

# URBAN TREE

Machbarkeitsstudie für ein 30-geschossiges Holzhochhaus in Wien  
Feasibility Study for a 30-Story Timber Building in Vienna



MASTER-/DIPLOMARBEIT

# Urban Tree

**Machbarkeitsstudie für ein 30-geschossiges Holzhochhaus in Wien**  
**Feasibility Study for a 30-Story Timber Building in Vienna**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs  
unter der Leitung von

**Associate Professor Dipl.-Ing. Dr. Alireza Fadai**

E259 Institut für Architekturwissenschaften, Tragwerksplanung und  
Ingenieurholzbau

**eingereicht an der Technischen Universität Wien**  
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Aleksandar Vulić, BSc**

Matrikelnummer: 01429602

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Wien, am 01.11.2019

Unterschrift: \_\_\_\_\_



## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe ausgefertigt habe. Alle aus anderen Quellen stammenden Daten, die als Hilfsmittel in dieser Diplomarbeit verwendet worden sind, sind besonders gekennzeichnet.  
Diese Diplomarbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form bei keinem/-er anderen Prüfer/-in als Prüfungsleistung eingereicht sowie noch nie veröffentlicht.

Wien, am 01.11.2019

Unterschrift: \_\_\_\_\_

*Aleksandar Vulić*



An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen herzlich bedanken, die mich im Laufe der Diplomarbeit unterstützt haben.

Für das herausfordernde Thema bedanke ich mich bei meinem Betreuer Associate Professor Dipl.-Ing. Dr. Alireza Fadai, der mich mit seinem Wissen bei zahlreichen Besprechungen geduldig unterstützt und über Neuigkeiten im Holzbau stets informiert hat.

Außerdem richte ich einen herzlichen Dank an meine Arbeitskollegen von KS Ingenieure ZT GmbH, die jederzeit hilfsbereit waren, und an Herrn Dipl. Ing. Frank Peter, M.Eng, der mir Antworten auf alle "brennenden" Fragen gab und mir stets gerne zur Verfügung stand.

Ich möchte mich besonders bei meiner Familie, Freunde und Studienkollegen bedanken. Ohne ihre Unterstützung während des gesamten Studiums, wäre die Verwirklichung der Ziele auf diese Weise nicht möglich.



In dieser Diplomarbeit wird es dargestellt, wie Holz bei hohen Gebäuden als Grundbaustoff einsetzbar ist, und wie es sogar konventionelle Baustoffe wie Beton und Stahl ersetzen kann. Holz ist ein vielseitiger Werkstoff, der als Grundbaustoff in Bauindustrie in letzten Jahrzehnten quasi wiederentdeckt worden ist und welcher heute eine zunehmende Bedeutung erreicht.

Die CO<sub>2</sub>-Thematik, Energieeffizienz, Nachhaltigkeit, geringere Baukosten und kürzere Bauzeit sind derzeit die wichtigsten Fragestellungen, durch die die Bedeutung des Holzes als künftiger Baustoff deutlich gestiegen ist.

Das Ziel ist die effizienteste Bauweise analytisch auszusuchen, und diese in dem Entwurf für ein 100-Meter hohes mischgenutztes Holzhochhaus mit möglichst niedrigem CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Wien umzusetzen.

Diese Diplomarbeit wird zweiteilig aufgebaut. Erster Teil besteht aus einer Recherche bzw. aus einer wissenschaftlichen Arbeit, nach der ein Gebäude im zweiten Teil entworfen wird. Darüber hinaus werden alle in der Recherche gesammelten Daten sich in einem herausfordernden Entwurf für ein Holzhochhaus in Wien ergeben.

Wo die Probleme heutzutage beim Einsatz des Holzes als Baustoff wegen der wirtschaftlichen und ordnungsrechtlichen Beschränkungen liegen, wird es hier sorgfältig analysiert und herausgefunden.

Trotz der ständigen Angst vor Holz als Grundbaustoff beim Hochbau wird es gezeigt, wie die wichtigsten Qualitäten vom Holz durch den richtigen Ansatz in Hochhaus-Projekte implementiert werden können.

In this Master Thesis is presented how wood can be used as a main construction material for building the tower and how it can replace the conventional building materials such as concrete and steel. Wood is a versatile material that has been, so to say, rediscovered as a basic material in the construction industry in recent decades and which is becoming increasingly important today.

The CO<sub>2</sub> Topic, energy efficiency, sustainability, lower construction costs and faster construction time are currently the most important issues that have significantly increased the importance of wood as a future building material.

The goal is to analytically select the most efficient construction method and implement it in the design for a 100-meter-high, mixed-use wooden tower with the lowest possible CO<sub>2</sub> emissions in Vienna.

This thesis has two part structure. The first part consists of a research or a scientific work, following the second part with the design of a building. In addition, all the data collected in the research will result as a challenging design for a wooden tower in Vienna.

Where the problems of using wood as a building material today are due to economic and regulatory restrictions is also an important topic of this thesis.

Despite the constant fear of wood as a basic building material in building constructions, it is shown how the most significant qualities of wood could be with the right approach, implemented in the project of one tower.

# INHALTSVERZEICHNIS

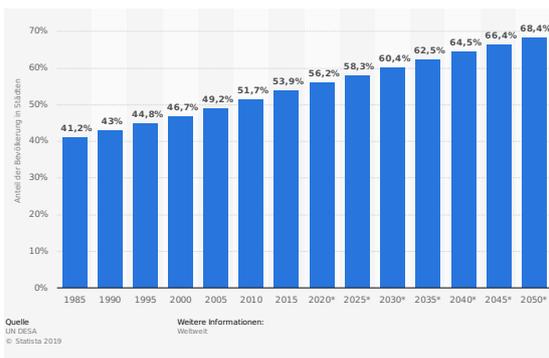
1. ZIELSETZUNG , *Seite 10*
  - 1.1. Motivation, *Seite 10*
  - 1.2. Grundgedanke, *Seite 10*
  - 1.3. Forschungsfrage, *Seite 11*
2. METHODIK, *Seite 12*
  - 2.1. Forschungsansatz, *Seite 12*
3. VERGLEICHSKRITERIEN VERSCHIEDENER BAUSTOFFE, *Seite 14*
4. HOLZKONSTRUKTIONEN, *Seite 18*
  - 4.1. Hochleistungsfähigkeit, *Seite 18*
  - 4.2. Bauweise, *Seite 20*
  - 4.3. Vorfertigungsgrad und Montage, *Seite 21*
  - 4.4. Brandschutz, *Seite 22*
  - 4.5. Schallschutz, *Seite 23*
  - 4.6. Transport, *Seite 23*
  - 4.7. Wiederverwendbarkeit und Ökobilanzierung, *Seite 24*
  - 4.8. sonstige Eigenschaften , *Seite 25*
5. STAHLKONSTRUKTIONEN, *Seite 26*
  - 5.1. Hochleistungsfähigkeit, *Seite 26*
  - 5.2. Bauweise, *Seite 26*
  - 5.3. Vorfertigungsgrad und Montage, *Seite 26*
  - 5.4. Brandschutz, *Seite 27*
  - 5.5. Schallschutz, *Seite 27*
  - 5.6. Transport, *Seite 27*
  - 5.7. Wiederverwendbarkeit und Ökobilanzierung, *Seite 28*
6. STAHLBETON KONSTRUKTIONEN, *Seite 30*
  - 6.1. Hochleistungsfähigkeit, *Seite 30*
  - 6.2. Bauweise, *Seite 30*
  - 6.3. Vorfertigungsgrad und Montage, *Seite 30*
  - 6.4. Brandschutz, *Seite 31*
  - 6.5. Schallschutz, *Seite 31*
  - 6.6. Transport, *Seite 31*
  - 6.7. Wiederverwendbarkeit und Ökobilanzierung, *Seite 32*
7. OPTIMIERUNG DURCH VERBUNDBAUWEISE, *Seite 34*
  - 7.1. Holz-Beton-Verbundbauweise, *Seite 34*
  - 7.2. Holz-Stahl-Verbundbauweise, *Seite 36*
  - 7.3. Beton-Stahl-Verbundbauweise, *Seite 37*
8. FAZIT MATERIALIENVERGLEICH, *Seite 38*

9. State of the Art / GEBaute BEISPIELE, *Seite 42*
  - 9.1. Mjøstårnet, *Seite 42*
  - 9.2. HoHo, *Seite 44*
  - 9.3. Brock Commons Tallwood House, *Seite 46*
10. FAZIT- State of the Art , *Seite 48*
11. VORENTWURFSPHASE, *Seite 52*
  - 11.1. städtebaulische Situation, *Seite 52*
  - 11.2. Konzept, *Seite 56*
12. ENTWURFSPHASE, *Seite 60*
  - 12.1. Raumprogramm, *Seite 61*
  - 12.2. Tragwerkskonzept und Montage, *Seite 64*
  - 12.3. Haustechnikkonzept, *Seite 70*
  - 12.4. Brandschutzkonzept, *Seite 74*
    - 12.4.1 Allgemeine Anforderungen und Tragfähigkeit im Brandfall, *Seite 72*
    - 12.4.2 Verhinderung der Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerkes, *Seite 72*
    - 12.4.3 Anlagetechnischer Brandschutz, *Seite 75*
13. ERGEBNIS, PLÄNE, *Seite 78*
14. DETAILS, *Seite 112*
15. 3D- VISUALISIERUNGEN, *Seite 117*
16. DISKUSSION DER ERGEBNISSE, *Seite 126*
17. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK , *Seite 128*
18. ABBILDUNGSVERZEICHNIS, *Seite 130*
19. LITERATURVERZEICHNIS, *Seite 133*
20. LEBENSLAUF, *Seite 134*

# 1. ZIELSETZUNG

## 1.1. Motivation

Aus meiner persönlichen Impression mit Möglichkeiten, die heutiger Stand der Technik anbietet, ist eine starke Motivation ausgegangen, um ein zeitgenössisches Baussystem auszusuchen und die potenziellen Grenzen durchzubrechen. Seitdem ich mein technisches Verständnis über Vorfertigung in letzten Jahren vertieft habe, bin ich fasziniert, wie das ganze Bauvorhaben heutzutage mit einer Kombination verschiedener Baustoffe durch die Vorproduktion und Standardisierung der Bauteile nicht nur in allen Aspekten effizienter sondern auch präziser geworden ist. Somit ist die Technik einen gewissen Punkt erreicht, in dem die Tragkonstruktion nicht mehr verhüllt wird, sondern sie wird als ein Schmuckstück gezeigt. Das Wissen hat zur Folge einen riesigen Einfluss auf meine Denkweise im Planungsprozess. Während des Besuchs eines Gebäudes, das später analysiert wird, wurde ein Gedanke evoziert, indem ich eine Holzstütze nicht mehr als Bauelement betrachte, sondern als ein Möbelstück, das grundsätzlich kaum Behandlung der natürlichen Oberfläche benötigt, um seine vollständige Schönheit zu demonstrieren. Diese Erkenntnis kann man als eine Erfrischung für heutige Hochbauten, deren Bestandteile üblicherweise aus „kalten Materialien“ wie Beton und Stahl bestehen, betrachten. Die Holzoberfläche zu zeigen, ist eines der Ziele dieser Diplomarbeit. Wenn das Holz als Grundbaustoff verbaut wird, wird es im Vordergrund ausgestellt und präsentiert.



**Abb.1** Anteil der Bevölkerung in Städten weltweit von 1985 bis 2015 und Prognose bis 2050

## 1.2. Grundgedanke

Im Jahr 2010 hat die Weltbevölkerungszahl zum ersten Mal ihren historischen Übergang erreicht. Seit dem wohnt über 50% der Bevölkerung weltweit in Städten. Statistiken zeigen, dass dieser Trend linear fortgesetzt wird. Bis 2050 könnten etwa 2/3 der Weltbevölkerung in Städten leben, sodass eine höchstwahrscheinliche Vergrößerung des bebauten Raums zu erwarten ist. (Abb.1)

Die Tatsache ist, dass die modernen Städte wegen einer steigenden Zuwanderung immer größer werden. Demgemäß wird Wien mit einem konstanten Bevölkerungswachstum als Beispiel zur Analyse genommen.

Es wird laut Statistiken prognostiziert, dass die Bevölkerungsanzahl Wiens bis Jahr 2048 von heutigen 1.898.000 um etwa 289.000 EinwohnerInnen zunehmen wird. Laut diesen Zahlen ist Wien eine der zuwanderungsreichsten Europäischen Metropolen. Um sich gut mit angegebenen Zahlen umzugehen, ist der Anspruch an Wohnungsbau in letzten Jahren bedeutend gestiegen.

In einem dicht bebauten städtischen Raum, dessen Flächen immer mehr versiegelt werden, ist das Vorhandensein der Gebäude, die „atmen“ können, von der essenziellen Bedeutung für eine gute und nachhaltige Zusammenwirkung zwischen Natürliches und Artifizielles.

Diese Nachhaltigkeit kann nur durch Verwendung der Materialien, die die Natur selbst ohne zusätzlichen künstlichen Energieverbrauch produzieren kann.

Genau von dem Punkt, wo die Implementation nachhaltiger Baustoffe führende Rolle spielt, beginnt das Thema Holz als gesunder CO<sub>2</sub>-neutraler Baustoff, der nicht nur nachwächst sondern auch einen Kreislauf des Kohlenstoffes selbständig schließt.

Das Termin „Atem“ wird verwendet, weil das Holz atmungsaktiv sowie das einzige organische Material ist, das ohne vorherige thermische Behandlung als konstruktiver bzw. Grundbaustoff effizient verwendet werden kann.

### 1.3. Forschungsfrage

Um das ganze Konzept verstehen zu können, sind die wichtigsten Fragestellungen, auf die diese Diplomarbeit mittels einer festgelegten Methodologie beantworten soll, folgendermaßen ausformuliert.

Welche Parameter im Global zu beachten sind, wenn man über nachhaltiges und energieeffizientes Bauen denkt?

Andererseits wo liegen die vorgeschriebenen Begrenzungen, mit denen die Verwendung vom Holz trotz seiner guten Eigenschaften deutlich beschränkt ist. Wie man von erwähnten Regelungen und Vorschriften abweichen und gleichzeitig alle Qualitäten beibehalten kann, damit ein 30-geschossiges Hochhaus mit 100 Meter Höhe aus tragwerksplanerischen, ästhetischen und nachhaltigen Aspekten Realität wäre.

Die Leitfaden zur Realisierung dieser Diplomarbeit sind aus gebauten Beispielen gewonnen, die den lätzgültigen Stand der Technik im Holzbau-Bereich darstellen.

Da sich das Holz als Grundbaustoff für komplexere Bauvorhaben immer noch in der Entwicklungsphase befindet, sind besondere Analysen zu diesem Thema erforderlich für die Planung und Errichtung eines Hochhauses aus traditionellen aber für heutige Zeit nicht konventionellen Baustoffen.

Gut entwickelte und sicherheitstechnisch geprüfte mineralische Baustoffe sind Grund dafür, dass es tatsächlich immer noch wenig Vertrauen im Holz als Grundbaustoff für größere Projekte gibt.

Ob sich der lätzte Stand der Technik und Stand des Wissens in der Holzindustrie mit immer herausfordernden nachhaltigen Projekten umgehen können, soll es sorgfältig analysiert und in einem Vorzeigentwurf zusammengefasst werden.

Diese Diplomarbeit ist genau so gestaltet, dass ein Projekt von den ersten Gedanken bis zum fertigen Entwurf aus der vorherigen Analyse systematisch wächst.



**Abb.2** Grünes Bauen zur Erhaltung des gesunden Lebenszyklus

## 2. METHODIK

### 2.1. Forschungsansatz

Die Methodik zum Verwirklichen des Ziels ist zweiteilig aufgebaut.

Einerseits werden alle relevanten Daten im ersten Teil der Diplomarbeit recherchiert, kritisch betrachtet, zusammengefasst und diskutiert. Nachdem die wirtschaftlichste Konstruktionsvariante in der Vorentwurfsphase ausgesucht wird, werden die gesammelten Daten und Fakten in die Planung des 100-Meter hohen Gebäudes zusammengebracht. (Abb.3)

Schwerpunkte im rechercherischen Teil liegen bei folgenden Themen, die sowohl für Hochhäuser als auch für Holz als Baustoff besonders wichtig sind:

- Vorteile und Nachteile vom Holz im Vergleich zu herkömmlichen Materialien
- Ökologie und Nachhaltigkeit
- Brandschutz
- Schallschutz
- Vorfertigung und Montage
- Wirtschaftlichkeit

Im zweiten Teil folgender Arbeit wird ein Hochhaus mit möglichst viel Baustoff Holz entworfen, wobei alle durch die Recherche festgelegten Kriterien umgesetzt werden sollen.

Es gibt folgende zwei Phasen im zweiten Teil dieser Diplomarbeit:

- Vorentwurfsphase
- Entwurfsphase

In der Vorentwurfsphase werden städtebauliche Aspekte im Hinblick auf mögliche Standorte für Hochhäuser in Wien analysiert, sowie topografische, morphologische, landschaftliche, funktionelle, soziale und ökologische Qualitäten, damit eine gute Integration von einem außergewöhnlich großen Baukörper in seiner Umgebung gewährleistet wird.

Die Entwurfsphase besteht aus dem Entwurf für ein mischgenutztes Hochhaus mit dreißig Geschossen.

Grundprinzip dabei ist das, dass der Innenraum so gestaltet werden muss, dass eine Änderung der Nutzung jederzeit möglichst einfach ist. Das bedeutet, dass dieses urbane Haus eine Freiheit und Flexibilität in der Raumordnung anbietet. Konzept ist die ganzen tragenden Holzelemente sichtbar zu machen, um das Wohlfühlen und Wohnqualität der Raumbenutzer zu erhöhen.

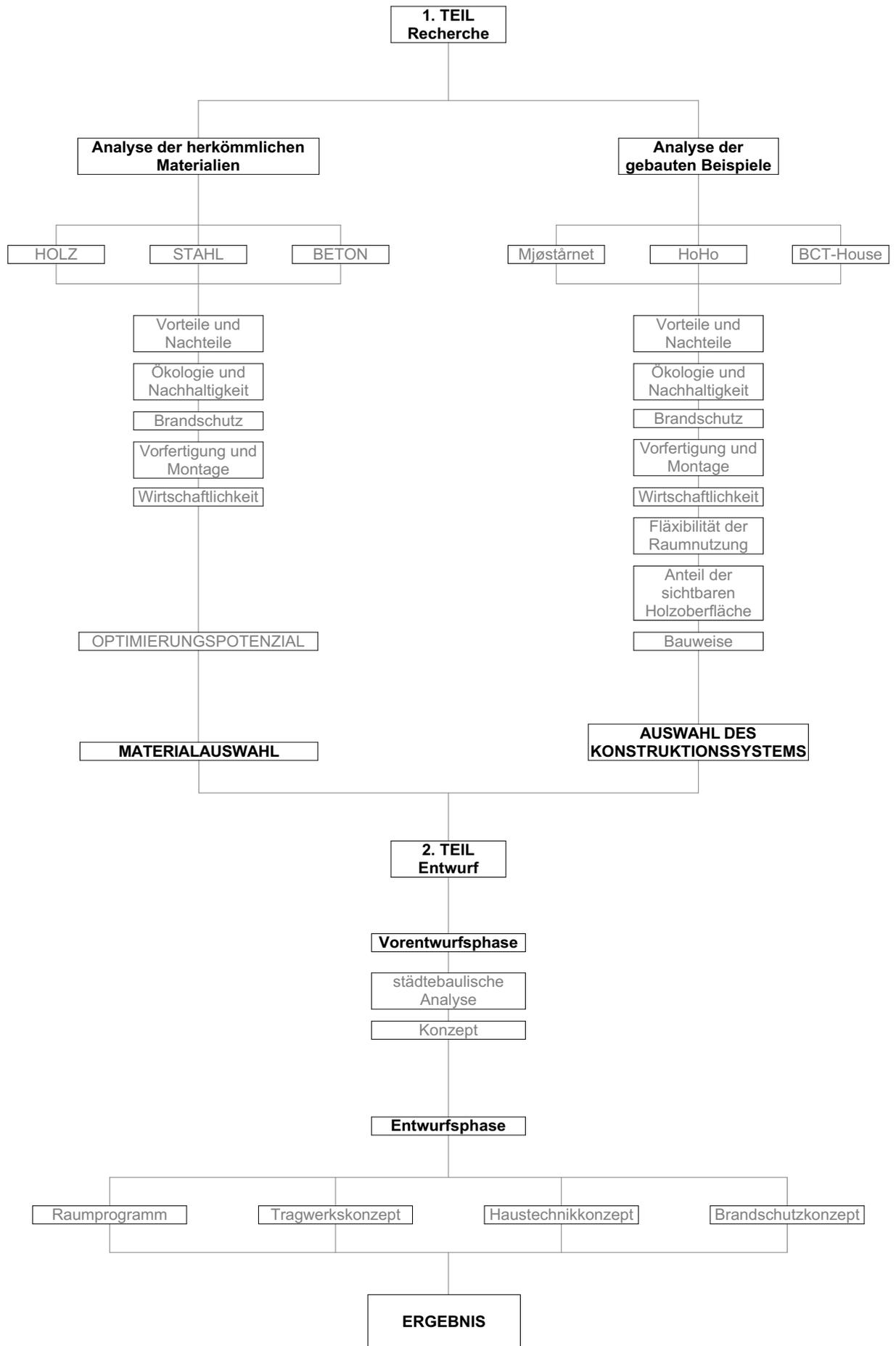


Abb.3 schematische Darstellung des analytischen Forschungsansatzes

Als Vergleichskriterien werden nur jene Eigenschaften von jeweiligen Baustoffen betrachtet, die besonders für Hochhäuser relevant sind.

## HOCHLEISTUNGSFÄHIGKEIT

Unter Hochleistungsfähigkeit versteht man die extrem günstigen Trageigenschaften bei relativ geringem Gewicht eines Baustoffes.

Nach diesem Kriterium werden besonders die Spannweiten in Bezug auf Querschnittsgrößen berücksichtigt.

## BAUWEISE

Unter Bauweise wird es betrachtet, ob die Bauelemente entweder in Leichtbauweise oder Massivbauweise eingebaut werden können. Parallel dazu wird die Fähigkeit eines Baustoffes an verschiedenen Bauweisen untersucht.

Die Leichtbauweise ist als die Skelettbauweise definiert.

Die Massivbauweise ist als Schottenbauweise mit Plattenelementen zur vertikalen Lastabtragung definiert.

Anschließend werden die Bauweisen nach Flexibilitätsgrad bewertet.

Der Flexibilitätsgrad bezieht sich auf die Änderungsmöglichkeiten der Nutzung oder Umgestaltung des Innenraums innerhalb der jeweiligen Bauweisen bzw. Bausysteme.

## VORFERTIGUNGSGRAD und MONTAGE

Für ein effizientes Bauen stellt die Präfabrikation der Bauteile unter gleichen witterungsunabhängigen Bedingungen ein großes Potenzial für Verkürzung der Bauzeit sowie für die Reduktion der Baukosten dar.

Vorfertigungsgrad wird als Niveau der Präfabrikation von einfacheren Bauteilen bis zu gesamten Bauelementen definiert.

Dementsprechend werden die Vorfertigungsmöglichkeiten analysiert und anschließend mit einer Beurteilung bewertet.

## BRANDSCHUTZ

Um die Baukosten und -zeiten zu sparen, werden die Materialien auf Wesentliches beschränkt. Dementsprechend spielen die Sichtoberflächen aller Bestandteile des Tragwerkes eine wesentliche Rolle in dieser Analyse.

Die Baustoffe werden nach Instandhaltung des vorgeschriebenen Feuerwiderstandes im Dauer von mindestens 90 Minuten evaluiert.

In Bezug auf OIB Richtlinie 2 und OIB Richtlinie 2.3 wird es dargestellt, ob die entsprechende Kapselung der tragenden Bauteile vorzusehen ist, oder ob sich ein Bauteil ohne zusätzliche Maßnahmen mit dem Brand genügend Zeit umgehen kann.

## SCHALLSCHUTZ

Es wird analysiert wie sich die Konstruktionen aus verschiedenen Materialien bei Schallbelastung verhalten.

Der Schwerpunkt liegt bei verschiedenen Deckentypen, wobei ausgesucht wird, ob die Bauteile die Voraussetzungen nach OIB Richtlinie 5 hinsichtlich der Büro-, Wohn- oder schulähnlicher Nutzung erfüllen können.

Die Bauteile aus Holz sowie aus herkömmlichen Baustoffen werden je nach Bedarf an zusätzlichen Materialien zur Verhinderung der Schallübertragung evaluiert.

Es geht darum, die Mengen der zusätzlichen Materialien zur Schalldämpfung auf Minimum zu reduzieren.

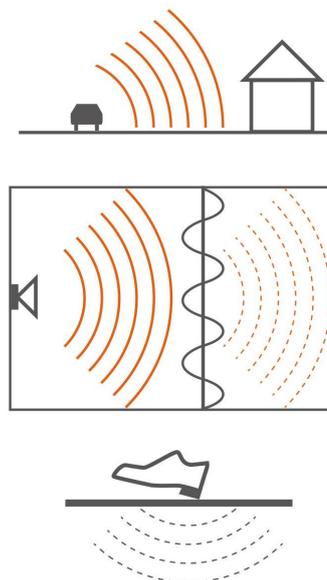


Abb.4 Außenlärm, Luftschall, Trittschall

## TRANSPORT

Beim Transport werden die Materialien je nach Eigengewicht und Transportdistanzen begutachtet.

Die Entfernungen sind auf folgenden drei Kategorien geteilt:

- lokal
- regional
- grenzüberschreitend

Von dem Gewicht der Baustoffe und Transportentfernungen werden die Transportkosten direkt beeinflusst.

Die zwei Faktoren können nicht nur die Kosten sondern auch den Bedarf an fossile Energie aus Brennstoffen für LKW-Transporte deutlich reduzieren oder erhöhen.

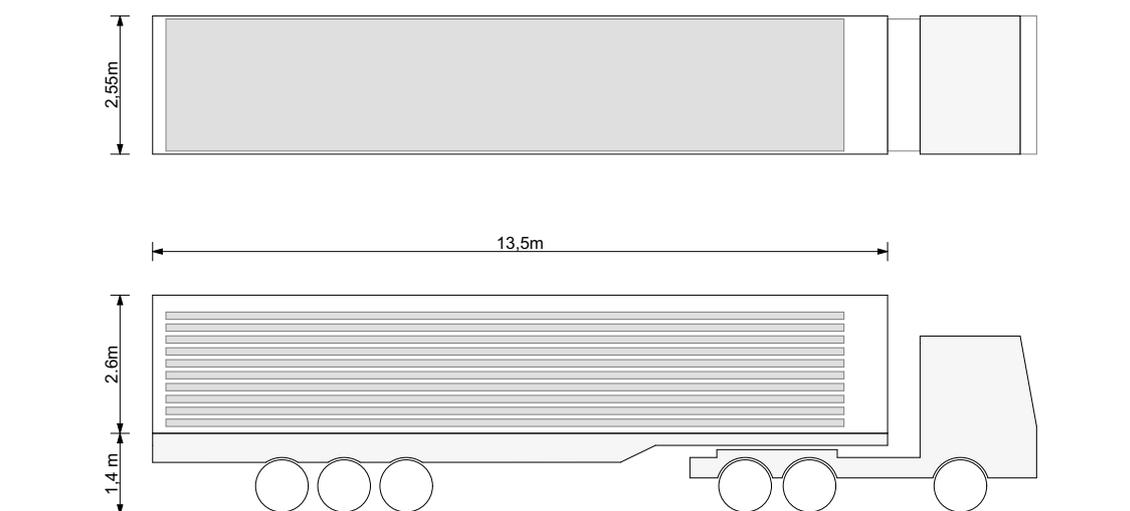
Für die Bemessung von Bauteilen sind neben dem Eigengewicht auch die maximalen Größen von Standard-Transporten zu berücksichtigen.

Welche Maße nach Kraftfahrzeuggesetz 1967 – KFG. 1967<sup>1</sup> sollen nicht überschritten werden, ist in der (Abb.5) dargestellt.

Von diesen Maßen kann es abgewichen werden, wobei die Transporte als Spezial- oder Sondertransporte gelten.

Spezial- oder Sondertransporte erhöhen die Beförderungskosten, und teilweise verhindern das Konzept von Flexibilität. Es müssen nämlich die Sondertransporte oft bei Nacht durchgeführt werden, wenn weniger Strassenverkehr vorhanden ist. Dazu kommen die Kosten der Begleitung und vorheriger Überprüfung der gesamten Trasse des Transports.

Um die Transportkosten zu reduzieren werden die Sattelzugmaschinen mit Standard- Sattelaufiegern empfohlen. Neben den Standardvarianten gibt es noch Lösungen mit Tiefbettsattel, die die Güter bis zu 3,60 Meter Höhe liefern können, wobei die effektiv nutzbare Auflagelänge zwischen 6,0m und 9,0m beschränkt ist.



**Abb.5** Abmessungen eines Standard-Sattelaufiegers mit max. 40 Tonnen Gesamtgewicht

1 Bundesgesetz vom 23. Juni 1967 über das Kraftfahrwesen (Kraftfahrzeuggesetz 1967 – KFG. 1967)  
StF: BGBl. Nr. 267/1967, II. ABSCHNITT, Bauart und Ausrüstung der Kraftfahrzeuge und Anhänger, § 4, Allgemeines

## WIEDERVERWENDBARKEIT und ÖKOBILANZIERUNG

Betrachtung des Lebenszyklus eines Baustoffes.

Weil das Thema des nachhaltigen und ökologischen Bauens heutzutage eine steigende Bedeutung hat, wird es in diesem Teil bewertet, ob die Baustoffe, wiederverwendet werden können, im welchen Grad und wie aufwendig das ganze Recycling-Prozess wäre.

Die Recyclingsfähigkeit der Baustoffe wird in Bezug auf zwei wesentliche Begriffen betrachtet:

- „Cradle to Grave“

Von der Wiege bis zum Grab, bedeutet das ein Material nicht zur Weiterverwendung geeignet ist, und muss daher beseitigt werden.

- „Cradle to Cradle“

Von der Wiege zur Wiege, bzw. Wiederverwertung und Wiederverwendung des Materials ist möglich und empfehlenswert.

Nach Recycling-Baustoffverordnung 2015<sup>2</sup> soll die Trennung der abgebrochenen Baustoffe auf der Baustelle vor Ort erfolgen.

Trennung von folgenden Baustoffen ist in Erläuterungen zur Recycling Baustoffverordnung<sup>3</sup> geregelt:

- Bodenaushubmaterial
- mineralische Abfälle (Ziegel, Beton etc.)
- Ausbauasphalt
- Holzabfälle
- Metallabfälle
- Kunststoffabfälle
- Siedlungsabfälle

Um eine möglichst effiziente Trennung der Baustoffabfälle, die beim Rückbau oder bei der Änderung der Nutzung entstehen, werden die Baustoffe und Bausysteme neben oben definierten Kriterien „Cradle to Grave“ und „Cradle to Cradle“ auch nach Trennungsgrad verwertet.

Hier werden die Baustoffe nach dem relativen Energieverbrauch zu ihrer Herstellung verglichen und bewertet.

Von dem Energieverbrauch hängt es ab, ob die Produktion jeweiliger Materialien positive oder negative Einwirkungen auf Umgebung hat, und wie sich diese Einwirkungen auf CO<sub>2</sub>-Fußabdruck beziehen.

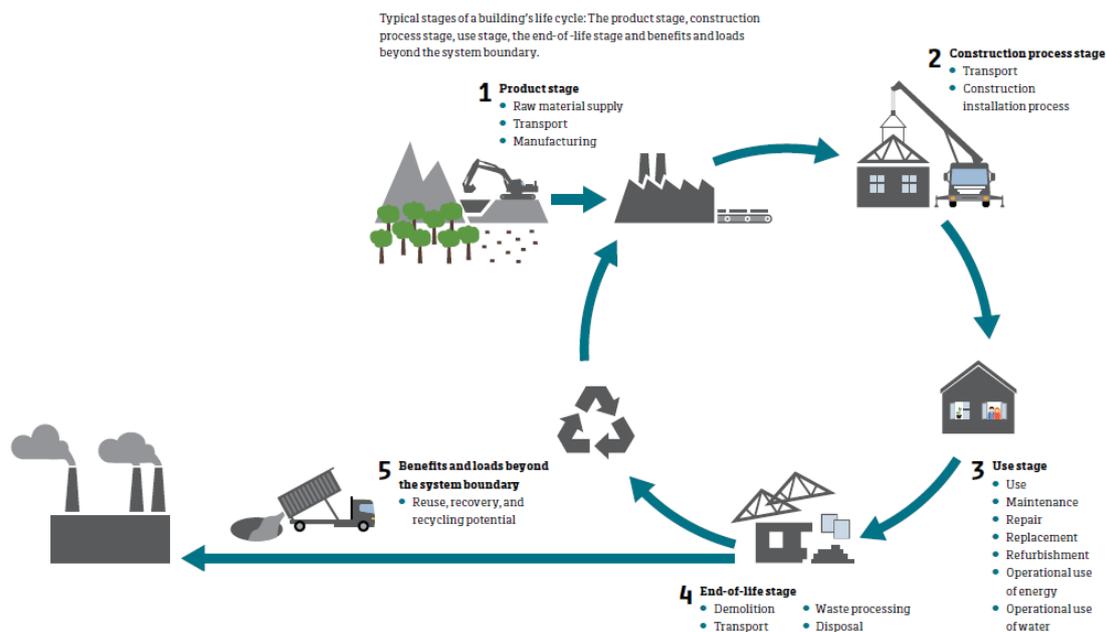


Abb.6 Kreislauf eines Gebäudes

2 181. Verordnung: Recycling-Baustoffverordnung, BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH, Jahrgang 2015, Ausgegeben am 29. Juni 2015, Teil II, § 6, Abs.1

3 Erläuterungen zur Recycling-Baustoffverordnung, BMLFUW-UW.2.1.6/0008-V/2/2018, 19.03.2018, Zu § 6 (Trennpflicht), Abs. 2 und 3



## 4.1. Hochleistungsfähigkeit

Wichtigste Eigenschaften von Nadelhölzern, die als Konstruktionsholz verwendet werden:

Zugfestigkeit vom Holz (Fichte) beträgt  $\beta_z = 90,0 \text{ N/mm}^2$

Druckfestigkeit vom Fichtenholz:  
In Faserrichtung  $\beta_D = 50,0 \text{ N/mm}^2$   
Quer zu Faser  $\beta_{D\perp} = 6,0 \text{ N/mm}^2$

Rohdichte von Konstruktionshölzern variiert zwischen  $\rho = 400 - 900 \text{ kg/m}^3$ .  
Fichte  $\rho = \text{ca. } 450 \text{ kg/m}^3$ .

Die günstigen Eigenschaften vom Holz ermöglichen größere Spannweiten mit sehr dünnen Bauelementen.

Ein sehr wichtiges Vorfertigungsverfahren, das besonders für Holzkonstruktionen geeignet ist, ist die Zusammenbindung von kleineren Holzteilen mittels Klebstoff, die deutlich größere Querschnitte, Tragfähigkeit, Aussteifungswirkung, Schwingungsverhalten vom Holz mehrfach verbessern. Seit Jahrtausenden ist es wegen technischer Beschränkungen möglich gewesen, nur die „monolithischen“ Schnitthölzer als Baustoff für tragende Bauteile einzusetzen.

Damit man heute in der Lage ist, fast alle Teile des Baumstammes höchsteffizient auszunutzen, sind die Rest- bzw. Abfallholzmengen auf Minimum reduziert.

Wegen des sehr breiten Spektrums der Holzwerkstoffe werde ich mich zum Zwecke dieser Diplomarbeit an die wichtigsten Konstruktions-Holzwerkstoffe konzentrieren.

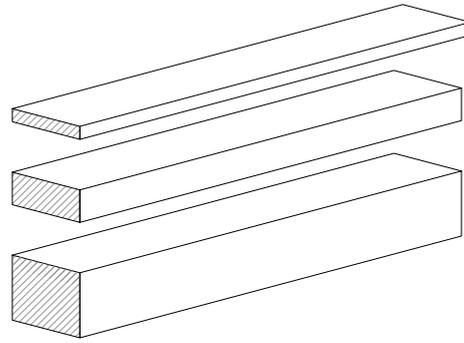
- Konstruktionsvollholz (KVH)

KVH sind grundsätzlich in Längsrichtung parallel zu Stammachse gesägte Schnitthölzer.

Sie kommen standardmäßig in Form von Balken, Bohlen, Brettern, Dielen und Laten, die für konstruktive Zwecke verwendet werden können.

Das ist die älteste Form der Nutzung des Holzes als Baustoff.

Weil Konstruktionsvollholz ein monolithisches Stück ist, ist gute Tragfähigkeit je nach Qualitätsanforderungen gewährleistet.



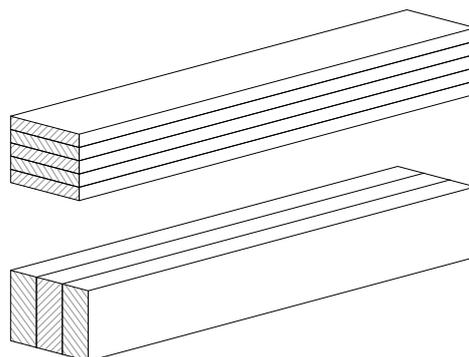
**Abb.7** Konstruktionsvollholz

Nachteil vom KVH ist das, dass die Querschnittsabmessungen direkt vom Durchmesser des Baumstammes abhängig sind. Dementsprechend ist das Einsatzgebiet dieser Holzelemente bei tragenden Konstruktionen beschränkt.

Andererseits ist es für die Tragfähigkeit besonders wichtig, die ursprüngliche Faserstruktur zu erhalten. Je kleinere Querschnitte KVH-Elemente haben, desto ist die Faserstruktur homogäner, und die Holzelemente lassen sich gleichmäßig durch ihren Querschnitt trocknen.

- Brettschichtholz (BSH)

Die Holzelemente mit kleineren Querschnitten sind für die Erhaltung der Tragfähigkeit wichtig. Aber solche schlichte Elemente können nicht wirtschaftlich in tragenden Konstruktionen umgesetzt werden. Das Problem wurde mit Verleimung solcher kleineren Teile gelöst, was größere Querschnitte ermöglicht. Man kann heute sogar mit der Keilzinkenverbindungstechnologie aus kürzeren Teilen ein längeres Holzelement Produzieren. Das Brettschichtholz bilden in der Regel stabförmige Holzelemente, die aus drei oder mehr neben- bzw. übereinander geklebten Schnitthölzern bestehen. So zusammengeklebte Holzbretter ermöglichen die größeren Konstruktionshöhen. Bei größeren Querschnitten werden



**Abb.8** Brettschichtholz

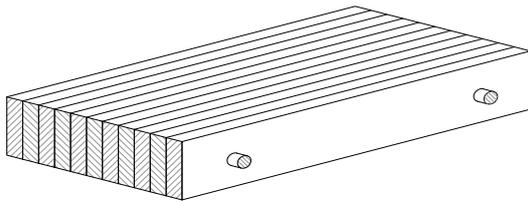
üblicherweise mehrere Brettschichtholz-Elemente in einem Block verleimt, was praktisch bedeutet, dass das Brett-schichtholz bei größeren Tragkonstruktionen zum Einsatz kommen kann.

- Brettstapelholz

Die Brettstapelholz-Elemente sind aneinander mittels mechanischen Befestigungsmitteln verbundene Schnitthölzer. Die Schnitthölzer werden entweder miteinander genagelt oder parallel bzw. diagonal verdübelt, was zu einer erhöhten Steifigkeit führt.

Die flächigen Bauelemente aus Brettstapelholz werden am meisten für Deckenkonstruktionen verwendet.

Da diese Platten gute mechanische Eigenschaften haben, ist eine Spannweite von 15,00 m möglich.



**Abb.9** Brettstapelholz

Das wesentliche Problem bei Brettstapelholz sind die Dübeln. Die Diagonalverdübelungen, die einer Flexibilität widersprechen, sind besonders problematisch, da hier die Öffnungen nicht beliebig ausgeschnitten werden können.

- Brettsperrholz (BSP)

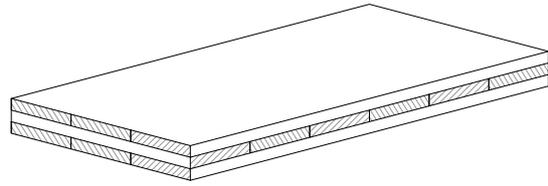
Brettsperrholzplatten sind Massivholzplatten aus mindestens drei kreuzweise verleimten Holzbretterschichten.

In der Herstellung der BSP-Platten werden relativ kleine Holzbretter verwendet, die als Rest nach der Produktion von Konstruktionsvollholz entfallen. Somit ist die Effizienz mehrere Male gestiegen.

Wenn es Anforderungen an Sichtqualität gibt, werden die äußeren Schichten aus hochwertigem Holz hergestellt.

Im Gegensatz zu Brettstapelholz können die Lasten in BSP-Platten in zwei Richtungen abgetragen und die Löcher sehr flexibel eingefräst werden.

Hochleistungsfähigkeit dieser Elemente manifestiert sich durch hohe Formstabilität,



**Abb.10** Brettsperrholz

Die Brettsperrholz-Elemente leisten gleichzeitig eine gute Aussteifung.

Wesentlicher Vorteil von Brettsperrholz sind die imposanten Abmessungen der Platten, die bis zu 24,00 m innerhalb nur ca. 350 mm Deckenstärke erreichen.

- Hohlkastenprofile

sind vorgefertigte Kastenelemente aus Nadelholz, die aus mehreren miteinander verbundenen Hohlkästen als tragende Flächenelemente üblicherweise für die Decken verwendet werden.

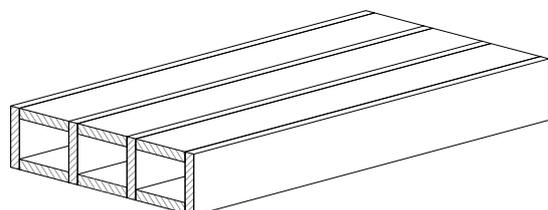
Die Hohlkastenprofile werden aus horizontal verlaufenden Holzschalungen und in regelmäßigen Abständen angeordneten Holzrippen hergestellt. Dabei entstehen spezifische Hohlkammern, die entweder an Deckenenden offen bleiben oder beidseitig geschlossen werden.

Mit auf diese Weise gebundenen Nadelholzbrettern wird das Gewicht von Decken reduziert.

Je nach Anforderung ist die Spannweite bis 18 m möglich, aber die Lasten werden nur in Längsrichtung parallel zu Holzfasern abgetragen.

Charakteristisch für diese Holzelemente ist eine größere Konstruktionshöhe im Unterschied zu Brettsperrholz.

Aber, die Hohlräume bieten die Möglichkeit für Optimierung des Schall- und Brandverhaltens, indem diese Decken zusätzlich gedämmt werden können. Die Holzhohlkastenelemente werden auch als Akustikelemente mit perforierter Unterschalung mit Löchern oder ausgefrästen Schlitzen vorgefertigt.



**Abb.11** Hohlkastenelement

## 4.2. Bauweise

Heute sind drei Bauweisen üblich, die sowohl für die Vorfertigung als auch für die schnelle Montage auf der Baustelle geeignet sind:

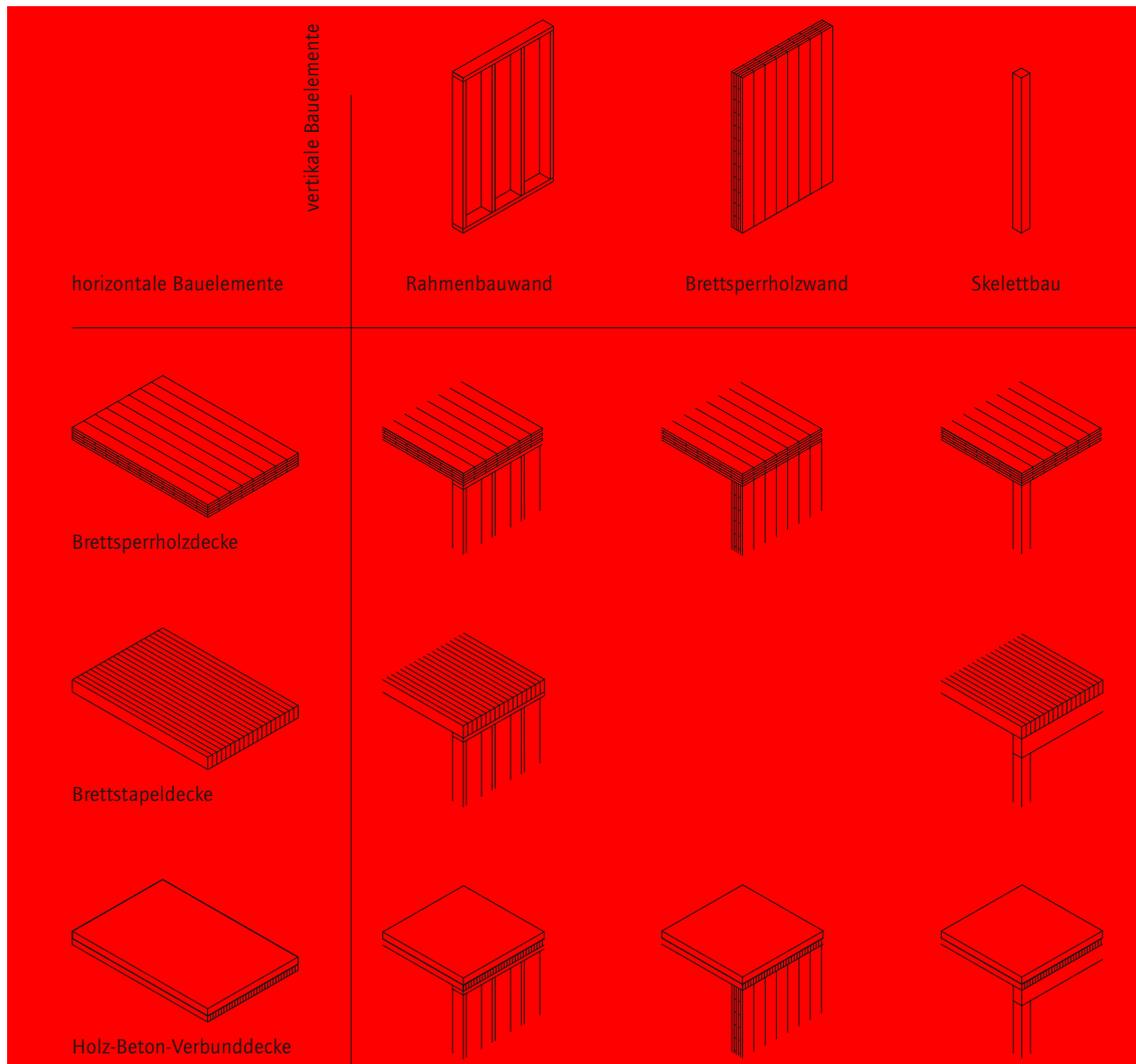
- Holzskelettbau
- Holzrahmenbau
- Holzmassivbau

**Holzskelettbau** hat sich aus dem Fachwerkbau entwickelt, das für mitteleuropäischen Raum seit Jahrhunderten charakteristisch ist.

Es gibt keine Bauweise, die mehr Freiheit in der Raumgestaltung bzw. Flexibilität anbietet. Die Lasten werden Vertikal durch die Stützen abgetragen, wobei es keine massiven Trenn- bzw. Zwischenwände gibt. Die ganze Konstruktion muss an entsprechenden Stellen ausgesteift werden. Gegenüber großer Flexibilität ist der Fertigungsgrad beim Einbau der vorgefertigten Elemente deutlich niedriger, da die Einzelstücke erst auf der Baustelle verbunden werden müssen.

**Holzrahmenbau** ist die häufigste Holzbauweise in Österreich. Diese Konstruktion besteht aus Holzrahmen, die mit Beplankung ausgesteift werden. Weil die ganzen Wände und Decken standardmäßig vorgefertigt sind, ist der Vorfertigungsgrad im Vergleich zur Skelettbauweise deutlich höher, was die schnellere Errichtungszeit und reduzierte Baukosten ermöglicht.

**Holzmassivbau** besteht oft aus komplett vorgefertigten Raumzellen, die am wenigsten Aufwand bei der Fertigung benötigen. Die ganzen Raumzellen werden prinzipiell nach Baustelle transportiert und dort sofort eingebaut. Diese Bauweise hat kaum Spielplatz für die flexible Raumgestaltung, da die Zellen aus massiven lastabtragenden und aussteifenden Wänden ausgebaut werden.



**Abb.12** Bauelemente aus Holz, die besonders für Hochbau geeignet sind

### 4.3. Vorfertigungsgrad und Montage

Je nach Bauweise variiert der Vorfertigungsgrad der hölzernen Bauelemente. Man kann im Global sagen, dass das Bauen mit Holzelementen einen sehr hohen Vorfertigungsgrad ermöglicht. Holz bietet heute mit der lätzten Stand der Technik eine Vielfalt von Lösungen für ein schnelleres Bauen unter streng verordneten Bedingungen an. Auf beiliegendem Bild (Abb.13) befindet sich eine Übersicht von vorgefertigten Holzelementen, die den verschiedensten Anforderungen im Hochbau entsprechen. Weil für diese Präfabrikaten eine seriel-

le Herstellung spezifisch ist, lässt sich schnell eine Modularität entwickeln, was potenziell zu einer Monotonie führen kann.

Einen Kompromiss zwischen architektonischen und technischen Lösungen unter Rahmenbedigungen für ein effizientes Bauen ist die Herausforderung beim Planen solcher Gebäude.

Die Vorfertigung von Holzbauelementen ist sehr präzis mit Toleranzen in *mm*, und alle Fehlermöglichkeiten müssen schon in der Planungsphase erkannt und berücksichtigt werden, da eine nachträgliche Korrektur zu erhöhtem Aufwand bei der Montage auf der Baustelle führen kann.

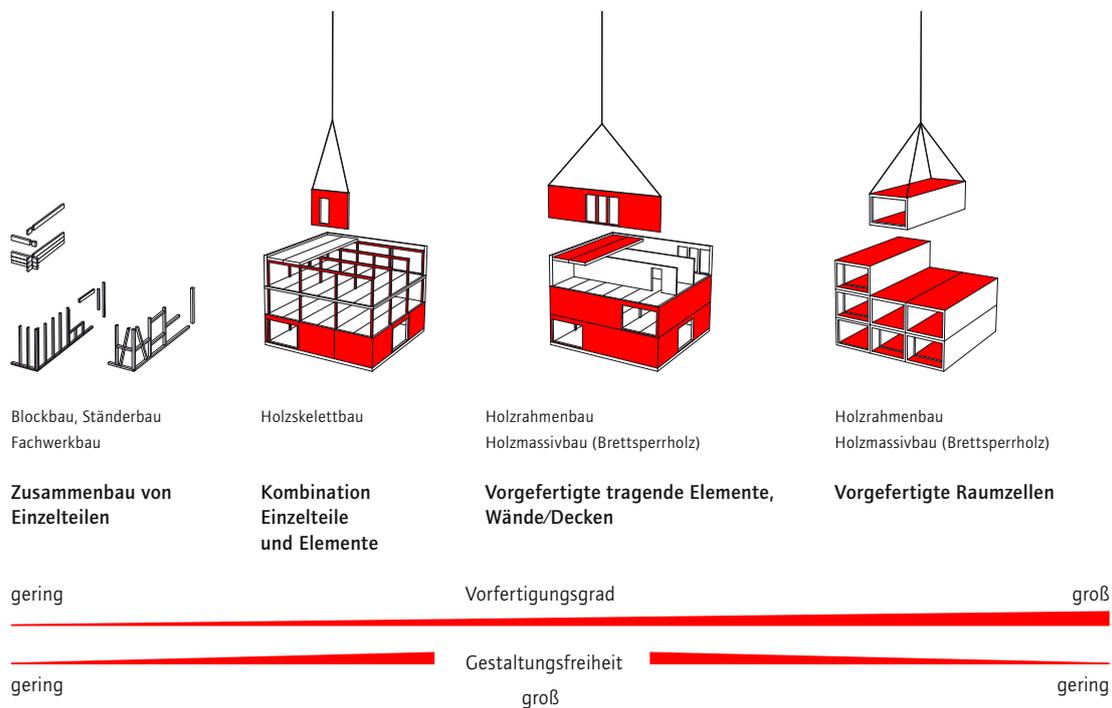


Abb.13 Varianten der Vorfertigung, Überblick

## 4.4. Brandschutz

Das Thema Brandschutz ist einer der wesentlichen Gründe dafür, dass die Verwendung vom Holz als Grundbaustoff deutlich beschränkt ist.

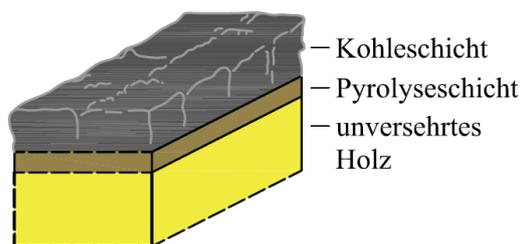
Weil das Holz ein entzündbarer sowie brennbarer Baustoff ist, gelten für Holzkonstruktionen besondere Anforderungen und Vorschriften.

Das Holz ist ein sehr schlechter Wärmeleiter mit einer Wärmeleitfähigkeit von nur  $\lambda = 0,13 \text{ W / (m}\cdot\text{K)}$ , und es hat ein nur für Holz spezifisches Brandverhalten. Beim Brand werden ausgesetzte Holzoberflächen verkohlt. Diese Kohlenstoffschicht verhindert die Durchdringung vom Sauerstoff in Holz hinein. Somit bleibt der Kern praktisch intakt.

Sicherheitstechnisch ist es sehr wichtig zu erwähnen, dass die Abbrandrate beim Holz berechenbar ist, sodass ein Versagen der Konstruktion praktisch prognostiziert werden kann. Zusätzlich entsteht kein brennendes Abtropfen beim Brand. Im Vergleich zu Stahl und Beton ist das Konstruktionsversagen beim Holz nicht nur berechenbar sondern auch angekündigt, sodass der Einsturz vorausbestimmt werden kann.

Neben der Kapselung, Anstrich und Impregnation, die standardmäßig für ausreichenden Feuerwiderstand verwendet werden, können sogar die Holzquerschnitte zum Brandschutz überdimensioniert werden.

Um die Tragfähigkeit von einem Holzelement trotz des Abbrandes zu behalten, müssen die tragenden Holzelemente so dimensioniert werden, dass der Querschnitt je nach Feuerwiderstandsklasse entsprechend vergrößert werden muss. Diese Überdimensionierung kann bei höheren Gebäuden zu extrem großen und



**Abb.14** Schichtbildung beim Abbrand des Holzes

uneleganten Querschnitten der jeweiligen Bauelemente führen, aber Vorteil davon sind sichtbare Holzoberfläche und kein Einsatz von anderen Materialien zum Brandschutz.

Stiegenhauskerne sind nach Anforderungen in OIB Richtlinie 2 aus feuerwiderstandsfähigen und brandbeständigen Materialien zu bauen in REI 90 und A2. Da der Baustoff Holz brennbar ist, kann es der Feuerausbreitung beitragen, und dementsprechend können in Österreich praktisch nur Hochhäuser als Mischbauweise errichtet werden.

Die Sprinkleranlage stellt derzeit eine der effizientesten Maßnahmen zur Brandbekämpfung für Gebäude mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m dar.

