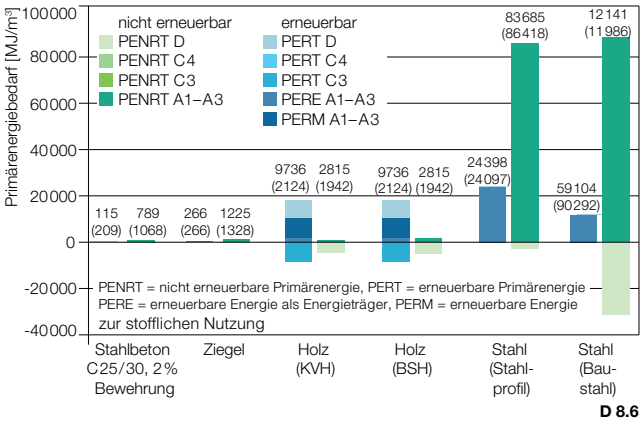
wesen zu. In Bezug auf das Tragwerk gerät hier besonders das Material Stahlbeton in den Fokus, da bei der Zementherstellung große Mengen an CO_2 emittiert werden: Die Zementindustrie ist für 4–8 % der globalen CO_2-Emissionen verantwortlich [8]. Ökobilanzstudien zeigen, dass Tragwerke für die Ökobilanz von Gebäuden aus mehreren Gründen eine große Rolle spielen: Der Anteil des Tragwerks an der Gebäudemasse ist hoch, insbesondere wenn es sich um ein schweres Tragwerk aus Massivbaustoffen handelt. Dabei haben Tragwerke in der Regel eine lange Lebensdauer von 50 Jahren und mehr (Abb. D 8.8, S. 154), was sich im Hinblick auf die Ökobilanz positiv auswirkt. Besonders zu beachten ist jedoch, dass Tragwerke – je nach gewähltem System – auch die Funktionalität von Gebäuden entscheidend beeinflussen können und dass spätere Änderungen am Tragwerk gegebenenfalls mit großem konstruktiven und finanziellen Aufwand verbunden sind. Eine Untersuchung von neueren Bürogebäuden identifiziert das Tragwerk als den Gebäudeteil, der im Durchschnitt 36 % des „grauen" CO_2-Anteils emittiert. Fast der gesamte Anteil entfällt dabei auf die Herstellungsphase des Gebäudes [9]. Diese und weitere Ergebnisse von Ökobilanzrechnungen bestätigen die Rolle des Tragwerks als wesentlichen Treiber der CO_2-Emissionen bei der Gebäudeerstellung, und somit lässt sich hier auch der größtmögliche Hebel für eine Verbesserung ansetzen (Abb. D 8.4) [10].

Abb. D 8.5 und D 8.6 zeigen einen Vergleich umweltrelevanter Daten von Materialien, die für die Konstruktion von Tragwerken geeignet sind. Bei dieser sehr vereinfachten Darstellung darf nicht vergessen werden, dass in einem Bauwerk, das aus einer Stahl- oder Holzskelettkonstruktion besteht, wesentlich weniger Materialvolumen verbaut ist als in einem vergleichbaren Gebäude aus einer flächigen Stahlbeton- oder Mauerwerkskonstruktion. Dennoch verdeutlicht der Vergleich der möglichen Tragwerksmaterialien, dass Holz in Bezug auf die Treibhausgasemissionen entscheidende Vorteile besitzt [11]. Dies liegt darin begründet, dass in der Wachstumsphase von Bäumen Kohlenstoff im Holz eingespeichert wird. Im Vergleich dazu kommen bei der Herstellung von Beton oder Stahl fossile Energieträger zum Einsatz, die zu CO_2-Emissionen führen. Die Treibhausgasemissionen für die Herstellung von 1 m³ Stahlprofilen betragen je nach Datensatz das 19- bis 25-fache der Emissionen für 1 m³ Beton. Allerdings ist bei Stahl eine mögliche Gutschrift für Recycling zu berücksichtigen.

Beim Energiebedarf von Holz ergibt sich ein weniger eindeutiges Bild, da Holz in der „Herstellungsphase" ein relativ hoher Bedarf an erneuerbarer Primärenergie zugeschrieben wird, die es für das Wachstum in Form von Sonnenlicht „verbraucht", der Anteil, der als „PERM" (erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung) sichtbar ist. Auch der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf der Herstellung (Phasen A1–A3) von 1 m³ Konstruktionsholz ist laut Ökobaudat höher als der für 1 m³ Stahlbeton (Konstruktionsbeton C 25/30 mit 2 % Bewehrung). Dies liegt neben den Unterschieden in den Datensatztypen (generisch bzw. Durchschnitt) am Verbrauch fossiler Brennstoffe für die Gewinnung von Holz im Wald sowie für seine Verarbeitung und energieintensive Trocknung. Erst in der Phase D wird für das Szenario der energetischen Verwertung des Holzes Energie gutgeschrieben, da bei Holz Energie aus einem nachwachsenden Rohstoff gewonnen werden kann. Der Unterschied zur Gewinnung aus fossilen Energieträgern wird hier angerechnet, sodass insgesamt eine Gutschrift angesetzt wird. Stahl weist auch beim Primärenergieinhalt (PEI) die höchsten Gesamtwerte auf, gefolgt von Stahlbeton und Ziegel, die wiederum etwas höhere Werte als Holz zeigen (Abb. D 8.5 und D 8.6).



D 8.5



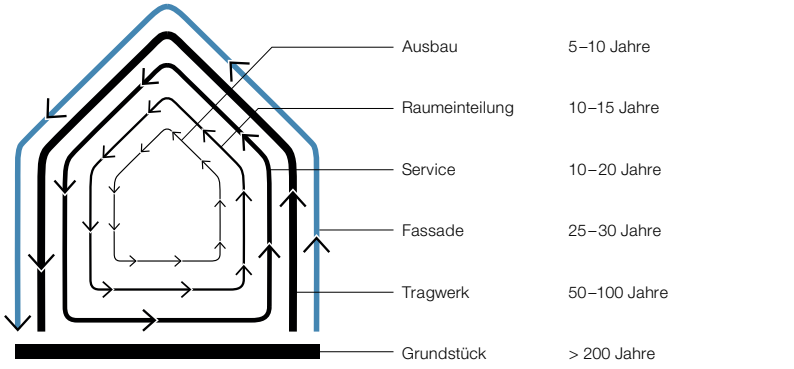
D 8.6

D 8.7

Planung nachhaltiger Tragwerke

Die Planung nachhaltiger Tragwerke wird von einer Vielzahl von Faktoren und Anforderungen bestimmt. Hierzu gehört beispielsweise die Lebensdauer, die sich positiv beeinflussen lässt, unter anderem durch eine intelligente Planung, bei der man etwaige spätere Nutzungsänderungen bereits im Entwurf berücksichtigt, (Abb. D 8.8). Eine entsprechende Nutzungsflexibilität kann zur Verlängerung des Lebenszyklus eines Tragwerks bzw. Bauwerks beitragen. Neben den zentralen Anforderungen wie Tragverhalten und Kosten sind im Rahmen der Planung vor allem auch ökologische sowie gesundheitsrelevante Faktoren im Sinne eines nachhaltigen Handelns zu beachten.

Bezogen auf den gesamten Lebenszyklus eines Tragwerks ist die Frage zu beantworten, wie sich die Errichtung und der hiermit verbundene Materialeinsatz sowie Erhalt und Rückbau des Tragwerks auf die Ökosphäre auswirken. Hierbei gilt es einerseits, die etwaige Kritikalität von Rohstoffen, andererseits die im vorhergehenden Abschnitt genannten Umweltwirkungen zu berücksichtigen. Wesentliche Leitstrategien für die Konzeption von nachhaltigen Tragwerken sind Konsistenz, Suffizienz und Effizienz.



D 8.8

D 8.9

Konsistenz: Konstruieren mit erneuerbaren Materialien

Bezüglich Nachhaltigkeit stellt sich im Zusammenhang mit der Konsistenz [12], also der „Ökoeffektivität“ von Tragwerken die Frage, wie sich der Einfluss von Tragwerkssystemen auf die Umwelt unter Beachtung aller Lebenszyklusphasen möglichst positiv gestalten lässt. Hier sind besonders jene Tragwerkskonstruktionen vorteilhaft, die aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen und in der Herstellung, Konstruktion, dem Erhalt sowie im Rückbau nur geringfügig negative oder durch die materialbezogene Einlagerung von Kohlenstoff positive Umweltwirkungen haben. Dabei stehen vor allem nachwachsende, also erneuerbare Materialien wie beispielsweise Holz oder Stroh im Vordergrund (Abb. D 8.10, D 8.12).

Je nach lokaler Verfügbarkeit bieten traditionelle, nachwachsende Rohstoffe, wie beispielsweise Holz weitere Vorteile wie kurze Transportwege, Unterstützung der lokalen Wirtschaft und Erhalt traditionellen Handwerks, dessen Bauweisen sich bewährt haben. Zudem haben biogene Baustoffe den Vorteil, dass sie nicht knapp werden

D 8.7 18-geschossiger Holzbau, Studentenwohnheim Vancouver (CA) 2017, Acton Ostry Architects, Hermann Kaufmann Architekten
D 8.8 Nutzungsgruppen und ihre Austauschzyklen
D 8.9 französisches Institut für landwirtschaftliche Forschung, INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), Orléans (FR) 2014, Design & Architecture, Nama Architecture
D 8.10 Wohnhaus aus Stroh, Dornbirn (AT) 2014, Georg Bechter Architektur + Design
D 8.11 Verwaltungsgebäude Druckerei Gugler, Pielach (AT) 1999, Herbert Ablinger, Vedral & Partner, Lehm, Ton Erde Baukunst
D 8.12 Kirchenzentrum St. Josef, Holzkirchen (DE) 2018, Eberhard Wimmer Architekten, Sailer Stepan & Partner (ssp)
D 8.13 Kapelle der Versöhnung, Berlin (DE) 2000, Rudolf Reitermann, Peter Sassenroth

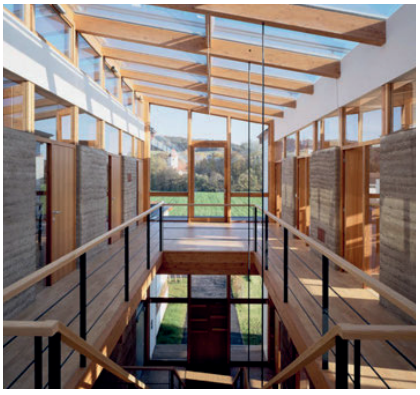
können, solange keine Übernutzung stattfindet. Im Gegensatz dazu kann es bei nicht erneuerbaren Materialien zu Engpässen kommen, auch wenn man gemeinhin annimmt, dass sie in vermeintlich unendlich großen Mengen vorhanden sind. So zeigt sich angesichts der weltweit zunehmenden Bautätigkeit bereits heute, dass der für die Herstellung von Beton benötigte Sand in einigen Teilen der Welt bereits ein knappes Gut ist [13].
Nicht zuletzt dies spricht für eine Ausweitung der Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Materialien. Ein Beispiel für den zunehmenden konstruktiven Einsatz von Holz ist das 18-geschossige Studentenwohnheim in Vancouver, dessen Tragwerk aus Vollholz besteht (Abb. D 8.7). Damit konnte ein Volumen von 2650 m^3 Beton eingespart werden, was einem Äquivalent von rund 500 t CO_2 entspricht [14].

Suffizienz: Genügsam konstruieren
Bezogen auf die Planung und Umsetzung von Bauwerken stellt sich im Hinblick auf die Nachhaltigkeitsstrategie der Suffizienz die Frage, wie sich der material- und betriebsbezogene Ressourcen- bzw. Energieaufwand unter Beachtung des gesamten Lebenszyklus insgesamt möglichst gering halten lässt [15]. Für Gebäude heißt das beispielsweise, den Pro-Kopf-Flächenbedarf durch eine intelligente Gestaltung der Innenräume ohne Qualitätsverluste zu senken. Übertragen auf die Planung und Herstellung von Tragwerken bedeutet Suffizienz, mit einem Minimum an Aufwand für die Gewinnung und Herstellung von Baustoffen zu konstruieren. Entsprechend günstige Eigenschaften besitzt der Baustoff Lehm, der in vielen Regionen der Erde verfügbar ist und seit Jahrhunderten verwendet wird [16]. Die Aufbereitung und Verarbeitung dieses Materials ist energiearm, besonders wenn dieser vor Ort gewonnen und weiterverarbeitet werden kann. Zudem weist Lehm ein hohes Wärme- und Feuchtigkeitsspeicherungsvermögen auf und verhält sich dadurch temperatur- und feuchteausgleichend. Dies sind Eigenschaften, die sich gerade im Wohnungsbau positiv auswirken. Bezogen auf die Anwendung als Baustoff für Tragwerke finden sich derzeit Beispiele, bei denen Lehm für die Konstruktion tragender Außenwände zum Einsatz kommt (Abb. D 8.9, D 8.11, D 8.13).
Ein weiterer Baustoff – nachwachsend und lokal sehr gut verfügbar – ist Stroh. Allerdings bedingt er in tragender Funktion einen hohen Flächenbedarf, sodass er derzeit eher im ländlichen Kontext für kleinere Gebäude verwendet wird (Abb. D 8.10).

