



Thomas Breyer, BSc

GOING GREEN
Ein ökologisch nachhaltiges Holzhochhaus in Linz

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur ▼

Masterstudium Architektur ▼

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer ▼

Urs Leonhard, Hirschberg, Univ.-Prof. Dipl.-Arch. Dr.sc.ETH

Institut für Architektur und Medien

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift

**GOING
GREEN** EIN ÖKOLOGISCH
NACHHALTIGES HOLZ-
HOCHHAUS IN LINZ

„Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“

G.H. Brundtland

KURZFASSUNG:

Der globale Klimawandel ist unbestritten!

Die von Menschenhand verursachte globale Erwärmung unseres Planeten stellt die Menschheit vor einer noch nie dagewesene Herausforderung. Nach mehreren Anläufen hat sich folglich die internationale Staatengemeinschaft im Pariser Klimaschutzabkommen 2015 dazu durchgerungen, die globale Temperaturerhöhung auf max 2°C zu begrenzen. Ein Ziel zudem sich auch Österreich verpflichtet hat.

Der Bausektor spielt dabei eine zentrale Rolle. Denn die verwendeten Stoff- und Energieströme haben eine jahrzehntelange Emissionswirkung und sind somit ein wichtiger Baustein zur Erfüllung des Klimaschutzauftrags. Mit der fortschreitenden Entwicklung hinsichtlich immer energieeffizienterer Gebäude, rücken Bauprodukte und deren „graue“ Energie zunehmend mehr in den Fokus der Branche. Tatsächlich „Nachhaltiges Bauen“ verpflichtet sich aber vielmehr eines ganzheitlichen Ansatzes. Ein von der Planung bis zum Abriss umfassender Ansatz gewährleistet schlussendlich eine akkurate Ökobilanz über den Lebenszyklus eines Gebäudes.

Im Zuge dieser Arbeit sollen auf Grundlage einer Wettbewerbsaufgabe eines Hochhauses ein nachhaltiger Entwurf entstehen. Ziel dieser Arbeit ist es, zu veranschaulichen, dass jedes konventionelle Bauvorhaben, wenn auch nicht darauf ausgelegt, in einer nachhaltigen Bauweise umsetzbar ist und dadurch zusätzlich ein Mehrwert für Bewohner und Umwelt schaffen kann.

Daraus folgend sollen nicht nur klimaschonende, nachhaltige Materialien zur Anwendung kommen, sondern vielmehr auch ein aktiverer Ansatz verfolgt werden. Mittels einer Fassadenbegrünung sollen sowohl Mikroklima als auch Biodiversität gefördert, bzw. Schadstoffe reduziert werden, sowie ein attraktiveres Lebensumfeld für die Bewohner gestaltet werden.

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG: 11

1 THEMEN-
BEREICHE 17

2 GRUND-
LAGEN 23

Allgemeine Ausgangslage: 24
Ökosystem: 25
Bausektor im Speziellen: 26

**Historische Entwicklung
des Verständnisses zum
„Nachhaltigen Bauen“** 28
Werkbund: 29
Moderne: 29
Nachkriegszeit: 30
Postmoderne: 31

**Entwicklung
Nachhaltigkeitsverständnis:** 32
Gebäudebewertung und
Zertifizierungssysteme: 34

**Ökologische Schutzziele und
Bewertungsziele:** 35
Baubiologie: 35
Bauökologie: 36

3 WETTBEWERBS-
GRUNDLAGEN 39

Wohnbau: 40
Schule: 41
Großräumliche
Lage und Topografie: 43
Baustrukturen
Urfahr: 45
Lage im Verkehrssystem
Linz-Umfeld: 47
Bestehende Hochhäuser
Lage und Gruppierung: 49
Umgebung des
Planungsgebietes: 51

4 SOZIALISATION IM
HOCHHAUS 57

Integration ins Umfeld 58

Soziale Durchmischung 59

GEMEINSCHAFTSFLÄCHEN 60
SOZIALE MISCHUNG. 62
ZWISCHENRAUM 64

5 NACHHALTIGES BAUEN MIT HOLZ 67

Die Ressource Holz: 69

Holzbau: Die Ausgangslage 74

**Konstruktionsprinzipien
eines Holzhochhauses:** 75

Referenz: „Tall Wood“ 76

Referenz: „Life Cycle One“ 77

Referenz: „HoHo Tower“ - Wien. 78

TRAGWERKS-
KONZEPT. 80

STATISCHES-
KONZEPT. 82

VORGESETZTE
SEKUNDÄRSTRUKTUR 84

6 FASSADEN- BEGRÜNGUNG 77

**Vorteile einer
Fassadenbegrünung:** 89

Verschattung/Kühlung: 89

Dämmwirkung: 89

Luftqualität: 90

**Anwendungstechniken
der Fassadenbegrünung:** 91

Bodengebundenes System: 91

Wandgebundene Systeme: 92

Referenz: „Bosco Vertikale“ 94

Referenz: „Garden Tower“ 95

GRÜNE LEBENSADER 96

FASSADENBEGRÜNGUNG 98

VEGETATION 100

GRÜNE HÜLLE 102

GRÜNER FILTER 104

7 OPTIMERTER BETRIEBSAUFWAND 107

NATÜRLICHE
BELÜFTUNG 110

ATRIUM ALS
AUFTRIEBSLÜFTUNG 112

GRAUWASSER-
NUTZUNG 114

BEWÄSSERUNGS-
SYSTEM 116

8 ENTWURFS- PLÄNE 119

LITERATURVERZEICHNIS 177

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 179

1 THEMEN- BEREICHE



BEWOHNER:

Im Zentrum steht hier der Mensch und seine sozialen Interaktionen in einem nachbarschaftlichen Umfeld. Besonders die Anonymität eines Hochhauses kann die soziale Isolation fördern und schlimmstenfalls zur Vereinsamung führen. Ein architektonisches entgegenwirken ist mittels mehr Frei- und Gemeinschaftsflächen machbar. Dem gegenüber steht aber meist ein ökonomisches Interesse des Bauherrn insbesondere im Wohnbau.



GEBÄUDE:

Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf dem Baustoff Holz, der in ökologischer Hinsicht maßgebliche Vorteile mit sich bringt. Das Thema Holzhochhaus erfährt im aktuellen Architekturdiskurs auch immer mehr Bedeutung und veranschaulicht, dass die zukünftige Abwicklung von Hochhäusern nicht mehr alleine den Baustoffen Beton und Stahl vorbehalten ist.



UMWELT:

Ein weiterer Teilbereich behandelt das Themengebiet der Fassadenbegrünung. Hier stehen zahlreiche Vorteile einer technisch aufwendigen und kostenintensiven Umsetzung gegenüber. Besonders im Hochhausbereich findet man noch wenige Beispiele einer funktionierenden Umsetzung, dennoch ist Aufgrund der immer dichteren Verbauung der Stadt und dem daraus resultierenden verschwinden von Grünflächen, die Verlagerung der Grünzonen in die vertikale potenziell vielversprechend.





2 GRUNDLAGEN

Allgemeine Ausgangslage:

Mit der Ratifizierung des Klimaschutzabkommens von Paris aus dem Jahr 2015 hat sich auch Österreich dem Ziel verpflichtet, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2°C zu begrenzen und Anstrengungen zu unternehmen, möglichst unter 1,5°C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu bleiben. Zur Erreichung dieses verbindlichen Ziels soll in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts Treibhausgasneutralität erreicht werden, also ein Gleichgewicht zwischen dem von Menschen ausgestoßenen Treibhausgasen wie insbesondere Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) sowie der Aufnahmekapazität des Planeten. Folglich kommt dieser Beschluss letztlich einer Dekarbonisierung der Weltwirtschaft gleich, also dem vollständigen Ausstieg aus fossilen Energieträgern wie Kohle, Gas und Erdöl. Anders als bei der vorangegangenen Klimavereinbarung (Kyoto-Protokoll), basieren die Klimaziele der einzelnen Vertragsstaaten jedoch nur auf selbstbestimmten Verpflichtungen, die bei Nichterfüllung keine finanziellen oder anderweitigen Konsequenzen vorsehen.¹

Dass bereits akuter Handlungsbedarf besteht, veranschaulicht auch der österreichische Sachstandsbericht zum Klimawandel - Austrian Assessment Report (AAR14) aus dem Jahr 2014. Aus diesem geht hervor, dass sich im Zeitraum von 1880 bis heute die globale Durchschnittstemperatur um fast ein Grad Celsius erhöht hat. Österreich ist sogar mit einer Erwärmung um beinahe zwei Grad verhältnismäßig stark betroffen. Nachdem die Hälfte des Anstiegs aber erst nach dem Jahr 1980 aufgetreten ist, geht man davon aus dass es sich um anthropogene Emissionen handelt, also Treibhausgase die auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind.²

„Human activities increasingly influenced the earth's climate and ecosystems. The earth has entered a new epoch, the Anthropocene where humans constitute the dominant driver of change to the earth system.“³ - J.Rockström

Das Klimaabkommen von Paris zeigt, dass man sich mittlerweile der Konsequenzen eines ungebremsten globalen Treibhauseffekts bewusst ist und bereit ist die Verantwortung für die von der Menschheit verursachte Erderwärmung zu übernehmen. Ein unkontrollierter Treibhauseffekt hätte verheerende Auswirkungen auf die Menschheit und es wäre mit einem durchschnittlichen Temperaturanstieg von 3-5°C bis zum Jahr 2100 zu rechnen.⁴

- 1 Vgl. Klima und Energiefond: Faktencheck nachhaltiges Bauen, Wien 2016, S.2-3
- 2 Vgl. APCC: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, Wien 2014, S.28
- 3 Rockström, J. u.a.: A safe operating space for humanity, in: Nature 461.7263 (Sep.2009), S.472-475
- 4 Vgl. APCC: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, Wien 2014, S.28

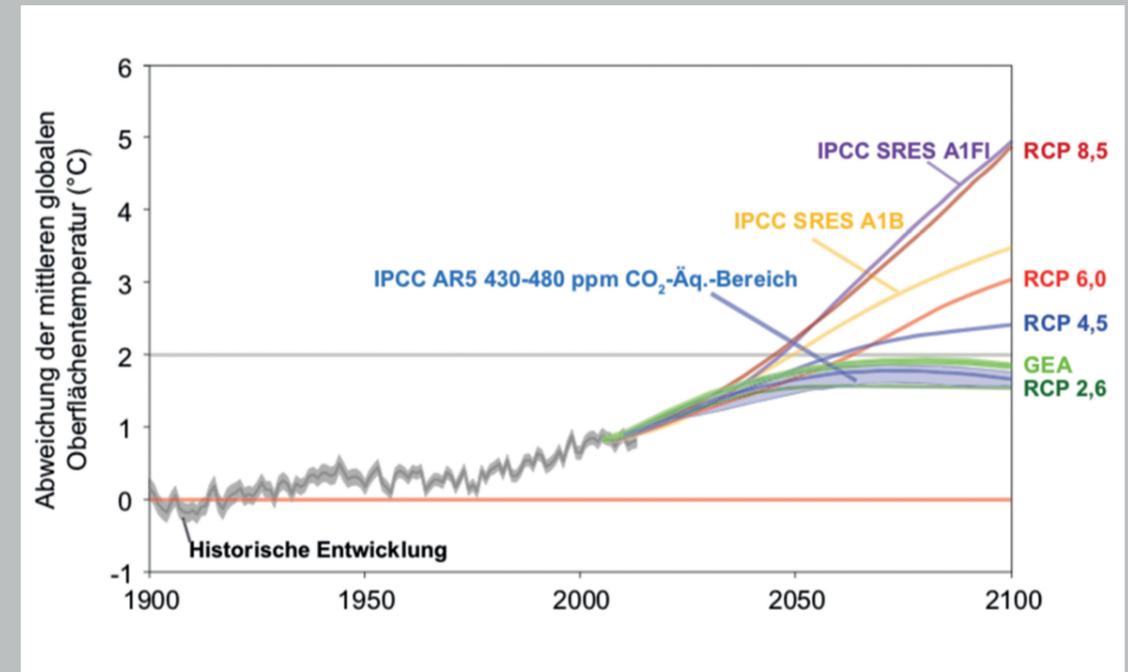


Abb.1: Abweichung der mittleren globalen Oberflächentemperatur (°C) vom Durchschnitt der ersten Dekade des 20.Jahrhunderts, historische Entwicklung sowie vier Gruppen von Zukunftsszenarien, © IPCC

Ökosystem:

Abgesehen vom Klima, ist der enorme Ressourcenverbrauch der Menschheit eine zunehmende Belastung für das globale Ökosystem. Ein rasant ansteigender Bevölkerungszuwachs sowie technologische und gesellschaftliche Entwicklungen tragen dazu bei, dass die Menschheit mittlerweile durchschnittlich pro Jahr eineinhalb Planeten benötigt um den globale Ressourcen hunger zu stillen. Dieses Jahr markiert der 1.August 2018 den sogenannten "Overshoot Day"⁵, also jenen Tag im Jahr ab dem wir mehr Ressourcen verbrauchen als unser Planet in einem Jahr regenerieren kann. Somit überschreiten wir mit unserem nicht nachhaltigen Lebensstil die Kapazitäten der Erde um mittlerweile 50%.⁶

Grundlage dazu ist das Konzept der „Planetary Boundaries“- Belastbarkeitsgrenzen des Planeten von Johan Rockström et al. Dabei werden neun für das System der Erde essenziellen ökologischen Dimensionen priorisiert. Bei Überschreitung der jeweiligen empfohlenen Grenzwerte, besteht die Gefahr irreversibler und abrupter Umweltveränderungen, die die Bewohnbarkeit unseres Planeten nachhaltig schädigen können. Zu diesen Systemen zählen unter anderem:⁷

- 5 Overshoot Day, <https://www.overshootday.org>, 22.09.2018
- 6 Vgl. Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TUGraz 2016, S.23
- 7 Vgl. Rockström, J. u.a.: „A safe operating space for humanity“. In Nature 461.7263 (Sep.2009), S.472-475

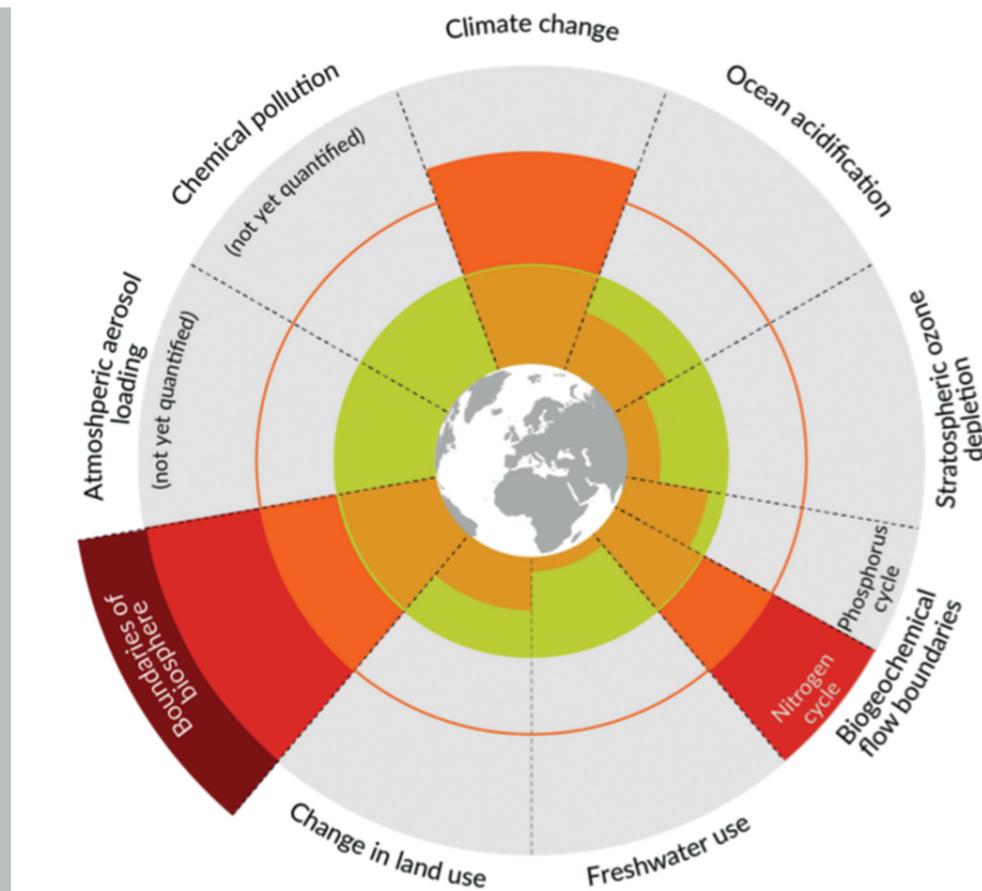


Abb.2: Beyond the boundary © A. Passer in Anlehnung an J. Rockström u.a.

- Biodiversität
- Klimawandel
- Biochemische Kreisläufe unter anderem Stickstoff u. Phosphor
- Stratosphärischer Ozonabbau
- Ozean Versauerung
- Süßwasserverbrauch
- Veränderung der Landnutzung
- Chemische Belastungen
- Partikelverschmutzung der Atmosphäre

Bausektor im Speziellen:

Der Gebäudesektor ist für etwa ein Drittel der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich und damit ein Schlüsselbereich zur Erreichung der Klimaziele von Paris. Auf die Bauindustrie selbst kommen noch zusätzlich ca. 11% der globalen Treibhausgasemissionen. Einen Großteil beansprucht dabei die Herstellung von Grundbaustoffen wie Eisen, Stahl und Zement.⁸

Dem Bausektor wird folglich eine zentrale Rolle zugeschrieben und er beinhaltet somit auch das größte Potential um die menschlichen Auswirkungen auf unsere Umwelt zu reduzieren.

8 Vgl. UN Environment and International Energy Agency: Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector, Global Status Report 2017, S.14

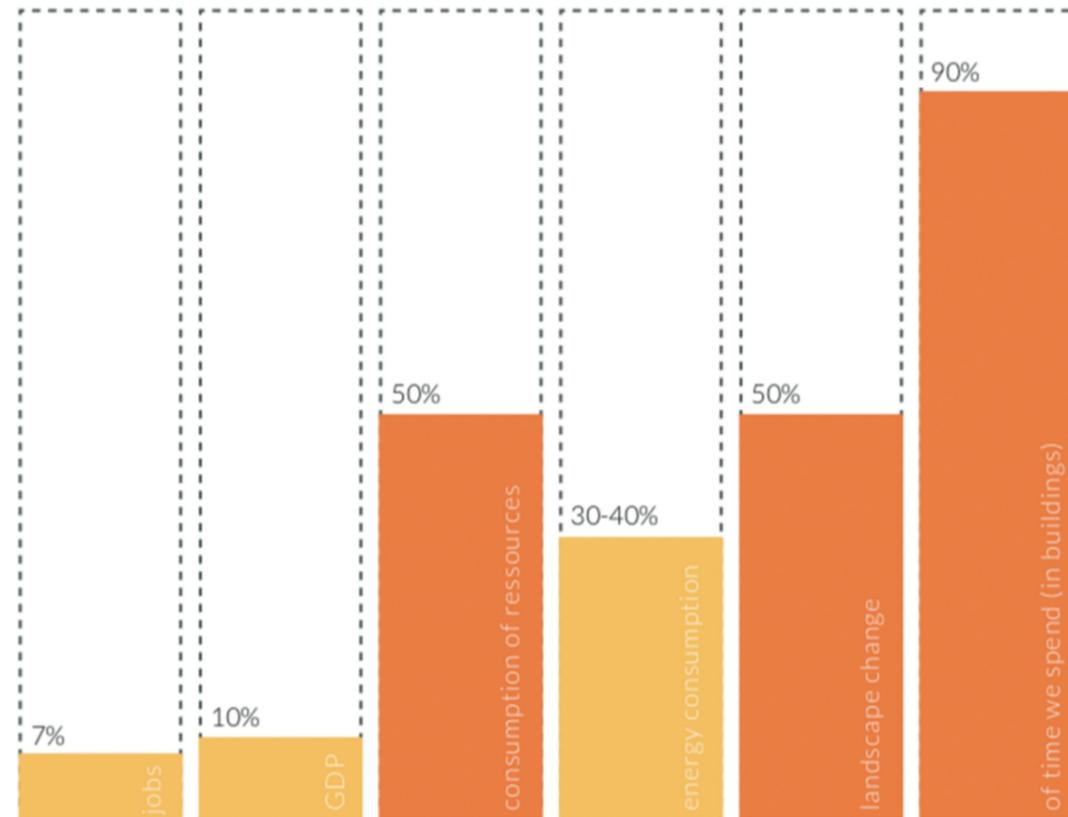


Abb.3: Bedeutung des Bausektors © A. Passer in Anlehnung an J.Dulac und UNEP

Als wichtiger Beschäftigungszweig stellt die Bauindustrie ca. 7% aller Erwerbstätigen und steuert in etwa 10% zum Bruttoinlandsprodukt bei. Der immense Ressourcenverbrauch wird mit 50% beziffert und dem weltweiten Energieverbrauch für den gesamten Gebäudesektor werden 40% zugerechnet.⁹

Auf Österreich bezogen ist die Gruppe der Einfamilienhäuser für den Großteil der betriebsbedingten Treibhausgasemissionen verantwortlich. 46% aller Hauptwohnsitze in Österreich sind Einfamilien- oder Zweifamilienhäuser bei einer durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf von 44,7m² Tendenz steigend.¹⁰ Der stetige Anstieg beider Faktoren in Kombination mit der wachsenden Bevölkerung, stellt eine besondere technische und gesellschaftliche Herausforderung dar. Der dadurch steigende Individualverkehr sowie die weiter fortschreitende Zersiedelung verursachen zusätzliche ökologische Probleme: vom Energieverbrauch bis zur ungebremsten Flächenversiegelung.¹¹

9 Vgl. Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TU Graz 2016, S.25

10 Amann, W./Lugger, K.: Österreichisches Wohnhandbuch 2016, Innsbruck 2016

11 Bußwald, P. u.a. / Österreichisches Ökologie-Institut (Hg.): Projekt-Endbericht. ZERSiedelt – Zu Energie Relevanten Aspekten der Entstehung und Zukunft von Siedlungsstrukturen und Wohngebäude-typen in Österreich, Wien 2011

Dem wirkt ein stetig sinkender Energiebedarf pro Wohnfläche entgegen, bedingt durch strengere Neubaustandards¹² und der thermischen Sanierung von Altbauten. In Österreich sind rund drei Viertel aller Gebäude vor 1991 errichtet worden¹³, wobei 60% aus energetischer Sicht als sanierungsbedürftig gelten.¹⁴ Laut dem österreichischen Klimaschutzbericht 2016 ist jedoch die Sanierungsrate leicht rückläufig und liegt bei unter einem Prozent.¹⁵ Bei einer Beibehaltung der aktuellen Sanierungsrate wäre somit bis zum Jahr 2050 maximal die Hälfte des Altbestandes saniert.¹⁶

Das sich Menschen in Europa ca. 90% ihrer Lebenszeit in Gebäuden aufhalten veranschaulicht nicht nur welche enormen Auswirkungen Gebäude auf unseren individuellen Energieverbrauch ausüben (haben), sondern zeigt auch auf, wie maßgeblich dadurch unser individuelles Wohlbefinden beeinflusst wird.¹⁷

Historische Entwicklung des Verständnisses zum „Nachhaltigen Bauen“

12 EU- Richtlinie 2010/31/EU: Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19.Mai 2010 über die Gesamteffizienz von Gebäuden (Neufassung). In: Amtsblatt der Europäischen Union 2010

13 Statistik Austria: Gebäude- und Wohnungsregister. Bestand an Wohnungen und Gebäuden zum 31.12.2014 nach Gebäude- eigenschaften und Bundesländern

14 Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen GmbH: Effizienzpotenziale in der Österreichischen Wohnungspolitik. Maßnahmen zur Forcierung von Wohnungsneubau und Sanierung, Wien 2012

15 Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2016. Wien, 2016

16 Vgl. Klima und Energiefond: Faktencheck nachhaltiges Bauen, Wien 2016, S.6

17 Vgl. Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TUGraz 2016, S.26

Im Mittelpunkt des Themenbereichs „Nachhaltiges Bauen“ steht der schonende Umgang von Ressourcen und Energie. Beiden Aspekten wird zunehmende Relevanz bescheinigt, ablesbar ist dies in der schrittweise verlaufenden Verschärfung der energetischen Vorschriften für Gebäude.

Dabei lohnt es sich einen Blick in die Vergangenheit zu wagen. Unsere baukulturellen Errungenschaften sind eng verknüpft mit der Verwendung von Ressourcen in Form von Baustoffen und der Verfügbarkeit von Energie, klimatischen Bedingungen, kultureller Identität und sozialen Prägungen. Nach dem heutigen Verständnis von Nachhaltigkeit, erfüllten traditionellen Bauten überwiegend diese Kriterien. Ressourcen waren knapp, was im Hinblick auf

den Materialeinsatz, den verfügbaren Baustoffen eine gewisse Wertigkeit verleite. Besonders im Mittelalter konnte man am Materialeinsatz ablesen welche Wertigkeit einem Gebäude zuerkannt wurde. Dem Baustoff Stein wurde aufgrund seiner Dauerhaftigkeit und freien Gestaltbarkeit, in Abgrenzung zu den hölzernen Fachwerkskonstruktionen, eine repräsentativer Status eingeräumt.¹⁸

Erst mit der industriellen Revolution und dem Aufkommen neuer Produktionsverfahren, welche Baustoffe wie Ziegel, Stahl und Glas hervorbrachten, ermöglichte eine bis dahin unerreichte Verfügbarkeit von Baumaterial, welches wiederum gewaltige Bauleistungen ermöglichten.¹⁹

Werkbund:

Der 1907 gegründete Werkbund verkörpert den Aufbruch dieser Zeit.

„Getragen von drängenden sozialen Fragen und den Möglichkeiten neuer Baustoffe stand er für eine Form der Qualität, die mit Materialgerechtigkeit, Zweckmäßigkeit und Dauerhaftigkeit wichtige Ziele des heutigen Nachhaltigkeitsverständnisses beinhaltete.“²⁰ - Satzung des deutschen Werkbunds

Mit Hilfe von Rationalisierung, Typisierung und dem Einsatz neuer Materialien verfolgte der Werkbund unter der Präambel des „Neuen Bauens“ das Bauen an sich zu reformieren. „Licht, Luft und Sonne“ stand dabei stellvertretend für die soziale Verantwortung, dringend benötigten „gesunden“ und erschwinglichen Wohnraum zu schaffen. Eine zentrale Rolle wird dabei dem Baustoff Beton zugeschrieben. Für Le Corbusier ein vermeintlicher Präzisionswerkstoff, obwohl dies zur damaligen Zeit aufgrund der zu geringen Qualität in der Fertigung noch nicht erfüllt werden konnte. Mit der industriellen Verfertigung in Stahlbetonskelettbauweise entwickelte Le Corbusier das System „Dom-ino“ (1914) und leitete damit die Trennung von Tragkonstruktion zu Ausbau und Fassade ein, die bis heute Bestand hat.²¹

Moderne:

Unter dem Banner der Wahrheit und Ehrlichkeit gelingt es der Moderne den radikale Baustoffwandel in neue gestalterische Konzepte zu überführen. Zu deren Protagonisten zählen unter anderem Le Corbusier, Frank Lloyd Wright und Alvar Aalto, die sich alle samt an der

18 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.9

19 Vgl. Ebda, S.9

20 El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.10

In Anlehnung an: Satzung des deutschen Werkbunds. Präambel, Berlin 1907

21 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.10

Herausarbeitung eines neuen Materialverständnisses beteiligten. Für Le Corbusier waren es die verschiedenen Fertigungstechniken des Baustoffes Beton, in denen er die gestalterische Bandbreite auslotete, die zur Vorstufe des heutigen Sichtbetons führte. Er nannte den Baustoff „Beton Brut“ markant für seine hölzerne Betonstruktur, die aus ungeschliffenen, rohen und zusammengenagelten Schalbrettern hergestellt wurde und legte dabei den Grundstein für den später aufkommenden Brutalismus.²²

Frank Lloyd Wright verband seine Architektur mit einer entsprechenden Materialwahl im lokalen Kontext durch die These, dass unter Berücksichtigung der Natur eines Material, Widerstand gegen Wandel überbrückt werden kann. Alvar Aalto ging noch einen Schritt weiter und verstand wie kein anderer mit der entsprechenden Materialwahl die Beziehungen zwischen Mensch und gebauter Umwelt über die sinnliche Wahrnehmung in Einklang zu bringen. Besonderes Augenmerk legte er dabei auf die Materialwahl und die daraus resultierende Haptik. Mit dieser baubiologischen Auseinandersetzung etabliert sich Aalto als Vorreiter ökologischen Bauens.²³

Nachkriegszeit:

Die Nachkriegszeit ist geprägt von Millionen Geflüchteten und großflächig zerstörtem Wohnraum. Als Folge dessen kommt es kompletten Neuorientierung der Siedlungs- und Stadtentwicklung. Der Fokus wurde auf eine Massenfertigung im Wohnbau gelegt, Grundlage bildete dabei die Verfertigung, die zahlreiche neue Bausysteme in den 1950er und 1960er hervorbrachte. Die technische Entwicklung wurde auch durch die bis dahin in der Baubranche wenig vertretenen Industrien vorangetrieben. So drängte unter anderem die Kunststoffindustrie in den Bausektor und lieferte zahlreiche neue Produkte für den Sanitärbereich den Innenausbau und den Möbelbereich. Frei Otto veranschaulichte mit der Membrankonstruktion für das Olympiastadion München, dass Kunststoffe auch im Bauwesen angekommen sind. Den Markt erschlossen auch zahlreiche metallverarbeitende Betriebe, die nach Kriegsende neue Absatzmärkte suchten. Diese ebneten zudem auch den Weg für die Entwicklung innovativer Vorhangfassaden. Als

Folge des hohen Vorfertigungsgrads steigerte sich auch die Baugeschwindigkeit und der Bedarf an Arbeitskräften sank, obwohl sich die Bauqualität in der Nachkriegszeit verbesserte war dies dennoch überwiegend eine rein ökonomische Optimierung.²⁴

22 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.10

23 Vgl. Ebda, S.10

24 Vgl. Ebda, S-10

Postmoderne:

In der postmodernen Architektur wurde unter dem Motto „Anything goes“ verstärkt auf formale Aspekte gesetzt. Meistens ohne auf spezifische Baustoffeigenschaften einzugehen, wenngleich sich der Schichtaufbau von Bauteilen immer mehr differenzierte. Das ist ein Umstand der später zu den darauffolgenden Dekonstruktivismus und Hightech Architektur führte. Als Vorreiter eines nachhaltigen Denkansatzes soll hier Buckminster Fuller erwähnt werden. Bereits in den 1930er entwickelte er mit dem Begriff „Dymaxion“ (dynamic maximum tension) material-effiziente Konstruktionsprinzipien. In seinem Buch „Bedienungsanleitung für das Raumschiff Erde“²⁵, untersuchte er den Sinn des Lebens in der Moderne mit der Frage nach der „Integrialfunktion des Menschen im Universum“.^{26/27}

Parallel zeichnete sich aufgrund zunehmender Umweltverschmutzung, verheerender Umweltkatastrophen wie das Sevesco-Unglück und das Atomunglück in Chernobyl, ein aufkommendes Umweltbewusstsein ab. Im öffentlichen Diskurs rückten Umweltthemen vermehrt in den Vordergrund. Hinzu kam die Rückbesinnung auf natürlich vorkommende Baustoffe wie Holz und Lehm. Die ersten Anzeichen eines energieeffizienten Bauens findet mit dem Passivhauskonzept von Wolfgang Feist in den 1980er Jahren erstmals Anklang. Als Folge begannen Gesetzgeber die energetischen Anforderungen an Gebäude nach und nach zu verschärfen. Was zunächst als eine alternative Entwicklung wahrgenommen wurde, fand allmählich Einzug in die Baubranche. Die Bewertung und Quantifizierung von Schadstoffen in Bauprodukten, die bei deren Produktion und/oder Entsorgung anfallen, erlebte eine ähnlich Entwicklung, wenngleich nicht so präsent in der öffentlichen Wahrnehmung.²⁸

25 Buckminster Fuller, Richard: Operational Manual for Spaceship Earth, Carbondale/Edwardsville 1969

26 Buckminster Fuller, Richard: Operational Manual for Spaceship Earth, Carbondale/Edwardsville 1969

27 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.10

28 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.10-12

Entwicklung Nachhaltigkeitsverständnis:

Als eigenes Fachgebiet ist „Nachhaltiges Bauen“ relativ jung, da die zugrund liegenden unterschiedlichen Betrachtungswinkel der einzelnen Fachdisziplinen zuerst einer Integration bedurften. Die treibende Kraft war anfänglich die Politik in Form der internationale Staatengemeinschaft.²⁹

29 Vgl. El khoul, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.12

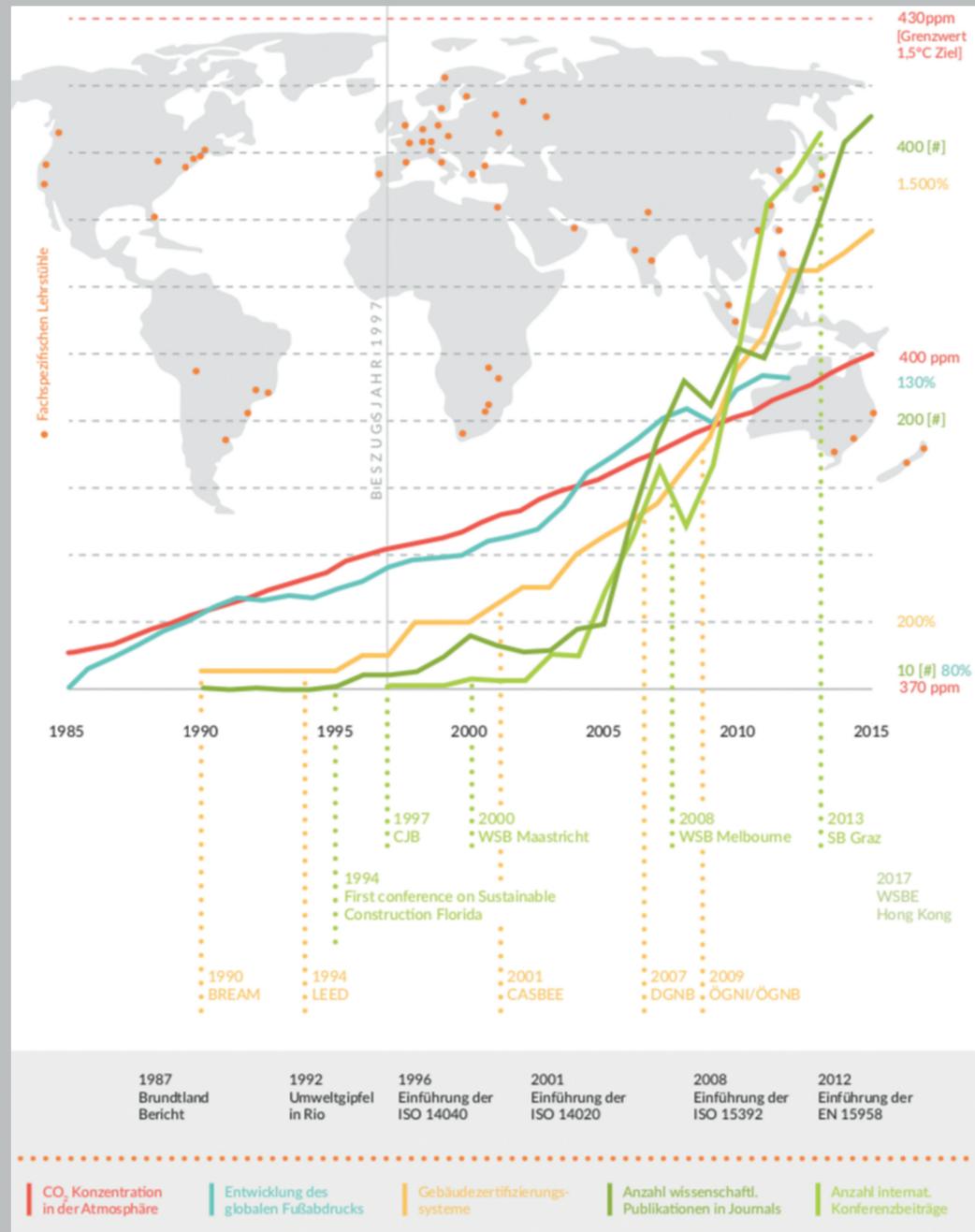


Abb.4: Zeitliche Entwicklung im Nachhaltigen Bauen © A. Passer

- Der im Jahr 1987 veröffentlichte Brundtland Bericht definierte erstmals den Ausdruck „Nachhaltige Entwicklung“.³⁰
- Bei der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro wird erstmals ein Handlungsprogramm für nachhaltige Entwicklung im lokalen Kontext unter dem Namen: Agenda 21 vereinbart.³¹
- Einen weiteren Meilenstein setzte 1994 die erste internationale Konferenz in Miami die sich ausschließlich dem Thema des nachhaltigem Bauen widmete.³²
- 1996 folgte mit Habitat II eine weitere UN-Klimakonferenz die sich die nachhaltige Entwicklung im städtischen Maßstab zum Ziel setzte.³³

Mit der Thematisierung in diversen Konferenzen wurde auf Grundlage des umfassenden Wissen der einzelnen Fachdisziplinen, eine klare Definition des nachhaltigen Bauens fortlaufend methodisch weiterentwickelt.³⁴ Eine der umfassendsten Definitionen lautet schließlich wie folgt:

„Sustainable construction means that the principles of sustainable development are applied to the comprehensive construction cycle from the extraction and beneficiation of raw material, through the planning, design and construction of buildings and infrastructure, until their final deconstruction and management of resultant waste. It is a holistic process aiming to restore and maintain harmony between the natural and built environments, while creating settlements that affirm human dignity and encourage economic equity.“³⁵