Auf dem Bild (Abb.15) ist es sichtbar, dass für die Gebäude ab Gebäudeklasse 5 und einem Fluchtniveau von mehr als 22m Brandschutzkonzepte erforderlich sind. Ab dem Fluchtniveau von mehr als 90m muss man gemäß OIB Richtlinie 2.3 mit ergänzenden Anforderungen an Brandschutz rechnen, was bei der Planung einen zusätzlichen Aufwand darstellt und erhöht die Gesamtkosten.



**Abb.15** Brandschutzvorschriften für Hochhäuser in Österreich und anderen europäischen Ländern

## 4.5. Schallschutz

Schallgeschwindigkeit für Fichtenholz longitudinal bei 20 °C beträgt ca. 5500 m/s.<sup>4</sup>

Gute Schallübertragung ist einer der bemerkenswertesten Nachteile des Holzes, weil die zusätzlichen Maßnahmen für einen ausreichenden Schallschutz im Hochbau vorzusehen sind.

Die einfachste Optimierung der Schallschutztechnischen Eigenschaften von Decken aus Holz erfolgt durch die Erhöhung der Masse.

Üblicherweise werden die Decken oberhalb mit Schüttung, Trittschalldämmung und schwimmenden Estrichen verstärkt und unterhalb mit abgehängten Decken. Damit die Holzoberfläche sichtbar wäre, werden die abgehängten Decken in diesem Projekt vermieden. Das Optimierungspotenzial in dem Fall liegt in Hybriddecken, die als Holz-Verbunddecken aufgebaut werden.

Eine relativ dünne Betonschicht auf der Holzdecke kann die Schallübertragung mehrfach reduzieren.

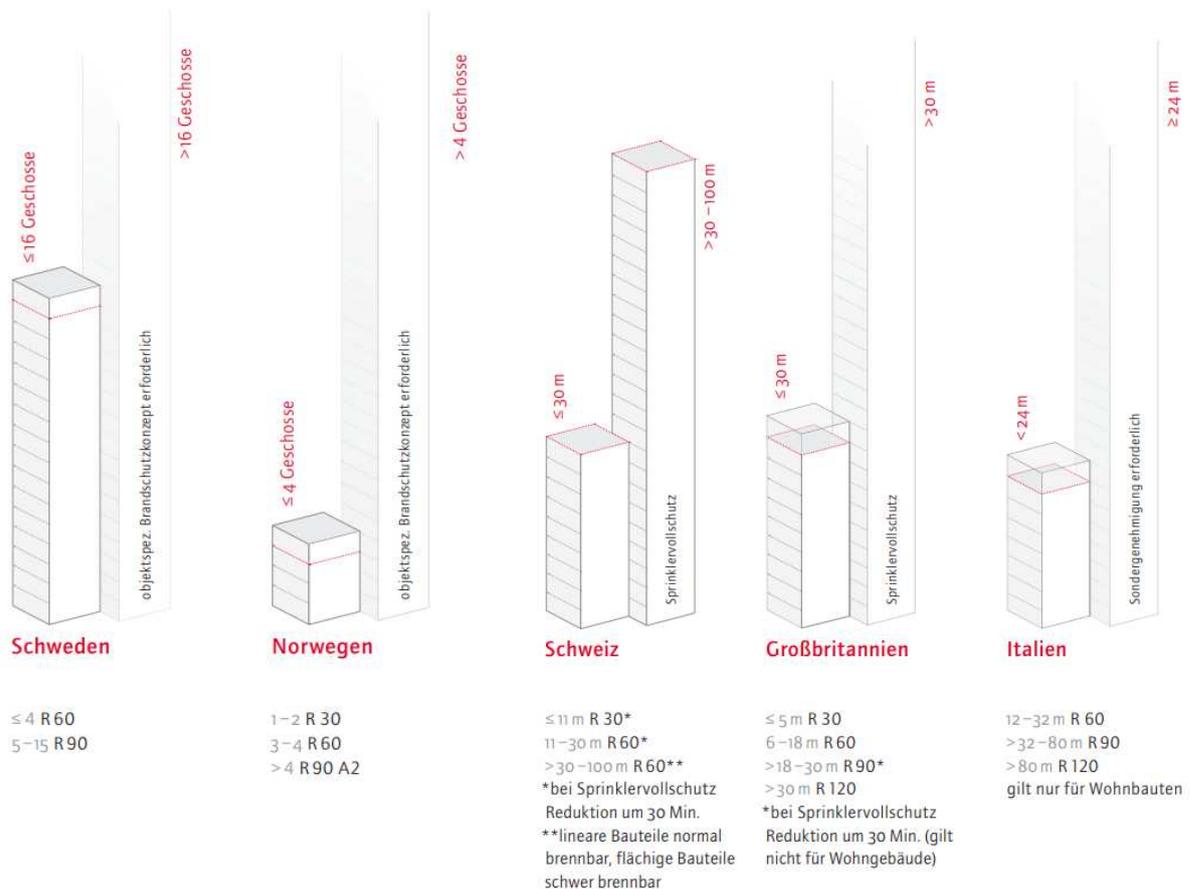
## 4.6. Transport

Wegen der geringen Dichte, die bei Nadelholz (Fichte)  $\rho = \text{ca. } 450 \text{ kg/m}^3$  bzw. Laubholz (Eiche)  $\rho = \text{ca. } 870 \text{ kg/m}^3$  beträgt, lassen sich Bauelemente aus Holz extrem leicht transportieren gegenüber Beton oder Stahl.

Geringere Rohdichten beeinflussen direkt den Bedarf an nicht erneuerbare Energieträger, demzufolge wirkt das Holz klimafreundlich.

Einen Aufwand beim Transport von Holzelementen stellt der Feuchteschutz dar, weil die großen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen negative Auswirkungen besonders auf Konstruktionsvollholz verursachen können.

Ein Beispiel dazu sind Quellen und Schwinden.



## 4.7. Wiederverwendbarkeit und Ökobilanzierung

1m<sup>3</sup> Holz im absolut trockenen Zustand beinhaltet 250 kg Kohlenstoff.  
Laut einer Studie der Universität Hamburg kann bei einer Umwandlung aus 0,9 kg Kohlenstoff circa 3,67 kg CO<sub>2</sub> produziert werden, wenn das Holz verrottet oder verbrennt.

Mit oben erwähnten Angaben hat sich durch folgende Formel ergeben, dass im 1m<sup>3</sup> Holz fast 1 Tonne CO<sub>2</sub> gespeichert wird.

$$250 \text{ kg C/m}^3 \times 3,67 \text{ kg CO}_2 = \underline{917 \text{ kg}}^5$$

Das bedeutet, dass das Holz bei der Umwandlung nicht mehr CO<sub>2</sub> emittiert als es aus der Atmosphäre bindet, was entlastend für die Klima wirkt. Diesbezüglich nennt man Holz als ein CO<sub>2</sub> neutraler Stoff.

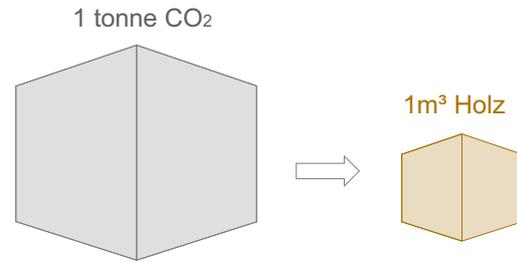
Nur Erde, Wasser und Luft leisten einen Baum alle essenziellen Nahrungsmittel, sodass er keine künstliche Energie braucht, um zu wachsen.

Daten, Zahlen, Fakten:

Österreich ist heute mit ca. 47% Waldfläche und damit fast 1,1 Mrd. Kubikmeter Holz im Vorrat eines der führenden forstwirtschaftlichen Länder in Europa.<sup>6</sup>

In Österreich wachsen 31 Millionen Kubikmeter Holz jährlich und etwa 2/3 davon wird geerntet. Das bedeutet, dass aus der Natur weniger genommen wird als es rückgewonnen werden kann.

So vergrößert sich die Waldfläche und



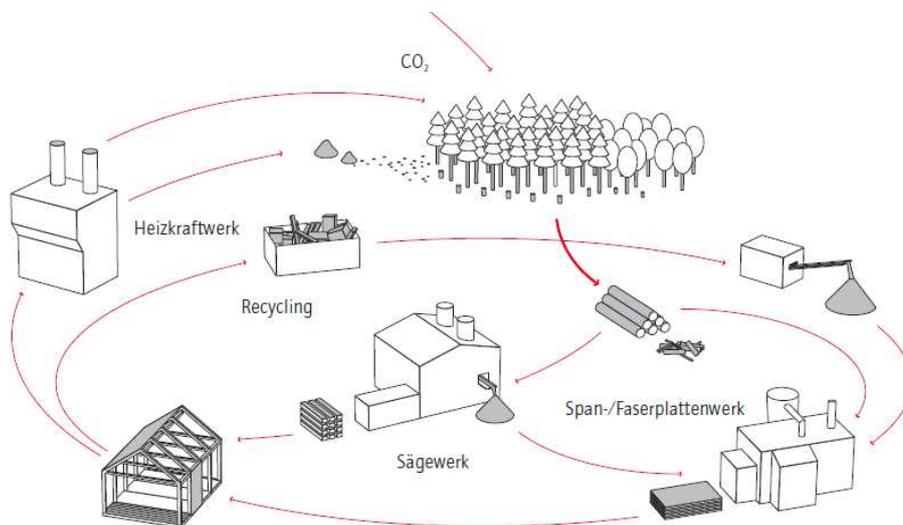
**Abb.17** in einem Kubikmeter Holz wird fast eine tonne CO<sub>2</sub> gespeichert

CO<sub>2</sub>-Speicherung, aber auch wächst kontinuierlich mehr Holz nach, als die Bauwirtschaft derzeit benötigt.

Für die Produktion des technisch getrockneten Holzes mit Rohdichte bei 12% Feuchte  $\rho=550 \text{ kg/m}^3$  wird etwa 1155 MJ/m<sup>3</sup> bzw. 2,1 MJ/kg graue Energie verbraucht.

Brennwert vom Fichtenholz beträgt 15,84 MJ/kg. Das bedeutet, dass das Holz ca. 7,5 Mal mehr Energie erzeugen kann, als die Produktion des Bauholzes verbraucht.

Einige Holzarten können Gerüche mit sehr angenehmen Geruchsnoten erzeugen. Diese natürliche Holzgerüche bilden ein ganz anderes Raumklima im Innenraum als die herkömmlichen „kalten“ Materialien. Bei der Verwendung vom Holz in Innenräumen müssen die passenden Holzarten verwendet werden, da einige Sorten größere Mengen von flüchtigen organischen Verbindungen erzeugen, und diesbezüglich sind diese nicht für die Verwendung im geschlossenen Raum optimal.



**Abb.16** geschlossener Holz- und CO<sub>2</sub> Kreislauf

5 Vgl. Edition Holz, Holz und Klimaschutz, Edition 09, proHolz Austria, Seite 8

6 Vgl. Holz spart Energie - Energiebewusst planen, bauen und nutzen, Edition 07, proHolz Austria, Seite 4

## 4.8. sonstige Eigenschaften

Jedes Holz verhält sich im Älterungsprozess anders, und dementsprechend ist jedes Stück Holz einzigartig.

Eine Vielfalt von Nadel- und Laubholzarten verursacht ein breites Spektrum von Texturen und Oberflächen in verschiedensten Farben.

Wenn Holz im Inneraum umgesetzt wird, hat es kaum Einfluss auf Holzoberfläche, die unter kontrollierter Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur jahreslang konstant bleibt.

Das bedeutet, dass so verbautes Holz ohne chemische Behandlung eingebaut und später gemäß Verordnung (RecyclingholzV) des BMLFUW<sup>7</sup> vollständig als Abbruchholz wiederverwendet werden kann.

Das Problem entsteht wenn das Holz im Außenraum z.B. als Fassadenverkleidung verwendet wird. Wenn das Holz der Witterung ausgesetzt wird, werden die Änderungen an der Oberfläche unvergleichbar zu jenen im Innenraum.

Während des Älterungsprozess bei allen Holzarten ohne Ausnahme ändert sich die Färbigkeit des Holzes, bzw. Holzoberfläche bekommt eine grauliche Patina, die keine Tragfähigkeit beeinflusst.

Mit rein mechanischen Schutzmaßnahmen kann die Dauerhaftigkeit von unbehandelten Holzelementen mehrfach erhöht werden.

Erstens ist das Wasser möglichst schnell abzuleiten.

Zweitens sind die großen Holzfeuchteschwankungen zu vermeiden

Drittens muss die Fassade entsprechend den Witterungseinflüssen richtig orientiert

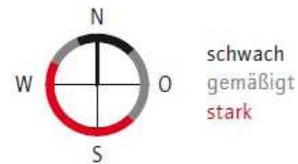
werden, damit alle Gebäudefassaden unter gleichmäßigen Bedingungen altern können, um die Vergrauung proportionell zu teilen.



**Abb.19** Vergrauung durch Bewitterung

Wartungsarbeiten sind nicht streng vorgeschrieben, ist es aber empfehlenswert die Fassadenelemente aus Holz in regelmäßigen Intervallen zu prüfen. (Abb.21)

**Abb.20** Witterungsbeanspruchung in Mitteleuropa



Die natürliche Vergrauung kann durch Verwendung von Oberflächenbehandlungen verhindert werden. Solche Maßnahmen werden nicht in dieser Recherche berücksichtigt, da die meisten Schutzmittel gewisse chemische Schadstoffe beinhalten, die nicht einem vollständigen Recycling entsprechen.

Art	Farbe	Lage	Wartung
Unbehandelt	–	geschützt	–
		exponiert	–
Imprägnierlasur, Dünnschichtlasur	hell	geschützt	3 Jahre
		exponiert	1 – 2 Jahre
	dunkel	geschützt	3 – 4 Jahre
		exponiert	2 Jahre
Mittelschichtlasur	hell	geschützt	5 Jahre
		exponiert	2 Jahre
	dunkel	geschützt	6 – 7 Jahre
		exponiert	3 Jahre
Deckender Anstrich	hell	geschützt	bis 15 Jahre
		exponiert	10 Jahre
	dunkel	geschützt	10 – 12 Jahre
		exponiert	8 Jahre

**Abb.21** Mittelwerte der Wartungsintervalle an Holzfassaden



**Abb.18** Varietät an Holztexturen

<sup>7</sup> Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Recycling von Altholz in der Holzwerkstoffindustrie (RecyclingholzV), BGBl. II Nr. 160/2012, Tabelle Anhang 1



## 5.4. Brandschutz

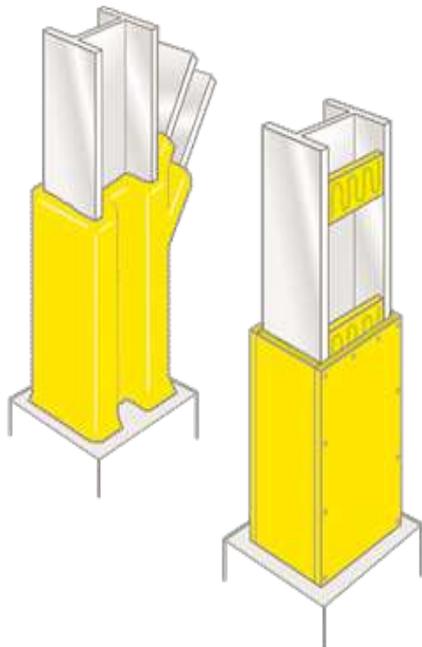
Bauelemente aus Stahl weder brennen noch den Brand weiterleiten, aber der Stahl erwärmt sich relativ rasch beim Brand, und wenn die Temperatur 500°C erreicht, stellt sie eine kritische Temperatur für Stahl, bei der sich ein plastisches Stahlverhalten entwickelt.

Die Tragfähigkeit der vom Brand betroffenen Stahlelementen wird extrem verringert, was zu einem plötzlichen Einsturz der Konstruktion führen kann.

Charakteristisch für Stahl ist die Längenausdehnung bei Steigerung der Temperatur.

Wärmeleitfähigkeit vom Stahl beträgt:  
 $\lambda = 50 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})^9$

Dementsprechend müssen die Bauelemente aus Stahl entweder mit putzartigen Anstrichen verkleidet oder mit feuerwiderstandsfähigen Baustoffen gekapselt werden.



**Abb.23** Brandschutzmaßnahmen für Stahl

Ein weiterer Weg den Stahl vom Brand zu schützen ist die Kombination mit anderen Materialien z.B. Beton.

Dadurch wurden sogenannte Stahl-Beton-Verbundelemente entwickelt, wobei der Beton neben seiner Tragfähigkeit zusätzlich die Brandschutzfunktion übernimmt.

Die Verbundelemente werden tiefer in jeweiligen Abschnitten analysiert.

## 5.5. Schallschutz

Schallgeschwindigkeit für Stahl longitudinal bei 20 °C beträgt 5920 m/s.

Wegen einer guten Schallübertragung sind die zusätzlichen Maßnahmen für ausreichenden Schallschutz bei Stahlkonstruktionen vorzusehen.

Da den Stahl die leichte Bauweise charakterisiert, werden die Stahlkonstruktionen als Mischbauweise mit anderen Materialien kombiniert. Das Problem wird durch Kombination von Beton und Stahl teilweise gelöst, weil die kompakten und massiven Betonelemente die Schallübertragung vermindern.

Wenn es um den Außenschall geht, ist die Gebäudehülle aus Sandwich-Paneelen die meist verwendete Lösung, um ausreichenden Schallschutz zu schaffen.

## 5.6. Transport

Mit einer mittleren Reindichte<sup>10</sup>  $\rho = \text{ca. } 7850 \text{ kg/m}^3$  steigt der Aufwand für Transport der Stahlbauteile, sodass der Bedarf an Kraftstoffe aus nicht erneuerbaren Energieträgern steigt, was einem negativen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck beiträgt.

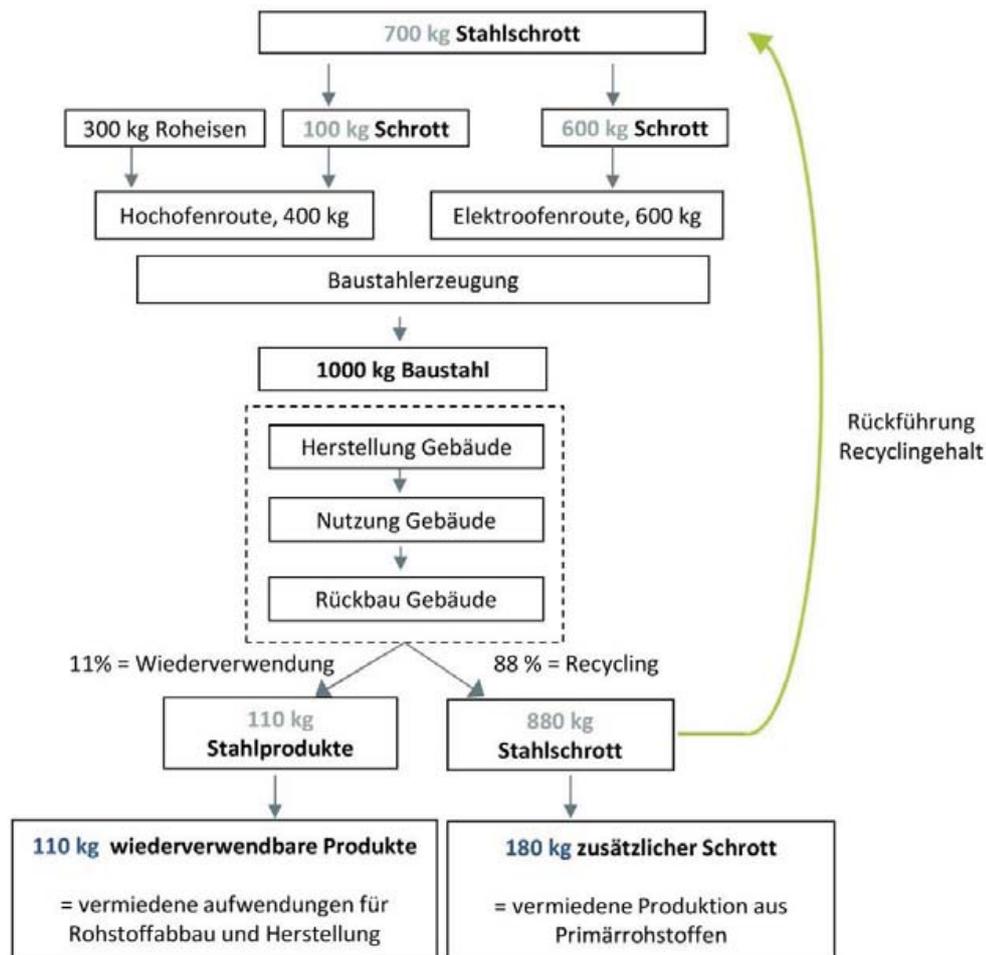
Wenn es um die vorgefertigten Bauelemente mit größeren Abmessungen geht, sind die Sondertransporte vorzusehen, was die Transportkosten erhöht.

Weil der Stahl Witterungsempfindlich ist, müssen die Stahlbauelemente von der Korrosion geschützt werden.

9 <https://www.baunetzwissen.de/glossar/w/waermeleitfaehigkeit-664148>

10 Wiener Baustofflehre Blätter, Naturwissenschaftliche Grundlagen zur Baustofflehre; E. Bölcskey, H. Bruckner, J. Haerdtl, W. Stöllinger, E. Thelesklav, TU Wien 2014, Seite 72

## 5.7. Wiederverwendbarkeit und Ökobilanzierung



**Abb.24** schematische Darstellung des Lebenszyklus vom Baustahl

In (Abb.24) lässt sich ein hoher Grad an Wiederverwertung und eine hohe Recyclingfähigkeit vom Baustahl ablesen. Beim Abbruch des Gebäudes kann 11% der Bauelemente für ein weiteres Bauvorhaben verwendet werden, und 88% entfällt für eine neue Stahlerzeugung. Die Zahlen bestätigen die Hypothese über Wiederverwendbarkeit dieses Baustoffes, der mehrmals recycelt werden kann.

Obwohl in letzten Jahrzehnten der  $CO_2$ -Ausstoß von  $1,891 t CO_2 / t Stahl$  auf  $1,61 t CO_2 / t Stahl$ <sup>11</sup> für die Stahlproduktion durch erneuerbare Energieträger reduziert wurde, liegen die Zahlen immer noch sehr hoch, sodass man nicht sagen kann, dass es um einen Klimafreundlichen Baustoff geht.

Schadstoffe werden aus Verbrennungsgasen bei der Stahlerzeugung freigesetzt, sowie die Verbindungsmethode Schweißen hat eine negative Ökobilanz.

Aber der Stahl ist ökologisch in dem Sinne, dass er mehrere Male bis zu 100% ohne Qualitätsverlust wiederverwendbar ist.

Die Wiederverwertung vom Stahl ist relativ einfach, aber wenn die Stahlbauteile mit anderen Baustoffen als Hybridbauweise eingebaut werden, kann sich der Aufwand für die Rückbauarbeiten enorm erhöhen.

Niedriglegierter Stahl aus 5% Recyclat verbraucht 46 MJ/kg graue Energie zur Produktion. Bewehrungsstahl aus 100% Recyclat verbraucht 11,5 MJ/kg graue Energie.<sup>12</sup>

11 STAHL UND NACHHALTIGKEIT, Eine Bestandsaufnahme in Deutschland, WIRTSCHAFTSVEREINIGUNG STAHL, Seite 21 ([https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2018/03/StahlNachhaltigkeit\\_2017\\_web\\_FINAL.pdf](https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2018/03/StahlNachhaltigkeit_2017_web_FINAL.pdf))

12 <https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Stahl>



## 6.1. Hochleistungsfähigkeit

Im Unterschied zu Stahl stellt gute Druckfestigkeit die Haupteigenschaft des Betons dar. Normalbeton  $\beta_D = 25 - 40 \text{ N/mm}^2$   
 Zugfestigkeit beim Normalbeton:

$$\beta_z = 2,0 - 3,0 \text{ N/mm}^2$$

Weil der Beton ein gießbares Material ist, lässt er sich in beliebigen Formen gestalten. Nachteil davon ist, dass der Beton eine temporäre Schalung verlangt, was der Aufwand erhöht und die vollständige Druckfestigkeit erfolgt erst nach 28 Tagen.

In Bezug auf seine günstigen Eigenschaften, wird der Beton sowohl bei kleineren als auch bei größeren Spannweiten wirtschaftlich als Grunbaustoff verwendet, da eine Vielfalt an Optimierungsmöglichkeiten der Betonelemente besteht.

Für große Spannweiten sind besonders die Rippendecken oder kassettierte Decken geeignet, weil damit die großen Mengen vom Beton ausgespart werden können. Daneben gibt es Möglichkeit eine Art gelochte Betonelemente wie z.B. vorgespannte Hohldielen zur Ersparung des Materials und Verringerung des Gewichtes herzustellen.

Spannbeton ermöglicht größere Stützweiten, und damit eine erhöhte Flexibilität des gebauten Raums mit einem möglichst Stützenfreien Grundrissraster.

Beton dient auch als Schutzschicht gegen Korrosion beim Bewehrungsstahl, sodass zusätzlicher Korrosionsschutz nicht unbedingt notwendig ist.

Um die bautechnischen und mechanischen Eigenschaften des Betons zu verbessern gibt es eine Vielfalt von Zusatzbaustoffen sowie Zuschlagstoffe für die Reduktion des Betongewichtes.

## 6.2. Bauweise

Wie schon erwähnt worden ist, lässt sich Beton beliebig gestalten, sodass der Beton praktisch in allen Bauweisen umgesetzt werden kann.

Daher können die Betonkonstruktionen sowohl in massiven als auch in leichten Bauweisen gebaut werden.

- Skelettbauweise
- Schottenbauweise
- Raumzellen

Skelettkonstruktionen aus Beton sind hocheffizient, da das monolithische und kompakte Betonskelett eine gute Zusammenwirkung aller Bauelemente gewährleistet.

Um die Ausbildung von Unterzügen bei Skelletbauweise zu vermeiden, besteht Möglichkeit diese durch Pilzdecken zu ersetzen.

Die effizienteste und schnellste Bauweise mit Beton stellt die Ausbildung der Raumzellen dar, wo die ganzen Räume oder Wohneinheiten vorgefertigt und schnellmontiert werden können.

Die Raumzellen reduzieren lediglich die Flexibilität der Nutzung, weil es hier um massive und robuste Bauweise geht.

## 6.3. Vorfertigungsgrad und Montage

Sehr hoher Vorfertigungsgrad und damit verkürzte Montagezeiten.

Neben Vorfertigung von Stab- und Deckenelementen ist eine Präfabrikation der gesamten Raumzellen möglich, die wie „Lego“-Steine auf der Baustelle sehr schnell montiert werden.

Dennoch wegen des höheren Gewichtes sind die Größen von vorgefertigten Elementen beschränkt.

Flexibilität beim Betoneinbau wegen Toleranzen in *cm*.

Die temporäre Schalung kann durch Vorfertigung ersetzt werden, indem zwei dünnere Betonschalen, die miteinander mittels Bewehrung verbunden sind, vorgefertigt werden, und deren Zwischenraum nachträglich bei der Montage auf der Baustelle mit Beton nachgegossen wird.

Solche Vorfertigung reduziert die Bauzeiten, aber sie erhöht die Herstellungskosten.

## 6.4. Brandschutz

Beton ist weder Entzündbar noch Brennbar, und er hat eine sehr hohe Brandbeständigkeit.

Beim Brand wird sich nicht der gesamte Querschnitt gleichmäßig erwärmt.

Während der Erwärmung von Außenflächen, wird sich die Temperatur im Kern nur geringfügig erhöht.

Wärmeleitfähigkeit vom Beton beträgt<sup>13</sup>:  
 $\lambda = 2,1 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Da sich bei Stahlbetonkonstruktionen nicht nur um den Beton sondern auch um die einbetonierte Stahlbewehrung geht, erfolgt der Tragfähigkeitsverlust bei der Erwärmung des Stahls, sodass die Tragfähigkeit des Stahlbetons intakt bleibt, solange der Brand keine wesentlichen Einwirkungen auf Stahlbewehrung hat.

Für Stahlbeton ist ein angekündigter Einsturz beim Tragfähigkeitsverlust charakteristisch, womit keine „Absturzzeit“ prognostiziert werden kann.

Beton kann mit entsprechenden Querschnittsgrößen alle Feuerwiderstandsklassen ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen erfüllen, sodass die sichtbaren Oberflächen der Bauelementen möglich sind.



Abb.25 Brandwiderstandsfähigkeit des Betons

## 6.5. Schallschutz

Schallgeschwindigkeit für Beton longitudinal bei 20 °C beträgt ca. 3700 m/s.<sup>14</sup>

Da Beton relativ gutes schalldämmendes Verhalten hat, kann der Schallschutz von Decken oder Wänden je nach Stärke ohne größere Schallverbesserungsmaße gelöst werden.

Zum Beispiel werden üblicherweise die Tritt- und Luftschalldämmung durch schwimmende Estriche verbessert.

In der Regel sind die massiven Konstruktionen schallschutztechnisch besser als die leichteren. Dementsprechend bietet Beton einen guten Schallschutz.

Heutzutage gibt es auch zweischalige Bauelemente mit sehr dünnen Außenschalen, deren Zwischenraum ausgeschäumt oder gedämmt wird, um die wärme- und schalldämmenden Eigenschaften dieser Plattenelemente für Wände und Decken zu erhöhen.

Zusätzliche Voraussetzung für erhöhter Schallschutz von Bauteilen aus Beton, die vor Ort gegossen werden, ist die monolithische Ausführung ohne Fugen und Verbindungen.

## 6.6. Transport

Da sich der Beton vor dem Einbau nicht im festen Zustand befindet, muss er mit sonstigen Fahrzeugen (Fahrmischern) transportiert werden.

Optimierungspotenzial für Transport des Betons liegt in Vorfertigung in spezialisierten Werkstätten, nach dem die gesamten Betonelemente nach Baustelle transportiert werden können.

Rohdichte vom Normalbeton beträgt  
 $\rho = \text{ca. } 2000 \text{ bis } 2600 \text{ kg/m}^3$

Mit relativ großer Dichte, muss es mit einem höheren Aufwand zum Transport der Fertigbetonteile mit größeren Abmessungen rechnen, was zur Erhöhung der Transportkosten führt.

13 <https://www.baunetzwissen.de/glossar/w/waermeleitfaehigkeit-664148>

14 <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Schallgeschwindigkeit>

## 6.7. Wiederverwendbarkeit und Ökobilanzierung

Weil der Beton eine homogene und monolithische Struktur ist, müssen die Bauteile aus Beton beim Rückbau abgebrochen und deponiert werden.

Potenzial für die Wiederverwendung des Betons liegt in Verwendung des Betonabbruchs als Zuschlagstoff für Recyclingbeton oder als Betonsplitt für verschiedene Schütungen.

Beim homogenen Elementen aus reinem Beton ist der Abbauaufwand relativ niedrig.

Bei Stahlbeton ist die Trennung der Stahlbewehrung vom Beton aufwendiger, aber Stahl kann als Stahlschrott für die weitere Stahlerzeugung gebraucht.

Primäre Ressourcen von Sand und Kies aus natürlichen Quellen werden immer knapper. Dementsprechend wird die Wiederverwendung statt Deponierung des Betons immer wichtiger.

Positive Eigenschaft von dem Beton ist keine Freisetzung von Schadstoffen im eingebauten Zustand, jedoch gibt es

Gefahr für Verunreinigung des Wassers wegen der hohen Alkalität des Betons im frischem Zustand.

Bei der Herstellung vom Normalbeton der Druckfestigkeitsklasse C 25/30 wird 0,682 MJ/kg graue Energie verbraucht.

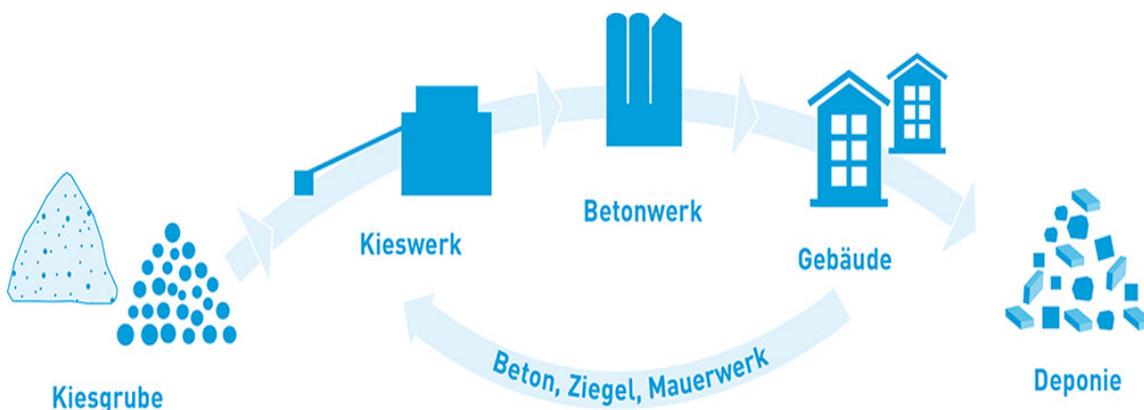
Der Bedarf an graue Energie liegt bei sehr geringen Mengen, weil die Produktion des Betons keinen großen Aufwand im Vergleich zu Stahlerzeugung darstellt. Jedoch besteht Beton aus einem großen Zementanteil, der sowohl einen extrem negativen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck als auch einen hohen Bedarf an graue Energie von ca. 4355 MJ/t hat.

Die Zementfabriken sind mit 7% der gesamten CO<sub>2</sub>-Emmissionen der drittgrößte Luftverunreiniger der Welt.<sup>15</sup>

Beim Stahlbeton muss man noch einen zusätzlichen Aspekt berücksichtigen. Bei dem Stahlbeton mit Stahlanteil von 2%, kann sich der Bedarf an graue Energie mehr als verdoppeln.

Gesamtverbrauch der grauen Energie für 1m<sup>3</sup> Stahlbeton mit Rohdichte  $\rho = 2385\text{kg/m}^3$

(Zement 285kg/m<sup>3</sup>, Bewehrungsstahl 47,70kg/m<sup>3</sup>, Beton C 25/30= 2385kg/m<sup>3</sup>)  
1245MJ/ m<sup>3</sup>+548,55MJ/ m<sup>3</sup>+1626,57 MJ/ m<sup>3</sup>= 3420,12 MJ/m<sup>3</sup> oder 1,43 MJ/kg



**Abb.26** schematische Darstellung des Lebenszyklus vom Beton



Dieser Abschnitt stellt einen Überblick über die Optionen zum effizienten Umsatz der Grundbaustoffe im Hochbau dar.

Das größte Potenzial liegt in Kombination der besten Eigenschaften von jeweiligen Rohbaustoffen, die auf wirtschaftlichster Weise in einem Element implementiert werden.

## 7.1. Holz-Beton-Verbundbauweise

Nadelholz, das für die tragenden Holzelemente am meisten verwendet wird, hat jedoch geringere Dichte als herkömmliche Materialien und damit bessere Schallübertragung.

Dementsprechend ist der Beschüttungsschicht die Standardlösung für nachträgliche Massenerhöhung einer Decke.

Aber die Beschüttung ist außer der Schalldämmung nur die zusätzliche Belastung, die der Tragfähigkeit der Deckenkonstruktion nicht beiträgt.

Als solche kann sie als unnötige Belastung betrachtet werden.

Wie man diese quasi unnötige Schicht in die Konstruktion integrieren kann, damit sie zusammenwirkend eine effizientere Tragstruktur bilden, ist die Frage, auf die Hybridbauweise aus Holz und Beton beantwortet.

Neben schon erwähnten Vorteilen kann das Holz durch die Verbundtechnologie mit anderen Materialien z.B. Beton kombiniert werden, um seine Eigenschaften zu verbessern.

Die Logik von Verbundtechnologie besteht daraus, dass man die besten Eigenschaften der jeweiligen Materialien in einem Element zusammenführt.

Stahlbeton ist das häufigste Beispiel der Hybridbauweise, wo die Stahlbewehrung die Zugkräfte abträgt und Beton auf Druck beansprucht wird. Bei solchen Konstruktionen steigt die Effizienz mehrfach, und Stahlbeton wird seit mehr als einem Jahrhundert sehr wohl verwendet. Aber wenn man über Energieverbrauch für die Herstellung von Bestandteilen des Stahlbetons diskutiert, die Ergebnisse sind unheilvoll.

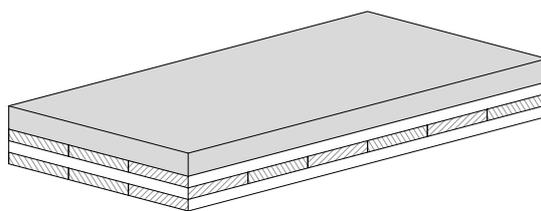


Abb.27 Holzbeton-Verbund-Element

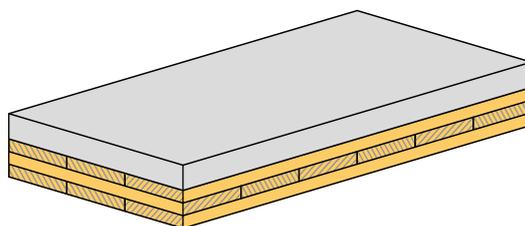
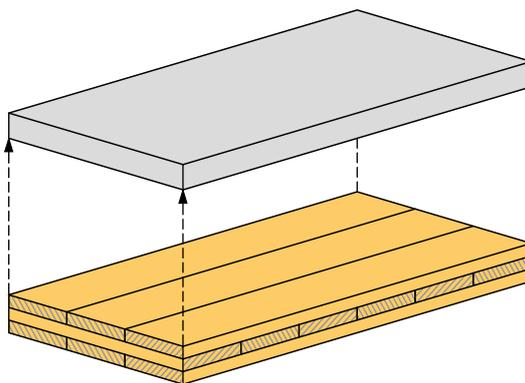
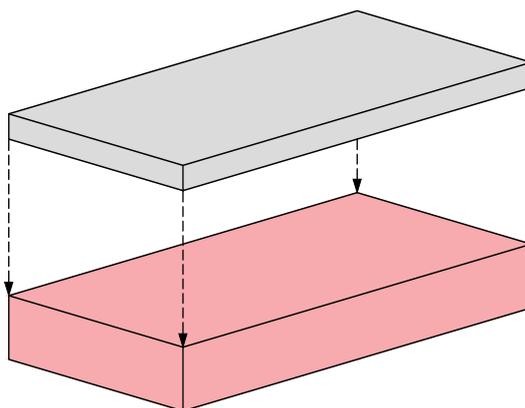
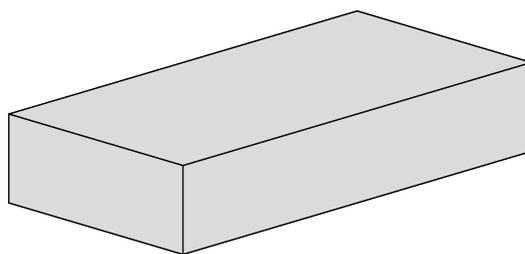


Abb.28 Herstellung der HBV-Elemente

Optimierungspotenzial bezüglich Ökobilanz und effizienter Tragfähigkeit liegt besonders in Kombination von verbundenen Holz- und Betonelementen.

Bei einem Holz-Beton-Verbundelement wird das Holz auf Zug und Beton auf Druck beansprucht. Die Bewehrung für Beton wird teilweise durch Holz ersetzt, was den Bedarf an Stahlbewehrung deutlich reduziert.

Gleichzeitig wird die Betonmenge gegenüber der standard Stahlbetondecke durch Holz minimiert.

Außerdem bildet die Betonschicht eine kraftschlüssig verbundene Scheibe, die zur Aussteifung dient.

Bei Hybridbauweise werden die Bedürfnisse nach Materialien mit einem höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoß gesenkt.

Bemerkenswert ist auch die Tatsache, dass diese Elemente vergleichbar zu Betonverguss praktisch kaum formbildende Schalung benötigen, da der hölzerne Teil der Holz-Beton-Verbunddecke die Schalung ersetzt.

Wenn die Elemente in großen Serien vorgerfertigt werden, sind diese Konstruktionen mehrfach durch Reduktion der Bauzeiten und Baukosten optimiert.

Bei dieser Optimierung lässt sich erklären, dass die Baukosten durch Ersatz von quasi unnötigen Baustoffen senken.

Unabschimmungen zwischen Gewerke wegen der unterschiedlichen Toleranzen bei Beton in *cm* und bei Holz in *mm*.

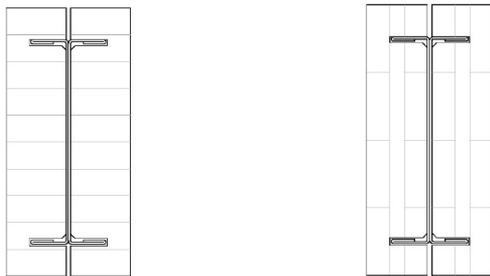


**Abb.29** Varianten von HBV-Decken

## 7.2. Holz-Stahl-Verbundbauweise

Um die Effizienz von zwei Baustoffen zu erhöhen, gibt es auch verschiedene Möglichkeiten in der Hybridbauweise aus Stahl- und Holzelementen. Diese Bauweise befindet sich in der Forschungs- und Entwicklungsphase, sodass die Verwendung solcher Bauelemente in der Bauwirtschaft immer noch nicht ausgebreitet ist.

Schwerpunkt liegt bei der Umsetzung vom Holz erstens als Brandschutzverkleidung der Stahlelementen, sodass ein ausreichender Feuerwiderstand ohne Kapselung und ohne zusätzliche Maßnahmen möglich wäre. Zweitens wird es versucht, den Stahlverbrauch durch erneuerbare Materialien zu reduzieren.



**Abb.30** Holz-Stahl-Verbundträger

In der Abb.30 ist der Querschnitt eines Holz-Stahl-Verbundträgers dargestellt. Auf der linken Seite ist das Stahlprofil mit Brettschichtholz und das rechte Profil mit Brettspertholz verkleidet. Dieser Träger stellt einen Zusammenhang der besten Eigenschaften von jeweiligen Materialien in einem Hybridelement. So ist der Querschnitt deutlich reduziert im Vergleich zu jenen aus einzelnen Materialien.

Gestalterisch betrachtend sind die Sichtoberflächen tragender Bauelemente möglich.

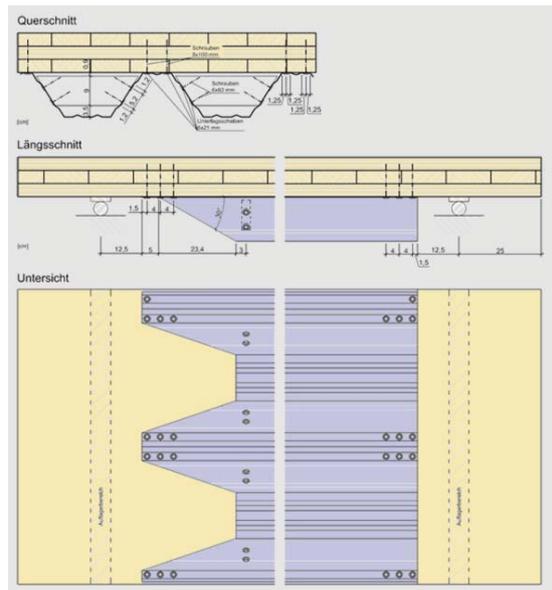
Die Holz-Stahl-Hybridbauweise ist für stabförmige Elemente besonders gut umsetzbar, jedoch werden auch die Platten-elemente erforscht.

Das Bild (Abb.31) zeigt ein Verbundelement, das aus Brettspertholzdecke besteht, die von unten mit Trapezblech verstärkt ist.

Vorteil von dieser Kombination ist eine extrem dünne Decke, die große Spannweiten ermöglicht.

Weil die beiden Bestandteile dieser Decke gute Schallübertragung haben, muss sie mit zusätzlichen Maßnahmen verstärkt, um die Schallübertragung zu verringern. Das bedeutet eine Erhöhung der Masse mit stärkeren Aufbauschichten.

Brandschutztechnisch muss die Decke von unten beplankt werden, da der Stahl beim Brand relativ rasch seine Tragfähigkeit verliert.



**Abb.31** Holz-Stahl-Verbunddecke

Diese Elemente sind gut geeignet für die trockene und schnelle Vorfertigung und Montage.

Zusätzlich lassen sich diese Bauteile leichter transportieren, weil das Gewicht durch Holz deutlich reduziert wird.

Aus ökologischem Aspekt verringert die Holz-Stahl-Verbundbauweise den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, indem das Holz bedeutende Mengen vom Stahl ersetzt.

### 7.3. Beton-Stahl-Verbundbauweise

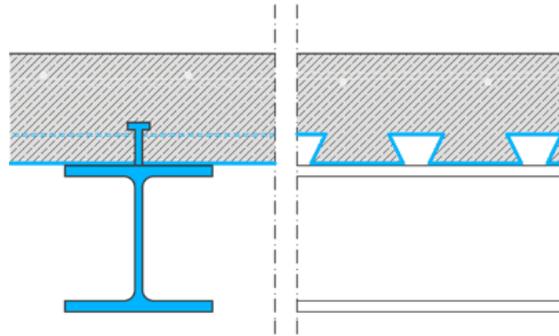
Da es sich hier nicht um Holzverbundbau geht, werden nur die wichtigsten Eigenschaften von der Stahl-Beton-Verbundbauweise verglichen.

Stahl-Beton-Verbundbauweise bezieht sich in meisten Fällen auf Stahl-Skelettkonstruktionen, deren Stabelemente mit Plattenelementen aus Stahlbeton kraftschlüssig verbunden sind.

Wegen ihrer Trägfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Konstruktion, ist sie seit mehr als einem Jahrhundert die weitverbreitetste Bauweise bei der Errichtung der Hochhäuser, weil sie im Unterschied zu Betonbau schlankere und elegantere Tragelemente ermöglicht.

Um die Tragelemente noch schlanker und filigraner zu machen, wurden Stahl-Beton-Verbundelemente entwickelt.

Besonders vorteilhaft für diese Bauweise ist eine höchsteffiziente Zusammenarbeit von Stahl und Beton, weil die verschweissten Stahlverbindungen eine monolithische Rahmen- oder Skelettkonstruktion bilden, und die Kraftschlüssige Verbindung zwischen Stahl und Beton wird mittels Kopfbolzen gewährleistet.



**Abb.33** typische Verbindung eines Stahlträgers und STB-Decke

Ausbetonierte Hohlprofile	   
Einbetonierte Stahlprofile	
Kammergefüllte Stahlprofile mit und ohne Zusatzbewehrung	  

**Abb.32** Stahl-Beton-Verbundstütze

Durch Kombination von zwei Materialien werden nicht nur die Tragfähigkeit von Tragelementen erhöht sondern auch die Brandbeständigkeit, indem der Beton als Brandschutzschicht wirkt.

Auf dem Bild (Abb.32) sind die häufigsten Varianten des Stahl-Beton-Verbundbaus für stabförmige Tragelemente dargestellt.

Weil die Bestandteile, Beton und Stahl, "schwere" Baustoffe sind, bleibt der Transport noch immer aufwendig, wenn es sich um größere vorgefertigte Bauelemente geht.

Wegen eines enormen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von Stahlkonstruktionen, sind die Wege zu finden, um in der Zukunft klimafreundlicher zu bauen.

Obwohl der Stahl gute Recyclingrate hat, verbraucht die Stahlproduktion enorme Energiemengen aus nicht erneuerbaren Energiequellen.

Diesbezüglich werden die Alternativen immer mehr erforscht, um die Stahlverwendung zu reduzieren.

# 8. FAZIT MATERIALIENVERGLEICH

		HOLZ (Fichte)	STAHL	BETON
HOCHLEISTUNGSFÄHIGKEIT	Druckfestigkeit ( $\beta_D$ )	50,0 N/mm <sup>2</sup>	550 N/mm <sup>2</sup>	25,0-40,0 N/mm <sup>2</sup>
	Zugfestigkeit ( $\beta_Z$ )	90,0 N/mm <sup>2</sup>	300-500 N/mm <sup>2</sup>	2,0-3,0 N/mm <sup>2</sup>
		bei kleineren Spannweiten unwirtschaftlich	bei allen Spannweiten wirtschaftlich	bei größeren Spannweiten unwirtschaftlich
BAUWEISE	Skelettbauweise	✓	✓	✓
	Schottenbauweise	✓		✓
	Mischbauweise	✓		✓
	Hybridbauweise	✓	✓	✓
VORFERTIGUNGRAD	Stabelemente	hoch	hoch	hoch
	Plattenelemente	hoch	aufwendig	hoch
	Raumzelle	hoch	aufwendig	hoch
BRANDSCHUTZ	Feuerwiderstand	mäßig (Verkohlung)	niedrig	hoch
	Brennbarkeit	hoch	∅	∅
	Temperaturanstieg durch Querschnitt	sehr niedrig	sehr hoch	niedrig
	Brandlastbeitrag	hoch	∅	∅
	Versagen	angekündigt	plötzlich	plötzlich
	Brandschutzmaßnahme	Querschnittsvergrößerung oder Kapselung	Kapselung	nicht erforderlich
	Oberfläche sichtbar	✓		✓
SCHALLSCHUTZ	Schallgeschwindigkeit	5500 m/s	5920 m/s	3700 m/s
	Schallschutzmaßnahme	Beplankung/ Massenerhöhung	Beplankung/ Massenerhöhung	je nach Elementstärke
TRANSPORT	Entfernungen	lokal	regional/ grenzüberschreitend	regional
	Dichte ( $\rho$ )	ca. 450 kg/m <sup>3</sup>	7850 kg/m <sup>3</sup>	2000- 2600kg/m <sup>3</sup>
ÖKOBILANZ	Bedarf an graue Energie	2,1 MJ/kg	11,5 MJ/kg	1,43 MJ/kg
	Heizwert	15,84 MJ/kg	∅	∅
	Wiederverwendung	bis 100% rezyklierbar oder energetische Wiederverwertung	100% rezyklierbar	mäßig rezyklierbar
	sonstiges	nachwachsender Rohstoff		

Abb.34 Tabelle Vergleich der Materialeigenschaften

Beiliegende Tabelle dient zum Einblick in die Eigenschaften der analysierten Materialien und einer schnellen Auswahl der Baustoffe, die nach allen festgelegten Kriterien die effizienteste Grundbaustoffe für Hochhäuser darstellen.

Das Kriterium Brandschutz ist ein Thema bei allen Materialien, weil die Baustoffe entweder direkt ihre Tragfähigkeit beim Brand verlieren, oder das Versagen von jeweiligen Bestandteilen (z.B. Stahlbewehrung im Stahlbeton) zum Zusammenbruch des Tragwerks führen kann. Dementsprechend ist das Thema Brandschutz besonders betrachtet und je nach Brandschutzmaßnahmen bewertet. Dabei ist die Möglichkeit die Oberflächen zu exponieren bzw. sichtbar zu machen besonders vorteilhaft, um das ganze Tragwerk in die Konzeption des Holzhochhauses in Wien zu implementieren.

Der Stahl ist schlecht benotet, weil die Sichtoberfläche der Stahlbauteile in einem Hochhaus praktisch unvorstellbar ist.

Nach den Angaben aus der Tabelle (Abb.34) sind die Baustoffe Holz und Beton als Grundbaustoffe aufgrund ihrer wirtschaftlichen Eigenschaften ausgewählt.

Wo sich das Holz mit potenziellen Problemen nicht wirtschaftlich bzw. nicht effektiv umgehen kann, wird es mit Beton kombiniert.

Wenn die Voraussetzungen für eine Optimierung bestehen, werden die Bauelemente miteinander gekoppelt und als ein Hybrid durch Verbundbauweise angewandt.

Aus der Recherche hat sich ergeben, dass das auf richtiger Weise verwendete Holz nicht nur den herkömmlichen Materialien konkurrieren kann, sondern auch kann das Holz sie ersetzen und somit den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck mehrfach verringern.

*Warum sollte man die Hochhäuser aus Holz statt mit den herkömmlichen Materialien bauen?*

Heute herrschen die höchsten Anforderungen beim mehrgeschossigen Bau denn je. Möglichst schlanke Decken auf möglichst stützenfreiem Geschossraster sind heutzutage eine der wesentlichen Herausforderungen in Architektur und Bauwesen.

Weniger Stützen bedeutet eine stärkere Decke, und somit verkleinert sich die Raumhöhe.

Andererseits verlangt die dünnere Decke einen relativ dichten Stützenraster, mit dem die Raumflexibilität anschaulich beschränkt wird.

Mit dünneren Decken kommen auch die Probleme mit Schallschutz und Brandschutz.

In letzten Jahrzehnten ist die Diskussion zum Thema Klimawandel praktisch explodiert, und es ist immer wichtiger geworden, umweltfreundlich durch Umsetzung energieeffizienter Baustoffe zu planen und zu bauen.

Holz ist der einzige umweltfreundliche Grundbaustoff, das wegen seiner günstigen Eigenschaften seit Jahrtausenden ununterbrochen als Baustoff verwendet wurde.

Wenn man über Klimaschutz spricht, ist die Fähigkeit, den Kohlenstoff zu speichern, die wichtigste Eigenschaft vom Holz, und es wird damit als CO<sub>2</sub>-neutraler Stoff bezeichnet.

Bei der Produktion der herkömmlichen Materialien wird deutlich mehr CO<sub>2</sub> freigesetzt, besonders durch Verwendung der fossilen Brennstoffe aus nicht erneuerbaren Quellen im Produktionsprozess.

Holz kann einem gesünderen und angenehmeren Raumklima dadurch beitragen, dass es die Luftfeuchtigkeit reguliert bzw. ausgleicht.

Weil es im Vergleich zu anderen Baumaterialien ein „Warmmaterial“ ist, wirkt das Holz temperaturzunehmend, besonders im inneren Raum, wo man sich etwa wärmer fühlt, als die Raumtemperatur tatsächlich beträgt.

Eine besonders angenehme Eigenschaft ist der spezifische Holzgeruch.

Die Entsorgung abgebrochener Materialien wie z.B. Beton stellt einen größeren Aufwand dar, weil dieses Material nicht hundertprozentig wiederverwendet werden kann, sodass der Betonabbruch viel Platz zur Entsorgung bzw. Deponierung benötigt.

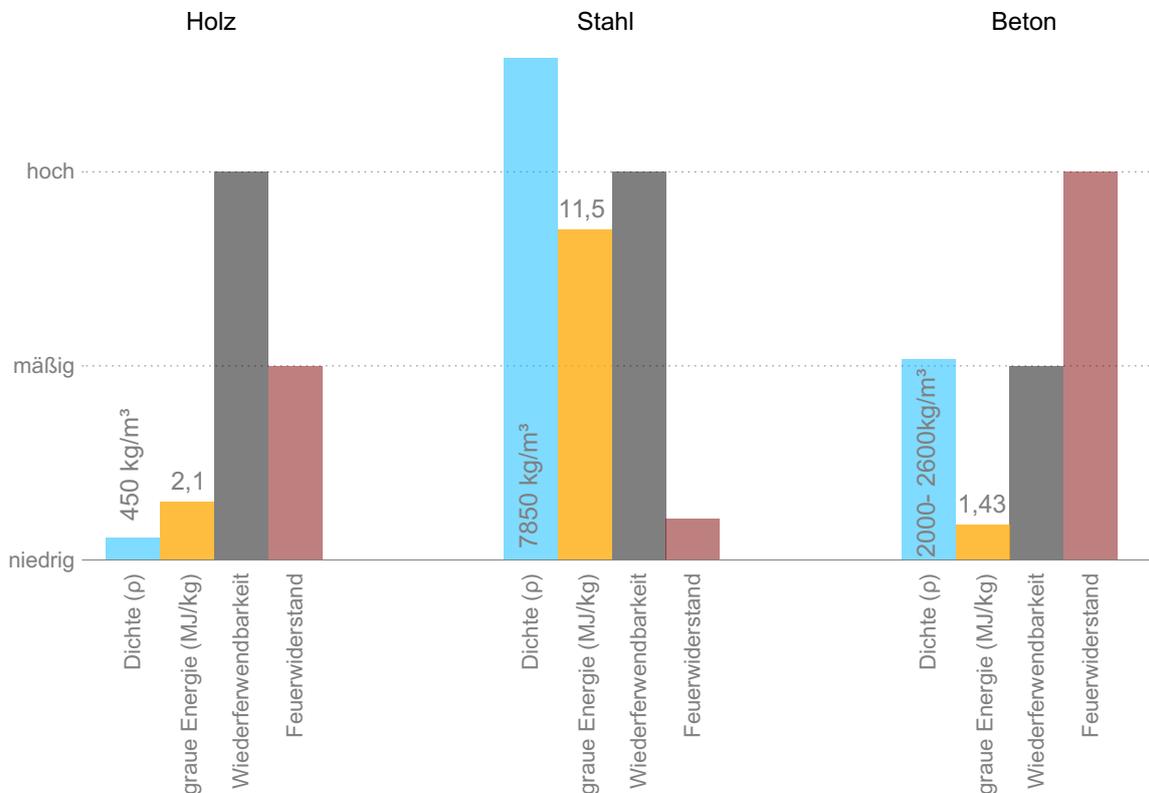
Stahl braucht riesige Energiemengen sowohl für die Erzeugung als auch für seine Wiederherstellung.