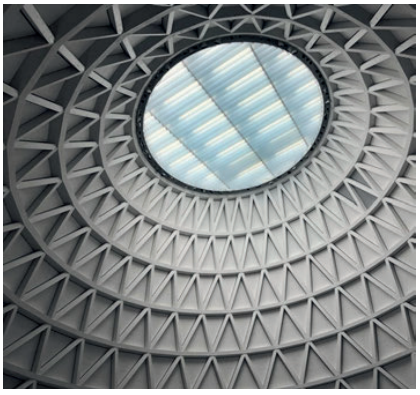
a

b D 8.10

Effizienz: Aufwand reduzieren
Effizienz zielt darauf ab, mit weniger das Gleiche zu erreichen. Das heißt, mit möglichst geringem Material- und Ressourceneinsatz eine leistungsfähige Konstruktion bereitzustellen. Dabei stehen der konstruktive, lebenszyklusbezogene Materialaufwand sowie die sich hieraus ergebenden Umweltwirkungen im Mittelpunkt der Betrachtung. Während im Zusammenhang mit den ökonomischen Eigenschaften eines Tragwerks der finanzielle Aufwand erfasst wird, liegt der Schwerpunkt der ökologischen Bewertung auf den Aufwendungen in Form der Umweltwirkungen.
Mittels Effizienz ein Tragwerk im Sinne der Nachhaltigkeit zu optimieren, bedeutet bei gleichem Leistungsvermögen die Variante zu bestimmen, die in Bezug auf den gesamten Lebenszyklus die geringsten Umweltwirkungen besitzt. Zu den bestimmenden Faktoren gehören neben den Materialeigenschaften (z. B. erneuerbar/nicht erneuerbar) die Tragwerkstypologie (z. B. Skelettbauweise/Schottenbauweise) und die sich hieraus ergebenden Materialquantitäten.
Um das Treibhausgaspotenzial von Tragwerksmaterialien angemessen vergleichen zu können, bietet es sich an, Materialquerschnitte von gleicher Biegetragfähigkeit zu untersuchen. Hierzu wurden exemplarisch



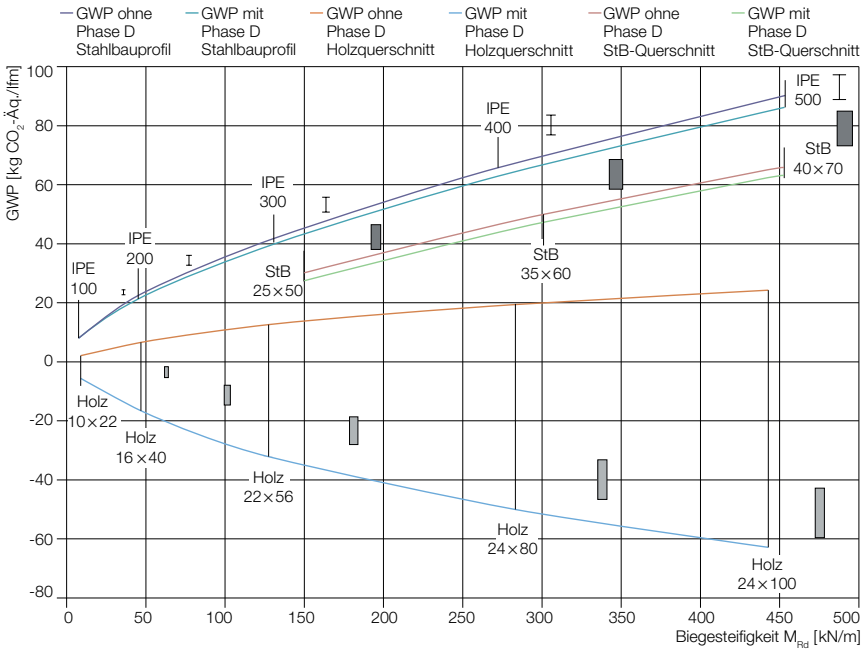
D 8.11



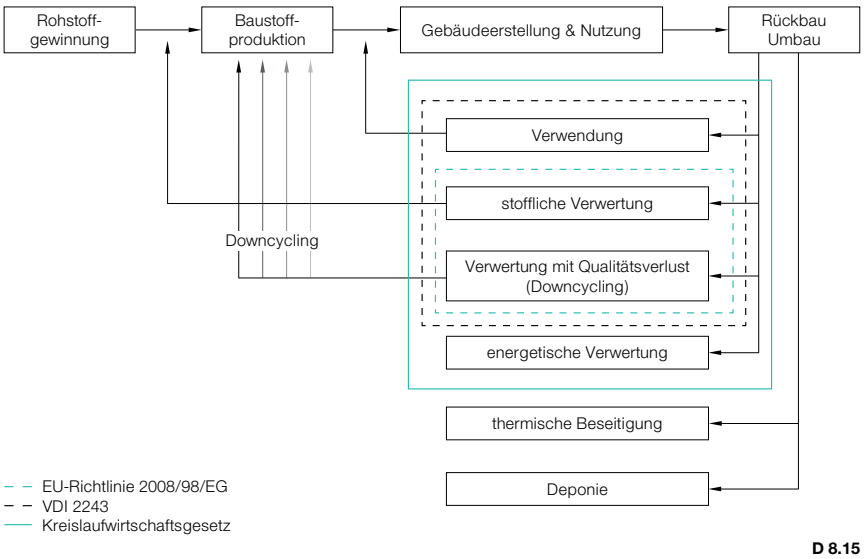
D 8.12

D 8.13

156



D 8.14



D 8.15

verschiedene Träger in Stahlbeton, Stahl und Holz nach ihrer Biegetragfähigkeit auf Querschnittsebene dimensioniert [17]. Die Abmessungen sind frei gewählt und stellen konventionelle Trägerquerschnitt dar, unter der Annahme von typischen Materialklassen. Abb. D 8.14 zeigt die Treibhausgasemissionen der unterschiedlichen Querschnittsprofile in Abhängigkeit ihrer Biegetragfähigkeit M_{Rd} mit und ohne Berücksichtigung der Phase D, ermittelt nach Ökobaudat (2019-III). Hier wird deutlich, dass der Stahlträger durchweg die höchsten Treibhausgasemissionen aufweist, der Holzträger die niedrigsten. Wichtig bei der Gegenüberstellung verschiedener Werkstoffe und deren Treibhauspotenzial für ein tragendes Bauteil ist die Querschnittsform und Materialfestigkeit, da man z. B. bei Stahl vergleichsweise wenig Material für denselben statischen Zweck benötigt wie etwa beim Bauen mit Holz. Daher nähern sich die Emissionen gegenüber einem reinen Materialvergleich an (Abb. D 8.5, S. 153). Diese Grafik bietet Anhaltswerte, die fallbezogen überprüft werden müssen, da in der Praxis oft eine Kombination vieler Beanspruchungen die Dimensionierung bestimmt und weitere Leistungskriterien (Trägerhöhe, Brandschutz etc.) hinzukommen.

Generell weist auch hier der Baustoff Holz sehr positive Eigenschaften gegenüber den Baustoffen Stahl und Stahlbeton auf. In Fällen, in denen dennoch auf die genannten Baustoffe Stahl oder Stahlbeton zurückgegriffen wird, sollte im Sinne der Effizienzsteigerung der Materialeinsatz minimiert werden. Pioniere wie Richard Buckminster Fuller oder Frei Otto haben schon sehr früh gezeigt, dass eine Optimierung von Tragwerken durch einen möglichst effizienten Materialeinsatz auch in ästhetischer Hinsicht zu eleganten Tragwerkskonstruktionen bzw. Bauwerken führen kann. Die Olympiabauten in München von 1972 (Abb. 15, S. 10, Abb. C 1.79, S. 84) oder die Multihalle in Mannheim aus dem Jahr 1975 (Abb. B 1.25,

D 8.16

D 8.14 Treibhausgaspotenzial (CO_2-Emissionen) von Querschnittsprofilen unterschiedlicher Materialien (Stahl S235, Holz C24 NKL 1, Stahlbeton Beton C25/30 mit ca. 1 % Volumenanteil Bewehrungsstahl) und Biegesteifigkeit
D 8.15 Recycling-Hierarchie mit Definitionsgrenzen unterschiedlicher Richtlinien
D 8.16 lösbare Verbindungen von Holzkonstruktionen
D 8.17 zugbeanspruchte Konstruktion aus Stahl. Halle 26, Messe Hannover (DE) 1996, Thomas Herzog und Partner

S. 48) sind herausragende Beispiele für einen optimierten Materialeinsatz, der sich auch in anderen Bautypologien wie dem Brücken- oder Hochhausbau findet.

Recyclinggerecht konstruieren

Im Zusammenhang mit den erörterten Nachhaltigkeitsprinzipien Konsistenz, Suffizienz und Effizienz bietet das Recycling von Baustoffen, Komponenten oder Tragwerkskonstruktionen eine weitergehende, sehr wirkungsvolle Option für die Verringerung der Umweltwirkungen. Hierbei gibt es unterschiedliche Stufen des Recyclings (Abb. D 8.15), wobei die unmittelbare Wiederverwendung von Bauteilen oder Tragwerkskonstruktionen in ökologischer Hinsicht die wirkungsvollste Variante darstellt. Diese Art der Wiederverwendung findet sich bereits heute im Zusammenhang mit Fliegenden Bauten, die in Form von demontierbaren, temporären, in der Regel sehr leichten Gebäuden in der Industrie sowie bei Großveranstaltungen, Freizeit- oder Sportevents zum Einsatz kommen. Auch bei Holztafel- oder Stahlskelettbauten eignen sich die tragenden Teile in der Regel für eine Wiederverwendung.
Eine wesentliche Voraussetzung für die Wiederverwendbarkeit von Tragwerken ist der Einsatz lösbarer Verbindungen wie z. B. Schraub- bzw. Steckverbindungen, um eine zerstörungsfreie Demontage zu ermöglichen (Abb. D 8.16). Dies ist bereits im Entwurf und bei der Detailplanung entsprechender Tragwerke im Sinne eines recyclinggerechten Entwerfens (Design for Disassembly) zu berücksichtigen (Abb. D 8.18, D 8.19, S. 158f.).
An zweiter Stelle in der Recyclinghierarchie steht die stoffliche Verwertung: Eine sortenreine Trennung der eingesetzten Materialien ermöglicht eine unmittelbare Verwertung von Recyclingmaterial als Ersatzrohstoff, auch Sekundärbaustoff genannt. Dies stellt ebenfalls einen in ökologischer Hinsicht wertvollen Verwertungsweg von Baustoffen dar, da das Material nach seiner Nutzung wieder in den Materialkreislauf zurückgeführt wird. Stahl eignet sich sehr gut für die Verwertung und hat schon jetzt sehr hohe Recyclingquoten von über 90 %, sodass sich ein hoher Anteil des Baustahls aus Stahlschrott herstellen lässt [18]. Die EPD (Environmental Product Declaration = Umweltproduktdeklaration) für Baustahl gibt beispielweise an, dass 74 % des für die Herstellung benötigten Rohmaterials aus Sekundärstahl bestehen, 11 % der Baustähle wiederverwendet und 88 % wiederverwertet werden [19]. Demgegenüber steht allerdings ein hoher Energieeinsatz in Form von Strom für die Herstellung des Stahls.
Im Bereich von Tragwerkskonstruktionen aus Holz können unbehandelte Tragwerkskomponenten grundsätzlich wiederverwendet werden. Dennoch zeigt sich in der Praxis, dass beim Rückbau des Tragwerks das dort eingesetzte Holz meist zu Holzwerkstoffen verarbeitet wird. Dies liegt meist daran, dass die Querschnitte und Längen der Bauteile in der Regel nicht für die Herstellung eines neuen Tragwerks geeignet sind. Unbehandeltes Abbruchholz hat als Ausgangsstoff für die Herstellung von Holzwerkstoffen den Vorteil, dass es bereits sehr gut durchgetrocknet ist.
Abbruchbeton, soweit nicht schadstoffbelastet, lässt sich ebenfalls verwerten, in Deutschland ist dies häufig der Fall: ca. 78 % des anfallenden Bauschutts werden recycelt [20]. Allerdings bestehen bei Recyclingbeton nur die Gesteinskörnungen aus wiederverwertetem Material, der energieintensive Zementanteil muss nach wie vor aus Primärmaterial zugefügt werden. Der größte Anteil an Körnung aus Abbruchbeton wird im Straßenunterbau verwendet, ein Beispiel für die dritte Stufe der Recycling-Hierarchie, das Downcycling. Auch Baustoffe, die aufgrund von fehlenden Informationen zu den spezifischen Materialeigenschaften nur eingeschränkt im Bauwesen zum Einsatz kommen können, lassen sich unter Umständen im Sinne eines Downcycling verwerten. Eine unmittelbare Wiederverwendung im ursprünglichen Sinn ist damit aber ausgeschlossen.

D 8.17

158

D 8.18 NexusHaus, entwickelt für den US-Wettbewerb Solar Decathlon 2015, TU München, University of Texas, Austin, aufgebaut in Irvine (US)
D 8.19 Elemente des NexusHaus und ihre Zuordnung zu biologischem und technischem Kreislauf bzw. zur Kategorie Serviceprodukt

Zusammenfassung

Aufgrund des in der Regel großen Anteils des Tragwerks an der Gesamtmasse eines Bauwerks kommt der Materialwahl und Konstruktionsart hinsichtlich der ökologischen Nachhaltigkeit eine wesentliche Rolle zu. Zugleich ergeben sich daraus wesentliche Chancen für die Minimierung des Ressourcenverbrauchs und Energiebedarfs sowie der damit verbundenen CO_2-Emissionen. Bei Entwurf und der Konstruktion von (in ökologischer Hinsicht) nachhaltigen Tragwerken sind die folgenden vier Aspekte besonders zu beachten:

- Die Konsistenz eines Baustoffs spielt im Hinblick auf die Umweltwirkungen wie Primärenergieinhalt und Treibhausgaspotenzial eine bedeutende Rolle. Wobei erneuerbare von nichterneuerbaren Baustoffen unterschieden werden.
- Dies gilt in ähnlicher Weise für die Suffizienz. Im Zusammenhang mit Tragwerken geht es hierbei um Baustoffe, die sich wie z. B. Lehm mit einem minimalen Aufwand gewinnen und herstellen lassen.
- Unabhängig von der Baustoffwahl ist die Effizienz ein wesentliches Kriterium, unter der Prämisse Baustoffe im Rahmen von schlanken bzw. leichten Tragwerken einzusetzen. Hierbei steht die Minimierung des Materialeinsatzes im Vordergrund.
- Im Rahmen von ökologisch nachhaltigen Tragwerken sollte das recyclinggerechte Planen und Konstruieren beachtet werden, um die eingesetzten Baustoffe möglichst lange im Stoffkreislauf zu halten.

Durch die bewusste Berücksichtigung dieser Aspekte im Planungsprozess beeinflusst der Tragwerksingenieur mit der Wahl von Baustoff und Konstruktionsart bereits in sehr frühen Planungsphasen die ökologischen Eigenschaften eines Tragwerks.
Dennoch ist es für die Gesamtbilanz wichtig, alle im Lebenszyklus auftretenden Umwelteinwirkungen wie Ressourcenentnahme, Energieaufwand und CO_2-Emissionen in Herstellung, Betrieb und Rückbau sowie den eventuell am Ende der Lebensdauer im Rahmen des Rückbaus anfallenden Abfall zu beachten. Es ist jedoch nicht nur das Bewusstsein, sondern auch die Nutzung entsprechender Werkzeuge wie der lebenszyklusbasierten Ökobilanzierung von Bedeutung, um bereits in sehr frühen Planungsphasen zu entsprechend nachhaltigen Entscheidungen zu gelangen.