- C. Du Plessis

Neben einer klaren Definition war die Umsetzung in geeignete Planungsmethoden ausschlaggebend. Die Entwicklung von Systemen für eine Nachhaltigkeitsbewertung kam anfänglich aufgrund der großen Komplexität des Themas nur schleppend voran. Ein System, dass eine transparente und umfassende Bewertung zulässt, ist jedoch Voraussetzung um die Nachhaltigkeit eines Gebäudes zu erfassen.³⁶

30 Brundtland G.H.: Report of the World Commission on Environment and Development, in: Our common Future. Techn. Ber., NewYork: United Nations 1987, S.1-300

31 International Council for Research and Innovation in Building and Construction - CIB (Hg.): Agenda 21 on sustainable construction, Rotterdam 1999

32 Kilbert, C.J.: The next generation of sustainable construction, in: Building Research & Information 35.6, 2007, S.595-601

33 United Nations Human Settlements Program: Istanbul Declaration on Human Settlements, Istanbul 1996

34 Vgl. Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TUGraz 2016, S.31

35 Du Plessis, C.: Sustainable Construction - CIB Research Roadmap. Techn. Ber., University of Pretoria 2016, S.24

36 Vgl. Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TUGraz 2016, S.39

Gebäudebewertung und Zertifizierungssysteme:

Als erstes solches System etablierte sich BREEAM. Der britische Standard entstand bereits 1990 und galt als Bewertungssystem der 1. Generation. Es folgte das amerikanische Zertifizierungssystem LEED, beide Systeme setzten dabei länderspezifische Bewertungsschwerpunkte. Durch die unterschiedliche Gewichtung gewisser Parameter ist ein direkter Vergleich zwischen den beiden Systemen jedoch kaum möglich. Weiters wurden anfänglich auch nur Faktoren wie Recyclinganteile, Rückbaubarkeit, Wiederverwendung in Bezug auf die Materialwahl usw. berücksichtigt.³⁷

Mittlerweile befinden sich aber mehrere Zertifizierungssysteme am Markt wie z.B. das deutsche DGNB, der österreichische ÖGNB oder das Schweizer Minergie-Eco. Gleichzeitig hat sich damit auch die Bandbreite an herangezogenen Indikatoren vervielfacht. Somit wird nun der komplette Lebenszyklus von Gebäuden, u.a. über eine Ökobilanz und eine Lebenszykluskostenberechnung ermittelt.³⁸

Den Grundstein dazu legten die im Jahr 2000 eingeführten Normen (EN/ISO 14040 u. 14044), die mit der Methodik der Ökobilanzierung „LCA - Life cycle assessment“ die Bewertung von Umweltwirkungen von Prozessen etablierte. Diese beinhaltet den Materialzyklus eines Bauprodukts und beschreibt sämtliche durchlaufenden Phasen: Beginnend bei der Herstellung über die Bearbeitung, dem Transport, der Nutzung, der Nachnutzung bis zur Entsorgung.³⁹

Eine Ökobilanz analysiert somit den gesamten Lebensweg eines Produkts und berechnet die dabei entstehenden Auswirkungen auf die Umwelt (z.B. Emissionen) und liefert dadurch eine Grundlage zur Beschreibung und Bewertung der auftretenden Effekte. Mittlerweile haben auch Hersteller die Vorzüge einer transparenten Analyse erkannt, aufgrund der Übersicht über die Schadstoffgehalte und Ökobilanzdaten ihrer Produkte, können Optimierungspotenziale in der Herstellung ausgeschöpft werden bzw. gezielt ökologisch verträglichere Produkte entwickelt werden.⁴⁰

37 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.14

38 Vgl. Ebda., S.14

39 Vgl. Ebda., S.14

40 Vgl. Ebda., S.14

Ökologische Schutzziele und Bewertungsziele:

Die Auseinandersetzung mit Baustoffen war und ist für Planer und Architekten schon immer von zentraler Bedeutung. Neben den gestalterischen und funktionalen Aspekten ergänzen mittlerweile nachhaltigkeitsbezogene Faktoren die Planung. Mit dem zuvor genannten LCA - Life cycle assessment stehen damit umfassende Hilfsmittel bereit, damit unter ökologischen Gesichtspunkten geplant werden kann. Abgesehen von den vormals überwiegenden ökonomischen Überlegungen in der Materialwahl, zeichnen sich heute zwei weitere Schwerpunkte in Bezug auf die ökologische Materialbetrachtung ab: Die der Baubiologie und der Bauökologie. Diese Schwerpunkte stehen auch im Einklang mit den definierten Schutzzielen des Nachhaltigen Bauens, welche auf dem Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie und Soziales) gründen.^{41/42}

Baubiologie:

Die Baubiologie ist hierbei der sozialen Säule zuzuschreiben und definiert als Schutzziel den Menschen selbst. Dabei werden Strategien implementiert die z.B. die Wirkung von Schadstoffen auf die menschliche Gesundheit ermitteln bzw. um Schadstoffquellen im Gebäude zu vermeiden. Die Rede ist hier von einer ganzheitlichen Beziehung zwischen dem Menschen und seiner gebauten Umwelt und steht als synonym für eine umweltfreundliche und schadstoffarme Ausführung von Gebäuden, die dem Bedürfnis der Bewohner nach einem behaglichen und gesunden Lebensumfeld Rechnung trägt. Zum einen sollen Informationen zum gesunden Wohnen, Schlafen und Arbeiten sowie über den schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen kommuniziert werden. Zum anderen werden durch konkrete Untersuchungen am Gebäude, etwaige Belastungen durch Lärm, Schadstoffe, Radon etc. quantifiziert und hinsichtlich ihrer Wirkung auf die menschliche Gesundheit analysiert, um diese zu verbessern.⁴³

41 ISO 15392: Sustainability in building construction. General principles, Switzerland 2008

42 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.14

43 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.18

Bauökologie:

Im Gegensatz dazu bewertet die Bauökologie die Auswirkungen von Gebäuden und Baumaterialien auf die Umwelt. Mit der Errichtung und Herstellung sowie den Betrieb und der Entsorgung von Baustoffen und Gebäuden greift der Mensch umfassend in die ökologischen Kreisläufe ein. Es benötigt darum Strategien um entsprechende negative Wirkungen des Gebäudelebenszyklus zu minimieren. Zum einen werden Rohstoffe, Energie und Bodenflächen verbraucht und zum anderen Schadstoffe und Abfallmengen produziert. Entscheidend ist deshalb eine genaue Abbildung dieser Einflüsse um die daraus resultierenden potentiellen Umweltbelastungen abschätzen zu können.⁴⁴

Beide Themenfelder vereint der ressourcenschonende Umgang natürlicher Rohstoffe. Dabei ergänzen sich die qualitativen Einschätzungen aus der Baubiologie mit den quantitativen Abschätzungen der Umwelteinwirkung aus der Bauökologie. Für einen ganzheitlichen Ansatz in der Gebäudeplanung sind beide Themenfelder für eine nachhaltige Bauweise zu berücksichtigen.⁴⁵

Wobei eine projektspezifische und individuelle Abwägung der baubiologischen bzw. bauökologischen Aspekte besonders Beachtung zu schenken ist. In der Regel erfüllt kein Baustoff beide Aspekte gleichermaßen, es unterliegt somit dem Planer bzw. Architekten eine dementsprechende Gewichtung zu treffen. Darin liegt wiederum die Herausforderung, den Entscheidungsprozess bezüglich des Tragsystems und der Materialwahl eines Gebäudes dahingehend zu beeinflussen, dass beide Themenfelder berücksichtigt bzw. optimiert werden.⁴⁶

Unter diesem Gesichtspunkt wurde auch die nachfolgende Wettbewerbsgrundlage bearbeitet und in einen nachhaltigen Entwurf im Sinne der oben genannten Schutzziele umgesetzt.

Ausgehend von der Materialwahl und der einhergehenden geeigneten Wahl des Tragsystems, über die Optimierung der anfallenden Betriebskosten bis hin zur Steigerung des Wohlbefindens durch großzügige Freiflächen und einer Fassaden-begrünung, wurde ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt der im Einklang mit den nachhaltigen Grundwerten steht.

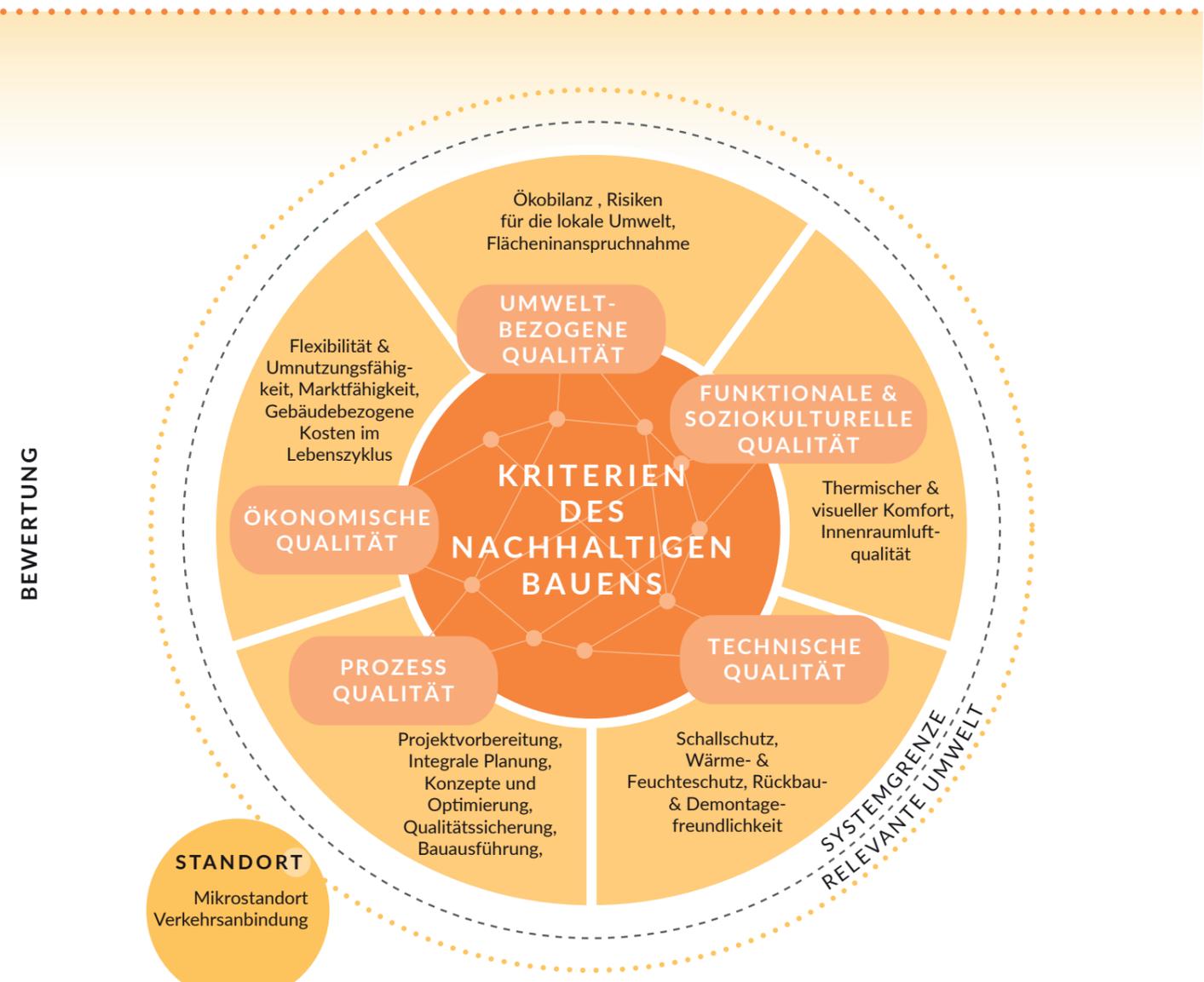
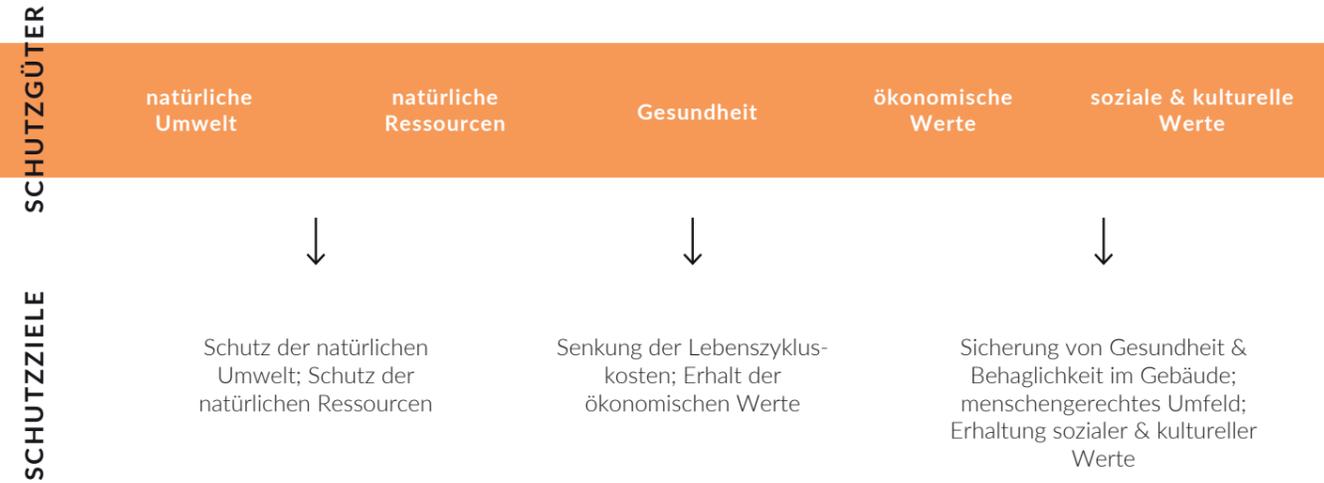
44 Vgl. El khoul, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.23

45 Vgl. El khoul, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.16

46 Vgl. Ebda., S.16

47 CEN. ÖNORM EN 15643-1: Sustainability of construction works. Assessment of buildings, Part 1: General Framework, Vienna 2010

48 Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TU Graz 2016, S.39



„Abb.5 zeigt eine systematische Einteilung von Kriterien zur Bewertung der Nachhaltigkeit auf Gebäudeebene, abgeleitet von den übergeordneten Schutzgütern und Schutzziele, zugeordnet zu den einzelnen Gebäudequalitäten, basierend auf dem derzeitigen europäischen Rahmenwerk⁴⁷ und der Bewertungsphilosophie der Gebäudezertifizierungssysteme der Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), der DGNB und ÖGNI.“⁴⁸ © A. Passer

3 WETTBEWERBS- GRUNDLAGEN

Auf Basis eines Realisierungswettbewerbs der Bruckner Immobilien Entwicklungs GmbH soll ein Hochhaus im Stadt- raum Linz/Urfahr entstehen. Das Bauprojekt besteht aus der Errichtung eines Hochhauses, welches Wohnzwecken dien- en und in dessen unteren Geschossen eine Schule (Lisa Junior International School) integriert sein soll. Die folgenden Anforderungen an den zu entwickelnden Wohnbau sowie der Schule stammen aus den Wettbewerbsanforderungen:

Wohnbau:

Die in Linz mit Hauptwohnsitz gemeldete Bevölkerung ist im Laufe der letzten 10 Jahre um insgesamt 8,6 % gestiegen.⁴⁹ Linz ist damit eine Stadt unter Wachstumsdruck, für deren nachhaltige Entwicklung ein stringentes Flächenmanagement von zentraler Bedeutung ist. Das geplante Wohnhochhaus soll ca. 350 neue Wohnungen anbieten, ohne dafür eine infra- strukturelle Neuaufschließung zu benötigen. Auf eine an- sprechende Wohnsituation wird großer Wert gelegt, letzt- endlich sind davon die Nachhaltigkeit und damit der gesell- schaftliche Mehrwert des Projektes abhängig. Durch sorgfäl- tige, objektivierte und nutzerorientierte Konzeption wird die Ausbildung einer langfristigen und vitalen Wohnergemein- schaft angestrebt.

In der Gesamtbetrachtung von gebäude und standort- induziertem Verkehr kommt dem Verkehr die entscheidende Rolle hinsichtlich des Energieverbrauchs zu. Durch die An- siedlung von Einwohnern in dichten Wohnformen im städt- ischen Gefüge, wird die Ausbildung eines energiesparenden und klimaschonenden Modalsplit begünstigt.

In den Obergeschossen des künftigen Hochhausprojektes sollen frei finanzierte Eigentumswohnungen entstehen. Ein sozial abgestimmter Wohnungsmix mit gestaffelten Wohnungsgrößen von Kleinstwohnungen bis zum großzügigen Penthouse soll der Segregation entgegen wirken.

Anforderungen:

- Eine verkaufbare Mindestwohnfläche von mind. 22.250 m² ist zu erzielen.
- Ca. 50% der Wohnungen sollen als Kleinwohnungen (1,5 bzw. 2 Raum-Wohnungen) ausgeführt werden.
- Um den wechselnden Anforderungen gerecht zu werden, ist eine Zusammenlegbarkeit bzw. Teilbarkeit von Woh- nungen zu ermöglichen.
- Die Wohnbereiche sollen über einen (möglichst gemein- samen) eigenständigen, vom Schulbereich gänzlich getrennten Eingangsbereich verfügen. Im Eingangsbereich soll ein Portier-/Conciergepult und ein diesem direkt zugeordnetes Backoffice angeordnet werden.

Schule:

Im geplanten Neubau wird die LISA Junior eine durch- gängige, internationale Ausbildung vom Kindergarten (ab 3 Jahren) bis zur 10. Schulstufe, nach einem internationalen, zweisprachigen, IBO- zertifizierten Lehrplan anbieten. Die International Baccalaureate Organisation (IBO) mit Sitz in Genf ist eine gemeinnützige Stiftung, die sich ausschließlich mit der internationalen Schulausbildung von Kindern beschäftigt.

In den unteren Geschossen des künftigen Hochhausprojek- tes soll ein zukunftsweisender Schulort entstehen, in dem Kinder ab 3 Jahren (im Early Learning Center) bis zur 10. Schulstufe international ausgebildet werden. Durch das An- gebot einer ganztägigen Betreuung der Schüler am Standort, soll der Neubau ein Ort sein, an dem Schüler und Lehrer sich auch außerhalb der Unterrichtszeiten gerne aufhalten. Ein ausgewogenes Angebot an Kommunikations-, Bewegungs- und Rückzugsorten soll angeboten werden.

⁴⁹Büro der Stadtregierung. Stadtforschung:
Bevölkerungsentwicklung Linz, [http://www.linz.
at/zahlen/040_bevoelkerung/](http://www.linz.at/zahlen/040_bevoelkerung/), 10.09.2018



Großräumliche Lage und Topografie:

Der Standort befindet sich auf der nördlichen Seite der Donau im Gebiet um den Stadtteil Urfahr. Das Gebiet selbst ist weitestgehend eben und liegt mit dem Höhengniveau gleich mit dem unmittelbaren Ufergelände der Donau. Das Wettbewerbsgebiet ist der ehemalige Standort der Anton Bruckner Privatuniversität. Es grenzt westlich an die Wildbergstraße, im Norden an den bestehenden Park der Bezirkshauptmannschaft und Christkönigkirche, im Nordosten an das Areal des neuerrichteten Studentenheims und im Südosten an das bestehende Autohaus.

M 1:3333



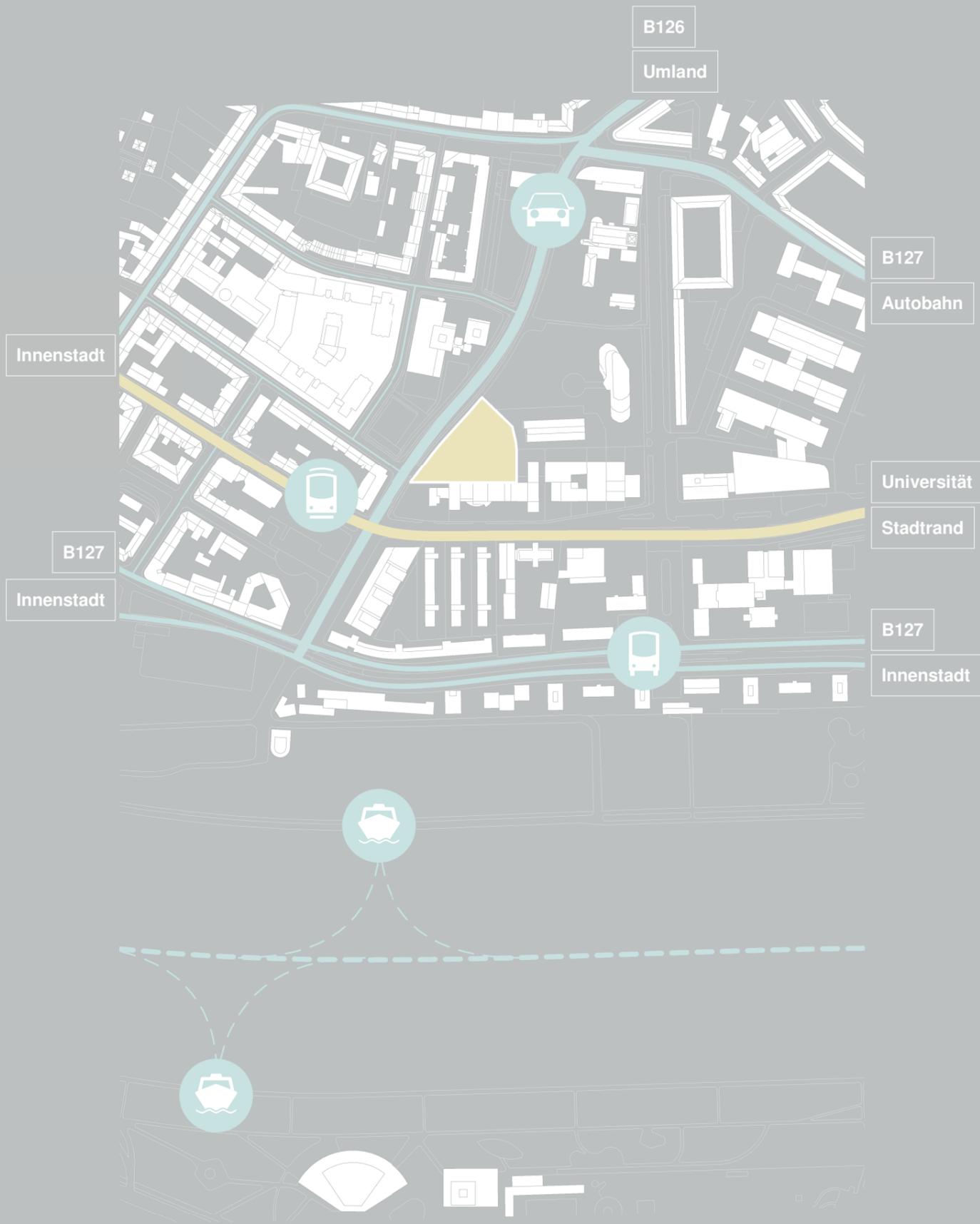


Baustrukturen Urfahr:

Die Baustrukturen auf der nördlichen Seite der Donau (Urfahr) sind unterschiedlich in Zeit und Volumetrie entstanden und relativ deutlich ablesbar. Dabei wurden folgende Gebiete in der Karte ausgewiesen:

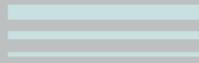
- Wohnbebauung / Einfamilien
- bestehende Hochhäuser
- Solitaire
- Mischbebauung
- Blockbebauung
- Donauufer Süd / Nord
- Friedhof
- Uferbebauung
- Planungsgebiet



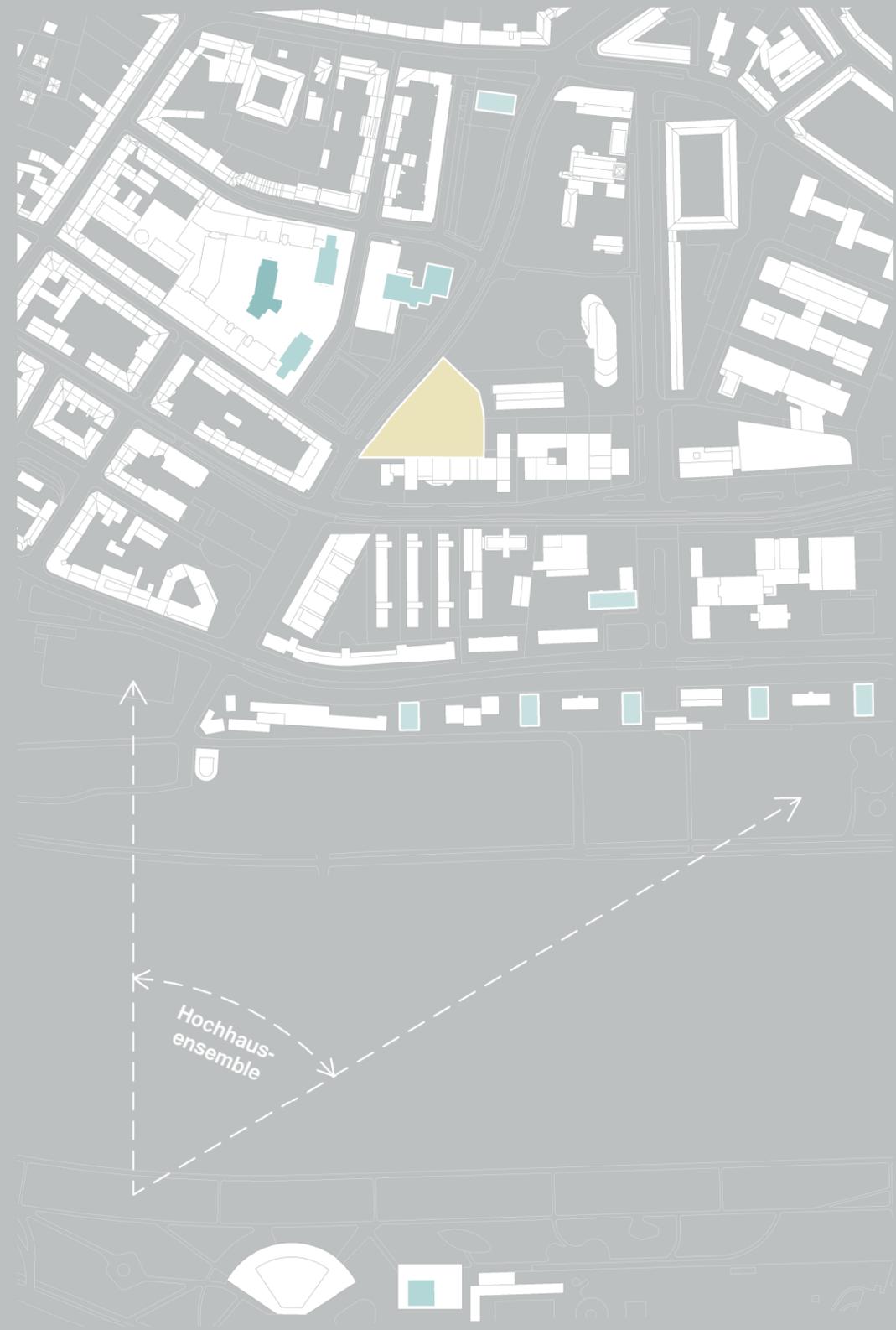


Lage im Verkehrssystem Linz-Umfeld:

Der Standort liegt an einer der wichtigen Zufahrtsstraßen Richtung Linz Stadt. Daraus ergibt sich im Norden an dieser Stelle ein möglicher identitätsstiftender Raum in einer Sequenz von Knotenpunkten auf dem Weg zur Kernstadt. Dieses Potential soll durch die Ergänzung mit einem weiteren Bauwerk positiv beeinflusst werden und den Verkehrskorridor nach Linz in räumlich differenzierte Orte gliedern.

-  **Schiffsverkehr**
 -  **Straßenbahnlinien 1 und 2**
 -  **Hauptverkehrsachsen**
 -  **Buslinien Fernverkehr**
-
-  **Individualverkehr
(Verkehrsaufkommen)**
 -  **Öffentliche Anbindung
(Straßenbahnlinien 1 und 2)**





Bestehende Hochhäuser – Lage und Gruppierung:

Die Baustrukturen auf der nördlichen Seite der Donau sind unterschiedlich in Zeit und Volumetrie entstanden und relativ deutlich ablesbar.

Im Bereich des Donauufers Nord befindet sich eine Reihe von fünf Hochhäusern mit Wohnnutzung. Diese in Volumetrie, Stellung und Architektur gleichförmigen Gebäude, bilden entlang der Donau eine klar strukturierte Reihe, stirnseitig Richtung Donau orientiert, deutlich als Ensemble lesbar. Ein weiteres, hohes Gebäude befindet sich mit wenig Abstand dahinter. Ausrichtung ist geometrisch gleich orthogonal, jedoch parallel um Ufer.

Im Bereich der ehem. Privatuniversität befindet sich das skulptural-kubisch ausgeformte Sparkassengebäude mit einer Höhe von ca. 50 Metern, sowie einige unterschiedlich geformte Wohntürme mit einer Höhe von ca. 80 Metern. Alle Hochhäuser werden im Straßenraum durch einen Sockel von ca. 3 Geschossen verankert. Die Wohntürme befinden sich im Innenbereich dieser Sockelzone, welche als Einkaufszone und Parkmöglichkeit fungiert (Lentia). Die Hochhäuser nehmen weder in Geometrie, noch durch andere Gestaltungsmerkmale, Bezug zueinander. Eine axiale Ausrichtung Richtung Innenstadt ist ablesbar.





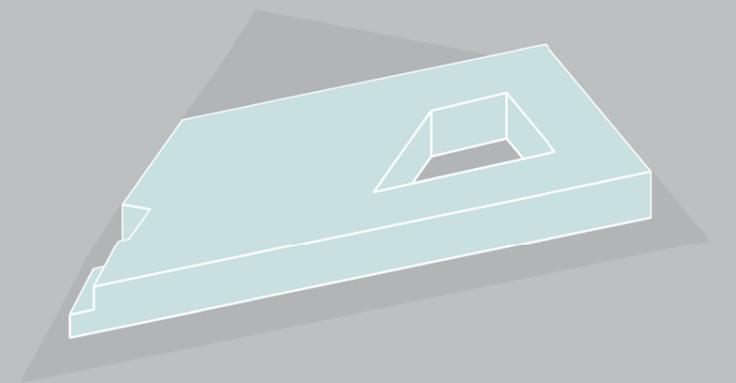
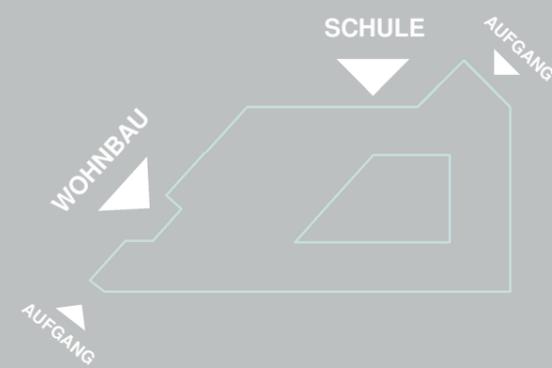
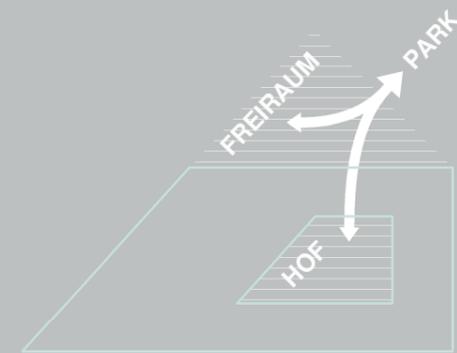
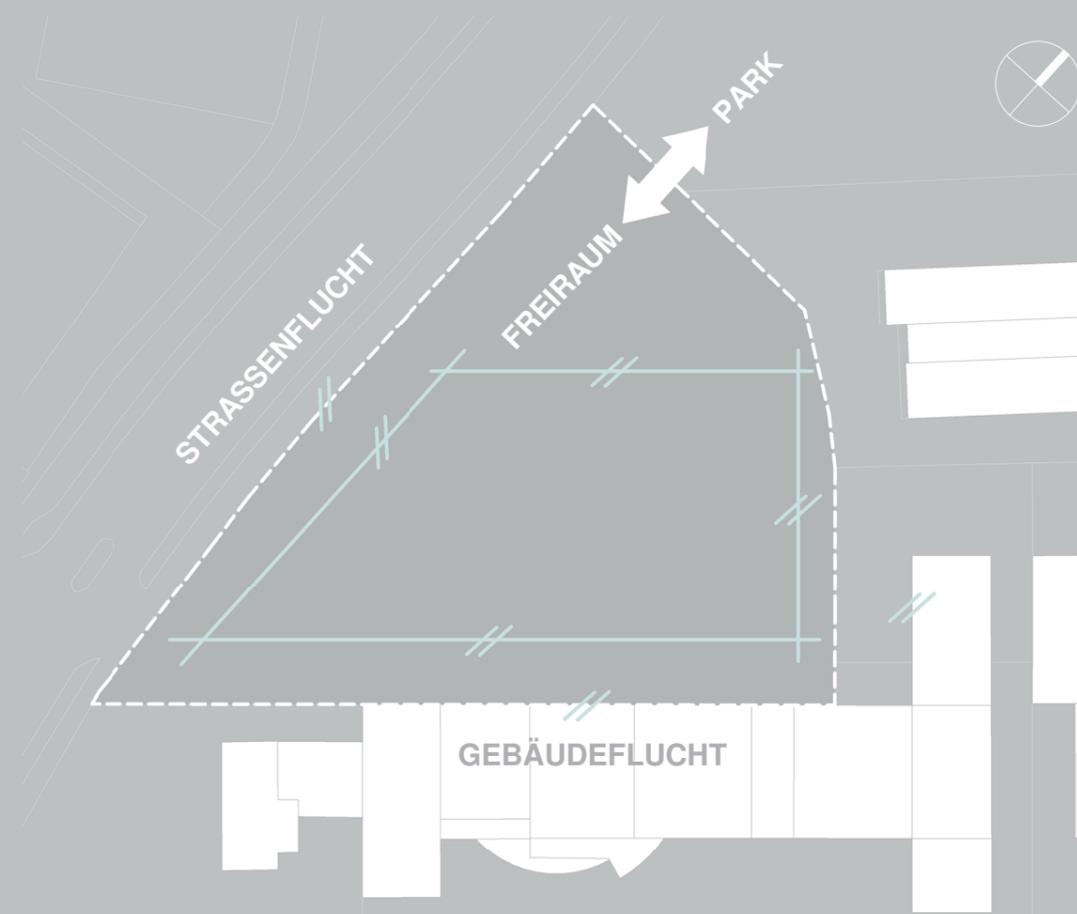
Umgebung des Planungsgebietes:

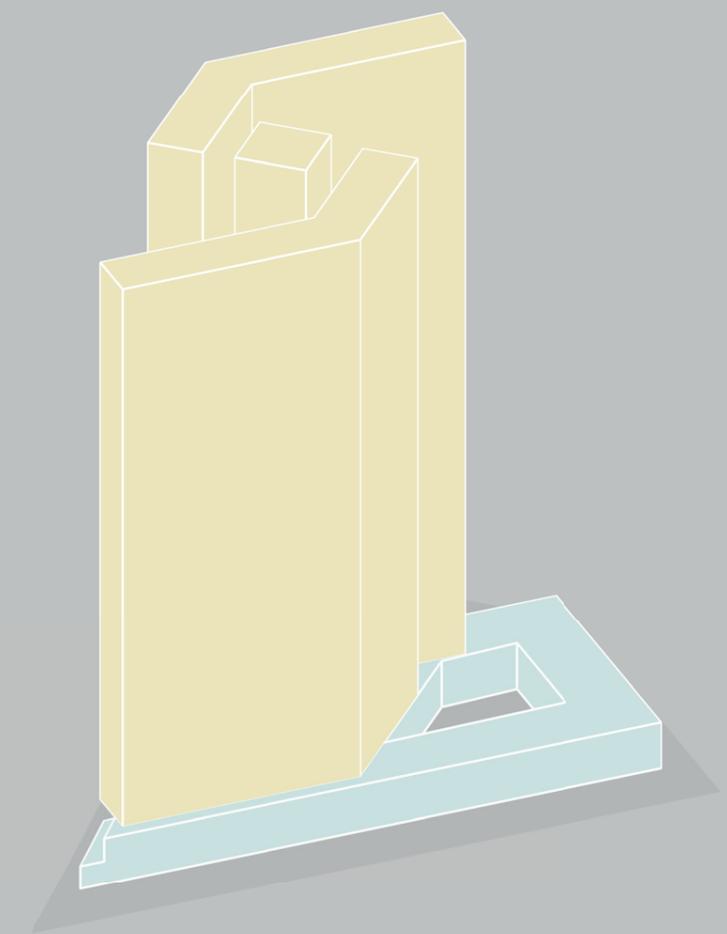
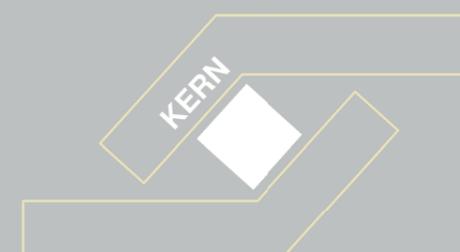
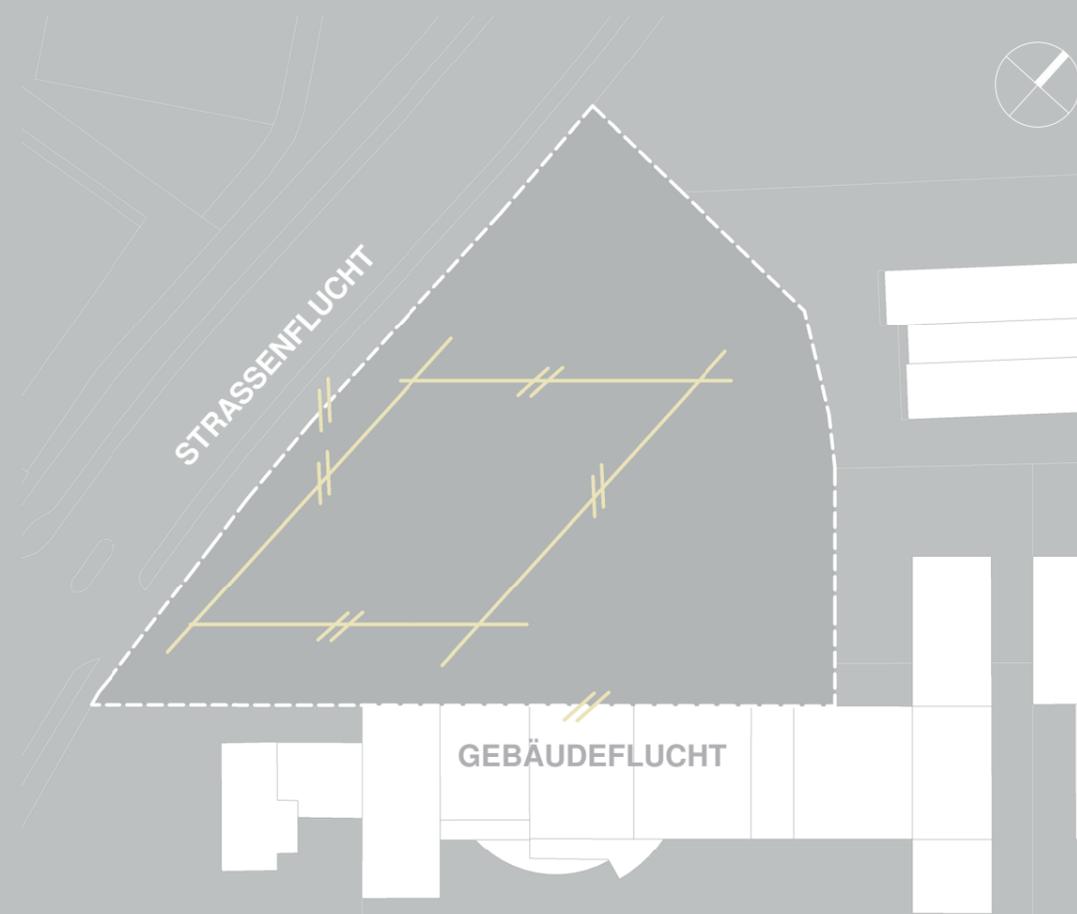
Das unmittelbare Umfeld zeichnet sich durch eine hohe Dichte an öffentlichen Einrichtungen aus, wie beispielsweise Bezirksgericht, Jahnschule, Berufsschule Linz-6, Christkönigkirche, EKZ-Lentia, Friedhof der Stadtpfarre Urfahr, etc. Aus dem nördlichen Freibereich der Donau sind das Urfahrer Jahrmarktsgelände, der Friedhof der Stadtpfarre Urfahr, sowie die nahen Brückenkopfgebäude des Ars Electronica Center und des Neuen Rathauses bedeutsam.