Holz kann dagegen einerseits recycelt werden, andererseits kann es als natürlicher Stoff verrotten und gleichzeitig sich selbst umweltfreundlich entsorgen. Holz ist auch gegenüber Stahl und Beton ein Energieträger.

Das bedeutet, dass das Holz am Ende seines Lebenszyklus für die Energieerzeugung verwendet werden kann. Es setzt bei der Umwandlung nicht mehr CO<sub>2</sub> frei, als es aus der Atmosphäre bindet.

Demgemäß hat das Holz als Baustoff das höchste "Cradle to Cradle- Niveau".

Wenn man Materialien, die die negativen Auswirkungen auf die Umwelt verursachen, durch Holz ersetzt, kann man mit einer doppelten CO<sub>2</sub>- Ersparnis, unvergleichbar energieeffizientem Bauen und mit einem gesünderen Raumklima rechnen!



**Abb.35** Gegenüberstellung verschiedener Kennzahlen



## 9.1. Mjøstårnet

### FAKTEN

Lokation:	Brumunddal, Norwegen
Baubeginn:	2017
Fertigstellung:	2019
Nutzung:	Wohnen-Hotel-Büro
Nutzfläche:	11,300m <sup>2</sup>
Gebäudehöhe:	85.4/88.5m
Fluchtniveau:	68.20m
Geschosse:	18

### DATEN

Auftraggeber:	AB Invest AS
Planung:	Voll Arkitektur, Trondheim
Tragwerksplanung:	Moelven Limtre AS, Moelv (N)
Brandschutzplanung:	SWECO AB

### BESCHREIBUNG

Momentan das höchste Holzhochhaus der Welt mit 18 Geschossen und 85.40m Höhe bzw 88.50m mit Antenne wurde in Brumunddal, Norwegen fertiggestellt. Die Inspiration, ein Gebäude mit möglichst viel Holz zu errichten, ist aus der Idee von Bekämpfung gegen Klimawandel ausgegangen. Neben zahlreichen gebauten Beispielen ist Mjøstårnet sowohl das höchste als auch das einzige Hochhaus, dessen Tragkonstruktion vollständig aus Holz besteht.

Das Gebäude ist ein mischgenutztes Gebäude mit unterschiedlichen Nutzungen. Die unteren Geschosse werden als Büros genutzt, die mittleren als Hotel und die oberen als Wohnungen. Die Geschosse sind entsprechend der Skelettbauweise relativ flexibel gestaltet, aber wegen der überdimensionierten Skelettstäbe ist diese Raumflexibilität deutlich reduziert. Wegen der Überdimensionierung des Querschnittes sind sowohl die Stützen als auch die Diagonalen extrem massiv geworden. Zwischen Stützen und Diagonalen entstehen kleine dreieckige Nischen, die je nach Stützenstärke bis zu etwa 1,5m tief sein können.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass bei der Tragkonstruktion kein Stahlbetonkern, der standardmäßig zur Aussteifung und Brandbekämpfung dient, vorhanden ist. Deswegen ist die tragende Konstruktion als ein räumliches Fachwerk vorgesehen. Die Brettschichtholz Stützen bilden mit

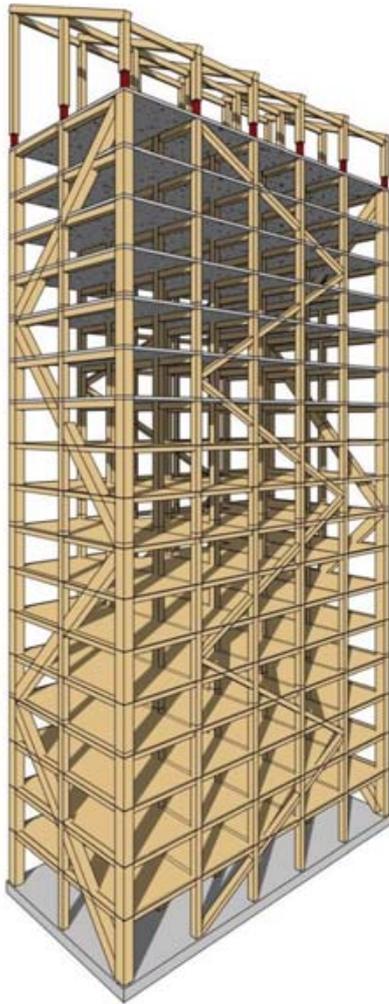


**Abb.36** Mjøstårnet, das höchste Holzgebäude der Welt

Brettschichtholzbalken ein Skelett, das mit den Diagonalen auf allen vier Seiten ausgesteift worden ist. Die Diagonalen sind aus BSH vorgefertigt und ihre Knotenpunkte befinden sich in jedem fünften Geschoss.

Wegen Windbelastung und Erdbebensicherheit sind die vier Stützen an den Gebäudeecken die stärksten mit einem Querschnitt von 1485 x 625 mm, und die restlichen haben die Querschnittsabmessungen von 725 x 810mm bzw. 625 x 630 mm. Währenddessen, dass die Fassendiagonalen sowohl die Horizontallasten als auch die vertikalen Lasten abtragen und somit die nötige Aussteifung des Gesamtsystems zur Verfügung stellen, bieten die Kernwände aus Brettsperrholz nur die Abtragung der vertikalen Lasten.<sup>16</sup> Die Decken sind nach „TRÄ8-System“ vorgefertigt und auf der Baustelle montiert. TRÄ8 Decken bestehen aus rostbildenden BSH-Trägern und Flanschen, die mit Furnierschichtholz beplankt sind. Für die Verbesserung des Schallschutzes

16 vgl. Mjøstårnet – Construction of an 81 m tall timber building, 23. Internationales Holzbau-Forum IHF 2017, R. Abrahamsen, Seite 5



**Abb.37** Mjøstårnet, Tragkonstruktion

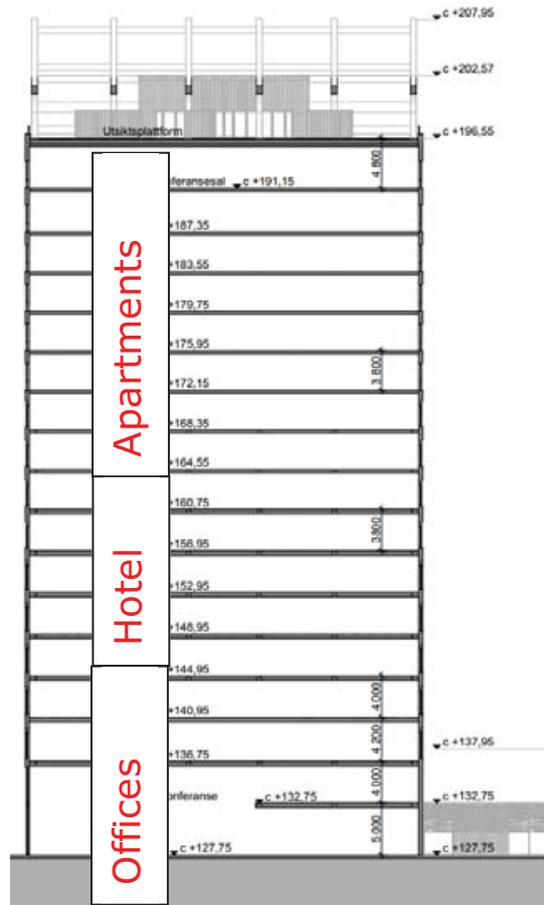
und Feuerwiderstand sind die Decken mit 5cm Aufbeton vorgesehen und die Hohlräume zwischen Träger und Flansche mit Steinwolle ausgefüllt.

Die Fassadenpaneele sind mit äußerer Deckelschalung aus Nadelholzbrettern vorgefertigt und auf der Baustelle von Innenseite befestigt und nachträglich beplankt.

Die tragenden Elemente sind so dimensioniert, dass sie dem Feuer 90 Minuten Widerstand halten müssen. Im kontrollierten Brandversuch hat das Brettschichtholz-Element nach 95 Minuten um nur 50mm abgebrannt.<sup>17</sup>

Die Eckstützen sind nach Feuerwiderstand von 120 Minuten dimensioniert. Zur Verhinderung der Brandverbreitung dient die Sprinkleranlage.

17 vgl. RAPPORT, Fullstendig brannforløp i limtrekonstruksjoner, Vurdering av resultater fra branntest; Seite 15 [https://www.limtreforeningen.no/images/bilder/Fullstendig\\_brannforløp\\_i\\_limtrekonstruksjoner.pdf](https://www.limtreforeningen.no/images/bilder/Fullstendig_brannforløp_i_limtrekonstruksjoner.pdf)



**Abb.38** Mjøstårnet, Längsschnitt



**Abb.39** Mjøstårnet, Regelgeschoss Hotel

## 9.2. HoHo

### FAKTEN

Lokation:	Wien, Österreich
Baubeginn:	2017
Fertigstellung:	2019
Nutzung:	Wohnen-Hotel-Büro-Wellness
Nutzfläche:	19,500m <sup>2</sup>
Gebäudehöhe:	84.0m
Fluchtniveau:	75.50m
Geschosse:	24

### DATEN

Auftraggeber:	Cetus Baudevelopment
Planung:	Rüdiger Lainer und Partner
Tragwerksplanung:	RWTplus
Brandschutzplanung:	Alexander Kunz

### BESCHREIBUNG

Vor der Fertigstellung von Mjøstårnet ist das HoHo als das höchste Holzhochhaus der Welt geplant. Mittlerweile wurde es entschieden, dass Mjøstårnet um zusätzliche ein paar Meter gebaut wird, somit ist das HoHo überhöht in diesem Wettbewerb.

Das HoHo Gebäude besteht aus drei miteinander gebundenen kubischen Formen. Mischgenutzte Innenräume ohne Stützen stellen eine extrem hohe Raumflexibilität dar.

Die sichtbaren nicht gekapselten Holzoberflächen im Innenraum sind ein Spezifikum bei diesem Gebäude. Dabei sind sowohl die Stützen und Fassadenwände als auch die Deckenuntersicht sichtbar. Konzeptuell gesehen besteht der Baukörper aus massiven länglichen Formen an denen die leichten Formen angedockt worden sind.

Tragwerk ist eine Hybridbauweise aus massiven Ortbetonkernen, die neben dem Brandschutz sowohl die erforderliche Aussteifung des gesamten Bausystems leisten als auch angedockten leichteren Holzkonstruktionen auf beiden Seiten. Durch die an der Fassadenachse je 4.80m angeordneten blockverleimten Brettschichtholzstützen mit Querschnitten von  $a=40\text{cm}$  x  $b=\text{variiert je nach Geschoss}$  werden die vertikalen Lasten abgetragen, und die vorgefertigten Holz-Beton-Verbunddecken, deren Fugen bzw. Aussparungen im Aufbeton mit Zementmörtel bei der Montage nachgegossen

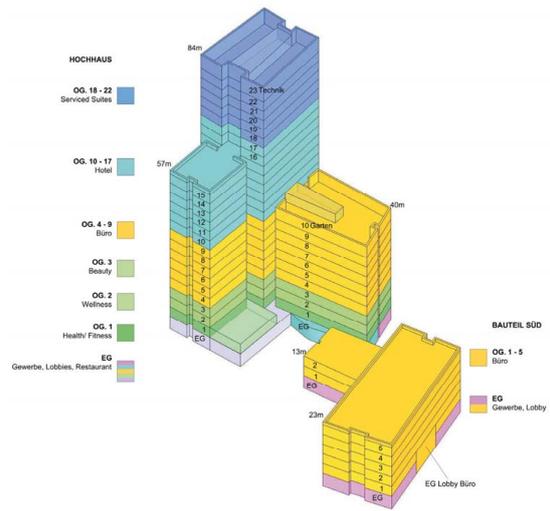


Abb.40 HoHo, Rendering

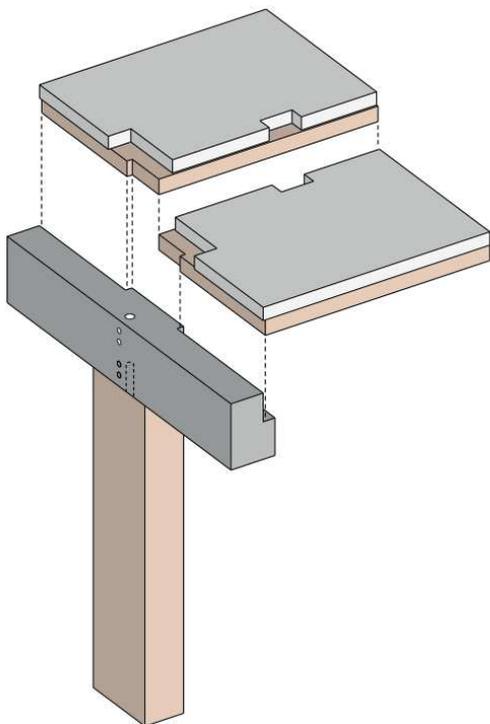
wurden, bilden eine schubsteife Scheibe zur horizontalen Lastabtragung. Stahlbeton Unterzüge werden mittel Mörtelverguss mit HBV- Decken kraftschlüssig verbunden.

Diese Unterzüge sind als Randträger vorgesehen, die sich entlang der Fassade erstrecken und verhindern somit der Brandüberschlag nach darüberliegendem Geschoss. Daneben sind die Unterzüge so dimensioniert, dass sie beim Entfall einer Stütze die Lastabtragung auf die andere Stützen auswechseln.<sup>18</sup> Das kann als doppelte Funktion von Randträgern betrachtet werden, die neben der Tragfunktion auch den zusätzlichen technischen Brandschutzmaßnahmen dienen. Ein sehr hoher Vorfertigungsgrad verringert nicht nur die Baukosten sondern auch die Bauzeiten, weil der Stahlbetonkerne vor Ort gegossen und die Holzelemente in der Werkstatt gleichzeitig vorgefertigt werden können. Nach der Vorfertigung werden die Stützen, die Randträger und Holz-Beton-Verbunddecken mit Standard-Sattelaufliegern transportiert und ziemlich rasch auf der Baustelle montiert. Nach der Montage bleiben diese Bauteile ohne weitere Oberflächen-

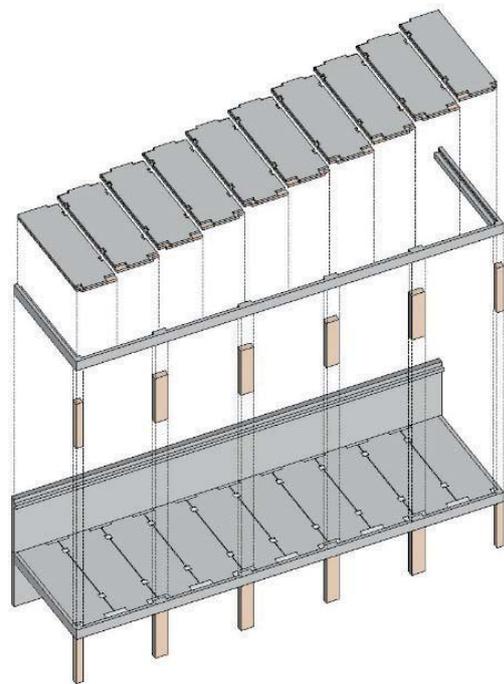
behandlung als fertige Sichtfläche.  
 50% der gesamten Tragkonstruktion ist vorgefertigt (Stützen, Randträger und Decken), und die restlichen 50% entfallen auf Ortbetonkerne und Bodenaufbau.<sup>19</sup>  
 Die Fassadenpaneele sind nicht völlig vorgefertigt, weil die Außenseite mit Zementfaser Platten verkleidet ist, und die hölzernen Fassadenwände sind teilweise von außen verschraubt.  
 Eine weitere Brandschutzmaßnahme ist die Sprinkleranlage, deren Installationen im Aufbeton bei dem Vorfertigungsprozess einbetoniert werden, damit nur die Sprinklerköpfe an der Deckenuntersicht sichtbar bleiben.



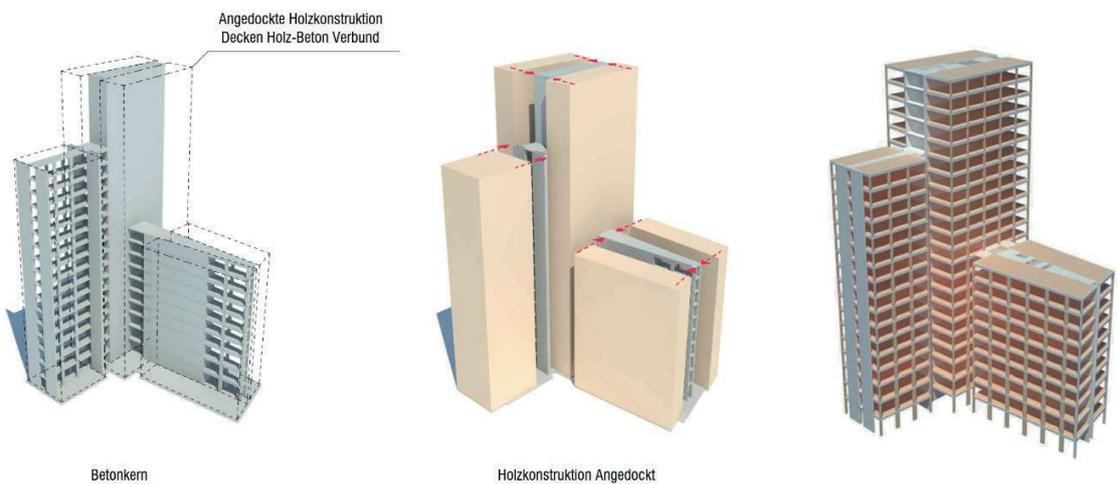
**Abb.43** HoHo, Nutzstypen



**Abb.41** Anschluss Stütze-Randträger-Decke



**Abb.44** Montageprinzip



**Abb.42** Tragwerkskonzept

## 9.3. Brock Commons Tallwood House

### FAKTEN

Lokation:	Vancouver, Kanada
Baubeginn:	2015
Fertigstellung:	2017
Nutzung:	Studentenheim
Nutzfläche:	15,115m <sup>2</sup>
Gebäudehöhe:	57.9m
Fluchtniveau:	50.0m
Geschosse:	18

### DATEN

Auftraggeber:	University of British Columbia
Planung:	Acton Ostry Architects, Inc.
Prüfingenieur:	Hermann Kaufmann
Tragwerksplanung:	Fast+Epp
Brandschutzplanung:	GHL Consultants Ltd.

### BESCHREIBUNG

Als das Studentenheim im Jahr 2017 gebaut wurde, wurde dieses Gebäude einen neuen Weltrekord als damals das höchste Holzgebäude der Welt eingestellt. Der Gebäudekörper ist auf die nötigsten Elemente mit einer anspruchslos lesbaren Form beschränkt.

Um den Feuerwiderstand zu erhöhen, sind die hölzernen Tragelemente mit Gipskarton Platten beplankt, sodass die sichtbaren Konstruktionsholzoberflächen nicht angeboten werden.

Die tragende Konstruktion besteht aus zwei unabhängigen Ortbetonkernen, an denen die leichtere Holzskelett-Konstruktion angedockt ist.

Das Skelett wurde entsprechend der Kapselform mit ziemlich schlanken Stützen 26 x 26cm und sehr dünnen Brettsperrholzdecken von nur 16,6 cm gebaut.

Das Wesentliche ist die Tatsache, dass die Skelettkonstruktion ohne Unterzüge gebaut wurde, weil die zweiachsig gespannten BSH-Platten auf den Stützen ruhen, mit denen sie mittels sonstigen Stahlverbindungen befestigt sind. Um die Schubsteifigkeit der gesamten Deckenscheibe zu schaffen, werden die Aussparungen an Deckenrändern nachträglich mit einer BSP-Platte gekoppelt.

Die Ganze Holzkonstruktion wurde in nur 2 Monaten errichtet.

Besonders zu berücksichtigen im Erd-



**Abb.45** Brock Commons Tallwood House

beben aktiven Bereich mit hohen Windlasteinwirkungen ist die Abtragung der horizontalen Lasten. Diese werden von der Decke bis Stahlbetonkerne über Stahlbänder abgeleitet.<sup>20</sup>

Für eine erhöhte Erdbbensicherheit und hauptsächlich für den Feuchteschutz wurde das Erdgeschoss aus Ortbeton gebaut.

Die erwähnte Beplankungen aus Gipskarton beitragen einer Feuerwiderstandsklasse von 120 Minuten. Zusätzlich ist die Sprinkleranlage mit einer höheren Redundanz vorgesehen.

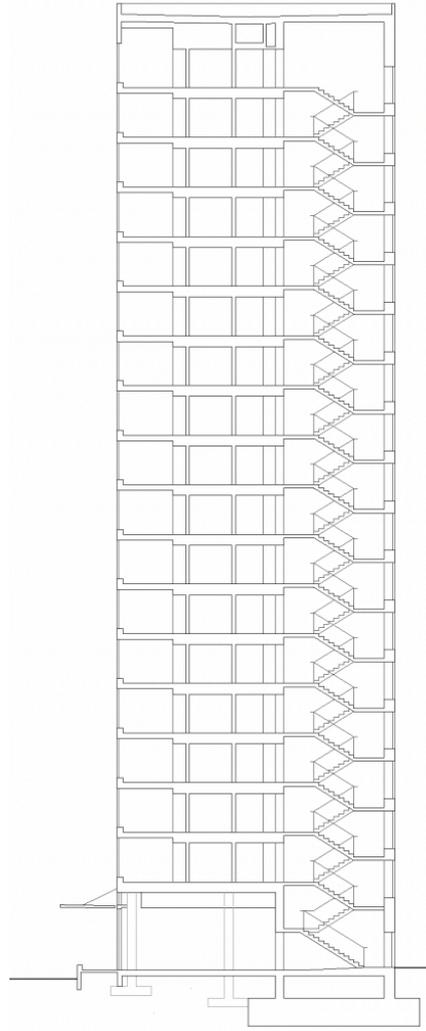
Das Baugerüst ist bei der Montage der Fassadenpaneele nicht erforderlich gewesen, da die vorgefertigten Paneele von Innenseite befestigt sind, und entsprechen einem hohen Vorfertigungsgrad mit geringsten Montagezeiten.

Außenverkleidung der Fassade bilden die hinterlüfteten Hochdruck-Schichtpressstoffplatten (High Pressure Laminates) aus 70% Zellulose und 30% Kunstharze.

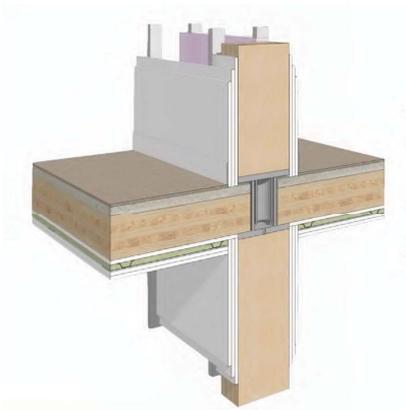
20 vgl. Atlas Mehrgeschossiger Holzbau, Hermann Kaufmann, Stefan Krötsch, Stefan Winter u.a., Edition Detail, Seiten 166,167



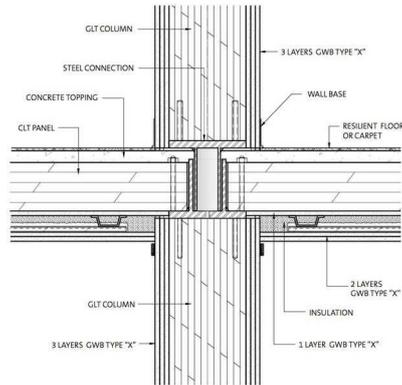
**Abb.46** Montage



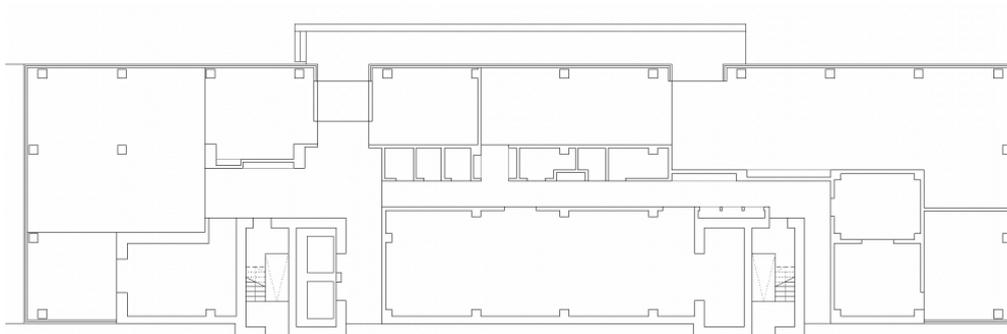
**Abb.49** Querschnitt



**Abb.47** Stütze-Decke 3D Detail



**Abb.50** Stütze-Decke Anschlussdetail



**Abb.48** Grundriss 1. Obergeschoss

# 10. FAZIT- State of the Art

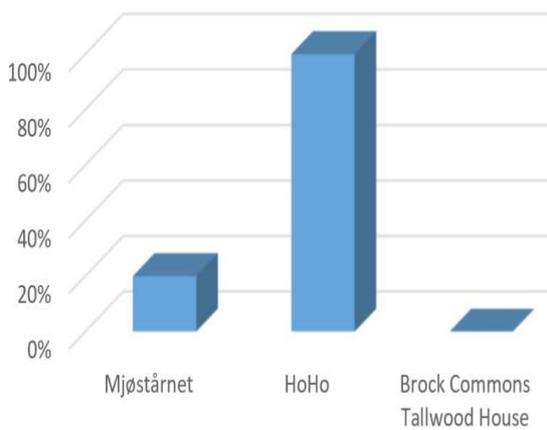
	Mjøstårnet	HoHo	Brock Commons Tallwood House	
<b>Lokation</b>	Brumunddal, Norwegen	Wien, Österreich	Vancouver, Kanada	
<b>Baubeginn</b>	2017	2017	2015	
<b>Fertigstellung</b>	2019	2019	2017	
<b>Gebäudehöhe</b>	Gebäude 85.40 m / Antenne 88.50 m	84.0 m	57.90 m	
<b>Fluchtniveau</b>	68.20 m	75.50 m	50.0 m	
<b>Geschossanzahl</b>	18	24	18	
<b>Nutzung</b>	Wohnen-Hotel-Büro	Wohnen-Hotel-Büro-Wellness	Studentenheim	
<b>Nutzfläche</b>	11,300 m <sup>2</sup>	19,500 m <sup>2</sup>	15,115 m <sup>2</sup>	
<b>Bauweise</b>	Holzskelett	Hybridbauweise	Hybridbauweise	
<b>Aussteifungselemente</b>	massive blockverleimte BSH-Diagonalen an der Fassadenwände	Ortbetonkern (zentrisch) und kraftschlüssig verbundene HBV-Deckenscheiden	Zwei Stiegenhauskerne (in der Fassadenebene), Stahlbänder an der Decke	
<b>Stützen</b>	blockverleimte BSH-Stützen	blockverleimte BSH-Stützen	blockverleimte BSH-Stützen	
<b>Decken</b>	BSH-Träger und Flanschen, mit Furnierschichtholz beplankt	HBV-Decken (Brettspertholz 14cm +Aufbeton 12 cm)	Brettspertholzdecke d=16,6cm	
<b>Kernwände</b>	Brettspertholz wände	Stahlbeton	Stahlbeton	
<b>Fassadenwände</b>	<b>Innenverkleidung</b>	Gipskarton	sichtbare BSP-Oberfläche	Gipskarton
	<b>Tragkonstruktion</b>	Holzrahmenkonstruktion	Brettschpertholz-Platten	Stahlrahmenkonstruktion
	<b>Außenverkleidung</b>	Deckenschalung aus Nadelholz	Zementfaserplatten	Hochdruck-Schichtpresstoffplatten
<b>sichtbare Holzelemente</b>	Stützen	Stützen, Decken, Fassadenwände	∅	
<b>Schallschutz</b>	Steinwolle in der Decke + 5 cm Aufbeton	TSD+ Estrich (Wohngeschosse); Doppelboden mit Hohlraumbedämpfung aus Mineralwolle (Bürogeschosse)	Aufbau aus Estrich + abgehängte Decke GFK Platten	
<b>zusätzliche Brandschutzmaßnahmen</b>	Sprinkleranlage, Feuerwiderstand der Eckstützen 120 min., die restlichen Traglelemente 90 min., Feuerschutzanstrich	Tragende Holzelemente nach Feuerwiderstand von 90 min., Brandabschitte bis 400 m <sup>2</sup> , Sprinkleranlage, nicht brennbare Fassadenverkleidung außen (durchgehend), kürzere Fluchtwege, Randträger aus Beton zur Verhinderung des Brandüberschlags	alle tragenden Elemente aus Holz mit GFK-Platten dreilagig gekapselt, Feuerwiderstand 120 min., Sprinkleranlage,	

Abb.51 gebaute Beispiele- Tabellenübersicht

In der Tabelle (Abb.51) sind für eine schnelle Überblick die wichtigsten Daten, Zahlen und Fakten von analysierten gebauten Beispielen zusammengefasst. Mittels gesammelten Informationen wird ein passendes Konzept in der Vorentwurfphase für ein 30-geschossiges Holzhochhaus in Wien ausgesucht, wobei die besten Eigenschaften aus analysierten gebauten Beispiele kombiniert werden.

Um das Ziel dieser Diplomarbeit zu erfüllen, müssen folgende Punkte bei der Auswahl des Konstruktionssystems berücksichtigt werden:

- Raumflexibilität
- hoher Vorfertigungsgrad und schnelle Montage
- sichtbare Oberfläche der tragenden Bauelemente
- Fassadenverkleidung aus Holz
- Brandschutztechnische Vorschriften (OIB Richtlinie 2)
- Schallschutztechnische Vorschriften (OIB Richtlinie 5)



**Abb.52** Anteil der sichtbaren Holzoberfläche von tragenden Bauelementen

Die Analyse hat gezeigt, dass die drei Hochhäuser, die in Österreich, Norwegen und Kanada gebaut wurden, den ähnlichen Anforderungen und Vorschriften entsprechen.

Alle Projekte zeigen, dass das Holz als Baumaterial trotz der strengsten Vorschriften ein flexibles Baustoff ist, der mit dem richtigen Umgang auf alle Anforderungen beantworten kann.

Länglich angeordnete rechteckige Grundrissformen sind gut in allen Beispielen

ablesbar.

Diese schlichte Formen sind aufgrund der wirtschaftlichsten Ausnutzung des Raums sinnvoll ausgewählt.

Skelettkonstruktion und ein gut lesbarer Stützenraster ermöglichen einen hohen Grad an Raumflexibilität und potenziellen Änderungen der Nutzung.

### **Mjøstårnet:**

Das Mjøstårnet stellt ein Spezifikum dar, weil es das einzige gebaute Hochhaus mit mehr als 15 Geschosse ist, dessen tragende Konstruktion vollständig aus Holz gebaut wurde.

Nachteil davon ist meiner persönlichen Meinung nach eine unelegante Fachwerkstruktur mit großen Diagonalen in der Fassadenebene, die eine Gestaltungsfreiheit der Fassade und somit gute Belichtung des Innenraums verhindern.

Besonders positiv aus gestalterischer Sicht ist die Realisierbarkeit einer Fassadenverkleidung aus Holz, obwohl man in Norwegen mit einer erhöhten Luftfeuchtigkeit, stärkeren Niederschlagsereignissen und niedrigeren Temperaturen als in Mittel- und Südeuropa rechnen muss.

### **Brock Commons Tallwood House:**

Dieses Gebäude in Vancouver ist ein echtes Pionierprojekt im Bereich von Bauen der Hochhäuser aus Holz. Es ist das erste Holzhochhaus der Welt mit mehr als 15 Geschossen. Obwohl die Nutzung nur für studentisches Wohnen vorgesehen ist, bieten die Skelettkonstruktion und Geschossform eine gute Flexibilität, indem die Änderung der Nutzung relativ einfach ist. Beschränkung des derzeitigen Nutzungsspektrums ist von der städtebaulichen Position in einem Universitätskampus verursacht.

Vorteil bei diesem Gebäude ist eine extrem leicht lesbare Form und ein leichtes Tragwerk, das aus sehr dünnen Holzelementen besteht.

Nachteil davon ist mehrschichtig beplanktes Tragwerk, sodass keine sichtbaren Oberflächen der tragenden Elemente im Gebäudeinneren vorhanden sind.

Wichtiges Aspekt bei diesem Gebäude sind vorgefertigte Fassadenpaneele, die von innen an dem Tragwerk befestigt sind. Solche Montage wird kein Arbeitsgerüst an der Fassade verlangt.

## HoHo:

Das HoHo- Gebäude besteht aus drei verdunnenen Baukörpern mit unterschiedlichen Höhen. Zwei Baukörper davon sind mit zentral angeordneten massiven Stiegenhauskernen gestaltet, an denen beidseitig die leichte Struktur aus Holz angedockt ist.

Die Kerne wurden wegen Brandschutzanforderungen und günstigstes Tragverhalten aus Stahlbeton gebaut.

Die "angedockten" Decken sind zweischichtig als Holzbetonverbunddecken vorgefertigt. Der hölzerne Unterteil der Decke besteht aus Brettsperholzplatten, die sichtbar sind, und welche der Feuerwiderstandsklasse 90 entsprechen.

Das HoHo unterscheidet sich von anderen Beispielen durch die Anordnung der Stützen. Die Holzstützen sind nur entlang der Fassadenkante angeordnet, sodass der Innenraum von tragenden Elementen völlig befreit ist. Diese Stützenanordnung ermöglicht den höchsten gestalterischen Flexibilitätsgrad.

Neben der Deckenuntersicht sind die blockverleimten Brettschichtholzstützen auch sichtbar und nicht mit chemischen Baustoffen behandelt.

Gegenüber hohem Vorfertigungsgrad der Decken und Stützen, sind Fassadenpaneele nur teilweise vorgefertigt, nämlich nur die Brettsperholzplatten mit Außendämmung aus Mineralwolle. Die hinterlüftete Fassadenverkleidung ist nachträglich vorgehängt, wobei ein Arbeitsgerüst unbedingt nötig gewesen ist.

Einfache Formensprache ohne Fassadenplastik führt zu einer Monotonie, da die Fassade mit Zementfaserplatten verkleidet ist.

Polygonförmige Glasfronten in nur einigen Geschossen erleichtern die Fassade nur in einem niedrigen Grad.

Gestalterische Qualitäten sind im Innenraum stark akzentuiert, weil die Oberflächen der Hozelemente sichtbar sind.

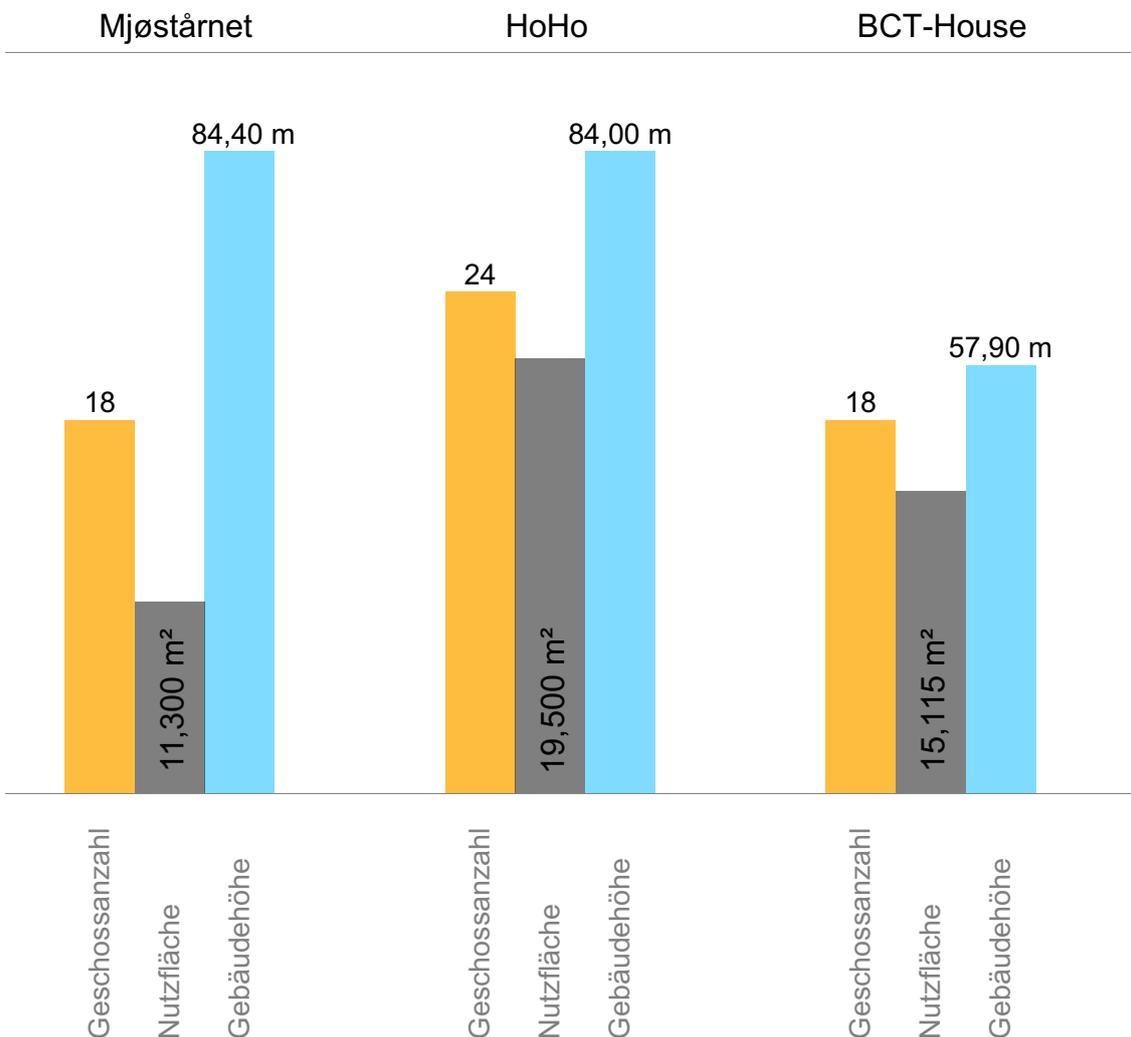
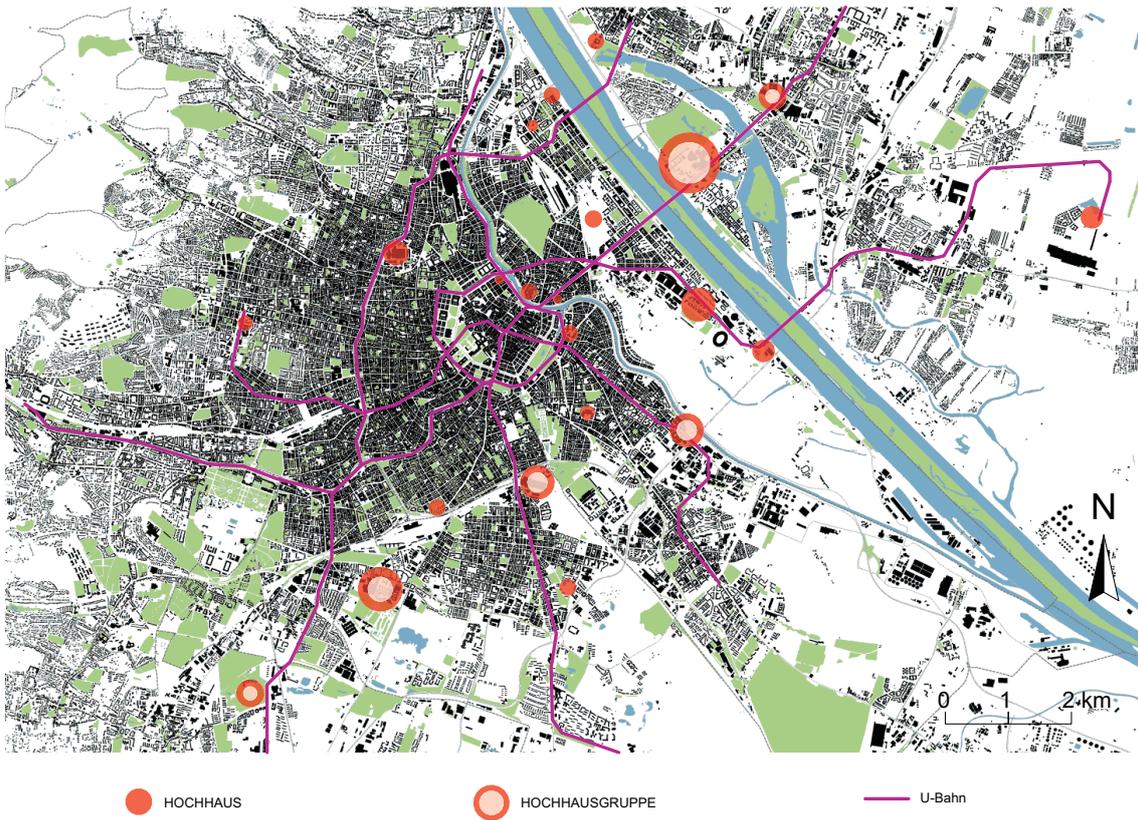


Abb.53 Gegenüberstellung verschiedener Kennzahlen



# 11. VORENTWURFSPHASE

## 11.1. städtebaulische Situation



**Abb.54** Distribution der dominantesten Einzelhochhäuser und Hochhausgruppen in Bezug auf U-Bahnnetz in Wien

Gemäß Wiener Bauordnung § 7 Abs. f sind die Hochhäuser jene Gebäude, deren oberster Abschluss 35m über Gelände liegt.

Dementsprechend gibt es heute in Wien mehr als 250 Hochhäuser.<sup>21</sup>

Schwerpunkt in dieser städtebaulichen Analyse sind die Hochhäuser, die wegen ihrer Höhe sehr stark in ihrer unmittelbaren Umgebung akzentuiert sind und somit das konsolidierte Stadtstruktur Wiens deutlich ändern.

Wenn man über Hochhäuser spricht, denkt man über großvolumige und unkonventionelle Baukörper, in denen die größeren Mengen der Raumbenutzer in bestimmten oder unbestimmten Takten strömen, was zu Interferenzen und Staus im Verkehr führen kann.

Um diese zu verringern, ist eine effiziente Verkehrserschließung von der essenziellen Bedeutung.

Gute Anbindung an öffentlichen Schienenverkehr, der tatsächlich das effizienteste Beförderungsmittel ist, ist entscheidender Faktor bei der Positionierung eines Hochhauses.

Besonders wichtig sind die Lagen, die unmittelbar oder bis nicht mehr als 300 Meter von einer U-Bahn Station entfernt sind. 300 Meter entspricht einer mittleren Gehwegszeit von fünf Minuten.

In der (Abb.54) sind gebaute und geplante Hochhäuser in Wien markiert, die als Einzelgebäude oder Gebäudegruppen im städtischen Raum angeordnet sind.

Nach dem letztgültigen Flächenwidmungsplan wurden die potenziellen Lagen betrachtet und ein passendes Grundstück ausgesucht, wo die Gebäudehöhe von einhundert Meter erlaubt ist.

Zweites Kriterium geht davon aus, die Parallelen zwischen "Urban Tree" und Stadtlandschaft zu ziehen.

Dementsprechend liegt der Schwerpunkt bei Hochhausgruppen, wo ein Hochhaus in der Gruppe integriert wird, wie ein Baum im Wald.

Nach festgelegten Kriterien ist ein Standort gesondert.

Hochhausgruppe in Kaisermühlen lässt sich zu Konzept gut eignen, da es hier um einen genügend bebauten Raum geht.

Hochhausgruppe in Kaisermühlen ist das größte Viertel Wiens in Bezug auf Anzahl der Hochhäuser.

An dieser Stelle teilt die Donau Wien auf zwei Hälften, und bildet mit der heutigen Alten Donau ein längliches inselartiges Gelände. Das Gelände steigt stufenweise vom Donauufer bis künstlich gebaute Donauplatte, die als eine riesige Fußgängerzone die Hochhäuser miteinander verbindet.

Vehrkonzept ist so vorgesehen, dass der ganze KFZ-Verkehr unter der Donauplatte funktioniert.

Die "Insel" besteht aus vier geradlinig streng getrennten Zonen. Im Nordwesten befindet sich ein Kleingartenhausgebiet mit Einfamilienhäusern. Im Südosten sind Mehrfamiliengebäude angeordnet, die von der großen Grünfläche im Donaupark mit mischgenutztes Hochhausgebiet getrennt sind.

Das Hochhaus-Ensemble befindet sich nicht nur in der Mitte der "Insel" sondern auch in einer der wichtigsten Lagen Wiens, in der sich einige der frequentesten Verkehrsachsen Wiens verschneiden. Im Südwesten-Nordosten verläuft die Wagramer Straße, die mit der in Südosten-Nordwesten orientierten Donauufer

Autobahn A-22 in Kaisermühlen einen Knotenpunkt bildet. Parallel zu der Wagramer Straße führt die U-Bahnlinie U1 direkt in das Stadtzentrum.

Der gelbe Kreis (Abb.55), der sich im Schnittpunkt der wichtigsten markierten Achsen befindet, stellt die Lage des Urban-Tree-Gebäudes dar, Es liegt ein großes Potenzial in der Verbindung der Wasserflächen im Zusammenhang mit der großen Grünfläche im Donaupark.

Die Wagramer Straße stellt die Abgrenzung der Donauplatte dar.

Weil sich der Schnittpunkt der eingezeichneten Achsen unmittelbar neben der Wagramer Straße befindet, ist der Schnittpunkt als Endpunkt der Donauplatte definiert.

Von dem festgelegten Endpunkt führt die grüne Achse über den Fußgängerkorridor bzw. über die Promenade in den Donaupark.

Mit der blauen gestrichelten Linie ist die Tendenz zur Verbindung der Wasserflächen im visuellen Sinne bestimmt.

Die U-Bahn Station bietet eine gute Anbindung an öffentliches Verkehrsnetz innerhalb des 5-Minuten-Kreises an.

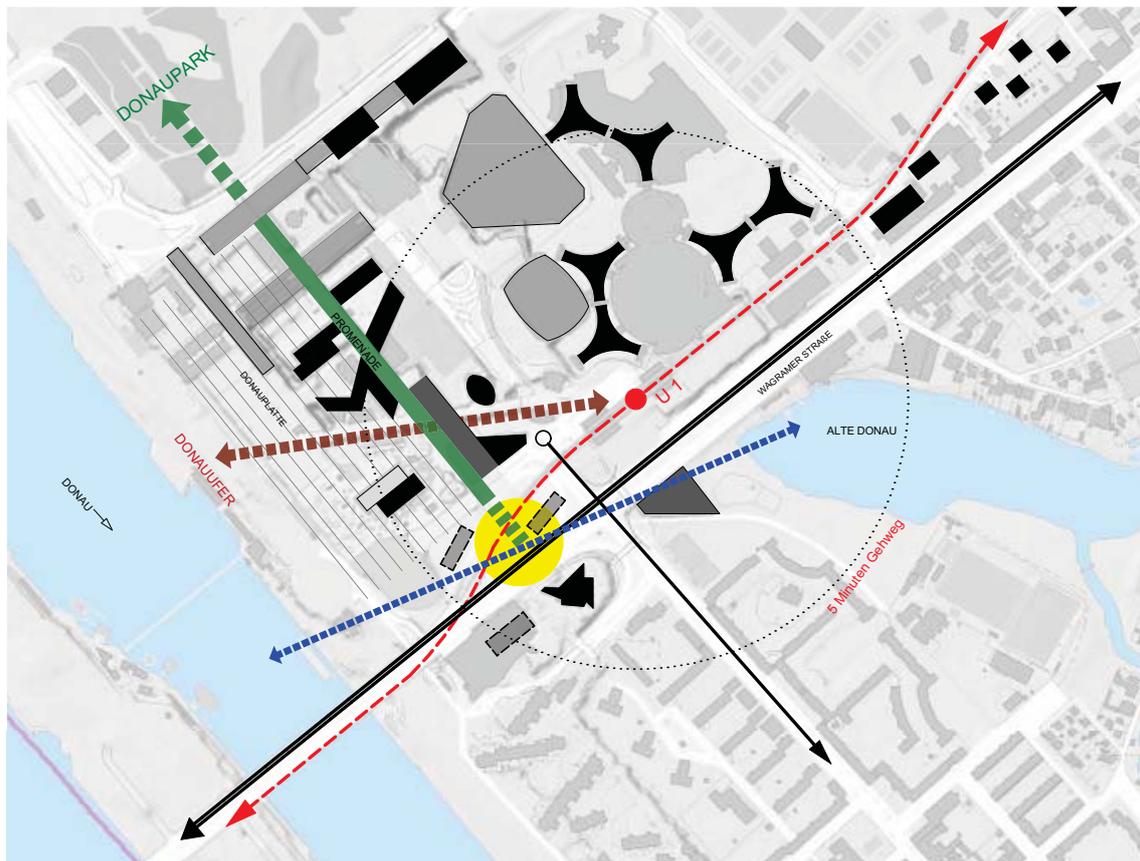
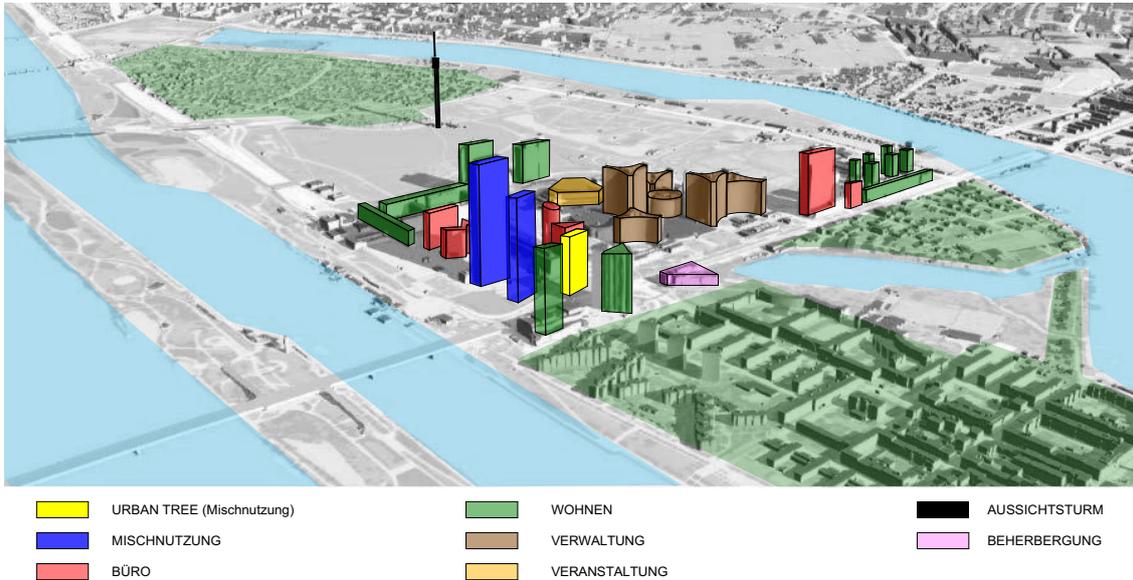


Abb.55 städtebauliche Situation in Kaisermühlen



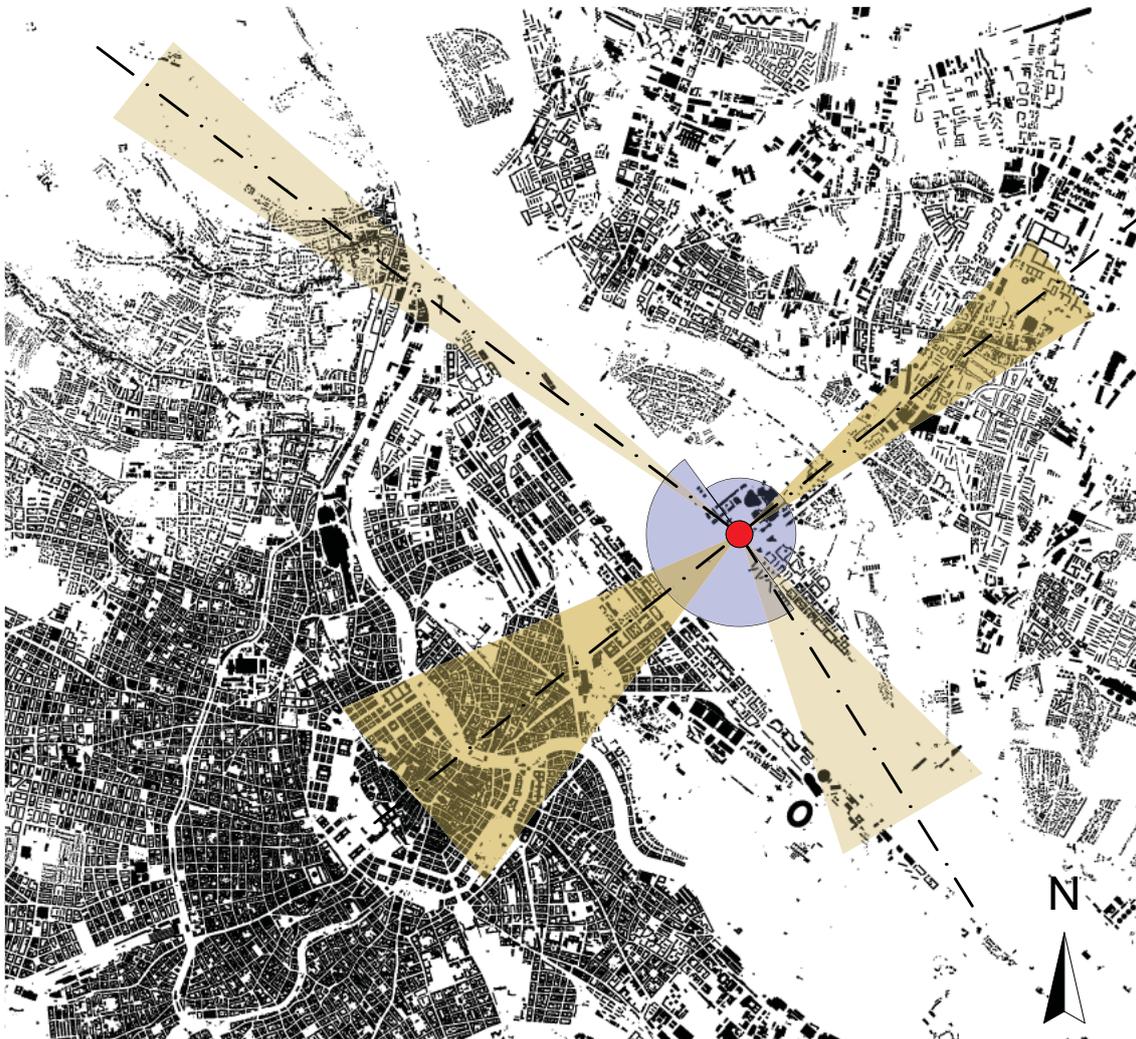
**Abb.56** Kaiserwiesen, Verhältnis des Urbanen Trees zum unmittelbaren baulichen Umfeld

Auf dem Bild (Abb.56) ist die Nutzungsstruktur in der unmittelbaren Umgebung dargestellt.