D 8.18

Anmerkungen:

[1] Energy consumption and use by households, ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-eurostat-news/-/DDN-20200626-1 (abgerufen am 09.03.2021)
[2] International Energy Agency (IEA): Energy-related CO_2 emissions from buildings, iea.org/topics/buildings (aufgerufen am 09.03.2021)
[3] European Commission, Buildings and construction ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/built-environment_en (abgerufen am 09.03.2021)
[4] European Commission, Construction and demolition waste, ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en (abgerufen am 09.03.2021)
[5] Heinrich, Matthias: Material Flows of the German Building Sector. In: F. Di Maio et al. (Hrsg.): HISER International Conference – Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste. Delft 2017, S. 302–305
[6] Braune, Anna; Ruiz Durán, Christine; Gantner, Johannes: Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung. Hrsg. v. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB). Stuttgart 2018
[7] Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen. Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude, Hrsg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2015
[8] Andrew, Robbie M.: Global CO_2 emissions from cement production. In: Earth System Science Data 10 (1), 2018, S. 195–217. DOI: 10.5194/essd-10-195-2018.
Aylard, Richard; Hawson, Louise; Sprigg, Graham: The cement sustainability initiative. Our agenda for action. Hrsg. v. World Business Council for Sustainable Development. 2002

[9] Schneider-Marin, Patricia u. a.: Design2Eco, Schlussbericht. Lebenszyklusbetrachtung im Planungsprozess von Büro- und Verwaltungsgebäuden – Entscheidungsgrundlagen und Optimierungsmöglichkeiten für frühe Planungsphasen. Stuttgart 2019

[10] z. B. Lang, Werner; Schneider, Patricia: Gemeinschaftlich nachhaltig bauen. Forschungsbericht der ökologischen Untersuchung des genossenschaftlichen Wohnungsbauprojektes wagnisART. Hrsg. v. Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr (Materialien zum Wohnungsbau). München 2017

[11] siehe auch Saade, Marcella Ruschi Mendes; Guest, Geoffrey; Amor, Ben: Comparative whole building LCAs: How far are our expectations from the documented evidence? In: Building and Environment 167, 2020, 106449; doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106449

[12] „Konsistenz bedeutet die umweltverträgliche Beschaffenheit von Stoffströmen." Behrendt, Siegfried; Göll, Edgar; Korte, Friederike: Effizienz, Konsistenz, Suffizienz. Strategieanalytische Betrachtung für eine Green Economy. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. Berlin 2018, S. 13

[13] Beiser, Vince: The world in a grain. The story of sand and how it transformed civilization. First Riverhead trade paperback edition. New York 2018

[14] Kaufmann, Hermann; Krötsch, Stefan; Winter, Stefan: Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. München 2017, S. 166–169

[15] „Suffizient ist […] eine Produktions- und Konsumweise, die die ökologische Tragfähigkeit insgesamt respektiert." Fischer, Corinna u. a.: Suffizienz: Begriff, Begründung und Potenziale. Mehr als nur weniger. Working Paper. Hrsg. v. Öko-Institut e. V. Freiburg 2013, S. 8

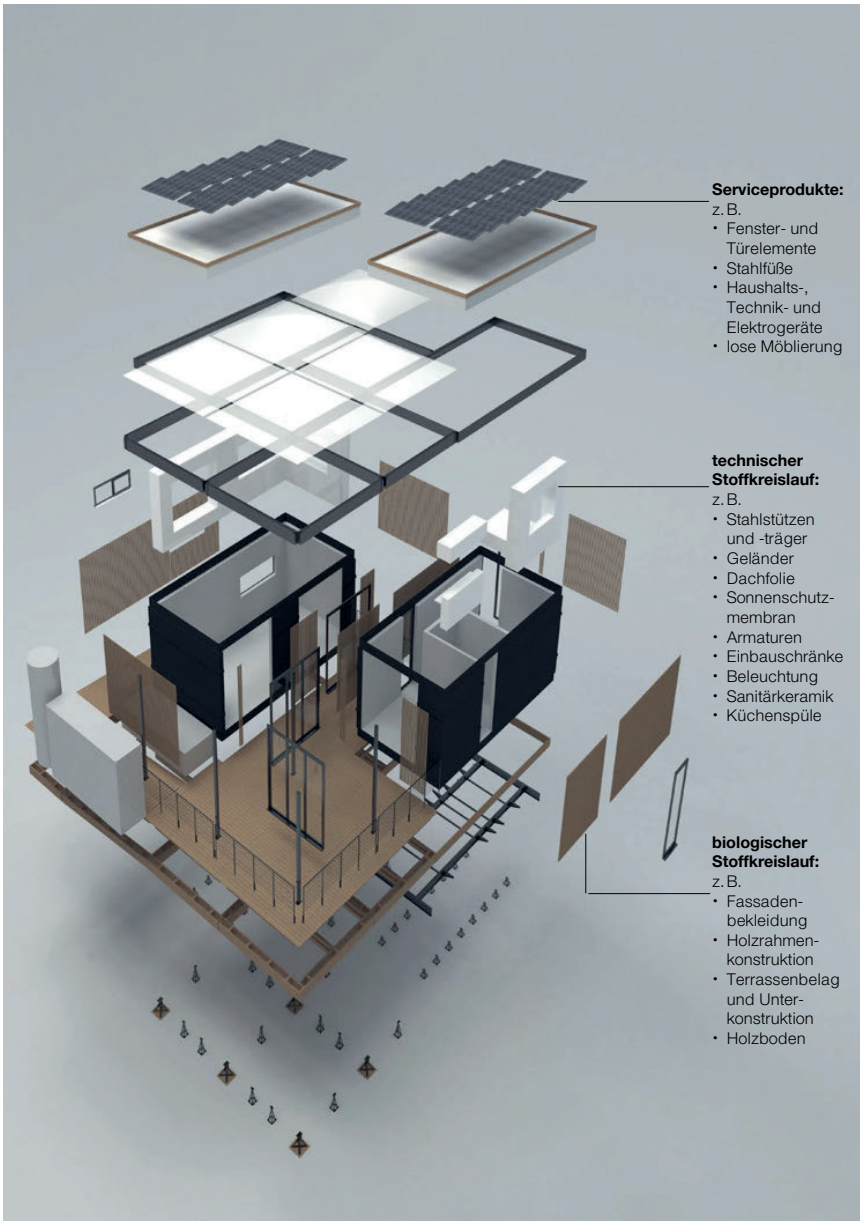
[16] Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür sind die bis zu elfgeschossigen Lehmhäuser in Schibam, Region Hadramaut im Jemen, aus dem 16. Jahrhundert. Leiermann, Tom: Shibam – Leben in Lehmtürmen. Weltkulturerbe im Jemen. Wiesbaden 2009

[17] eigene Berechnungen nach Eurocode für die hier vorliegende Publikation von Schikore, Jonas; Wilken, Frauke, Lehrstuhl für Tragwerksplanung Rainer Barthel, TU München 2020

[18] Hiebel, Markus; Nühlen, Jochen: Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott (Zukunft Stahlschrott). Hrsg. v. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. Oberhausen 2016. bdsv.org/fileadmin/service/publikationen/Studie_Fraunhofer_Umsicht.pdf (abgerufen am 22.01.2021)

[19] Feuerverzinkte Baustähle: Offene Walzprofile und Grobbleche. Umwelt-Produktdeklaration (EPD) nach ISO 14025 und EN 15804. Hrsg. v. Institut Bauen und Umwelt (IBU) 2018

[20] Schäfer, Berthold; Basten, Michael: Mineralische Bauabfälle Monitoring 2016. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016. Hrsg. v. Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. Berlin u. a. 2018



D 8.19

Patric Fischli-Boson , *„Bauteile wiederverwenden. Ein Kompendium zum zirkulären Bauen - Zirkuläre Tragstrukturen“,* Zürich 2021, S. 111-127

Patric Fischli-Boson

Zirkuläre Tragstrukturen

Tragwerke binden einen entscheidenden Teil der Ressourcen und der Grauen Energie, die in Bauten stecken. Umso wichtiger ist es, hier zu optimieren. Ein Schweizer Pionier und vier aktuelle Beispiele aus der hiesigen Hochschulforschung zeigen, wie materialeffiziente, kreislaufgerechte Tragstrukturen gedacht werden können – in Stahl, Holz, Stein oder Beton.

«Natura mensura est – das Mass der Dinge ist die Natur.»[1] Mit dieser Aussage schliesst Werner Sobek eine Reihe von Thesen über die Probleme des heutigen und das Potential reversibler, ressourcenoptimierter Leichtbaukonstruktionen des zukünftigen Bauschaffens. Immerhin verantwortet das Bauwesen etwa 60 % des weltweiten Ressourcenverbrauchs. Die Möglichkeiten, Ressourcen im Bauwesen einzusparen, indem diese zielgerichtet angewendet und der Prämisse der Kreislaufwirtschaft folgend eingesetzt werden, sind enorm. Die Kreislaufwirtschaft maximiert die Nutzungsdauer von Elementen durch das Hinzufügen weiterer Nutzer-Loops, wodurch der Fokus weg von der Werterzeugung hin zur Werterhaltung verschoben wird. Materialien sollen nicht mehr verbraucht, sondern einer temporären Nutzung zugeführt werden. Verbindungen sollen lösbar konstruiert werden, um Bauteilen eine Wiederverwendung zu ermöglichen. Rezyklate sollen in den Bauprozess eingebunden werden, um ein recyclinggerechtes Bauen zu ermöglichen. Bauwerke sollen als Leichtbaukonstruktionen konzipiert werden, um Ressourcen einzusparen. Materialien sollen dort eingesetzt werden, wo sie ihr Potential ideal entfalten können. Die Reduktion des Ressourcen- und Energieverbrauchs in Bauwerken kann nur dann effektiv sein, wenn das Bauen radikal verändert wird.

Aktuelle Forschungsaktivitäten im Bauwesen untersuchen das Bauen in Kreisläufen im Allgemeinen. An der ZHAW wird das Potential für die Wiederverwendung von Bauteilen und die Leichtbauweise im Speziellen zum Zweck eines ressourcenschonenden Umgangs mit den immer knapper werdenden Rohmaterialien und der Reduktion von Energie und Treibhausgasen zur Erreichung der Klimaziele erforscht. Die im Anschluss gezeigten Untersuchungen sind eine erste Auslegeordnung von Strategien für das Verständnis im Umgang der Wiederverwendbarkeit von Baumaterialien mit dem Ziel, die Bauwirtschaft näher zu einer Kreislaufökonomie zu bringen.

1 Werner Sobek, Laudatio Semperpreis 2019, Sept. 2019. Sächsische Akademie der Künste, Dresden

Patric Fischli-Boson

Toni el Suizo

Die Geschichte des Schweizer Brückenbauers Toni Rüttimann[2] ist einzigartig. Nach der Matura reiste er 1987 für einen Sozialeinsatz ins von einem Erdbeben schwer getroffene Ecuador. Die Not der Menschen dort animierte ihn, beim Aufbau der zerstörten Infrastruktur zu helfen. Seit dieser Zeit hat er weltweit 841 Brücken erbaut, die 2 265 000 Menschen miteinander verbinden. Seine Entwürfe sind direktes Resultat der Materialien, die auf den Ölfeldern des ecuadorianischen Dschungels kostenlos zur Verfügung standen: gebrauchte Stahlrohre, Stahlseile, Hartholz sowie Sand und Stein, welche die Dorfbewohner beisteuerten. Auch heute hat sich bei der Materialwahl kaum etwas geändert, ausser dass Stahlrohre und Stahlseile inzwischen von Sponsoren aus Argentinien und der Schweiz stammen.

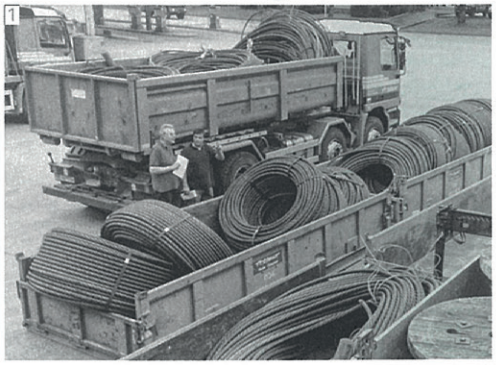
2 Toni Rüttimann (*1967 in Pontresina) ist ein Schweizer Ingenieur, der Brücken baut in Südostasien und Lateinamerika, wo er als «Toni el Suizo» bekannt ist.

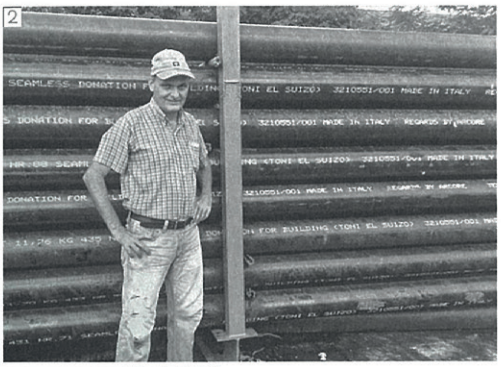
Toni Rüttimanns Brücken sind Hängeseilkonstruktionen mit unterschiedlichen Spannweiten, aber immer gleichen Komponenten: Sie bestehen aus Brückenpylonen, Hauptkabel, Hängerkabel, Brückendeck und Ankerblöcken. Diese Konstruktion ist sehr materialeffizient, da ausser dem Brückenpylon alle Hauptelemente auf Zug beansprucht werden. So kann der volle Widerstand des Querschnittes aktiviert werden, ohne Abminderungen aufgrund von Stabilitätsproblemen berücksichtigen zu müssen. Jedoch weisen die Brücken keine Redundanz auf. Versagt eines der Elemente, so kommt es zum Totaleinsturz. Deshalb spielen die Sicherheitsfaktoren, mit denen Rüttimann projektiert, eine zentrale Rolle. Sie unterscheiden sich je nach Brückenelement und sind abhängig von der Qualität des Ausgangsmaterials. Die Brückenelemente lagern in verschiedenen Ländern und werden begutachtet, beurteilt und bewertet. Diese Daten werden zentral in einer Tabelle erfasst und die Sicherheitsfaktoren in Abhängigkeit der Bewertung der Materialien gewählt.