Das Areal westlich des Bauplatzes, bzw. der Wildbergstraße, ist geprägt von Blockrandbebauungen und einer Hochhausgruppe, das östlich an die Wildbergstraße angrenzende Areal von Solitärbauten mit großzügigen Grünflächen.

- | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|  | Einkaufcenter Lentia |  | Öffentliche Parkanlage |
|  | Erste Bank Zentrale |  | Urfahrer Jahrmarktsgelände |
|  | Friedhof |  | Glaubenseinrichtungen |
|  | Öffentliche Verwaltung |  | Öffentliche Lehranstalt |









4 SOZIALISATION IM HOCHHAUS

Österreichs Städte wachsen. Um den Wohnungsdruck einzudämmen, wird hierzulande im Vergleich zum restlichen Europa überdurchschnittlich viel Wohnraum geschaffen.⁵⁰ Im dichten urbanen Kontext wird deshalb auch vermehrt auf den Bautyp des Wohnhochhauses zurückgegriffen. Zwar lässt sich mit diesem Bautypus alleine die Wohnfrage kaum lösen, dennoch verspricht die Wohnform eine Bereicherung im dichten urbanen Stadtgefüge. Für lange Zeit galt das Wohnhochhaus jedoch als Tabu in der Stadtplanung, aufgrund der Erfahrungen aus den Plattenbauten der Nachkriegszeit und ihren sozialen Problemen. Wohnhochhäuser wirken durch ihre Volumetrie zwar identitätsstiftend für ihre Bewohner und die unmittelbare Nachbarschaft, stellen aber die Stadtplanung vor die Herausforderung einer erfolgreichen Einbindung in das bestehende Stadtgefüge.⁵¹

Integration ins Umfeld

Die Notwendigkeit einer erfolgreichen Eingliederung in die bestehende Nachbarschaft ist nicht nur architektonisch relevant sondern auch in sozialer Hinsicht von Bedeutung. Mittlerweile hat man aus den Fehlern der Nachkriegszeit gelernt, damals standen die Solitärbauten hauptsächlich isoliert vom näheren Umfeld und ließen kaum Interaktionen zu, heute wird besonders Wert auf eine möglichst gut durchmischte Sockelzone gelegt und der Kontakt zur Umgebung gesucht. Eine zu große Abschottung zeichnet sich auch oft verantwortlich für die öffentliche Ablehnung eines Hochhausprojekts. Es ist somit umso wichtiger, dass der Mehrwert durch die Nachverdichtung mit Hochhäusern, für die Anwohner erkenntlich und nachvollziehbar ist. Neue Planungen müssen den Beweis erbringen, dass sie den Bewohnern städtebaulich etwas Besonderes bieten, das gilt insbesondere für den öffentlichen Raum.⁵²

50 DerStandard: Österreich baut europaweit die meisten Wohnungen, 20.07.2017, <https://derstandard.at/2000061538308/Analyse-Oesterreich-baut-europaweit-die-meisten-Wohnungen>, 01.09.2018

51 Vgl. Geipel, Kaye: Brisante Wiederkehr. Ist das Wohnhochhaus die Antwort auf die Wohnungsfrage?, in: Stadt Bauwelt 215 19.2017, S.18-21

52 Vgl. Ebda., S.21

Soziale Durchmischung

Besonders die soziale Durchmischung bleibt eine der großen architektonischen Herausforderungen im Wohnhochhaus. Die Fehler aus den Großwohnsiedlungen der Nachkriegszeit sind hier tunlichst zu vermeiden. Es lohnt sich hierbei einen Blick auf zwei Beispiele zu werfen die aus eben jener Zeit stammen aber sich dem damaligen Trend widersetzen und bis heute eine gute soziale Durchmischung aufweisen können.

Unter anderem ist hier der vom Architekten Harry Glück entworfene Wohnpark Alt Erlaa zu nennen. Die drei 70m hohen Wohnürme werden von ihren Bewohnern in Hinblick auf Lebensqualität hoch geschätzt und gepriesen. Einen maßgeblichen Beitrag dazu liefern die zahlreichen Service- und Freizeiteinrichtungen, unter anderem die sieben Schwimmbäder auf den Dächern der Bauten. Dieses Angebot an Gemeinschaftsflächen wird von den Bewohnern geschätzt und fördert zugleich Kommunikation und Vereinsleben in der gigantischen Wohngemeinschaft.⁵³

53 Vgl. Nextroom: Wohnpark Alt Erlaa, 14.09.2003, <https://www.nextroom.at/building.php?id=239>, 01.09.2018

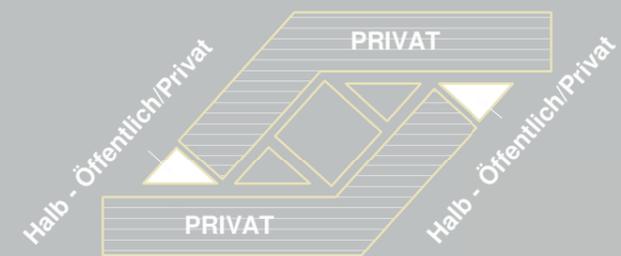


Abb.6: Wohnhochhaus Alt Erlaa

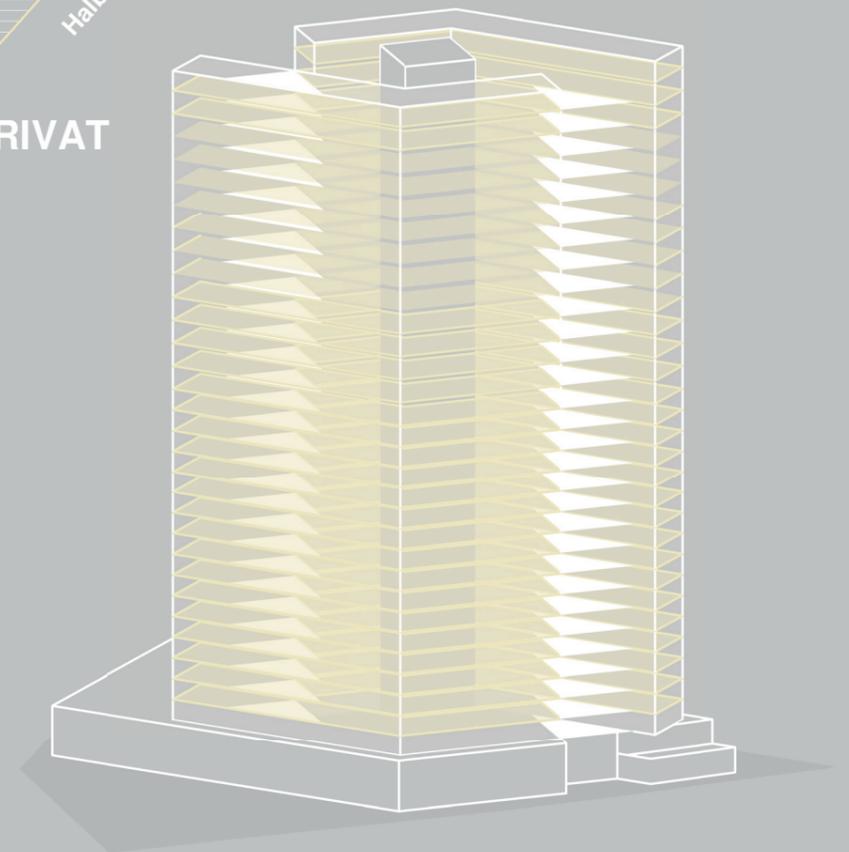


GEMEINSCHAFTS- FLÄCHEN

Diese Überlegungen wurden auch im Entwurf aufgegriffen. Abgesehen von den privaten Wohnräumen werden geschossweise Freiflächen zur Verfügung gestellt, welche von den Bewohnern als Gemeinschaftflächen bespielt werden können.



ÖFFENTLICH/PRIVAT





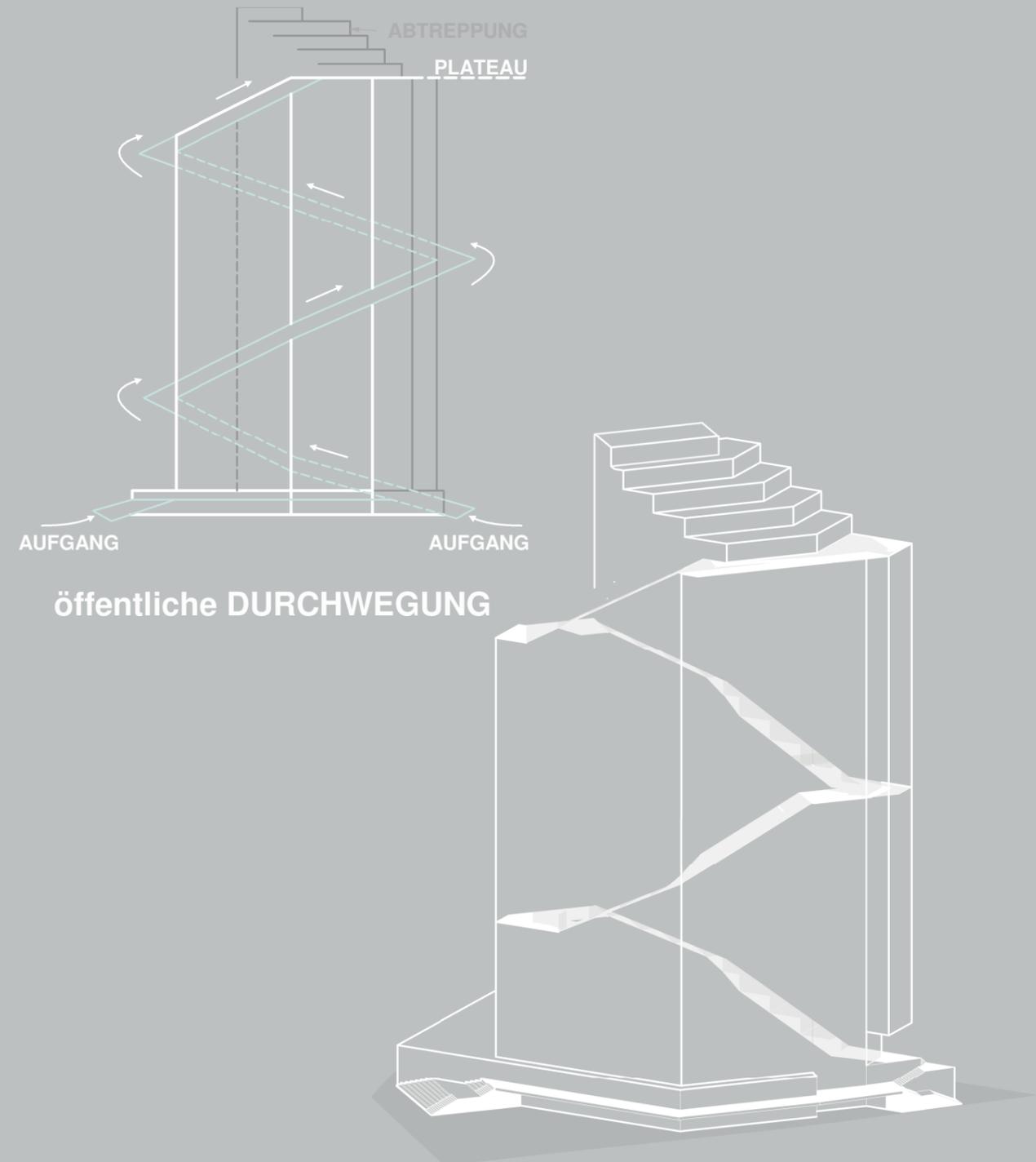
Die vorherrschende soziale Mischung in Wohnhäusern mit einer Oben- und Unten Verteilung ist allgemein zu hinterfragen, es benötigt vielmehr neue Formen der sozialen Mischung die auch räumlich anders gedacht werden muss.⁵⁴

Eine Ansatz dazu liefert die Terrassenhaussiedlung in Graz von der Werkgruppe Graz. Als eine der ersten Anlagen die gezielt auf die Partizipation der Bewohner setzt und diesen großen

Freiräume in der individuellen Mitgestaltung einräumt, zeigt die Terrassenhaussiedlung das Mitbestimmung im Planungsprozess identitätsstiftend wirkt. In der Wohnanlage wird von einer Primärstruktur ausgegangen die als „Ausdruck für das Bewusstsein von Gemeinschaft“ steht. Ein Gerüst bestehend aus horizontalen und vertikalen Verkehrswegen die als offener Raum geplant sind, lassen die Wohnanlage zur Stadt werden. Innerhalb dieses gemeinsamen Verständnisses erst kommt die individuelle Verschiedenheit und private Freiheit zu ihrem Recht.⁵⁵



Abb.7: Terrassenhaussiedlung Graz



SOZIALE MISCHUNG

Das Problem der sozialen Mischung wird auch im folgenden Entwurf behandelt, indem mittels einer architektonischen Geste in Form einer „Durchwegung“, die bestehende Strukturaufgebrochen wird. Dabei wird versucht die vertikalen Strukturen mittels eines verbindenden, identitätsstiftenden Elements zu überbrücken und somit die Grenzen zwischen den Ebenen zu überwinden.

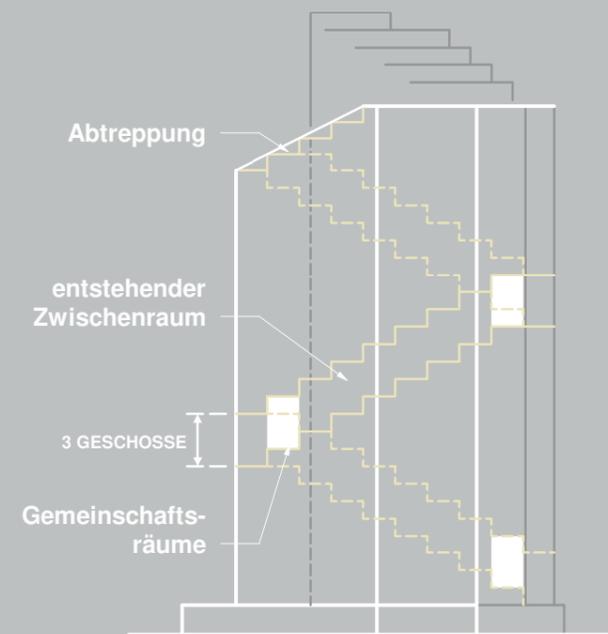
54 Vgl. Geipel, Kaye: Brisante Wiederkehr. Ist das Wohnhochhaus die Antwort auf die Wohnungsfrage?, in: Stadt Bauwelt 215 19.2017, S.21

55 Vgl. Demonstrativbauvorhaben Terrassenhaussiedlung, Graz -St. Peter 1972-1978, o.J., o.O.



ZWISCHENRAUM

Durch eine „Terrassierung“ dieser Durchwegung entsteht ein Zwischenraum der als offener, verbindender Raum wahrgenommen werden soll. Weiters sollen damit der öffentliche Raum nicht nur auf das Straßenniveau begrenzt bleiben, sondern vielmehr Teil des Wohnhochhauses werden. Dabei entsteht ein Spannungsfeld zwischen den privaten Wohnungen, den halbprivat- halböffentlichen Gemeinschaftsflächen und der öffentlichen Durchwegung.



Halb- Öffentlich/Private ZWISCHENRÄUME





5 NACHHALTIGES BAUEN MIT HOLZ

Holz als nachwachsender Rohstoff steht schon seit längerem im Fokus einer nachhaltigen Bauweise. Mit seiner hervorragenden Ökobilanz, zeichnet sich der Baustoff Holz maßgeblich durch sein geringes Treibhausgaspotenzials aus.⁵⁶ Neue technologische Entwicklungen verhelfen dem im mehrgeschossigen Bereich lange Zeit vernachlässigten Baustoff, zu neuem Glanz. Somit ist es nun auch erstmals möglich, dass der Holzbau im Hochhaussektor Fuß fassen konnte. In diesem Bereich stehen sich zum einen, die vor allem ökologische Vorteile von Holz und zum anderen technologische Hürden bzw. technische Anforderungen wie z.B. der Brandschutz gegenüber. Trotz dieser technologischen Herausforderungen scheint der Typus des Holzhochhauses weltweit Anklang zu finden. Vom Haut Tower in Amsterdam mit 73m über den C.F. Moller Tower in Stockholm mit 112m bis hin zum geplanten Oakwood Tower in London mit bis zu 300m, nehmen immer mehr Projekte Gestalt an.

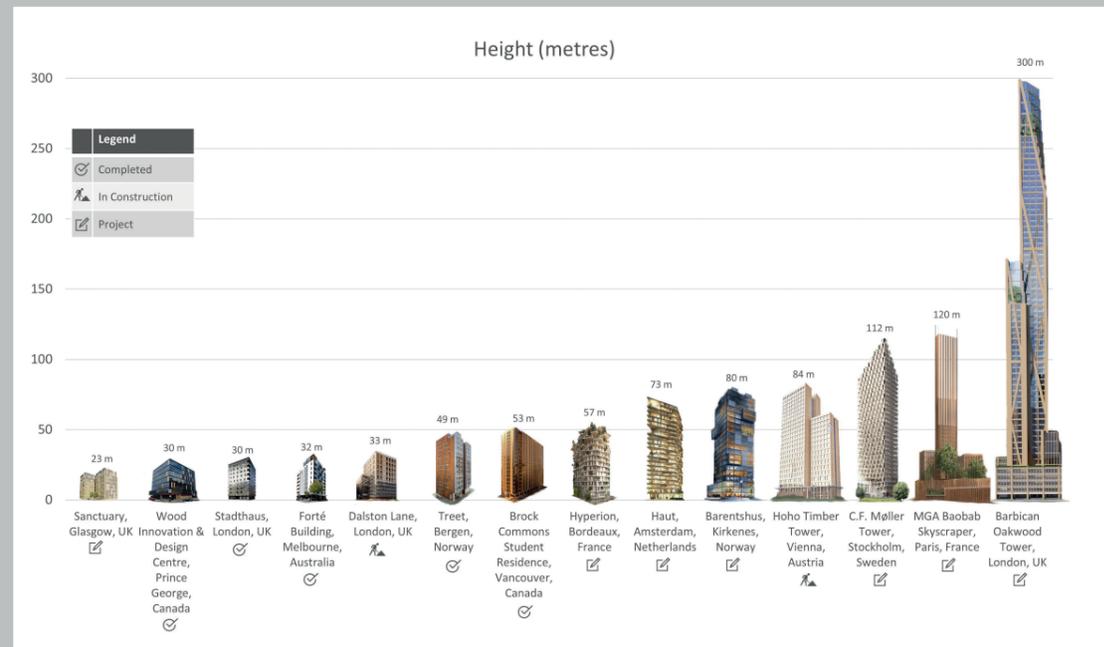


Abb.8: Geplante und bereits umgesetzte Holzhochhäuser

Nachdem sich aber die meisten dieser Projekte noch in einem frühen Entwurfsstadium befinden, ist es zielführender sich jenen Projekten zu widmen die bereits zur Ausführung gelangt sind.

Somit soll in diesem Kapitel vor allem die Machbarkeit solcher Bauten im Vordergrund stehen, und dies auch anhand des Beispiels des Life Cycle Tower - LTC One in Dornbirn und des HoHo-Towers in Wien veranschaulicht werden.

56 König, Holger: Bauen für die Zukunft - Bauen mit Holz. Nachwachsende Rohstoffe und ihre Rolle in der Zertifizierung. Präsentation, München 2012

Weiters stehen die ökologischen Eigenschaften des Baustoffes Holz im Vordergrund. Mittels eines direkten Vergleichs zu anderen Werkstoffen sollen verschiedenste Bauteile und Konstruktionen auf ihre ökologischen und energetischen Eigenschaften eingehend untersucht werden.

Die Ressource Holz:

Mit der Fähigkeit Kohlendioxid (CO₂) aus der Atmosphäre aufzunehmen und diese in der Vegetation und im Boden zu speichern, spielen Wälder eine zentrale Rolle, um die Begrenzung der globalen Erwärmung auf unter 2°C zu erreichen. Ein Teil des gespeicherten CO₂s entweicht durch die Verwitterung von Bäumen, Waldbränden und Rodungen wieder zurück in die Atmosphäre. Grundsätzlich dient ein Wald aber, solange er ordnungsgemäß verwaltet wird, als großer Kohlendioxidspeicher. Somit steuern großflächige Entwaldungen von z.B. Regenwäldern durch Brandrodung, einen entscheidenden Beitrag zum anthropologischen Klimawandel bei.⁵⁷

Ein Baum der zu einem Holzprodukt verwertet wird, speichert das akkumulierte Kohlendioxid über den gesamten Lebenszyklus im Holzprodukt. Holz speichert somit zwischen 1-1,6 Tonnen Kohlendioxid pro Kubikmeter, abhängig von der Baumart, Rodungsmethode und sekundärer Herstellungsmethoden.⁵⁸ Eine nachhaltige, verantwortungsvolle Forstwirtschaft die im Einklang mit der Umwelt agiert, ist somit eine Voraussetzung dafür, dass bei steigendem Bedarf der Baustoff Holz in Zukunft weiterhin als ökologisch nachhaltig gilt.

Ressourcenschonendes Bauen wird oft vorrangig auf den Baustoff des Tragsystems bezogen. Weiters besteht häufig die Auffassung, dass die Nutzung von regenerativen Baustoffen wie Holz einen maßgeblichen Einfluss auf die Umweltwirkung eines Gebäudes hat. Tatsächlich aber unterscheidet sich z.B. der Primärenergiebedarf von Tragwerken aus verschiedenen Materialien kaum voneinander. Ein grundsätzlich anderes Bild zeigt sich bei der Verwendung von Holz in der Konstruktion in Bezug auf den erneuerbaren Energieanteil, der hier deutlich höher liegt.⁵⁹

57 Vgl. Green, Micheal C.: Tall Wood. The chase for Tall Wood Buildings, Vancouver 2012, S.8-16

58 Vgl. Green, Micheal C.: Tall Wood. The chase for Tall Wood Buildings, Vancouver 2012, S.26

59 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.48

Dem zugrund liegt unter anderem die thermische Verwertbarkeit des Holzes. Allerdings lässt sich diese Reduktion der Umweltwirkung mit ca. 10-15% als eher gering einschätzen.⁶⁰ (siehe Abb. 8)

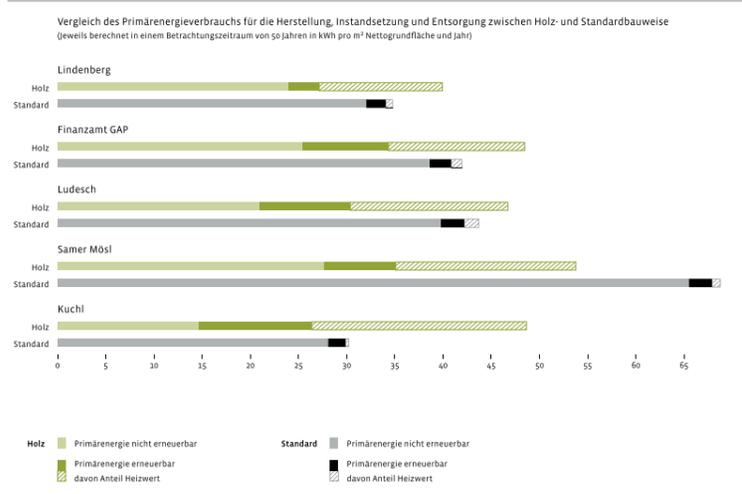


Abb.9: Primärenergievergleich Bauformen © H. König

Ein deutlich größeres Potential als beim Primärenergieinhalt (PEI) bietet der Holzbau bei der Verringerung des Treibhauspotentials (GWP).⁶¹ Hierbei ist im Vergleich zu konventionellen Tragkonstruktionen aus Stahl, Beton oder Ziegel, ein Reduktionspotenzial von 30-40% vorhanden. Allerdings wird derzeit bei der Ökobilanzierung von Holz davon ausgegangen, dass durch die Nachnutzung in Form von thermischem Recycling (Verbrennen), das gespeicherte Kohlendioxid wieder in den natürlichen CO₂-Kreislauf freigesetzt wird.⁶²

Eine sinnvollere Herangehensweise wäre den Baustoff Holz zu recyceln und zu erhalten und in Folge dessen eine langfristige Reduktion der Umweltwirkung zu sichern.⁶³ Dies würde nicht nur die Wertigkeit der Holzprodukte verbessern sondern auch produktionstechnische Vorteile mit sich bringen. So lassen sich z.B. durch rohstoffliches Recycling alte Spannplatten mittels einer Wiederverwendung von alten Spänen, Einsparungen im Vergleich zur Neuproduktion erzielen.^{64/65}

Neben den gestalterischen und funktionellen Anforderungen in der Baustoffwahl sind die zu erwartenden Umweltwirkungen für eine nachhaltige Bauweise essentiell. Mithilfe von Variantenstudien lassen sich Bauteilaufbauten, exemplarisch miteinander vergleichen und somit jeweilige Vor- und Nachteile transparent abbilden. Bezogen auf die konstruktive Ausformulierung und die Materialwahl, lässt sich ablesen das der Baustoff Holz in energetischer und ökologischer Hinsicht gewisse Vorteile bzw. Einsparungen mit sich bringt.

Da eine komplette Ökobilanzierung des erarbeiteten Entwurfs den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, wird auf eine vereinfachte Form der Bewertung zurückgegriffen. Die nachfolgenden Bauteilvergleiche sollen einen Überblick vermitteln, welche grundsätzlichen Konstruktionsprinzipien für den zugrundeliegenden Entwurf genutzt wurden.

60 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.48

61 König, Holger: Bauen für die Zukunft - Bauen mit Holz. Nachwachsende Rohstoffe und ihre Rolle in der Zertifizierung. Präsentation, München 2012

62 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.48

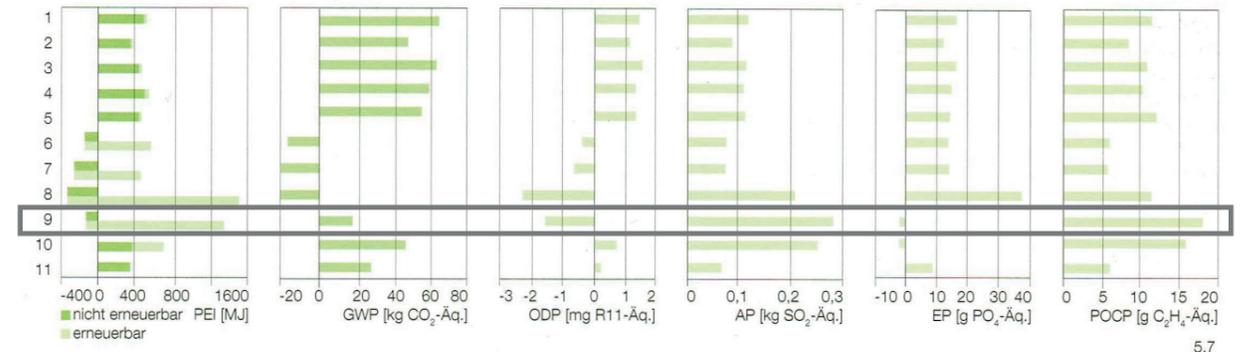
63 Gärtner, Sven: Holzkaskadennutzung vs. Holzenergie: Was nützt der Umwelt mehr?, Augsburg 2012

64 Plugge, Daniel: Holzwerkstoff - Spannplattenherstellung. Hamburg 2006

65 Vgl. El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, S.48

Deckenkonstruktionen

Geschossdecken [1 m ² Decke] Herstellung, Instandhaltung und Rückbau Betrachtungszeitraum: 50 a	PEI Primär- energie nicht erneuerbar [MJ]	PEI Primär- energie erneuerbar [MJ]	GWP Klima- gase [kg CO ₂ -Äq.]	ODP Ozon- abbau [kg R11 -Äq.]	AP Ver- sauerung [kg SO ₂ -Äq.]	EP Über- düngung [kg PO ₄ -Äq.]	POCP Sommer- smog [kg C ₂ H ₄ -Äq.]
1 Stahlbetonflachdecke Beton (20 cm; Stahleinlage 2%); Putz (0,5 cm)	501	40	63,7	1,4 E ⁶	0,122	0,0165	0,0114
2 Plattenbalkendecke Beton (12 cm, Stahleinlage 1%) auf 15% der Deckenfläche; Betonträger (20 cm, Stahleinlage 5%)	359	27	47,6	1,1 E ⁶	0,090	0,0124	0,0064
3 Beton-Hohlblechendecke Beton (30 cm, Stahleinlage 1,5%)	452	33	63,0	1,5 E ⁶	0,118	0,0165	0,0108
4 Stahlsteindecke Beton (12 cm, Stahleinlage 1%); Betonträger 15% (20 cm, Stahleinlage 5%); Hochlochziegel 85% (20 cm)	526	56	59,2	1,3 E ⁶	0,113	0,0150	0,0102
5 Trapezblech-Verbunddecke Beton (16 cm, Stahleinlage 2%); Stahlblech (0,07 cm)	451	30	55,0	1,3 E ⁶	0,116	0,0145	0,0120
6 Holzbalkenkonstruktion OSB-Platte (1,9 cm); Holzbalken (20 cm) über 10% der Deckenfläche, dazwischen Mineralwolle (20 cm); OSB-Platte (1,9 cm); Gipskartonplatte (1,25 cm)	-158	740	-17,6	-4,1 E ⁷	0,078	0,0139	0,0060
7 Holz-Hohlkastendecke OSB-Platte (2,4 cm); Holzbalken (18 cm) über 8% der Deckenfläche, dazwischen Mineralwolle (18 cm); OSB-Platte (1,9 cm)	-276	745	-20,4	-6,6 E ⁷	0,071	0,0130	0,0055
8 Massivholzdecke Leimholz (18 cm)	-348	1911	-20,9	-2,3 E ⁶	0,209	0,0365	0,0114
9 Holz-Beton-Verbunddecke (Betonplatte auf Massivholzplatte) Beton (10 cm, Edelstahlblech 0,5%); Leimholz (14 cm)	-137	1534	15,3	-1,7 E ⁶	0,284	-0,0126	0,0177
10 Holz-Beton-Verbunddecke (Betonplatte auf Leimbinder) Beton (10 cm, Edelstahlblech 0,5%); Leimholzbinder (14 cm) über 20% der Deckenfläche; Holzlattung (2,4 cm)	378	324	44,1	6,6 E ⁷	0,257	-0,0173	0,0158
11 Stahlbetonflachdecke mit Hüttensandzement (ca. 80%) Beton CEM III/b (20 cm, Stahleinlage 2%)	371	40	24,4	1,7 E ⁷	0,070	0,0098	0,0060



Unterdecken [1 m ² Decke] Herstellung, Instandhaltung und Rückbau Betrachtungszeitraum: 50 a	PEI Primär- energie nicht ern. [MJ]	PEI Primär- energie erneuerbar [MJ]	GWP Klima- gase [kg CO ₂ -Äq.]	ODP Ozon- abbau [kg R11 -Äq.]	AP Ver- sauerung [kg SO ₂ -Äq.]	EP Über- düngung [kg PO ₄ -Äq.]	POCP Sommer- smog [kg C ₂ H ₄ -Äq.]
12 Unterkonstruktion Holz F30 2 x Gipskartonplatte, Feuerschutz (1,25 cm); 2 x Holzlattung (3,6 x 5,6 cm); Befestigungsmittel, Stahl verzinkt	48	69	3,6	-1,2 E ⁷	0,011	0,0025	0,0013
13 Unterkonstruktion Metall F30 2 x Gipskartonplatte, Feuerschutz (1,25 cm); Hutprofil Metall (3,6 cm); Befestigungsmittel, Stahl verzinkt	72	4	4,8	4,9 E ⁶	0,013	0,0017	0,0017
14 Unterkonstruktion Metall F60 2 x Gipskartonplatte, Feuerschutz (1,25 cm); 2 x CD 60/27 Stahlblech (0,6 mm); Befestigungsmittel, Stahl verzinkt	134	7	9,0	8,5 E ⁶	0,024	0,0032	0,0031
15 Unterkonstruktion Metall F90 Gipskartonplatte, Feuerschutz (2,5 cm); Gipskartonplatte, Feuerschutz (1,8 cm); 2x CD 60/27 Stahlblech (0,6mm); Befestigungsmittel, Stahl verzinkt	189	10	12,4	8,8 E ⁶	0,030	0,0046	0,0038

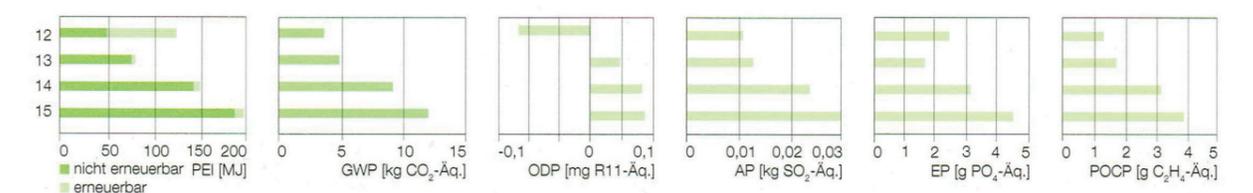
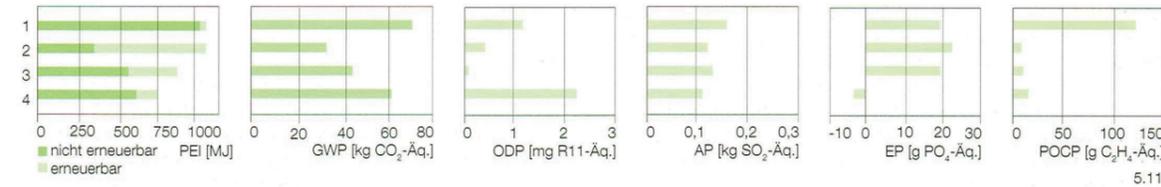


Abb.10: Systemvergleich Deckenkonstruktionen, © Detail:Green Book - Nachhaltig Konstruieren

Opake Fassaden

Vorsatzschalen für Außenwände [1 m² Wand (U-Wert 0,2 W/m²K) Herstellung, Instandhaltung und Rückbau Betrachtungszeitraum: 50 a	PEI Primär- energie nicht erneuerbar [MJ]	PEI Primär- energie erneuerbar [MJ]	GWP Klima- gase [kg CO₂-Äq.]	ODP Ozon- abbau [kg R11-Äq.]	AP Ver- sauerung [kg SO₂-Äq.]	EP Über- düngung [kg PO₄-Äq.]	POCP Sommer- smog [kg C₂H₄-Äq.]
1 Kalksandstein mit WDVS ¹⁾	1056	40	70,7	1,2 E ⁻⁶	0,165	0,019	0,122
Gipsputz (1 cm); Kalksandstein im Dünnbettmörtel (15 cm); WDVS inkl. Dübel und Putz (16 cm) ¹⁾							
2 Kalksandstein mit hinterlüfteter Holzfassade ²⁾	376	734	33,1	4,4 E ⁻⁷	0,125	0,022	0,009
Gipsputz (1 cm); Kalksandstein im Dünnbettmörtel (15 cm); Holzträger (18 cm); Mineralwolle (18 cm); PE-Folie; Holzlattung (5,4 cm); Holzschalung Lärche (2,4 cm) ³⁾							
3 Kalksandstein mit hinterl. Faserzement auf Holz-UK	557	296	44,5	1,2 E ⁻⁷	0,136	0,019	0,011
Gipsputz (1 cm); Kalksandstein im Dünnbettmörtel (15 cm); Holzträger (18 cm); Mineralwolle (18 cm); PE-Folie; Holzlattung (5,4 cm); Faserzementplatte (1,2 cm)							
4 Kalksandstein mit hinterl. Faserzement auf Aluminium-UK	606	129	61,6	2,3 E ⁻⁶	0,115	-0,050	0,016
Gipsputz (1 cm); Kalksandstein im Dünnbettmörtel (15 cm); Aluminium-Unterkonstruktion (18 cm); Mineralwolle (16 cm); PE-Folie; Faserzementplatte (1,2 cm)							