Es ist sichtbar, dass sich das Urban Tree gut im benachbarten bebauten Raum integriert, indem es mit Gebäuden verschiedener Nutzungen umschlossen ist.

Somit bildet das Gebäude einen Verbindungsknoten und Bestandteil dieses "urbanen Waldes".

Diese Verbindung wird durch Implementation der verschiedensten Nutzungen aus der umgebenden Gebäuden im "urbanen Baum" interpretiert.



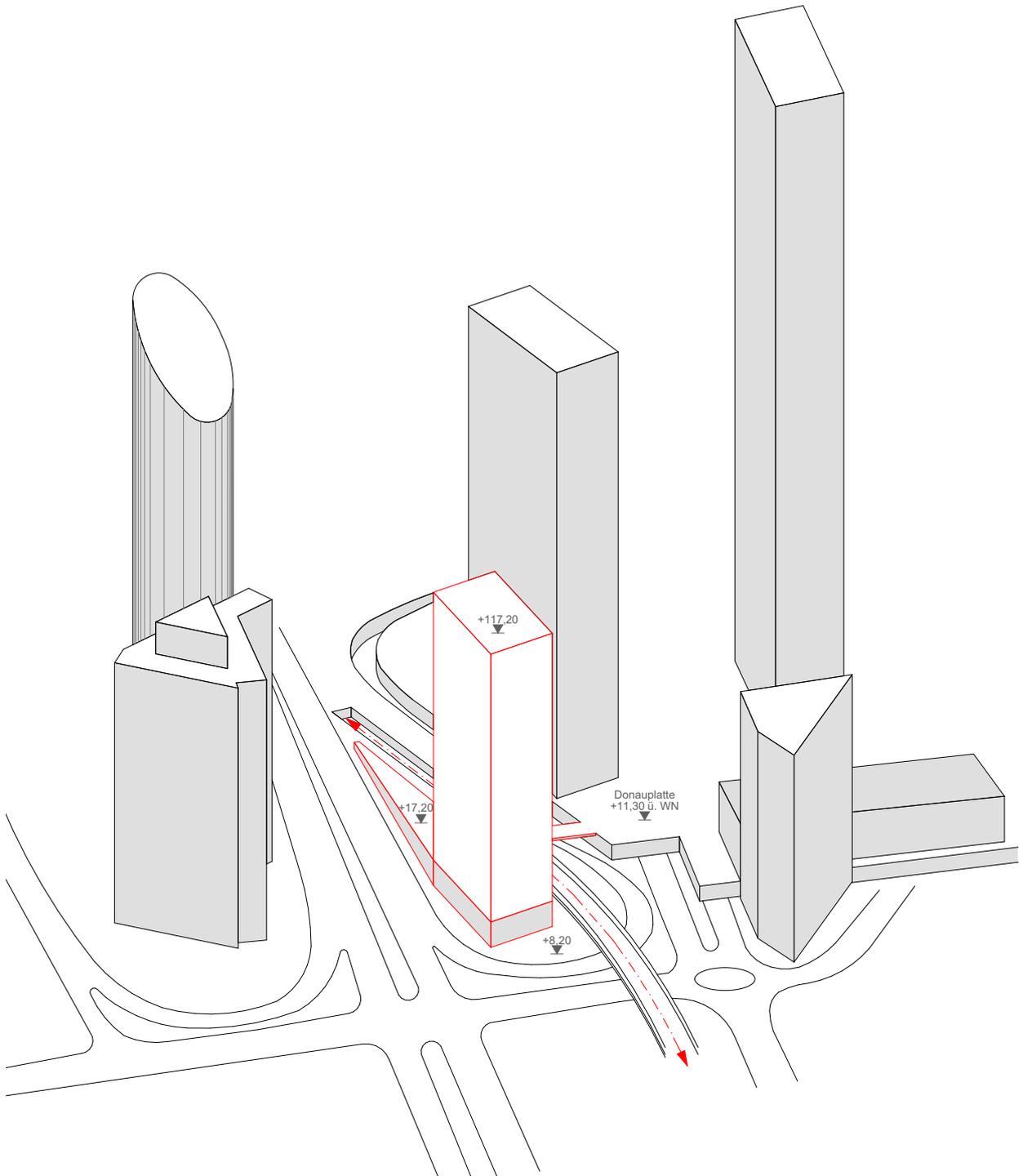
**Abb.57** Sichtachsen

Um die hohen Qualitäten des Standorts herzuzeigen, sind in der (Abb.57) die wichtigsten Sichtachsen und Blickrichtungen dargestellt.

Blickrichtung nach Stadtkern hat keine Sichtbarrieren, sodass der Sichtwinkel in Richtung Stephansdom, der der zentrale Orientierungspunkt Wiens darstellt, konzentriert ist.

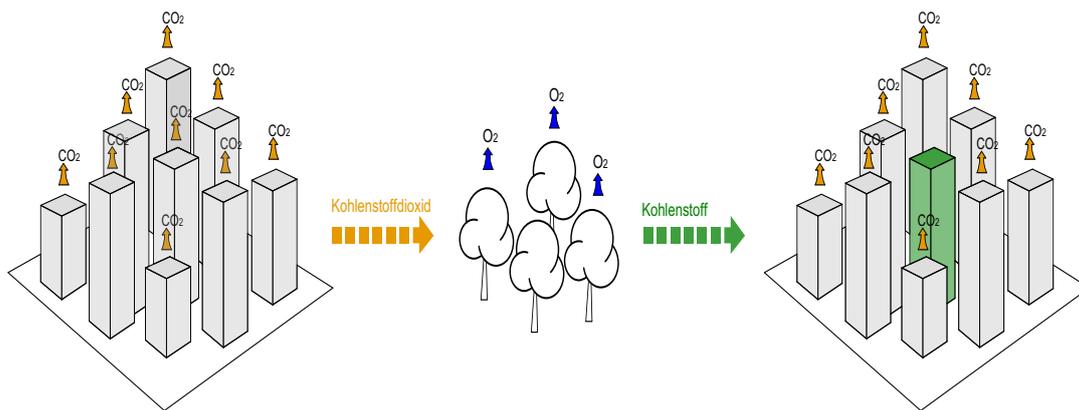
Die benachbarten Gebäude im Südosten und Nordwesten sind höher als 100 Meter, sodass die Blickwinkel in diesen Richtungen beschränkt sind.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Sichtachse Südwest-Nordost in Richtung Stadtzentrum eine direkte visuelle Verbindung mit dem bedeutendsten Wahrzeichen der Stadt anbietet.



**Abb.58** Höhenverhältnisse der benachbarten Bauten in der fluvialen Stadtlanschaft in Kaisermühlen

## 11.2. Konzept



**Abb.59** Grundprinzip eines ökologischen Bauens im dicht bebauten Städten

Es ist schon seit Jahrzenten gewusst, dass die aus herkömmlichen Baustoffen gebauten Gebäude enorme Mengen vom Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre freisetzen. Der Grundprinzip das CO<sub>2</sub> zu speichern, um die negativen Auswirkungen auf das empfindliche Klima zu reduzieren, ist auf dem Bild (Abb.59) gezeigt. Inspiration für "Urban Tree" ist davon ausgegangen, dass die gebaute Struktur einer Hochhausgruppe als ein Wald betrachtet wird. Demgemäß kann ein Gebäude, das die Luftqualität verbessert, als ein Baum im urbanen Wald interpretiert werden.

Das ganze Prozess funktioniert so, dass das freigesetzte CO<sub>2</sub> durch die Photosynthese in Bäumen "filtriert" wird. Wenn die Bäume als Baustoff verwendet werden, bleibt der Kohlenstoff im Holz gefangen, wobei sich der Wald regeneriert und kann als nachwachsender Baustoff für weitere Bauten verwendet werden.

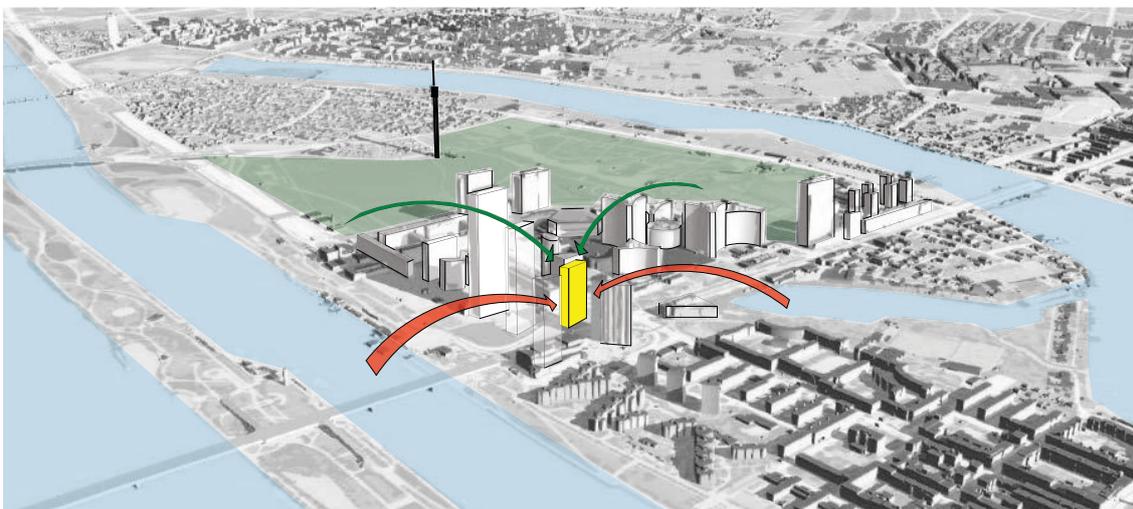
So werden mit der Regeneration der Wälder immer mehr ökologische Bauten errichtet und Bedarf an Baustoffe wie Stahl und Beton sehr stark reduziert.

Da sie sich in der unmittelbaren Umgebung befinden, sind Wasser und Baum als Motiv für die Gestaltung des Baukörpers verwendet.

Nach der Logik vom Wasser als durchlässiger und fließender Bestandteil haben sich die öffentlichen und nach außen orientierten Teile des Gebäudes entwickelt. Weil der Baum ein fester und robuster Körper ist, wurden die privaten bzw. nicht exponierten Teile als eine schlichte einfach lesbare Form gestaltet.

**HOLZ = introvert = PRIVAT**

**WASSER = extrovert = ÖFFENTLICH**



**Abb.60** Grün- und Wasserflächen leisten die Nahrungsmittel für Urban Tree

Auf dem Bild (Abb.61) ist der Entwicklungsprozess des Baukörpers unter Berücksichtigung der räumlichen Begrenzungen gezeigt.

Die Grundform besteht aus drei Bestandteilen:

- dem vertikalen Festkörper
- den horizontalen durchlässigen Körpern
- der Verbindungsbrücke zu der Donau-platte

Im ersten Schritt sind die Massenverhältnisse zwischen Bestandteilen überprüft. Form des Tropfes stellt einen leichten schalenförmigen Übergang von dem Horizont auf die Vertikale.

Im zweiten Schritt werden dem vertikalen

Körper zwei durchlässigen Flachkörper hinzugefügt. Weil in diesen Positionen zusätzliche Qualitäten angeboten werden, werden sie öffentlich genutzt.

Im nächsten Schritt wird der introvertierte Festkörper auf drei Teilen zerlegt. Dabei ist es dargestellt, dass die feste Struktur flexibel für verschiedene Räumlichkeiten genutzt werden kann.

Um alle verschiedenen Nutzungen im Hochhaus zu verbinden, wird ein Erschließungskern im festen Körper eingefräst. Von unten wird ein großes Bauvolumen angeschlossen, der zur Versorgung des Gebäudes und zu der technischen Gebäudeausrüstung dient.

Im letzten Bild ist das Volumenverhältnis aller zusammengeführten Grundkörper dargestellt.

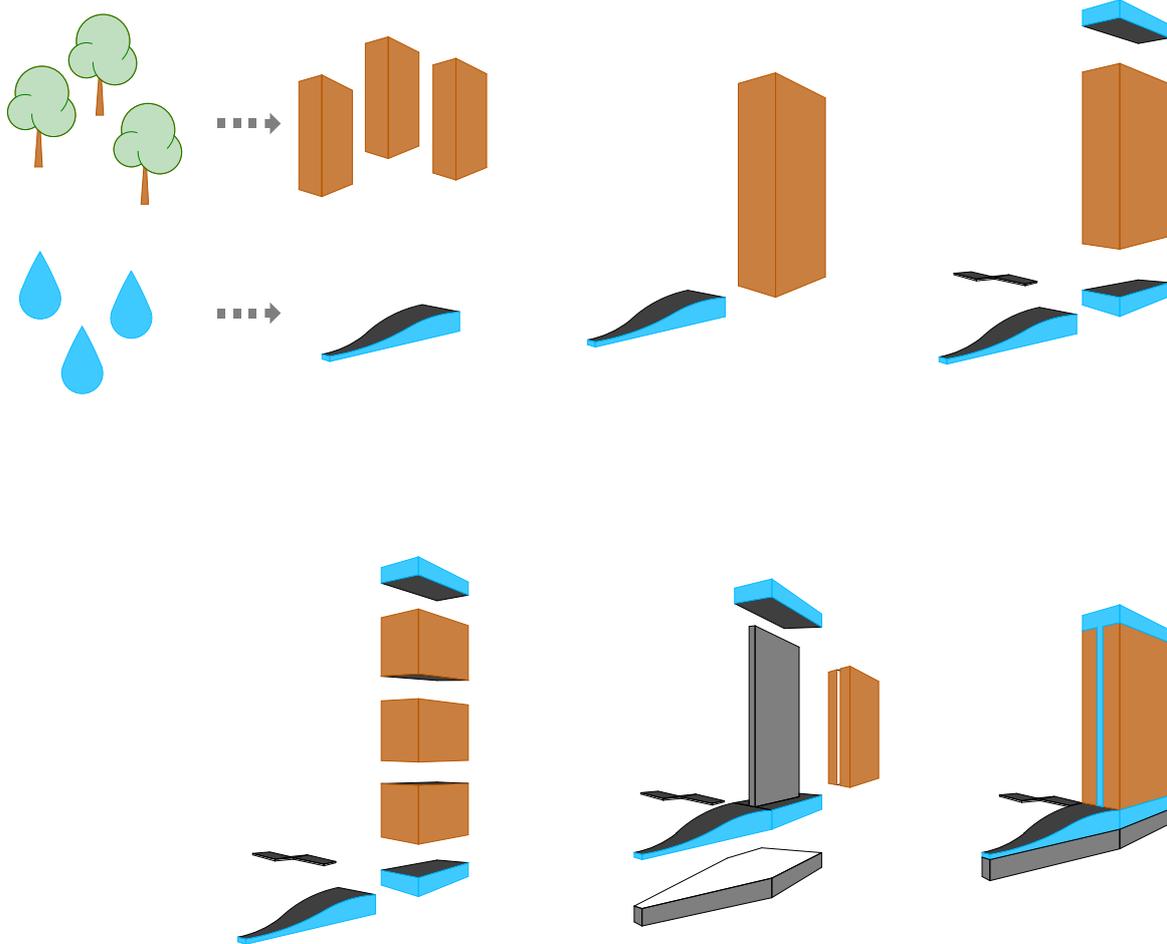


Abb.61 Entwicklungsprozess des Baukörpers

Aus der räumlichen Anordnungen und Begrenzungen hat sich eine spezifische Situation ergeben.

Weil die U-Bahn-Trasse direkte Anbindung an Donauplatte durchschneidet, muss eine Brücke über der U-Bahn ausgebildet werden, um einen direkten Anschluss für Fußgänger an Donauplatte zu gewährleisten. So entsteht am Endpunkt dieser Erweiterung der Donauplatte ein kleines Plateau, das als ein räumlicher Nullpunkt definiert worden ist. Dieser Nullpunkt bedeutet Empfangspunkt der nach Donaupark führenden Promenade und der Projekt nullpunkt, von dem alle Höhen des Gebäudes Bezug nehmen, obwohl er ca. 9.40 m über dem tatsächlichen Geländeniveau liegt.

Weil sich das Grundstück am Verkehrsknoten befindet, ist es von allen Seiten mit hochfrequenten Straßen umgrenzt. Dementsprechend erfolgt die Hauptströmung der Fußgänger über die

Verbindungsbrücke nach Donauplatte und weiter nach Donauufer, Donaupark oder U-Bahn Station.

Neben der geplanten Verbindungsbrücke ist eine bestehende Verbindungsbrücke schon vorhanden, die sowohl als Fahrradkorridor als auch als Fußgängerweg dient, und verbindet die Donauplatte über die Reichsbrücke mit der Erholungsgebiet auf der Donauinsel und führt direkt weiter nach Stadtzentrum.

Dieser Fahrradkorridor wird anhand einer Rampe unter der U-Bahnlinie erweitert und mit dem Geländeniveau verbunden, und über eine neue Überquerung der Fahrbahn nach bestehendes Radwegnetz weitergeführt.

Die zwei "Erdgeschoss-Ebenen" sind nicht nur durch diese Rampe und Verbindungsbrücke verbunden. Sie sind auch direkt durch einen dreigeschossigen öffentlichen Innenraum vereinigt.

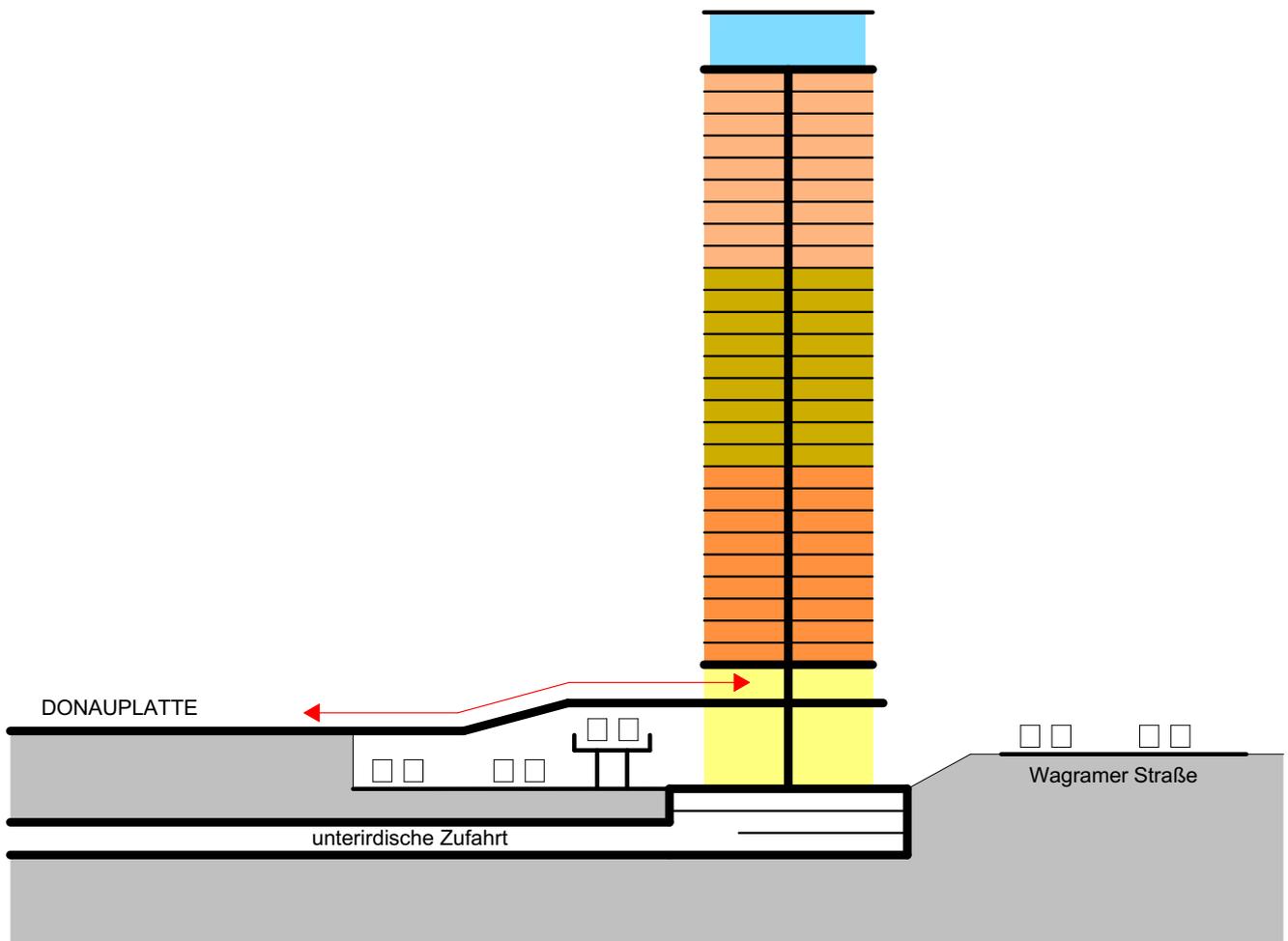


Abb.62 Konzept Querschnitt durch Donauplatte

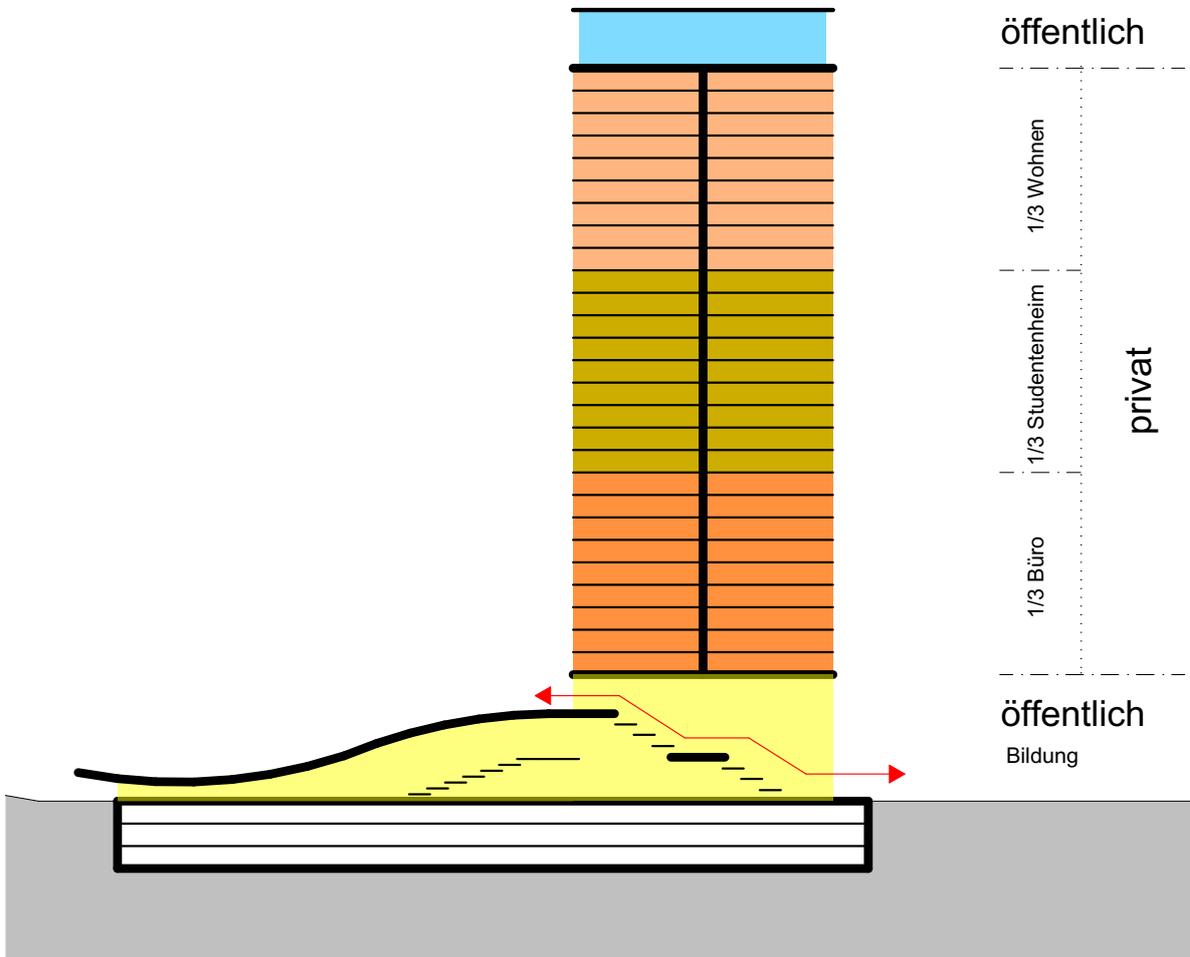
Wenn man auf der Ebene Null steht, wo sich die Schale und vertikaler Baukörper treffen, sieht man in Richtung Haupt-sichtachse die wichtigsten Wahrzeichen der Stadt sowie die Donauinsel, die mit ihrer großen bepflanzten Fläche eine Art urbane Oase bildet.

Begrünte Schale interpretiert das Gelände in der fluvialen Stadtlandschaft rund um das Donauufer, und steigt leicht von dem tatsächlichen Geländeniveau bis nach Nullebene.

Der oberste Teil des Urban Tree reflektiert die Transparenz des Wassers in dem Sinne, dass es extravertiert mit der Umgebung kommuniziert, und bietet 360° Ausblick an. Die oberste Ebene ist mit der Nullebene mit einem durchsichtigen vertikalen Anschluss verbunden, sodass die Fahrt vom Start nach Ziel nicht bloß eine Beförderung, sondern ein Erlebnis der Vertikalität durch Bewegung darstellt.

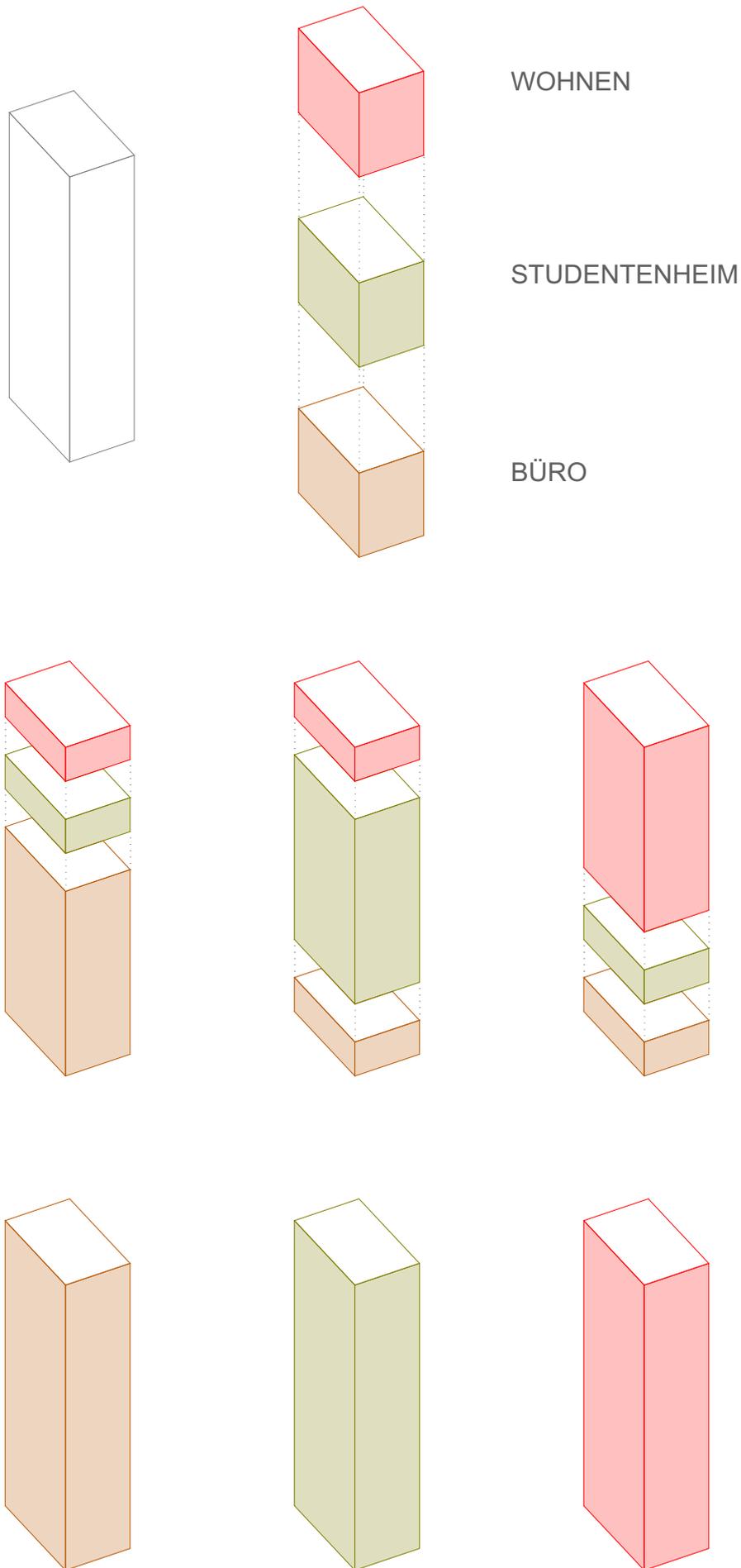
Weil das gesamte KFZ-Verkehr unter der Donauplatte konzipiert ist, ist das Gebäude auf seiner tiefsten Ebene unterirdisch mit DC-Tower 1 und DC-Tower 2 verbunden.

Der feste introvertierte Baukörper ist als ein flexibler mischgenutzter privater Bereich vorgesehen, in dem drei verschiedene Nutzungen übereinander angeordnet sind. Alle Geschosse in diesem Bereich sind so konzipiert, dass eine Änderung der Nutzung leicht möglich ist. Demgemäß geht die Grundkonstellation davon aus, dass die drei Funktionen gleichmäßig in Dritteln verteilt sind. Die flexible Grundkonstellation lässt sich je nach Bedarf beliebig ändern, indem das Volumen jeweiliger Nutzungen um die entweder darunterliegenden oder darüberliegenden Geschosse erweitert werden kann. Mögliche Konstellationen sind auf dem Bild (Abb.64) dargestellt.



**Abb.63** Konzept Längsschnitt durch die Schale

# 12. ENTWURFSPHASE



## 12.1. Raumprogramm

Die vertikale Logik des Hochhauses stellt eine Herausforderung dar, weil Urban Tree als flexibles Gebäude mit Mischnutzungen vorgesehen ist.

Eine Mischnutzung bedeutet mehrere unterschiedliche übereinander angeordnete Funktionen, die je nach Bedarf erweitert bzw. umgenutzt werden können.

Weil sich die Nullebene über dem Geländeneiveau befindet, gibt es im Projekt fünf Untergeschosse, wobei drei untersten Geschosse sich unter der Erde befinden. Restliche zwei Untergeschosse sind zwischen dem tatsächlichen Geländeneiveau und Nullebene angeordnet.

Grundsätzlich sind die unterirdischen Geschosse für Anlieferung, Stellflächen und Technik vorgesehen.

### **Ebene -5:**

Ein Tunnel verbindet die unterste Ebene bzw. Geschoss -5 mit dem unterirdischen Teil der Donauplatte. Der Tunnel ist ausschließlich dem KFZ-Verkehr zugeeignet, und dient als Zufahrt für die PKWs, Anlieferung, Müllentsorgung, Wartung der Haustechnik.

Unmittelbar neben der Einfahrt in das Gebäude befindet sich der Müllraum sowie die Zufahrt für Müllfahrzeug, die zweigeschossige Raumhöhe hat. Die Fläche zwischen Müllraum und Sprinklerzentrale ist für die Anlieferung und Lagerabteile reserviert. Die Lagerabteile sind zusätzliche Einlagerungsräume der öffentlichen Nutzungen.

In allen unterirdischen Geschossen sind Stellplätze nach wirtschaftlichster Anordnung platziert.

### **Ebene -4:**

Das Untergeschoss -4 ist Raum für die Stellplätze sowie Kellerabteile des privaten Wohnens. Luftraum ist wegen der notwendigen Raumhöhe für Müllfahrzeug erforderlich.

### **Ebene -3:**

Das Untergeschoss -3 wird vollständig für Stellplätze ausgenutzt.

### **Ebene -2:**

Im ersten oberirdischen Geschoss bzw. Untergeschoss -2 befinden sich die öffentlichen Nutzungen, Eingänge zu privaten Bereichen sowie Haustechnik. Der mit U-Bahn Trasse überdachte Raum ist für die Fahrradstellplätze ausgenutzt.

Der untere Eingang zu der dreigeschossigen Bibliothek führt von dem Plateau stufenweise nach oben zum Nullpunkt.

Eingänge zu Wohnungen und Studentenheim sind als zwei separate Eingangsfoyer vorgesehen, die nicht nur als Korridore dienen sondern auch als Vorräume für die kürzeren Aufenthalte und Erholungen der Raumbenutzer.

Die Haustechnik, deren Position in diesem Geschoss wirtschaftlicher als in Untergeschossen ist, ist auf der weniger attraktiven Seite zur U-Bahn orientiert, sowie zwei Hauptfluchtwege von Fluchttiegen hinaus.

Im spitzförmigen Teil des Gebäudes, der mit der begrünten Schale überdacht ist, befindet sich ein Auditorium mit ca. 350 Sitzplätzen und ein multifunktionaler Mehrzweckraum für Ausstellungen und Veranstaltungen.

Unmittelbar bei dem Eingangsfoyer ist ein Raum für die Veranstaltungstechnik und Garderobe sowie ein kleiner Aufenthaltsbereich für die Vortragenden.

Der Wasserspeicher am Spitz dient zu der Anspeisung des Wassers vom begrünten Dach, das später für die Bewässerung desselben Dachs je nach Bedarf verwendet wird.

### **Ebene -1:**

Da das Auditorium zweigeschossig ist, wird der oberste Teil im Geschoss -1, der mit der Bar verbunden ist, als eine Zone für kleinere Feierlichkeiten mit Catering genutzt. Das Auditorium kann sowohl im Zusammenhang mit der Bibliothek funktionieren als auch unabhängig, und hat die Verwaltungszone mit zwei Büroräumen und einem Besprechungssaal.

Das Auditorium hat zwei Eingänge, und zwar befindet sich einer davon auf dem tatsächlichen Geländeneiveau im Geschoss -2 und zweiter ober auf der Ebene Null bzw. im Nullpunkt der Donauplattenpromenade.

Im ersten Untergeschoss befindet sich

die mittlere Ebene der dreigeschossigen Bibliothek mit Lesesälen und einem zentralen offenen Raum, wo rund um die beiden Stiegen und in der Fassadenebene Lesetische angeordnet sind. Die Deckenöffnungen sind um die Stiegen eigenermaßen verbreitert, sodass sie eine Art Galerie darstellen.

Der längliche Gebäudekern trennt die Bibliothek von der zweiten Hälfte dieses Bereiches, sodass sich auf der anderen Seite vom Hauskern eine Bar mit kleiner Küche zum Aufwärmen des Essens für Cathering befindet, sowie ein Fitnessraum, der eigentlich das untere Geschoss vom zweigeschossigen Fitnessbereich ist.

#### **Ebene Null:**

Auf dieser Ebene trifft sich die begrünte Schale mit der Nullebene, die das Gebäude mit der Donauplatte verbindet. Genau dort sind die Haupteingänge zu Gebäude angeordnet. Auf einer Seite entstehen zwei gläserne Würfel, die den transparenten Eingang zu der Bibliothek betonen. Wenn man durch die Würfel hineinkommt, befindet sich man auf der obersten Ebene der dreigeschossigen Bibliothek, die in diesem Geschoss auch mit Räumlichkeiten zum Lesen und Lernen ausgestattet ist.

Die anderen zwei Glaswürfel, die die Fassadenebene durchdringen, dienen als gemeinsame Eingänge zu Auditorium, Büros, Restaurant und Fitnessraum.

Zugang zum darunterliegenden Auditorium erfolgt über die Foyertreppe durch die Bar im ersten Untergeschoss.

Da der Fitnessraum unmittelbar an Foyer angedockt ist, befindet sich der Zugang zum Fitnessbereich gegenüber dem Haupteingang.

Zugänge zu Bürogeschossen und zum Restaurant, das sich im obersten Geschoss befindet, werden nach Lobby weitergeführt, wo sich der Erschließungskern befindet. Grundsätzlich werden die zwei Aufzüge in der Fassadenebene primär von der Restaurantgäste benutzt, wobei die Erschließungen zu Bürogeschossen bei Verkehrsüberlastungen mit öffentlich genutzten Aufzügen zum Restaurant kombiniert werden können, weil die Büros gegenüber Wohnen nicht zu Daueraufenthalt dienen und werden halböffentlich

genutzt.

Im Eingangsfoyer ist zusätzlich eine Rezeption mit Infopult vorgesehen.

#### **Mischgenutzte und flexible Regelgeschosse vom 1.OG bis 26.OG**

Wie es im letzten Kapitel erklärt worden ist, werden die Regelgeschosse in drei verschiedenen Nutzungsbereichen verteilt. Diese Diplomarbeit wird nach Grundkonstellation bearbeitet, in der die drei Nutzungsbereiche in drei ähnlich großen Dritteln verteilt werden.

#### **1. Obergeschoss- 10. Obergeschoss:**

Zehn Regelgeschosse vom 1.OG bis 10.OG sind als flexible Bürogeschosse vorgesehen.

Nach wirtschaftlichsten zwei Varianten kann die Gesamtmfläche eines Regelgeschosses als ein Büro genutzt, oder kann die Fläche in zwei Büroeinheiten so verteilt, dass sich dazwischen der Gebäudekern befindet.

Die Büros sind durch ein Foyer direkt mit der Aufzugslobby verbunden.

Das Foyer unterscheidet sich von den massiven Stahlbeton- Kernwänden mit Glaswänden auf beiden Seiten, und bildet somit Erscheinungsbild eines Durchganges durch den Kern.

Im Kern sind neben den Fluchtstiegen und Aufzügen die Sanitäreinheiten vorgesehen, die von beiden Kernseiten zugänglich sein sollen. Wenn in einem Geschoss Bedarf an zwei Büros besteht, wird noch eine separate Sanitäreinheit in der Kernflucht hinzugefügt, damit zwei Büros über unabhängige Sanitärräume verfügen.

Zwischenwände sind Glaswände mit einer dünnen und filigranen Umrandung aus Holz, um keine Sichtbarrieren zwischen Büroeinheiten zu bilden. Diese Glaswände sind nicht in der Bodenaufbau eingegräst, sodass sie jederzeit mit einfachsten Maßnahmen verschoben werden können, um die maximale Raumflexibilität zu gewährleisten. Die Monotonie der glasflächen ist mit Vollholzwänden in asymmetrischen Abständen vermieden.

**11. Obergeschoss- 18. Obergeschoss:** Weil sich dieser Bereich zwischen zwei unterschiedlichen Nutzungen befinden, stellt er eine Übergangszone von Arbeiten zum Wohnen dar.

Demgemäß sind Regelgeschosse von 11.OG-18.OG als Studentenheim vorgesehen, da es sich hier nicht um dauerhaftes Wohnen geht wie in oberen Geschossen.

Geschossstruktur besteht aus Erschließungskern in der Mitte, der neben Erschließung zu technischen Zwecken und Gemeinschaftsräumen wie z.B. Waschküche, Gemeinschaftsküche, Aufenthaltsraum und Putzraum dienen.

Auf beiden Seiten der länglichen Kern verlaufen zwei parallel angeordnete Korridore, die die horizontalen Erschließung bilden. Ein gut konzipierter Stützenraster ermöglicht sehr flexible Raumordnung nach der Logik von Raumzellen. Die Raumzellen werden im Tragwerkskonzept tiefer erklärt.

Einzelzimmer Apartment stellt das Standardmodul dar, das durch Multiplikation einen hohen Vorfertigungsgrad ermöglicht.

So können die einzelnen Wohneinheiten gebunden werden, um aus Einzelzimmer Apartment Zwei- oder Dreizimmer Apartment zu bauen.

**18. Obergeschoss- 26. Obergeschoss:** Weil die oberen Geschosse erhöhte Qualitäten, wie zum Beispiel weniger Lärm und bessere Aussicht nach Umgebung, anbieten, sind die Regelgeschosse vom 18. OG bis 26. OG für dauerhaftes Wohnen vorgesehen.

Kernstruktur sieht ähnlich wie bei dem Studentenheim, wobei jedes Geschoss mit einem Kinderwagen Abstellraum ausgestattet ist. Weil die Kinderspielplätze in der unmittelbaren Umgebung nicht vorhanden sind, und das auf allen Seiten mit gefährlichen Straßen umrandete Grundstück kein Potenzial für Kinderspielflächen hat, ist es verpflichtend die Kinderspielräume im Gebäude integrieren lassen. Diese werden in jedem zweiten "Wohngeschoss" in einem bis zu der Fassadenebene verlängerten Kernbereich ausgebildet.

Nach ähnlicher Logik von dem Studentenheim werden die Wohneinheiten in Wohngeschossen als Raumzellen betrachtet werden, wobei hier nicht mehr

eine Wohneinheit eine Zelle ist, sondern ein Raum innerhalb der Wohneinheit ein Raummodul bildet. Durch zusammenführen mehrerer Raummodule entstehen die Wohneinheiten.

Weil die Raummodule unendlich und beliebig kombiniert werden können, werden die Kombinationen in Zwei-, Drei- und Vierzimmerwohnungen angewandt.

**27. Obergeschoss und 28. Obergeschoss:**

27. Obergeschoss ist das oberste Geschoss im Gebäude und 28. Obergeschoss ist das Galeriegeschoss, das zusammen mit 27.OG einen gemeinsamen öffentlichen Raum ausmacht.

Da dieser Raum einen großzügigen räumlichen Wert hat, wird es als Restaurant benutzt, wo die Besucher neben Gastronomie die wichtigsten Wahrzeichen der Stadt betrachten können.

Unmittelbar bei den Aufzügen befindet sich die Empfangszone, wo sich die Gäste informieren können sowie die Garderobe abgeben. Auf der anderen Seite befindet sich ein großer Speisesaal mit doppelter Geschosshöhe und verglaste Fassade.

Am Ende der Speisesaal beginnt die Barzone, die sich über die Galerie erstreckt. Die Bar ist mit Galerie mittels einer zusätzlichen Stiege direkt verbunden.

Im Galeriegeschoss sind sowohl Sitzgelegenheiten für die Bar als auch ein mit Glaswänden getrennter Raucherbereich. Unter der Galeriegeschoss im 27. OG befinden sich Garderoben für Personal sowie die Küche als auch die Sanitäreinrichtungen.

**29. Obergeschoss- Dach**

Aus der Dachebene kommt nur der massive Kern heraus, in dem sich die Aufzugsüberfahrten und die Räume für die technische Gebäudeausrüstung befinden. Rund um den Kern ist die Dachoberfläche begrünt, auf der die Klimaanlage und Photovoltaik Paneele zur ökologischen Energieerzeugung stehen.

Entlang der Dachrand verläuft die Befahranlage, die für die Wartungsarbeiten an der Fassade verwendet wird.

**29. Obergeschoss- Dachdraufsicht**

## 12.2. Tragwerkskonzept und Montage

Die tragende Konstruktion des Urban Tree- Gebäudes bilden die folgenden wesentlichen Tragwerkseinheiten:

1. massive Konstruktion in unterirdischen Geschossen
2. massiver Kern
3. Dachschale über dem Auditorium
4. Verbindungsbrücke zu der Donauplatte
5. leichte U-förmige Konstruktion, die von drei Seiten an dem Kern ange-dockt ist.

### 1.

Die Tragkonstruktion der drei unterirdischen Geschosse besteht aus Stahlbeton. Zuerst wird die Bohrpfahlwand rund um Tiefgarage formiert, die zu der Baugrubensicherung dient. Im zweiten Schritt wird die massive Bodenplatte ausbetoniert, die nur in wenigen Punkten mit größten Belastungen mittels Bohrpfähle tief fundiert werden soll.

Danach werden die Ortbeton- Außenwände parallel zur Bohrpfahlwand auf der Bodenplatte errichtet. Die Außenwände sind von der Bohrpfahlwand mit XPS-Dämmplatten und mehrlagiger Feuchtigkeitsabdichtung getrennt. Die Feuchtigkeitsabdichtung ist in diesem Fall notwendig, weil sich die untersten zwei Ebenen sowohl unter Grundwasserniveau (im Wiener Null) als auch unter Hochwasserniveau (+ 3.50m über Wiener Null) befinden. Weil die Tiefgarage etwa 110 m lang ist, ist sie in der Mitte verteilt, wo die Dehnfuge in Querrichtung unabhängige Dehnwirkungen von beiden Bauteilen leistet. Im spitzförmigen Teil werden die STB-Stützen und Wände sowie die Rampe während des Tunnelaushubs im zweiten Bauteil gebaut. Sobald der Tunnelaushub bis zum Anschluss an Tiefgarage des "DC-Tower 2" fertig ist, werden die restlichen Konstruktionselemente im zweiten Bauteil betoniert.

### 2.

Weil der Erschließungskern längliche Form hat, ist eine erhöhte Anzahl von massiven Stahlbetonscheiben zur ausreichenden Aussteifung in Querrichtung vorgesehen. Im Kern befinden sich neben der Aufzugs- und Haustechnikschächte zwei gekreuzte Fluchttreppen, die nach Branschütz- und

Sicherheitsanforderungen mit einer dünnen Wand getrennt sind.

Von dem ersten oberirdischen Geschoss bzw. vom Geschoss auf der Ebene -2 ist die Verwendung von Stahlbeton nur auf die wesentlichen Bauteile reduziert, so dass hier nur Gebäudekern und zu einem sicheren Ort führende Fluchttreppe im Bereich des Auditoriums aus Beton gebaut werden.

### 3.

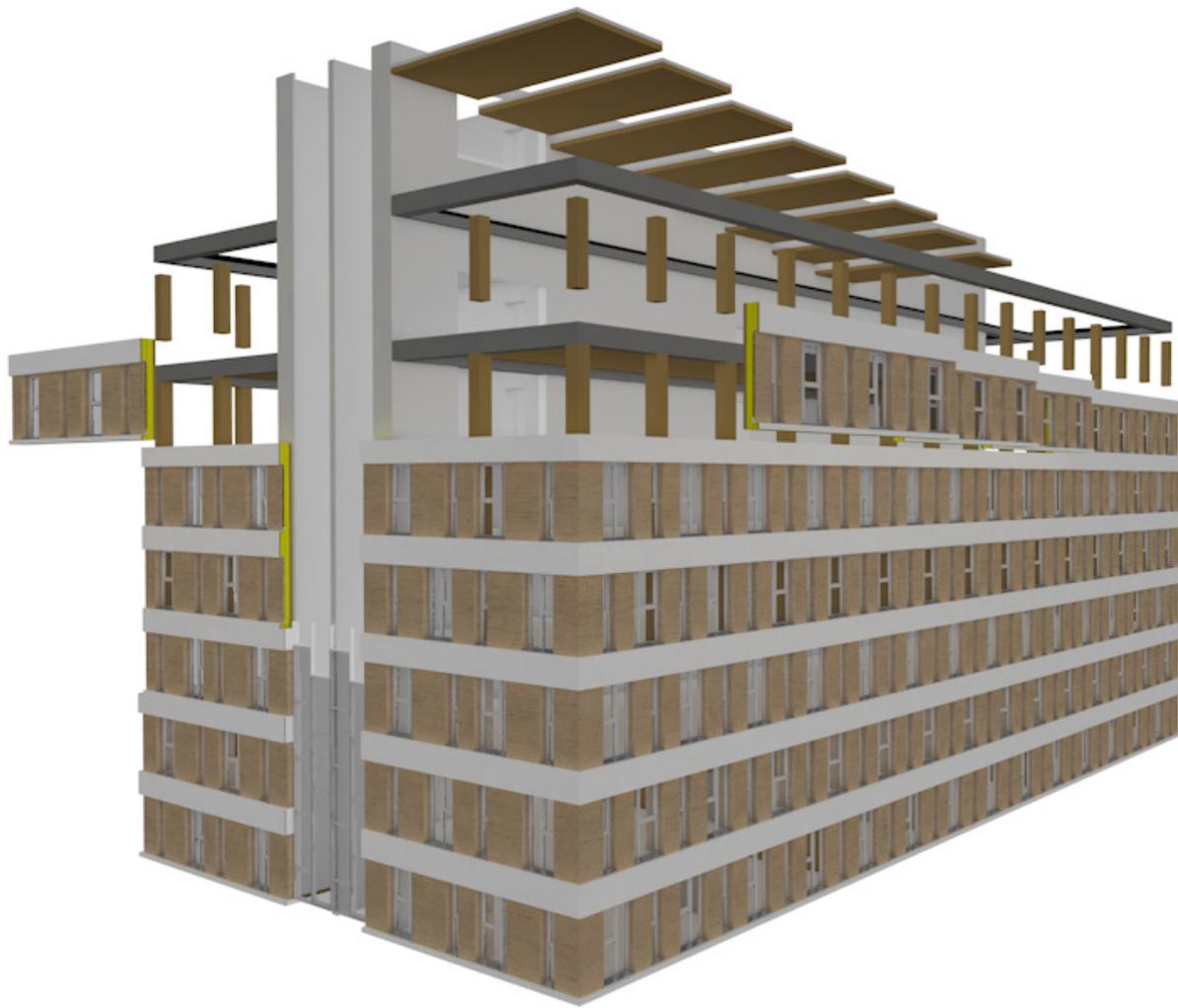
Die Tragkonstruktion im Auditorium ist als Skelett-Hybridbauweise vorgesehen. Sie besteht aus blockverleimten vorgefertigten Brettschichtholzstützen, auf denen die vorgefertigten Stahlbetonbalken draufgelegt sind. Die Decken im Büro- und Cateringbereich sind Holz- Beton- Verbunddecken, und deren Bauweise wird im nächsten Abschnitt tiefer erklärt.

Weil es sich im Auditorium um eine Spannweite von ca. 24,00 m handelt, ist die Tragkonstruktion der Schale mit vorgefertigten Fischbauchträgern aus Holz gelöst.

Nachdem die Fischbauchträger in der Werkstatt vorgefertigt und auf der Baustelle in einer Radialanordnung montiert werden, werden sie miteinander mit vorgefertigten BSH-Stäben verbunden und mit dünnen Stahldiagonalen vorgespannt. Auf dem räumlichen Fachwerk aus Fischbauchträgern liegt die Dachschale aus vorgefertigten Brettsperrholzplatten, die nachträglich mit einer dünnen Betonschicht aufbetoniert wird, um die ausreichende Schubfestigkeit zu gewährleisten sowie die Deckenmasse gegen Windbelastungen zu erhöhen.

Außenwände vom Wasserspeicher am Spitz bestehen wegen der erhöhten Feuchtigkeit und Gewicht aus Stahlbeton, die von der Innenseite gedämmt und mit mehreren Abdichtungsschichten gegen Feuchte geschützt sind.

Die Außenwände vom Auditorium sind einerseits mit Pfosten Riegel Fassade verglast, und auf der anderen Seite zur U-Bahn sind die vorgefertigten Fassadenpaneel aus Holz montiert.



**Abb.65** Tragwerkskonzept und Montageablauf

- 4.** Die neue Verbindungsbrücke bilden grundsätzlich zwei Stahlbetonplatten über der U-Bahn Trasse und über der A-22 Rampe, die mit einer Stiege verbunden sind. Die untere Platte ist an der Donauplatte angedockt. Auf der anderen Seite ist die obere Platte mit der Nullebene des Urban Tree-Gebäudes bündig angeschlossen.  
Im Knickpunkt der oberen Platte ist ein Aufzug für Rollstuhlfahrer vorgesehen, weil der barrierefreie Zugang von der Donauplatte nach Nullebene über die bestehende Verbindungsbrücke erfolgt.
- 5.** Die tragende Konstruktion des Hochhauses besteht aus dem länglichen Erschließungskern und einer angedockten Skelettkonstruktion in Hybridbauweise. Der vertikale Baukörper sieht als ein eingefräster Aussteifungskern im betrachteten Gebäudevolumen.

Der Kern ist durch die gesamte Gebäudehöhe zentrisch angeordnet, wobei sich von der Ebene Null bis zum letzten Geschoss ein zusätzlicher Aufzugskern für 2 Aufzüge in der Fassadenebene erstreckt. Entlang der Fassade sind die vorgefertigten blockverleimten Brettschichtholzstützen in regelmäßigen Abständen von 3,50m angeordnet. An diesen Stützen, die statisch gesehen als Pendelstützen wirken, werden die vorgefertigten Stahlbeton- Unterzüge aufgelagert. Diese Unterzüge verfolgen die Fassadenkante rund um die Gebäude Aussenkante und wirken als Randträger. Neben seiner tragenden Wirkung, verhindert der Randträger den Brandüberschlag zu dem oberen Geschoss. Der Randträger besteht aus mehreren auf der Baustelle verbundenen STB- Balken die mindestens zwei Stützenraster überbrücken müssen, sodass die jeweiligen Balken im potenziellen Stützenentfall ihre tragende Funktion behalten.

Der Randträger hat einen L-förmigen Querschnitt, auf dem die Geschossdecke aufruhrt. Die Decke mit 8,10 m Spannweite wird auf der anderen Seite an der Kernwandkonsole aufgelagert. Die Geschossdecke wird aus vorgefertigten Holz-Beton-Verbundelementen gebaut. Diese HBV-Deckenelemente sind aus der fünfplagiger 18,00cm starken Brettsperrholzplatte mit 12,00 cm Aufbeton in der Werkstatt vorgefertigt, und auf der Baustelle schnell nach Lego-Prinzip montiert. Die Deckenelemente haben eine Länge von 8,10 m und die Breite je nach Transportvoraussetzungen entweder 3,50 m oder 1,75 m.

Um die ausreichende Schubsteifigkeit zu leisten sind an Rändern der HBV-Deckenelemente Aussparungen im Aufbeton vorgesehen, die nach der Montage mit Zementmörtel nachgegossen werden. So wirkt die gesamte Geschossdecke als eine monolythische horizontale Aussteifungsscheibe. Währenddessen, dass in Bürogeschossen Doppelboden vorgesehen ist, ist der Boden in Wohngeschossen mit Trittschalldämmung und Heizestrich aufgebaut.

Die Gebäudehülle besteht aus vollständig vorgefertigten Fassadenpaneelen, die auf der Baustelle von der inneren Seite mit sonstigen Stahlverbindungen an Randträgern befestigt werden, sodass kein Baugerüst an der Fassade nötig wäre.