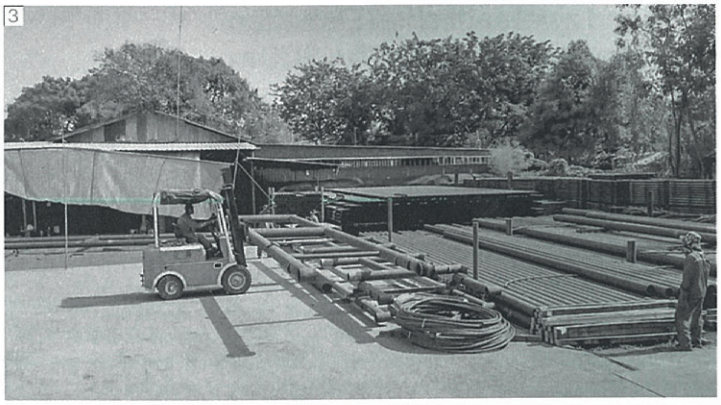
Die Arbeiten von Toni Rüttimann zeigen Problemstellungen der Bauteilwiederverwendung exemplarisch auf: Für ein Brückenprojekt werden sämtliche Daten in einer zentralen Tabelle gesammelt und bearbeitet. Sie beinhaltet im Wesentlichen die geometrischen Daten, die statischen Berechnungen, die Ausgabedaten, die Verpackungsliste mit den Transportanweisungen und die Materialliste, welche wiederum mit den Lagerlisten verknüpft ist. Anhand der Stahlseile und Stahlrohre lässt sich die Lagerbewirtschaftung nachvollziehen. Die Stahlseile für die Hauptkabel stammten bis 2003 von Erdölbohrfirmen und danach von Seilbahnen und Seilbahnherstellern. Die Stahlrohre für den Brückenträger und die Pylone stammten – ebenfalls bis 2003 – von Erdölpipelines. Von da an bis 2020 wurden sie direkt von einem Hersteller bezogen. Die Qualität der Materialien hat sich seither stark verbessert. Die Nutzung der wiederverwendeten Materialien ist gut dokumentiert, was die Qualitätsbewertung erleichtert. Die Prüfung und Bewertung

erfolgt durch Detektion von mechanischen Schädigungen mittels einer visuellen Kontrolle, die Qualität der verwendeten Stahlseile ist aufgrund der vormaligen Verwendung bei Transportseilbahnen bekannt.

Toni Rüttimann baut seine Brücken so, dass sie demontierbar bleiben und an einem anderen Ort wieder aufgebaut werden können. Nur die Fügungspunkte der Pylon-Segmente sind geschweisst, die restlichen Knoten werden als geschraubte Verbindungen ausgeführt, das macht eine Demontage in transportierbare Segmentgrössen möglich. So kann man theoretisch aus einer Brücke eine gleich lange oder eine kürzere Brücke bauen, ohne zusätzliche Brückenelemente zu verwenden. Das ist gelebte Kreislaufwirtschaft!







[Abb. 1, 2] Gespendetes Material: Seilbahnseile aus der Schweiz (links) und Stahlrohre aus Italien, im Vordergrund Toni Rüttimann (rechts)
[Abb. 3] Ölrohre liegen für die Wiederverwendung bereit.

Tragstrukturen aus Strommasten

«Nichts geht verloren, nichts wird geschaffen, alles wird wiederverwendet»[3], das ist der Leitgedanke hinter den Arbeiten der Forschungsgruppe um Corentin Fivet und Jan Brütting[4] an der EPF Lausanne. Die konsequente Ausrichtung auf eine zirkuläre Bauwirtschaft erfordert ein Umdenken auf vielen Ebenen. Mit der Fallstudie einer Bahnstation aus Stahlelementen von demontierten Hochspannungsmasten versuchen Jan Brütting und Corentin Fivet zu beschreiben, wie die Entwurfspraxis für Tragstrukturen unter den Bedingungen der Kreislaufwirtschaft aussehen könnte.

3 Jan Brütting, Corentin Fivet, *Nothing is lost, nothing is created, everything is reused: structural design for a circular economy.* Structural Xploration Lab, École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), 2020. ‹the-structuralengineer.org›
4 Structural Xploration Lab, EPFL

Patric Fischli-Boson

Die Arbeit von Toni Rüttimann hat schon gezeigt: Wiederverwendung bedeutet Optimierung der zur Verfügung stehenden Materialien. Das Materiallager muss bewertet werden, um daraus die besten Elemente für eine spezifische Nutzung auszuwählen. Die Forschungsgruppe um Corentin Fivet ist der optimalen Zuteilung mit Hilfe eines iterativen Zuordnungsmodells nun auf akademischer Ebene auf den Grund gegangen. Im Bauteillager befindet sich ein Bestand von Elementen, die mit charakteristischen Werten erfasst sind: dem E-Modul, der Festigkeit, der Dichte, dem spezifischen Gewicht, der Querschnittsform, der Elementlänge und schliesslich der Verfügbarkeit. So wird eine Zuordnung der Elemente möglich, was wiederum sicherstellt, dass bei der Wiederverwendung «Downcycling» vermieden wird, Elemente also nicht unter ihren Möglichkeiten eingesetzt werden.

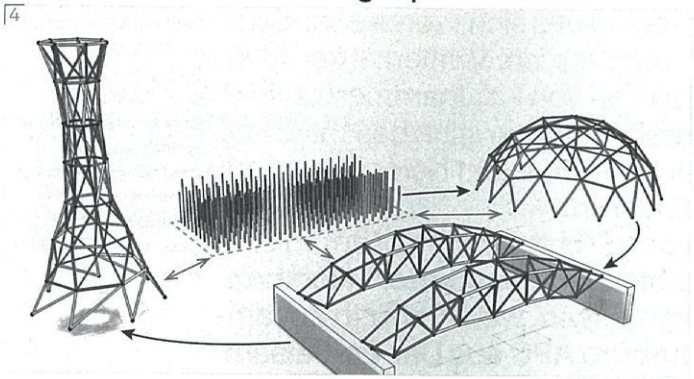
Auf diese Weise wurden für die Fallstudie einer Bahnstation 50 obsolete Strommasten aus dem Kanton Wallis analysiert. Sie sind als Fachwerkträger aus L-Profilen aus Stahl aufgebaut und in den Knoten verschraubt, was einen zerstörungsfreien Rückbau erleichtert. So konnten 19 000 Träger geerntet werden, unterteilt in 332 Trägergruppen nach oben genannten Parametern. Sie bilden die Materialgrundlage für den Entwurf einer Überdachung, die aus drei zentralen symmetrischen Einheiten (schwarz) und zwei seitlichen Einheiten (grau) besteht. [Abb. 20] Die Dachkonstruktion von 75 × 200 m überspannt so vier Doppelspuren der Bahn. Der Entwurf dieser primären Einheiten wurde unter Berücksichtigung des Materialbestands und durch die Optimierung der Knotengeometrie so gewählt, dass die meisten Elemente nicht geschnitten werden mussten. So konnten auch die vorhandenen Schraublöcher wiederverwendet werden. Im Umkehrschluss war die Wahl der Form der neuen Konstruktion durch die Rekonfiguration[1] der verfügbaren Elemente limitiert.

Mathematisch gesehen ist die Wiederverwendung von Bauteilen ein Zuordnungsproblem, das mit verschiedenen Ansätzen (SAND, NAND)[5] untersucht wurde. Die Zielfunktion berücksichtigt die zur Verfügung stehenden Stab-Elemente, die geometrischen Randbedingungen, die Einwirkungen, die statischen Kapazitäten der Elemente wie Knickverhalten und Lochleibungswiderstände sowie die Gebrauchstauglichkeit der Knotenverschiebungen. Die Zielfunktion ist linear, abgesehen von den Kompatibilitätsbeschränkungen, welche binäre Produkte enthalten. Diese werden durch die Big-M-Methode (Simplex-Verfahren) gelöst. Das zweistufige Verfahren von Zuweisungs- und Topologie- Definitionen kombiniert mit der Geometrieoptimierung führt zu lokalen Optima. Einerseits wird bei gegebener fester Geometrie die Zuordnung der Elemente unter Berücksichtigung der Minimierung des Materialverbrauchs und Abfalls iteriert. Andererseits kann bei freier Geometrie durch Variieren der Knotenposition eine Layout-Optimierung

5 vgl. Jan Brütting, Joseph Desruelle, Gennaro Senatore, Corentin Fivet, *Design of Truss Structures Through Reuse*. Lausanne: Structural Xploration Lab, Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Applied Computing and Mechanics Laboratory: 2018. ‹elsevier.com/locate/structures›

erfolgen. Diese iterative Optimierung ist abgeschlossen, wenn keine weitere Masse mehr vorhanden und die Abfallreduzierung durch aufeinanderfolgende Iterationen erreicht ist. Bei der Fallstudie wurden die zentralen und lateralen Einheiten einzeln optimiert, um den Rechenaufwand zu reduzieren. Dadurch konnte die Anzahl der Fachwerkdiagonalen verringert und Gewicht gespart werden.

4



Die verfügbaren Elemente determinieren mögliche Formen.

Hebelstabwerke – Reziproke Tragstrukturen

Das Hebelstab-Prinzip findet sich erstmals in Brückenkonstruktionen des 12. Jahrhunderts in China, und auch Leonardo da Vinci hat sich Anfang des 16. Jahrhunderts in seinen Studien zu Deckentragwerken damit auseinandergesetzt. Archetypisch aus dem Verflechten von Ästen entstanden, wurde daraus eines der ersten tektonischen Elemente der Baugeschichte, das Rahmenwerk. Udo Thönnissen[6] zeigt mit seiner Forschungsarbeit an der ETH Zürich auf, wie mit einem sehr spezifischen Prinzip mit kurzen Tragelementen grosse Spannweiten überbrückt werden können. Die Knoten müssen dabei nicht verbunden werden, die Einzelteile bleiben demontierbar. Das tradierte Bauprinzip mit sich gegenseitig stützenden Stäben entstand in verschiedenen Epochen und in unterschiedlichen Regionen. Gemeinsam ist den Entwicklungen, dass Baumaterialien und Verbindungsmittel nicht in den gewünschten Mengen und Abmessungen verfügbar waren und daher mit wenig Material und häufig kurzen Werkstücken räumliche Strukturen entwickelt werden mussten.

6 Udo Thönnissen ist Architekt mit Büros in Zürich und Muralto. Seit seiner Forschungs- und Lehrtätigkeit an der ETH Zürich setzt er sich mit Hebelstabwerken auseinander.

Sind die Verbindungen nur über Kontaktpressung hergestellt, muss das Hebelstabwerk mit Schwerkraft belastet sein, damit es stabil ist. Die Stäbe werden vor allem durch Biegemomente und durch Querkräfte beansprucht, welche je nach Abstand der Verbindungselemente stark variieren können. Hebelstabwerke weisen im Gegensatz zu anderen stabförmigen Tragwerken keine hierarchischen Ebenen auf, alle Stäbe sind gleichwertig. Folglich gibt es in der Regel keine Redundanz und der Ausfall eines Elements oder einer Verbindung führt zum Totalversagen. Dies kann vermieden werden,

wenn die Knoten zusätzlich durch zugfeste Elemente wie Dübel oder Bolzen gesichert werden. «In einem Hebelstabwerk funktioniert jeder einzelne Stab als Einfeldträger. Wird ein beliebiger Stab des Tragwerks belastet, überträgt sich diese Last auf alle anderen Stäbe. Dabei belastet dieser Stab rückwirkend auch sich selbst.»[7] Das rekursive bzw. zurücklaufende Verhalten erschwert die Modellierung und die Berechnung dieser Konstruktionen. Die Berechnung des sich «zerstreuenden» Kräfteverlaufs wurde im 17. Jahrhundert vom Mathematiker John Wallis behandelt und in den Studien von Kohlhammer/Kotnik[8] im Jahr 2011/13 mit der fortschreitenden Iteration beschrieben. Mit diesen Modellen lassen sich Kräfte exakt berechnen und Tragelemente wie Knoten optimieren.

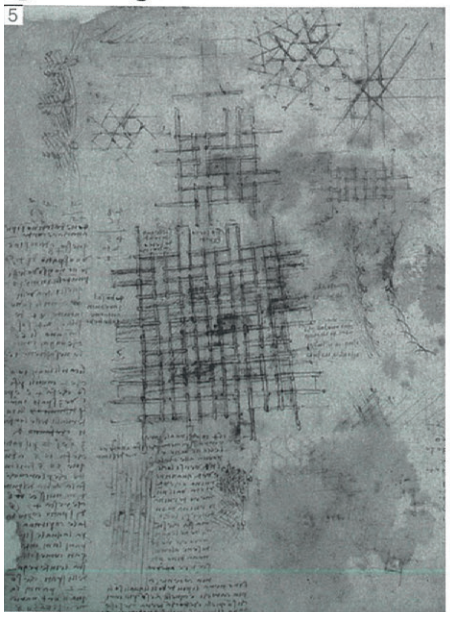
Udo Thönnissens an der ETH erforschte Kenntnisse sind in das Projekt der überdachten Promenade der Mkombozi Primarschule in Tansania eingeflossen, welches er in Zusammenarbeit mit dem Architekturbüro APC aus Dar-Es-Salaam entwickelt und realisiert hat. Die Metrik des Daches basiert auf Drei- und Sechsecken. Zwar wurde hier schlussendlich neues Holz verbaut, denn gebrauchtes Material stand nicht in ausreichender Qualität zur Verfügung. Dafür ist die Konstruktion reversibel und kann theoretisch auch in neuer Konstellation wieder aufgebaut werden. Für die Montage wurde ein Lehrgerüst in der Form des Gewölbes erstellt, die weiteren Balken wurden im Freivorbau auf einer mobilen Gerüstbühne montiert.

Hebelstabwerke eignen sich gleichermassen für lineare, ebene und räumliche Strukturen, wie die Deckenkonstruktionen von Jean-Baptiste Rondelet oder die Dachkonstruktionen von Philibert de l'Orme[2] zeigen. Die Ausganszelle definiert über Normal-, Rand- und Öffnungszellen die Formenlogik des Systems. Ihre Grundkonfiguration wird im Wesentlichen durch die Stablänge, den Stabquerschnitt, die Exzentrizität, die Übergriffslänge und die Drehrichtung definiert.

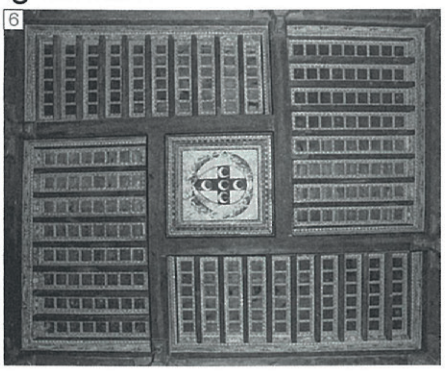
7 Udo Thönnissen, *Hebelstabwerke. Tradition und Innovation. Reciprocal Frameworks. Tradition and Innovation.* Zürich: gta, 2015, 126.

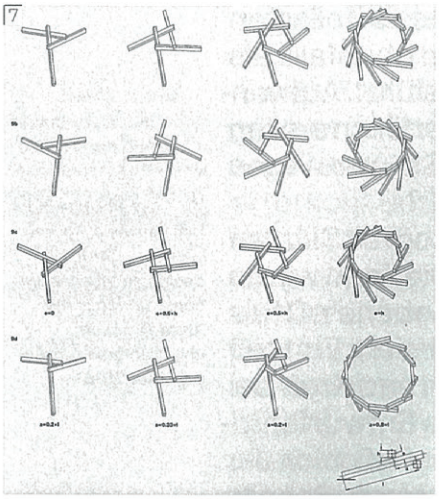
8 Thomas Kohlhammer, *Strukturoptimierung von stabförmigen Flächentragwerken mittels reziproker Analyse.* Dissertation ETH Zürich 2013.