Austauschzyklen: ¹⁾ WDVS 40 a; ²⁾ Holzschalung 30 a (alle anderen Materialien: 50 a)



opake Außenwände [1 m² Wand (U-Wert 0,2 W/m²K) Herstellung, Instandhaltung und Rückbau Betrachtungszeitraum: 50 a	PEI nicht ern. [MJ]	PEI erneuerbar [MJ]	GWP [kg CO₂-Äq.]	ODP [kg R11-Äq.]	AP [kg SO₂-Äq.]	EP [kg PO₄-Äq.]	POCP [kg C₂H₄-Äq.]
5 Vollholz mit Holzfasersplatte, hinterlüftet (37,1 cm) ¹⁾	-525	3141	-34,7	-4,6 E ⁻⁶	0,204	0,0333	0,0160
Konstruktionsvollholz KVH (18 cm); Holzfaserdämmplatte (14 cm); Dämmschutzbahn (0,03 cm); Holzlattung (2,4 cm); Holzschalung (2,4 cm) ¹⁾							
6 Stahlbetonwand mit WDVS (36 cm) ²⁾	1286	55	100,1	2,6 E ⁻⁶	0,261	0,0294	0,1313
Gipsputz (1 cm); Stahlbetonwand (20 cm, mit 2% Bewehrung); WDVS inkl. Dübel und Putz (16 cm) ²⁾							
7 Kalksandstein mit WDVS (31 cm) ²⁾	1056	40	70,7	1,2 E ⁻⁶	0,165	0,0190	0,1222
Gipsputz (1 cm); Kalksandstein (15 cm, im Dünnbettmörtel); WDVS inkl. Dübel und Putz (16 cm) ²⁾							
8 Hochlochziegel mit Perlite (52 cm) ³⁾	872	173	67,0	6,2 E ⁻⁷	0,115	0,0177	0,0111
Gipsputz (1 cm); Hochlochziegel (47 cm, im Dünnbettmörtel); Normalputz (1,5 cm) ³⁾							
9 Hochlochziegel mit Mineralwolle und Hinterlüftung	1281	91	81,6	5,0 E ⁻⁷	0,209	0,0276	0,0061
Gipsputz (1 cm); Hochlochziegel (24 cm, im Dünnbettmörtel); Mineralwolle (16 cm); Vormauerziegel (NF) mit Metallankern und Schienen (11,5 cm)							
10 Holztafelwand mit Mineralwolle, verputzt (30 cm) ³⁾	343	475	0,0	5,8 E ⁻⁷	0,103	0,0171	0,0071
Gipskartonplatte (1,25 cm); OSB-Platte (1,9 cm); Holzständer mit Mineralwolle (18 cm); Putzträgerplatte (1,9 cm); Normalputz (1,5 cm) ³⁾							
11 Holztafelwand (TJI), Mineralwolle, verputzt (29 cm) ³⁾	465	477	-0,6	9,3 E ⁻⁷	0,114	0,0186	0,0089
Gipskartonplatte (1,25 cm); OSB-Platte (1,9 cm); Holzstegträger (TJI) mit Mineralwolle (17 cm); Putzträgerplatte (1,9 cm); Normalputz (1,5 cm) ³⁾							
12 Holztafelwand mit Zellulose, verputzt (30 cm) ³⁾	328	742	10,0	3,6 E ⁻⁷	0,145	0,0512	0,0132
Gipskartonplatte (1,25 cm); OSB-Platte (1,9 cm); Holzständer mit Zellulose (18 cm); Putzträgerplatte (2 cm); Normalputz (1,5 cm) ³⁾							
13 Stahlkassetten mit Mineralwolle (U-Wert 0,3 W/m²K)	586	27	40,2	1,6 E ⁻⁶	0,182	0,0185	0,0150
Stahlkassette quer (14 cm); Mineralwolle (18 cm); Hutprofil (0,1 cm); Wellblech (0,02 cm)							
14 ergänzender Datensatz: Stütze im Inneren [pro m]	224	18	28,5	6,4 E ⁻⁷	0,55	0,0074	0,0051

Beton C35/42 (30 x 30 cm, 2% Stahlanteil)
Austauschzyklen: ¹⁾ Holzschalung 30 a; ²⁾ WDVS 40 a; ³⁾ Putz 45 a (alle anderen Materialien: 50 a)

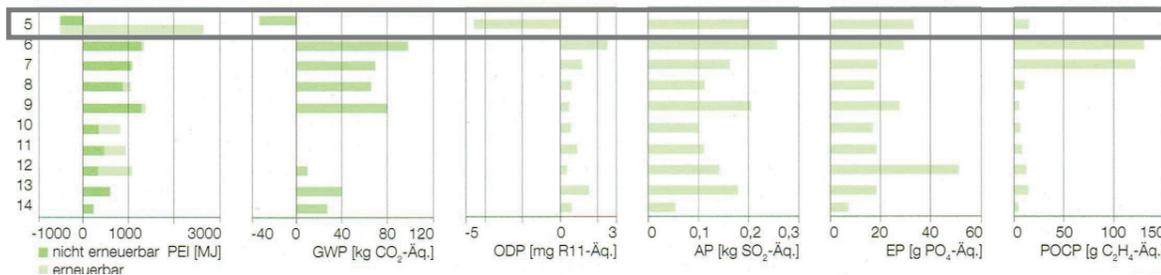
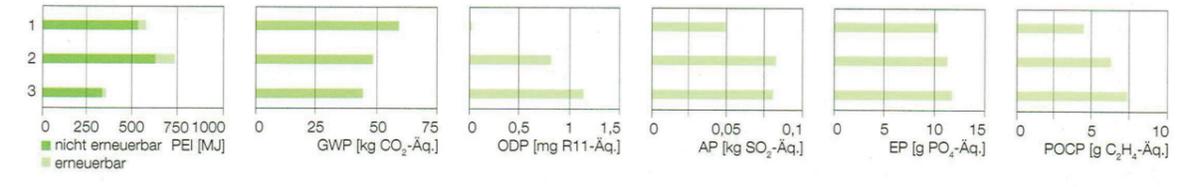


Abb.11: Systemvergleich Fassadenkonstruktionen, © Detail:Green Book - Nachhaltig Konstruieren

Innenwände tragend/nicht tragend

tragende Innenwände [1 m² Innenwand; 52 dB Schallminderung] Herstellung, Instandhaltung und Rückbau Betrachtungszeitraum: 50 a	PEI Primärenergie nicht erneuerbar [MJ]	PEI Primärenergie erneuerbar [MJ]	GWP Klima- gase [kg CO₂-Äq.]	ODP Ozon- abbau [kg R11-Äq.]	AP Ver- sauerung [kg SO₂-Äq.]	EP Über- düngung [kg PO₄-Äq.]	POCP Sommer- smog [kg C₂H₄-Äq.]
1 Massivwand Kalksandstein; 380 kg; 52 db (32 cm) (Massivwand Kalksandstein; 490 kg; 55 db)	493 (602)	42 (52)	58,8 (72,6)	3,0 E ⁻⁶ (3,6 E ⁻⁶)	0,050 (0,061)	0,0105 (0,0129)	0,0045 (0,0055)
Gipsputz (1 cm); Kalksandstein (30 cm); Dünnbettmörtel; Gipsputz (1 cm)							
2 Massivwand Ziegel; 380 kg; 52 db (26 cm) (Massivwand Ziegel; 490 kg; 55 db)	630 (773)	109 (135)	48,2 (59,2)	7,9 E ⁻⁷ (9,9 E ⁻⁷)	0,084 (0,103)	0,0115 (0,0141)	0,0063 (0,0077)
Gipsputz (1 cm); Vollziegel (24 cm); Dünnbettmörtel; Gipsputz (1 cm)							
3 Massivwand Beton; 1% Bewehrung; 52 db (23 cm) (Massivwand Beton; 1% Bewehrung; 55 db)	310 (412)	20 (27)	44,1 (57,3)	1,1 E ⁻⁶ (1,4 E ⁻⁶)	0,082 (0,105)	0,0120 (0,0154)	0,0074 (0,0096)
Gipsputz (1 cm); Beton (21 cm); Stahlbewehrung; Gipsputz (1 cm)							



nicht tragende Innenwände [1 m² Innenwand] Herstellung, Instandhaltung und Rückbau Betrachtungszeitraum: 50 a	PEI Primärenergie nicht erneuerbar [MJ]	PEI Primärenergie erneuerbar [MJ]	GWP Klima- gase [kg CO₂-Äq.]	ODP Ozon- abbau [kg R11-Äq.]	AP Ver- sauerung [kg SO₂-Äq.]	EP Über- düngung [kg PO₄-Äq.]	POCP Sommer- smog [kg C₂H₄-Äq.]
4 Leichtbauwand; Stahlständer CW 75-06; 52 db (12,5 cm) (Leichtbauwand; Stahlständer CW 75-06; 55 db)	260 (340)	16 (20)	16,0 (20,8)	7,4 E ⁻⁷ (1,1 E ⁻⁶)	0,052 (0,065)	0,0075 (0,0096)	0,0044 (0,0057)
2 x Gipsplatte (2,5 cm); Mineralwollendämmung (6 cm); Stahlständer (7,5 cm); 2 x Gipsplatte (2,5 cm)							
5 Leichtbauwand; Stahlständer CW 100-06; 55 db (15 cm)	265	16	16,3	7,5 E ⁻⁷	0,053	0,0076	0,0046
2 x Gipsplatte (2,5 cm); Mineralwollendämmung (6 cm); Stahlständer (10 cm); 2 x Gipsplatte (2,5 cm)							
6 Leichtbauwand; 38 db (8,5 cm)	116	71	7,3	6,4 E ⁻⁶	0,025	0,0041	0,0020
Gipsplatte (1,25 cm); Mineralwolle (4 cm); Holzständer (6 cm); Gipsplatte (1,25 cm)							
7 Leichtbauwand; 44 db (12 cm)	105	113	6,4	1,6 E ⁻⁷	0,033	0,0054	0,0024
Gipsplatte (1,25 cm); Mineralwolle (6 cm); Holzständer (8 cm); Holzquerlattung (2,4 cm); Gipsplatte (1,25 cm)							
8 Porenbetonwand mit Vorsatzschale; 52 db (30,25 cm)	603	126	78,4	-6,3 E ⁻⁸	0,141	0,0168	0,0165
Gipsputz (1 cm); Porenbeton P6 (20 cm); Bauholz (8 cm) mit eingelegerter Mineralwolle (6 cm); Gipsplatte (1,25 cm)							
9 Massivwand KS mit Holzwoleplatte; 52 db (25,5 cm) (Massivwand KS mit Holzwoleplatte; 55 db (32,5 cm))	151 (276)	190 (201)	46,0 (61,8)	-3,0 E ⁻⁷ (-3,0 E ⁻⁷)	0,046 (0,058)	0,0096 (0,0123)	0,0035 (0,0045)
Gipsputz (1 cm); Kalksandstein (13 cm/ bei 55 db: 20 cm); Bauholz (8 cm); harte Holzwoleplatte (2,5 cm); Gipsputz (1 cm)							
10 Massivwand Kalksandstein; 115 kg; 38 db (10 cm)	166	13	17,5	1,1 E ⁻⁶	0,017	0,0032	0,0017
Gipsputz (1 cm); Kalksandstein im Dünnbettmörtel (8 cm); Gipsputz (1 cm)							
11 Massivwand Ziegel; 85 kg; 34 db (13,5 cm)	153	21	11,2	1,3 E ⁻⁷	0,020	0,0026	0,0016
Gipsputz (1 cm); Ziegel im Dünnbettmörtel (11,5 cm); Gipsputz (1 cm)							

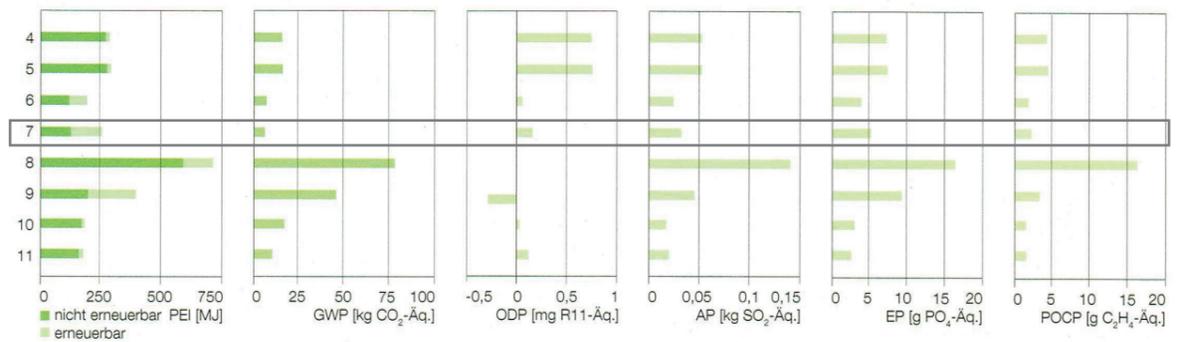


Abb.12: Systemvergleich Wandkonstruktionen, © Detail:Green Book - Nachhaltig Konstruieren

Holzbau: Die Ausgangslage

Der Holzbau kann in Ländern wie der Schweiz und Österreich auf eine lange Tradition zurückgreifen. Besonders in Vorarlberg zählt Holzbau mit einem Anteil von über 20% aller Bauten zu den Vorreitern.⁶⁶ Aber auch in Ländern mit einem besonders hohen Waldanteil ist der Baustoff Holz vermehrt wieder in den Fokus der Baubranche gerückt. So steigt in den skandinavischen Ländern wie Schweden und Norwegen sowie auch in Nordamerika und insbesondere Kanada der Holzbauanteil kontinuierlich. Einen maßgeblichen Betrag dazu leistete die technologische Entwicklung neuer Holzbaustoffe wie die des Brettschichtholzes (BSH), die mitunter eine wirtschaftliche Abwicklung von mehrgeschossigen Bauten in Holz ermöglichten. Folglich wurden die länderspezifischen Brandschutzvorschriften, die lange Zeit mehrgeschossiger Holzbauten auf z.B. eine gewisse Geschossanzahl begrenzten, an diese neuen technologischen Gegebenheiten angepasst. Nach wie vor gilt Holz in der öffentlichen Wahrnehmung als ein leicht brennbares Material, neue Methoden garantieren aber mittels feuerfester Verkleidungen oder Überdimensionierung als Schutzschicht die Brandwiderstandsfähigkeit des Baustoffes Holz.⁶⁷

Dennoch ist der Holzbau, gemessen an der gesamten Bauproduktion, heute überwiegend noch ein absolutes Nischenprodukt. Es herrschen nach wie vor Vorbehalte und Ängste die ausgeräumt werden müssen. Als Wegbereiter sind hier der österreichische Architekt Hermann Kaufmann sowie der kanadische Architekt Michael Green zu nennen. Beide prägten mit ihren mehrgeschossigen Holzbauten maßgeblich die öffentliche Wahrnehmung und gelten als Wegbereiter eines umfassenden Imagewandels des Baustoffes Holz.⁶⁸

Auf Grundlage dessen ist eine näherer Betrachtung der dabei entwickelten Konstruktionsprinzipien für den mehrgeschossigen Holzbau naheliegend. Michael Green hat mit seiner Studie „Tall Wood“ basierend auf dem „FFTT - Approach“ die technische Grundlage für Holzbauten von bis zu 30 Stockwerken gelegt und damit den Weg bereitet in den Hochhaussektor.

Als weiteres Beispiel dient Hermann Kaufmanns LTC One Tower, der mit dem entwickelten „CREE- System“ ein achtgeschossiges Holz-Hybrid Hochhaus verwirklichte. Ebenfalls zur Anwendung kommt eine Holz-Hybrid Bauweise beim HoHo-Tower in Wien von Rüdiger Lainer Architekten, welche auch als Tragwerksgrundlage für den nachfolgenden Entwurf diente.

Konstruktionsprinzipien eines Holzhochhauses:

Die zuvor genannten verschiedenen Konstruktionsprinzipien sollen hier nochmals im Detail betrachtet werden. Diese unterschiedlichen Herangehensweisen an der Umsetzung eines Holzhochhauses zeichnen ein Bild von einer noch relativ jungen Disziplin in der Baubranche. Das derzeit höchste umgesetzte Holzhochhaus, das Brock Commons Studentenheim (Vancouver), erzielt mit 18-Geschossen eine Höhe von 53m und verkörpert damit erst den Beginn dieses Trends. Mit der technologischen Weiterentwicklungen der verschiedenen Konstruktionsprinzipien befinden sich mittlerweile Projekte mit 30 - 40 Geschossen in der Planung. Als einer der Wegbereiter galt hier der Architekt Michael Green mit seiner Studie: „Tall Wood“ auf welche anschließend näher eingegangen wird.

⁶⁶Holz: Tradition, Konstruktion und Wahnsinn, in: Baunetzwoche 353, 2014, S.6-30

⁶⁷Vgl. Green, Micheal C.: Tall Wood. The chase for Tall Wood Buildings, Vancouver 2012, S.8-16

⁶⁸Vgl. Holz: Tradition, Konstruktion und Wahnsinn, in: Baunetzwoche 353, 2014, S.6-30

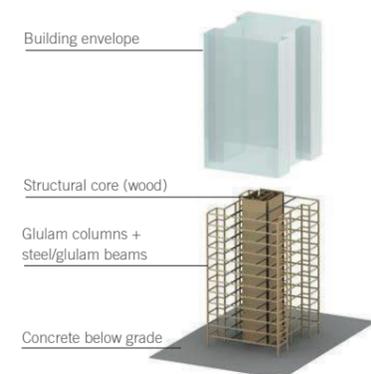
Referenz: „Tall Wood“ The chase for tall wood buildings:

Diese Studie führte eine neue Methode zur Konstruktion von Hochhäusern in Holzbauweise ein, den sogenannten „FFTT- Finding the Forest through the trees Approach“. Unter der Verwendung von Brettschichtholz, Spannstreifenholz und Funierschichtholz wurden verschiedenen Varianten ausgearbeitet, die eine effektive Bebauung von bis zu 30 Geschosse zulassen.⁶⁹

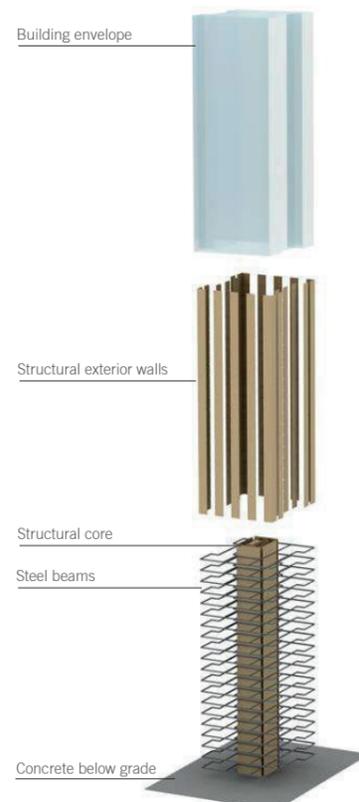
Wie sich zeigte ist die Berücksichtigung der vorherrschenden Wind bzw. Erdbebenlasten maßgeblich für einen Entwurf in Holzbauweise. Aufgrund des signifikant leichteren Gewichts der Holzkonstruktion verglichen mit der Ausführung in Stahlbetonbauweise, was wiederum auch Einsparungen im Fundament ermöglicht. Das FFTT - System ist ein überwiegendes Holz-System bestehend aus einem zentralen Holzkern inkl. Stiegenhaus und Liftanlage sowie Holzdecken. Mit der Verwendung von Stahlträgern wird die nötige Aussteifung erzielt um die auftretenden Wind und Erdbebenlasten aufzunehmen. Beton findet nur bedingt Anwendung, hauptsächlich für die Gründung bzw. für die unterirdischen Geschosse.⁷⁰

Die Wandstärke der Holzkonstruktion variiert im Vergleich zu konventionellen Stahlbetonwänden nur kaum, aufgrund des geringen Eigengewichts der Gesamtkonstruktion.⁷¹

69,70,71 Vgl. Green, Micheal C.: Tall Wood. The chase for Tall Wood Buildings, Vancouver 2012, S.8-16

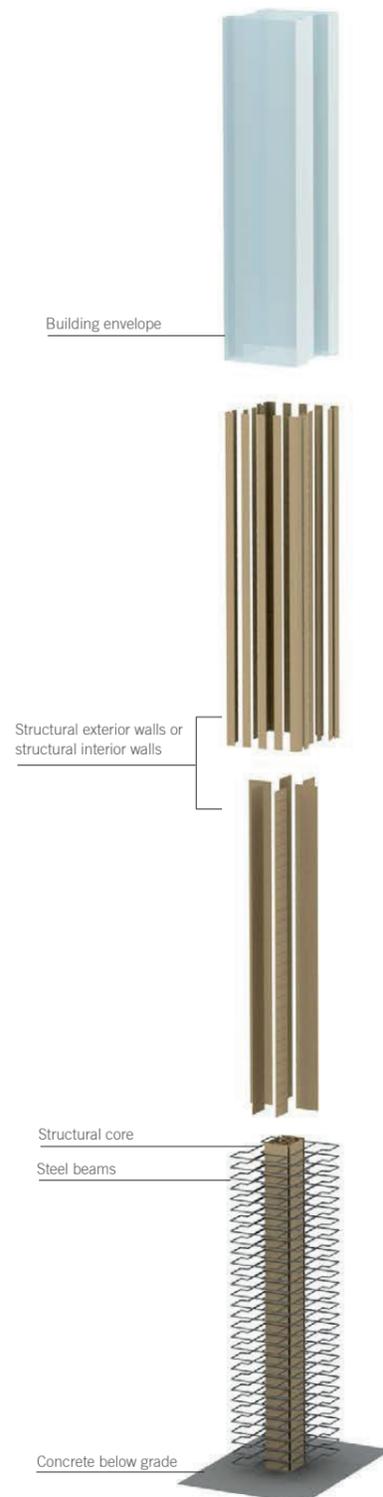


OPTION 1 - Up to 12 Storeys



OPTION 3 - Up to 20 Storeys

Abb.13: „Tall Wood“ Studien,© M. Green



OPTION 4 - Up to 30 Storeys

Referenz: „Life Cycle One“

Eine weitere neue Methode für die Konstruktionsweise von Holzbauten nahm im Life Cycle Tower unter der Federführung des Architekten Hermann Kaufmanns Gestalt an. Mit dem ersten achtgeschossigen Holzbau in Österreich basierend auf einem flexiblen Holzfertigteilm-Baukastensystem das theoretisch bis zu 100m bzw. 30 - Geschosse anwachsen kann. Dem Projekt ging ein umfangreiches Forschungsprojekt zur Holz-Systembauweise voraus und belegt mit der Umsetzung die Marktreife eben jenes Systems.⁷²

Unter dem Namen „CREE - Creative Renewable Energy and Efficiency“ wurde ein Hybrid-System entwickelt, in dessen Zentrum eine Stahl-Beton-Verbundrippendecke steht. Durch diese wurde es ermöglicht die jeweiligen Geschosse, mit einer nicht brennbaren Schicht zu trennen und somit den Brandschutzaufgaben von REI90 zu entsprechen. Ursprünglich war auch geplant den Stiegehauskern in Holzbauweise auszuführen, aufgrund der Brandschutzaufgaben musste dieser aber einem Kern aus Stahlbeton weichen. Durch den hohen Vorfertigungsgrad der einzelnen Deckenelemente war es zudem möglich den Bauablauf zu vereinfachen und somit die Bauzeit substanziell zu verkürzen. Aufgrund der geringen Konstruktionshöhe der Verbunddecke (Betondeckung von 8cm) konnten die Installationsmodule für Lüftung und Heizung etc. vorgefertigt und im Balkenfeld zwischen den Leimbindern platziert werden.⁷³



Den Schubverbund zwischen Beton und Leimbindern stellen Schrauben und Schubkerven her. Die Unterzüge bzw. Sturzträger aus Beton tragen wesentlich zur statischen Durchleitung der auftretenden Kräfte aus den Fassadenstützen bei. Mit einer Spannweite von 8m wird ein stützenfreier Raum garantiert und bedient damit das Bedürfnis nach Flexibilität in der Raumnutzung.⁷⁴

72,73,74 Vgl. Peifer Steiner, Martina: LCT ONE ist das weltweit erste mehrstöckige Hybrid-Passiv-haus aus Holz mit einem modularen Bausystem, <https://www.hkarchitekten.at/projekt/lct-one/>, 20.09.2018



Referenz: „HoHo Tower“ - Wien

Eine dem im LTC-One angelehnte Hybrid-Bauweise wurde auch im „HoHo-Tower“ in Wien Aspern angewandt. Der 85m hohe und 24-geschossige Entwurf zeichnet sich durch einen Holzanteil von 75% aus. Das Grundkonzept ähnelt dem des LTC-One, an den aussteifenden Erschließungskernen aus Stahlbeton werden die vorgefertigten Holzbaulemente angedockt. Dies ermöglicht eine parallele Herstellung und optimiert sowie reduziert damit den Bauablauf. Das Holztragssystem bestehend aus Brettschichtholzstützen (BSH-Stützen) und schubsteifen Holzbetonverbunddecken (HBV - Decken) aus Massivholzplatten in Verbindung mit einem Fertigteilrandträger aus Stahlbeton, ermöglichen einen hohen Vorfertigungsgrad basierend auf dem Holzfertigteil-Baukastensystem, das bereits beim LTC-One zur Anwendung kam.⁷⁵

Primärtragstruktur. Sowohl die Stützen als auch die Deckenelemente und Fertigteilträger werden über Bewehrungsstäbe und lokale Aussparungen mit Vergussmörtel kraftschlüssig untereinander verbunden. Die somit geschaffenen Zugverankerungen verleihen dem globalen Tragsystem die erforderliche Robustheit.⁷⁶

Mit der angepeilten Fertigstellung 2019, reiht sich der HoHo-Tower mit seinen 85m Gesamthöhe an die Spitze der weltweiten Holzhochhäuser und bekräftigt damit die Vorreiterrolle Österreichs im internationalen Holzbau. Vor allem bestätigt der 24-geschossige Bau die wirtschaftliche Umsetzung, ökologisch verträglicher Holzbauen im Hochhaussektor.



Abb.17: Tragkonzept HoHo- Tower

Die geschossweise Lastabtragung erfolgt über die HBV-Decken, welche auf den umlaufenden Randträger aufgelagert sind. Ein schubsteifes Deckenfeld kann durch das nachträgliche Vergießen von Aussparungen im Aufbeton und durch Bewehrungsanschlüsse realisiert werden. Der als Durchlaufträgersystem ausgebildete Randträger liegt auf blockverleimten Brettschichtholzstützen, welche die Vertikallasten vom obersten Geschoss bis zum Kellergeschoss abtragen, auf.

Die außenliegende Wandausfachung besteht aus Brettspertholzplatten mit bereits werkseitig eingebauten Fenstern und ist nicht Teil der

⁷⁵ Vgl. Woschitz: Holzhochhaus HoHo Wien, 21. Internationales Holzbau-Forum IHF 2015

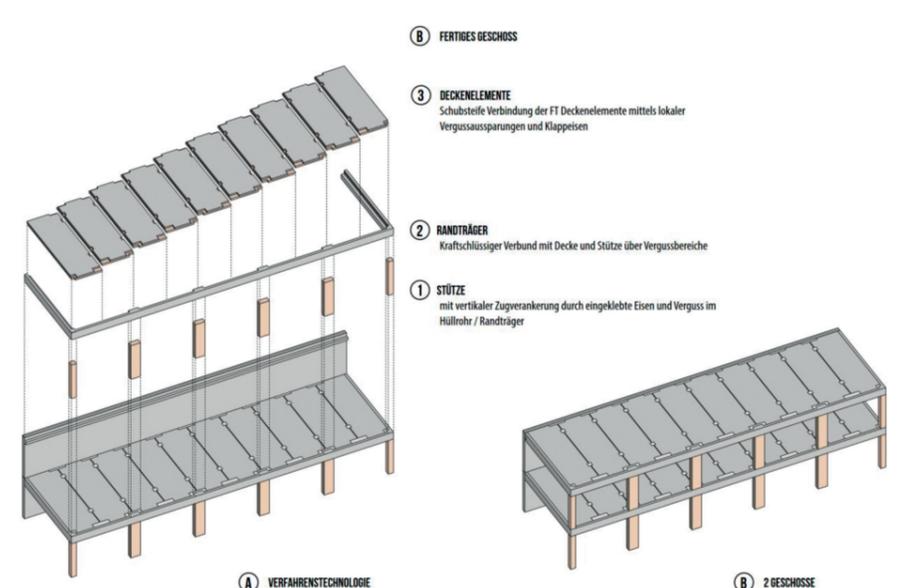


Abb.18: Montagekonzept HoHo- Tower

Aus diesem Grunde wurde auch im nachfolgenden Entwurf auf das mittlerweile bewährte Konstruktionsprinzip der Hybrid-Bauweise nach dem Holzfertigteil-Baukastenprinzip zurückgegriffen.

⁷⁶ Vgl. Woschitz: Holzhochhaus HoHo Wien, 21. Internationales Holzbau-Forum IHF 2015



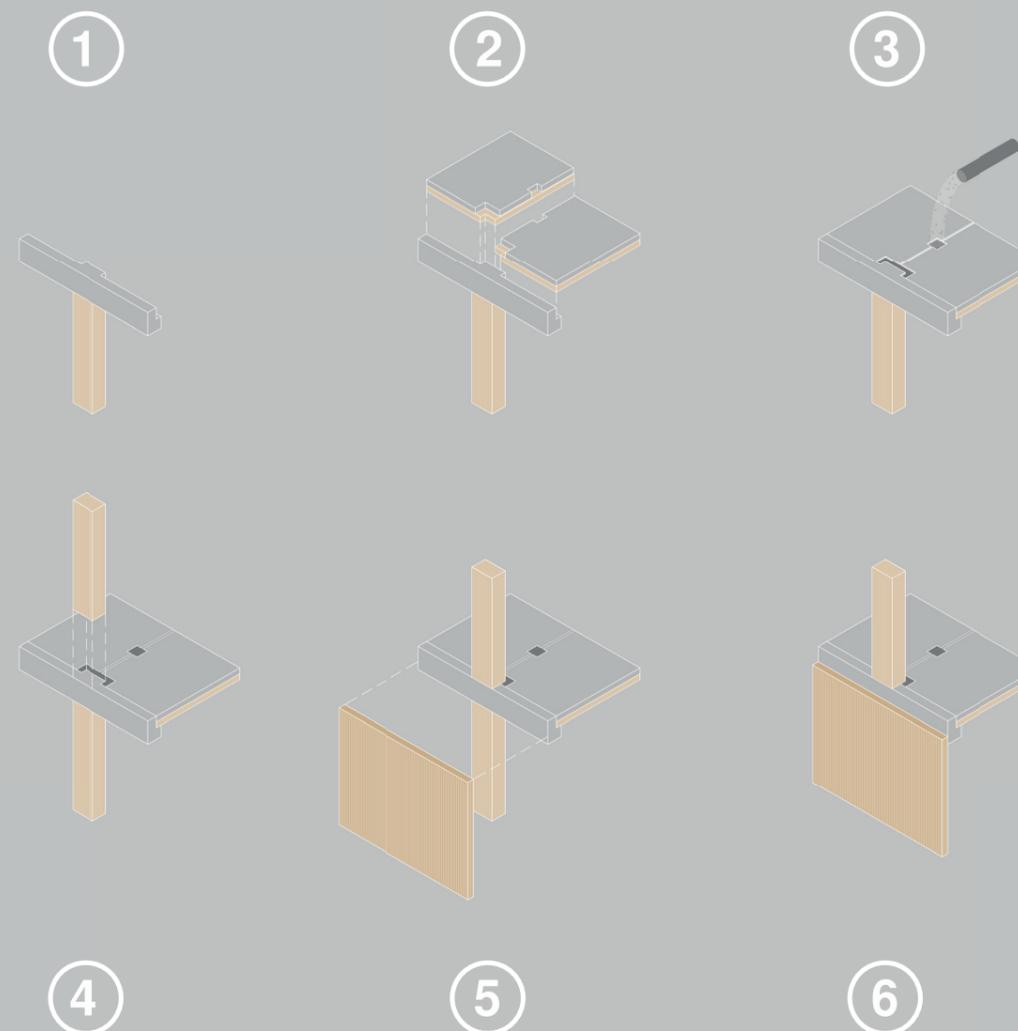
Abb.19: HoHo- Tower Entwurfszeichnung



TRAGWERKSKONZEPT

Im Folgenden, wird auf Grundlage des Tragwerkskonzeptes der Hoho- Towers, der Montageablauf der Hybrid-Bauweise illustriert. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrad der einzelnen Bauelemente wird der Bauablauf vereinfacht und die Bauzeit somit maßgeblich verkürzt.

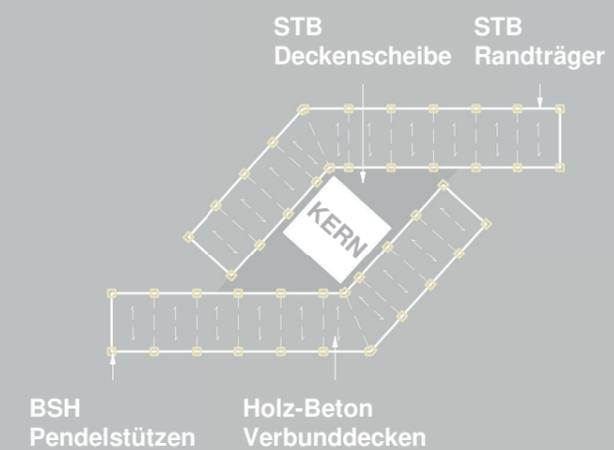
- 1 Brettschichtholzstützen (BSH) u. Betonrandträger als Fertigteil
- 2 Andocken der vorgefertigten Holz-Beton Verbunddecke (HBV)
- 3 Die Schubsteife Decke wird durch das bauseitige Ausbetonieren der Aussparung hergestellt
- 4 Stützen und Deckenelement werden kraftschlüssig über Bewehrungsstäbe und Vergussbereiche verbunden
- 5 Die ebenfalls vorgefertigten Wandelement werden mit der Brettschichtholzstütze verschraubt
- 6 Der Montagezyklus ist somit abgeschlossen und wird auf der nächsten Ebene wiederholt.



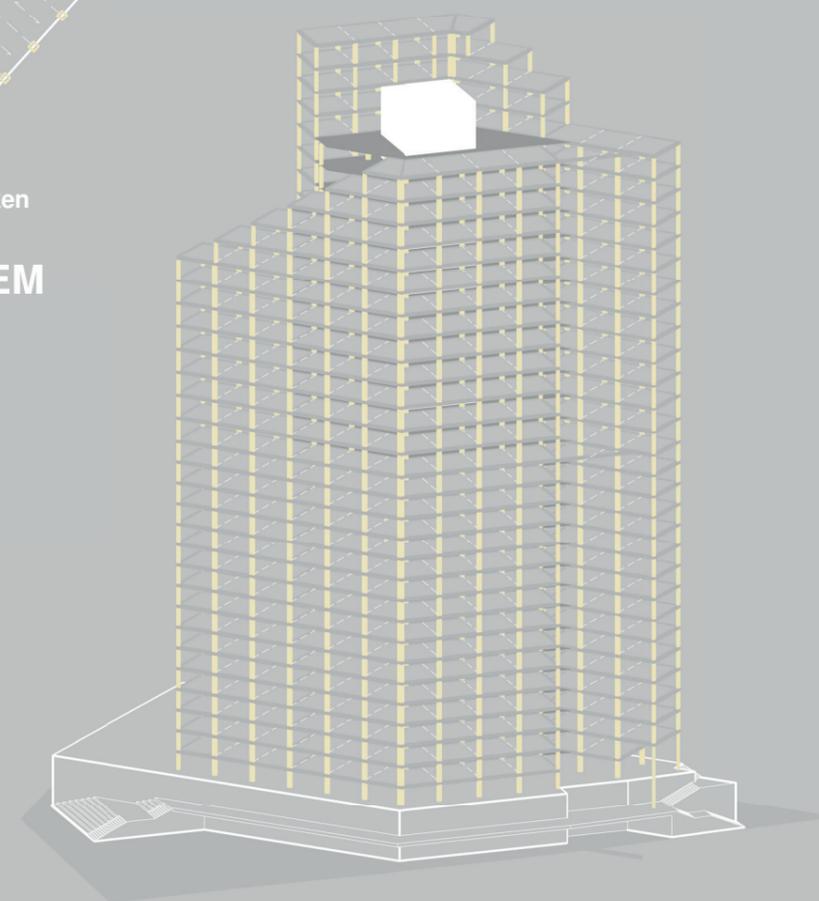


STATISCHES KONZEPT

Das Grundkonzept der Tragstruktur sieht ein Mischsystem, aus einem aussteifenden Erschließungskern aus Stahlbeton, mit den zugehörigen horizontalen Erschließungszonen und einem vorgesetzten bzw. an den Massivbau angedockten Holzbau vor. Die horizontale Lastabtragung erfolgt dabei über die schubfesten Holz-Beton Verbunddecken sowie mit dem Kern verbundenen Stahlbeton-Deckenscheiben. Zur vertikalen Lastabtragung im Fassadenbereich dienen dabei die Brett-schichtholzstützen.