Tragender Teil eines Fassadenpaneels ist eine 10,0 cm starke BSH-Platte die auf der inneren Seite in Sichtqualität hergestellt werden soll. Auf der äußeren Seite ist eine zweilagige 20,0 cm starke Mineralwolle zwischen kreuzweise befestigten Holzpfosten und -riegel vorhanden. Eine OSB-Platte ist an Pfosten verschraubt, und auf dieser Platte kommen die vertikalen Lattungen in ca. 50,0cm Abständen. Die Vertikallattung haltet die hinterlüftete Fassadenverkleidung aus horizontal angeordneten Holzbrettern, die übereinander 1,0- 2,0 cm Abstand für die schnellere Austrocknung des Holzes halten. Um die vertikale Brandausbreitung über die Fassade zu begrenzen, ragen in der Randträgerenebene deckenübergreifende Außenwandstreifen aus Mineralwolle und Stahlverblechung hinaus.

Trennwände und Zwischenwände sind grundsätzlich nichttragende Wände, und demgemäß bestehen sie aus ausreichender Wärme- und Schalldämmung, die beidseitig mit Gipskartonplatten 2-fach bzw. 3-fach je nach Brandschutzklasse beplankt sind.

Zwischenwände in Bürogeschossen sind leichte Glaswände mit dünnen Holzrahmen. Dort wo sich die Türen zu Büroabteilen befinden sind die Holzwände integriert, um die großen vertikalen Glasflächen zu stabilisieren.

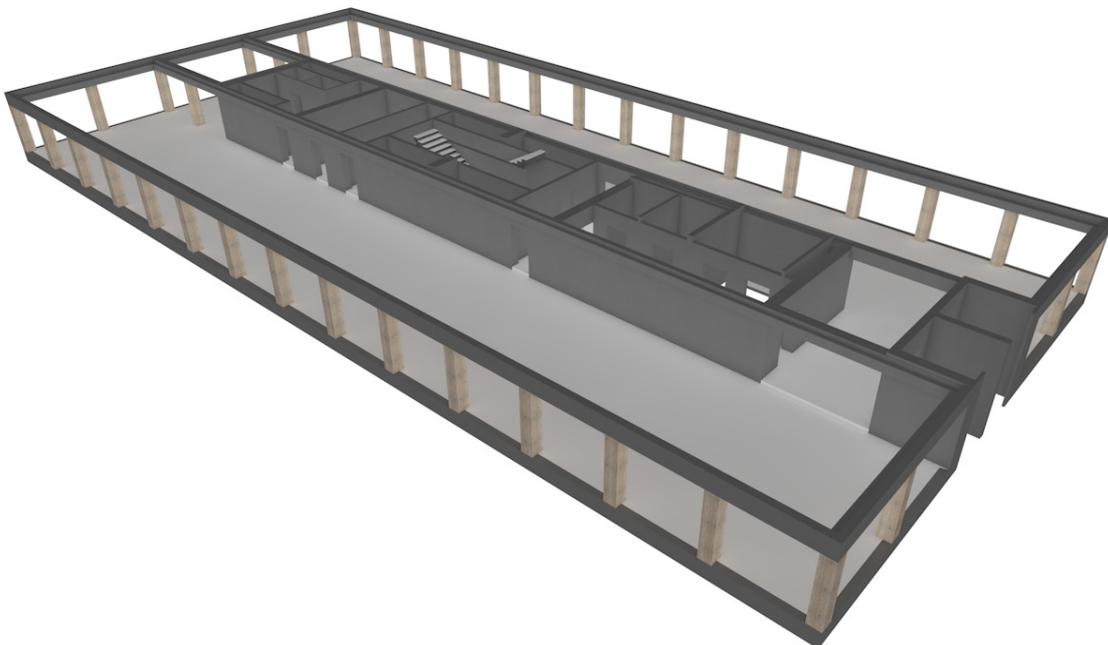
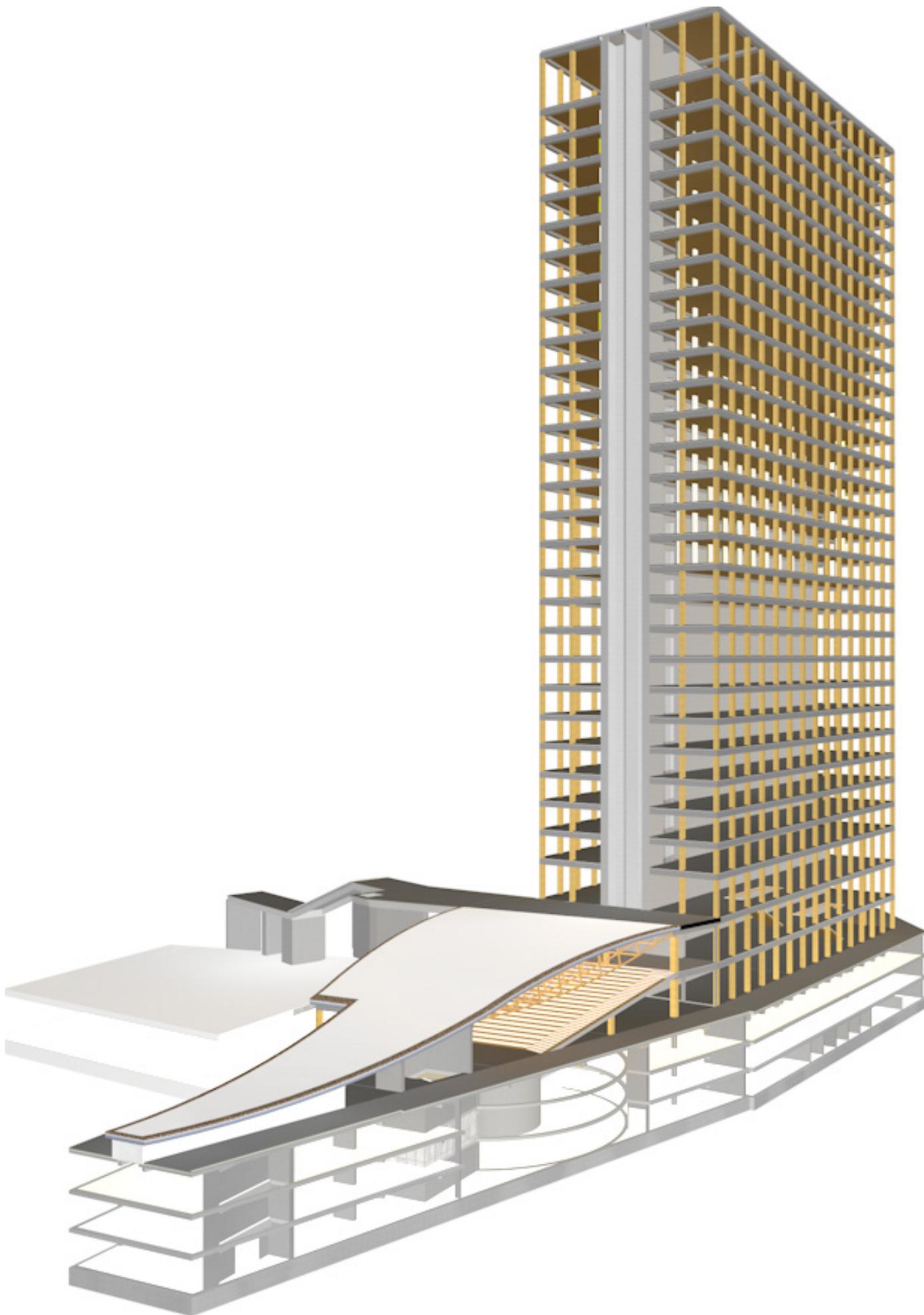
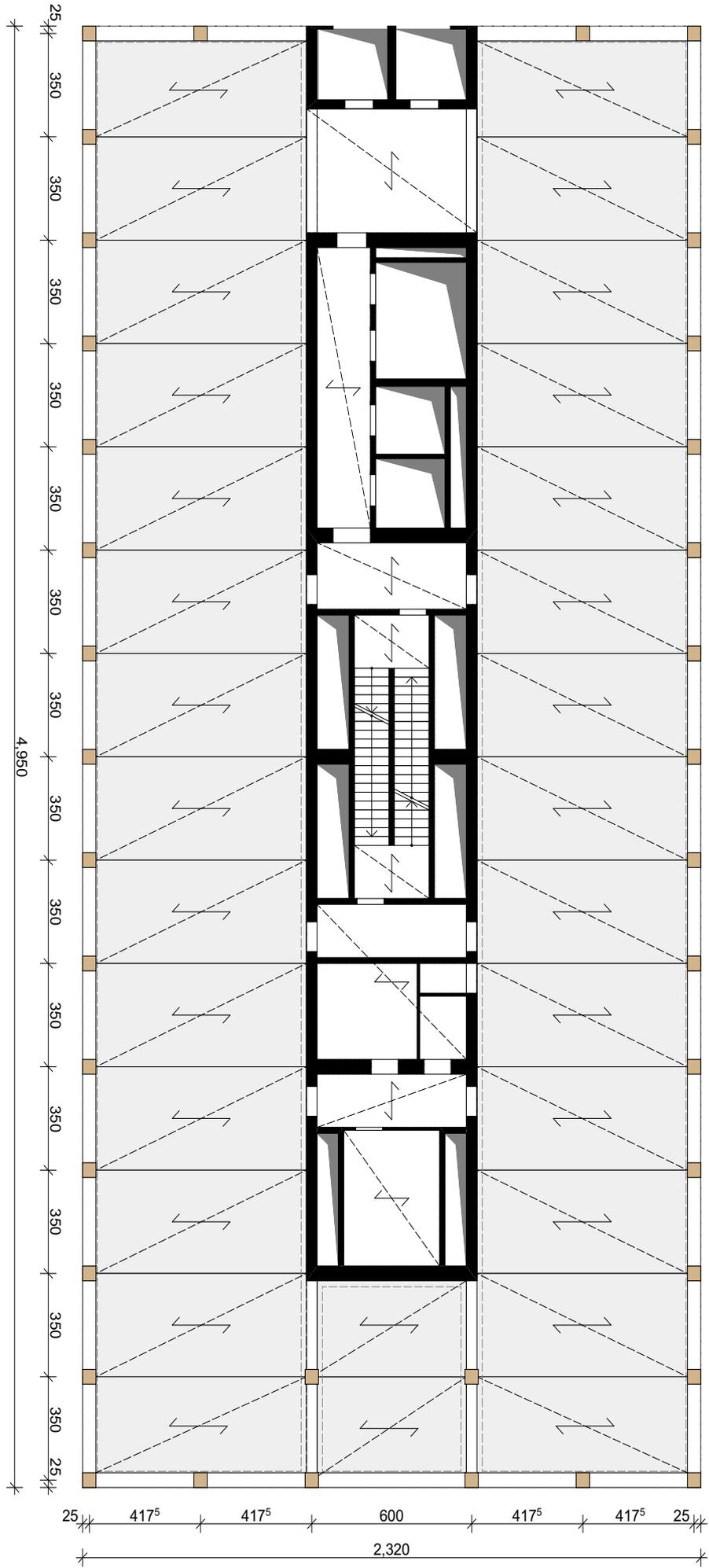


Abb.66 Grundprinzip des Tragwerks im Regelgeschoss



**Abb.67** Tragwerk, 3D-Darstellung





## 12.3. Haustechnikkonzept

### Wasserleitungen:

-Abwasserleitungen aus Kunststoff sind im sonstigen Holzleichtbetonelementen eingebaut. Die Holzleichtbetonelemente befinden sich in den Trennwänden zwischen Wohneinheiten und Erschließungskorridor in Wohngeschossen. Weil in Bürogeschossen solche Trennwände nicht existieren, werden die Abwasserleitungen durch die abgehängte Decke im obersten Bürogeschoss nach Haustechnikschächte im Gebäudekern weitergeführt.

In unterirdischen Geschossen wird das Abfallwasser über Fettabscheider an öffentliches Kanalnetz angeschlossen. Die Tiefgarage wird durch die Verdunstungsrinnen und Pumpensämpfe entwässert.

-Die Dachentwässerung erfolgt durch Regenwasserabflussröhre, die sich im Gebäudekern befinden. Das Regenwasser von der begrünten Dachschale über dem Auditorium wird in Wassereinspeisung gespeichert, und später für die Bewässe-

rung der Dachbegrünung verwendet. Hauptleitungen für Warmwasser und Kaltwasser werden durch die Kernschächte geführt, und sie verzweigen sich durch den Bodenaufbau und je nach Anforderung durch die Trenn- bzw. Zwischenwände in allen Geschossen.

Wegen Brandchutzanforderungen sind zwei separate Sprinkleranlagen mit einer höheren Redundanz vorgesehen. Aus zwei Sprinklerbecken mit jeweils 150m<sup>3</sup> Kapazität, die sich im untersten Geschoss unmittelbar bei den Kernschächten befinden, wird das Wasser für Sprinklernetz besorgt. Zwei Paare der Sprinklerhauptleitungen werden auf beiden Seiten von dem Gebäudekern auf der Decke abgehängt und verzweigt durch die Aufbetonschicht der Holz-Beton-Verbunddecke. (Abb.69)

Diese Leitungen werden schon im Vorfertigungsprozess im Beton verlegt, und sie können während der Deckenmontage auf der Baustelle rasch an Hauptsprinklerleitungen angeschlossen werden. Nach demselben Prinzip werden die Leitungen für Brandmelder im Aufbeton vorgefertigt.

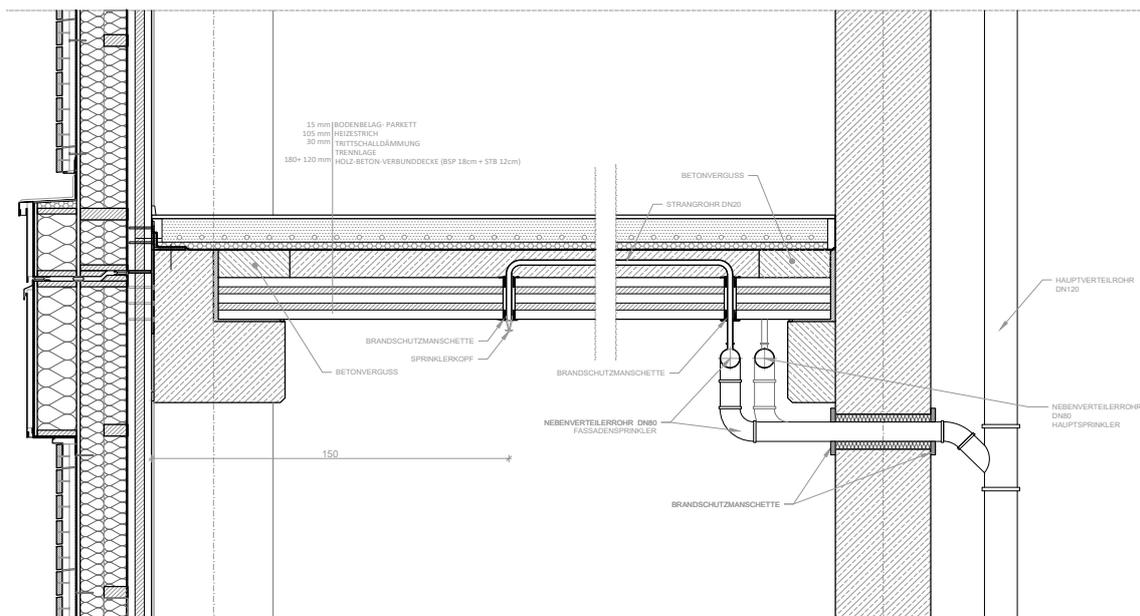
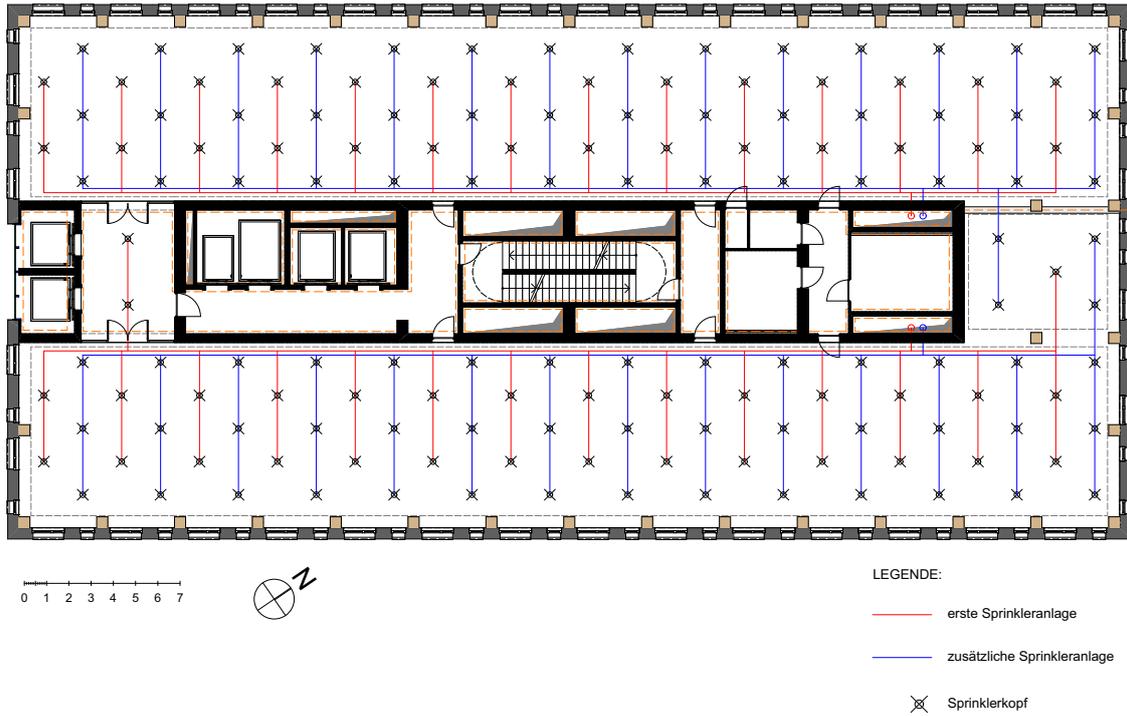


Abb.69 Sprinkleranlage Leitungen in der Deckenebene



**Abb.70** Verteilung der Sprinklerleitungen, Grundriss

### Heizung und Kühlung:

Die Heizzentrale, die an dem Fernwärmenetz angeschlossen ist, befindet sich im zweiten Untergeschoss, wovon die Hauptleitungen durch zwei Kernschächte geführt werden.

Das Beheizen von Wohnbereichen sind mittels Bodenheizung gelöst, weil es hier Räume gibt, die nicht für Heizung mittels Unterflurkonvektoren zweckmäßig sind. Die öffentlichen sowie Büroräume, wo der Doppelboden vorgesehen ist und wo eine gleichmäßige Luftzirkulation durch größere Räume möglich wäre, werden durch Unterflurkonvektoren beheizt und gekühlt. Weil die Leitungen im Boden verlegt sind, ist die höchste Flexibilität für Raumgestaltung und Möblierung ermöglicht.

### Elektroleitungen:

Die Elektroleitungen werden je nach Geschoss durch den Estrich oder Doppelboden geführt.

Wenn die Leitungen im Estrich verlegt werden, wird entlang dem Erschließungskorridor ein estrichbündiger Unterflurkanal verlegt, um die Wartungsarbeiten zu erleichtern.

Aus dem Unterflurkanal verzweigen sich die Elektroleitungen zu jeweiligen Wohn- und Mieteinheiten durch die Estrichschicht im Boden und weiter vertikal durch Trenn- und Zwischenwände sowie Vorsatzschalen nach jeweiligen Räumen. Die Beleuchtung der Wohneinheiten funktioniert so, dass die Leitungen aus der Wand durch Schienensysteme den Beleuchtungskörpern Strom versorgen. Ähnlich zu Wohngeschossen ist die Beleuchtung in Büros und öffentlichen Bereichen gelöst, wobei die Schienensysteme direkt mit Hauptelektroleitungen in Kernschächten verbunden sind, weil die Zwischenwände aus keinen opaken bzw. keinen mehrschichtigen Bauteilen in diesen Bereichen bestehen.

Leitungen für Brandmelder sind durch Kunststoffröhre, die schon in der Vorfertigungsphase in Aufbetonschicht der HBV-Decke parallel zu Sprinklerleitungen einbetoniert worden sind, durchgezogen.

## Lüftung:

Die erwähnten Holzleichtbetonelemente in Wohnbereichen dienen neben Ableitung des Schmutzwassers auch zur Entlüftung der Sanitärräume in Wohneinheiten. Die Entlüftungsröhre werden im obersten Geschoss durch die abgehängte Decke nach Kernschächte und endlich über das Dach ins Freie geführt.

Alle Sanitärräume in öffentlichen und halböffentlichen Bereichen befinden sich entweder im Gebäudekern oder unmittelbar zu dem Kern, sodass sich die Entlüftungsröhre möglichst nah zu den Kernschächten befinden.

Wegen Brandschutzanforderungen müssen die Stiegenhäuser und Feuerwehraufzüge druckbelüftet sein. Demgemäß wird die Luft im zweiten Untergeschoss angesaugt und mit zwei Druckbelüftungsanlagen über Zuluftschächte beim Stiegenhaus sowie in den Feuerwehraufzugsschacht gedruckt.

Die Abluftschächte sind gegenüber Zuluftschächte positioniert, wobei sich noch ein zusätzlicher Abluftschacht neben dem letzten Aufzug befindet, damit die längliche Aufzugslobby als druckbelüftete Schleuse funktionieren kann. Dreigeschossige Tiefgarage ist mit einer mechanischer Rauch- und Brandrauch Entlüftungsanlage sowie mit CO-Anlage ausgestattet.

Die Luftansaugung für die Rauch- und Brandrauch Entlüftungsanlage mit einem 3-fachen stündlichen Luftwechsel erfolgt durch ein befahrbares Stahlgitter auf dem Plateau im 2. Untergeschoss, und wird durch den BRV-Schacht in alle unterirdischen Geschosse gedruckt.

BRV-Anlage funktioniert nach dem Prinzip von Brandrauchverdunstung, sodass sich der BRV-Abluftschacht auf der anderen Seite am Spitz befindet, und wird mit sonstigen Röhren über die Dachschale ins Freie geführt.

Weil die Garage mehrere unterirdische Geschosse hat, ist vorhandensein einer CO-Anlage verpflichtend.

Gemäß OIB-RL 3 Punkt 8.3.4 ist die Tiefgarage mit sonstigen Messeinrichtungen ausgerüstet, die bei Überschreiten einer Konzentration des Kohlenstoffmonoxides von 250 ppm über einen Zeitraum von mehr als einer Minute Alarmsignale auslösen und Maßnahmen zur Reduktion der CO-Konzentration einleiten.

Die Absaugung des Kohlenstoffmonoxids aus der Tiefgarage ist mit einer kanalgeführten CO-Anlage gelöst, deren Einlässe sich in Bodennähe befinden und saugen das Kohlenstoffmonoxid durch die Sammelleitung an, und führt es durch die vertikalen Röhre über die Dachschale.

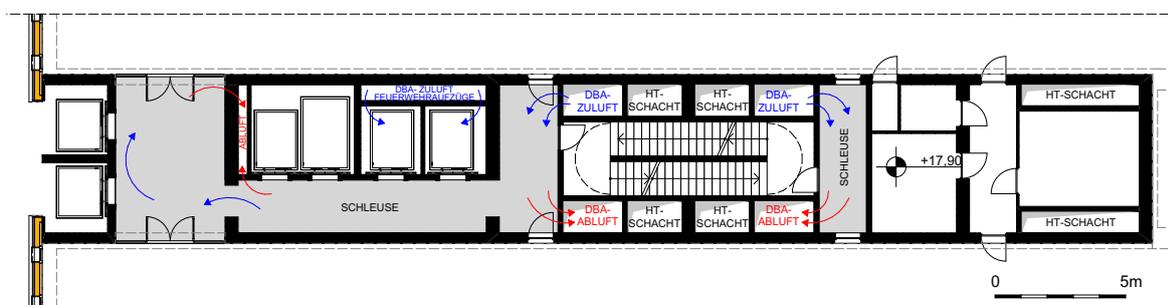


Abb.71 Prinzip der Druckbelüftung und -entlüftung der Schleusen im Gebäudekern

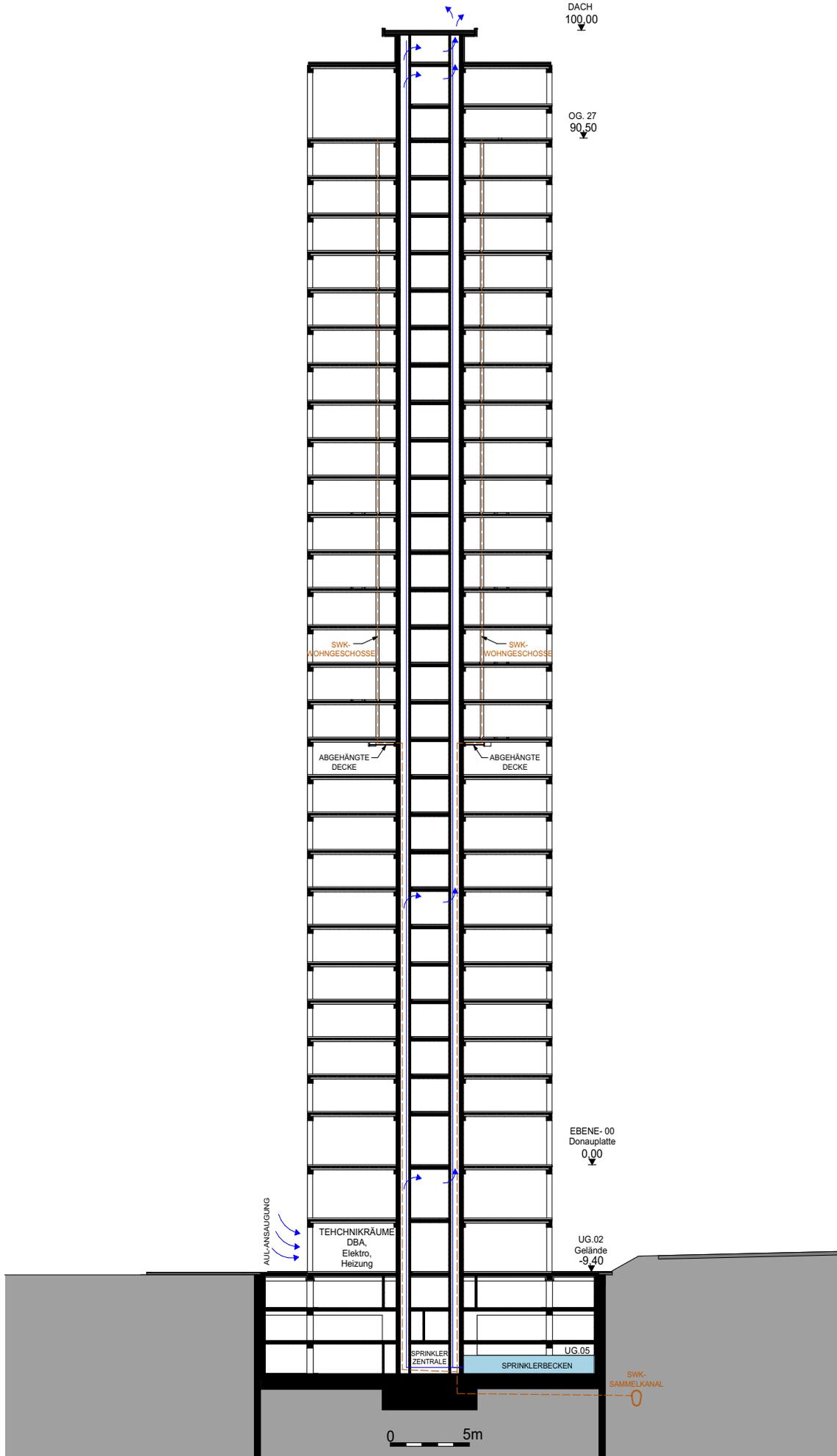


Abb.72 Haustechnik Grobkonzept

## 12.4. Brandschutzkonzept

Weil es sich hier um ein komplexes Gebäude mit einem Fluchtniveau von mehr als 90m geht, ist nach OIB-RL 2.3 Punkt 5 ein Brandschutzkonzept erforderlich, das dem OIB-Leitfaden zu OIB-Richtlinie 2 (2015) **-Abweichungen im Brandschutz und Brandschutzkonzepte** entspricht.

Demgemäß müssen bei derartigen Bauwerken die folgenden **Schutzziele** erhalten bleiben:

- die Tragfähigkeit des Bauwerkes während eines bestimmten Zeitraumes muss erhalten bleiben.
- die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Gebäudes wird begrenzt.
- die Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Gebäude wird begrenzt.
- die Nutzer des Gebäudes sollen dieses unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können.
- die Sicherheit der Rettungsmannschaften wird berücksichtigt sowie es sind wirksame Löscharbeiten möglich.

### 12.4.1 Allgemeine Anforderungen und Tragfähigkeit im Brandfall

#### • **Feuerwiderstand der Bauteile**

Nach OIB-RL 2 (Tabelle1b) sind alle tragenden, aussteifenden und brandabschnittsbildenden Bauteile so vorgesehen, dass sie im Brandfall mindestens 90 Minuten wirksame Tragfähigkeit behalten. Grundsätzlich müssen die tragenden Bauteile eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten ohne Berücksichtigung des anlagetechnischen Brandschutzes erreichen. Dementsprechend bestehen alle Kernwände und Randträger aus Stahlbeton. Um die erforderliche Feuerwiderstandsdauer zu behalten, werden die tragenden Holzelemente auf dem Brand exponierten Seiten um mindestens 6,0 cm überdimensioniert. Holz-Beton-Verbunddecke ist mindestens 30cm dick und besteht aus einer mind. 18cm starken Brettsperrholzdecke und 12cm Aufbeton. Die Deckenstärke variiert je nach Nutzlastanforderungen, wobei die Decke bei Abbrandrate von ca. 6cm in 90 Minuten ihre Tragfähigkeit nicht verliert.

## 12.4.2 Verhinderung der Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerkes

#### • **Brandabschnitte**

Weil die Tiefgarage aus drei Geschossen besteht, sind die Brandabschnitte so verteilt, dass jedes Geschoss einen nicht mehr als 2.500m<sup>2</sup> Brandabschnitt darstellt. Die Tiefgeschosse sind mit EI<sub>2</sub> 30-C Sektionaltoren bei der Rampe abgeschottet.

Die Aufzugsschächte, Haustechnikschächte und Stiegenhaus im Gebäudekern sind als separate Brandabschnitte ausgebildet, wobei die Technikschächte je 12 Geschosse abgeschottet sind.

Obwohl die Aufstellfläche für die Feuerwehr auf dem Plateau vor dem Eingang zu Bibliothek auf der Ebene -2 vorgesehen ist, geht das Brandschutzkonzept davon aus, dass der Löschangriff entlang der Wagramer Straße möglich ist.

Dementsprechend umfassen die Brandabschnitte in ersten drei oberirdischen Geschossen bis zu maximal 1.200m<sup>2</sup> Fläche. Die größte Brandabschnittsfläche im Auditorium sowie in der dreigeschossigen Bibliothek nicht mehr als 1.200m<sup>2</sup> beträgt.

Drei Geschosse in der Bibliothek sind gemäß OIB-RL 2.3 (2.6) miteinander durch interne Treppe verdunden.

In sonstigen Regelgeschossen ist die zuverlässige Brandabschnittsgröße von 800m<sup>2</sup> auf 460m<sup>2</sup> bzw. 420m<sup>2</sup> beschränkt, um die Brandausbreitung deutlich zu reduzieren. Wegen der Großzügigkeit und Qualität des Raums, der auch ein Galeriegeschoss enthält, hat der größte Brandabschnitt im lätzten Geschoss bis 800m<sup>2</sup>. Der Raucherbereich bei der Bar ist als eigener Brandabschnitt ausgebildet und mit Brandschutzverglasung von dem Restaurant und von der Bar abgetrennt.

#### • **Trennwände und Trenndecken**

Nach OIB-RL 2 (3.1.3) sind die Brandabschnitte mittels brandabschnittsbildender Bauteilen, die der Feuerwiderstandsklasse REI 90 und A2 entsprechen, abgetrennt.

Vertikale brandabschnittsbildende Bauteile dienen zur Verhinderung des horizontalen Brandüberschlages nach benachbarten Brandabschnitten. So werden die Kernwände aus Stahlbeton ausgeführt und die restlichen brandabschnittsbildenden Wände und Trennwände zu gemeinsamen Fluchkorridoren sind in Leichtbauweise mit Mineralwolle und 3-facher GFK-Beplankung auf beigen Seiten aufgebaut. Durchlässiger Lobbybereich zwischen Aufzugskern an der Fassade und dem zentralen Gebäudekern ist von benachbarten Brandabschnitten durch Brandschutzverglasung abgetrennt. Öffnungen in brandabschnittsbildenden Wänden müssen gemäß OIB-RL 2 (3.1.6) Abschlüsse erhalten, die dieselbe Feuerwiderstandsdauer wie die brandabschnittsbildende Wand aufweisen müssen. Sie sind selbstschließend als EI<sub>2</sub> 30-C vorgesehen.

Zur Verhinderung der vertikalen Brandausbreitung nach übereinander liegenden Brandabschnitten bzw. Geschossen dienen die Geschossdecken und Randträger in der Fassadenebene. Weil der Randträger nur teilweise den Brandüberschlag verhindert, sind zusätzlich deckenübergreifende Außenwandstreifen in EI-90 an der Fassade vorgesehen. Wegen der Entzündbarkeit der Holzbauteile wird der Brandschutz mit zusätzlichen anlagentechnischen Maßnahmen, die in weiteren Abschnitten erklärt werden, erhöht.

- **Fassade**

Weil die hinterlüftete Fassadenverkleidung sowie die Innenseite der Fassade aus Holz nicht dem erforderlichen Brandverhalten nach OIB-RL 2(Tabelle1a) entspricht, wird es hier mit zusätzlichen baulichen und anlagentechnischen Brandschutzmaßnahmen von Normen abgewichen, um die Feuerwiderstandsdauer der Fassade unter Erhaltung der Schutzziele zu erhöhen.

Horizontale Außenwandstreifen an der Fassade sorgen dafür, dass der Brand nicht nach darüberliegendem Brandabschnitt vertikal weitergeführt wird. Die Raumhöhen mit Stahlblech verkleideten Fensterleibungen trennen die hinterlüfteten Fassadenelemente, die aus horizontal übereinander angeordnete-

ten Holzbrettern bestehen, ab. So ist die horizontale Brandausbreitung zwischen entzündbaren Elementen der Fassadenverkleidung verhindert.

Da die Fassadenwände sichtbare Holzoberfläche auf der Innenseite haben, ist der Brandausbreitung an Fassadenwände mittels zusätzlicher Sprinkleranlage mit höherer Redundanz gelöst.

- **Schächte, Kanäle, Leitungen und sonstige Einbauten**

Installationsschächte sind in jedem zwölften Geschoss in REI 90 abgeschottet. Alle Installationen verzweigen sich entweder durch den Bodenaufbau und Wände oder durch die Aufbetonschicht der Holz-Beton-Verbunddecke, sodass nur die Anschlüsse zu Technikschrächten teilweise exponiert sind, wobei diese aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen.

- **Sicherheitstreppehaus der Stufe 2**

Nach OIB-RL 2.3 (4.2) verfügt das entworfene Hochhaus über zwei druckbelüftete Sicherheitsstiegen der Stufe 2. Diese werden als gekreuzte Treppen, deren Treppenläufe mit einer STB-Wand getrennt sind, in einem Stiegenhaus gebaut. Sicherheitstreppehäuser führen im zweiten Untergeschoss durch zwei Ausgänge ins Freie.

- **Personenaufzüge und Feuerwehraufzüge**

es sind maximal zwei statt zuverlässiger drei Personenaufzüge in einem Schacht eingebaut. Zwei Feuerwehraufzüge sind gemäß OIB-RL 2.3 (2.7.1) in separaten druckbelüfteten Schächten eingebaut. Gemäß TRVB A 150 sind die Feuerwehraufzüge durch druckbelüftete Schleuse zum brandgeschützten Stiegenhaus angebunden. Innenabmessungen der Kabinen betragen 110 x 210 cm, und die Türen sind 90 cm breit und 210cm hoch. Eine Stellfläche für Rollstuhlfahrer mit Abmessungen 90x125cm ist in der Schleuse bei FW-Aufzügen in allen Geschossen vorgesehen.

• **Fluchtwege**

In der Tiefgarage ist mindestens ein Sicherheitstreppehaus in einer maximalen Fluchtwegslänge von 40 m erreichbar, wobei eine gemeinsame Fluchtwegslänge von 25 m nicht überschritten ist.

Das Flüchten von Personen aus dem Auditorium erfolgt innerhalb der 40m-Fluchtwegslänge durch den Haupteingang im zweiten Untergeschoss sowie durch den Notausgang in der Pfosten-Riegel-Fassade.

Wegen einer erhöhten Personenanzahl wird in Bibliothek ein zusätzliches Fluchtstiegenhaus in ersten drei Geschossen gebaut. Mindestens ein Ausgang oder Sicherheitstiegenhaus ist in weniger als 25m Länge erreichbar auf allen Bibliothek Ebenen.

Fluchtwege in Bürogeschossen und Studentenheim sind so konzipiert, dass der längste Fluchtweg nach einer Sicherheitstreppehaus der Stufe 2 nicht mehr als 25m beträgt.

Die gemeinsame Fluchtwegslänge von der Wohnungstür bis zu mindestens einem Sicherheitstreppehaus der Stufe 2 beträgt maximal 15 m.

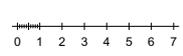
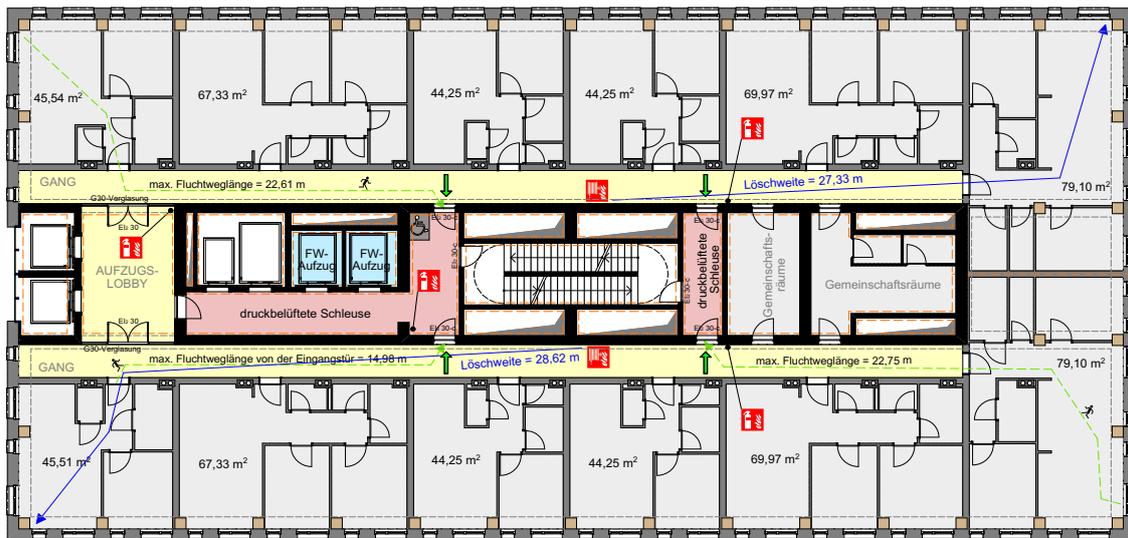
Der erste Fluchtweg beträgt im Restaurant und Bar bis zu mindestens einem Sicherheitstreppehaus der Stufe 2 nicht mehr als 30m.

Aus der Strömungsanalyse der drei höchstbelasteten Geschossen (26.OG-28.OG) hat sich eine Anzahl von 260 flüchtenden Personen ergeben. Demgemäß sind die Stiegen im Sicherheitstreppehaus jeweils 130 cm breit.

• **Erste und erweiterte Löschhilfe**

Es sind die tragbaren Feuerlöscher, die zur ersten Löschhilfe dienen, in gemeinsamen Gängen bzw. Korridoren angeordnet.

Als erweiterte Löschhilfe sind auf beiden Seiten des Gebäudekerns und unmittelbar zu dem Sicherheitstreppehaus Wandhydranten vorgesehen. Die Wandhydranten sind so positioniert, dass jeder Punkt im dazugehörigen Brandabschnitt mit dem D-Schlauch erreicht werden kann.



LEGENDE:

<span style="border: 1px solid yellow; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> gemeinsame Fluchtkorridore	<span style="border: 1px solid orange; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Brandabschnittsgrenze	Feuerlöscher
<span style="border: 1px solid gray; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Wohneinheit	Rettungsweg	Wandhydrant
<span style="background-color: #f08080; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Schleuse, mechanisch belüftet	Fluchtweg	
<span style="background-color: #add8e6; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Feuerwehraufzug	erforderliche Länge des Feuerwehrschauchs	

### 12.4.3 Anlagentechnischer Brandschutz

- **Automatische Brandmeldeanlage (BMA)**

Mit der automatischen Brandmeldeanlage werden neben der Brandmeldung und Alarmierung der Feuerwehr auch verschiedene technische Einrichtungen zur Brandbekämpfung gesteuert, wie in erläuternden Bemerkungen zur OIB-RL 2 zu Punkt 2.11 beschrieben worden ist.

- **Sprinkleranlage (SPA)**

Zur automatischen Brandbekämpfung ist die Sprinkleranlage (SPA) vorhanden. Weil die Fassadenwände aus brennbaren Baustoffen bestehen, ist das Vorhandensein einer weiteren Sprinkleranlage mit höherer Redundanz zur Verhinderung der vertikalen Brandübertragung auf weitere Geschosse benötigt.

Beide Sprinkleranlagen werden aus zwei separaten im untersten Geschoss angeordneten Sprinklerbecken mit jeweils 150m<sup>3</sup> Löschwasser versorgt.

- **Brandrauchverdünnungsanlage (BRV)**

Weil das Gebäude über Tiefgarage, die in drei unterirdischen Geschossen aufgeteilt ist, verfügt, ist jedes unterirdische Geschoss als ein eigener Brandabschnitt mit jeweils nicht mehr als 2500m<sup>2</sup> vorgesehen. Gemäß der OIB-RL 2.2 (Tabelle 2) ist der mechanische Rauch- und Wärmeabzug mit einem 3-fachen stündlichen Luftwechsel durch eine Brandrauchverdünnungsanlage gelöst. Die Sprinkleranlage dient in diesem Fall als erweiterte Löschhilfe.

Weil es sich um mehrgeschossige Tiefgarage im Gebäude mit einem Fluchtniveau von mehr als 32 m geht, sind motorgesteuerte Brandschutzklappen in BRV-Schächten in jedem Geschoss vorgesehen.

- **Druckbelüftungsanlage (DBA)**

Wegen größerer Gebäudehöhe und einer erhöhten Anzahl der flüchtenden Personen sind zwei Treppenhäuser der Stufe 2 im Gebäudekern angeordnet. Diese Treppenhäuser und dazugehörige Schleusen sind gemäß OIB-RL 2.3 Punkt 4.2.1 (b) mit zwei separaten Druckbelüftungsanlagen mechanisch belüftet. Die Druckbelüftungsanlagen sind gemäß TRVB S 112 (Ausgabe 2004) geplant.

Eine von zwei Druckbelüftungsanlagen wird für die mechanische Belüftung der Feuerwehraufzüge gebraucht.

Als die günstigste Position für eine ungehinderte Lufteinsaugung sind zwei Räume im ersten oberirdischen Geschoss ausgewählt.

Von dort wird die Luft durch zwei Zuluftschächte nach Schleusen sowie nach zwei FW-Aufzugsschächte gedruckt. Für beide Schleusen der Sicherheitstreppe sind die Abluftschächte im Gebäudekern vorgesehen, sowie ein zusätzlicher Abluftschacht beim Aufzug, da es sich hier um eine größere Schleuse geht, wo die tatsächliche Schleuse und Aufzugsvorraum als eine gekoppelte Schleuse funktionieren.

- **Sicherheitsstromversorgung**

Um eine ununterbrochene Stromversorgung auch im Stromausfall zu gewährleisten, ist ein Notstrom aus einer unabhängigen Stromquelle vorgesehen. Die Sicherheitsstromversorgung ist besonders für die Einrichtungen des anlagentechnischen Brandschutzes wichtig, um eine effektive Brandbekämpfung unter Erhaltung der Schutzziele zu gewährleisten.

In jedem Geschoss unmittelbar bei Wandhydranten sind CEE-Drehstrom-Steckdosen vorhanden, die an Sicherheitsstromversorgung angeschlossen sind.

- **Alarmeinrichtungen**

Diese dienen zur Warnung der anwesenden Personen, damit sie rechtzeitig und möglichst rasch das Gebäude verlassen können.

# 13. ERGEBNIS, PLÄNE

## 13.1. Lageplan und Grunddaten

- **GEBÄUDEHÖHE:** 100,00m über Eingangsplateau  
109,40m über dem gewachsenen Gelände
- **FLUCHTNIVEAU:** 97,00m
- **BAUPLATZFLÄCHE:** 6431,00 m<sup>2</sup>
- **BEBAUTE FLÄCHE:** 2150,00 m<sup>2</sup>
- **UNVERSIEGELTE NICHT BEBAUTE FLÄCHE:** 949,00 m<sup>2</sup> (14,75% v. Bauplatz)

*Unversiegelte Fläche soll mind.10% der Bauplatzfläche groß sein.*

949,00 m<sup>2</sup> (unversiegelt vorhanden) > 643,10 m<sup>2</sup> (unversiegelt erforderlich)

- **BEGRÜNTE DACHFLÄCHE:** 1519,00 m<sup>2</sup>
- **GRÜNFLÄCHE GESAMT:** 1519,00m<sup>2</sup>+949,00m<sup>2</sup>=2468,00m<sup>2</sup> (38,37% v. Bauplatz)

- **BGF:** 45790,00 m<sup>2</sup>  
davon Tiefgarage: 9800,00 m<sup>2</sup>  
davon oberirdische Geschosse: 35990,00 m<sup>2</sup>

- **NGF:**  
oberirdische Geschosse: 31862,00 m<sup>2</sup>

- **WNF:**  
Wohnungen+Studentenheim: 11532,00 m<sup>2</sup>

- **MIETFLÄCHE:**  
oberirdische Geschosse: 25937,00 m<sup>2</sup>

- **überdachte Fahrradabstellfläche NGF:** 385,00 m<sup>2</sup>

- **ANZAHL DER STELLPLÄTZE:** 170

*Nachweis zur Stellplatzverpflichtung lt. Wiener Garagengesetz- WGarG 2008:*

Auditorium: 366 Sitzplätze/ 50= 8 Stellplätze +1 (Büro) + 2 (Cafeteria)= 11 *Pflichtstellplätze*

Bibliothek: 1200m<sup>2</sup>/ 80m<sup>2</sup>= 15 *Pflichtstellplätze*

Sportanlage: Kapazität bis 70 Pers./ 50= 2 *Pflichtstellplätze*

Büro: 8910m<sup>2</sup>(Aufenthaltsfläche)/ 80m<sup>2</sup>= 112 *Pflichtstellplätze*

Studentenheim: 6012m<sup>2</sup>(WNF)/ 300m<sup>2</sup>= 20 *Pflichtstellplätze*

Wohnungen: 5520m<sup>2</sup>(WNF)/ 100m<sup>2</sup>= 56 *Pflichtstellplätze*

Restaurant: 1228m<sup>2</sup>(Aufenthaltsfläche)/ 80m<sup>2</sup>= 16 *Pflichtstellplätze*

***Pflichtstellplätze insgesamt: 232***

***Stellplätze auf Eigengrund vorhanden: 170 < 232, ca. 30% weniger Pflichtstellplätze als vorgeschrieben. Demgemäß ist eine Stellplatzerklärung notwendig.***

**Stellplatzerklärung:**

*Da sich das Bauplatz innerhalb des sogenannten 5-Minuten-Kreises bzw. weniger als 300m von der U-Bahn Station befindet, kann es mit einer Reduktion der Stellplatzverpflichtung bis zu 50% gerechnet werden. Bei Extrembelastungen können die zusätzlichen Stellplätze unter der Donauplatte im Bereich von DC-Tower 1 sowie DC-Tower 2 gemietet werden.*

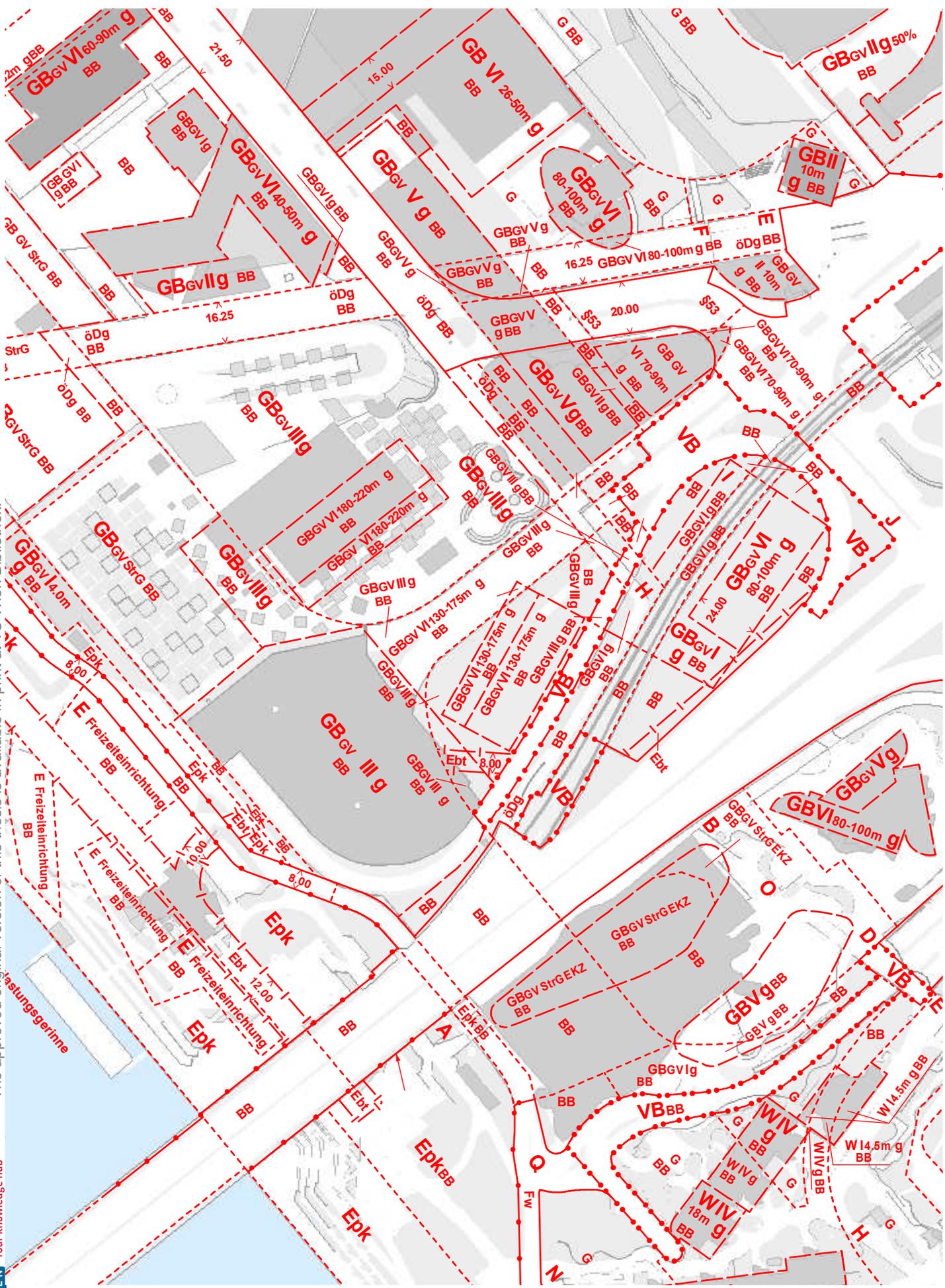
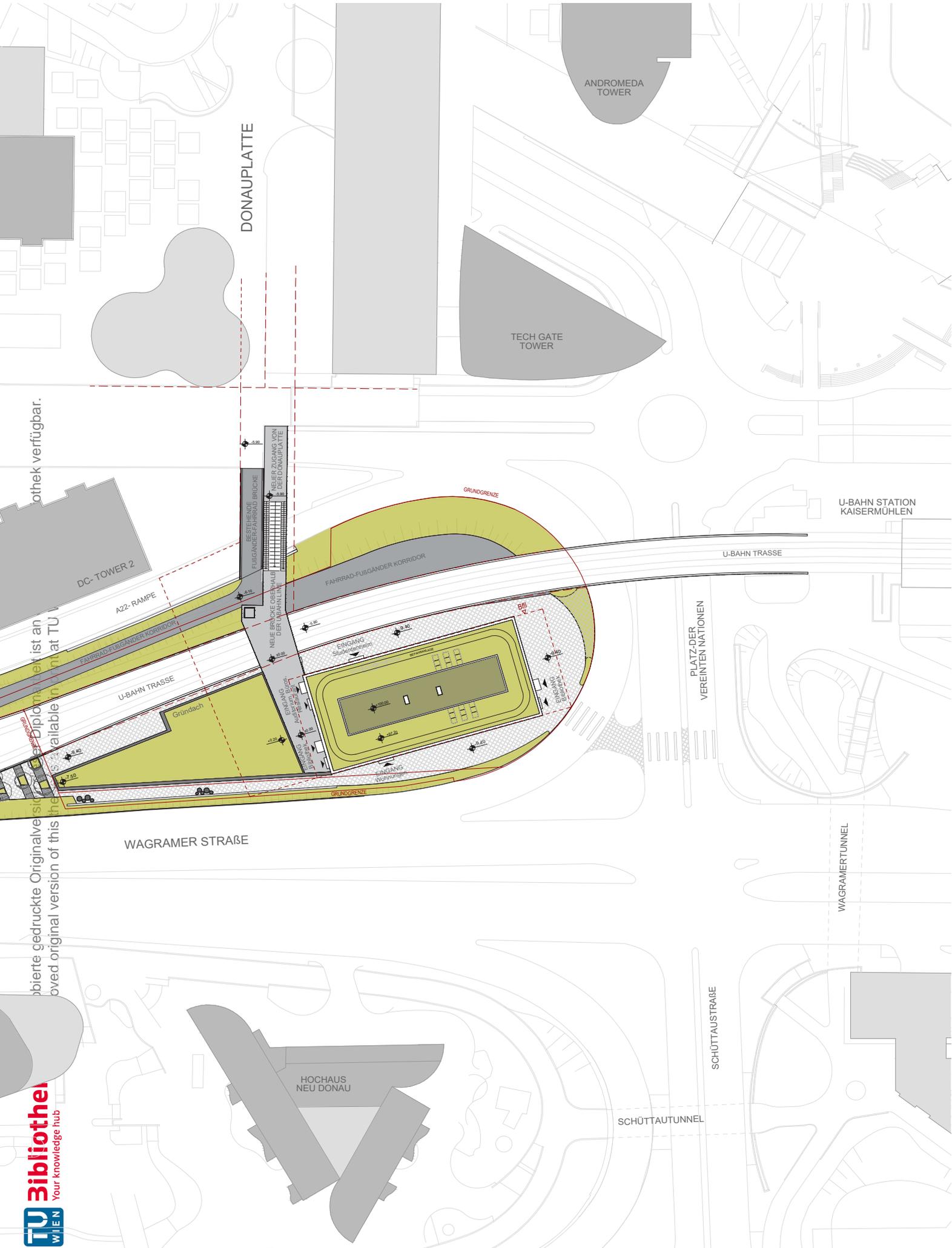
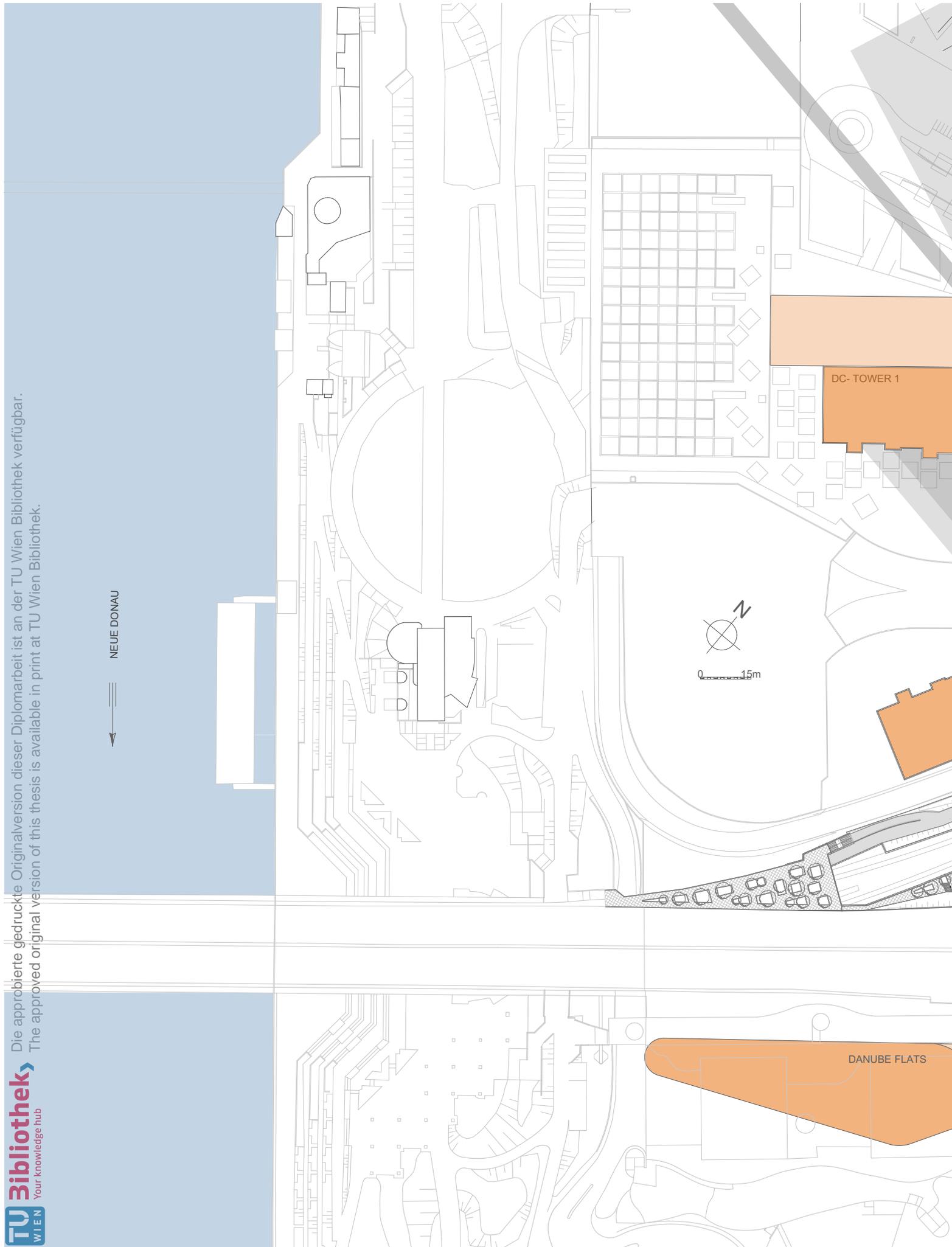