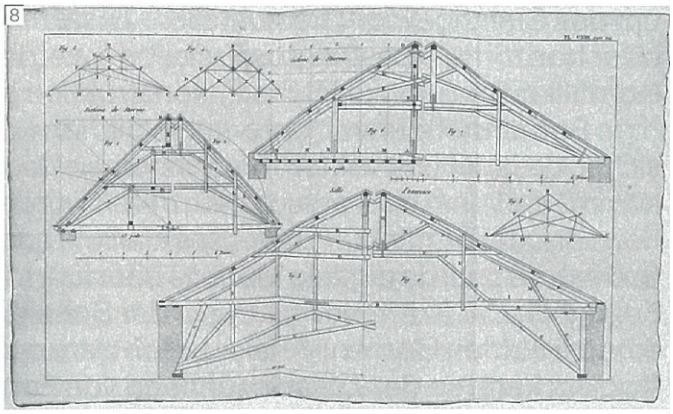
5



6







[Abb. 5] Studien zu Deckentragwerken, Leonardo da Vinci 1508–1510
[Abb. 6] Decke im Staatszimmer des Palazzo Piccolomini, Bernardo Rossellino, Pienza 1462
[Abb. 7] Thönnissen: Mögliche Grundzellen
[Abb. 8] Dachkonstruktion Jean-Baptiste Rondelet, 1812–1814

Schalenbau neu gedacht

Schalen gehören zu den elegantesten Strukturelementen der Baukunst. Sphärisch erheben sie sich gleich- oder gegensinnig über einer definierten Grundfläche in die Höhe und bilden eindrucksvolle Räume. Seit der Antike und dann wieder verstärkt in der Renaissance wurden Gewölbe als rein druckbeanspruchte Bögen aus Steinen und Ziegeln gebaut. Nach der Entwicklung des Monier-Verfahrens 1868 wurden diese auch aus Stahlbeton gebaut, zuerst als dickwandige und später, durch die Entwicklung von Candela und Isler, auch als dünnwandige Schalen. Wegweisend für die Konstruktion von Schalenstrukturen war auch die exakte mathematische Formulierung durch die Schalentheorie von Eugène Cosserat (1909) und Paul Mansour Naghdi (1972).

Die Arbeit der von Philippe Block[9] geleiteten Block Research Group an der ETH Zürich baut auf diesem Wissen auf und reichert die Tradition des Schalenbaus mit innovativen digitalen Formfindungs-, Berechnungs- und Fabrikationsprozessen an. Diese Neuinterpretation macht den Schalenbau auch aus Sicht des zirkulären Bauens interessant: Die 2016 an der Biennale in Venedig vorgestellte Armadillo-Schale ist zum Beispiel als reine «nur auf Druck» beanspruchte Konstruktion konzipiert. Die Fügepunkte der Kalksteinelemente sind nur mit Nut und Kamm und ohne Mörtel oder Verbindungsmittel mechanisch miteinander verbunden. Sie bleiben somit demontier- und wiederverwendbar. Die Form der Schale ist so gewählt, dass die gravitativen Kräfte des Steins als Normalkräfte in der Ebene der Schale bis zum Auflager geführt werden. Dort entstehen je nach Winkel des Schlusssteins bzw. der wirkenden Schalenkräfte am Fusspunkt vertikale und horizontale Kräfte. Letztere werden über Zugbänder aus Stahl kurzgeschlossen

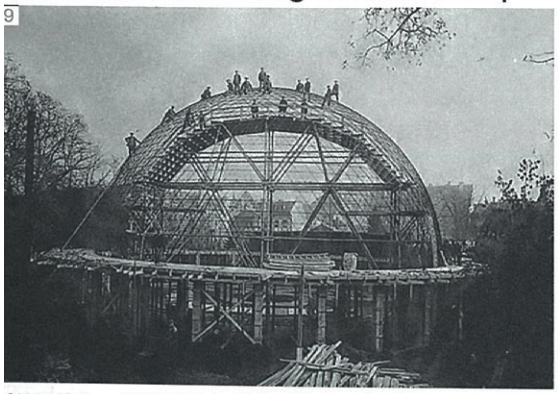
9 Philippe Block ist Professor an der ETH Zürich und Co-Direktor der Block Research Group sowie Direktor des NCCR Digital Fabrication.

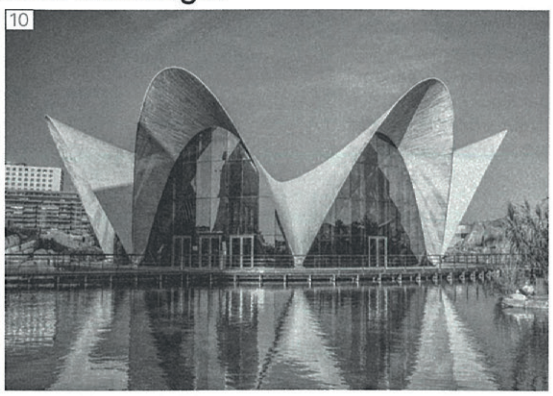
um das Gleichgewicht herzustellen. Zusätzliche Einzellasten oder horizontale Lasten aus Erdbeben werden ebenfalls als Normalkräfte durch die Schalenkonstruktion geführt. Aufwendige Berechnungen mit unterschiedlichen Lastfällen stellen sicher, dass der Lastvektor immer innerhalb des Steins zu liegen kommt, da sonst ein Versagen eintreten würde.[10]

Der Formfindungsprozess startete analog mit Skizzen und wurde dann in digitale Modelle überführt. Die Form wurde bezüglich der Kräfteverteilung in der Schalenebene mittels einer diskreten Element-Analyse-Software optimiert. Erst seit Kurzem kann so der Zusammenhang von Form und Kraft bei Seil- bzw. Schalenkonstruktionen parallel zum Entwurfsprozess auch quantitativ erfasst werden. Parallel zur Definition der globalen Schalenform wurden die Geometrie bzw. die Schnittkanten der Steine bestimmt, die mit dreiachsigen Kreissägen zugeschnitten und mit einer fünfachsigen CNC-Kreissäge in die finale Form gebracht wurden. Die gesamte Konstruktion basiert auf einer sehr exakten, passgenauen Fügung der Steine. Die Schlusssteine im Scheitel wurden daher auf der Baustelle noch angepasst, sodass beim Absenken des Lehrgerüstes die Kontaktpressung möglichst schnell eintrat und die initiale Verformung möglichst gering war. Die einzelnen Steine variieren in den Massen, sie wiegen im Scheitelbereich 45 kg und an den Auflagerpunkten 135 kg.[11] Affin zur Belastung des Steins nimmt seine Stärke im Auflagerbereich zu. Die verblüffende Schlankheit der Konstruktion ist das Resultat des Optimierungsprozesses der Schalenform bzw. der Relation von Spannweite zu Stichhöhe sowie der Festigkeit des verwendeten Materials und der Knotenbedingungen an den Elementgrenzen. Zieht man als Gradmesser der Ressourceneffizienz das Verhältnis von Bauteildicke zu Spannweite heran, so leistet die Armadillo-Schale Erstaunliches: Sie ist um die Hälfte dünner als eine Eischale, welche allgemein als die perfekte Schale gilt.

10 vgl. Philippe Block, Tom Van Mele, Andrew Liew et al., *Structural design, fabrication and construction of the Armadillo vault.* ‹thestructuralengineer.org›, May 2018

11 Matthias Rippmann, Philippe Block, «Computational Tessellation of Freeform, Cut-Stone Vaults» in: *Nexus Network Journal, Architecture and Matehmatics.* Basel: Birkhäuser / Springer, Mai 2018. doi: 10.1007/s00004-018-0383-y





[Abb. 9] 1926 wird das Zeiss-Planetarium in Jena als dünnwandige Schale fertiggestellt.
[Abb. 10] Die doppelt gekrümmten Betonschalen von Félix Candela sind nur 4 cm dick.

Tragwerke in CPC-Bauweise

Die Fachgruppe Faserverbundkunststoffe um Josef Kurath[12] am Departement Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen der ZHAW befasst sich seit 1998 mit Bauteilen aus Faser-Verbund-Kunststoffen FVK für den Baubereich. Sie erforscht und entwickelt zusammen mit Industriepartnern Praxisanwendungen wie beispielsweise die mit Carbonbewehrung vorgespannten CPC[13]-Betonplatten. Die Kombination von Carbon und Beton ist in vielerlei Hinsicht vielversprechend. Die Carbonbewehrung weist bei fünfmal kleinerer Masse eine ca. zehnmal höhere Zugfestigkeit auf als Bewehrungsstahl B500B. Im Weiteren weisen Carbonbewehrungen eine gute chemische Beständigkeit auf, was in Kombination mit Beton für die aus der Nutzung induzierten Einwirkungen von zentraler Bedeutung ist. Das ungenügende Querkraft- und Brandverhalten wird durch die Kombination mit Beton massiv verbessert und erweist sich als kongeniale Ergänzung des Kompositwerkstoffs. Die Gründe für die Vorspannung der Carbonbewehrung ergeben sich vor allem durch das Kriterium der Wirtschaftlichkeit. Durch die Vorspannung resultiert bei gleichbleibender Steifigkeit ein fünffach geringerer Preis.[14] Ein weiterer Vorteil ist die einfache Bearbeitung von CPC-Platten. Diese können mit CNC-Fräsen, ähnlich dem Holzbau, beliebig konfektioniert werden. Mit der CPC-Bauweise ergeben sich sehr geringe Bauteilstärken, wie die Fussgängerbrücke über die Eulach zeigt.

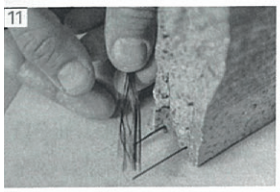
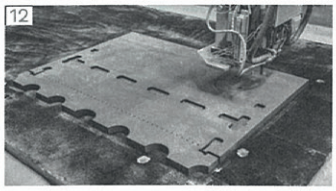
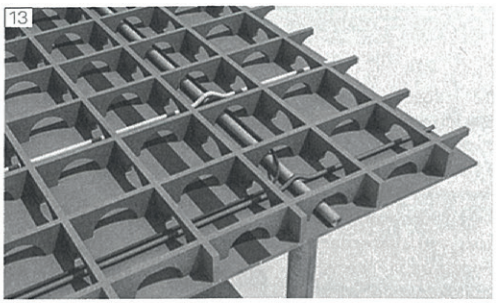
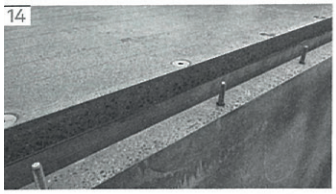
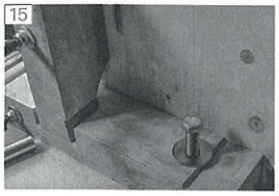
Die Elemente können mittels CPC-Steckverbindungen oder über lösbare innenliegende Schraubenverbindungen gefügt werden. Die Steckverbindung wird mit einer Schwalbenschwanz-Fräsung und schwindarmem hochfesten Mörtel kraftschlüssig verbunden. Zurzeit laufen Untersuchungen für reversible Steckverbindungen. CPC-Platten können somit als reine Konstruktion oder in Hybridbauweise mit Stahl oder Holz kombiniert werden. Aktuelle Entwicklungen zeigen das Potential auf, wie CPC-Platten im Hochbau als Decken- und Wandsysteme eingesetzt werden können. Die integrale CPC-Kassettendecke mit integrierter Leitungsführung reduziert das Deckeneigengewicht um 75 % im Vergleich zu klassischen Ortbetondecken. Dieses Deckensystem kann als Platten-Stützen- oder als Platten-Wand-System verbaut werden. Die Wiederverwendung von CPC-Platten ist aufgrund der gesteckten oder geschraubten Verbindungen ähnlich wie im Stahlbau einfach möglich. Falls die Rezyklat-Elemente keine Wiederverwendung finden, werden diese als gewöhnlicher Betonabbruch ohne Trennung der Bewehrung geschreddert und als sauberes Beton-Rezyklat weiterverwertet.

12 Josef Kurath ist Bauingenieur und Professor am ZHAW Departement Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen. Parallel zur Lehre leitet er dort die Fachgruppe Faserverbundkunststoffe FVK.

13 Carbon prestressed concrete

14 Josef Kurath, *CPC – eine neue Betonbauweise am Beispiel von Tunneldecken.* In: ASTRA Unternehmertagung, Ittigen, 18. September 2020.

Patric Fischli-Boson

[Abb. 11] Bewehrung mit Carbonfasern
[Abb. 12] Digitaler Zuschnitt
[Abb. 13] Kassettendecke mit integrierter Leitungsführung
[Abb. 14, 15] Schraub- und Steckverbindungen

Vision und Wirklichkeit

Die vorgestellten Ansätze spannen ein breites Feld an inspirierenden Ideen auf – doch wie begegnen sie den konkreten Realitäten unserer Baupraxis? Und welche Hinweise liefern sie uns für deren künftige Entwicklung?

Sind Konstruktionen à la Toni Rüttimann in der Schweiz überhaupt denkbar? Die schweizerischen und die harmonisierten europäischen normativen Grundlagen, welche den Stand der Technik abbilden, haben in der Schweiz gesetzlichen Charakter und sind anzuwenden und einzuhalten, auch bei der Wiederverwendung von Baumaterialien und -teilen. Die Normen regeln unter anderem die Ausführungsbedingungen für Tragwerke und Bauprodukte, welche beispielsweise eine lückenlose Rückverfolgbarkeit der Baumaterialien inklusive aller Prüfzeugnisse verlangen. Bei der Wiederverwendung von Bauteilen ist dies eines von mehreren Problemen. Dieser Umstand verkompliziert die bei Toni Rüttimann scheinbar einfachen und kurzen Entscheidungswege. Die heutigen normativen Vorgaben sind ausgelegt für die Verwendung von Primärmaterialien, welche unter industriellen Bedingungen hergestellt werden. Die Wiederverwendbarkeit von Materialien ist normativ nicht geregelt und bedarf einer Aktualisierung bzw. einer Erweiterung des Normenwerks.