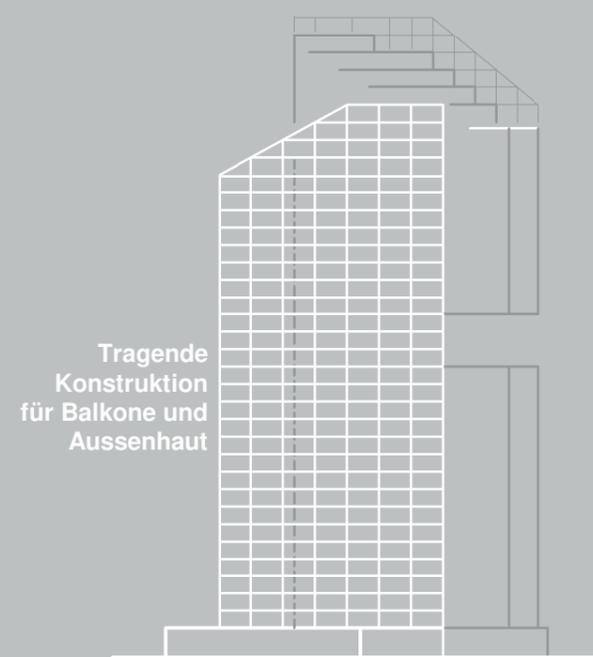
STATISCHES SYSTEM



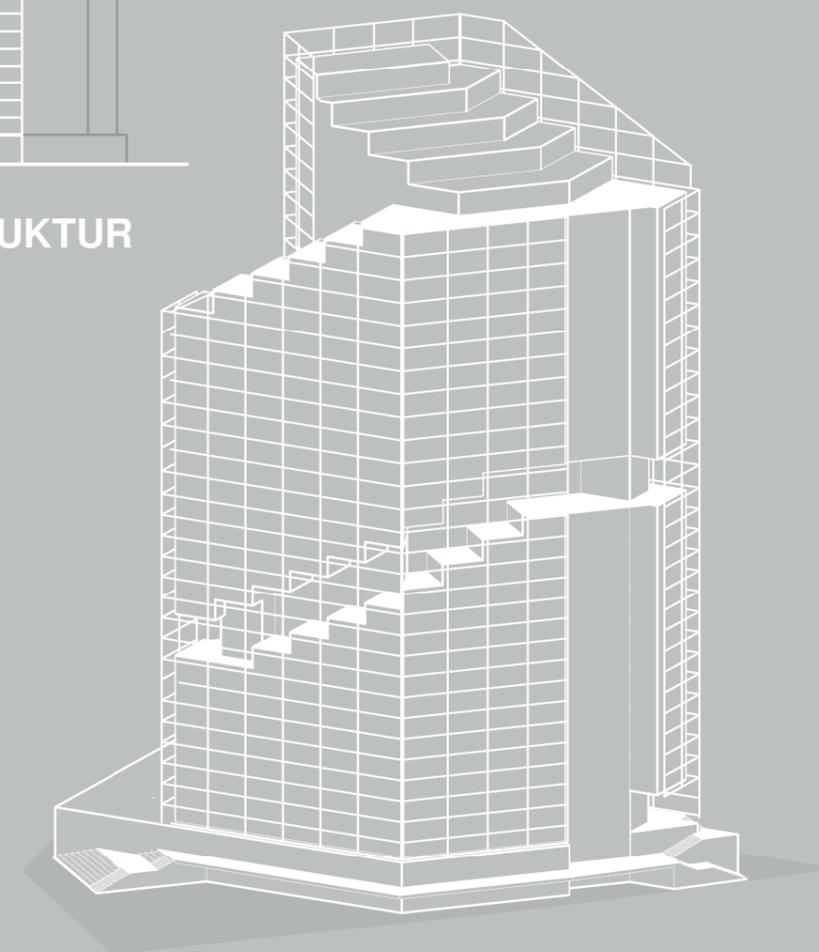


VORGESETZTE SEKUNDÄRSTRUKTUR

Als tragende Sekundärstruktur dient eine vorgeetzte Holzskelett-Konstruktion, welche die anfallenden Lasten der vorgehängten Balkon sowie der zahlreichen Pflanzentröge ableiten soll. Die Konstruktion soll pro Geschoss mehrmals punktuell mit dem Haupttragwerk verbunden werden. Die Quer-Aussteifung erfolgt mittels Stahlseilen an den jeweiligen Knotenpunkten. Gleichzeitig fungiert die Sekundärstruktur auch als Installationsebene, für die z.B zweite Außenhaut oder die Be- und Entwässerung.



SEKUNDÄRSTRUKTUR



6 FASSADEN- BEGRÜNGUNG

Unsere Städte verdichten sich zunehmend. Je höher die Konzentration an Verkehr und die damit einhergehende Luftverschmutzung ist, desto stärker wächst die Bedeutung und die Notwendigkeit von natürlichen Grünflächen in der Stadt. Als prägendes Element im Stadtbild spielt urbanes Grün dabei eine zentrale Rolle und erfüllt vielfältige soziale, ökologische, klimatische, gesundheitliche und wirtschaftliche Funktionen. Dabei wird nicht unterschieden ob es sich um öffentliche Grünflächen zur Erholung, als privates Grün auf Dachterrassen oder auf Gebäuden integrierte Fassadenbegrünung handelt. Pflanzen übernehmen eine wichtige Aufgabe um unsere Städte lebenswerter zu gestalten. Neben der natürlichen Regulierung der Temperatur, reinigen sie die Luft von Schmutzpartikeln und haben damit einen positiven Effekt auf das Stadtklima.⁷⁷

Den zahlreiche Vorteilen steht eine technisch aufwendige und kostenintensive Umsetzung gegenüber. Besonders im Hochhausbereich findet man noch wenige Beispiele einer funktionierenden Umsetzung. Dennoch ist aufgrund der immer dichteren Verbauung der Stadt und dem daraus resultierenden verschwinden von Grünflächen, die Verlagerung der Grünzonen in die Vertikale potenziell vielversprechend.

Als eines der bekanntesten Beispiele dient dabei der "Bosco Verticale" in Mailand vom Architekten Stefano Boeri. Mit seinem Konzept des vertikalen Waldes, gelang es ihm 700 Bäume und somit fast zwei Hektar Wald mitten im Großstadtzentrum von Mailand zu pflanzen. Als weitere Referenz dient in diesem Kapitel der "Gardentower" aus Wabern in der Schweiz, von den Architekten Buchner Bründler. Deren Konzept der Fassadenbegrünung aus Gerüstkletterpflanzen wird auch im nachfolgenden Entwurf herangezogen. Vorab sollen aber zuerst die verschiedenen Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung und deren zahlreichen Vorteile erläutert werden, um einen Überblick über mögliche Umsetzungen zu gewinnen.

77 Vgl. Sigmund, Bettina: Urbanes Grün in allen Dimensionen, 15.08.2017, <https://www.detail.de/artikel/urbanes-gruen-in-allen-dimensionen-30656/>, 20.09.2016

Vorteile einer Fassadenbegrünung:

Abgesehen von den ästhetischen Reizen und der gesteigerten Aufenthaltsqualität, unterstützen Begrünungen von Fassaden auch konventionelle, technikbasierte Bauweisen, viele Anforderungen besser zu erfüllen. Von der saisonellen Verschattung über den UV-Schutz, Wärmeleistung, Regenrückhaltung, Feinstaubbindung, Fotosynthese bis hin zur Verdunstungskühlung leisten entsprechende Begrünungen einen wirksamen Beitrag zur Optimierung von Gebäuden.⁷⁸

Verschattung/Kühlung:

Bei zunehmender Bewuchsdichte weisen Fassadenbegrünungen eine geringere Temperaturamplitude auf und wirken daher als sommerlicher Wärmeschutz. Durch die Verschattung in Kombination mit der Verdunstungskälte der Pflanzen, wird die langwellige Strahlung reduziert, was zu einer Kühlung führt. Saisonal bedingt lässt sich durch die geeignete Pflanzenwahl, im Sommer eine Kühlung erzielen. Im Winter lässt sich nach Abwurf der Blätter und der damit ungehinderten Sonneneinstrahlung einen erhöhte Wärmestrahlung erzielen. Die Verschattung von Gerüstkletterpflanzen kann dabei bis zu 85-95%, bei wandgebundenen, flächigen Systemen sogar bis zu 100% betragen.⁷⁹ Die dabei erreichte Temperatursenkung von Oberflächen kann dabei 2-10 K gegenüber Natursteinfassaden betragen.⁸⁰ Ebenso wird der Reflexions- und Absorptionsanteil der Solarstrahlung um 40-80% gesenkt.^{81/82}

Dämmwirkung:

In den kalten Monaten lässt sich durch eine immergrüne Pflanzenfassade neben dem Windschutz, die Trockenhaltung der Außenfassade gewährleisten. Ebenso kann durch den dabei entstehenden Luftpolster ein zusätzlicher Dämmeffekt verzeichnet werden.

78 Vgl. Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76

79 Fischer, U: Optimierung von TWD Speichersystemen unter Beachtung der Bauschadensfreiheit. Natürliche Begrünung als sommerliche Überhitzungsschutz, Schlussbericht zum BMWi-Projekt 0335004 V/2, Cottbus 2002

80 Hasse, J: Der pathische Raum, in: Der Architekt 2.12 (2006)

81 Rath, J./Kiessl, K./Gertis, K.: Bauforschungsbericht. Auswirkungen von Fassadenbegrünung auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko, Stuttgart 1988

82 Vgl. Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76

Dieser lässt sich bei vollflächigen, bodengebundenen Bepflanzungen auf 3°C Temperaturerhöhung an der Hülle beziffern.^{83/84} Wandgebundene, immergrüne Systeme verstärken durch die zusätzliche Substratschicht diesen Dämmeffekt und erreichen bis zu 7°C.^{85/86} Bei hinterlüfteten Wandsystemen verringert sich dieser Dämmeffekt, dafür entsteht aber eine Pufferzone die den Abtransport von überschüssiger Feuchtigkeit gewährleistet. Durch die jahreszeitlichen Veränderungen der Vegetation und der unterschiedlichen Durchfeuchtung des Substrats variiert der erzielte Wärmedurchgangskoeffizient über das Jahr verteilt. Dies erschwert eine allgemeine Bewertung und führt dazu, dass die positiven Effekte einer Fassadenbegrünungen kaum Berücksichtigung bei der energetischen Bewertung von Gebäudehülle finden.⁸⁷

Luftqualität:

Besonders in Städten wie Graz, die mit einer erhöhten Feinstaubbelastung konfrontiert sind, würden Fassadenbegrünungen einen effektiven Beitrag zur Bekämpfung der Schadstoffbelastung leisten. Staubfilterung und Feinstaubbindung sowie die Luftbefeuchtung, stellen wichtige natürliche Wirkfaktoren einer Begrünungen dar. Messungen ergaben das im Sommer an begrünten Fassaden 20-40%, im Winter 2-8% höhere relative Luftfeuchte herrschte.⁸⁸ Bei der Erfassung von Feinstaubmengen auf den Pflanzen nach einer Vegetationsperiode, ergaben sich 4g/m² Blattoberfläche (Parthenocissus) bzw. 6g/m² (Hedera), wobei der Anteil an lungengängiger Stoffe (PM2,5) bei ca. 71% lag.⁸⁹ Zugleich kommt es infolge der Fotosynthese der Pflanzen und der damit einhergehenden Sauerstoff-Anreicherung der Umgebungsluft zu einer Luftverbesserung. Mit einer jährlichen Bindung von 2,3kg CO₂ und einer Sauerstoffproduktion von 1,7kg/m²a an der Blattoberfläche, können Fassadenbegrünung einen wichtigen Beitrag zur Klimaentlastung beisteuern.^{90/91}

- 83 Bartfelder, F./Köhler M.: Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünung, Diss., TU-Berlin 1987
- 84 Köhler, M.: Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung - Konstruktion - Ausführung, Köln 2012
- 85 Köhler, M.: Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung - Konstruktion - Ausführung, Köln 2012
- 86 Scharf, B./Pitha, U./Oberarzbacher, S.: Living Walls - more than scenic beauties, in: IFLA - International Federation of Landscape Architects, Landscape in Transition, 2012
- 87 Vgl. Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76
- 88 Rath, J./Kiesl, K./Gertis, K.: Bauforschungsbericht. Auswirkungen von Fassadenbegrünung auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko, Stuttgart 1988
- 89 Althaus, C./Kiermeier, P./Schuppler, E.: MBW Ministerien für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Empfehlungen zur Fassadenbegrünung an öffentlichen Bauwerken, Düsseldorf 1991
- 90 Schröder, F.-G.: Automatisierte, biologische, senkrechte, städtische Fassadenbegrünung mit dekorativen, funktionellen Parametern; Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt im Rahmen von PRO INNO II, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden 2009
- 91 Vgl. Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76

Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung:

Die verschiedenen Möglichkeiten einer Fassadenbegrünung, die sich in den letzten Jahren entwickelt haben, machen eine Systematisierung erforderlich. Dabei kann zwischen Anwendungstechnik, Pflanzenauswahl, Gestaltung, vegetations- und bautechnischen Kriterien sowie ökologischem und wirtschaftlichem Potential unterschieden werden. Basierend auf diesen unterschiedlichen Kriterien kann grundsätzlich zwischen einer bodengebundenen bzw. einer wandgebundenen Begrünungstechnik unterschieden werden. Beiden Bauweisen werden dabei geeignete Pflanzengruppen zugewiesen.⁹²

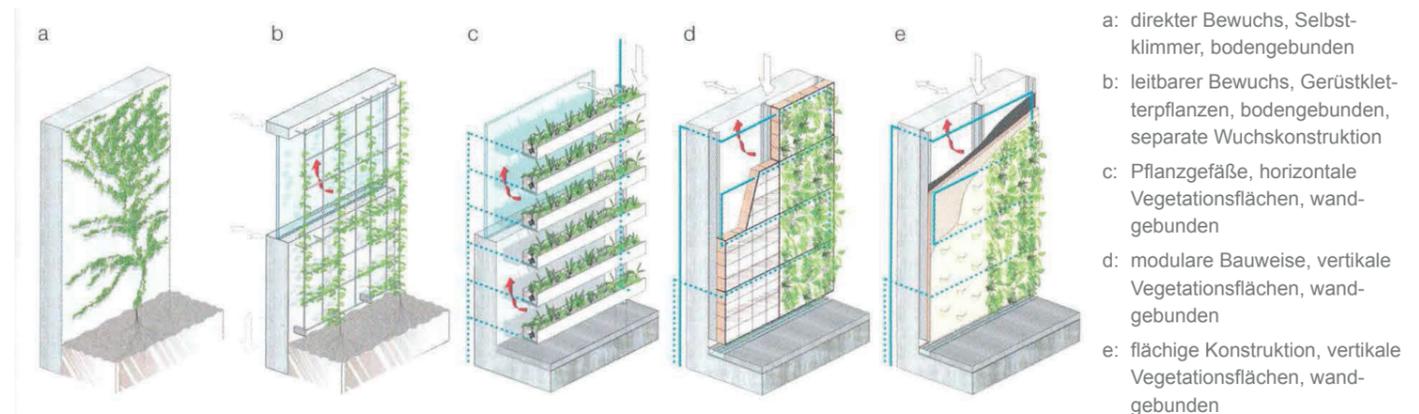


Abb.20: Ausbildungsformen der Fassadenbegrünung, © N.Pfoser

Bodengebundenen System:

Es wird hierbei zwischen einer Direktbegrünung und einer mit Abstand zur Fassade gesetzten Gebäudebegrünung unterschieden. Bei der ersteren haften sogenannte Selbstklimmer (Wurzelkletterer und Haftscheibenranker) mit einer Wuchshöhe von bis zu 25m direkt an der geeigneten Wandoberfläche. Die von Lage und Lichtbedingungen geleitet Fassadenbegrünung breitet sich in Form eines Pflanzenteppichs, über einen Zeitraum von 5-20 Jahren bis zur Vollbedeckung aus.⁹³

- 92 Vgl. Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76
- 93 Vgl. Ebda., S.66-67

Der Gestaltungsspielraum bleibt hierbei gering, das Wuchsbild wird vorwiegend durch den Lichteinfall beeinflusst. Als pflanzentragender Untergrund kommen vorwiegend riss- und wartungsfreie Massivwände mit Verputz zum Einsatz. Als Alternative zum Direktbewuchs bietet sich eine mit Abstand zur Fassade gesetzte Begrünung an. Diese kann auch von der Fassade unabhängig sowie vor Balkonen und Freiflächen angewendet werden. Sommergrüne, laubabwerfende Pflanzen können dabei für eine natürliche Verschattung im Sommer bzw. für ausreichend Lichteinfall im Winter sorgen. Für einen deutlich höheren Gestaltungsspielraum als zum Direktbewuchs sorgen dabei 60 unterschiedliche Schlinger/Winder, Ranker, Spreizklimmer und Spalier- Gehölzer mit verschiedenen Wuchsbildern und Blütenfärbungen. Als Untergrund benötigen die Kletterpflanzen eine stabile Wuchshilfe in Form von Seilen und Netzen oder Gitterkonstruktionen.^{94/95}

Wandgebundene Systeme:

Bei Regalsystemen werden übereinander, linear angeordnete Kästen oder Töpfe mit Substrateinlage und Drainebene an der Fassade positioniert. Mit exponierter Lage und limitierten Substratvolumen werden besonders winterharte Pflanzen benötigt. Die Wasser- und Versorgungsleitung kann im Regalboden geführt werden. Durch die variable Wuchsdichte eignet sich das System als Sonnenschutz (sommergrün), Blickschutz (immergrün) sowie als Gartenersatz (vertical farming). Bei Vorkultivierung der Pflanzen, tritt die Flächenwirkung bereits unmittelbar mit der Baufertigstellung ein. Vorwiegend sind Stauden, Gräser, Knollengewächse als auch Kleingehölzer und Kletterpflanzen, abhängig von Winterhärte und Wurzelraum möglich. Das hohe Gesamtgewicht der Pflanzenregale sollte bereits früh in der Planung berücksichtigt werden.^{96/97}

Modulare, wandgebundene Systeme bestehen aus vertikalen, passend geformten Substratkästen mit einer Bautiefe von ca. 15-25cm. Die Module werden vorkultiviert und auf eine Unterkonstruktion montiert, welche mit einer Versorgungsleitung (Wasser u. Nährstoffe) gekoppelt ist. Das Substrat sollte dabei aus feuchtspeichernden Gemischen bestehen und ein geringes Gewicht ausweisen und zusätzlich ausreichend Luftkapazität bieten.

Neben der sofortigen Flächenwirkung können Oberflächen- textur, Farbgebung und Blühphase frei gestaltet werden. Modulare Systeme sind partiell austauschbar, im Gegensatz dazu bieten, teil- oder ganzflächige homogene Fassadensysteme eine Komplettlösung an. Diese Komplettlösung setzt eine künstlerische Ausarbeitung des gewünschten Begrünungsbildes voraus. In der Regel werden mittels eines „Pflanzplans“ die genau Position bzw. Kriterien wie z.B. Wuchsdynamik, Färbungen, unterschiedlicher Wasser- und Nährstoffbedarf, definiert. Auf Grundlage dessen werden üblicherweise auf Massivwänden, Versorgungsleitungen und ein vorkultiviertes, pflanzentragendes Geotextil bzw. Vlies ohne Sekundärkonstruktion direkt montiert.^{98/99}

98 Pfoser, N./Jenner, N. u.a.: Gebäude Begrünung Energie - Potenziale und Wechselwirkungen, Bonn 2014

99 Vgl. Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76

94 Pfoser, N.: Anwendungshilfe für eine zielsichere Pflanzenwahl zur Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen, 13.09.2012, <http://www.biotope-city.net/article/anwendungshilfe-f-r-eine-zielsichere-pflanzenwahl-zur-fassadenbegr- nung-mit-kletterpflanzen>, 15.09.2018

95 Vgl. Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76

96 Pfoser, N./Jenner, N. u.a.: Gebäude Begrünung Energie - Potenziale und Wechselwirkungen, Bonn 2014

97 Vgl. Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76

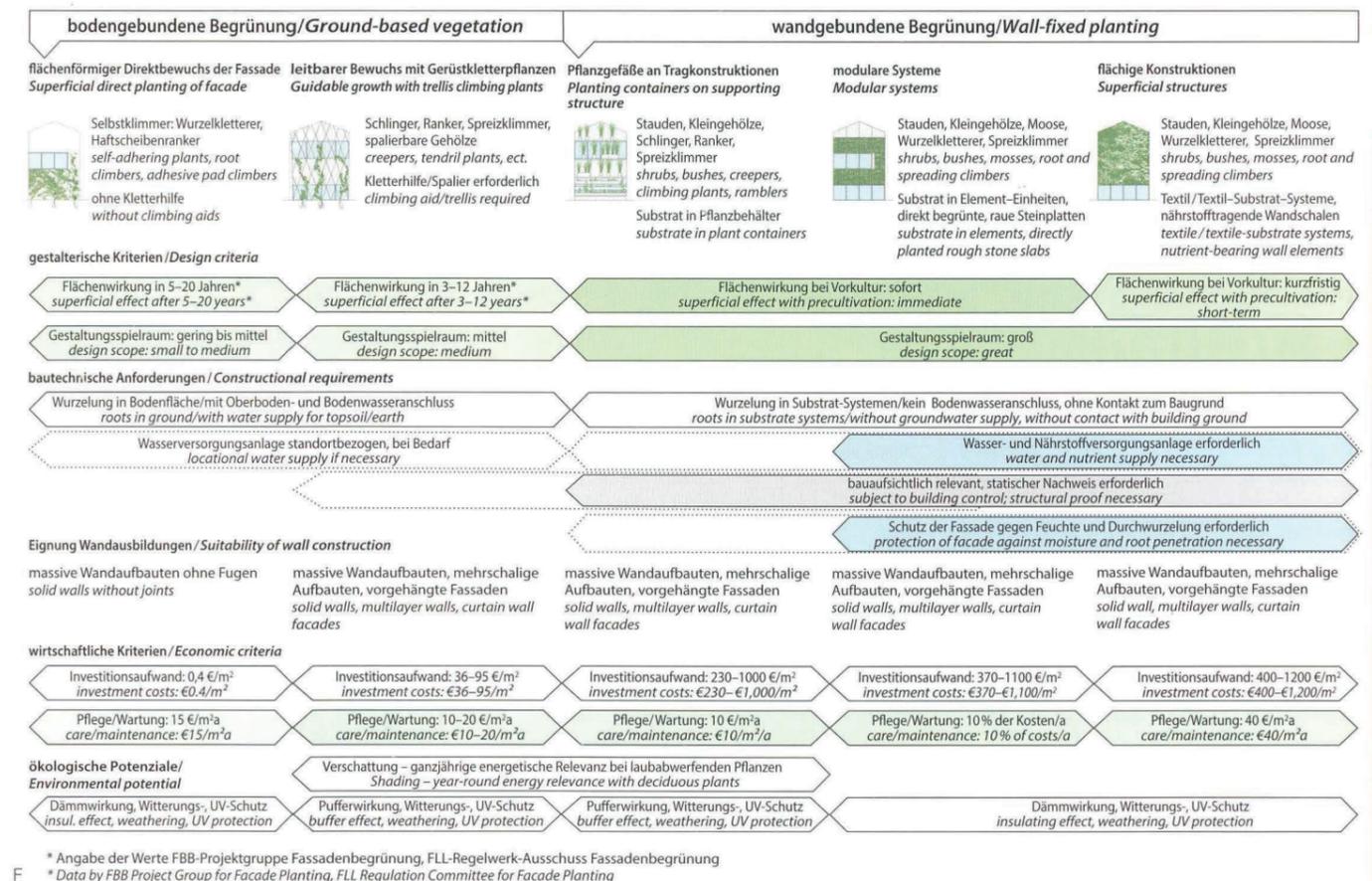


Abb.21: Übersicht und Eigenschaften verschiedener Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, © N.Pfoser

Referenz: "Bosco Vertikale"

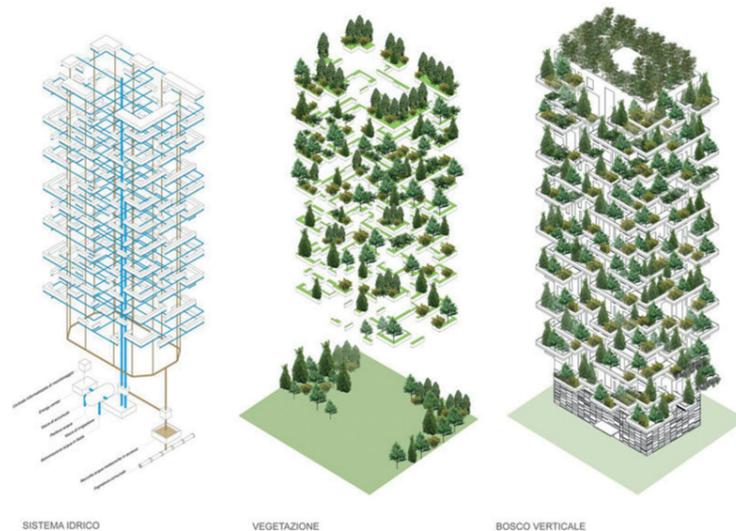
Mit dem Bosco Verticale setzt der Mailänder Architekt Stefano Boeri, in Bezug auf Fassadenbegrünung neue Maßstäbe. Mit dem Konzept des "Vertical Forrest 01" wirbt er für eine Koexistenz von Architektur und Natur im urbanen Raum. Das Leben im Nahbereich der Natur ist normalerweise den Siedlungen am Land oder den Vorstadtsiedlungen vorbehalten. Die dabei verbauten Flächen sind für Boeri aber eine massive Platz u. Energieverschwendung. Somit entstand die Idee einer neuen Beziehung zwischen Natur und gebauter Umwelt in Form einer neuen Landschaft bzw. Skyline.¹⁰⁰

Für die Schaffung dieses komplexen, urbanen Ökosystems wurden über 700 Bäume und 20.000 Sträucher und Büsche gepflanzt. In Summe das äquivalent einer zwei Hektar großen Waldfläche, verteilt auf zwei Türme mit 119m und 87m. Auf jeden Bewohner kommen somit im Durchschnitt zwei Bäume, acht Sträucher und vierzig Büsche. Diese werden von Pflanzentrögen versorgt, welche mit einem Substratmix aus konventionellem Ackerboden, Humus und vulkanischem Material, um Gewicht zu sparen, gefüllt sind.¹⁰¹

Diese Fülle an Pflanzen bietet Lebensraum für zahlreiche Tierarten und verkörpert den neuen Zugang zu einer urbanen Biodiversität. Die Vegetation des Bosco Verticale fungiert dabei als „Grüner Filter“, welcher nicht nur für seine Bewohner Feinstaub und CO2 absorbiert, sondern auch zur Verbesserung der Luftqualität in der ganzen Stadt beiträgt. Der vertikale Wald ist somit ein komplexes und integratives Ökosystem, welches ökologische Nachhaltigkeit, Biodiversität und soziale Empathie kombiniert.¹⁰²

100,101,102 Vgl. Boeri, Stefano: A Vertical Forest - Un Bosco Verticale, Mailand 2015

Abb.22: Bosco Verticale Perspektive
Abb.23: Bosco Verticale Konzept



Referenz: "Garden Tower"

Der Garden Tower von Buchner Bründler Architekten hebt sich mit seinen 17 Geschosse deutlich von der Umgebung, dem dörflich geprägten Waben (Schweiz), ab. Der verglaste Wohnturm mit polygonalem Grundriss. Vergrößert seine Geschossfläche nach oben hin und hat somit einen leicht konische Höhenentwicklung. Das markanteste Merkmal aber bilden die bis zu 3m auskragenden Geschossdecken, die eine umlaufende Balkonzone schaffen und situativ abknicken, etwa um Pflanzentröge zu fassen. Als Außenhaut ist ein Metallnetz gespannt, welches als Rankhilfe für die Gerüstkletterpflanzen dient. Somit erfüllt die Begrünung als vertikale Vegetationsschicht, die natürliche Verschattung der Außen- und Innenräume. Das Metallnetz wird dabei an manchen Stellen nur bis auf Brüstungshöhe geführt, um den Blick auf die Umgebung freizugeben. Dies wird durch umlaufende Metallprofile ermöglicht, welche die schrägen der abgeknickten Geschossdecken aufnehmen. So entstehen nicht nur großzügige Öffnungen in der Begrünung sondern auch ein lebendiges Linienspiel, das den Charakter der Fassade prägt.¹⁰³

Bei der Begrünung wurden je nach Himmelsrichtung unterschiedliche Pflanzenarten gewählt. Zu den Pflanzen zählen unter anderem Wilder Wein, Geisschlinge und Storchschnabel. Die Bewässerung wird zentral über Sensoren gesteuert und bei überschüssigem Wasser gegebenenfalls über die Brüstungsprofile abgeführt. Der Garden Tower bedient sich somit einer Fassadenbegrünung mittels Gerüstkletterpflanzen, anstatt der üblichen bodengebundenen Systeme werden hier Pflanzentröge eingesetzt, ein Umstand der auch im eigenen Entwurf zur Anwendung kommt.¹⁰⁴

103,104 Vgl. Buchner Bründler Architekten: Begrünter Wohnturm bei Bern, in: Detail, 5 (2018), S.42-47

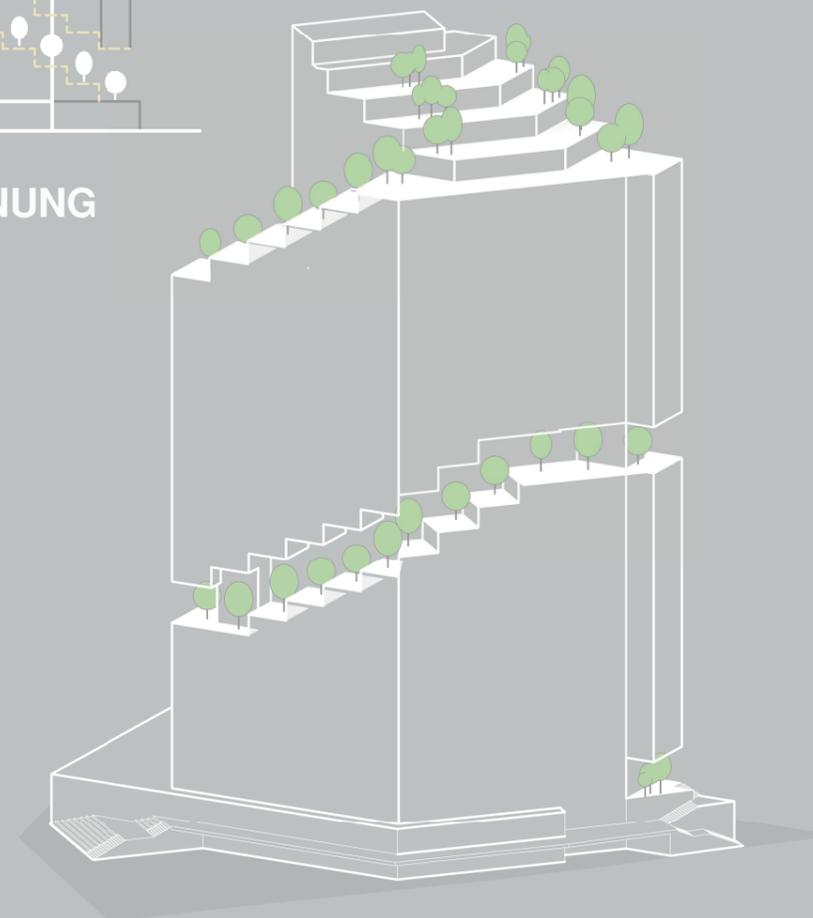
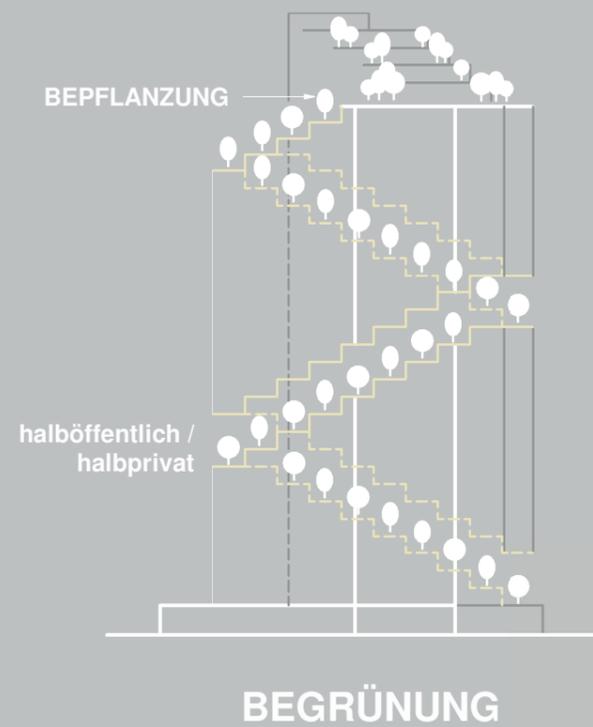
Abb.24: Gardentower Fassadenbegrünung
Abb.25: Gardentower Umlaufende Balkonebene
Abb.26: Gardentower Perspektive





GRÜNE LEBENSADER

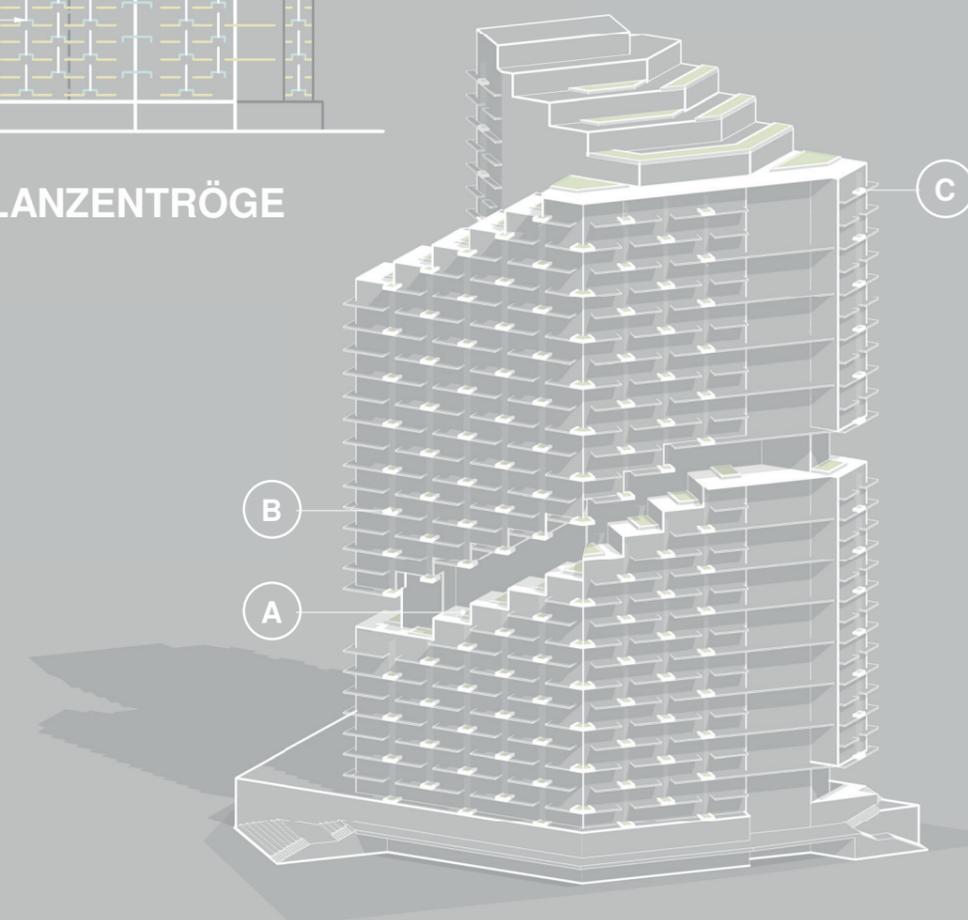
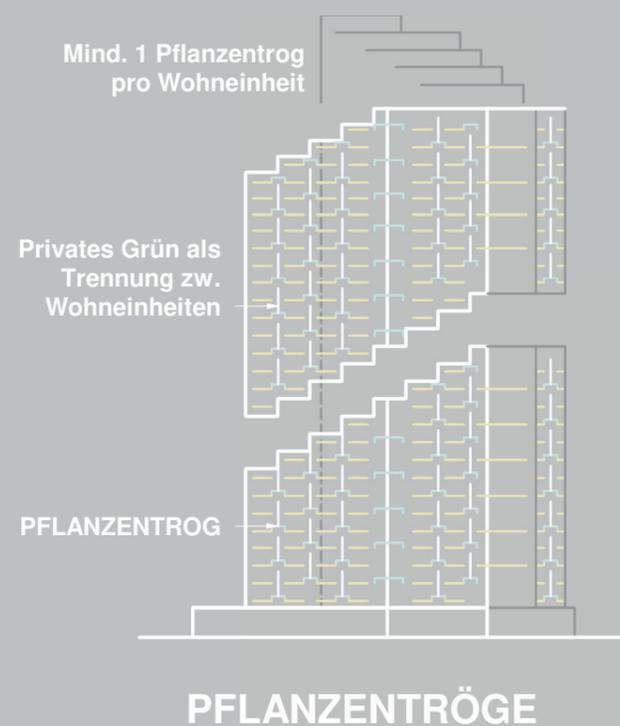
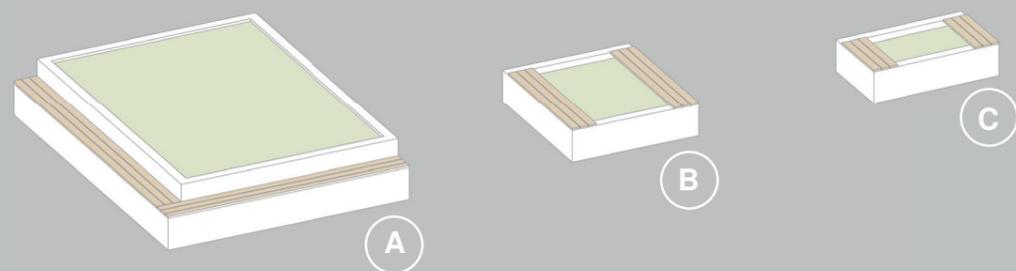
Auf Grundlage des sich mittlerweile bewährten Konzeptes des vertikalen Waldes von Stefano Boeri, soll auch im eigenen Entwurf eine nach oben hin fortlaufende Bepflanzung etabliert werden. Im Verlauf der Durchwegung wendet sich somit eine terrassenartige Bewaldung über die einzelnen Ebenen nach oben. Diese Zusammenhängende Begrünung dient auch als Lebensader einer urbanen Biodiversität, die Tier- und Pflanzenarten als Lebensraum dient.