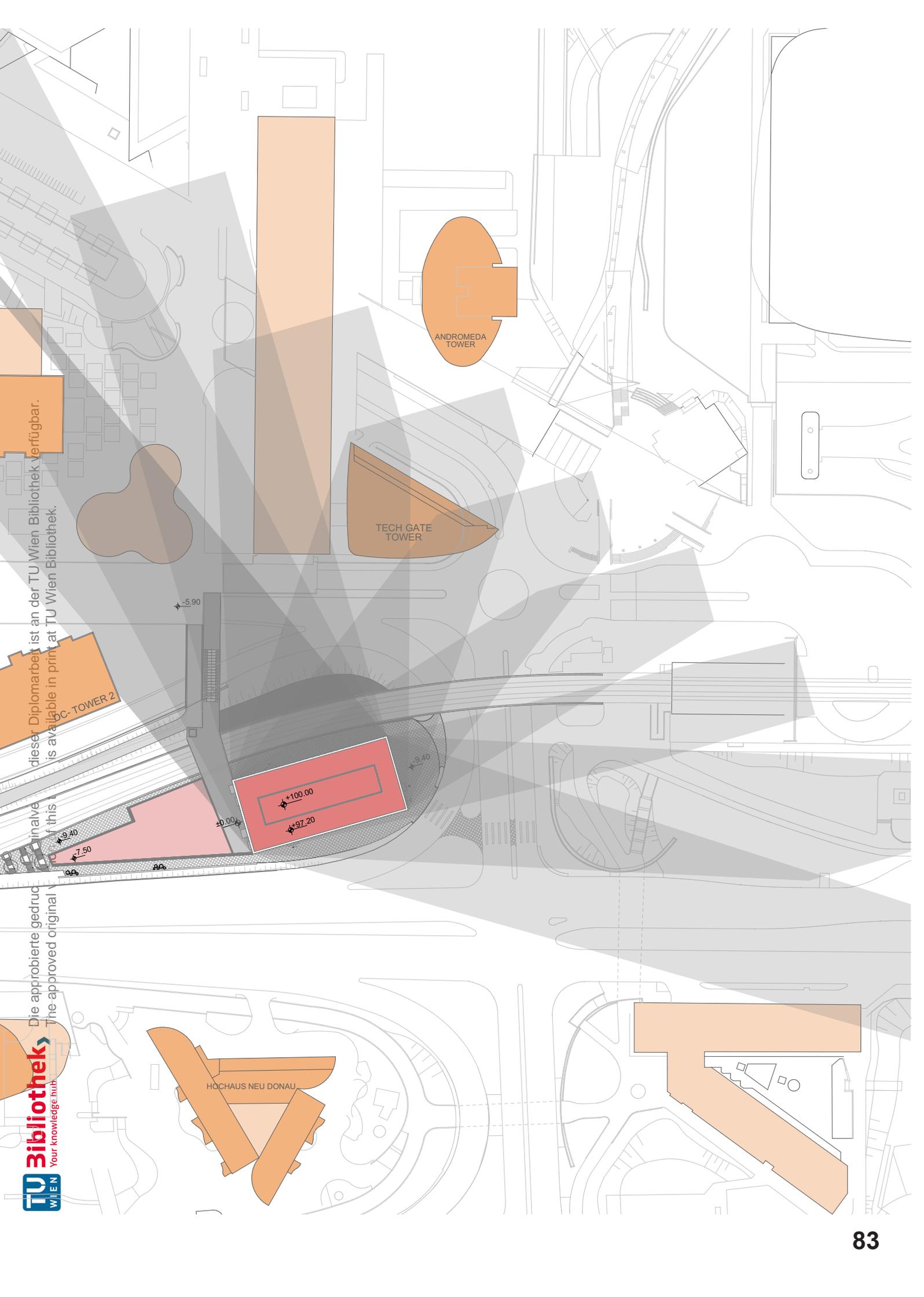
Abb.74 Flächenwidmungs- und Bebauungsplan (Grundstück mit unmittelbarer Umgebung)





NEUE DONAU  
→





- BGF= 3620,00 m<sup>2</sup>

- Anzahl der Stellplätze: 53

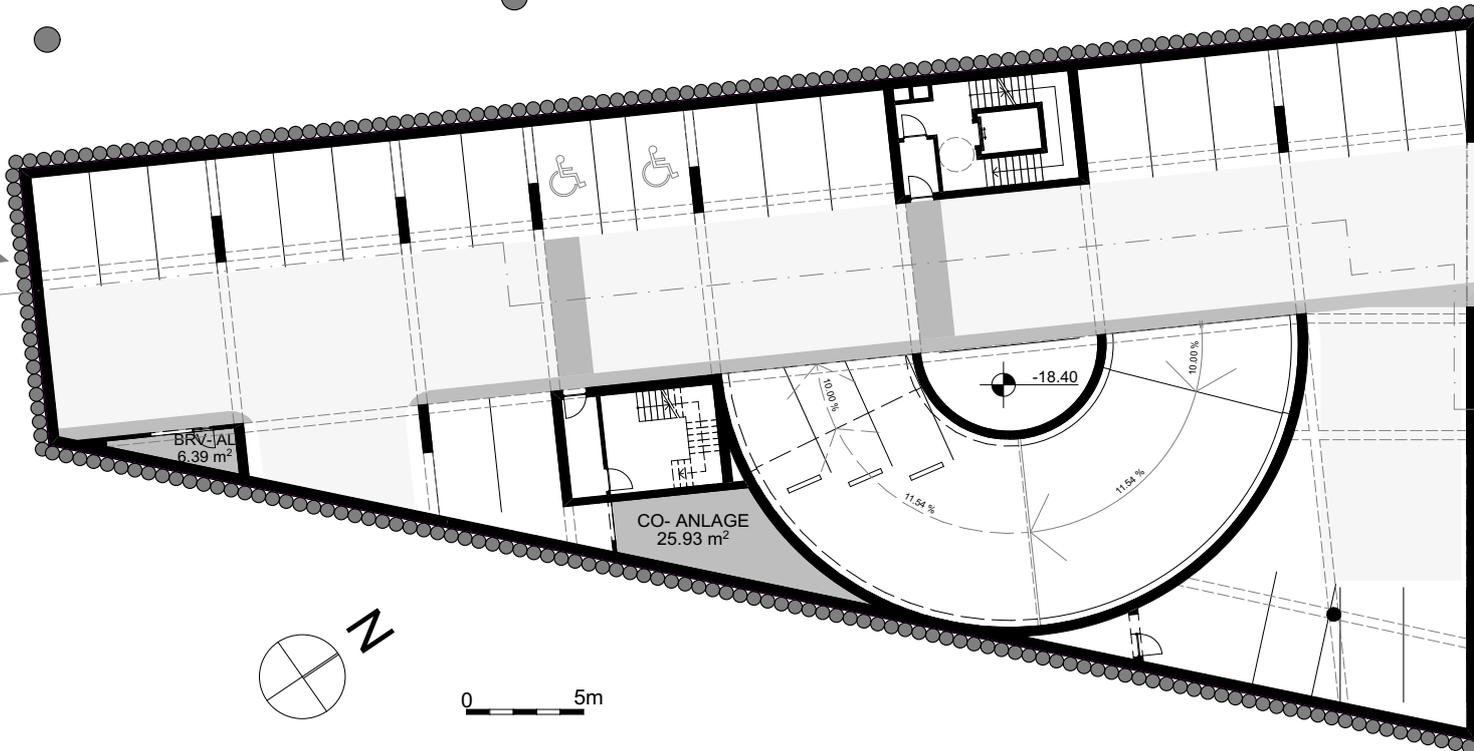
- Anzahl der Müllbehälter:

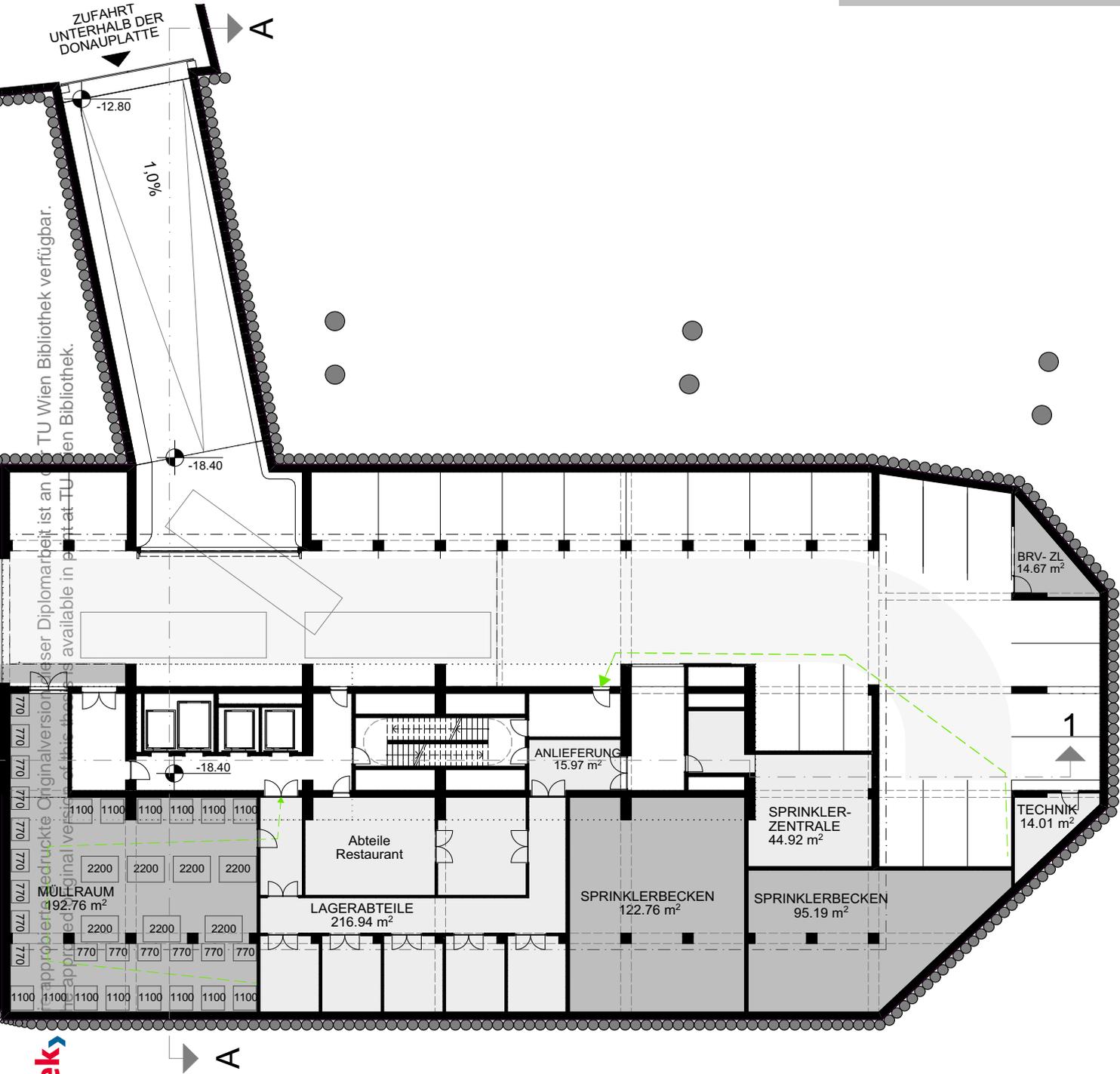
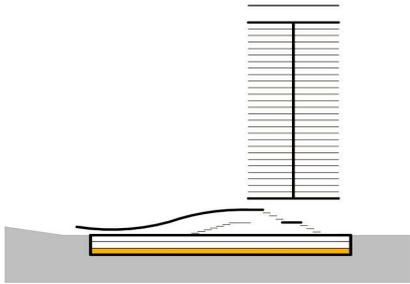
  - 7 x 2200 l

  - 14 x 1100 l

  - 15 x 771 l

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





TU Wien Bibliothek verfügbar.  
TU Wien Bibliothek.

Dieser Diplomarbeit ist an  
TU Wien Bibliothek.

770 770 770 770 770 770 770 770 770 770

- BGF= 2945,00 m<sup>2</sup>
- Anzahl der Stellplätze: 52
- Anzahl der Kellerabteile: 97 > max. Anzahl der Wohnungseinheiten: 96

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

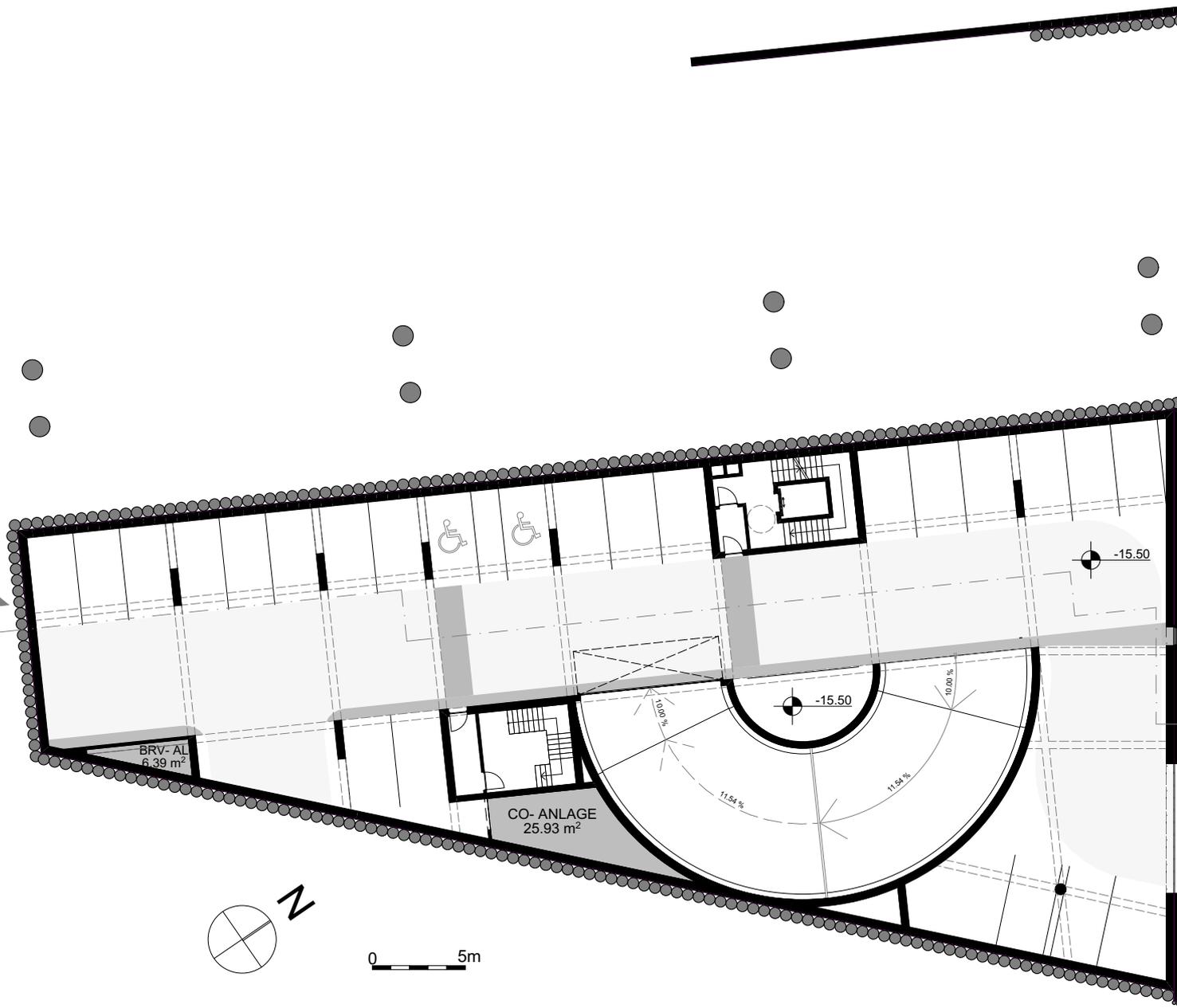
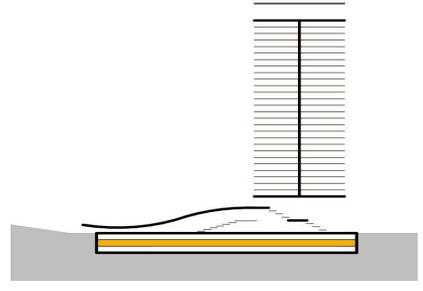
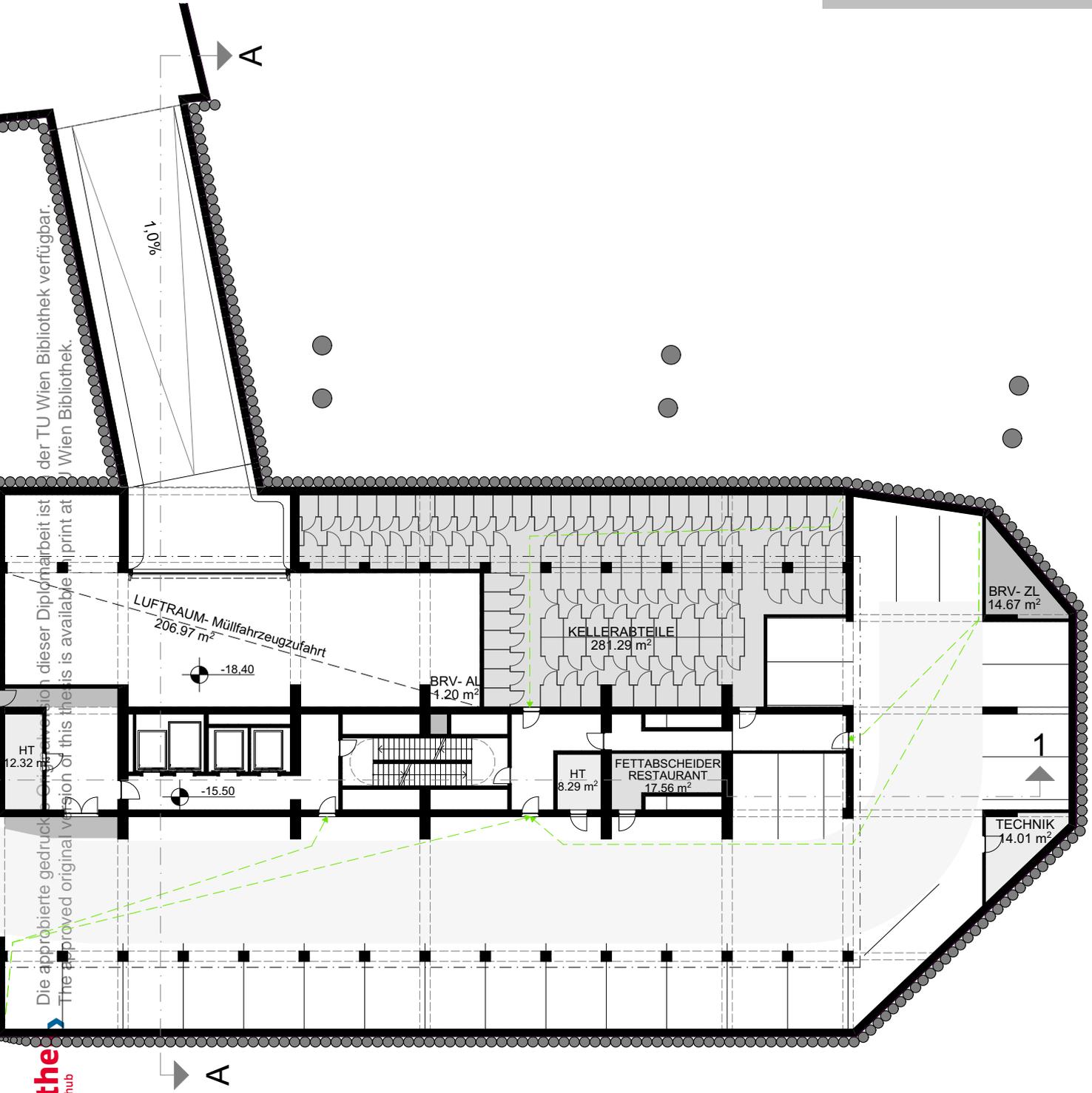


Abb.78 -4. UNTERGESCHOSS, M=1:333



- BGF= 3235,00 m<sup>2</sup>
- Anzahl der Stellplätze: 65

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

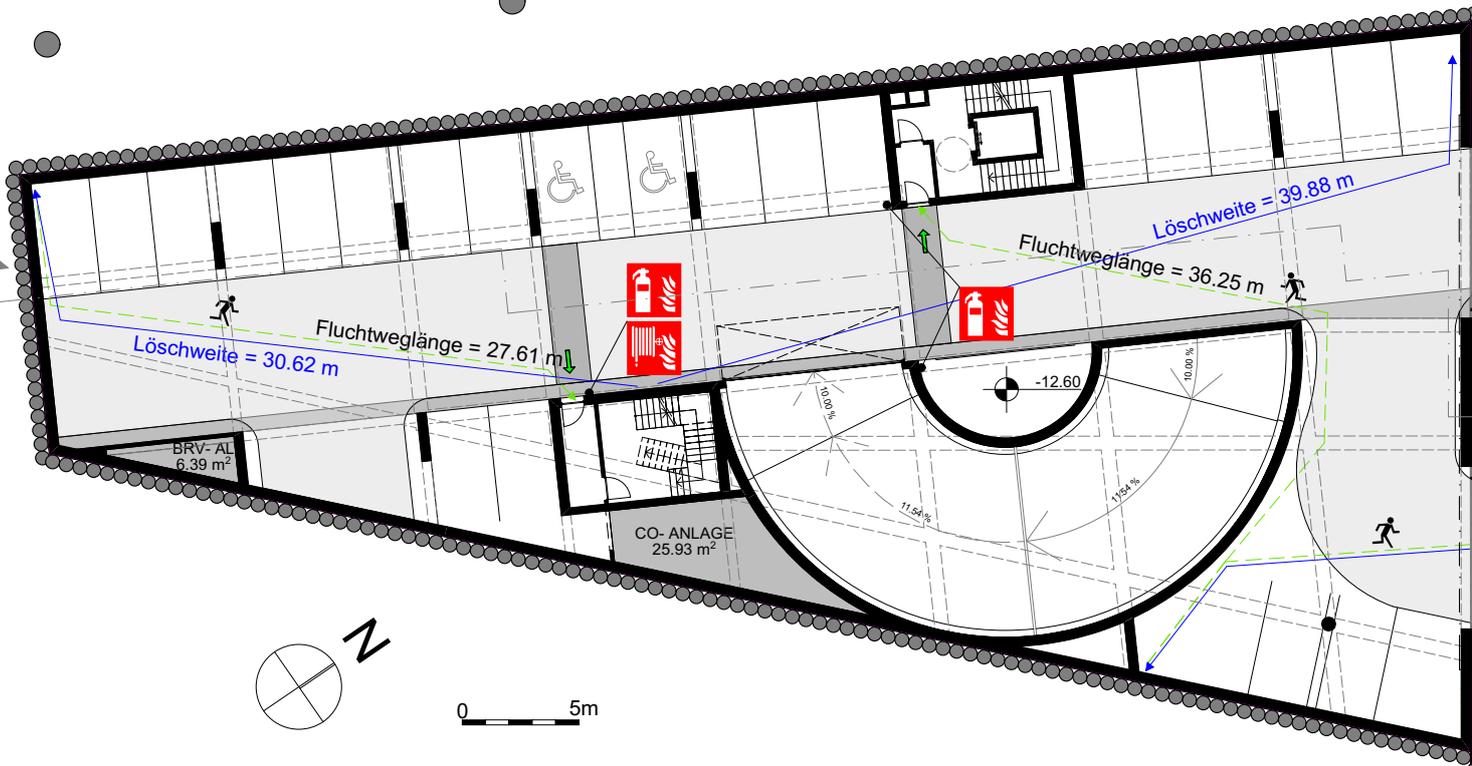
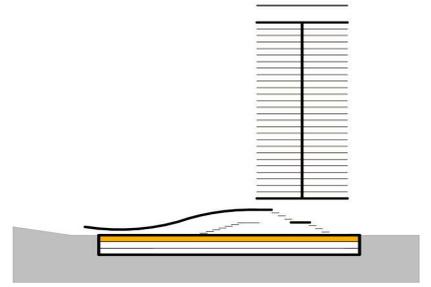
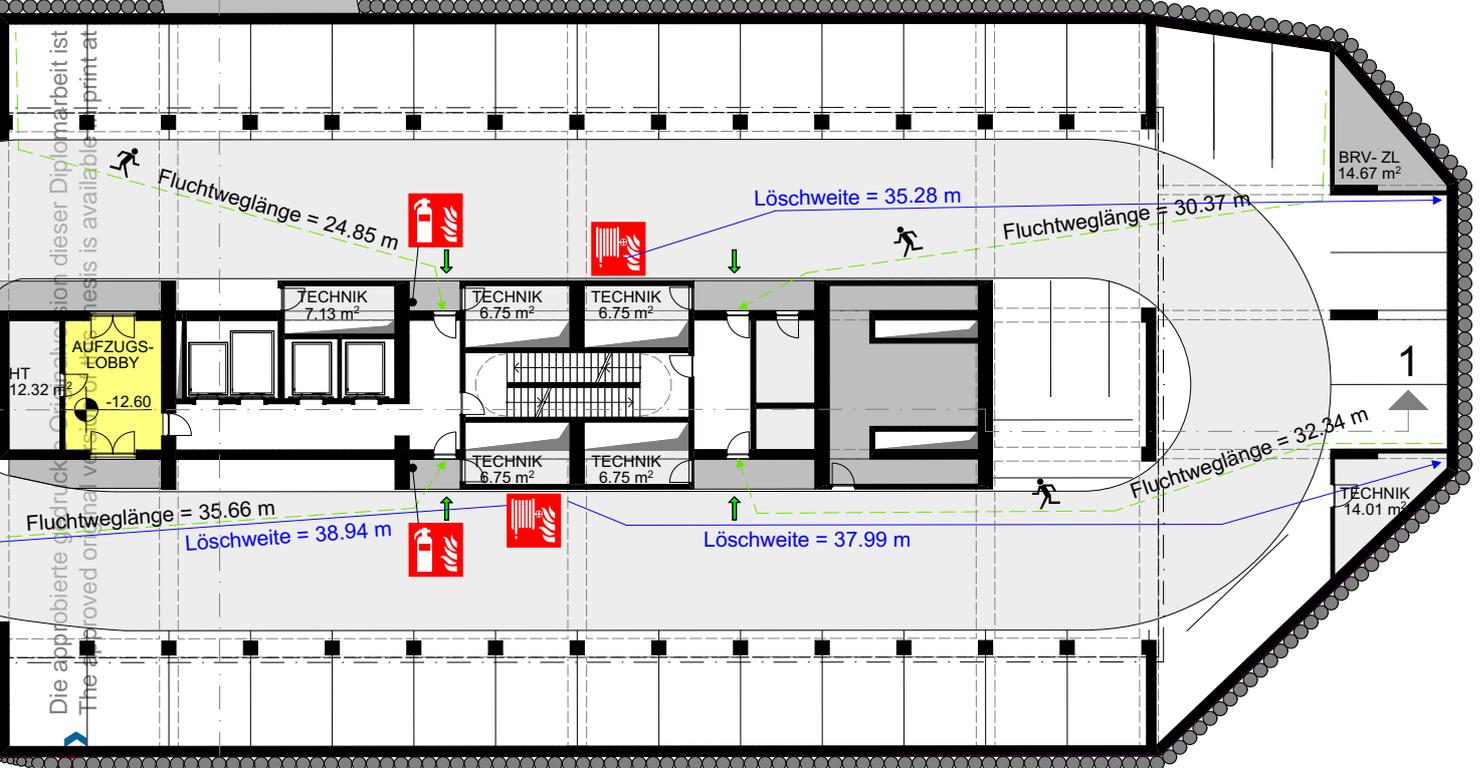


Abb.79 -3. UNTERGESCHOSS, M=1:333



der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
J Wien Bibliothek.



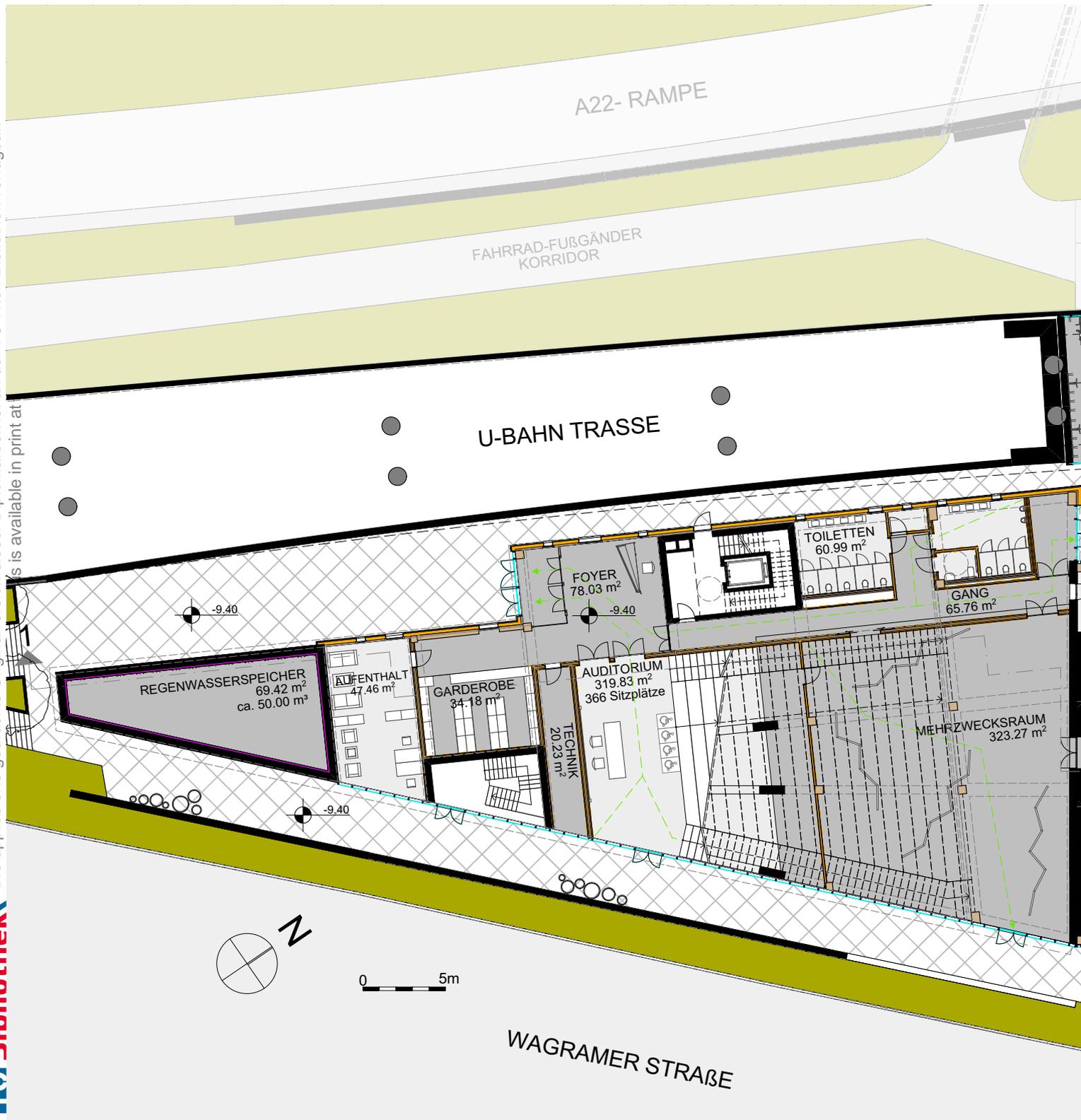
Die approbierte Druckversion dieser Diplomarbeit ist über die Bibliothek der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved or the available print at TU Wien Bibliothek.

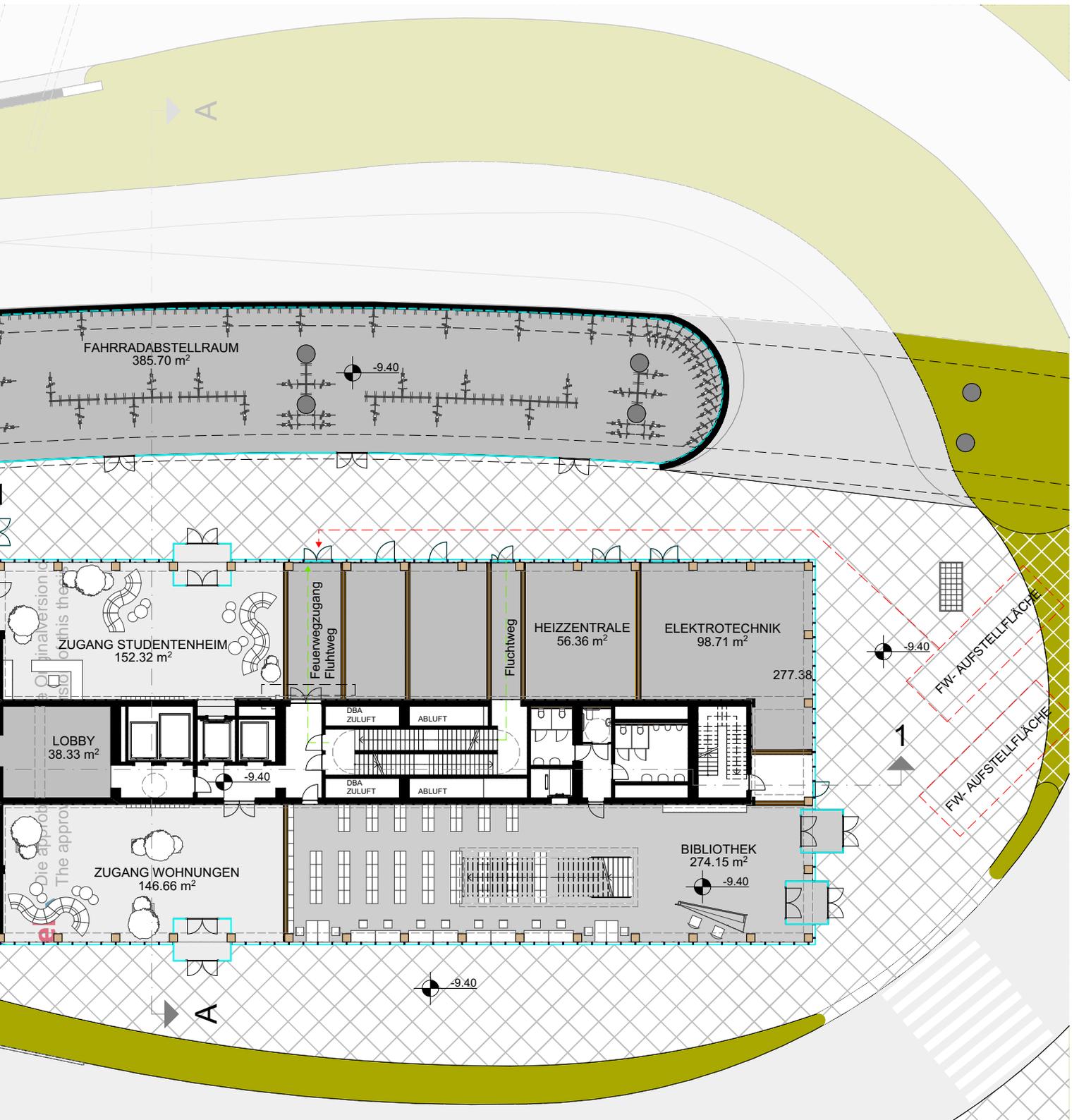
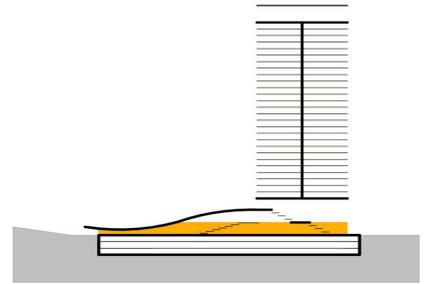
- BGF= 2025,00 m<sup>2</sup>
- NGF= 1692,00 m<sup>2</sup>
- Mietfläche= 1140,00 m<sup>2</sup>

**Fahrradraum:**

- BGF=410,00 m<sup>2</sup>
- NGF=385,70 m<sup>2</sup>
- Anzahl der Fahrradabstellplätze: 65
- Wohnungen WNF: 690x8= 5520 m<sup>2</sup>/30= 184 Fahrradstellplätze
- ca. 120 Einzelbettzimmer im Studenzenheim

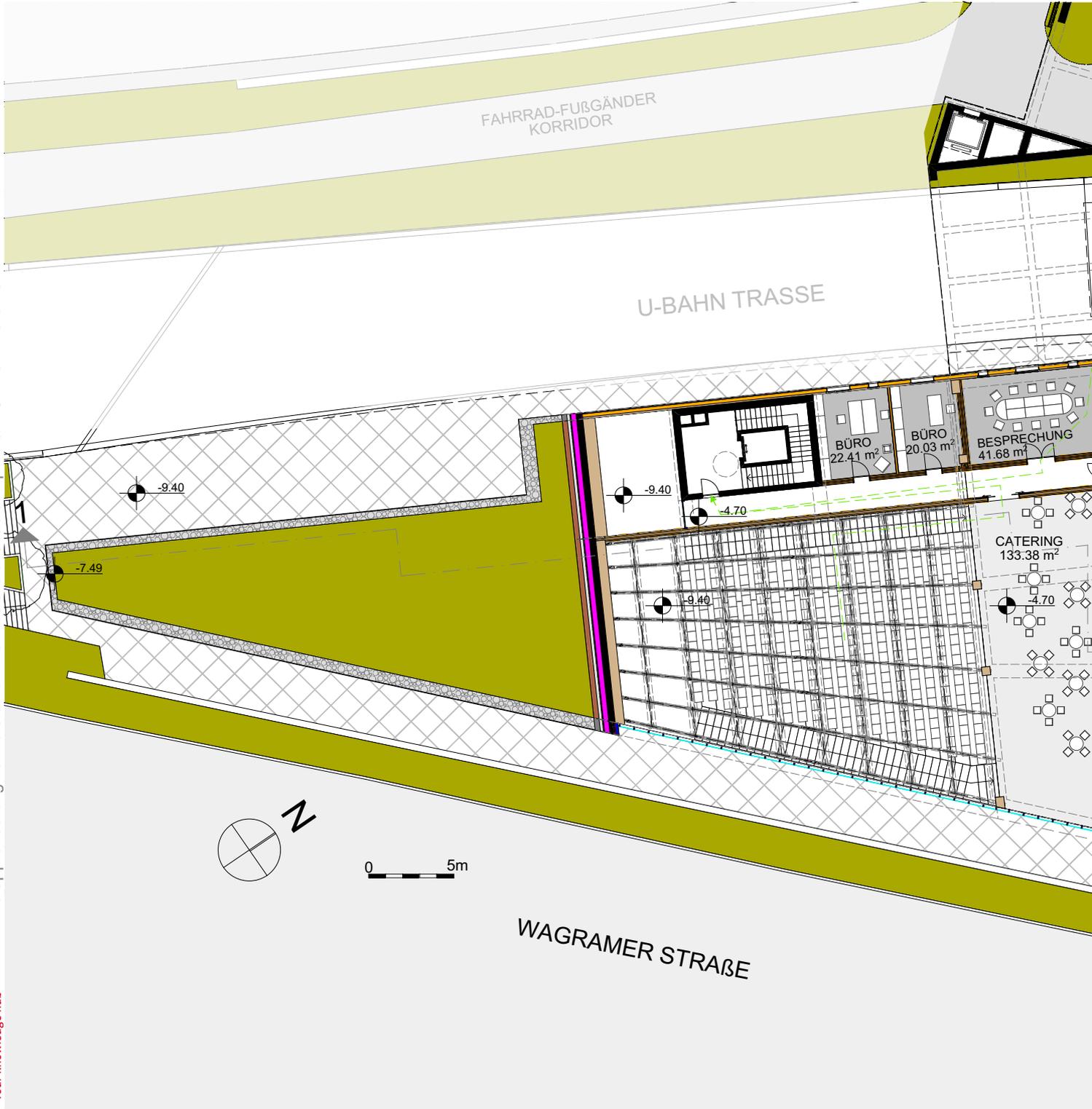
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. This is available in print at TU Wien Bibliothek.

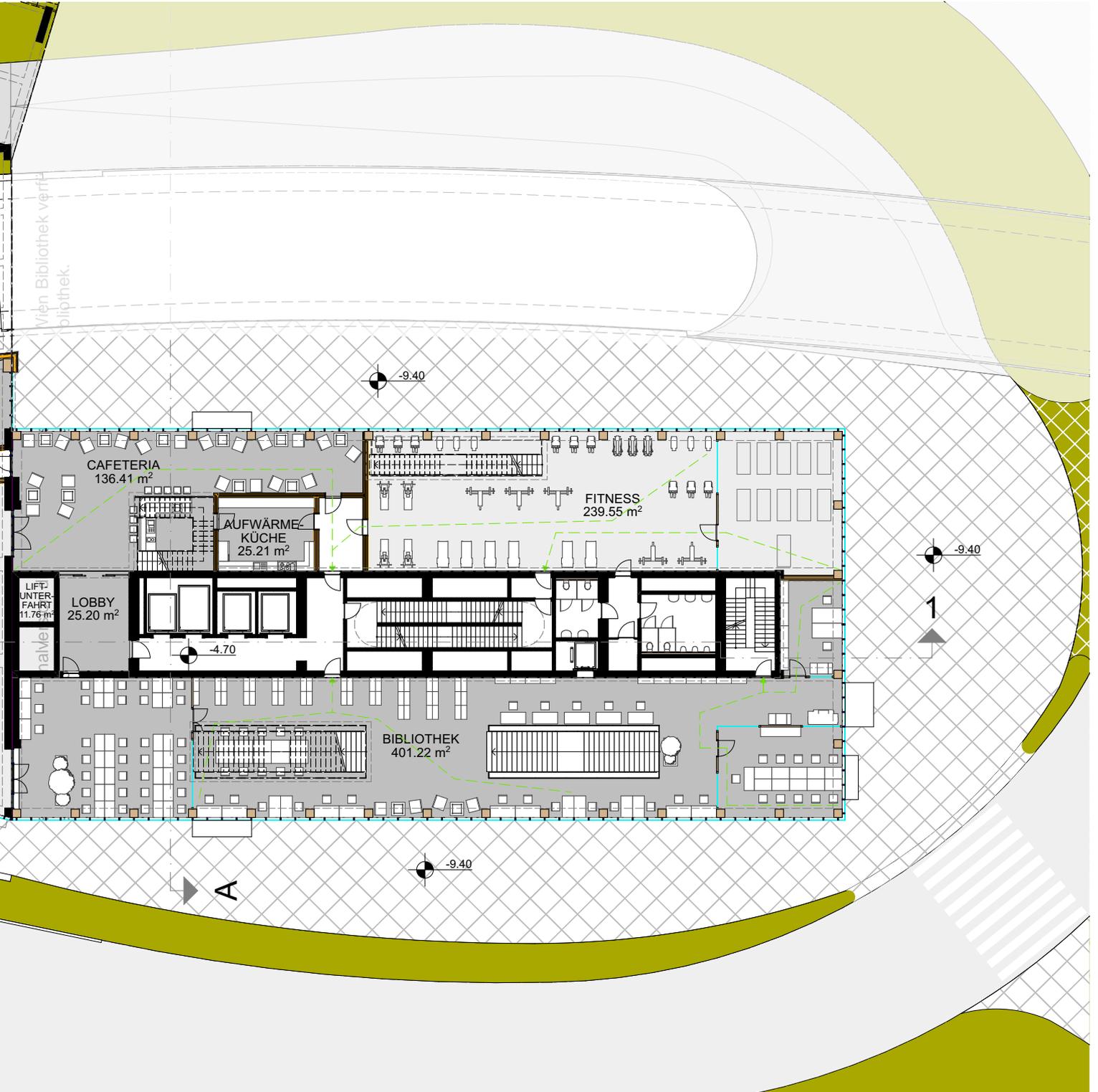
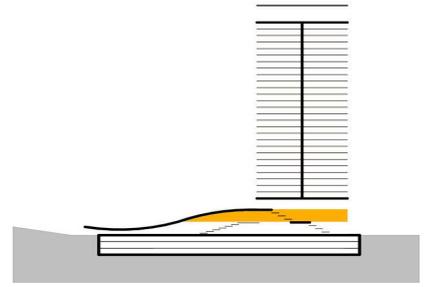




- BGF= 1520,00 m<sup>2</sup>
- NGF= 1375,00 m<sup>2</sup>
- Mietfläche= 1250,00 m<sup>2</sup>

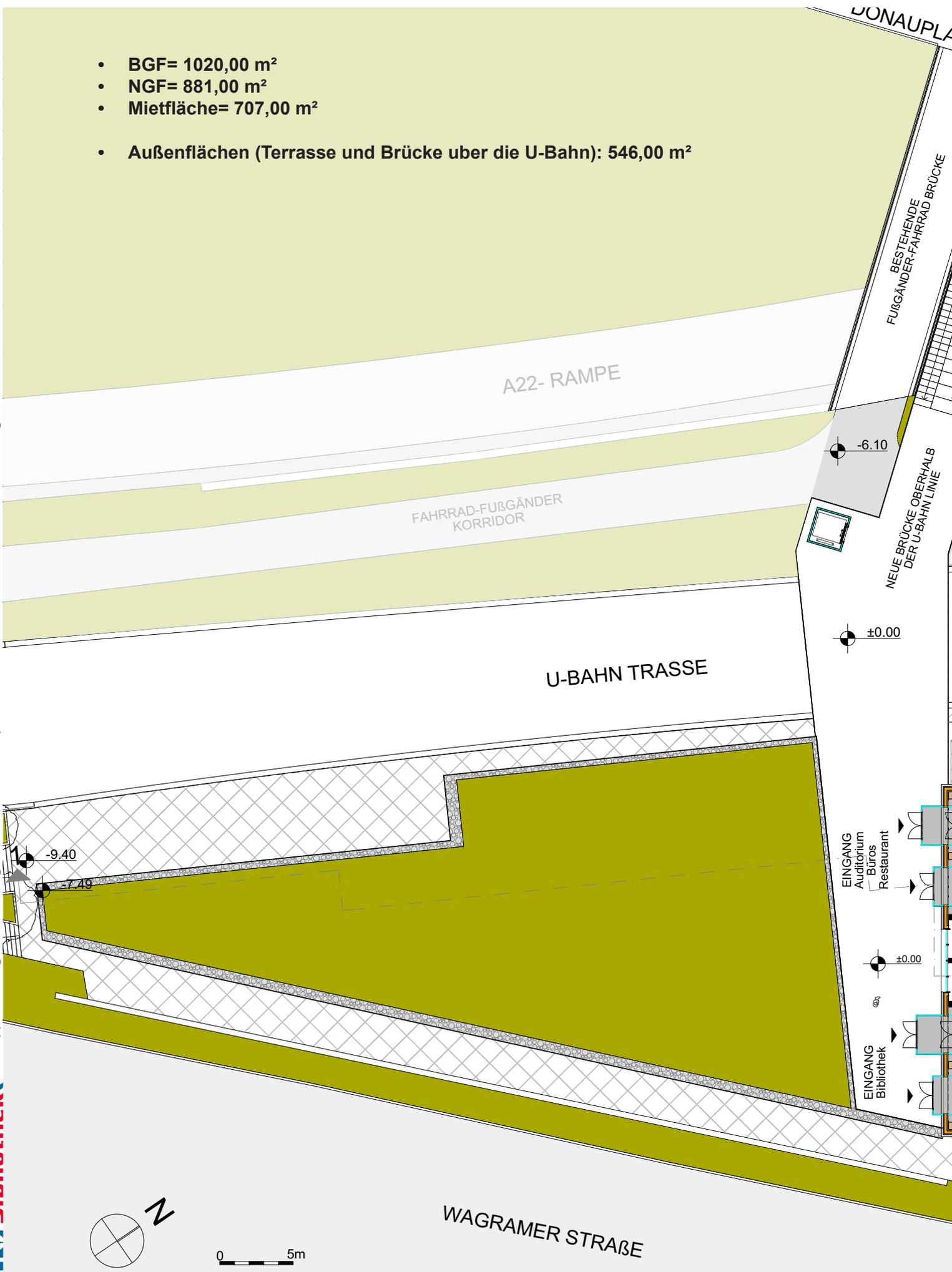
Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

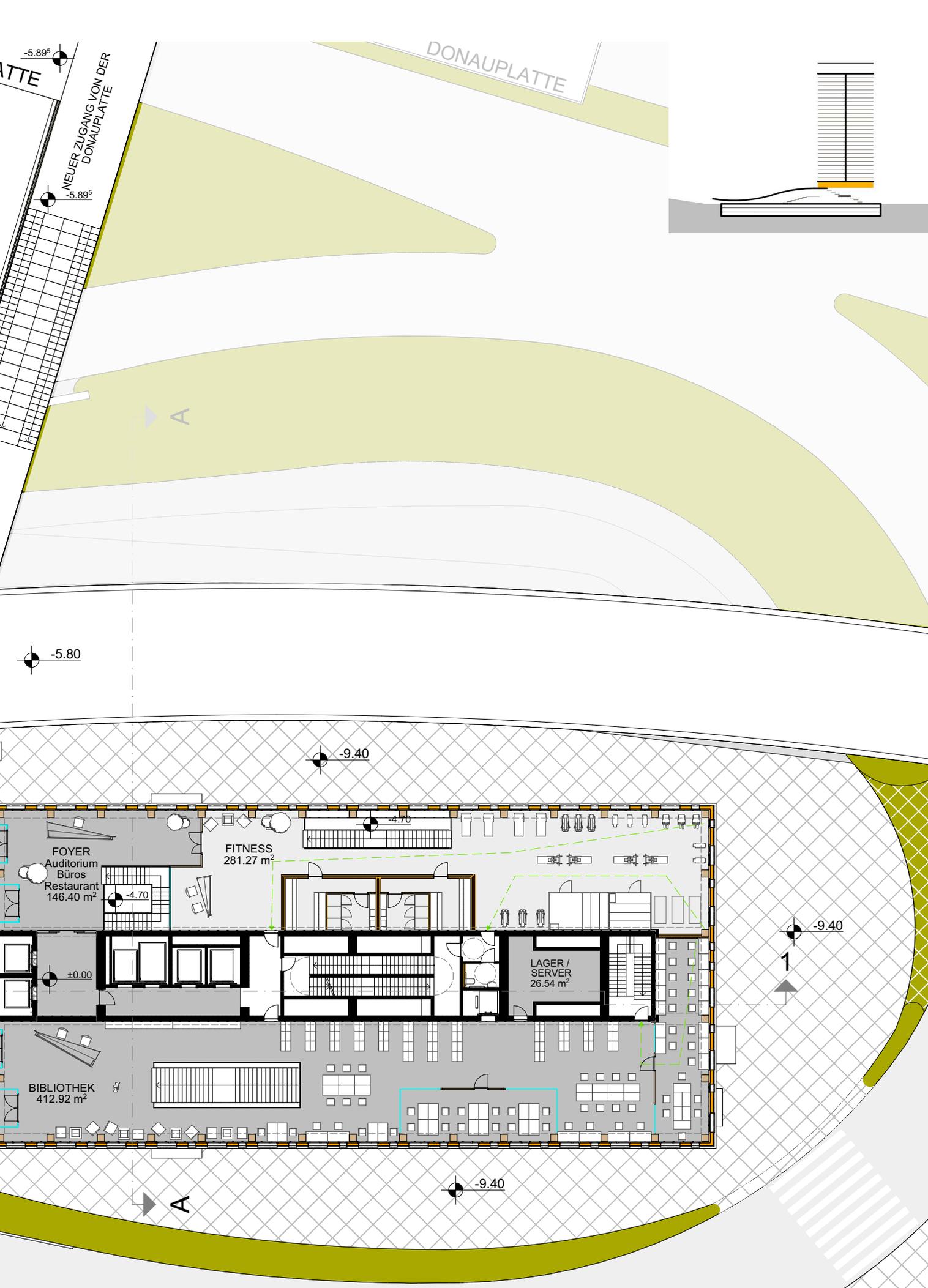




Wien Bibliothek verft  
Bibliothek.