Was Toni Rüttimann empirisch entwickelt, wird bei Jan Brütting und Corentin Fivet zum Leitgedanken eines komplexen Rechenmodells: Wie kann ich vorhandene Bauteilressourcen optimal für neue Konstruktionen nutzen? Das Ziel der Wiederverwendung von Strukturelementen ist die Reduktion der Umweltbelastungen. Dass die entwickelte Methode diesbezüglich Potential hat, zeigt das durchgeführte Life Cycle Assessment (LCA), das den Unterschied von wiederverwendeten zu neuen Elementen aus recyceltem Stahl vergleicht. Für die dargestellte Methode konnte aufgezeigt werden, dass bei den Umweltbelastungen eine Reduktion von 63 % erreicht werden kann,

auch wenn gegenüber einer neuen, gewichtsoptimierten Lösung 50 % mehr Material gebraucht wird.[15] Aufgrund der Komplexität des Rechenmodells bleibt diese Art des Entwurfs bislang wohl einigen wenigen Spezialisten vorbehalten. Im Weiteren wird der Entwurfsprozess zwischen Architektinnen und Ingenieuren dadurch verändert, dass es zu einem sequenziellen und weniger einem parallelen, gemeinsamen Entwerfen führt. Die Notwendigkeit, eine gemeinsame Sprache und Grammatik zu entwickeln, scheint daher evident.

Udo Thönnissens Forschung stützt sich auf uraltes Konstruktionswissen, welches dank digitaler Planungs- und Fertigungsprozesse neue Aktualität erhält. Auch die Armadillo-Schale der Block Research Group zeigt exemplarisch auf, wie tradierte Baumethoden in Kombination mit modernen Planungs- und Fertigungsmethoden ungeahnte Potentiale freisetzen und festgefahrene Bauprinzipien neu gedacht werden können. In Bezug auf das Bauen in Kreisläufen sind Raumabdeckungen als «nur auf Druck» beanspruchte Gewölbe sowie auch Hebelstabwerke eine demontierbare und wieder aufbaubare Lösung. Die Armadillo-Schale und die Hebelstabwerke können stellvertretend als Denkanstoss dienen, um in Vergessenheit geratene Bauprinzipien mit den zur Verfügung stehenden digitalen Mitteln neu zu interpretieren. Hourdis- oder Rippendecken warten geradezu auf eine Neuinterpretation im Lichte des digitalen und zirkulären Bauens.

Als moderne Rippendecke kann das Deckensystem in CPC-Bauweise von Josef Kurath gelesen werden. Dieses Konstruktionsprinzip verfolgt den Ansatz, ressourcenoptimiert und digital eine Alternative zur herkömmlichen Massivbauweise zu bieten. Das System ist vielversprechend: Die hohe Vorfertigungsrate, der geringe Materialverbrauch, die konsequente Trennung von Tragwerk und Leitungsführung, die möglichen Kombinationen mit anderen Materialien sowie die gesteckten und geschraubten Verbindungen eignen sich für das Bauen in Kreisläufen in hohem Masse. Allen Leichtbaukonstruktionen gemeinsam sind jedoch Vorurteile bezüglich Wirtschaftlichkeit, Schallschutzanforderungen und mangelnder Energiespeicherleistung aufgrund der fehlenden Masse. An der ZHAW wurde 2020 die Forschungsgruppe Hybrid-Leichtbau gegründet, welche sich diesen Themen widmet. Im Fokus stehen Fragestellungen bezüglich statischer Optimierung (Verbundbauweise), lösbarer Verbindungen (Wiederverwendung), Brandschutz und Schallschutz.

Der steigende Bedarf an Rohstoffen und die damit verbundenen weltweiten klimatischen Veränderungen sind so drastisch, dass sich auch die Bauwirtschaft mit den Folgen und der Eindämmung der Auswirkungen auseinandersetzen muss. Die Schweiz wäre gut beraten, ein Ressourceneffizienzprogramm für das Bauwesen ins Leben zu rufen, um politisch signifikante Akzente zu setzen, denn Rohstoffe sind ein endliches

15 Mark D. Webster, Daniel T. Costello: «Designing Structural Systems for Deconstruction: How to Extend a New Building's Useful Life and Prevent it From Going to Waste When the End Finally Comes». Greenbuild Conference, Atlanta (GA), November 2005.

Gut. Es gibt wenige, die gegen Ressourcenschutz sind, grundsätzlich ist diesbezüglich eine positive Grundhaltung zu spüren. Die Anreize für Veränderungen im Bauwesen bzw. der gesellschaftliche und politische Druck sind jedoch zu gering für Veränderungen im grossen Stil. Es gibt beträchtliche ungenutzte Potentiale zur Abfallvermeidung durch Wiederverwendung. Optimierte Denkansätze wie «Cradle to Cradle» und das Konzept des «Urban Mining» sind Impulse, die es aufzunehmen, weiterzuentwickeln und in die Praxis umzusetzen gilt. Das Bauwesen weist sehr grosses Potential auf, einen wichtigen Beitrag bei der Dekarbonisierung zu leisten. Aus eigener Erfahrung braucht es jedoch sehr viel Überzeugungsarbeit bei privaten wie auch professionellen Bauherren, um neue Bauweisen zu etablieren. Grundlagen- sowie angewandte Forschung im Bereich der Leichtbauweise und der Wiederverwendbarkeit von Bauteilen sind daher wertvolle Beiträge, um Hemmnisse abzubauen und die Akzeptanz für neue Bauweisen zu erhöhen. Konrad Wachsmann wäre erstaunt, dass der Wendepunkt im Bauen auch 2021 noch nicht vollzogen wurde. Es ist an der Zeit einen Schritt weiter zu kommen.

Projektportraits

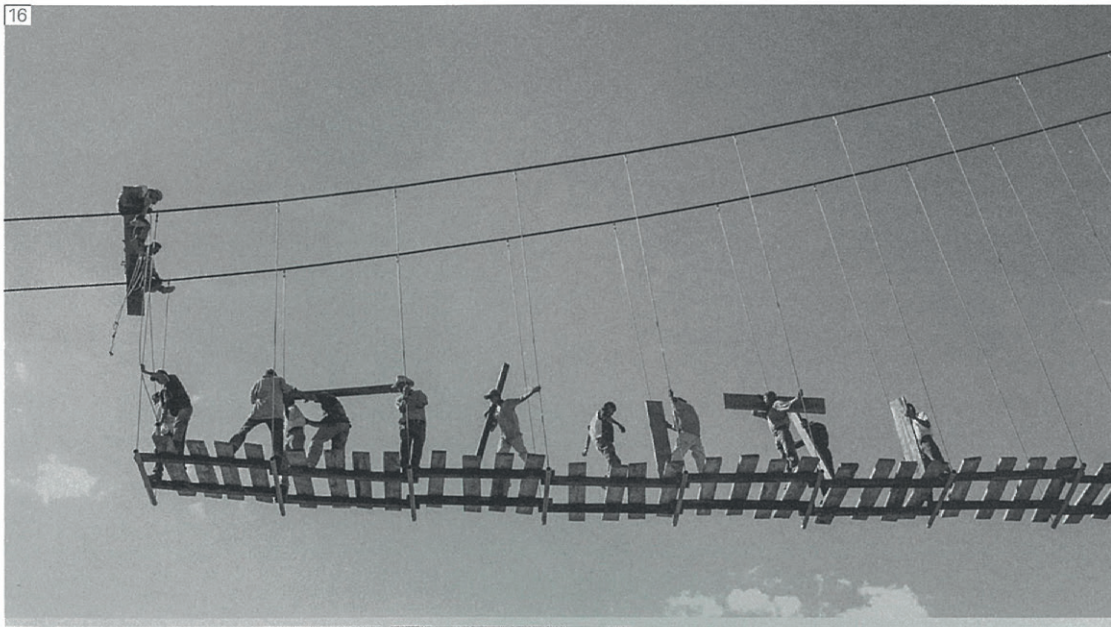
Brücke Nr. 148

Rio Lempa Honduras / Salvador, 2000 • Bauingenieur: Toni Rüttimann • Ausführung: Toni Rüttimann, lokale Bevölkerung

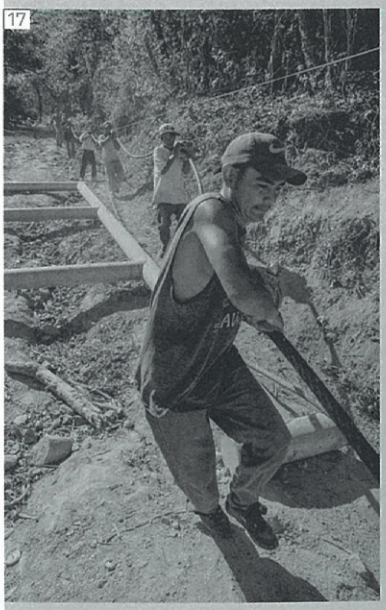
Über den Rio Lempa, einen der Grenzflüsse zwischen Honduras und El Salvador, führt die 148. von Toni Rüttimanns Hängeseilbrücken aus ausrangierten Seilbahnseilen und weiteren Gebrauchtwaren. Am Bauprozess, buchstäblich ein Drahtseilakt, beteiligten sich zahlreiche Helfer: Nachdem die Pylone an den Ufern errichtet waren, wurden die Hauptseile gespannt. Anschliessend wurden an sekundären Seilen Stück für Stück die horizontalen Träger für das Brückendeck abgehängt. Nach zwei Wochen war die neue Brücke fertig. Seither sind in ähnlicher Art und Weise in Süd- und Mittelamerika sowie in Südostasien hunderte weitere Brücken entstanden.

[Abb. 16] Die Brücke wird Stück für Stück aufgebaut.
[Abb. 17] Materialtransport zur Baustelle
[Abb. 18, 19] Die fertige Brücke

16

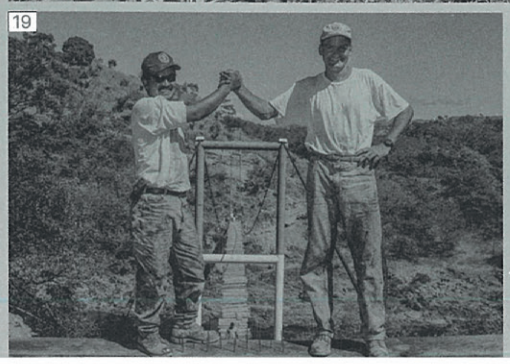


17



18

19



Projektportraits

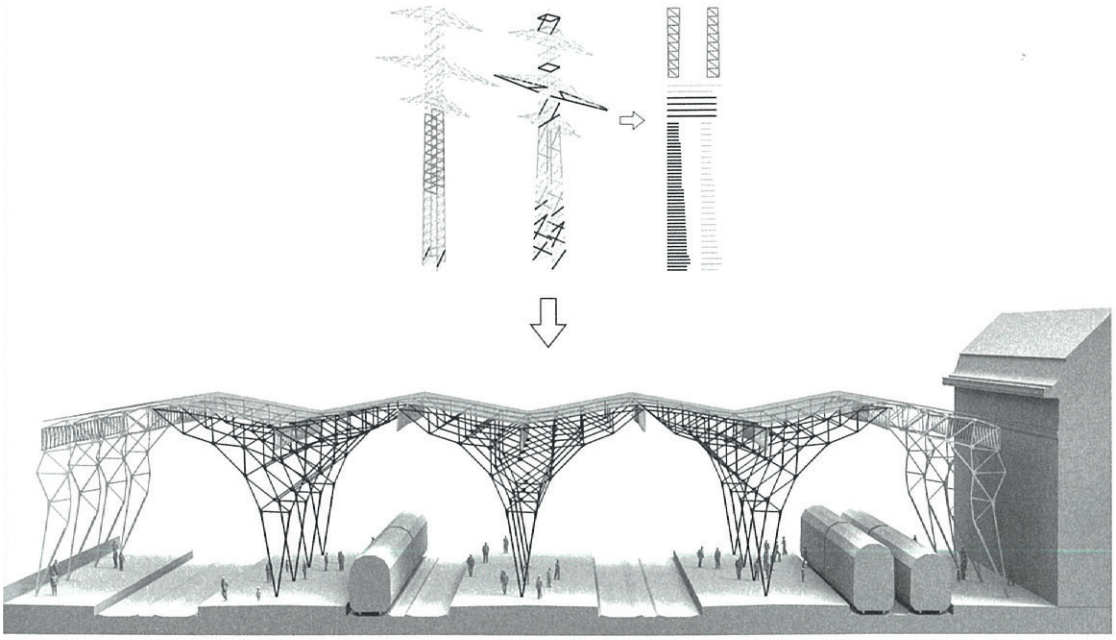
Überdachung Hauptbahnhof Lausanne

Lausanne, 2019 (Fallstudie) • Konstruktionsprinzip: EPF Lausanne, Structural Xploration Lab

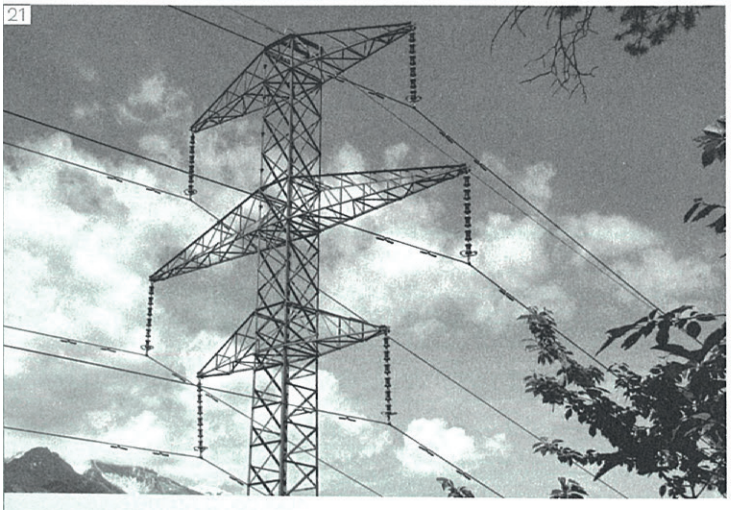
Das Structural Xploration Lab der EPFL um Corentin Fivet untersucht Methoden der Kombinatorik gebrauchter Bauteile für neue Tragwerke. Jan Brütting und weitere Forschende haben Möglichkeiten studiert, die mittels Platten und Bolzen verbundenen L-Profile von Strommasten für eine neue Überdachung des Hauptbahnhofs Lausanne neu zu konfigurieren. Die hypothetische Fallstudie hat einen realen Hintergrund: Die Netzbetreiberin beabsichtigt, im Wallis sechs Stromleitungen aus den 1950er Jahren durch eine Hochspannungsleitung zu ersetzen. Pro Leitung werden so etwa 50 Masten mit insgesamt bis zu 19 000 Stahlprofilen ausrangiert. Und auch die Schweizerischen Bundesbahnen denken über das Wiederverwendungspotential ihrer Fahrleitungsmasten nach.[3]

[Abb. 20] Die Einzelteile der Pylone, rekonfiguriert zur Konstruktion des Bahnhofsdachs
[Abb. 21] Pylon vor der Wiederverwendung
[Abb. 22] Detail Verbindung