FASSADEN- BEGRÜNUNG

Angelehnt an die Fassadenbegrünung des Garden Towers, soll im Freibereich zwischen den Wohnungen eine vertikale Begrünung entstehen. Grundlage dafür bilden zwischen den einzelnen Balkonen platzierte Pflanzentröge. Mit Hilfe eines Metallnetzes als Rankhilfe können Kletterpflanzen zwischen den Wohnungen empor wachsen und bilden damit eine natürliche begrünte Barriere. Die Pflanzentröge sollen, abgesehen von den Kletterpflanzen, den Bewohnern frei zur Verfügung stehen und sind mit einer Substratdicke von 40cm auch auf größere Vegetation ausgelegt. Im Bereich der Durchwegung ist mit einer intensiveren Bepflanzung (bis 9m) zu rechnen, deshalb ist hier die Stärke des Substrats mit 100cm stärker ausgeprägt.





VEGETATION

Ein ausgewogener Pflanzenmix aus heimischer Vegetation, soll ein gewohntes Lebensumfeld für verschiedene Tierarten bieten. Die sommergrünen Kletterpflanzen ermöglichen eine natürlichen Verschattung im Sommer und eine ausreichende Sonneneinstrahlung im Winter.

Acer campestre



Laburnum alpinum



Acer rubrum



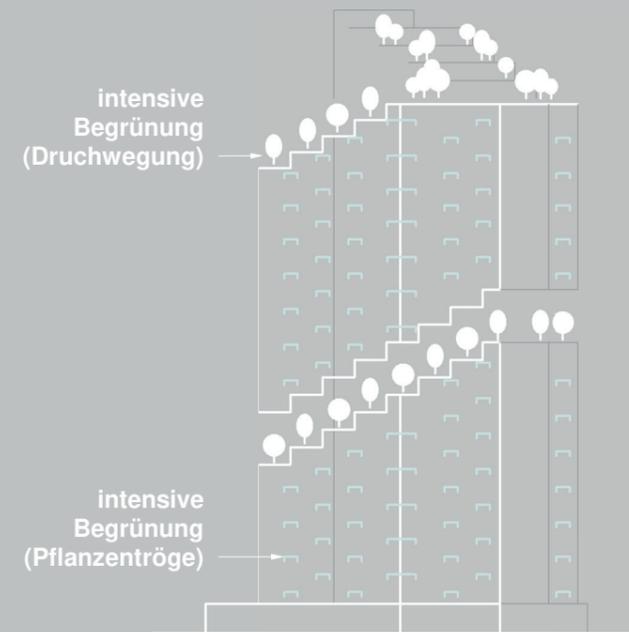
Salix purpurea
„pendula“



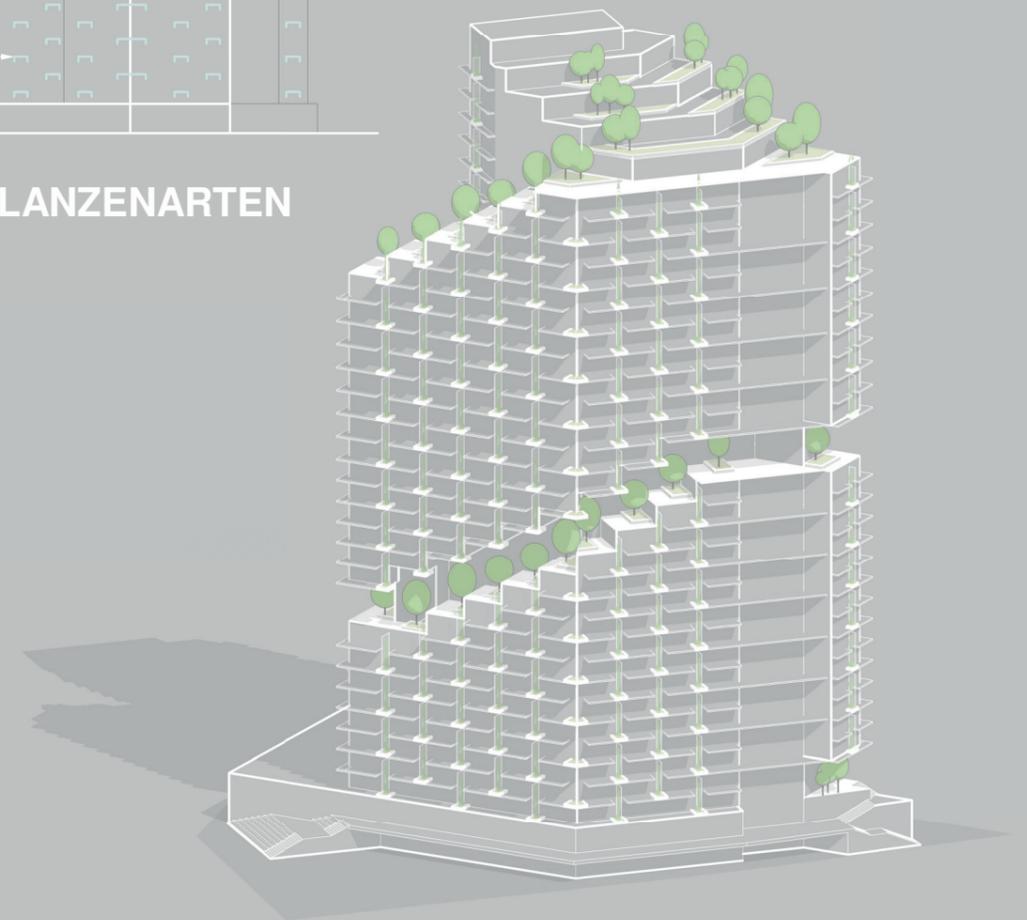
Hedera helix



Miscanthus sinensis



PFLANZENARTEN



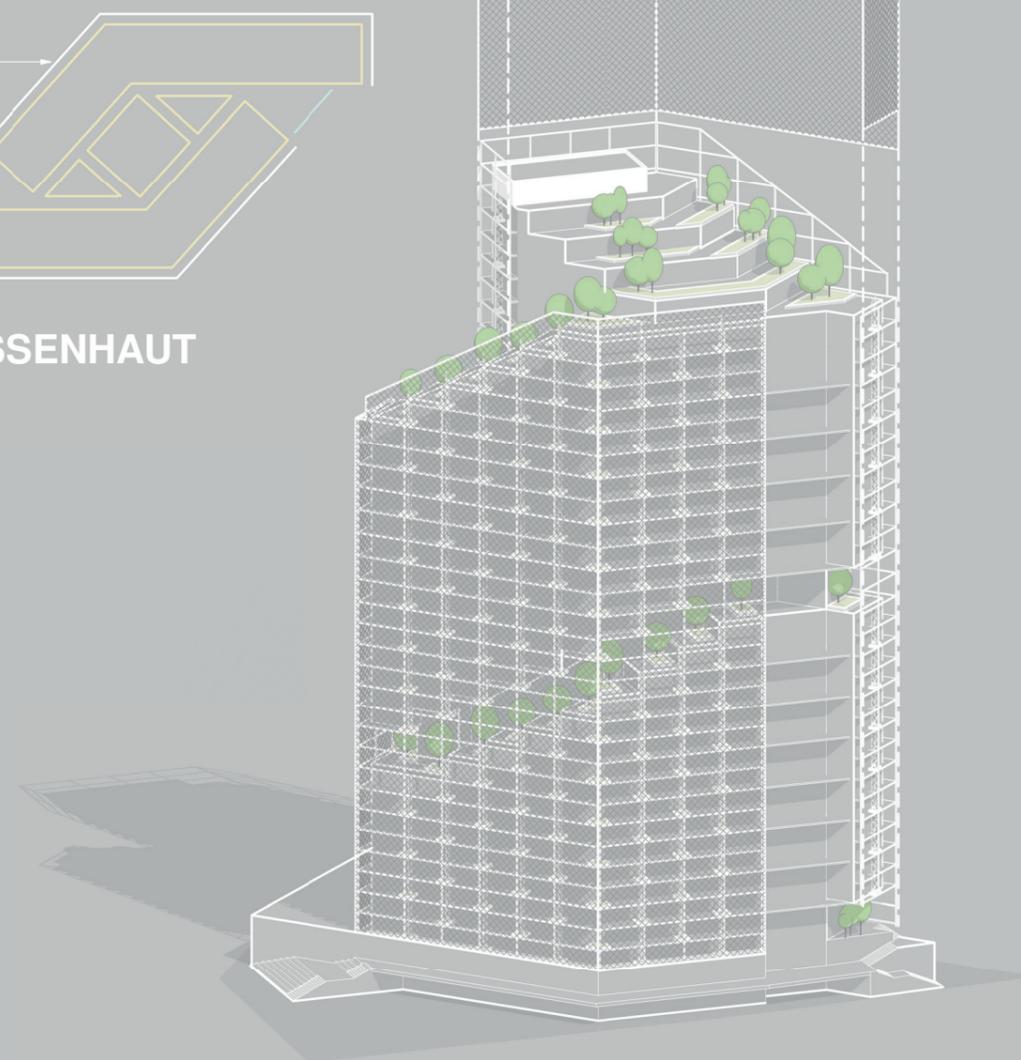
GRÜNE HÜLLE

Als zweite Außenhaut bildet das flächige Metallnetz eine Kletterhilfe für die vertikale Fassadenbegrünung und dient gleichzeitig als Absturzsicherung für die einzelnen Balkone. Im Laufe der Jahre kann sich dadurch ein flächenwirksamer Bewuchs einstellen und somit ein einheitliches Gesamtbild vermitteln.

AUSSENNETZ
für Bewuchs

Glasfassade

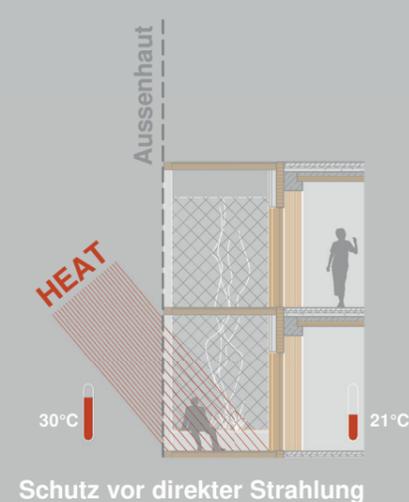
AUSSENHAUT





GRÜNER FILTER

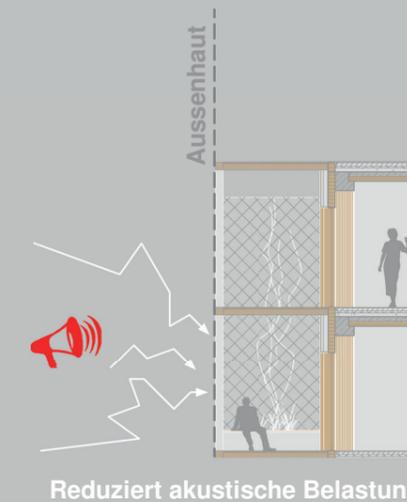
Die begrünte Außenhaut erfüllt dabei zahlreiche Funktionen die, abgesehen von ästhetischen Reizen und einer gesteigerten Aufenthaltsqualität, für die Bewohner in vielerlei Hinsicht einen Mehrwert schaffen. Durch die saisonellen Kletterpflanzen wird zum einen im Sommer eine natürliche Verschattung und zum anderen genügend Lichteinfall im Winter garantiert. Weiters dient die Fassadenbegrünung als natürlicher Filter der die Luft von Feinstaubpartikeln befreit und gleichzeitig Sauerstoff produziert und somit CO_2 bindet.



Schutz vor direkter Strahlung



Schützt gegen Wind



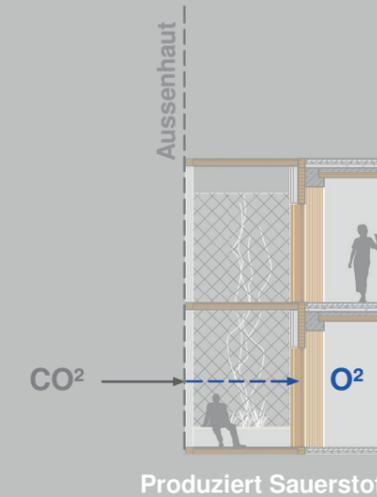
Reduziert akustische Belastung



Im Winter lichtdurchlässig



Reduziert Micropartikel



Produziert Sauerstoff

7 OPTIMERTER BETRIEBSAUFWAND

Das nachhaltige Bauen als ganzheitlicher Ansatz, beinhaltet nicht nur die ökologischen und energetischen Auswirkungen der verwendeten Materialien, sondern erfasst auch jene Prozesse die beispielsweise während des Betriebs eines Gebäudes im Laufe seines Gebäudelebenszyklus auftreten.

Sowohl in energetischer als auch in ökonomischer Hinsicht, kann über die Lebensdauer der Betriebsaufwand einen erheblichen Anteil an Energie und Kosten verursachen. Bezogen auf das Investitionskapital, bestimmen neben den Errichtungskosten, vor allem die Folgekosten, wie unter anderem der technische Betriebsaufwand, die Gesamtkosten eines Projekts. Bei Bauwerke mit einer hoch technischen Gebäudeausstattung wie z.B. Krankenhäuser, können die laufenden Kosten für den Betriebsaufwand, über die gesamte Lebensdauer gerechnet, die anfänglichen Errichtungskosten signifikant übersteigen.

Als Teil der Finanzierungskosten kommt dem Gebäudebetrieb somit eine zentrale Rolle zuteil.

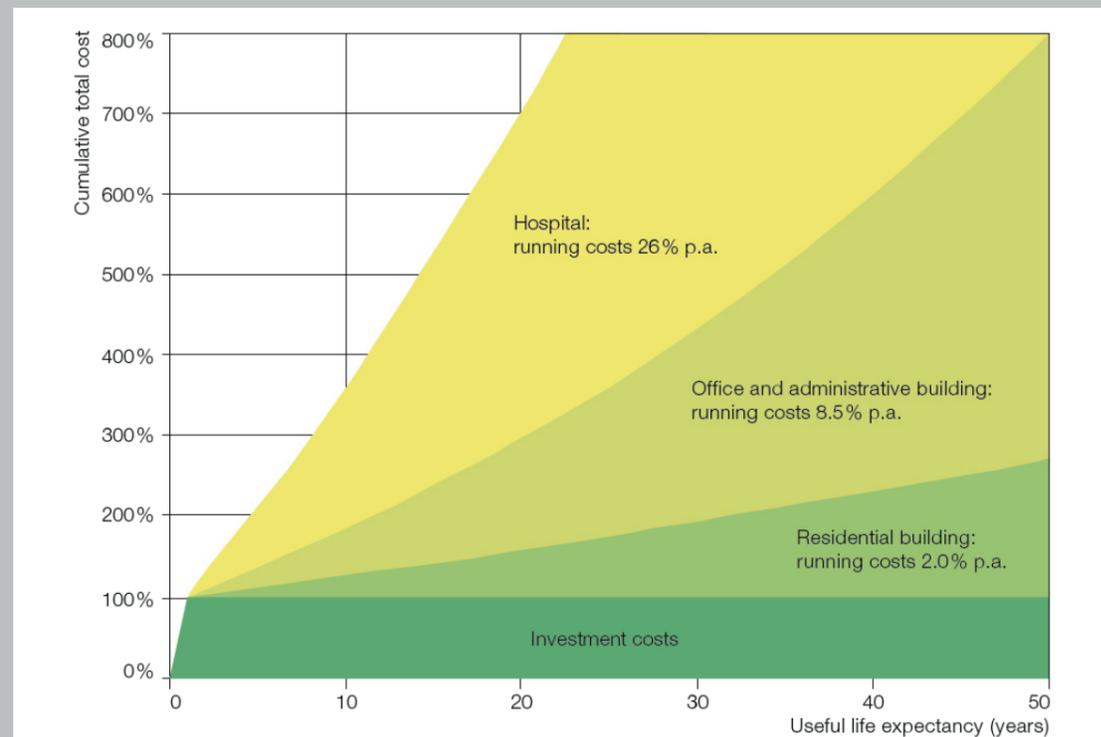


Abb.27: Akkumulierte Gesamtkosten für verschiedene Gebäudetypologien während ihres Lebenszyklus, © Detail: Green Book - Green building certification systems

Dies spiegelt sich auch in energetischer Hinsicht z.B. am nicht erneuerbaren Primärenergieanteil wieder. So kann mitunter die aufgewendete Energie im Gebäudebetrieb, bezogen auf die gesamte Lebensdauer, einen Anteil von knapp 20% ausmachen.

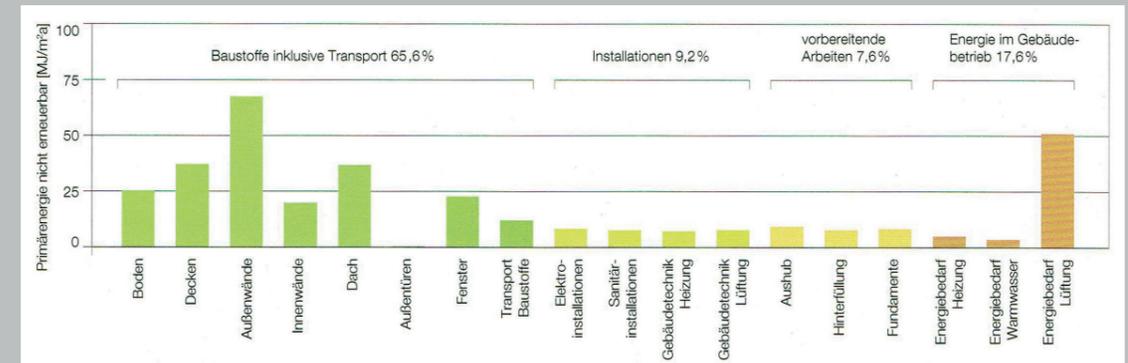


Abb.28: Nicht erneuerbare Primärenergie anhand eines Projektbeispiels, © Detail: Green Book - Nachhaltig Konstruieren

Es ist somit naheliegend, sich Gedanken über die mögliche Optimierung des technischen Betriebsaufwandes zu machen. Dies sollte bereits in der Entwurfsphase erfolgen, da die erarbeiteten Konzepte maßgeblich die Planung beeinflussen können. Dazu braucht es zuerst Überlegungen zu den zu Grunde liegenden Stoffkreisläufen (Wärme, Wasser und Luft) und deren Optimierungspotenzial. Im konkreten Fall betrifft dies den Typus Hochhauses, welcher sich besonders durch den hohen Be- und Entlüftungsaufwand auszeichnet.

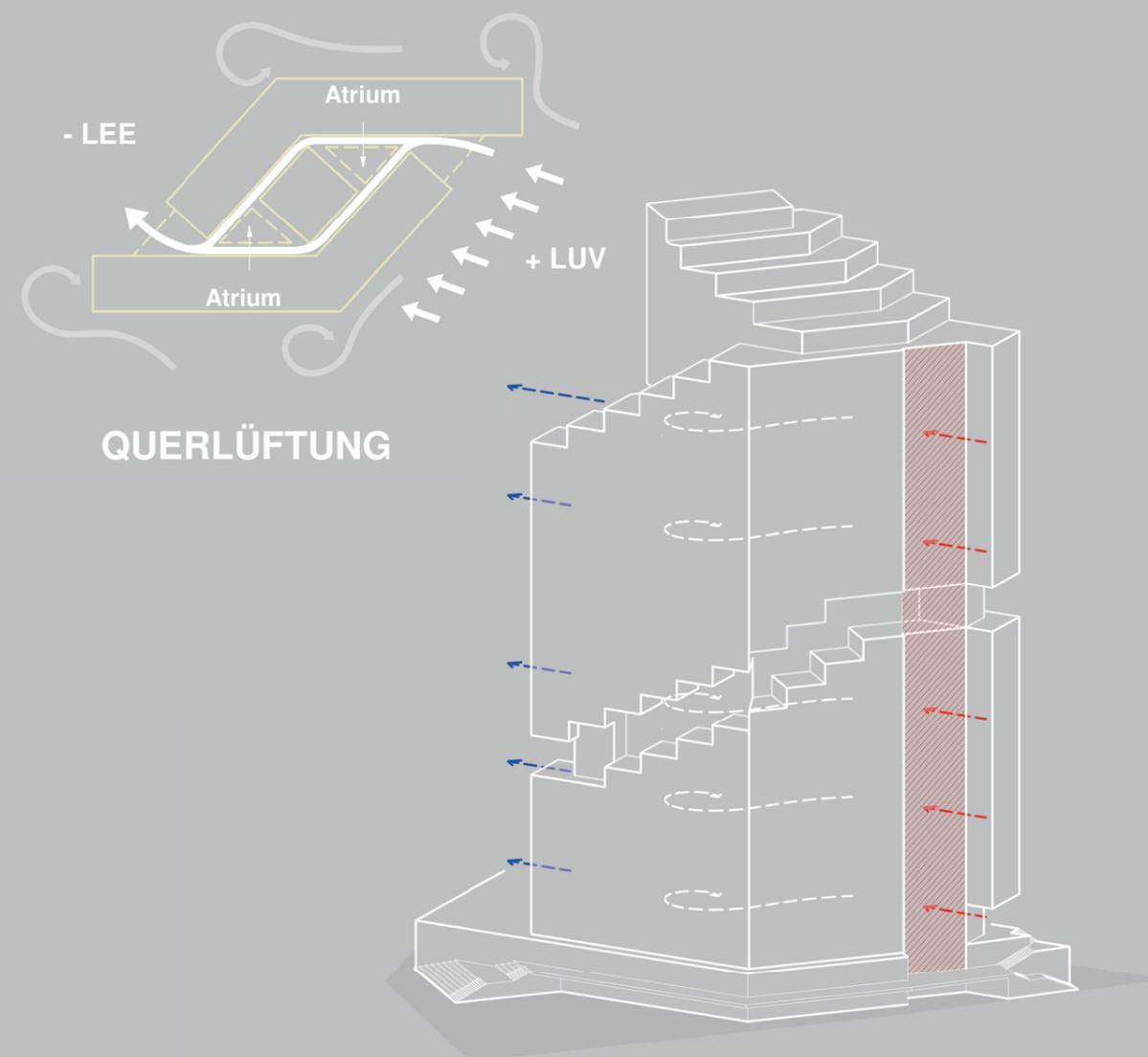
Darum wird im folgenden Entwurf ein neuer Ansatz verfolgt. Ein Ziel ist dabei, auf die übliche kontrollierte Wohnraumlüftung gänzlich zu verzichten und stattdessen auf eine natürliche Belüftung zu setzen. Weiters soll der Wasserkreislauf optimiert werden. In Folge der intensiven Bepflanzung sind große Wassermenge vonnöten um eine ausreichende Versorgung zu gewährleisten. Anders als im Bosco Verticale soll hier nicht die Versorgung mittels Grundwasser, sondern einen Wiederverwertung von Grauwasser in Kombination mit Regenwasser, angestrebt werden.

Die genannten Überlegungen zur Optimierung führen zwangsläufig zu Mehrkosten bei der Errichtung. Diese sollten sich jedoch, durch den geringeren Betriebsaufwand über den Lebenszyklus des Gebäudes verteilt, amortisieren.



NATÜRLICHE BELÜFTUNG

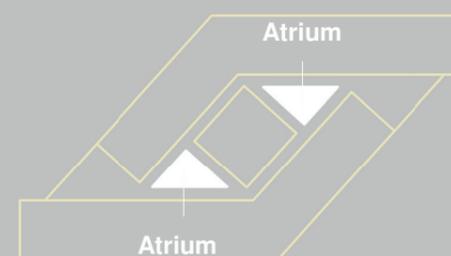
Um eine natürliche Belüftung zu gewährleisten wird eine Kombination aus Querlüftung und Kamineffekts in den Atrien angestrebt. Durch die Orientierung der Hauptachse an die Hauptwindrichtung, trifft der Wind direkt auf die Fassade an der Stirnseite. Die Fassade soll dabei so konzipiert werden, dass sie den Wind bündelt und als Windschaukel fungiert. Durch Öffnungen bzw. Windfänger an den Stirnseiten soll somit eine Querlüftung ermöglicht werden.



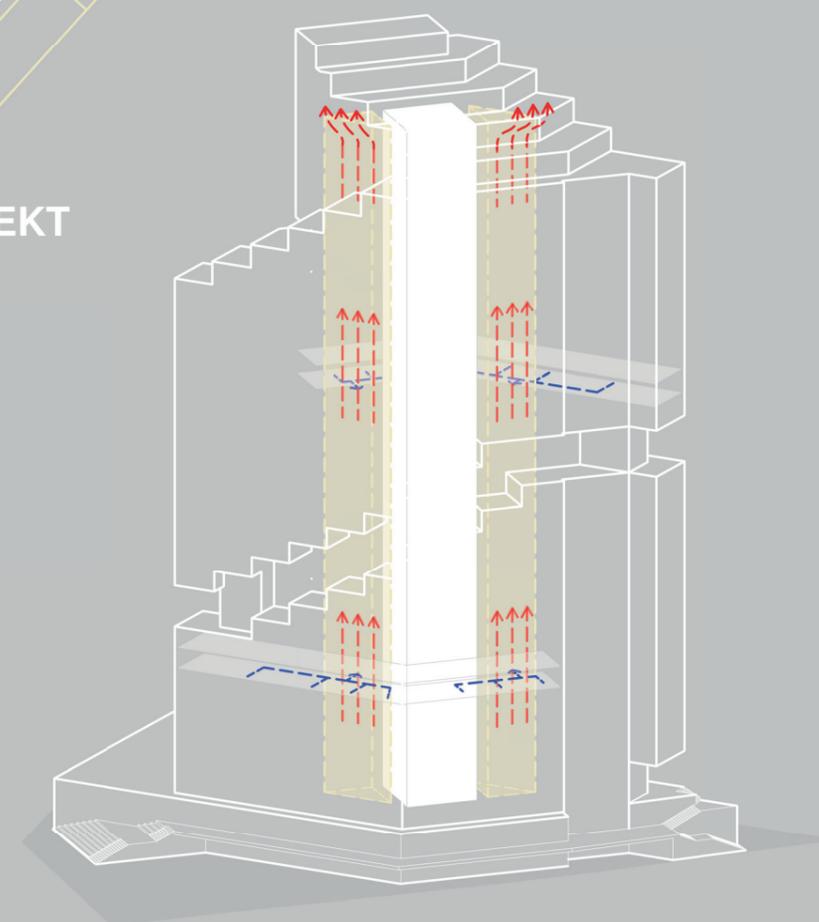


ATRIUM ALS AUFTRIEBSLÜFTUNG

Die zentralen Atrien dienen als Knotenpunkte für den vertikalen Lufttransport. Mittels thermischen Auftrieb soll in diesen ein Kamineffekt entstehen, der die angrenzenden Wohneinheiten entlüftet. Die Wärmelast soll dabei möglichst konstant, über die komplette Höhe verteilt bleiben. Um den Druckunterschied über die zahlreichen Geschosse einzudämmen, können Paneele gegebenenfalls die Atrien in Abschnitte unterteilen.



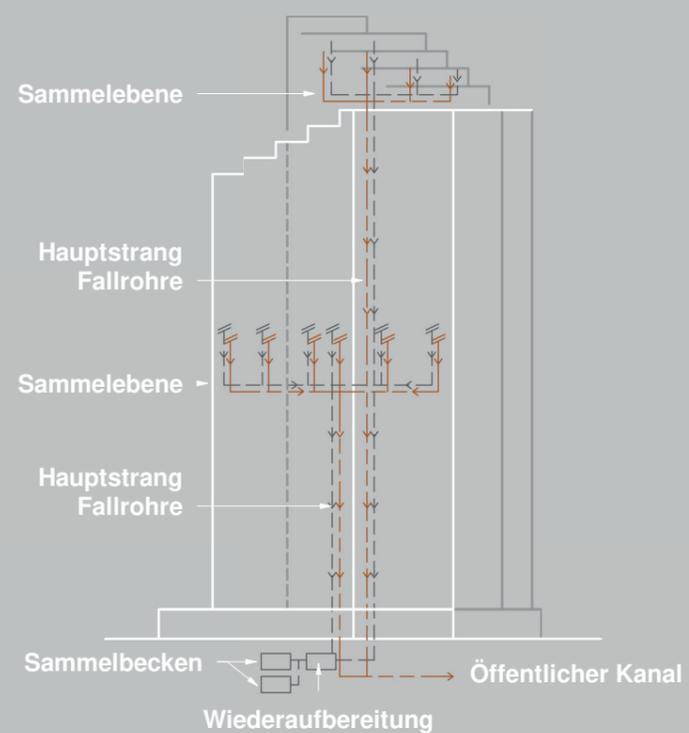
KAMINEFFEKT



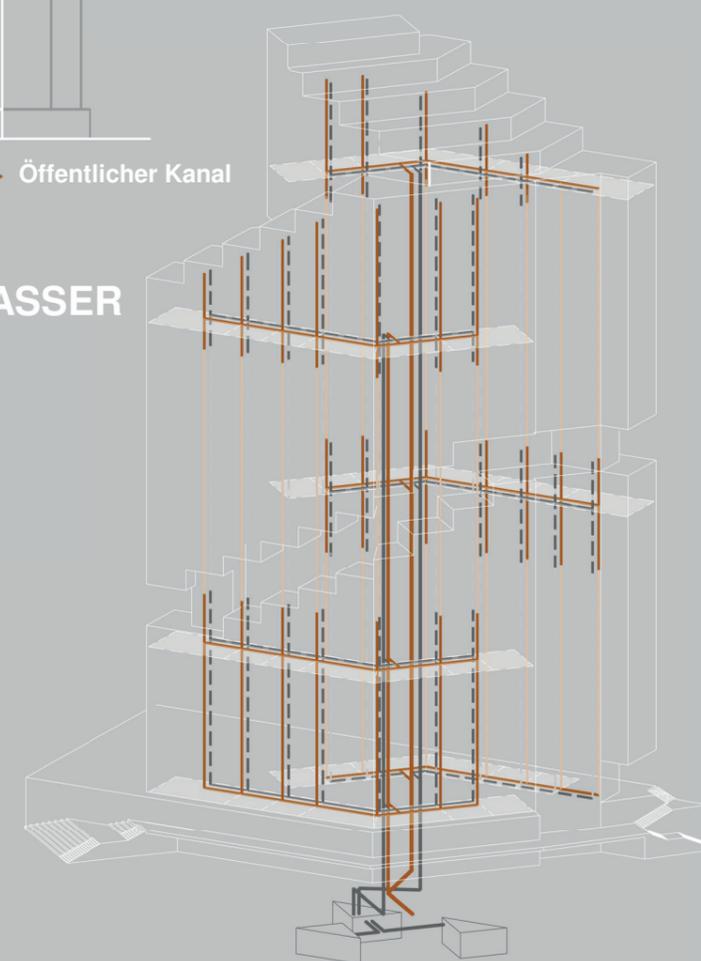


GRAUWASSER- NUTZUNG

Mit der Trennung von Grau- und Schmutzwasser in separate Leitungssysteme soll eine effizientere Nutzung der Ressource Wasser gewährleistet werden. Mittels einer Aufbereitungsanlage soll das Grauwasser als Betriebswasser wiederverwendet werden. Damit sollte sich der Wasserverbrauch drastisch reduzieren lassen, als auch die Bewässerung der Fassadenbegrünung unterstützt werden.



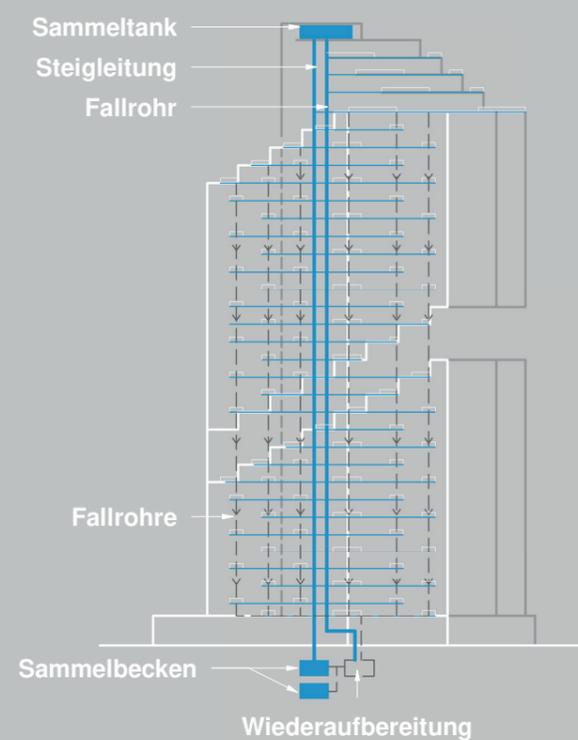
GRAU / SCHMUTZWASSER





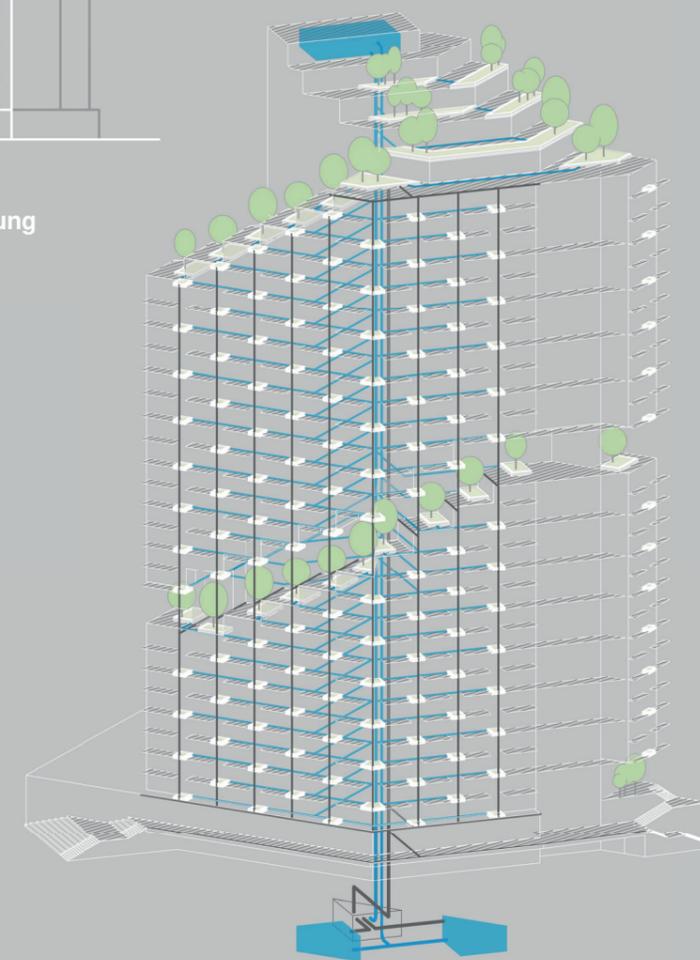
BEWÄSSERUNGSSYSTEM

Zusätzlich zur Grauwassernutzung soll auf Balkonen und Terrassen sowie auf versiegelten Flächen anfallendes Regenwasser gesammelt und zentral gespeichert werden. Über ein zentrales Sammelbecken im obersten Geschoss, erfolgt die weitere Verteilung der Wassermengen an die jeweiligen Pflanzentrögen.