- BGF= 1020,00 m<sup>2</sup>
- NGF= 881,00 m<sup>2</sup>
- Mietfläche= 707,00 m<sup>2</sup>
  
- Außenflächen (Terrasse und Brücke über die U-Bahn): 546,00 m<sup>2</sup>



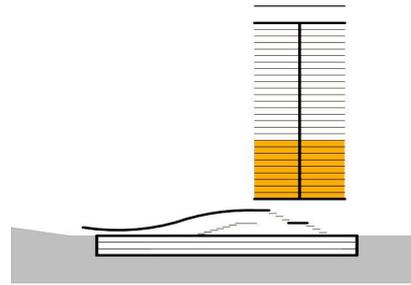


REGELGESCHOSS BÜRO:

- **BGF= 1100,00 m<sup>2</sup>**
- **NGF= 983,00 m<sup>2</sup>**
- **Mietfläche= 891,00 m<sup>2</sup>**

GESAMTFLÄCHEN BÜROS:  
(10 Geschosse)

- **BGF= 11000,00 m<sup>2</sup>**
- **NGF= 9830,00 m<sup>2</sup>**
- **Mietfläche= 8910,00 m<sup>2</sup>**



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

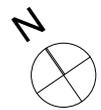
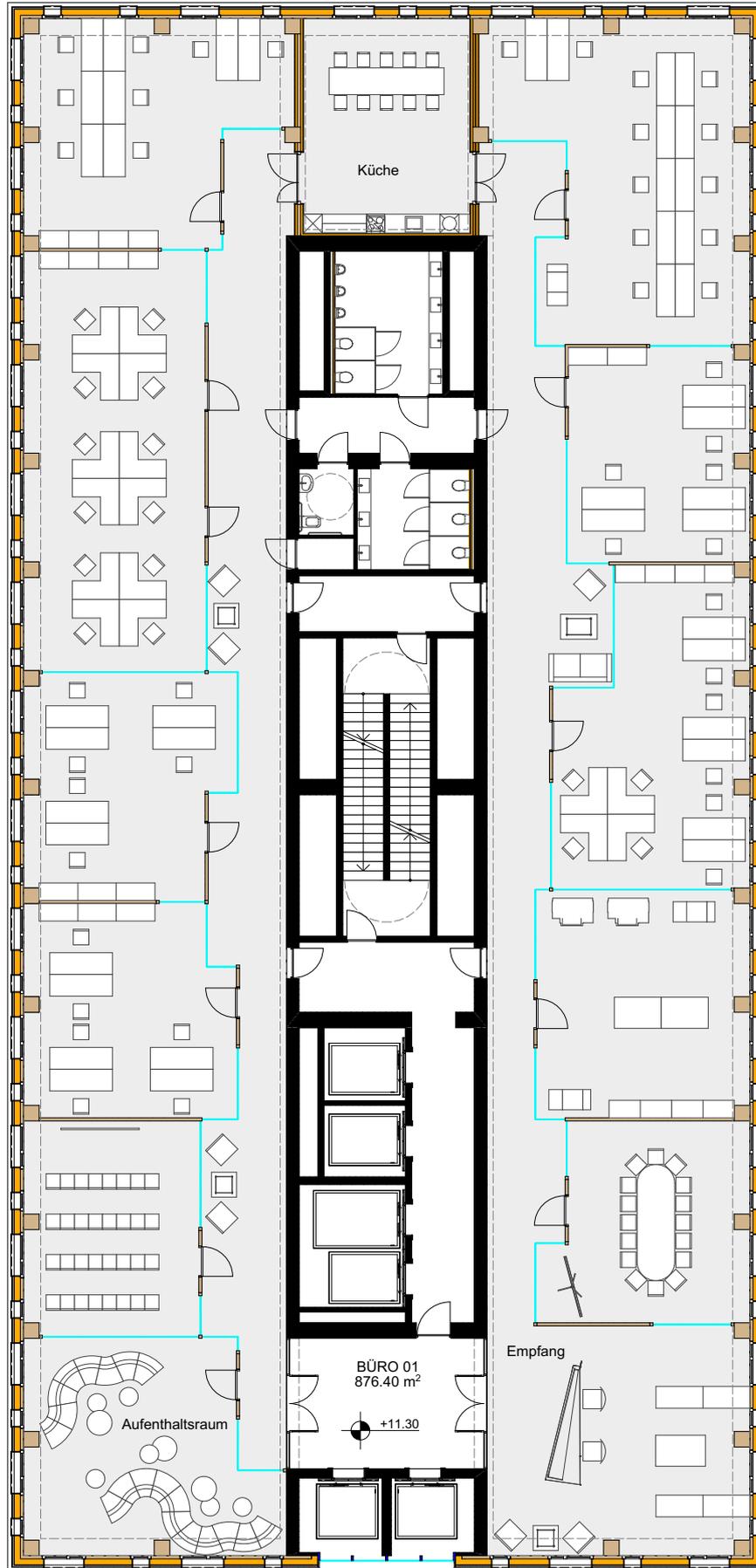
Abb.83 2. OBERGESCHOSS, M=1:300



0 5m



Abb.84 3. OBERGESCHOSS, M=1:200



0 5m

REGELGESCHOSS STUDENTENHEIM:

- BGF= 1100,00 m<sup>2</sup>
- NGF= 983,00 m<sup>2</sup>
- WNF= 668,00 m<sup>2</sup>
- Mietfläche= 758,00 m<sup>2</sup>

GESAMTFLÄCHEN STUDENTENHEIM:  
(9 Geschosse)

- BGF= 9900,00 m<sup>2</sup>
- NGF= 8847,00 m<sup>2</sup>
- WNF= 6012,00 m<sup>2</sup>
- Mietfläche= 6822,00 m<sup>2</sup>

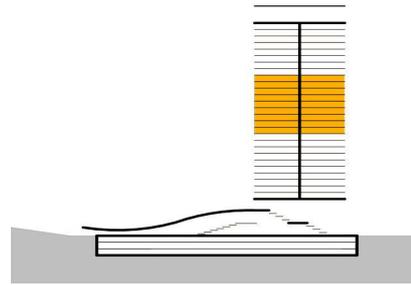


Abb.85 12. OBERGESCHOSS, M=1:300



0 5m

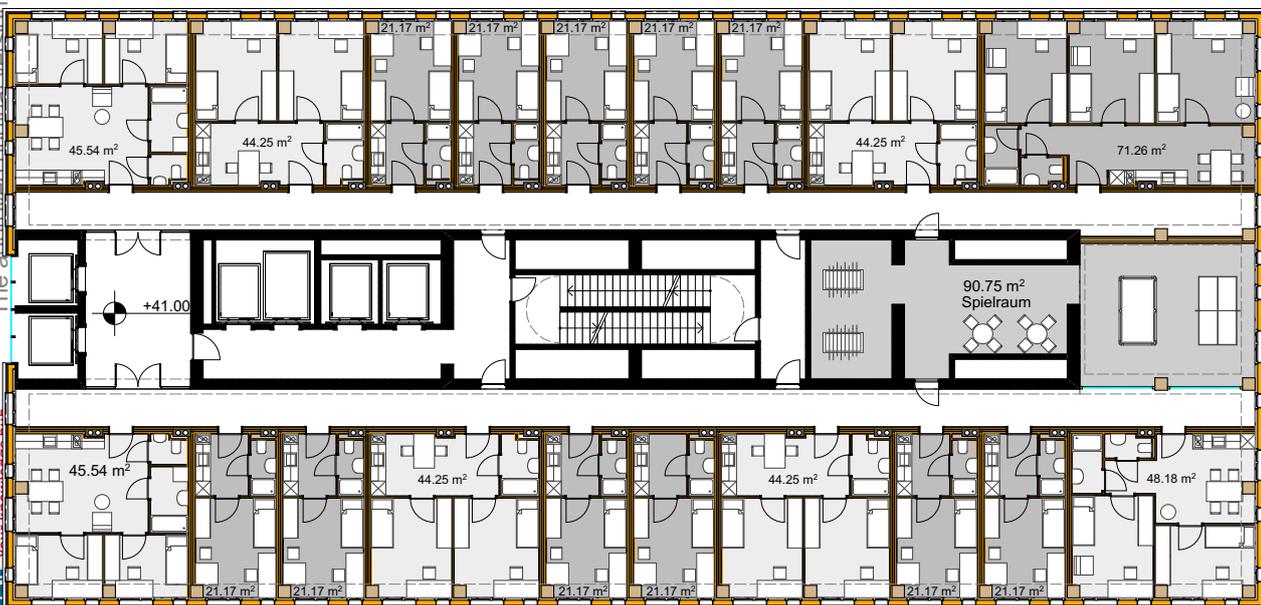
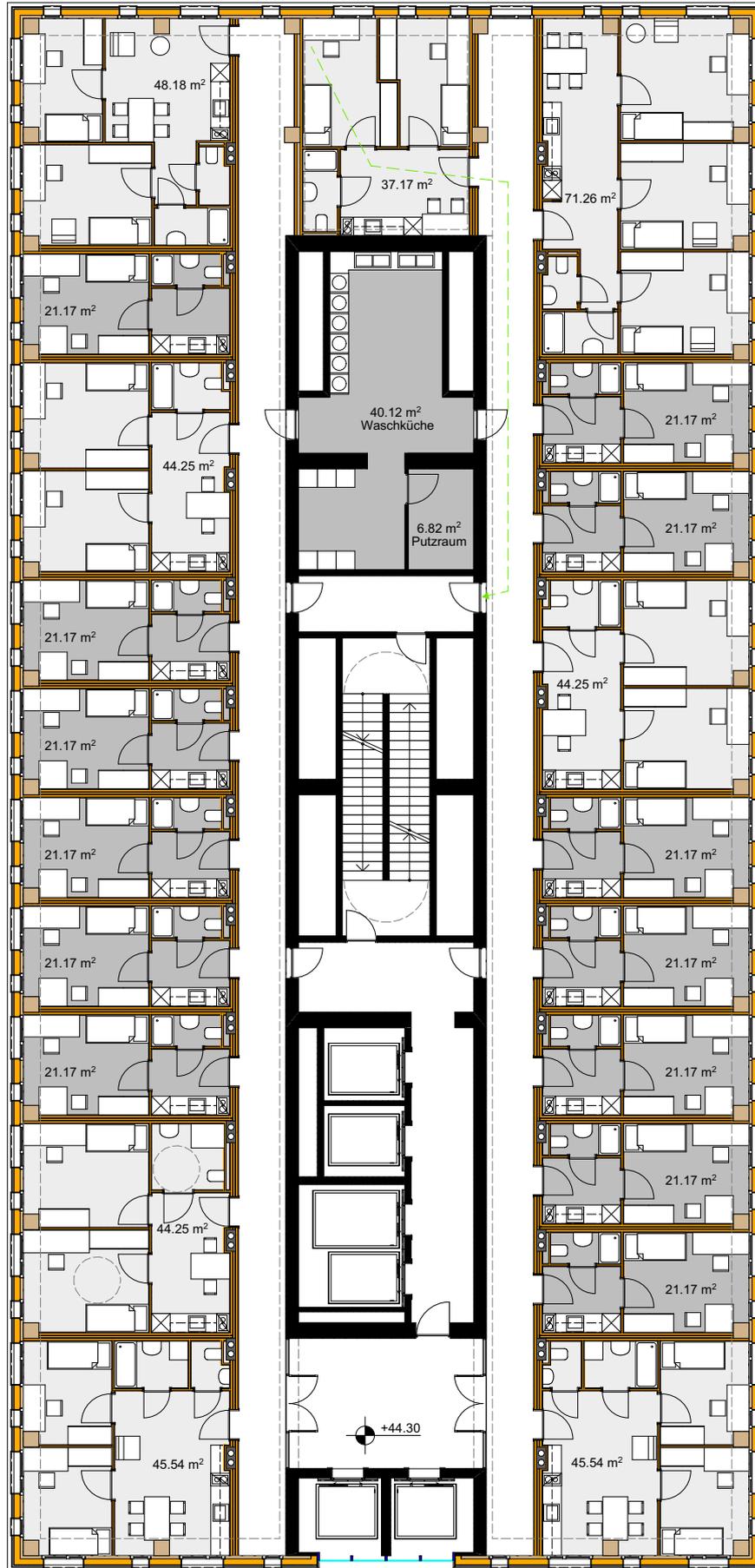


Abb.86 13. OBERGESCHOSS, M=1:200



### REGELGESCHOSS WOHNBEREICH:

- BGF= 1100,00 m<sup>2</sup>
- NGF= 983,00 m<sup>2</sup>
- WNF= 690,00 m<sup>2</sup>
- Mietfläche= 735,00 m<sup>2</sup>

### GESAMTFLÄCHEN WOHNUNGEN: (8 Geschosse)

- BGF= 8800,00 m<sup>2</sup>
- NGF= 7864,00 m<sup>2</sup>
- WNF= 5520,00 m<sup>2</sup>
- Mietfläche= 5880,00 m<sup>2</sup>

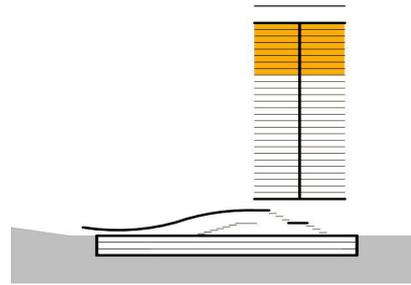


Abb.87 19. OBERGESCHOSS, M=1:300

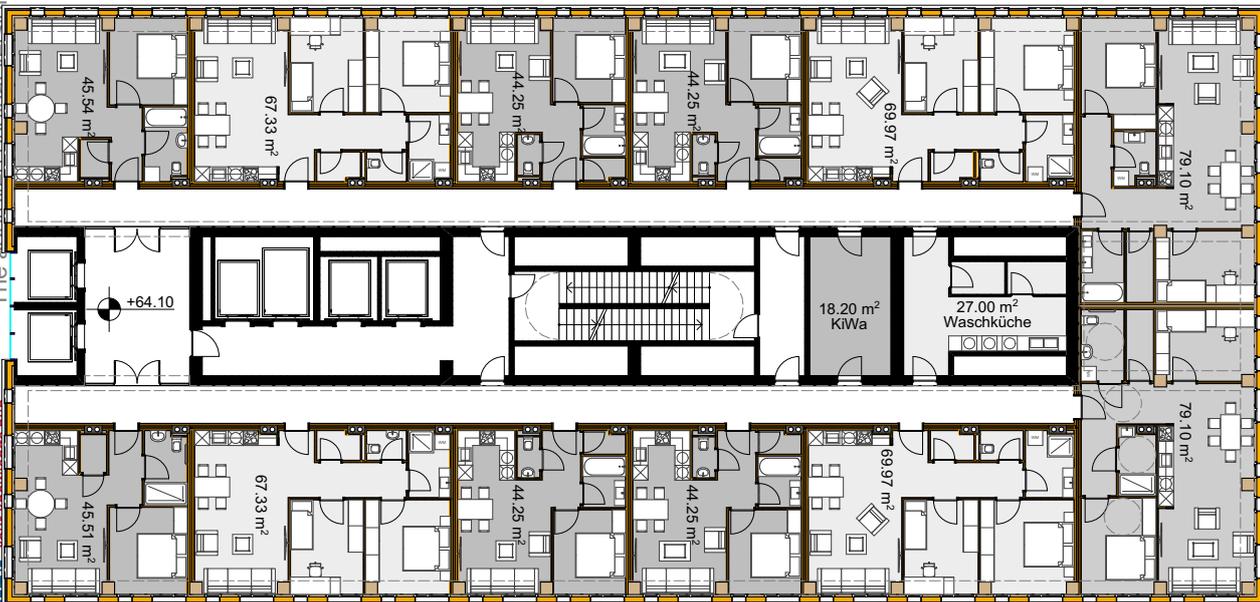
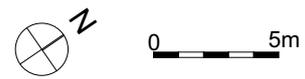
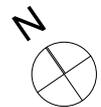
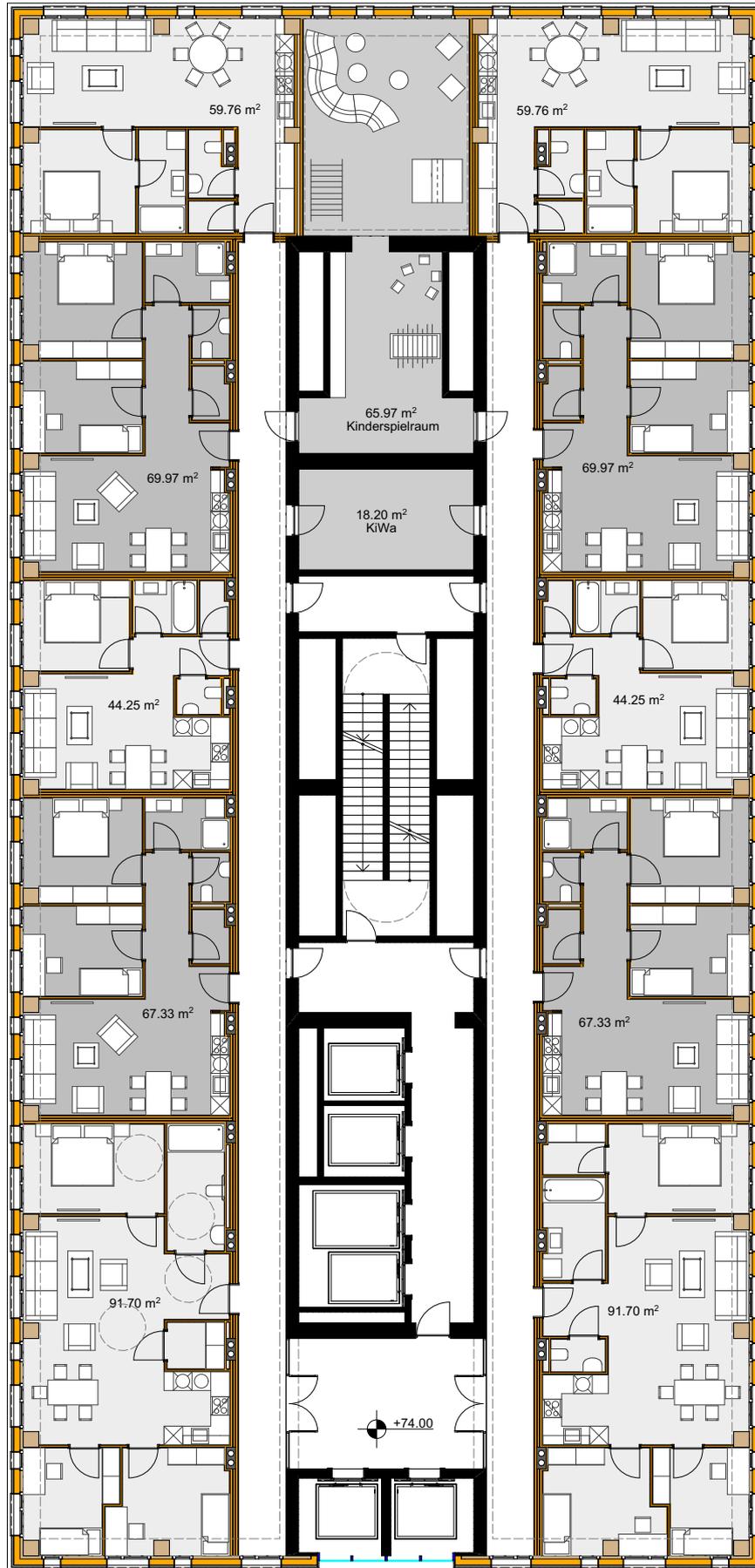


Abb.88 22. OBERGESCHOSS, M=1:200



0 5m

GESAMTFLÄCHEN RESTAURANT:  
(27. Obergeschoss + 28. Galerie)

- BGF= 1565,00 m<sup>2</sup>
- NGF= 1228,00 m<sup>2</sup>  
davon Verkehrsfläche: 338,00 m<sup>2</sup>  
davon Betriebsräume: 173,00 m<sup>2</sup>
- Mietfläche= 1228,00 m<sup>2</sup>

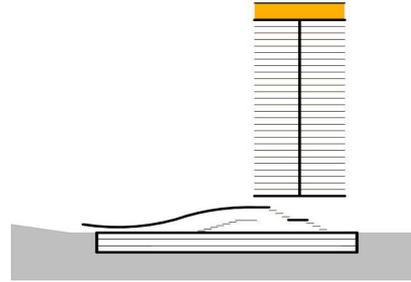


Abb.89 28. OBERGESCHOSS, M=1:300

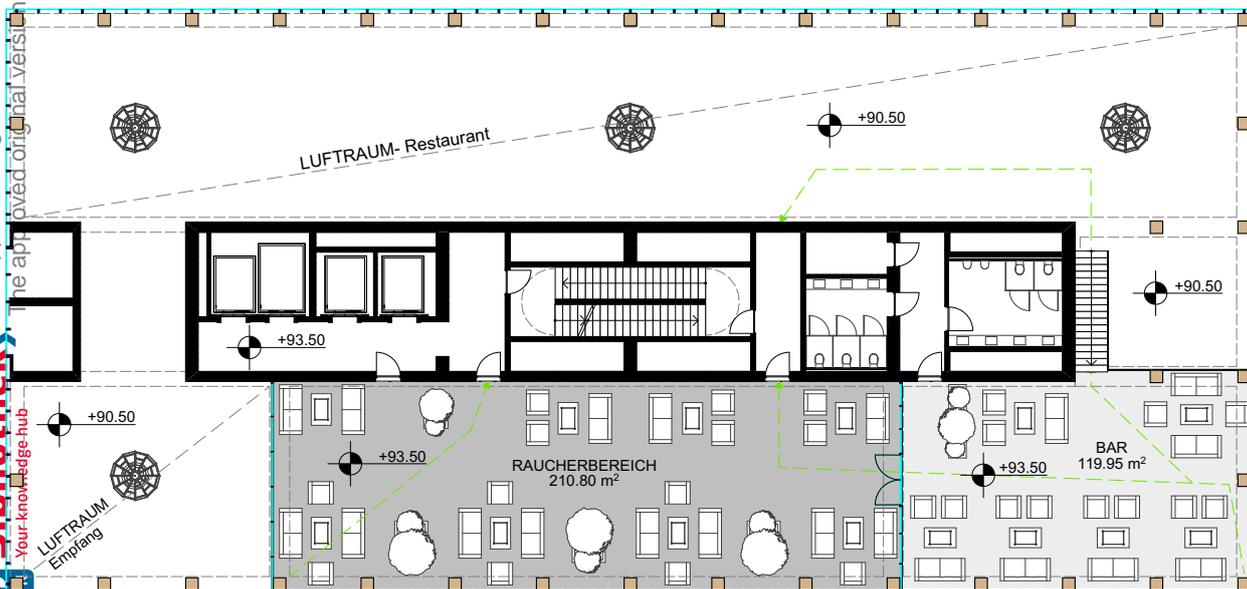
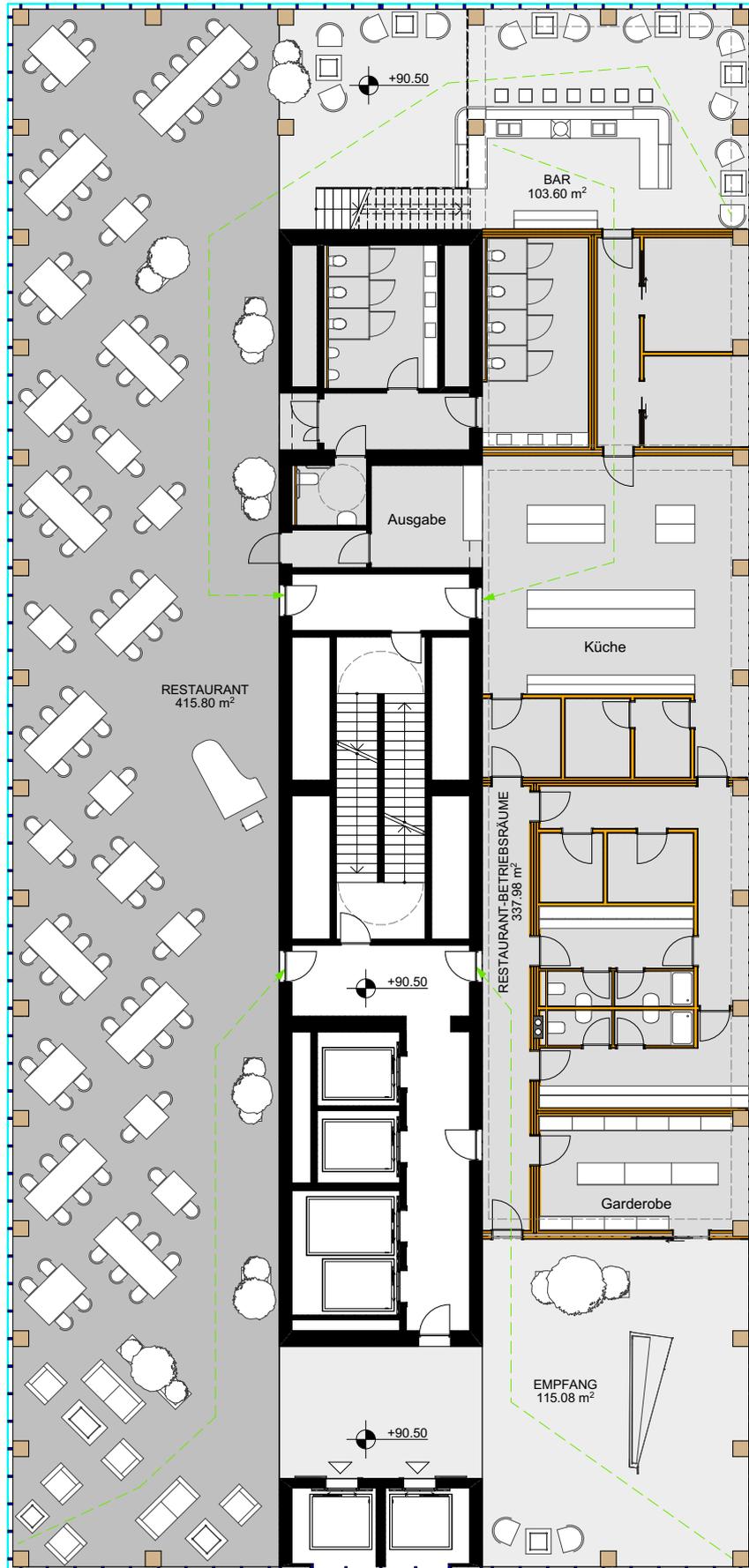
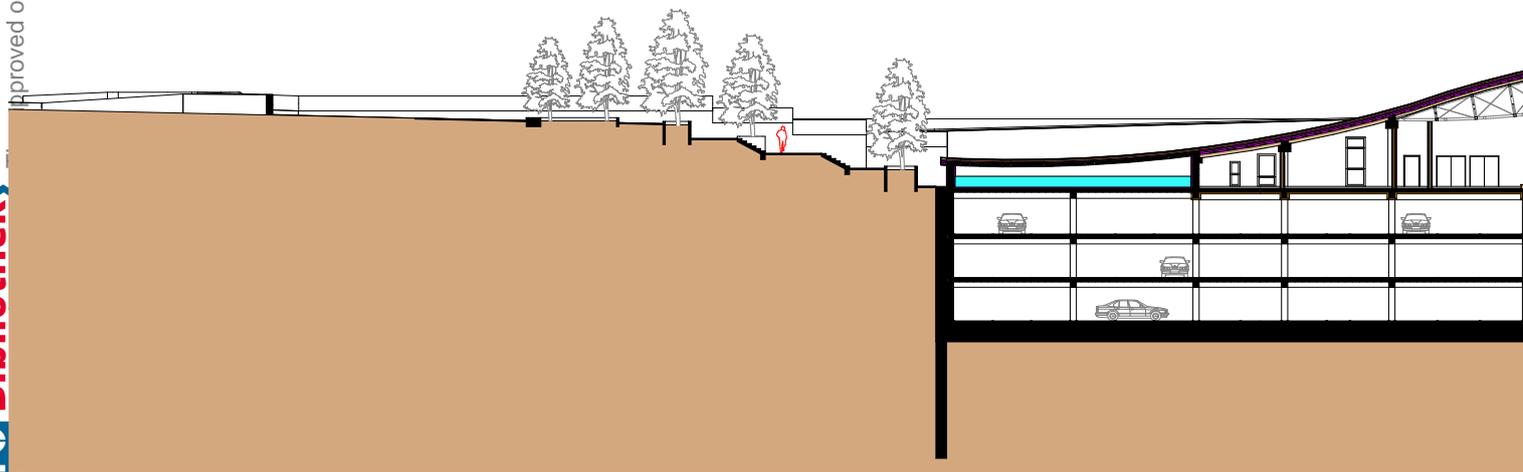


Abb.90 27. OBERGESCHOSS, M=1:200



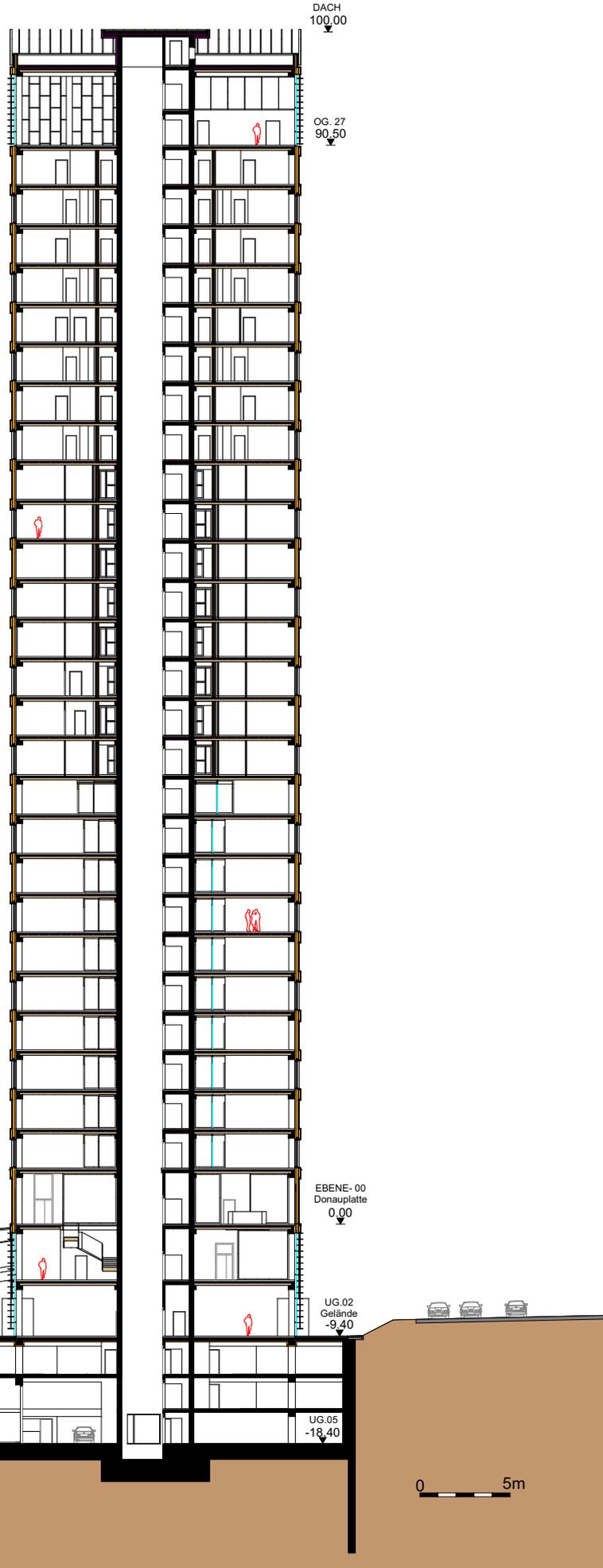


Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

otheks  
edge sub



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



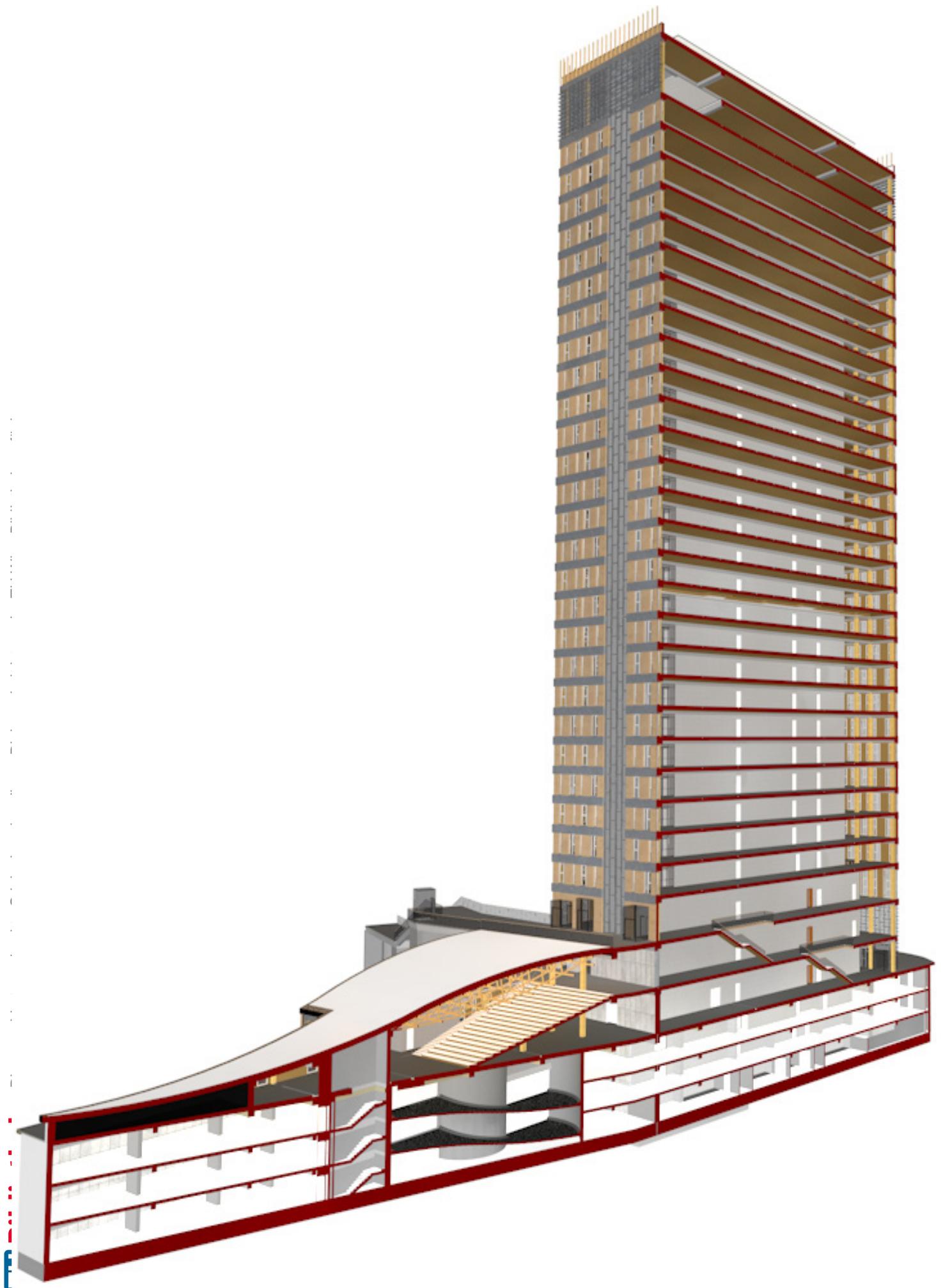
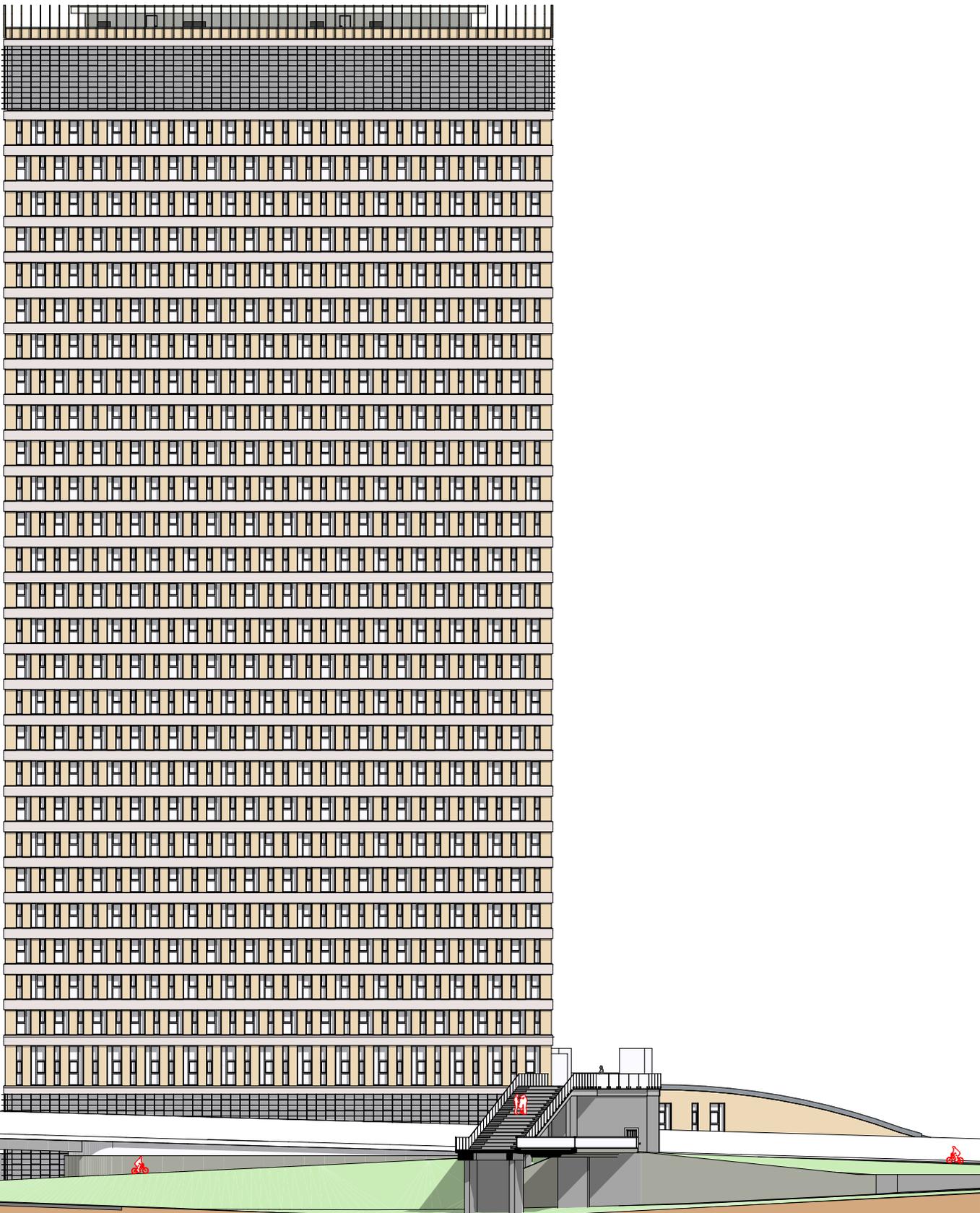


Abb.93 3D-Längsschnitt

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



0 5m

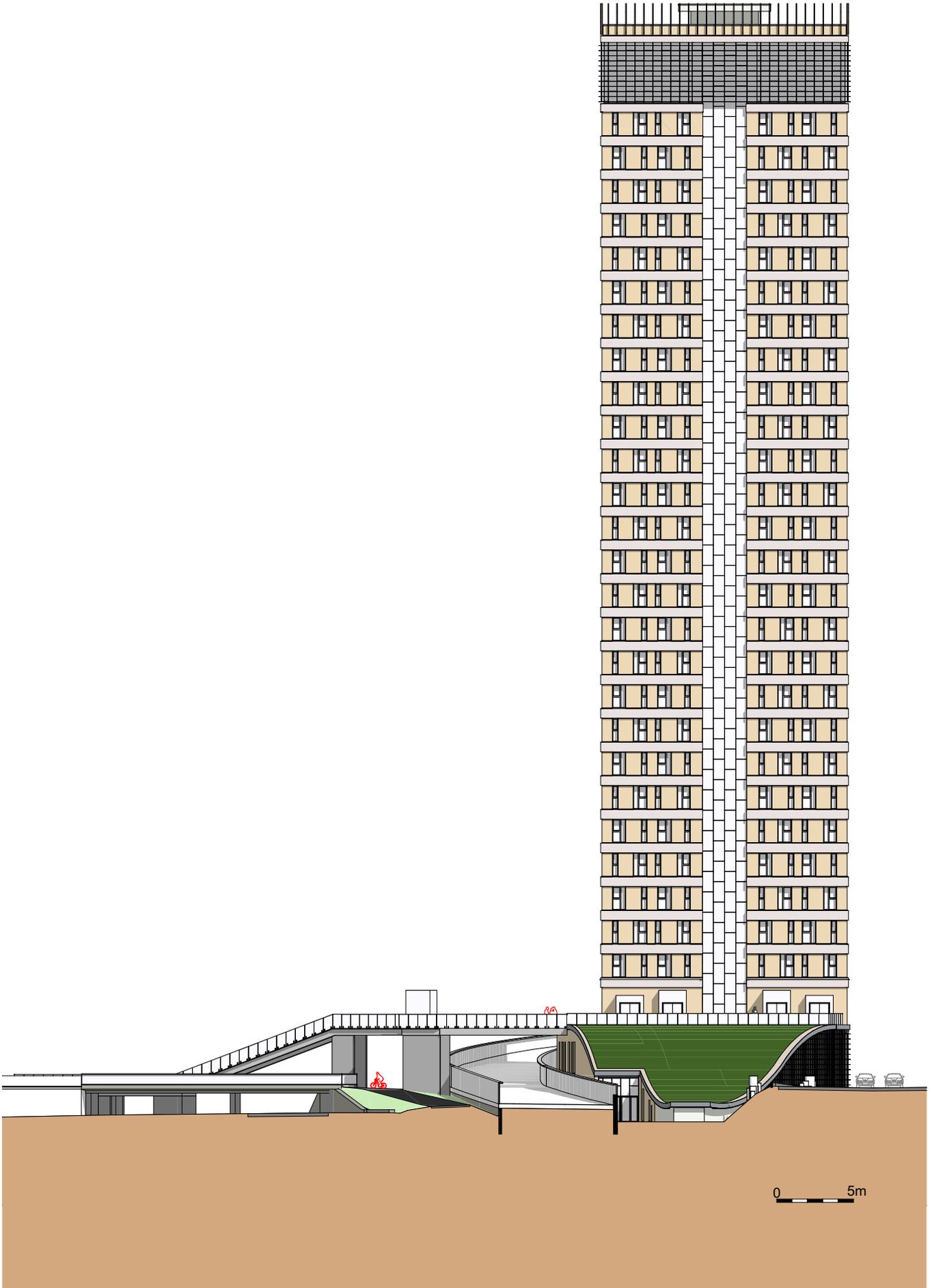
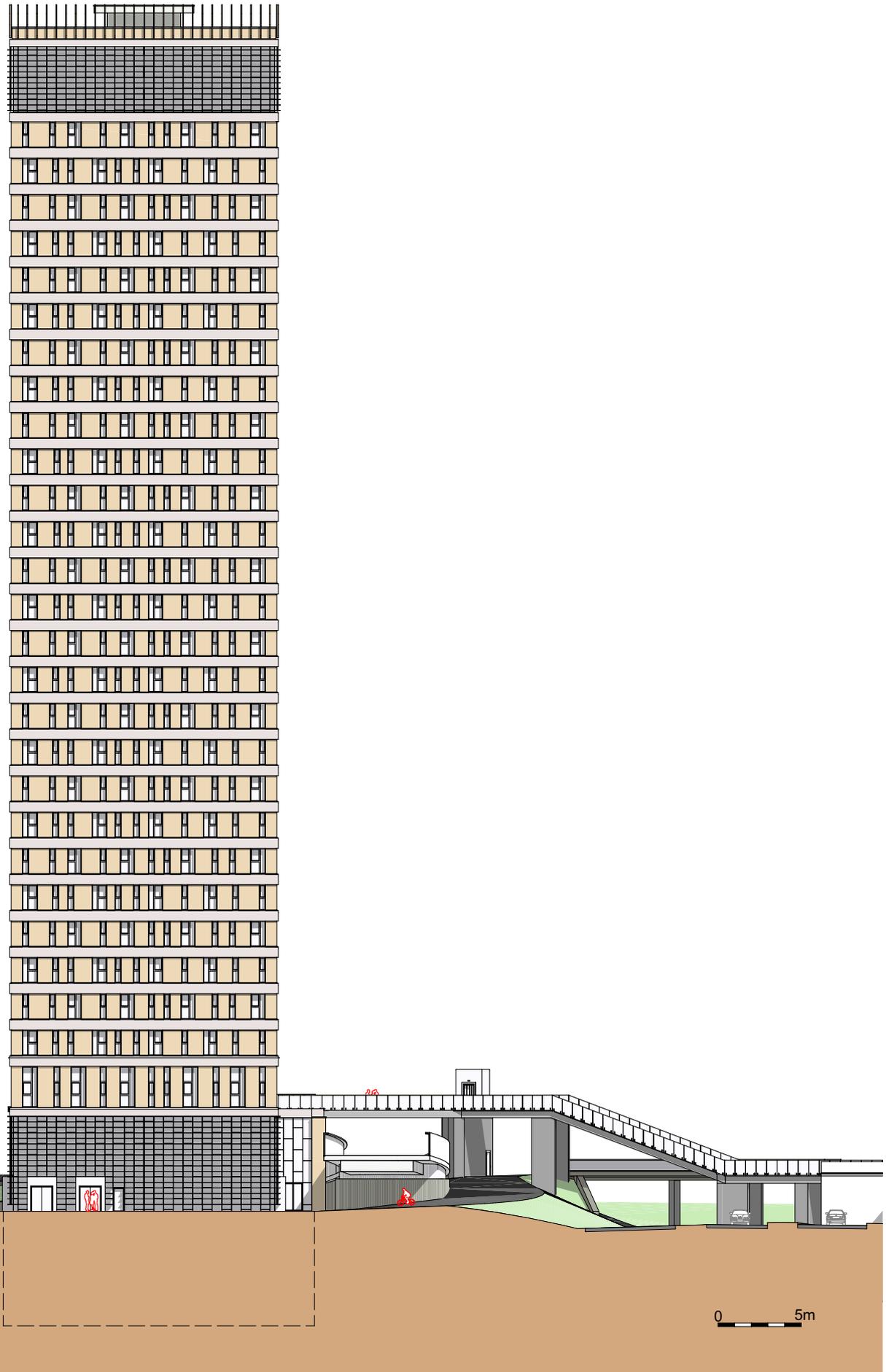


Abb.95 ANSICHT SÜD, M=1:500



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

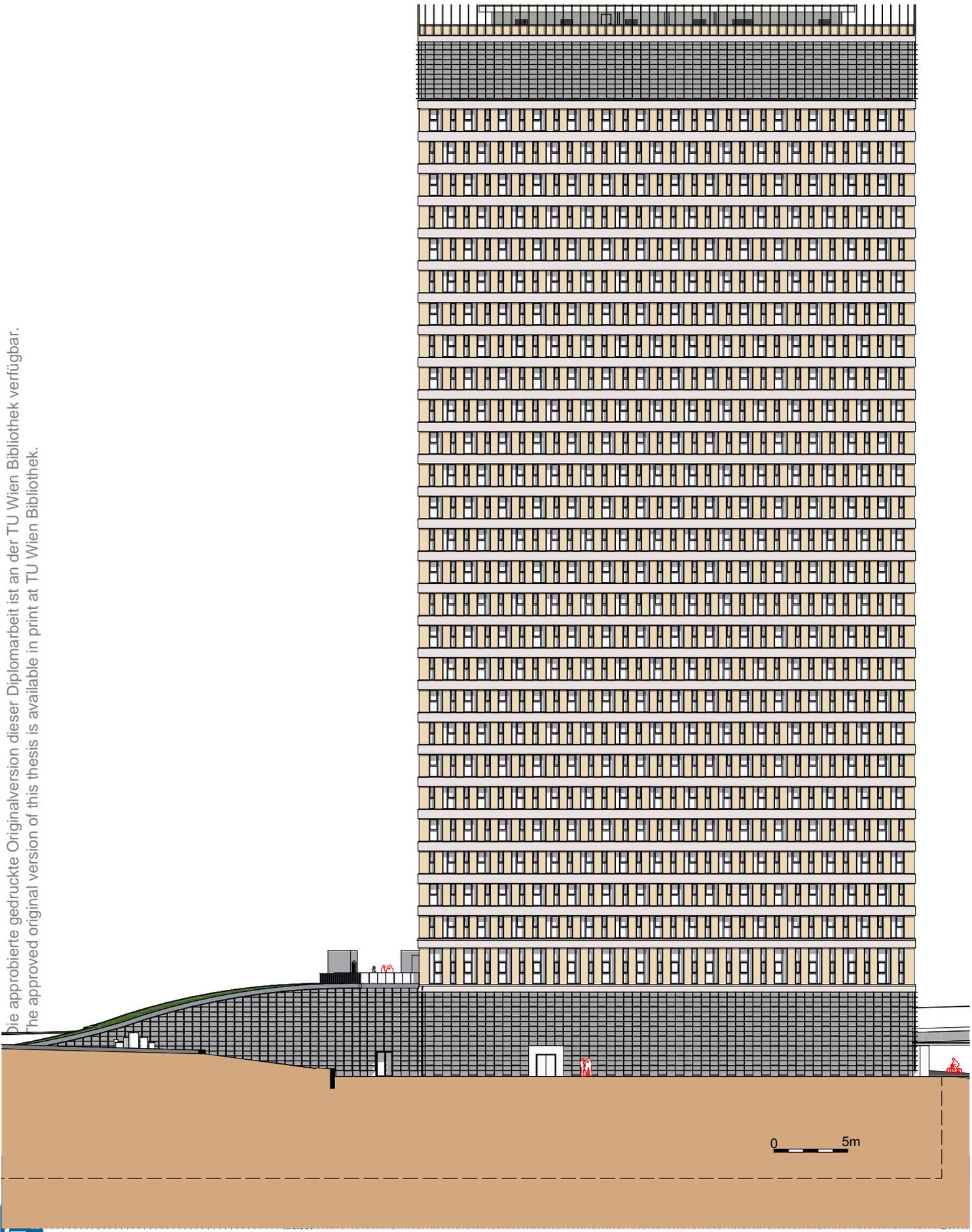
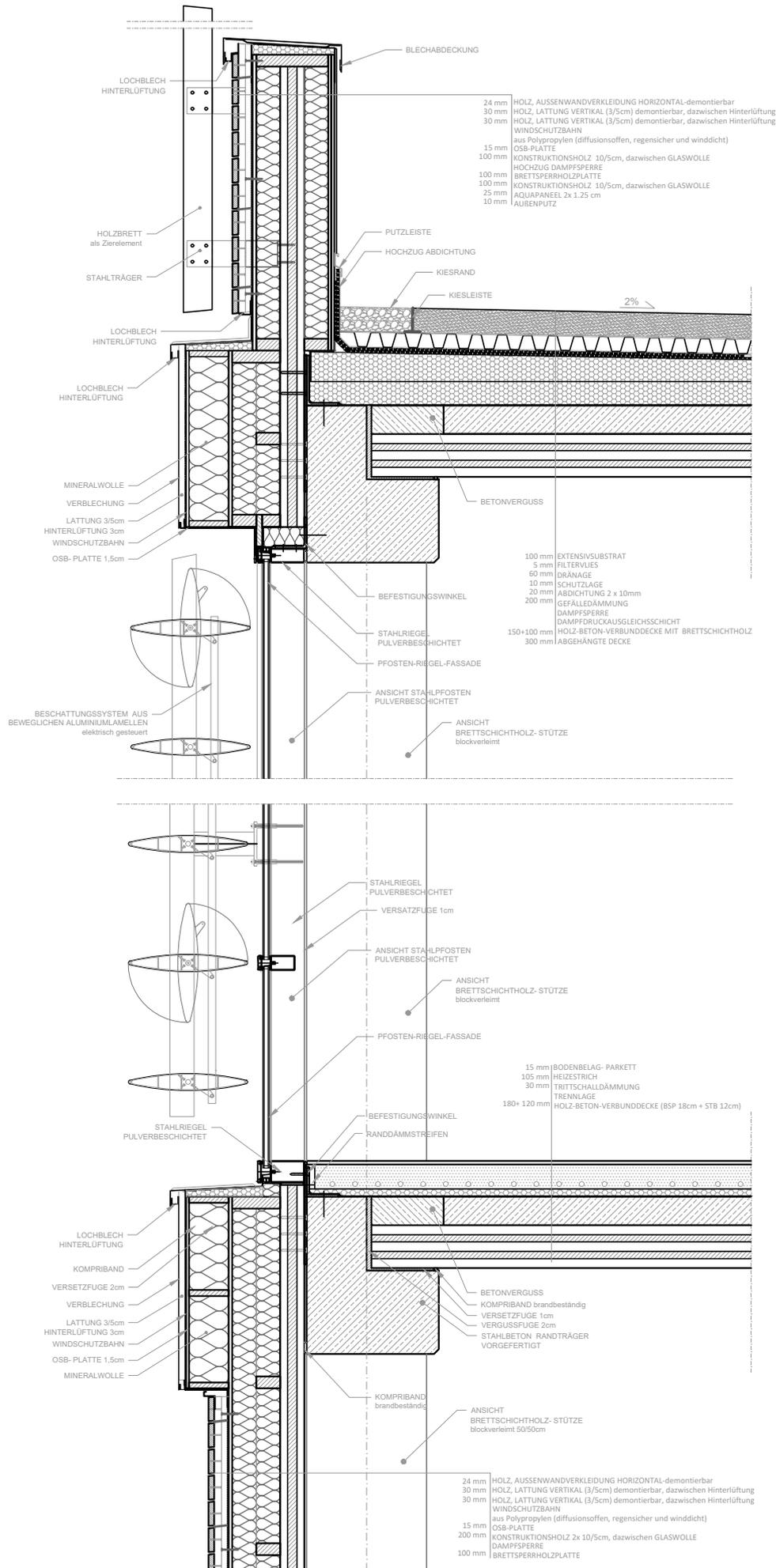