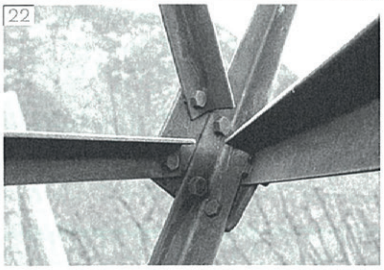
20



21



22



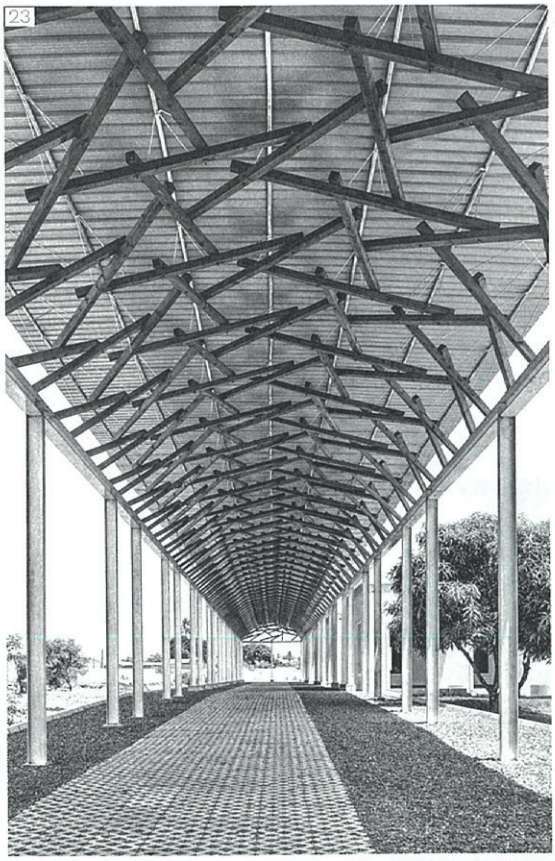
Promenade Mkombozi Primarschule

Chamazi, Distrikt Temeke, Dar es Salaam, Tanzania, 2018 • Bauherrschaft: Shirika ya Masista wa Mkombozi (Schwestern des Heiligen Erlösers) • Architektur: Udo Thönnissen, Zürich, in Kooperation mit APC Architectural Pioneering Consultants, Dar es Salaam • Bauingenieur: Dr. Neven Kostic, Zürich

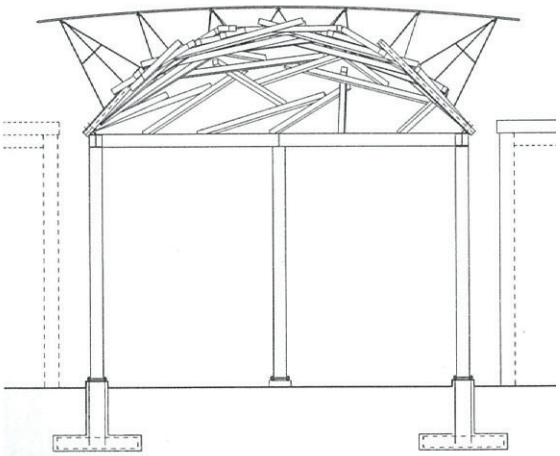
Die von Udo Thönnissen in Kooperation mit APC realisierte Promenade verbindet Unterrichts- und Freiräume einer kirchlichen Primarschule in Dar es Salaam. Während Stützen und Längsträger zum Schutz vor Termiten in Stahl ausgeführt sind, trägt ein Hebelstabwerk aus schlanken Vollholzstäben das Dach – eine ebenso ästhetische wie pragmatische Antwort auf mangelnde Verfüg- und Transportierbarkeit grosser, industriell vergüteter Bauteile für den Ingenieur-Holzbau. Die typisierten Stäbe mit je vier Langlöchern sind mit gelenkigen Stabdübeln und einem Keil verbunden. So bleiben sie reversibel und könnten auch in anderer Konstellation neu zusammengesetzt werden.

[Abb. 23] Hebelstabwerk aus typisierten Stäben: Im Tonnengewölbe gibt es vier Elementtypen, in den «Apsiden» sind es sieben.
[Abb. 24] Querschnitt
[Abb. 25] Grundriss Dachkonstruktion
[Abb. 26] Montage des Hebelstabwerks

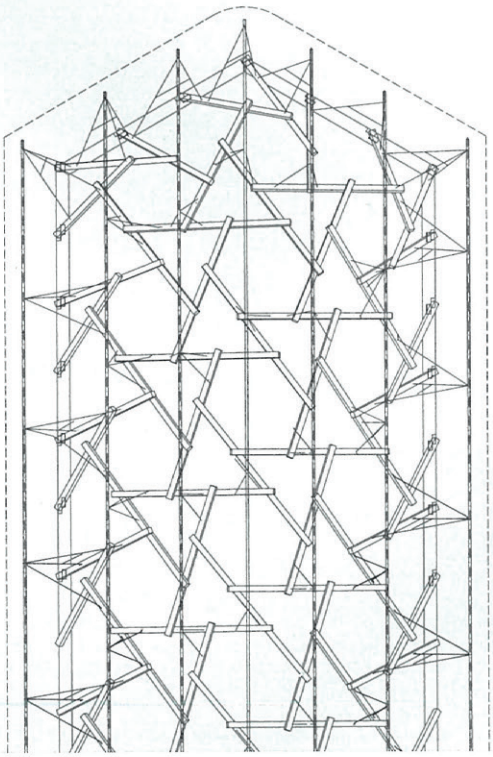
23



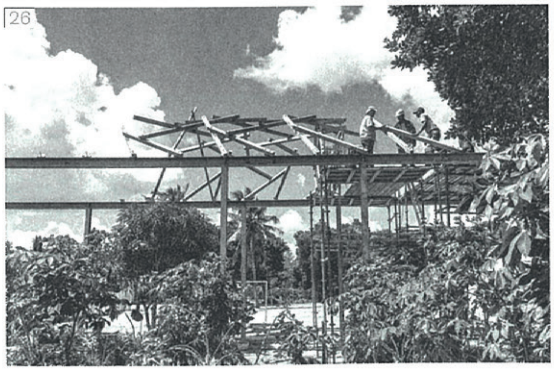
24



25



26



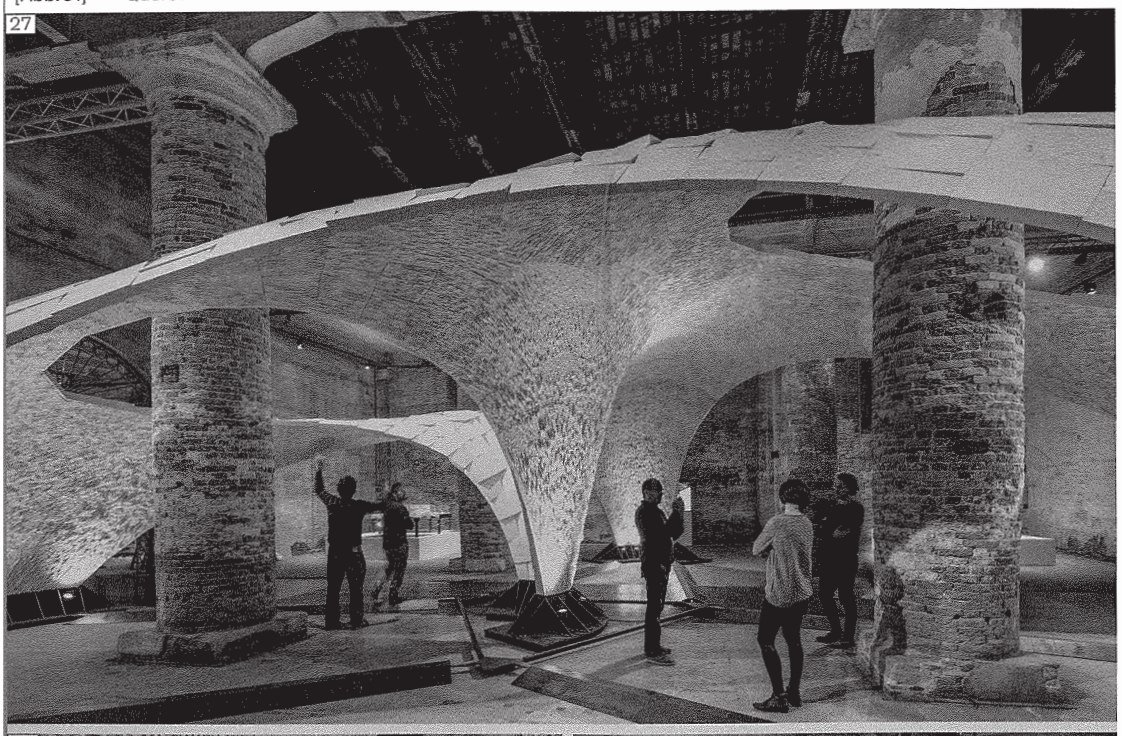
Projektportraits

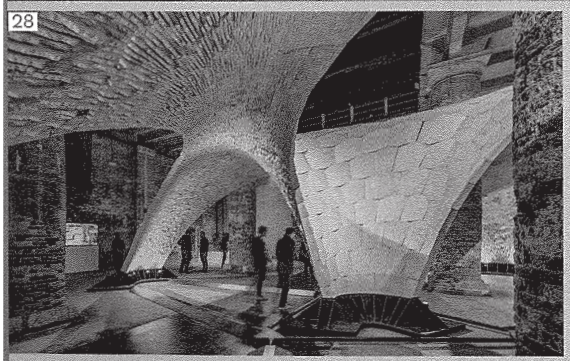
Armadillo Vault

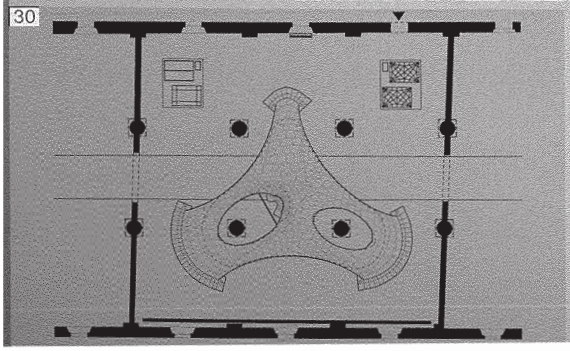
Arsenale, Architekturbiennale, Venedig, 2016 • Konstruktionsprinzip: ETH Zürich, Block Research Group • Bauingenieure: Ochsendorf DeJong & Block (ODB Engineering) • Unternehmen Naturstein: Escobedo Group, Mexico

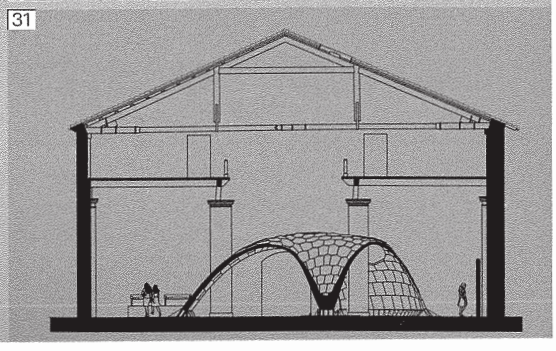
Mit ihrem Kalksteinpavillon für die 15. Internationale Architekturausstellung in Venedig reizt die Forschungsgruppe um Philippe Block an der ETH Zürich die Möglichkeiten des Schalenbaus aufs äusserste: 355 teils nur 5 cm starke, armierungsfreie Kalksteinplatten werden ohne Mörtel, allein dank ihrer ausgefeilten Geometrie, zu einer 16 m weit gespannten Schale zusammengesetzt. Die spektakuläre Installation zeigt, wie es heute mit Hilfe präziser digitaler Planung und Fertigung im Massivbau gelingen kann, auch wenig zugfestes Material sparsam und ohne zusätzliche Verbindungsmittel einzusetzen.

[Abb. 27, 28] Der fertige Pavillon im Arsenale in Venedig
[Abb. 29] Montage
[Abb. 30] Grundriss
[Abb. 31] Querschnitt