BEWÄSSERUNG

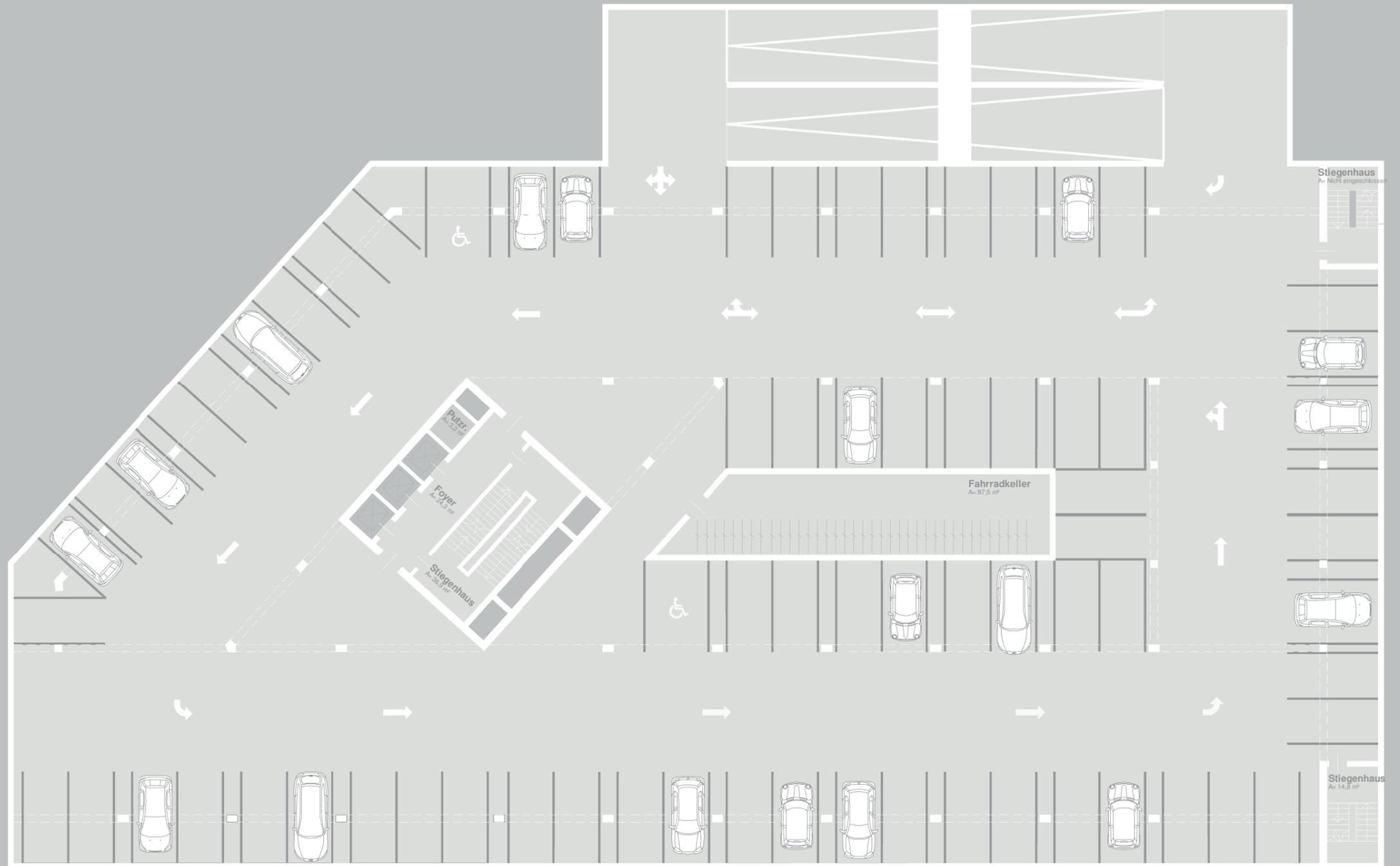
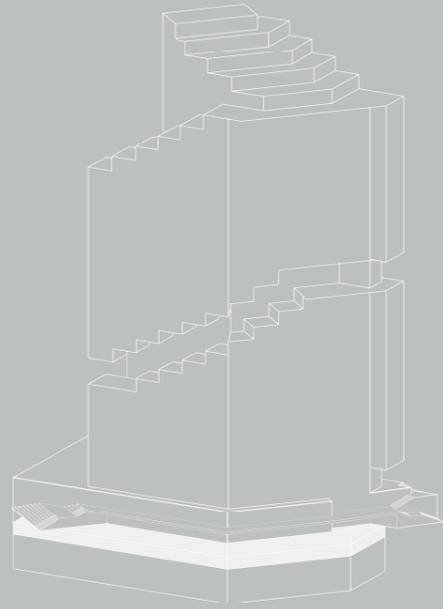
-  Regenwasser Sammlung
-  Bewässerung
-  Grauwasser



8 ENTWURFS- PLÄNE



FREIRAUMPLAN

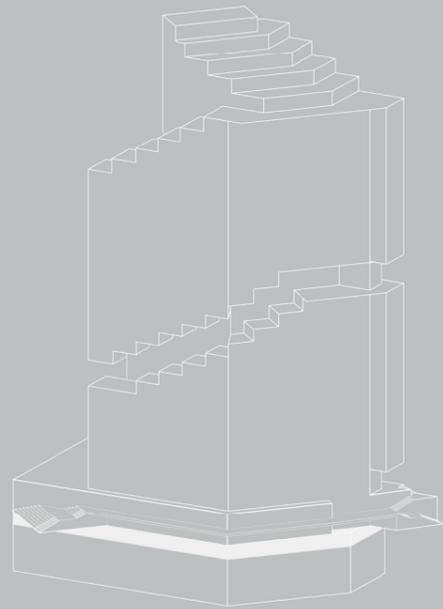


71 Parkplätze

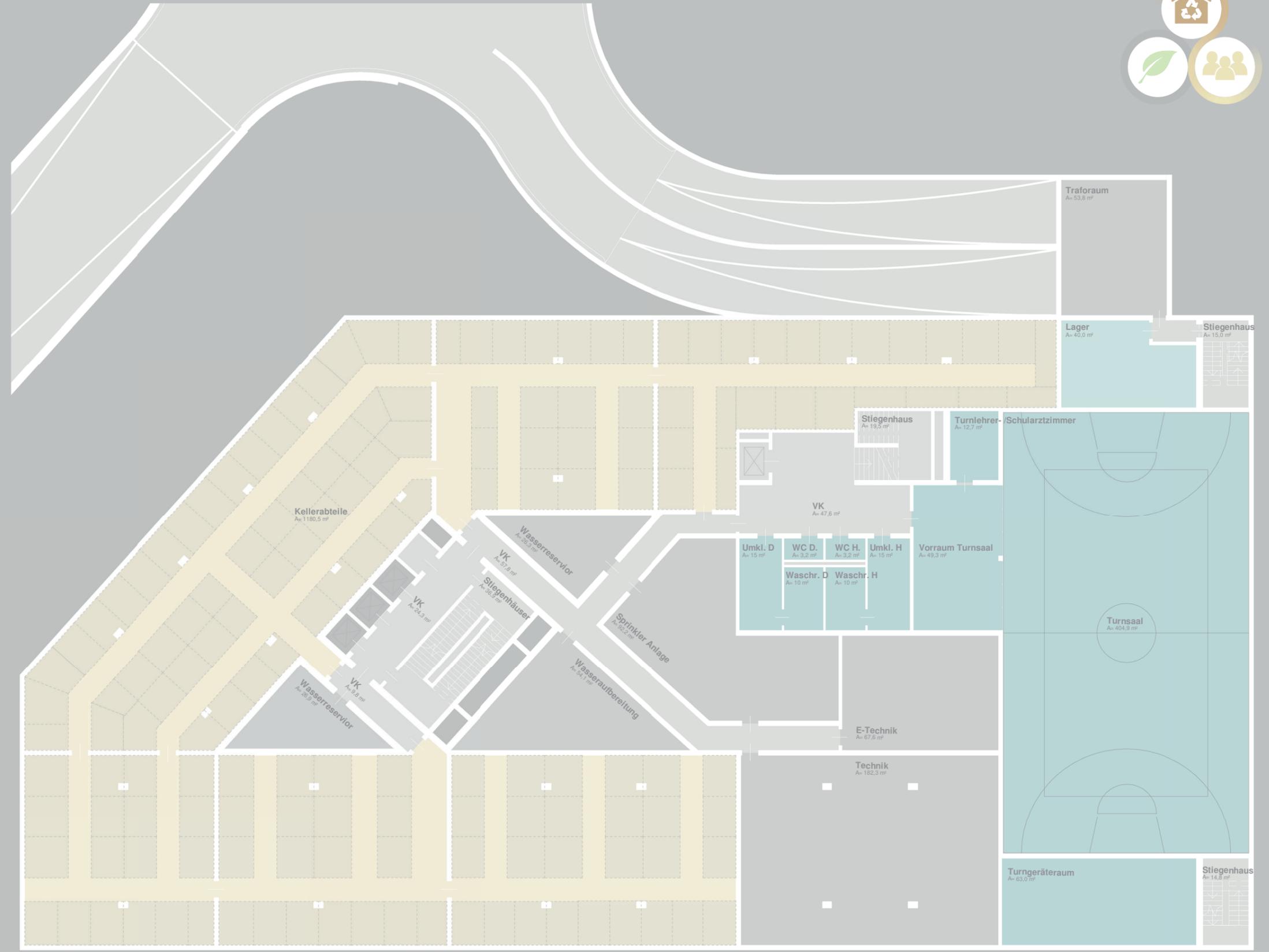
UNTERGESCHOSS 2-5

M 1:250





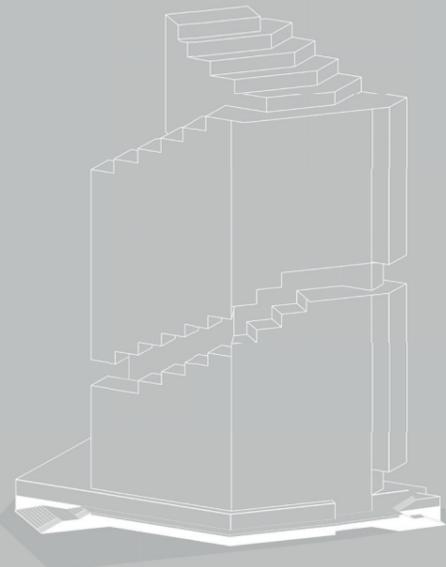
- Allgemeine Räume
- Technikfläche
- Turnsaalanlage
- Verkehrsflächen
- Wohnen Nebenräume



UNTERGESCHOSS 1

M 1:250





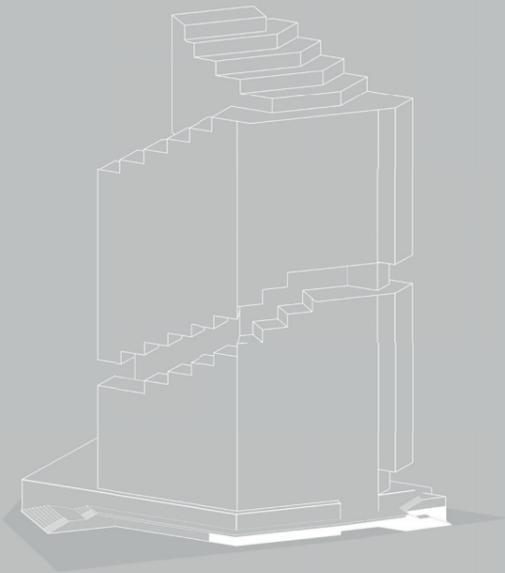
- Allgemeine Räume
- Cafe
- Kindergarten
- Personalräume
- Turnsaalanlage
- Verkehrsflächen
- Wohnen Nebenräume



ERDGESCHOSS

M 1:250





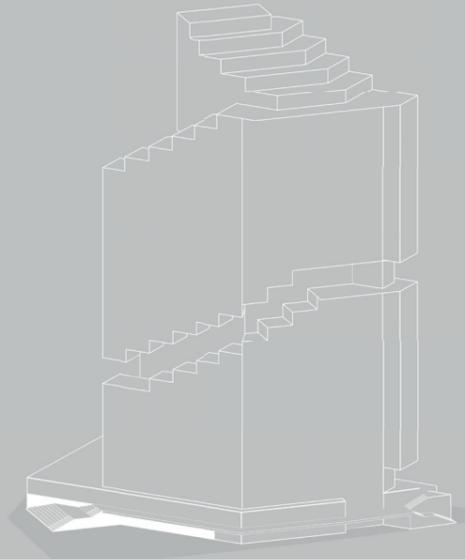
- Allgemeine Räume
- Cafe
- Kindergarten
- Personlräume
- Verkehrsflächen
- Wohnen Nebenräume



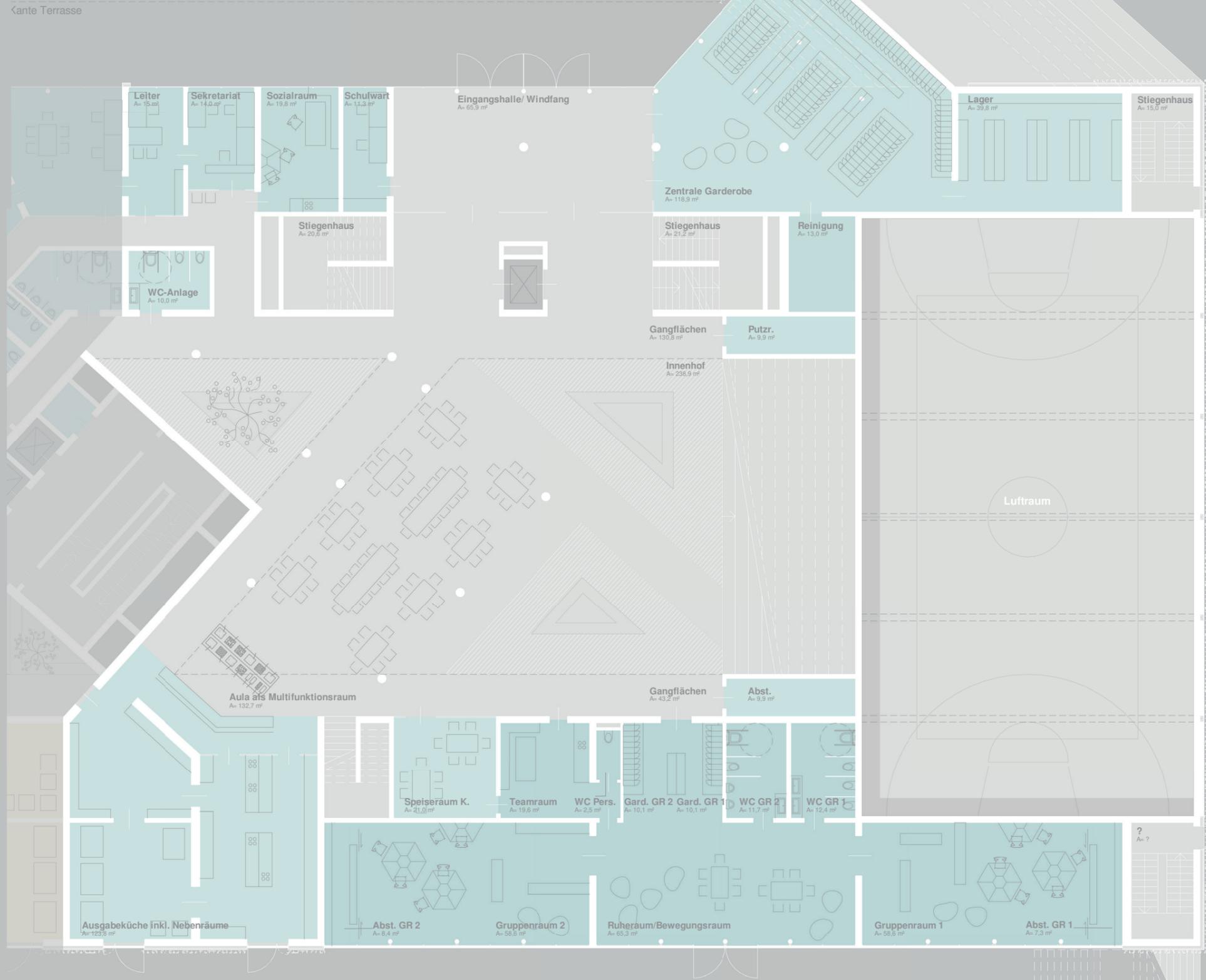
EG - EINGANG WOHNBAU

M 1:200





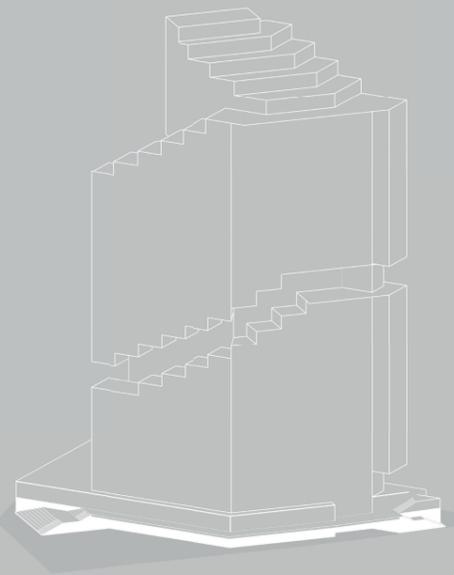
- Allgemeine Räume
- Kindergarten
- Personalräume
- Verkehrsflächen
- Wohnen Nebenräume



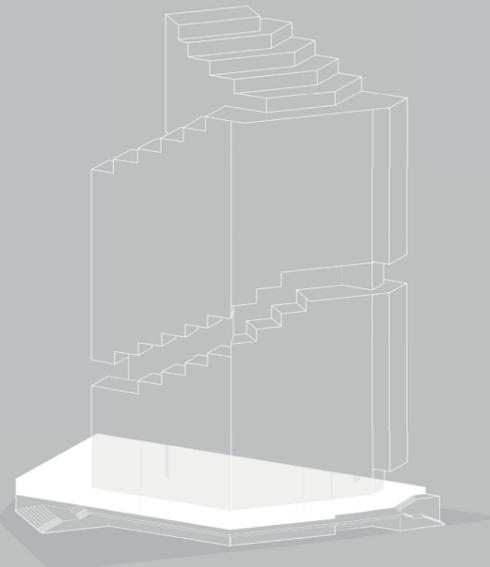
EG - EINGANG SCHULE

M 1:200

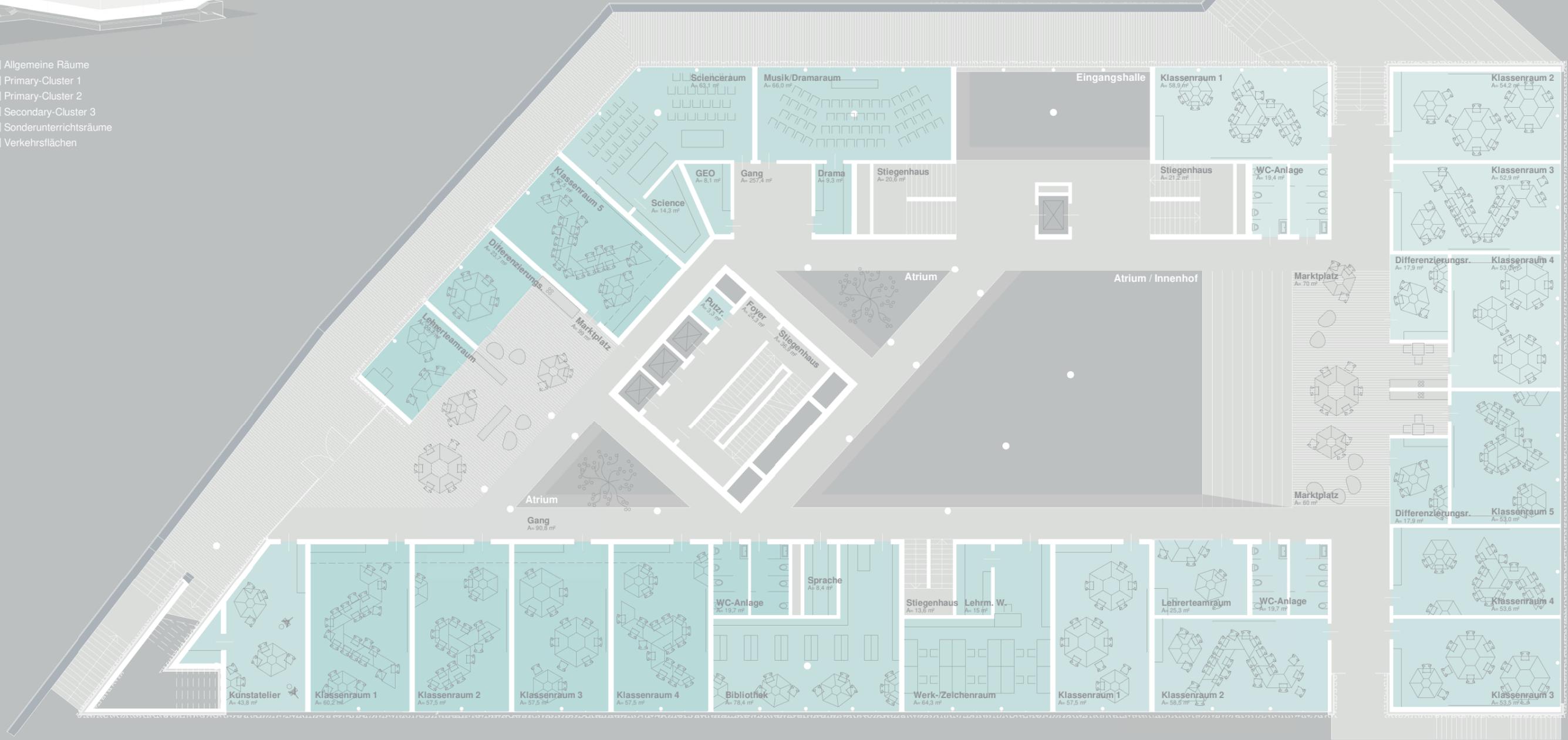




AXONOMETRIE - EG



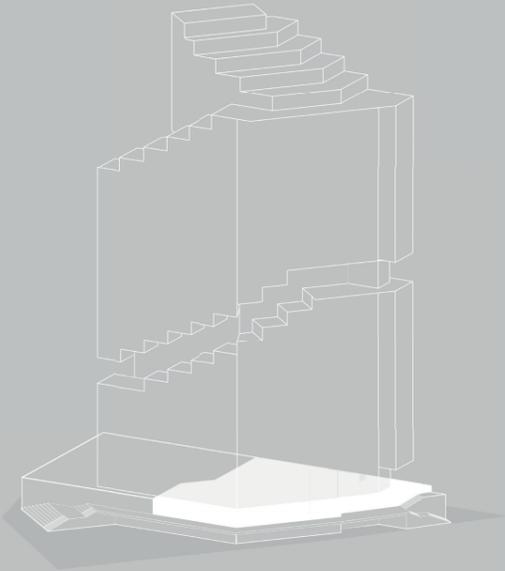
- Allgemeine Räume
- Primary-Cluster 1
- Primary-Cluster 2
- Secondary-Cluster 3
- Sonderunterrichtsräume
- Verkehrsflächen



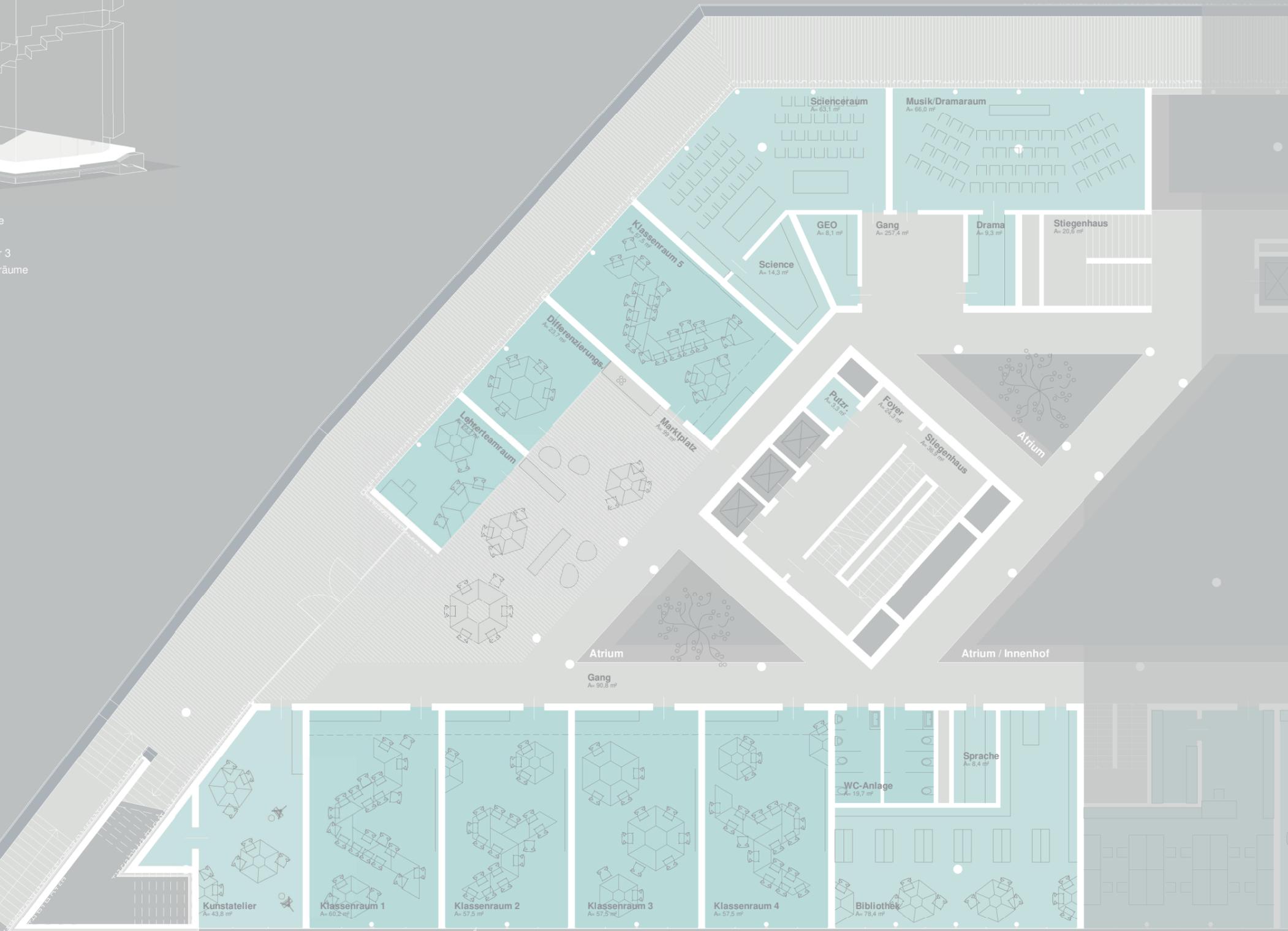
OBERGESCHOSS 1

M 1:250





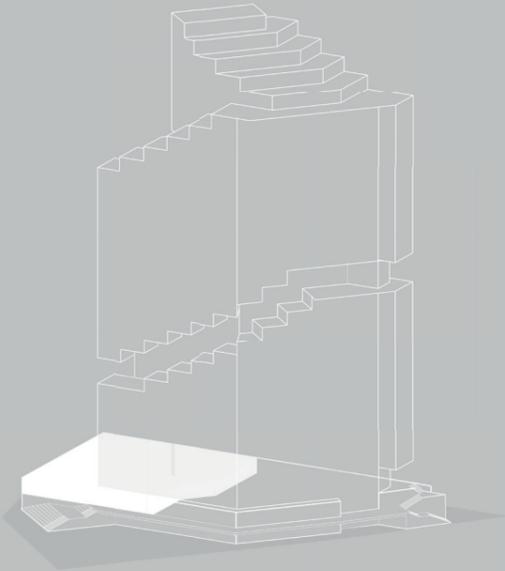
- Allgemeine Räume
- Primary-Cluster 2
- Secondary-Cluster 3
- Sonderunterrichtsräume
- Verkehrsflächen



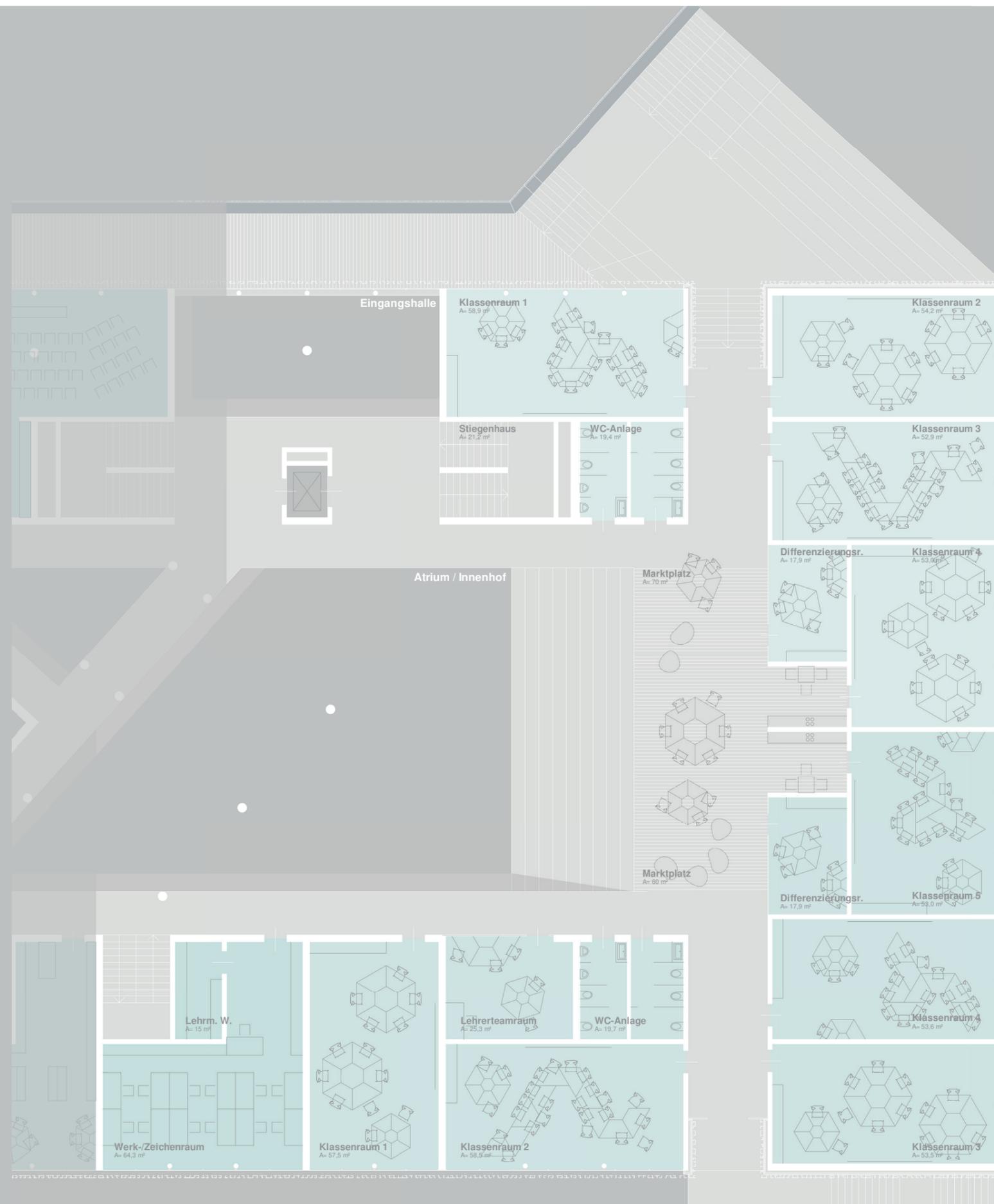
OG - CLUSTER 3

M 1:200





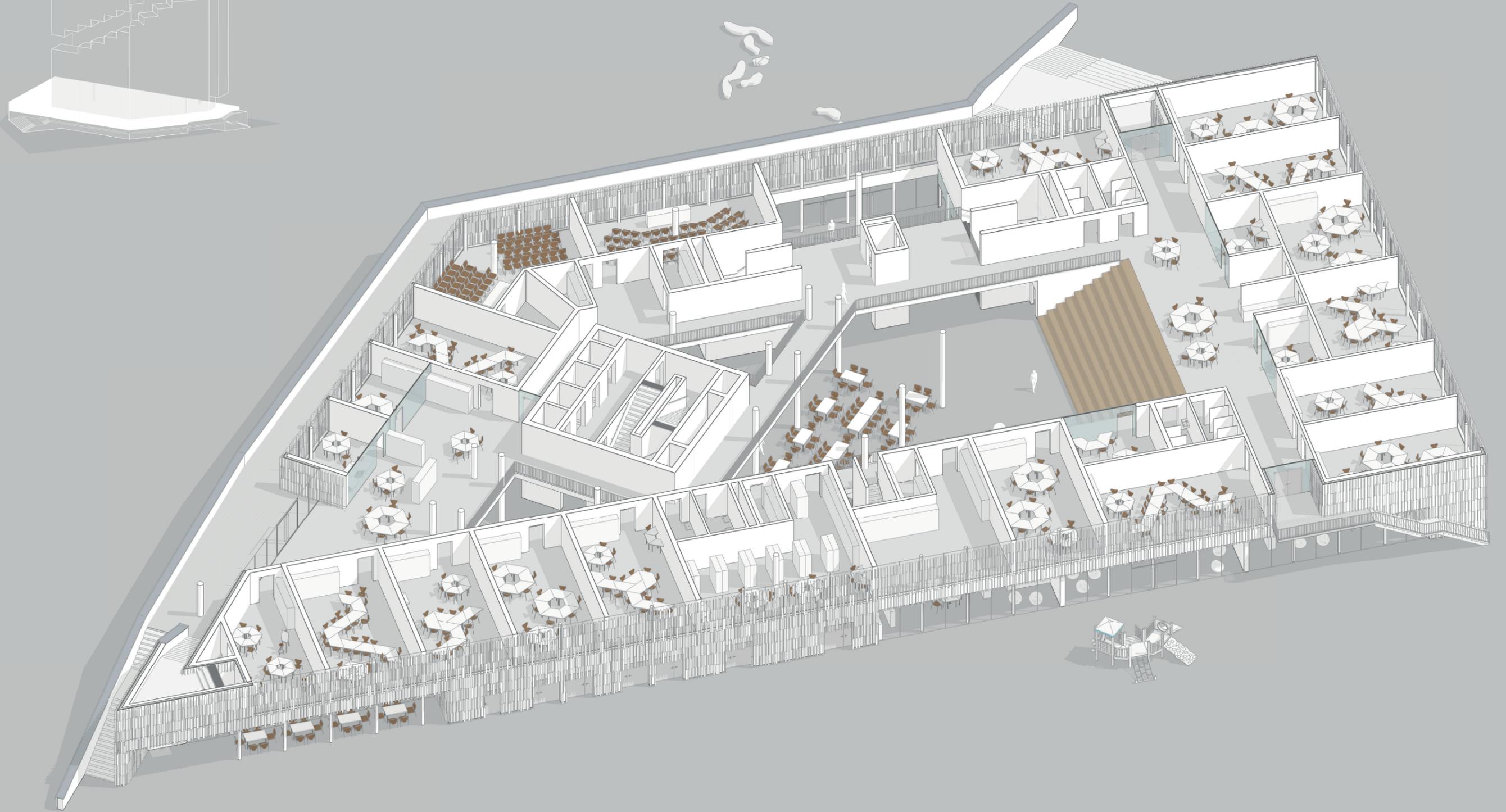
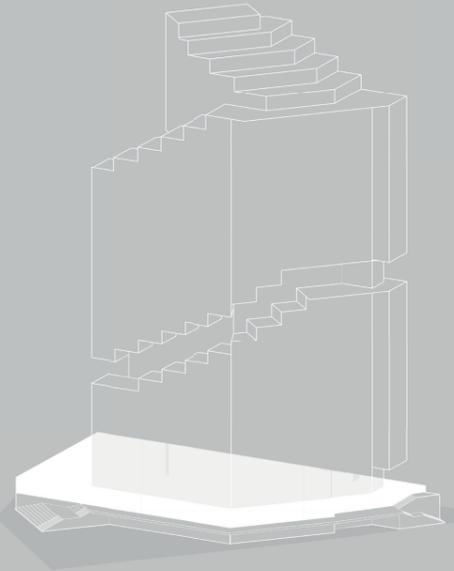
- Primary-Cluster 1
- Primary-Cluster 2
- Sonderunterrichtsräume
- Verkehrsflächen



OG - CLUSTER 1 u. 2

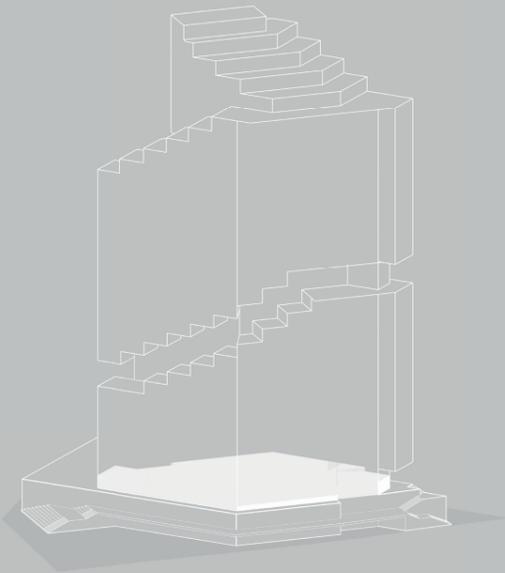
M 1:200



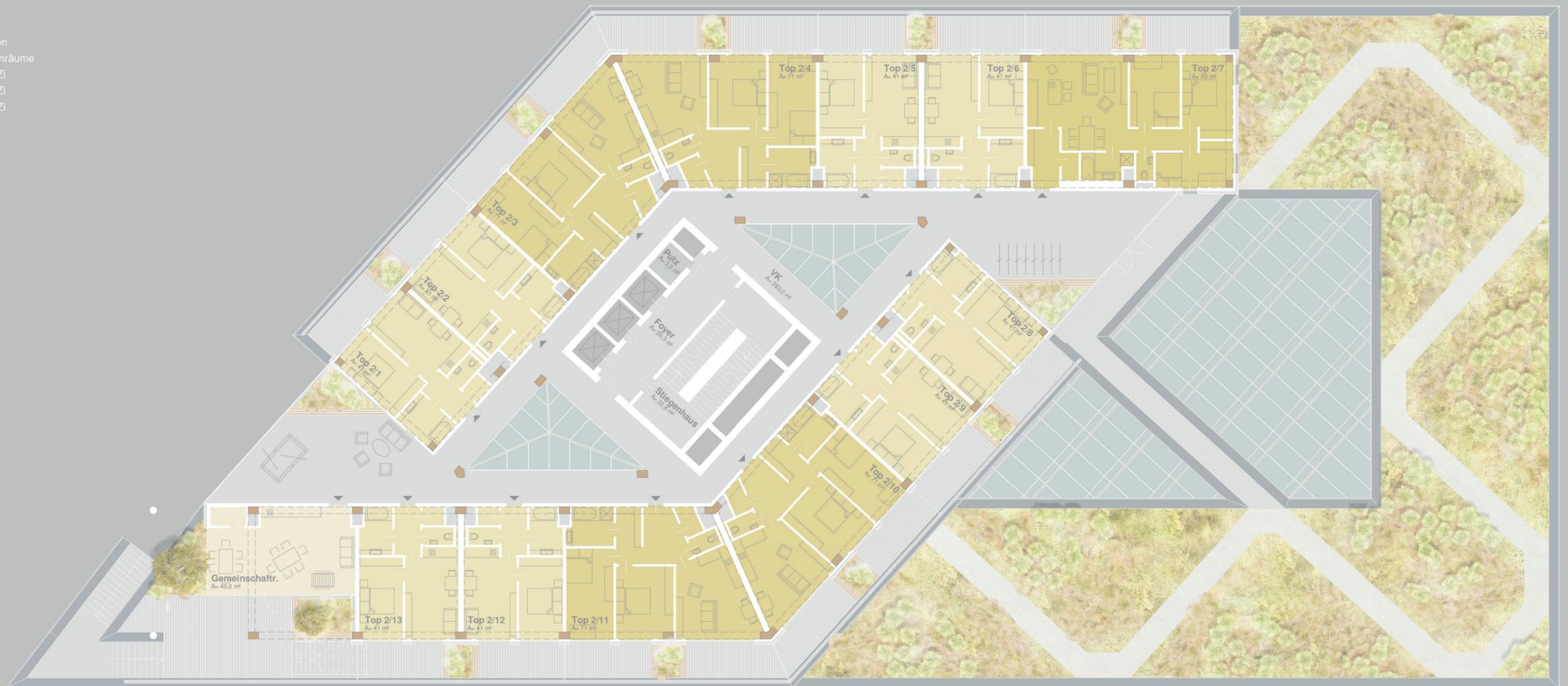


AXONOMETRIE - OG1





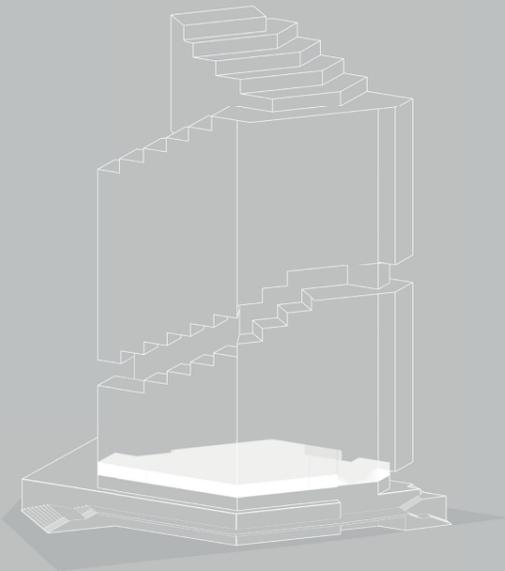
- Balkon
- Technikfläche
- Verkehrsflächen
- Wohnen Nebenräume
- Wohnung 2,0 Zi
- Wohnung 3,0 Zi
- Wohnung 4,0 Zi