Abb.97 ANSICHT OST, M=1:500

# 14. DETAILS



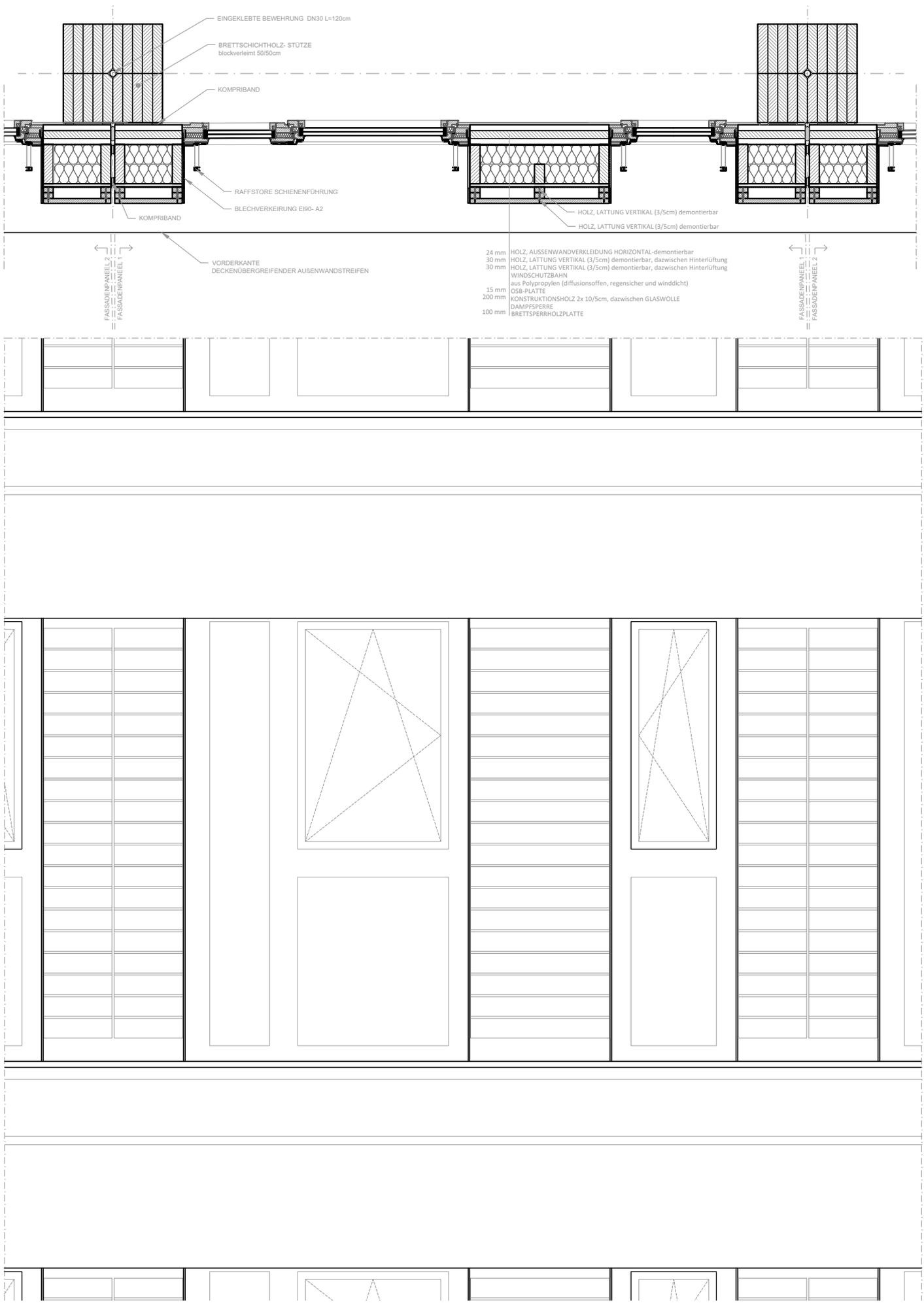
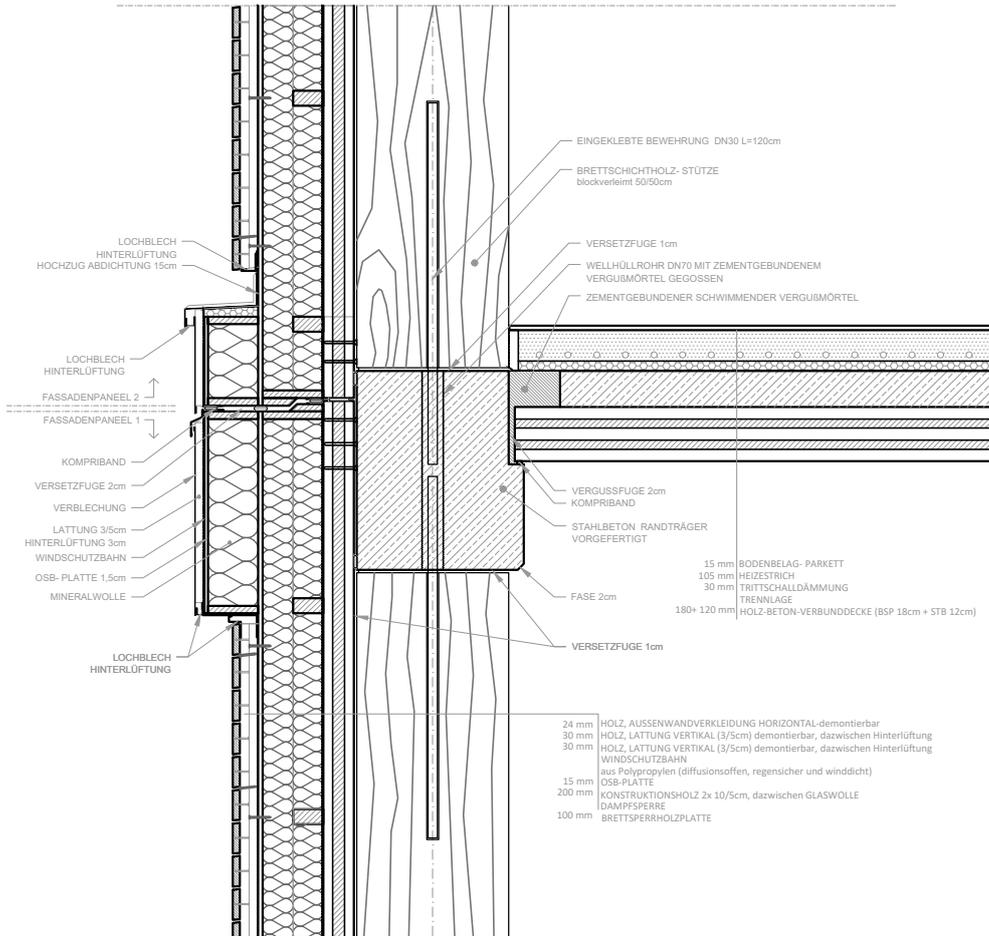
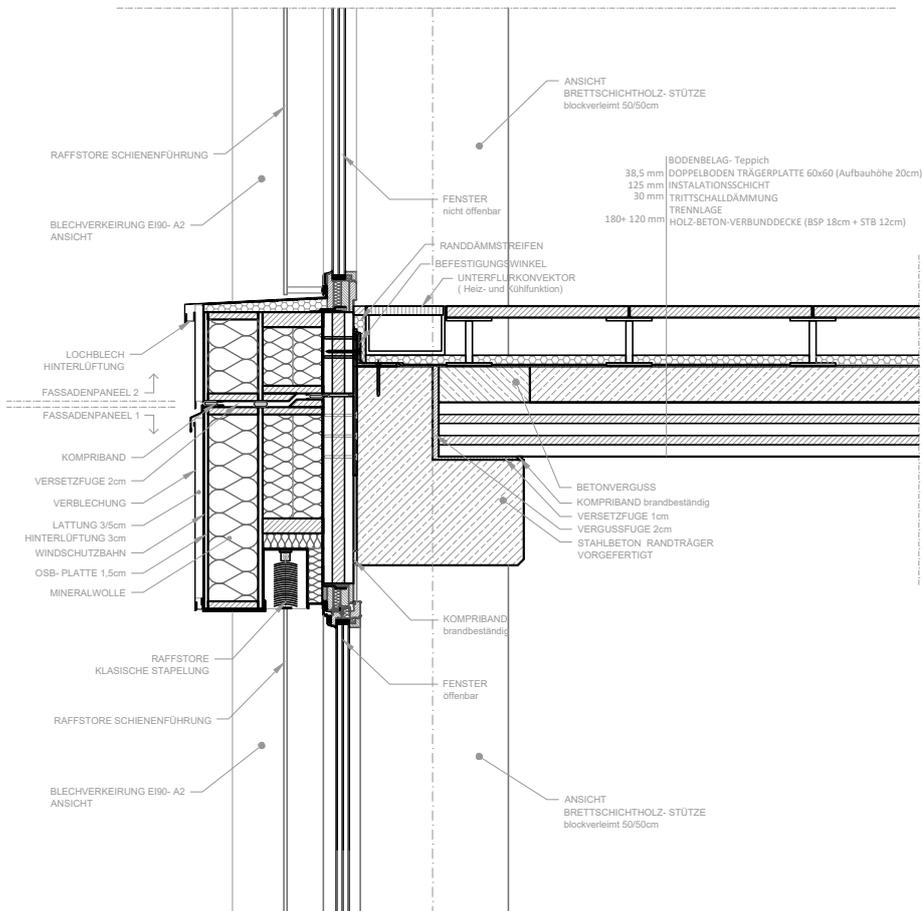


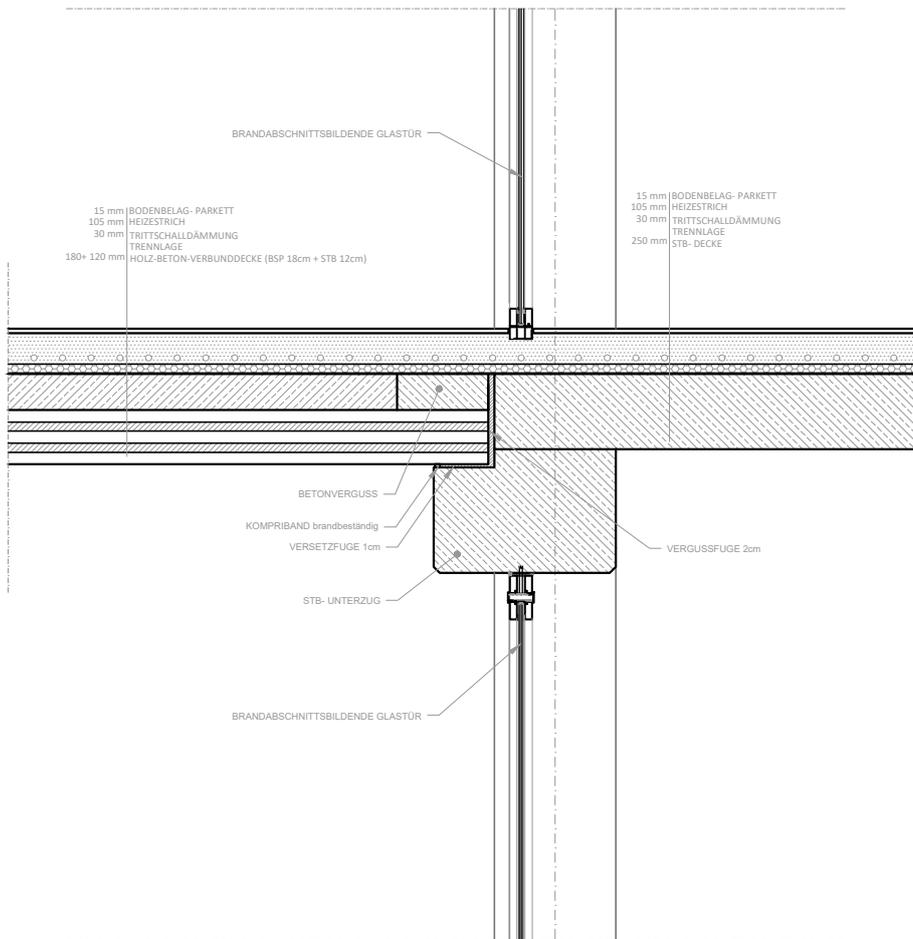
Abb.99 DETAIL Fassadenpaneele (oben Grundriss, unten Ansicht), M=1:25



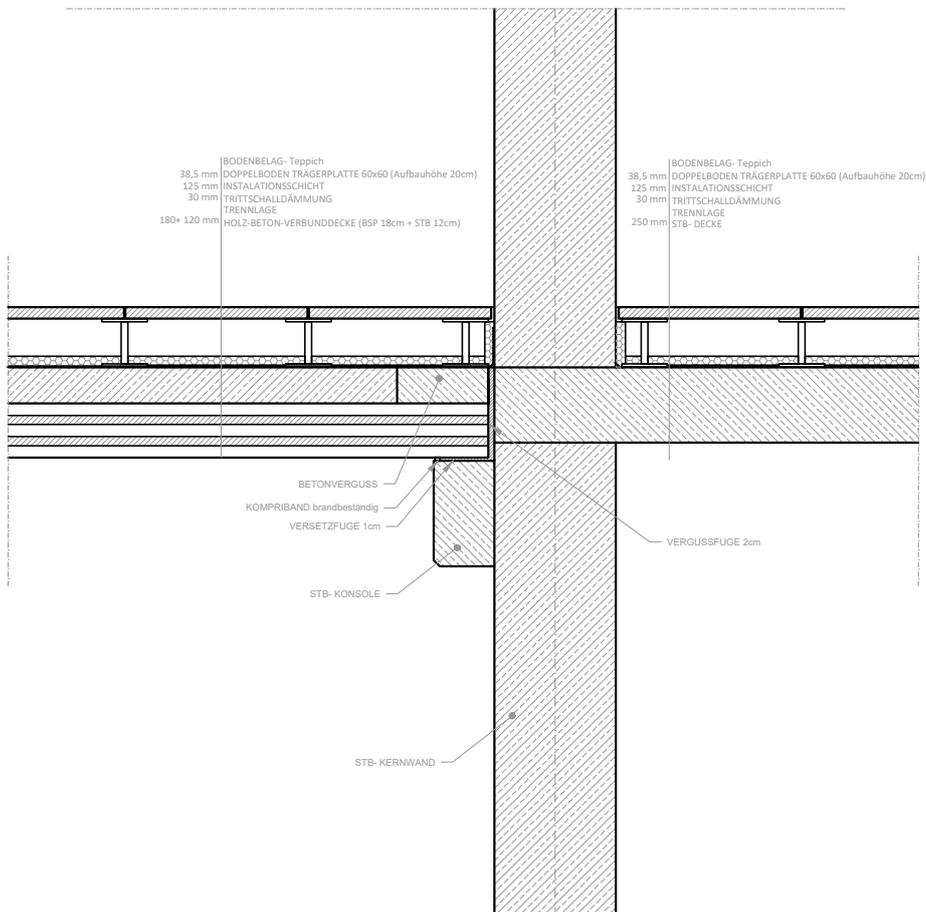
**Abb.100** DETAIL Anschlüsse sämtlicher Bauteile bei der Holzstütze, M=1:25



**Abb.101** DETAIL Anschlüsse sämtlicher Bauteile bei dem STB-Randträger, M=1:25



**Abb.102** DETAIL Anschluss der HBV-Decke an Ortbetonkern bei Liftlobby, M=1:25



**Abb.103** DETAIL Anschluss der HBV-Decke an Ortbetonkern, M=1:25

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.





## 15. 3D- VISUALISIERUNGEN





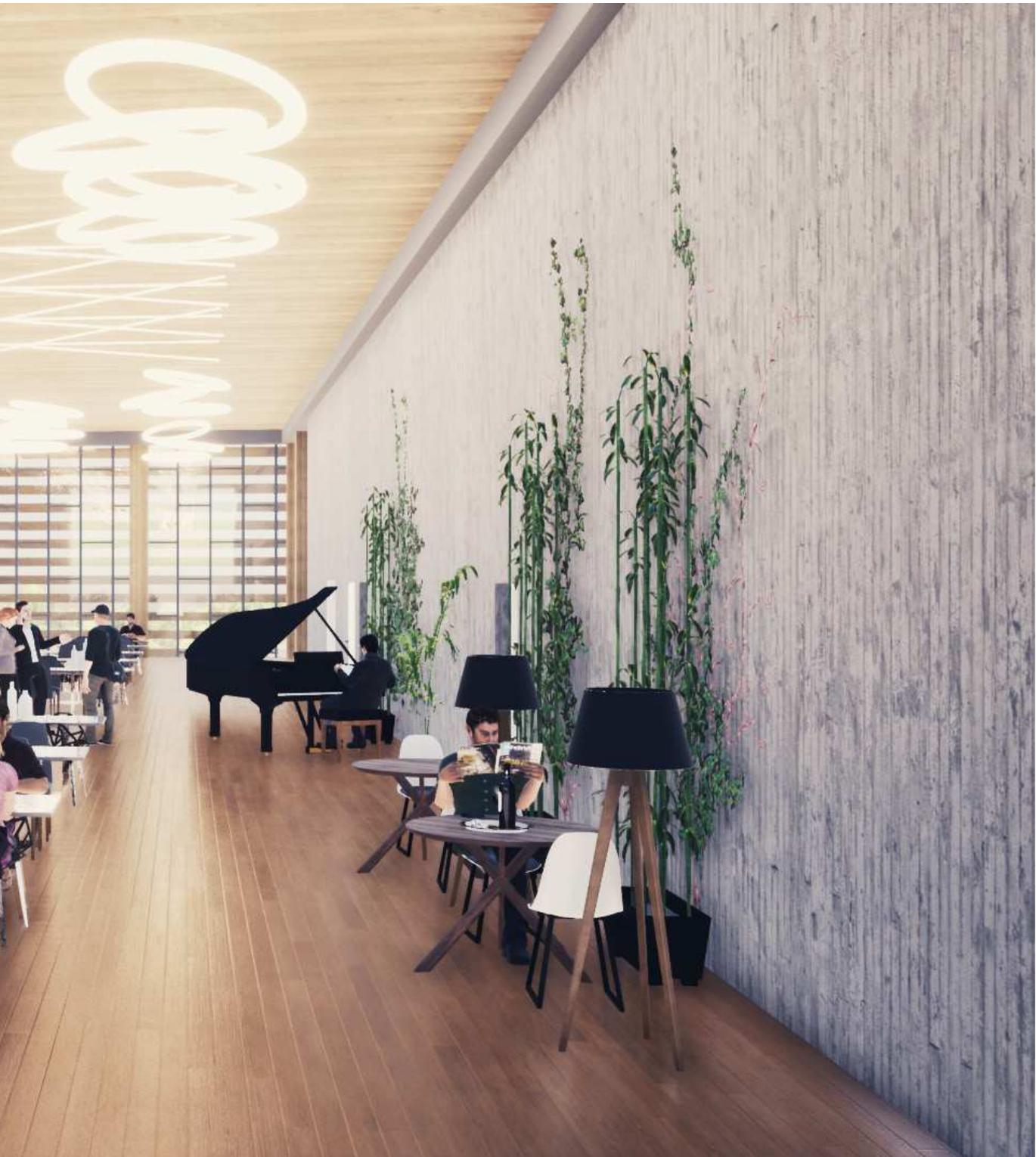












## 16. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Eine Gegenüberstellung von Urban Tree mit oben analysierten gebauten Beispielen bzw. welche Werte haben sich daraus ergeben stellt die beiliegende Grafik (Abb.109) dar.

Wegen der größeren Geschossfläche sowie der Geschossanzahl, die alle anderen analysierten Gebäude weitaus überhört, liegen die Zahlen beim Urban Tree viel höher, was einer Wirtschaftlichkeit entspricht.

Obwohl das Mjøstårnet heutzutage das höchste Holzhochohaus der Welt ist, ist es nicht dem Hoho und Urban Tree konkurrenzfähig in vielen Aspekten. Mit einer Höhe von über 84 m aber bei einer relativ niedrigen Geschossanzahl, ist Mjøstårnet unwirtschaftlich im Sinne der Ausnutzung der Raumfläche.

Einfache Formensprache und horizontale Gliederungselemente definieren eine leichte Plästizität der Fassade von Urban Tree.

Diese Fassadenstreifen sind nicht nur die Gestaltungselemente sondern auch eine der brandschutztechnischen Maßnahmen, die den vertikalen Brandüberschlag verhindern.

Diese Maßnahmen sind nur einige Beispiele, die zeigen, wie man von Vorschriften und OIB-Richtlinien abweichen kann, um eine Flexibilität und Gestaltungsfreiheit in allen Aspekten zu gewährleisten.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es geprüft wurde, dass man durch die Verwendung des klimafreundlichen baustoffes Holz das Klima schützt und einer gesünderen Umgebung beitragen kann.

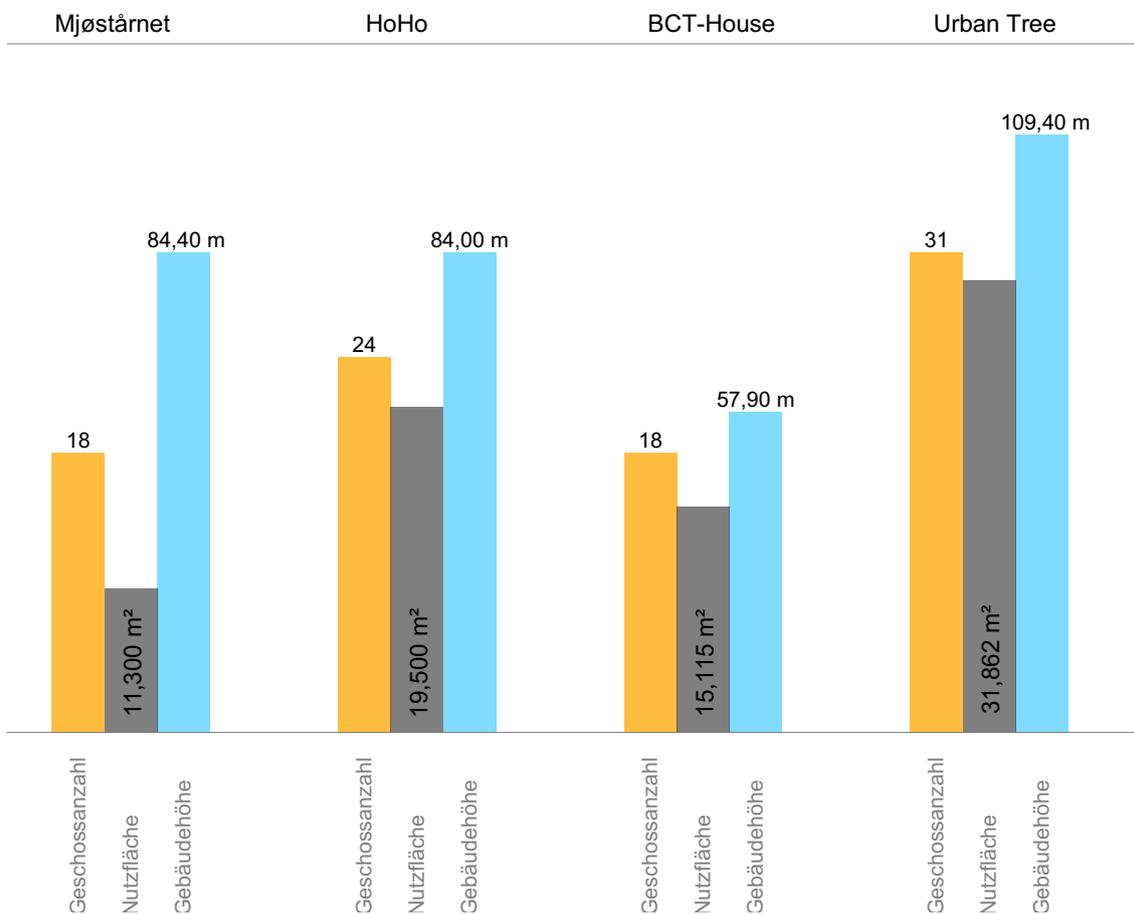


Abb.109 Gegenüberstellung verschiedener Kennzahlen

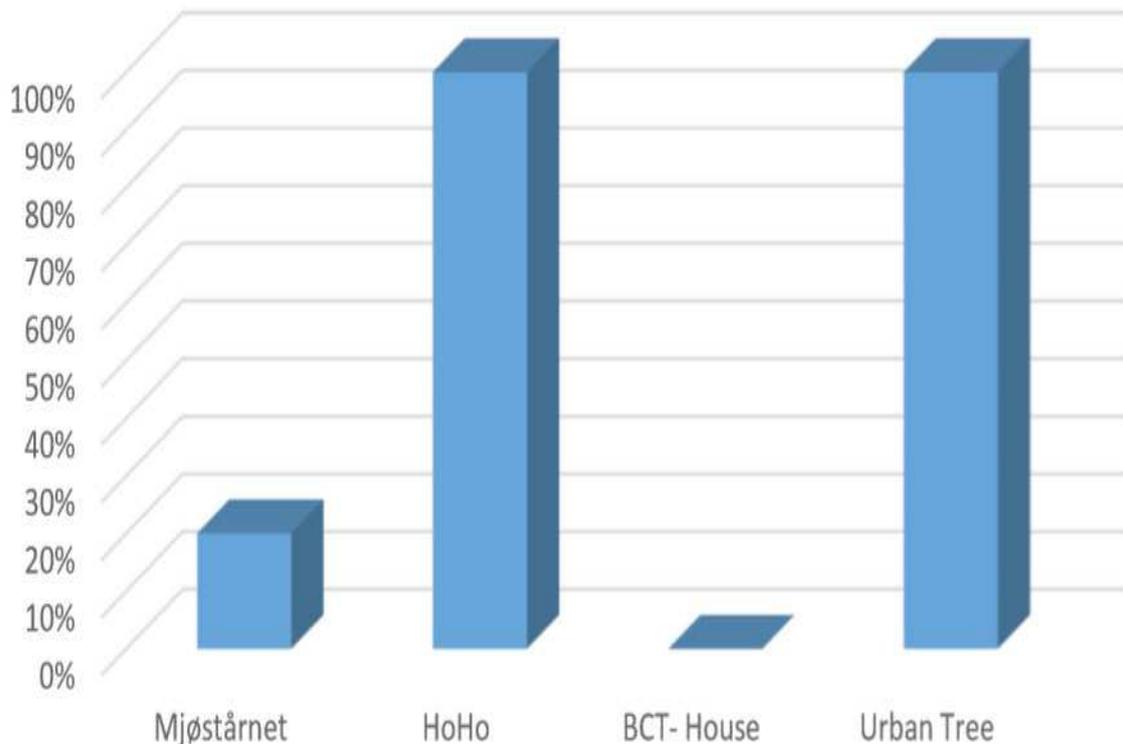
Die Grafik (Abb.110) zeigt, wie viel Holz als Grundbaustoff innerhalb und außerhalb des Gebäudes nach der Fertigstellung sichtbar bleibt.

Obwohl das Mjøstarnet ein großer Anteil der sichtbaren Holzoberflächen hat, wird es in der Tabelle mit nur ca.20% bewertet, weil die große Flächen der Fassadenwände auf der inneren Seite sowie die Deckenuntersicht mit Gipskarton Platten beplankt worden sind.

Demgemäß veredeln ausschließlich die Holzstützen den Innenraum dieses Gebäudes.

Aus dem Entwurf für Urban Tree hat sich ergeben, dass alle Holzelemente, die als tragende umgesetzt sind, mit möglichst unbehandelter rauer Oberfläche sichtbar bleiben.

Im Unterschied zu HoHo sind Fassadenpaneele bei "Urban Tree" vollständig vorgefertigt und von der Innenseite montiert und befestigt, wobei ein Arbeitsgerüst nicht notwendig wäre. Diese Arbeitsweise reduziert die Herstellungskosten und Zeit. Ausgehend davon, dass die Fassade aus einer echten Holzverschalung statt brandbeständiger Mineralfaserplatten besteht, wurde Urban Tree als das holzoberflächenreichste Gebäude bewertet.



**Abb.110** Anteil der sichtbaren Holzoberfläche von tragenden Bauelementen

## 17. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Um das festgelegte Ziel dieser Arbeit zu erreichen, werden folgende Maßnahmen und Entscheidungen getroffen.

Anhand ausreichender Brandschutzmaßnahmen ist es möglich geworden, alle tragenden Holzbauteile in einem Hochhaus mit über 100 Meter Höhe sichtbar zu machen.

Durch die Sprinkleranlage kann das Problem von brennbaren Baustoffen effektiv gelöst werden, um den vorgeschriebenen Feuerwiderstand im Dauer von mindestens 90 Minuten zu halten.

Weil die Fassadenverkleidung ebenso aus Holz besteht, sind die zusätzlichen Maßnahmen zur Verhinderung der Brandausbreitung sowie des vertikalen Brandüberschlages angewendet.

Durch Aktivierung einer zweiten Sprinkleranlage mit eigener unabhängiger Wasserversorgung wurde das erforderliche Sicherheitsniveau der hölzernen Fassadenpaneele erreicht.

Wenn man über Normen und Vorschriften redet, muss man sich fragen, warum eine der Grundideen vom HoHo nicht verwirklicht wurde, obwohl es mit einer Holzfassade entworfen worden ist?

Nach zahlreichen Planeinsichten ist es mir aufgefallen, dass von der Planung wahrscheinlich aufgrund mangelhafter Kenntnisse der Vorschriften oft eine gute Idee vorbereitet wird, die im Endeffekt nicht dem entworfenen Planstand entsprechen kann, was zur Änderung der Fassadenverkleidung führen könnte. In solchen Fällen werden die wesentlichen Probleme übersehen, und dementsprechend muss das Materialkonzept der Fassade in der Ausführungsphase geändert werden.

Deswegen muss man eine entsprechende Formensprache schon in der Entwurfsphase finden, um diesen Materialtausch bei der Errichtung des Gebäudes zu vermeiden.

Dieses Problem wurde bei Urban Tree neben des anlagentechnischen Brandschutzes mit baulichen Maßnahmen in Form von nicht brennbaren waagerechten Fassadentrennstreifen aus mit Blech verkleideter Mineralwolle gelöst.

Diese Fassadenstreifen erstrecken sich entlang der Deckenebene bzw. Stahlbeton-Randträger in jedem Regelgeschoss,

und haben zweifache Bedeutung in diesem Projekt. Einerseits stellen sie den baulichen Brandschutz dar. Andererseits gestalten sie die Fassade und brechen die Monotonie der serienmäßig vorgefertigten Fassadenpaneele.

Der Stahlbetonkern dient neben seiner tragenden und aussteifenden Funktion zum Brandschutz, indem die Personen im potenziellen Brandfall durch einen sicheren Weg ins Freie flüchten können.

Anschließend möchte ich noch etwaige Fragen zum Thema Holz stellen.

Warum ist es möglich, ein Hochhaus mit Gebäudekern und Fassade aus Holz in Norwegen zu bauen, während in Österreich nach bisheriger Erfahrung so ein Bauforhaben derzeit praktisch unmöglich ist, obwohl in beiden Ländern die Brandschutzziele ähnlich definiert sind?

Diese Problematik könnte in unterschiedlichen Interpretationen und unterschiedlichen Vorschriften sowie in Baugesetzen in einigen Ländern liegen.

Wie hoch kann man mit Holz bauen steht noch immer offen, weil die Höhe eines Gebäudes direkt von Querschnitten der Holzelemente abhängig ist.

Wo die Grenzen von Querschnittsgrößen liegen, damit das Bauen von hohen Gebäuden sinnvoll und wirtschaftlich bleibt, ist noch zu erforschen und herauszufinden, wenn es sich um Holz als Grundbaustoff handelt.

Meiner persönlichen Meinung nach ist die Adaptation der Vorschriften und Normen in erster Linie von führenden forstwirtschaftlichen Ländern notwendig, um das Holz als Baustoff höchsteffektiv dem heutigen Stand der Technik ohne Minderung der Schutzziele zu bringen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass das Holz nach der Logik der Hybridbauweise mehr Potenzial hat, in Kombination mit anderen Materialien allen Herausforderungen zu beantworten und heutige Grenzen durchzubrechen.



## 18. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

**Abb.1 Anteil der Bevölkerung in Städten weltweit von 1985 bis 2015 und Prognose bis 2050**  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37084/umfrage/anteil-der-bevoelkerung-in-staedten-weltweit-seit-1985/>, S. 10

**Abb.2 Grünes Bauen zur Erhaltung des gesunden Lebenszyklus**  
<https://www.iass-potsdam.de/de/forschung/entwicklung-von-standardisierten-leitlinien-fuer-die-lebenszyklus-analyse-des-co2>, S. 11

**Abb.3 schematische Darstellung des analytischen Forschungsansatzes**  
eigene Darstellung (Archicad), S. 13

**Abb.4 Außenlärm, Luftschall, Trittschall**  
<https://www.leserer.eu/>, eigene Bearbeitung, S. 14

**Abb.5 Abmessungen eines Standard-Sattelaufhängers mit max. 40 Tonnen Gesamtgewicht**  
eigene Darstellung, S. 15

**Abb.6 Kreislauf eines Gebäudes**  
[https://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Publications/170/Eurima\\_LCA\\_WhitePaper\\_Final\\_20170915.pdf](https://www.eurima.org/uploads/ModuleXtender/Publications/170/Eurima_LCA_WhitePaper_Final_20170915.pdf), S. 16

**Abb.7 Konstruktionsvollholz**  
eigene Darstellung, S. 18

**Abb.8 Brettschichtholz**  
eigene Darstellung, S. 18

**Abb.9 Brettstapelholz**  
eigene Darstellung, S. 19

**Abb.10 Brettsperrholz**  
eigene Darstellung, S. 19

**Abb.11 Hohlkastenelement**  
eigene Darstellung, S. 19

**Abb.12 Bauelemente aus Holz, die besonders für Hochbau geeignet sind**  
*Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz* September 2018, Nr. 71, *proHolz Austria*; Seite 6, S. 20

**Abb.13 Varianten der Vorfertigung, Überblick**  
*Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz* Juni 2013 Nr. 50, *proHolz Austria*, Seite 12, S. 21

**Abb.14 Schichtbildung beim Abbrand des Holzes**  
*Brandschutztechnische Ertüchtigung von Holz durch Oberflächenbekleidung; Dr.- Ing. Karin Lißner, Dresden; Prof. Dr.- Ing. Wolfgang Rug, Eberswalde/Wittenberge; Seite 1, S. 22*

**Abb.15 Brandschutzvorschriften für Hochhäuser in Österreich und anderen europäischen Ländern**  
*Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz, September 2015, Nr. 59, proHolz Austria; Seite 16, S. 22*

**Abb.16 geschlossener Holz- und CO<sub>2</sub> Kreislauf**  
*Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz, September 2015, Nr. 59, proHolz Austria, Seite 29, S. 24*

**Abb.17 in einem Kubikmeter Holz wird fast eine tonne CO<sub>2</sub> gespeichert**  
eigene Darstellung, S. 24

**Abb.18 Varietät an Holztexturen**  
[http://leimfuge.de/assets/3\\_3-1024x514.jpg](http://leimfuge.de/assets/3_3-1024x514.jpg), S. 25

**Abb.19 Vergrauung durch Bewitterung**  
<http://www.proholz.at/holzarten/veraenderung/>, S. 25

**Abb.20 Witterungsbeanspruchung in Mitteleuropa**  
*Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz, September 2016 Nr. 63, proHolz Austria, Seite 6, S. 25*

**Abb.21 Mittelwerte der Wartungsintervalle an Holzfassaden**  
*Holz als Werkstoff und Werke in Holz, September 2016 Nr. 63, proHolz Austria, Seite 23, S. 25*

**Abb.22 schematisches Spannungs-Dehnungs-Diagramm vom Stahl**  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Spgs-Dehnungs-Kurve\\_Streckgrenze.svg#/media/File:-Diagramm-mit-streckgrenze.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Spgs-Dehnungs-Kurve_Streckgrenze.svg#/media/File:-Diagramm-mit-streckgrenze.png), S. 26

**Abb.23 Brandschutzmaßnahmen für Stahl**  
[https://www.oki.bilfinger.com/fileadmin/bis-ok/leistungen/brandschutz/bilfinger\\_15\\_oki\\_leistungen\\_brandschutz\\_hochbau\\_stahl-beton-konstruktion\\_1\\_260x310px.png](https://www.oki.bilfinger.com/fileadmin/bis-ok/leistungen/brandschutz/bilfinger_15_oki_leistungen_brandschutz_hochbau_stahl-beton-konstruktion_1_260x310px.png), S. 27

**Abb.24 schematische Darstellung des Lebenszyklus vom Baustahl**  
*Ökobilanzieller Vergleich von Hallen unterschiedlicher Bauweisen, Seite 11, www.bauforumstahl.de, S. 28*

**Abb.25 Brandwiderstandsfähigkeit des Betons**  
[https://www.zement.at/downloads/brandschutz\\_mit\\_beton.pdf](https://www.zement.at/downloads/brandschutz_mit_beton.pdf), S. 31

**Abb.26 schematische Darstellung des Lebenszyklus vom Beton**  
<https://www.fskb.ch/kies/ruckbau/>, S. 32

**Abb.27 Holzbeton-Verbund-Element**  
eigene Darstellung, S. 34

**Abb.28 Herstellung der HBV-Elemente**  
eigene Darstellung, S. 34

**Abb.29 Varianten von HBV-Decken**  
*Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz, Juni 2014, Nr. 54, proHolz Austria, Seite 8, S. 35*

**Abb.30 Holz-Stahl-Verbundträger**  
*Dissertation, Timber-steel hybrid beams for multi-storey buildings, Felipe Riola Parada, Technische Universität Wien, 2016, Seite 145, S. 36*

**Abb.31 Holz-Stahl-Verbunddecke**  
[http://www.proholz-ooe.at/fileadmin/proholz.ooe/media/Tagungsunterlage\\_Holz\\_im\\_Verbund\\_12112015.pdf](http://www.proholz-ooe.at/fileadmin/proholz.ooe/media/Tagungsunterlage_Holz_im_Verbund_12112015.pdf), S. 36

**Abb.32 Stahl-Beton-Verbundstütze**  
[http://www.proholz-ooe.at/fileadmin/proholz.ooe/media/Tagungsunterlage\\_Holz\\_im\\_Verbund\\_12112015.pdf](http://www.proholz-ooe.at/fileadmin/proholz.ooe/media/Tagungsunterlage_Holz_im_Verbund_12112015.pdf), S. 37

**Abb.33 typische Verbindung eines Stahlträgers und STB-Decke**  
<https://www.bauwion.de/begriffe/verbundtraeger-verbunddecke>, S. 37

**Abb.34 Tabelle Vergleich der Materialeigenschaften**  
eigene Darstellung, S. 38

**Abb.35** Gegenüberstellung verschiedener Kennzahlen  
*eigene Darstellung, S. 40*

**Abb.36** Mjøstårnet, das höchste Holzgebäude der Welt  
<https://www.dezeen.com/2019/03/19/mjost-arne-worlds-tallest-timber-tower-voll-arkitekter-norway/>, S. 42

**Abb.37** Mjøstårnet, Tragkonstruktion  
*Mjøstårnet – Construction of an 81 m tall timber building, 23. Internationales Holzbau-Forum IHF 2017, R. Abrahamsen, Seite 5, S. 43*

**Abb.38** Mjøstårnet, Längsschnitt  
*Mjøstårnet – Construction of an 81 m tall timber building, 23. Internationales Holzbau-Forum IHF 2017, R. Abrahamsen, Seite 10, S. 43*

**Abb.39** Mjøstårnet, Regelgeschoss Hotel  
<https://archi.ru/news/83071/samoe-vysokoe-derevyannoe-zdanie-teper-nakhoditsya-v-norvegii>, S. 43

**Abb.40** HoHo, Rendering  
<https://www.lainer.at>, S. 44

**Abb.41** Anschluss Stütze-Randträger-Decke  
*Holzhochhaus HoHo Wien – Das Tragwerkskonzept, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 162. Jg., Heft 1–12/2017, R. Woschitz und J. Zotter, Wien, Seite 2, S. 45*

**Abb.42** Tragwerkskonzept  
*Holzhochhaus HoHo Wien – Das Tragwerkskonzept, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 162. Jg., Heft 1–12/2017, R. Woschitz und J. Zotter, Wien, Seite 2, S. 45*

**Abb.43** HoHo, Nutzunstypen  
<https://www.beuth.de/blob/155732/543999a557cd2a3ec26417514b24159/holzbauforum-2016-sterl-data.pdf>, S. 45

**Abb.44** Montageprinzip  
*Holzhochhaus HoHo Wien – Das Tragwerkskonzept, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 162. Jg., Heft 1–12/2017, R. Woschitz und J. Zotter, Wien, Seite 2, S. 45*

**Abb.45** Brock Commons Tallwood House  
[http://cwc.ca/wp-content/uploads/2018/07/CS-BrockCommon.Study\\_.23.Ir\\_.pdf](http://cwc.ca/wp-content/uploads/2018/07/CS-BrockCommon.Study_.23.Ir_.pdf), S. 46

**Abb.46** Montage  
[http://cwc.ca/wp-content/uploads/2018/07/CS-BrockCommon.Study\\_.23.Ir\\_.pdf](http://cwc.ca/wp-content/uploads/2018/07/CS-BrockCommon.Study_.23.Ir_.pdf), S. 47

**Abb.47** Stütze-Decke 3D Detail  
[http://www.woodworks.org/wp-content/uploads/2016-Tall-Timber-Workshop-Brock-Commons\\_Jackson.pdf](http://www.woodworks.org/wp-content/uploads/2016-Tall-Timber-Workshop-Brock-Commons_Jackson.pdf), S. 47

**Abb.48** Grundriss 1. Obergeschoss  
<https://www.hkarchitekten.at/projekt/student-residence-at-brock-commons/>, S. 47

**Abb.49** Querschnitt  
<https://www.hkarchitekten.at/projekt/student-residence-at-brock-commons/>, S. 47

**Abb.50** Stütze-Decke Anschlussdetail  
<https://www.treehugger.com/green-architecture/students-move-worlds-tallest-timber-tower.html>, S. 47

**Abb.51** gebaute Beispiele- Tabellenübersicht  
*eigene Darstellung, S. 48*

**Abb.52** Anteil der sichtbaren Holzoberfläche von tragenden Bauelementen  
*eigene Darstellung, S. 49*

**Abb.53** Gegenüberstellung verschiedener Kennzahlen  
*eigene Darstellung, S. 50*

**Abb.54** Distribution der dominantesten Einzelhochhäuser und Hochhausgruppen in Bezug auf U-Bahnnetz in Wien  
*eigene Bearbeitung, Karte: <https://schwarzplan.eu/>, S. 52*

**Abb.55** städtebauliche Situation in Kaisermühlen  
*eigene Bearbeitung, Karte: <https://schwarzplan.eu/>, S. 53*

**Abb.56** Kaisermühlen, Verhältnis des Urbanen Trees zum unmittelbaren baulichen Umfeld  
*eigene Bearbeitung, 3D Modell: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/viewer/stadtplan3d/>, S. 54*

**Abb.57** Sichtachsen  
*eigene Bearbeitung, Karte: <https://schwarzplan.eu/>, S. 54*

**Abb.58** Höhenverhältnisse der benachbarten Bauten in der fluvialen Stadtlandschaft in Kaisermühlen  
*eigene Darstellung, S. 55*

**Abb.59** Grundprinzip eines ökologischen Bauens im dicht bebauten Städten  
*eigene Darstellung, S. 56*

**Abb.60** Grün- und Wasserflächen leisten die Nahrungsmittel für Urban Tree  
*eigene Bearbeitung, 3D Foto als Grundlage, <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/viewer/stadtplan3d/>, S. 56*

**Abb.61** Entwicklungsprozess des Baukörpers  
*eigene Darstellung, S. 57*

**Abb.62** Konzept Querschnitt durch Donauplatte  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 58*

**Abb.63** Konzept Längsschnitt durch die Schale  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 59*

**Abb.64** verschiedene Konstellationen der Raumnutzungen im privaten Teil des Gebäudes  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 60*

**Abb.65** Tragwerkskonzept und Montageablauf  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 65*

**Abb.66** Grundprinzip des Tragwerks im Regelgeschoss  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 66*

**Abb.67** Tragwerk, 3D-Darstellung  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 67*

**Abb.68** Grundriss, Tragwerkskonzept im Regelgeschoss  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 68*

**Abb.69** Sprinkleranlage Leitungen in der Deckenebene  
*eigene Darstellung (Autocad), S. 70*

**Abb.70** Verteilung der Sprinklerleitungen, Grundriss  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 71*

**Abb.71** Prinzip der Druckbelüftung und -entlüftung der Schleusen im Gebäudekern  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 72*

**Abb.72** Haustechnik Grobkonzept  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 73*

**Abb.73** Brandschutzkonzept im Regelgeschoss  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 76*

**Abb.74** Flächenwidmungs- und Bebauungsplan (Grundstück mit unmittelbarer Umgebung)  
<https://www.wien.gv.at/flaechenwidmung/public/> (Zugriff: 10.10.2019), S. 79

**Abb.75** LAGEPLAN M=1:800  
*eigene Darstellung (Archicad + Autocad), S. 80*

**Abb.76** SCHATTENSTUDIE (Stand 01.06.2019)  
M=1:1500  
*eigene Darstellung (Archicad + Autocad), S. 82*

**Abb.77** -5. UNTERGESCHOSS, M=1:333  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 84*

**Abb.78** -4. UNTERGESCHOSS, M=1:333  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 86*

**Abb.79** -3. UNTERGESCHOSS, M=1:333  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 88*

**Abb.80** -2. UNTERGESCHOSS (Geländeneiveau), M=1:333  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 90*

**Abb.81** -1. UNTERGESCHOSS, M=1:333  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 92*

**Abb.82** ERDGESCHOSS (Projektnull), M=1:333  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 94*

**Abb.83** 2. OBERGESCHOSS, M=1:300  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 96*

**Abb.84** 3. OBERGESCHOSS, M=1:200  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 97*

**Abb.85** 12. OBERGESCHOSS, M=1:300  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 98*

**Abb.86** 13. OBERGESCHOSS, M=1:200  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 99*

**Abb.87** 19. OBERGESCHOSS, M=1:300  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 100*

**Abb.88** 22. OBERGESCHOSS, M=1:200  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 101*

**Abb.89** 28. OBERGESCHOSS, M=1:300  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 102*

**Abb.90** 27. OBERGESCHOSS, M=1:200  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 103*

**Abb.91** LÄNGSSCHNITT 1-1, M=1:500  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 104*

**Abb.92** QUERSCHNITT A-A, M=1:500  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 106*

**Abb.93** 3D-Längsschnitt  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 107*

**Abb.94** ANSICHT WEST, M=1:500  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 108*

**Abb.95** ANSICHT SÜD, M=1:500  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 109*

**Abb.96** ANSICHT NORD, M=1:500  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 110*

**Abb.97** ANSICHT OST, M=1:500  
*eigene Darstellung (Archicad), S. 111*

**Abb.98** DETAIL Attika und Anschluss Pfosten-Riegel-Fassade an Fassadenpaneel, M=1:25  
*eigene Darstellung (Autocad), S. 112*

**Abb.99** DETAIL Fassadenpaneele (oben Grundriss, unten Ansicht), M=1:25  
*eigene Darstellung (Autocad), S. 113*

**Abb.100** DETAIL Anschlüsse sämtlicher Bauteile bei der Holzstütze, M=1:25  
*eigene Darstellung (Autocad), S. 114*

**Abb.101** DETAIL Anschlüsse sämtlicher Bauteile bei dem STB-Randträger, M=1:25  
*eigene Darstellung (Autocad), S. 114*

**Abb.102** DETAIL Anschluss der HBV-Decke an Ortbetonkern bei Liftlobby, M=1:25  
*eigene Darstellung (Autocad), S. 115*

**Abb.103** DETAIL Anschluss der HBV-Decke an Ortbetonkern, M=1:25  
*eigene Darstellung (Autocad), S. 115*

**Abb.104** Ansicht vom Südwesten, 3D- Visualisierung  
*eigene Darstellung (Archicad, Twinmotion, Photoshop), S. 116*

**Abb.105** Ansicht vom Nordosten, 3D- Visualisierung  
*eigene Darstellung (Archicad, Twinmotion, Photoshop), S. 118*

**Abb.106** Auditorium im 2. Untergeschoss (Geländeneiveau), 3D- Visualisierung  
*eigene Darstellung (Archicad, Twinmotion, Photoshop), S. 120*

**Abb.107** Bibliothek vom 2. Untergeschoss bis Erdgeschoss (bis Ebene Null), 3D- Visualisierung  
*eigene Darstellung (Archicad, Twinmotion, Photoshop), S. 122*

**Abb.108** Restaurant im 27. Obergeschoss, 3D- Visualisierung  
*eigene Darstellung (Archicad, Twinmotion, Photoshop), S. 124*

**Abb.109** Gegenüberstellung verschiedener Kennzahlen  
*eigene Darstellung, S. 126*

**Abb.110** Anteil der sichtbaren Holzoberfläche von tragenden Bauelementen  
*eigene Darstellung, S. 127*

- 1  
 Bundesgesetz vom 23. Juni 1967 über das Kraftfahrwesen (Kraftfahrgesetz 1967 – KFG. 1967), **S.15**
- StF: BGBl. Nr. 267/1967, II. ABSCHNITT, Bauart und Ausrüstung der Kraftfahrzeuge und Anhänger, § 4, Allgemeines, **S.15**
- 2  
 181. Verordnung: Recycling-Baustoffverordnung, BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH, Jahrgang 2015, Ausgegeben am 29. Juni 2015, Teil II, § 6, Abs.1, **S.16**
- 3  
 Erläuterungen zur Recycling-Baustoffverordnung, BMLFUW-UW.2.1.6/0008-V/2/2018, 19.03.2018, Zu § 6 (Trennpflicht), Abs. 2 und 3, **S.16**
- 4  
<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Schallgeschwindigkeit>, **S.23**
- 5  
 Vgl. Edition Holz, Holz und Klimaschutz, Edition 09, proHolz Austria, Seite 8, **S.24**
- 6  
 Vgl. Holz spart Energie - Energiebewusst planen, bauen und nutzen, Edition 07, proHolz Austria, Seite 4, **S.24**
- 7  
 Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Recycling von Altholz in der Holzwerkstoffindustrie (RecyclingholzV), BGBl. II Nr. 160/2012, Tabelle Anhang 1, **S.25**
- 8  
 Wiener Baustofflehre Blätter, Naturwissenschaftliche Grundlagen zur Baustofflehre; E. Bölcskey, H. Bruckner, J. Haerdtl, W. Stöllinger, E. Thelesklav, TU Wien 2014, Seite 89, **S.26**
- 9  
<https://www.baunetzwissen.de/glossar/w/waermeleitfaehigkeit-664148> , **S.27**
- 10  
 Wiener Baustofflehre Blätter, Naturwissenschaftliche Grundlagen zur Baustofflehre; E. Bölcskey, H. Bruckner, J. Haerdtl, W. Stöllinger, E. Thelesklav, TU Wien 2014, Seite 72, **S.27**
- 11  
 STAHL UND NACHHALTIGKEIT, Eine Bestandsaufnahme in Deutschland, WIRTSCHAFTSVEREINIGUNG STAHL, Seite 21 ([https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2018/03/StahlNachhaltigkeit\\_2017\\_web\\_FINAL.pdf](https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2018/03/StahlNachhaltigkeit_2017_web_FINAL.pdf)), **S.28**
- 12  
<https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Stahl>, **S.28**
- 13  
<https://www.baunetzwissen.de/glossar/w/waermeleitfaehigkeit-664148>, **S.31**
- 14  
<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Schallgeschwindigkeit>, **S.31**
- 15  
<https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Beton>, **S.32**
- 16  
 vgl. Mjøstårnet – Construction of an 81 m tall timber building, 23. Internationales Holzbau-Forum IHF 2017, R. Abrahamsen, Seite 5, **S.42**
- 17  
 vgl. RAPPORT, Fullstendig brannforløp i limtrekonstruksjoner, Vurdering av resultater fra branntest; Seite 15, **S.43**
- [https://www.limtreforeningen.no/images/bilder/Fullstendig\\_brannfor%C3%B8p\\_i\\_limtrekonstruksjoner.pdf](https://www.limtreforeningen.no/images/bilder/Fullstendig_brannfor%C3%B8p_i_limtrekonstruksjoner.pdf), **S.43**
- 18  
 vgl. Holzhochhaus HoHo Wien, R. Woschitz, 21. Internationales Holzbau-Forum IHF 2015, **S.44**
- 19  
 Ringvorlesung- Vortrag+Exkursion HoHo Wien, TU Wien, ITI Institut, R.Woschitz, 22.01.2019, **S.45**
- 20  
 vgl. Atlas Mehrgeschossiger Holzbau, Hermann Kaufmann, Stefan Krötsch, Stefan Winter u.a., Edition Detail, Seiten 166,167, **S.46**
- 21  
 STEP 2025, Fachkonzept Hochhäuser, Strategien zur Planung und Beurteilung von Hochhausprojekten, MA-21, 2014, Seite 4, **S.52**

**Aleksandar Vulić**, BSc. Arch.

Geburtsdatum: 18. Juli 1991

Geburtsort: Banja Luka, Bosnien und Herzegowina

## KONTAKT:

Ullmannstraße 54/ 127, 1150, Wien, Österreich

Tel: +43 677 61 222 635

+43 676 877 46 258

E-Mail: alex.vulic91@gmail.com

a.vulic@ksingenieure.com

## SCHULBILDUNG

Masterstudium	02/2016- laufend	Technische Universität Wien   Wien <b>Masterstudium Architektur</b>
Bachelostudium	09/2010-10/2014	Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen   Banja Luka <b>Diplom-Ingenieur Architektur mit 240 ECTS</b> (Titel im Heimatland)
Mittelschule	09/2006-06/2010	Berufsfachschule für Bautechnik   Banja Luka <b>Bautechniker</b>
Grundschule	09/1998-06/2006	Schule „Georgi Stojkow Rakowski“   Banja Luka

## BERUFSPERFAHRUNG

Wien	06/2018- laufend	<b>KS Ingenieure ZT GmbH, Wien</b> Einreich-, Polier- und Detailplanung
Banja Luka	09/2017	<b>Praktikum im ältesten ZT Büro Bosniens “Projekt a.d.” Banja Luka</b> Polier- und Detailplanung
Banja Luka	07/2017-08.2017	<b>Praktikum im “Elektroprenos BiH a.d.”</b> , Juli und August 2017 Bauausschreibungen und Projektdokumentation für Hoch- und Höchstspannungsleitungen und deren Umspannwerke
Bos. Gradiška	03/2014- laufend	<b>Zusammenarbeit mit Heimatmuseum in Gradiška (Bosnien und Herzegowina)</b>
Banja Luka	03/2014-09/2014	<b>Pflichtpraktikum im Architekturbüro “A-Biro” Banja Luka</b> , März bis September 2014 Von der Projektidee bis zur Realisation   Entwerfen, 3D Modellieren, Rendering

## PREISE

2014	<b>Der beste Studierende im Jahr 2014</b> (Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen in Banja luka- Abteilung für Architektur)
2013	<b>Architekturwettbewerb für die Adaptation des Interieurs von National- und Universitätsbibliothek in Banja Luka</b> Erster Platz auf Ausstellung der Studentenentwürfe
2010	<b>Festival der technischen Schulen Bosniens   Gračanica</b> Erster Platz auf Ausstellung der Entwürfe

## AUSSTELLUNGEN / WORKSHOPS

Wien	2017	<b>Teilnahme an der internationalen Konferenz “Urban densification, the challenge for open Space” sowie Ausstellung und Publikation</b>
Banja Luka	2013	<b>Teilnahme an der Ausstellung im Staatsarchiv</b> Studentenentwürfe des Staatsarchivs in Banja Luka
Ljubljana	2013	<b>Beteiligung in Trimo Urban Crash, Internationaler Wettbewerb für Architektur-Studenten</b> Energieautarke Basis für Fahrräder
Belgrad, Ljubljana, Banja Luka	2011	<b>Beteiligung im Workshop Digitallight-2011</b> ( Kooperation mit TU Graz) Prototyp der Lampe

## EDY-KENNTNISSE

AutoCAD | Allplan | ArchiCAD | Google Sketch Up | CINEMA 4D | Lumion |  
Twinmotion | Adobe Photoshop | Adobe InDesign | Adobe Illustrator |  
Corel DRAW | MS Office

## SPRACHKENNTNISSE

Serbisch-Kroatisch-Bosnisch (BKS)	Muttersprache (Kenntnis der kyrillischen Schrift)
Deutsch	GeR Stufe B2/2 (EPD-Prüfung, Februar 2015)
Englisch	Sehr gut in Wort und Schrift

## SONSTIGES

Führerschein	Klasse B
Freiwilligenarbeit	Aktivist beim Roten Kreuz Banja Luka, 2006 bis 2009- <b>Erste Hilfe Ausbilder</b> (Erfrischungskurs beim Roten Kreuz Wien, Juli 2019 )