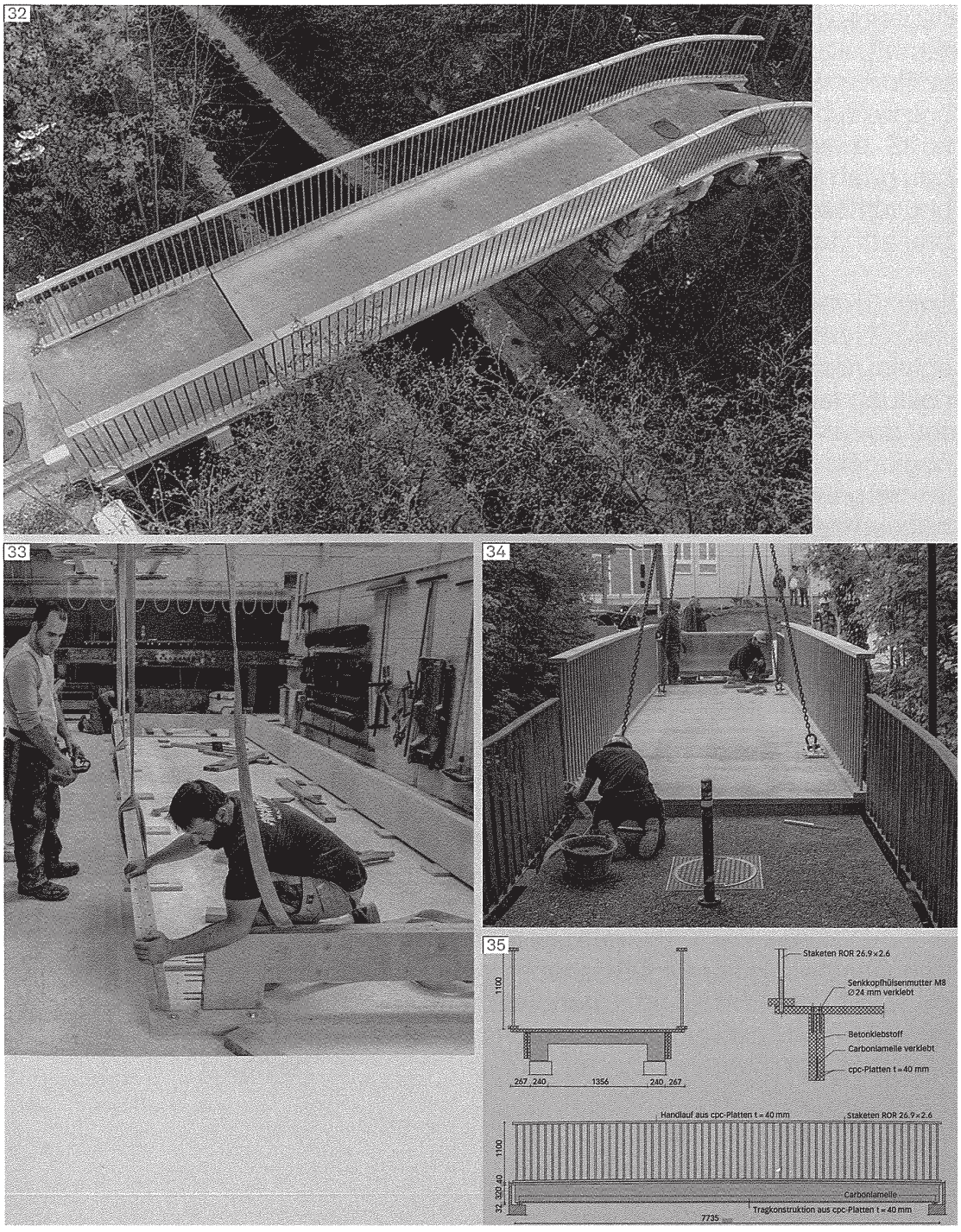
Zirkuläre Tragstrukturen

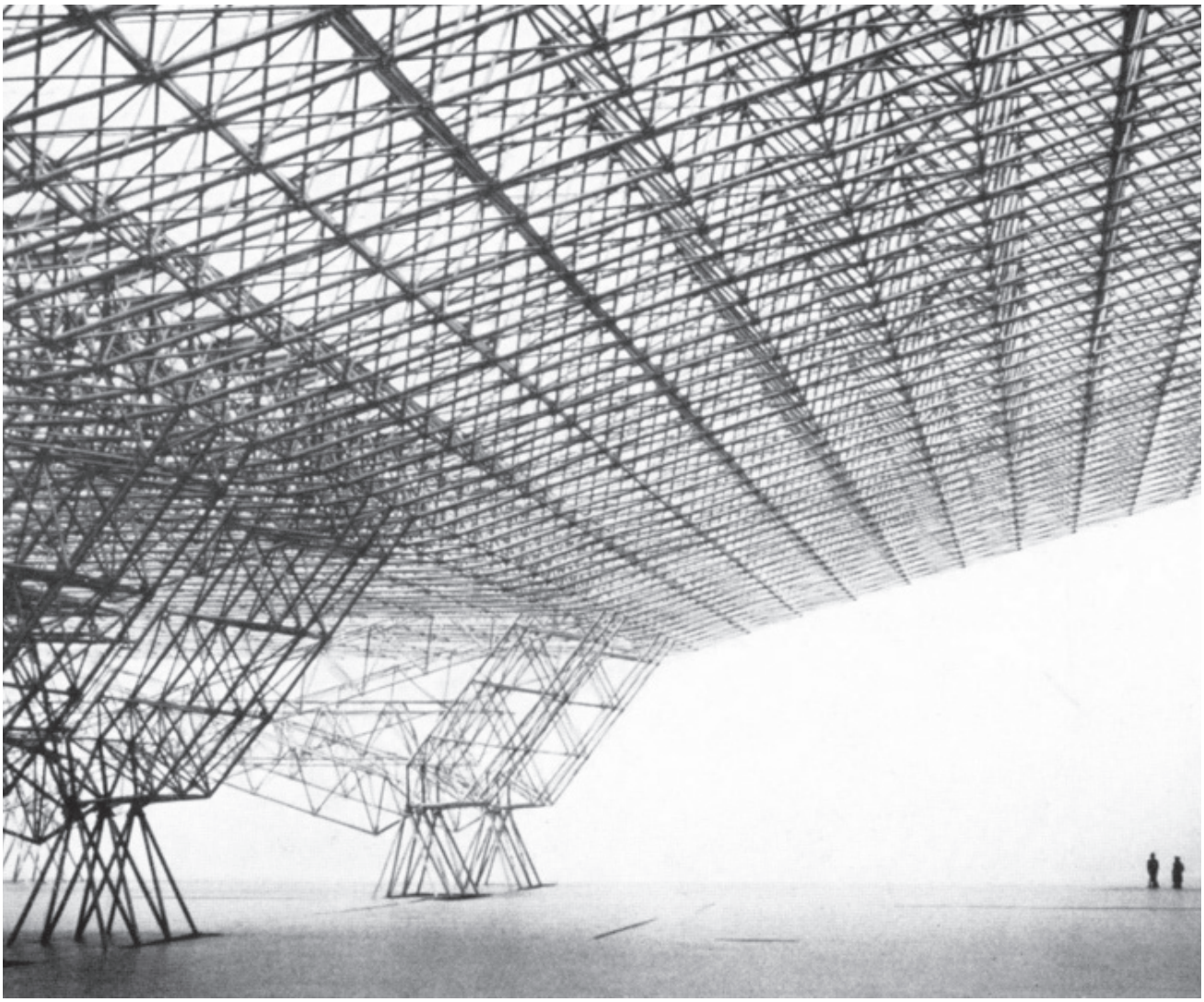
Eulachbrücke

Winterthur, 2017 • Konstruktionsprinzip: ZHAW, Fachgruppe Faserverbundkunststoffe FVK, Winterthur • Bauingenieure: Staubli, Kurath & Partner, Zürich • Unternehmen CPC-Beton: Silidur, Andelfingen

Beim ZHAW Campus T in Winterthur wurde die Fussgängerbrücke über die Eulach mit einem Passstück aus 40 mm dünnen, mit vorgespannten Carbonfasern bewehrten CPC-Platten saniert. Für den Rahmen wurden je zwei Platten vollflächig verklebt, als Deckplatte genügt eine Schicht. Das neue Brückenelement wurde komplett vorfabriziert und an einem Tag montiert. Die Konstruktion zeigt, wie sparsamer Betonbau möglich wird, braucht sie doch nur ein Fünftel des Materials (Beton und Bewehrung) einer konventionellen Stahlbetonkonstruktion. Die Klebeverbindungen dienen hier auch dem Witterungsschutz. Reversible Schraub- und Steckverbindungen sind aber ebenfalls möglich.

[Abb. 32] Die sanierte Brücke
[Abb. 33] Fertigung und Montage des CPC-Elements im Werk
[Abb. 34] Versetzen des CPC-Elements
[Abb. 35] Konstruktionsdetails





Konrad Wachsmann, Entwurf für einen Flugzeughangar der US Airforce, 1950-1953

BIBLIOGRAPHIE

Louis H. Sullivan, *„Kindergarten Chats and Other Writings“*, New York, 1979

Ellen Kloft, *„High-Rise Manual - Typology“*, Basel, 2003

Gerald Staib u. A., *„Elemente und Systeme : Modulares Bauen - Entwurf, Konstruktion, neue Technologien“*, Basel, 2013, Web

Philippe Block u. A., *„Faustformel Tragwerksentwurf - Aussteifung“*, München, 2013

Annette Gigon, Mike Guyer, Felix Jerusalem (Hg.), *„Residential Towers“*, Zürich, 2016

Eva Stricker u. A., *„Bauteile wiederverwenden. ein Kompendium zum zirkulären Bauen“*, Zürich, 2021

Patric Fischli-Boson , *„Bauteile wiederverwenden. Ein Kompendium zum zirkulären Bauen - Zirkuläre Tragstrukturen“*, Zürich, 2021

Werner Lang & Patricia Schneider-Marin, *„Atlas Tragwerke“*, Edition Detail, München, 2021

Wolfgang Huß, *„Atlas Mehrgeschossiger Holzbau“*, Edition Detail, München, 2021 (3. Auflage)

werk, bauen+wohnen, *„Umbauen“*, Verlag Werk, Zürich, 2009.

werk, bauen+wohnen 12-2021, *„Hochhäuser“*, Verlag Werk, Zürich, 2021

https://www.nzz.ch/feuilleton/pflanzen-auf-hochhaeusern-mehr-spektakel-als-klimaschutz-ld.1600616?reduced=true | (02/2021)

BRANDSCHUTZNORM

VEREINIGUNG KANTONALER FEUERVERSICHERUNGEN

Brandschutzarbeitshilfe, Hochhäuser

PDF unter:
https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-1919.pdf/content

Brandschutz

- Bis 900 m2 mind. ein Treppenhaus, über 900 m2 mind. zwei Treppenhäuser, Anzahl und Anordnung der Treppenhäuser bemisst sich nach der maximalen Fluchtweglänge von 35 m (bis zur Schleuse)

- ein weiteres Kriterium für die Anzahl der Treppenhäuser ist auch die max. Personenbelegung im grössten Raum, über 100 Pers. bedeutet mind. zwei Treppenhäuser, über 240 Personen genügen 2 x 1.2 m breite Treppen nicht mehr, sondern die Treppenbreite bemisst sich nach der Anzahl der Personen, z.B. bei 300 Personen zwei Treppenhäuser mit 1.5 m Breite)

- Fluchttreppenhäuser = vertikaler Fluchtweg, bestehend aus Sicherheitstreppenhaus (im Überdruck) und der vorgelagerten Schleuse (im Überdruck, mind. 1.2 m x 2.4 m), mindestens ein Sicherheitstreppenhaus muss auf das Dach führen. Im Erdgeschoss direkter Fluchtweg nach aussen (gehört im EG auch zum vertikalen Fluchtweg, auch wenn der Stichkorridor horizontal verläuft, Anforderung wie vertikaler Fluchtweg).

- Feuerwehraufzug muss alle Geschosse und alle Mieteinheiten (=Brandabschnitte) erschliessen. Feuerwehraufzug ist im Überdruck, hat vorgelagerte Schleuse mind. 2.4 m x 2.4 m (kann mit Schleuse eines Treppenhauses kombiniert werden),
Zugänglichkeit im EG direkt von aussen über Stichkorridor (Anforderung wie vertikaler Fluchtweg)

- Schleusen sind Teil des vertikalen Fluchtweges, jedem Sicherheitstreppenhaus (1.2 m x 2.4 m) und dem Feuerwehraufzug vorgelagert (2.4 m x 2.4 m)

- ohne Sprinkler REI 90: Anforderungen an Brandabschnitte und Tragwerk vgl. VKF-Richtlinie 15-15, Seite 13, Tabelle 3
Zeilen für bauliches Konzept

(Generell zu dieser Tabelle: Gilt nur bis zu einer Höhe von 100 m, bei grösserer Höhe Entscheides die Brandschutzbehörde; nach Erfahrung bedeutet dies, dass das Tragwerk R120 haben muss, der Rest bleibt sich gleich)

- mit Sprinkler REI 60: Anforderungen an Brandabschnitte und Tragwerk vgl. VKF-Richtlinie 15-15, Seite 13, Tabelle 3
Zeilen für Löschanlagen-Konzept

- Brandüberschlag/Fassade
Mit Löschanlagenkonzept (Sprinkler): ohne Anforderungen, bzw. horizontale Brandabschnittbildung (in Deckenebene) bis äussere Fassadenschicht (bei Doppelfassaden s. eigene VKF-Erläuterung 102-15)
Ohne Löschanlagenkonzept (Sprinkler): s. VKF-Richtlinie 15-15, s. 34, Anhang zu Ziff. 3.7.13.:
Variante Brüstungsstreifen geht nur, wenn der dahinterliegende Brandabschnitt max. 200 m2 ist.

- Rauchschutzdruckanlage:
Schacht Zuluft pro Treppenhaus, pro Feuerwehraufzug (Schachtquerschnitt bemisst sich nach den Druckverhältnissen gemäss Simulation; Annahme: ca. 0.6 – 1.0 m2 pro Schacht)
Schacht Abströmung ab Schleuse (Schachtquerschnitt bemisst sich nach der Zuluft, welche über die jeweilige Schleuse vom Treppenhaus und vom allfälligen Feuerwehraufzug einströmt).

Tabelle 3

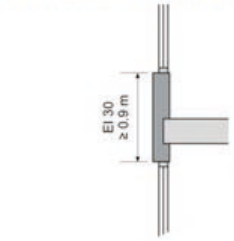
Gebäudehöhenkategorie		Hochhäuser (bis 100 m Gesamthöhe)			
Nutzung	**Konzept**	**Tragwerk**[8][9]	**Brandabschnittsbildende Geschossdecken**	**Brandabschnittsbildende Wände und horizontale Fluchtwege**	**Fluchtweg vertikal**
• **Wohnen MFH** • **Büro** • **Schule** • **Verkaufsräume** (Brandabschnittsfläche ≤ 1'200 m² und Personenbelegung ≤ 300 Personen) • **Parking** • **Industrie und Gewerbe q bis 1'000 MJ/m²**	**Baulich**	R 90	REI 90	EI 60	REI 90
	Löschanlage	R 60	REI 60	EI 30	REI 90
• **Industrie und Gewerbe q über 1'000 MJ/m²**	**Baulich**	R 120	REI 120	EI 90	REI 120
	Löschanlage	R 90	REI 90	EI 60	REI 90
• **Beherbergungsbetriebe [a]** z. B. Krankenhäuser z. B. Alters- und Pflegeheime	**Baulich**	R 90	REI 90	EI 60	REI 90
	Löschanlage	R 60	REI 60	EI 30	REI 90
• **Beherbergungsbetriebe [b]** z. B. Hotels • **Räumen mit grosser Personenbelegung** • **Verkaufsgeschäfte**	**Baulich**	R 90	REI 90	EI 60	REI 90
	Löschanlage	R 60	REI 60	EI 30	REI 90

[8] Der Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen im obersten Geschoss kann um 30 Minuten reduziert werden.

[9] Bei eingeschossigen Bauten (z. B. Hochregallager, Hallen) wird keine Anforderung an den Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen gestellt.

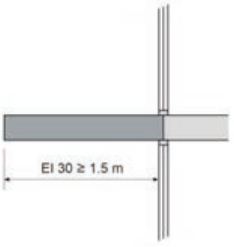
zu Ziffer 3.7.13 Hochhäuser

Mögliche bauliche Massnahmen ohne Löschanlagenkonzept.

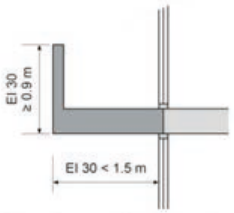


Brüstung als Schutzstreifen ≥ 0.9 m

Diese Massnahme beschränkt sich auf eine dahinterliegende Brandabschnittsfläche ≤ 200 m².



Auskragung ≥ 1.5 m: kein Schutzstreifen notwendig



Auskragung < 1.5 m: Brüstung als Schutzstreifen ≥ 0.9 m

Massnahmen mit Löschanlagenkonzept.

Bei Löschanlagenvollschutz sind beim Anschluss an die Aussenwand keine baulichen Massnahmen erforderlich.

HOHE HÄUSER - MORE WITH LESS II
Februar 2022

Mike Guyer, Kathrin Sindelar, Stefan Jos, Moritz Holenstein, Ania Tschenett, Linda Bühler, Joël Liechti
Druck: Druckzentrum ETH Hönggerberg