OBERGESCHOSS 2

M 1:250





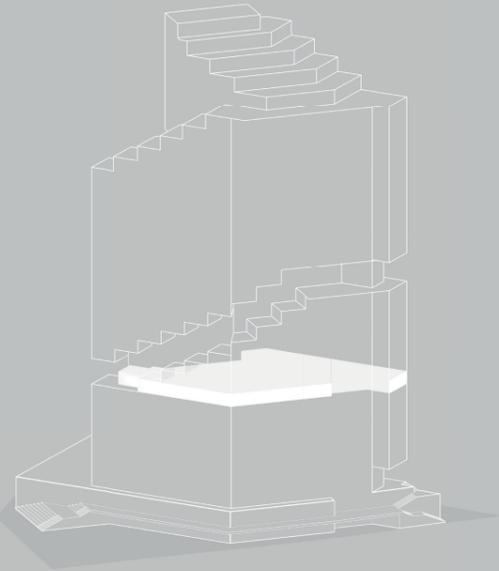
- Technikfläche
- Verkehrsflächen
- Wohnen Nebenräume
- Wohnung 2,0 Zi
- Wohnung 3,0 Zi
- Wohnung 4,0 Zi



OBERGESCHOSS 3

M 1:250





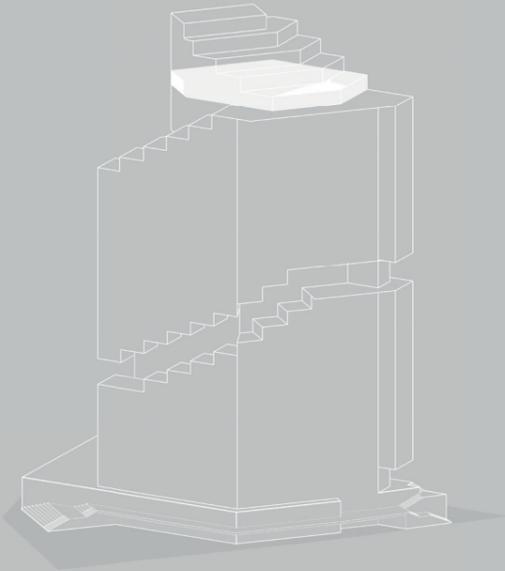
- Balkon
- Cafe
- Technikfläche
- Verkehrsflächen
- Wohnen Nebenräume
- Wohnung 2,0 Zi
- Wohnung 3,0 Zi
- Wohnung 4,0 Zi



OBERGESCHOSS 10

M 1:250





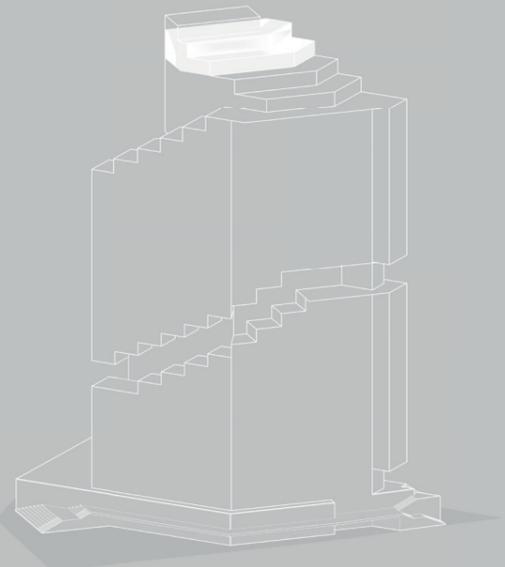
- Cafe
- Verkehrsflächen
- Wohnung 4,0 Zi



OBERGESCHOSS 31 - PLATEAU

M 1:250





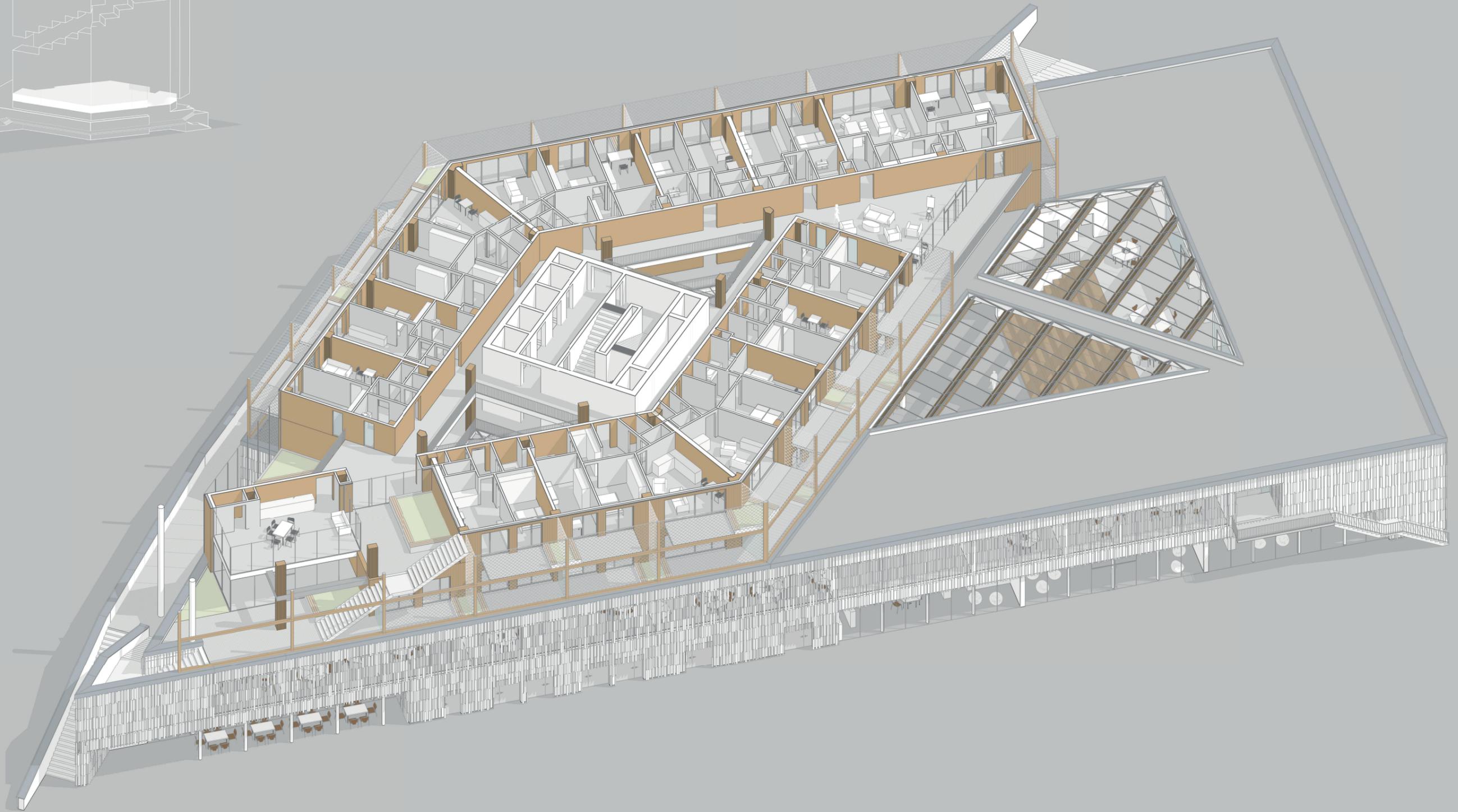
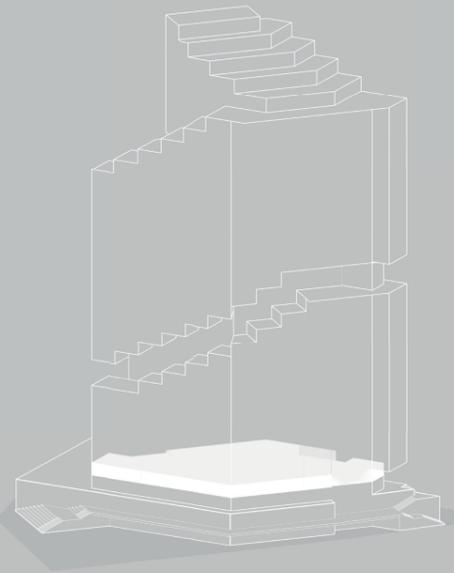
- Penthouse
- Wohnung 4,0 Zi



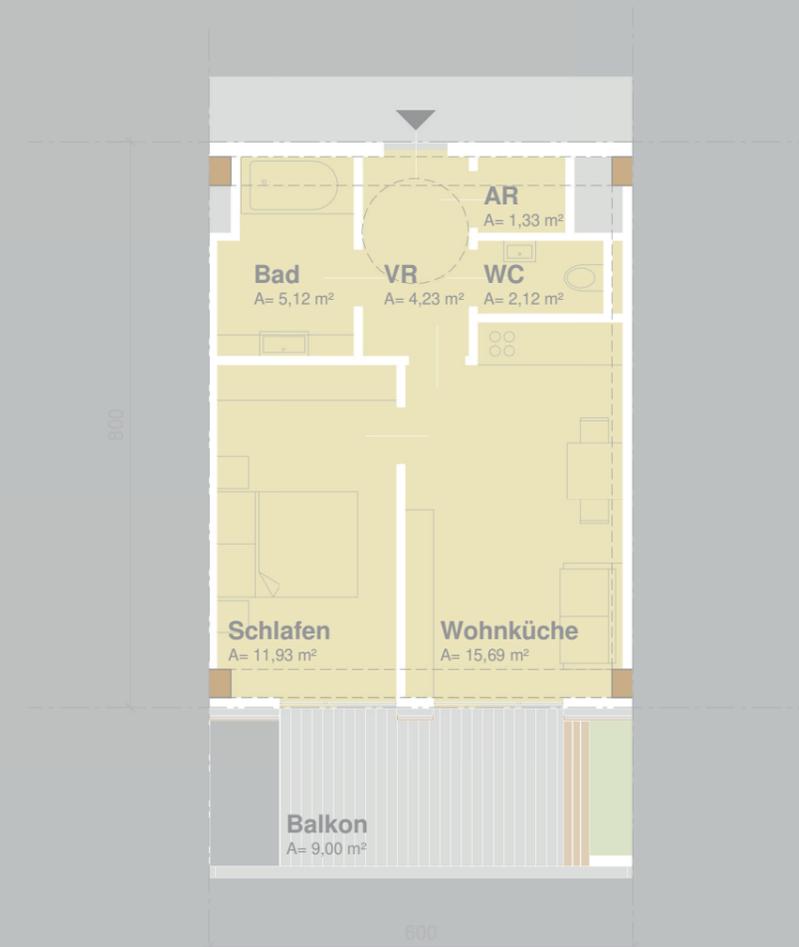
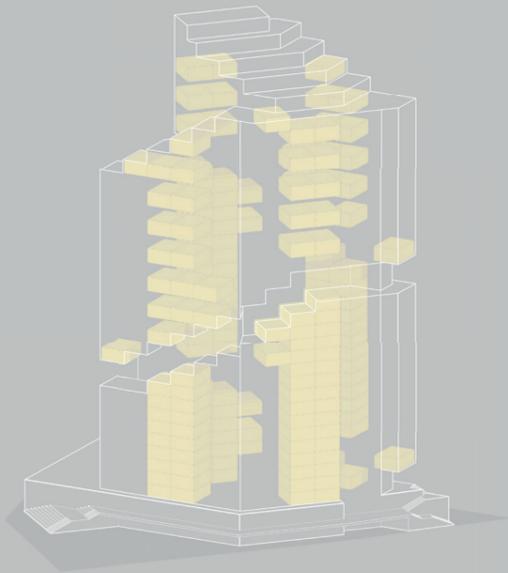
PENTHOUSE

M 1:250





AXONOMETRIE - OG3

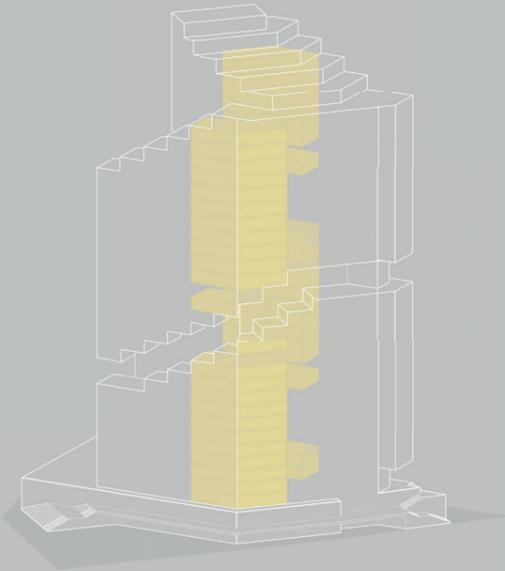


Name	Fläche
Wohnküche	15,93 m ²
Schlafzimmer	12,32 m ²
Bad	5,62 m ²
VR	4,23 m ²
AR	1,36 m ²
	39,46 m ²

WOHNUNG - TYP A

M 1:100



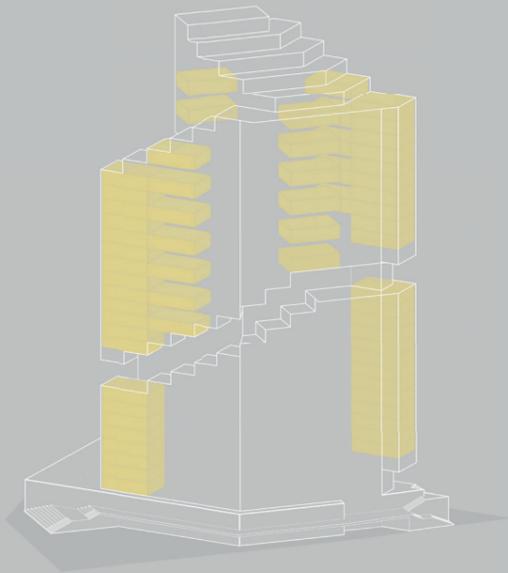


Name	Fläche
Zimmer 1	13,72 m ²
Zimmer 2	14,31 m ²
Wohnküche	20,77 m ²
WC	1,90 m ²
AR	1,80 m ²
VR	12,54 m ²
Bad	5,94 m ²
	70,98 m ²

WOHNUNG - TYP B

M 1:100



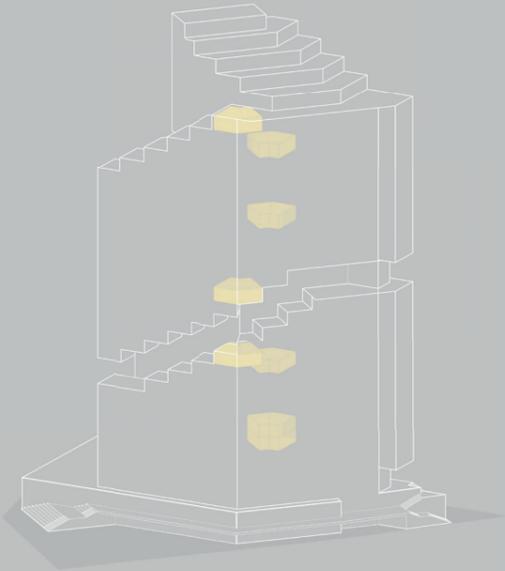


Name	Fläche
VR	5,92 m ²
AR	1,60 m ²
Bad	4,35 m ²
WC	1,65 m ²
Schlafzimmer	13,34 m ²
Wohnküche	29,40 m ²
Zimmer 1	10,07 m ²
Zimmer 2	11,93 m ²
Gang	5,04 m ²
	83,29 m ²

WOHNUNG - TYP C

M 1:100



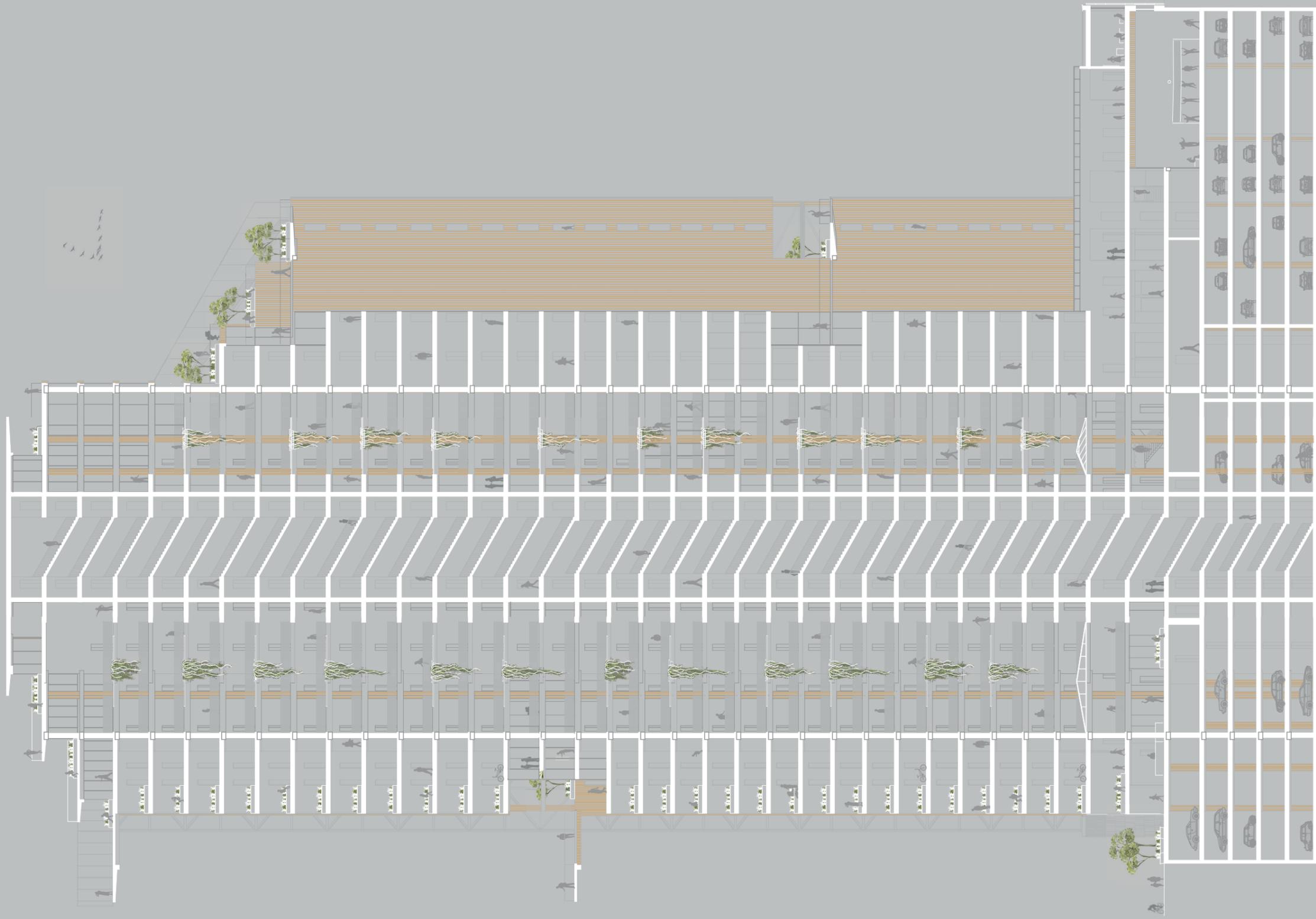


Name	Fläche
Wohnküche	28,40 m ²
Schlafzimmer	12,11 m ²
WC	1,95 m ²
Bad	5,04 m ²
Gang	5,52 m ²
VR	5,03 m ²
	58,05 m ²

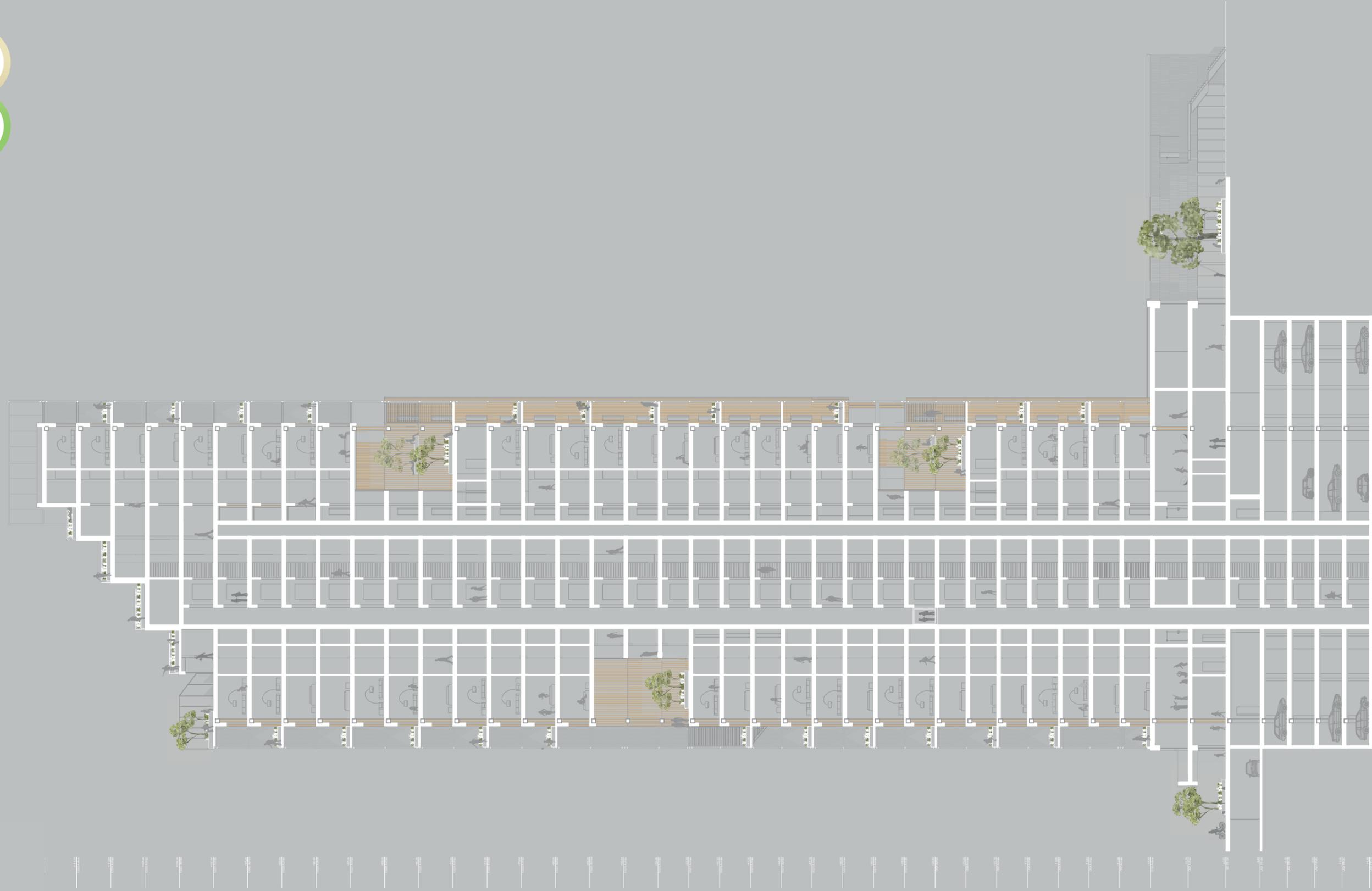
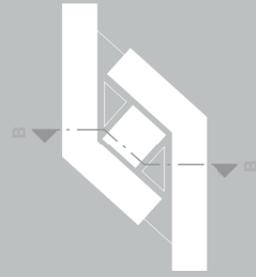
WOHNUNG - TYP D

M 1:100

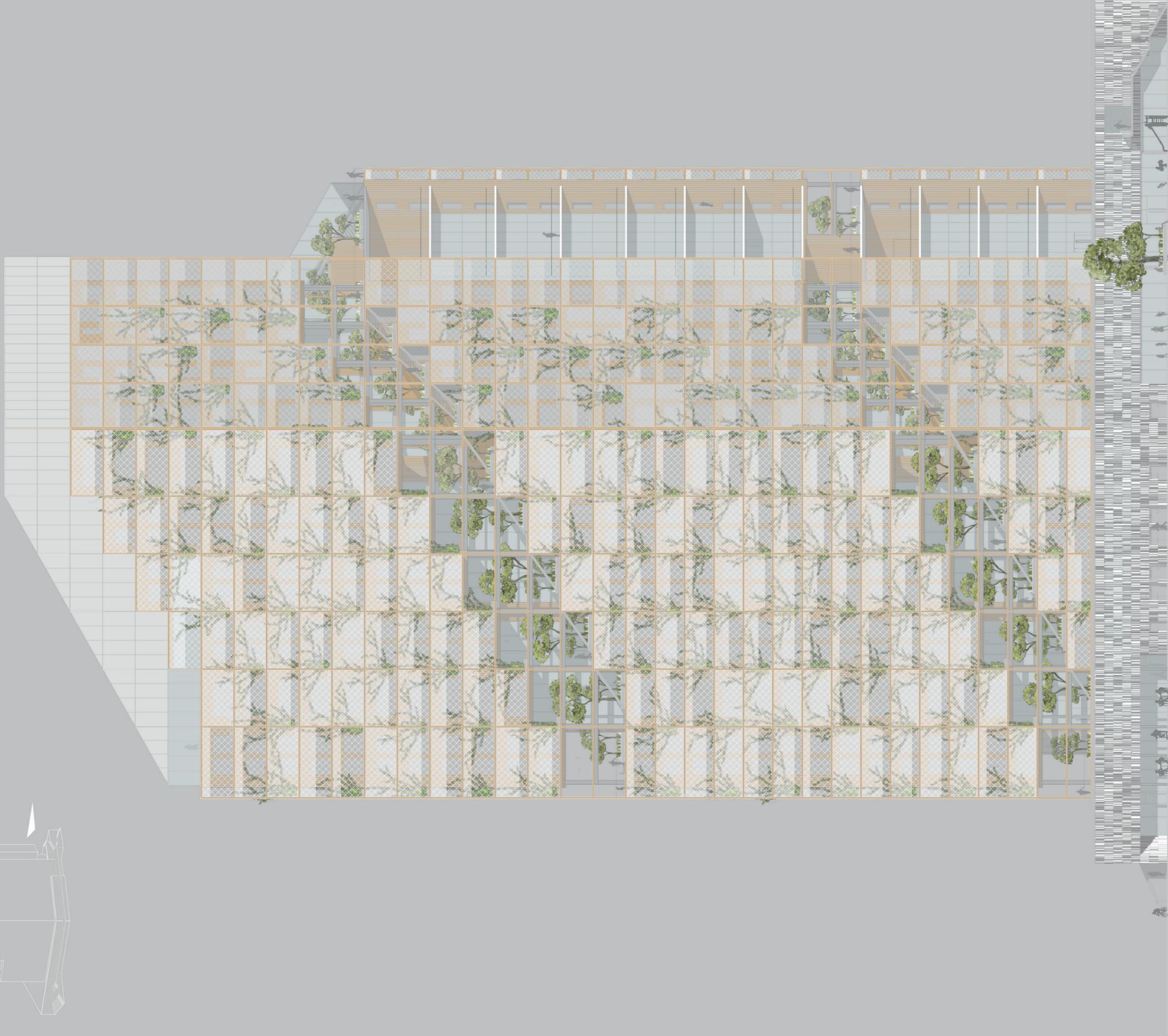
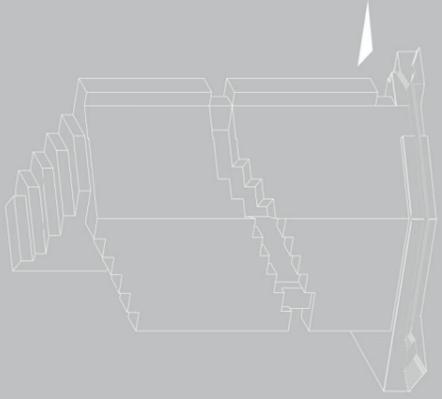




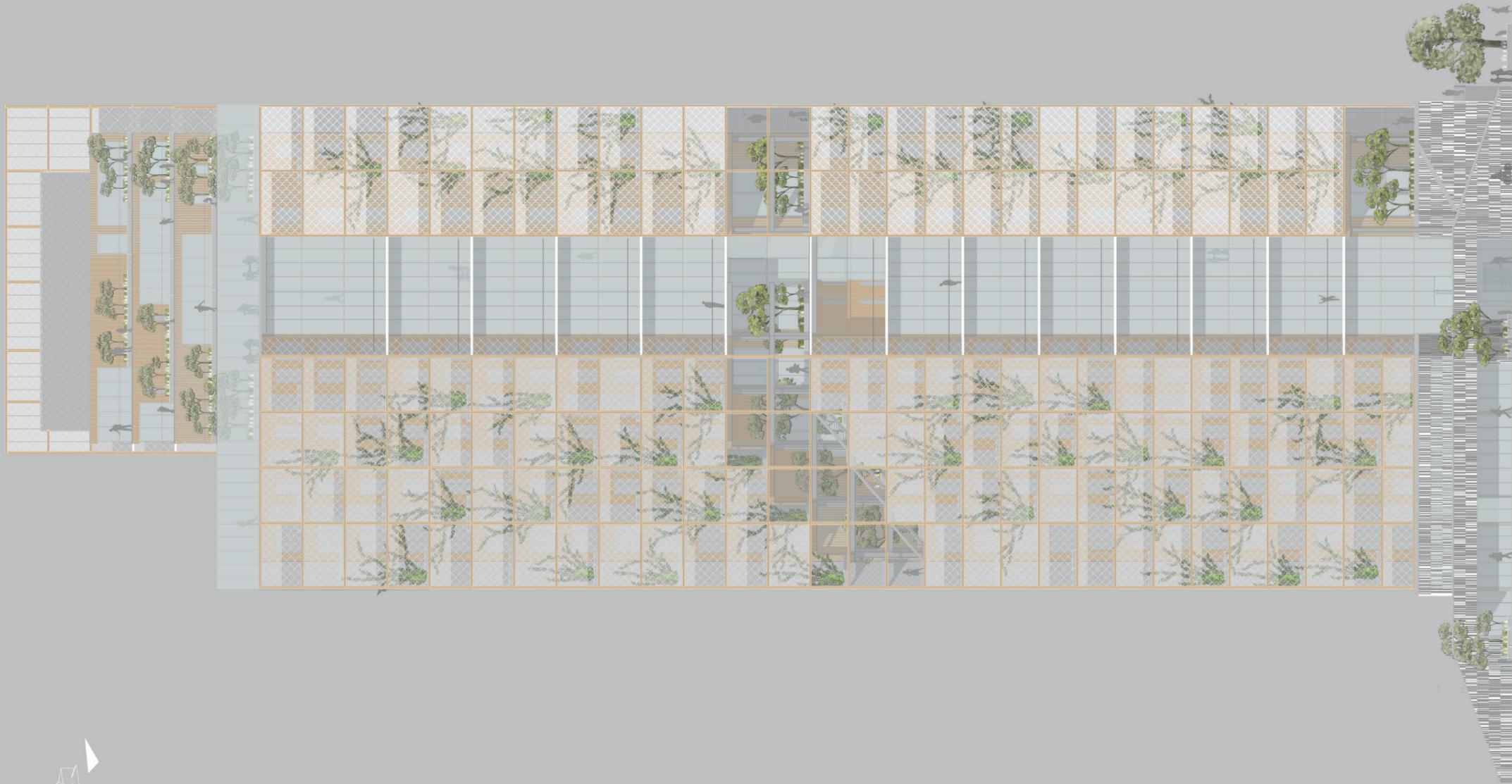
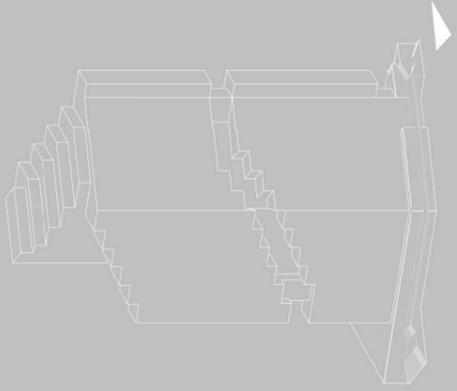
SOHNITT A



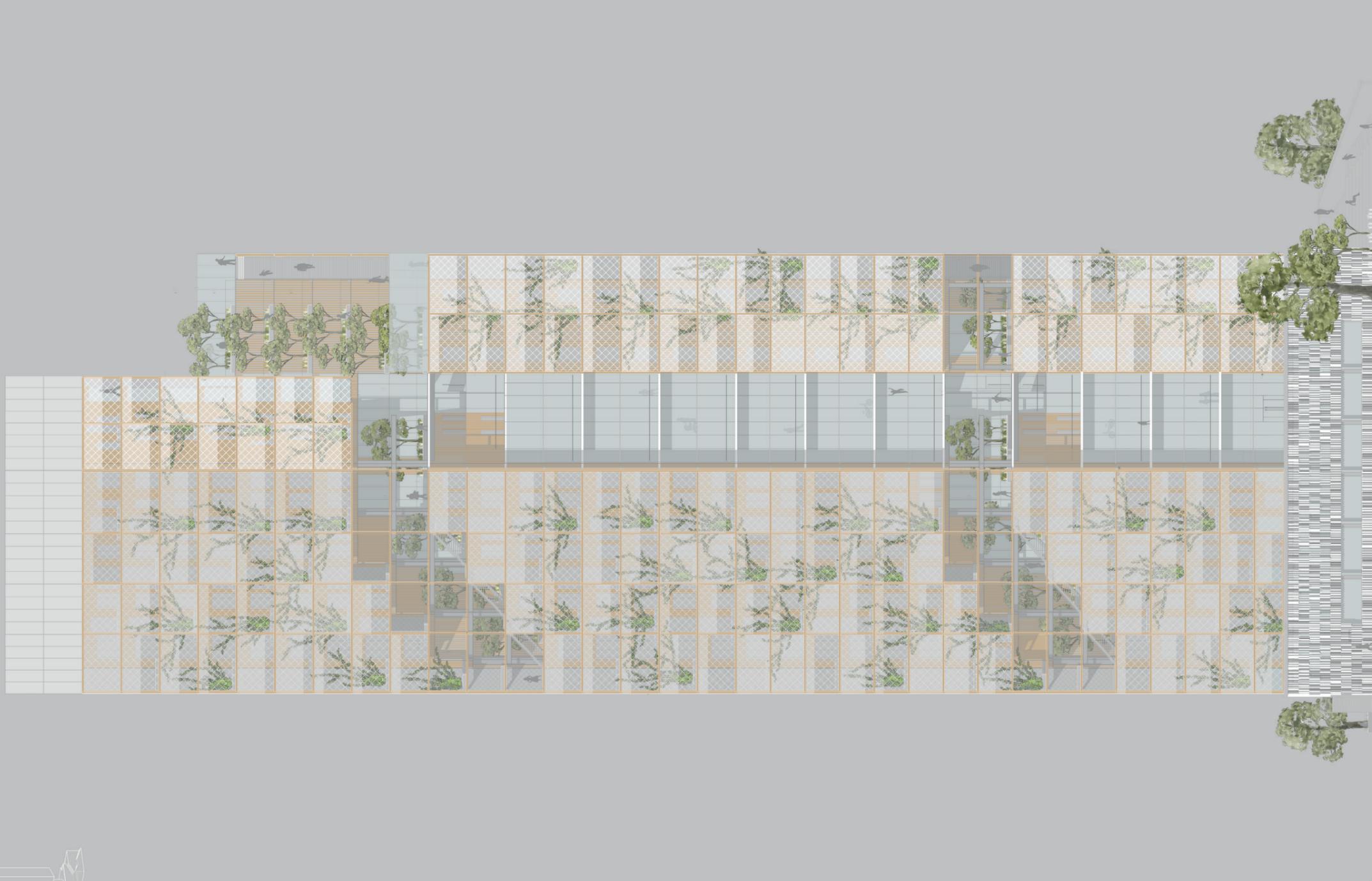
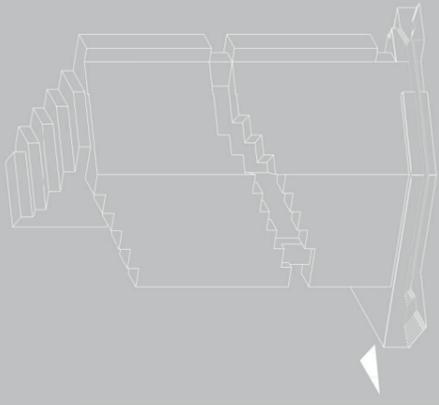
SOHNITT B



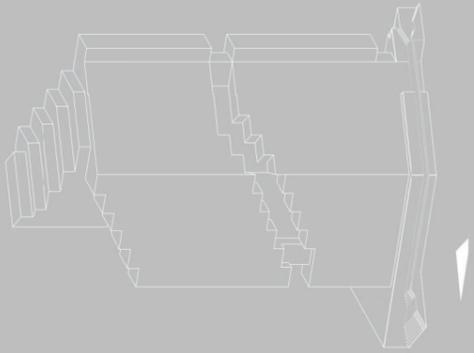
ANSICHT SÜD/OST



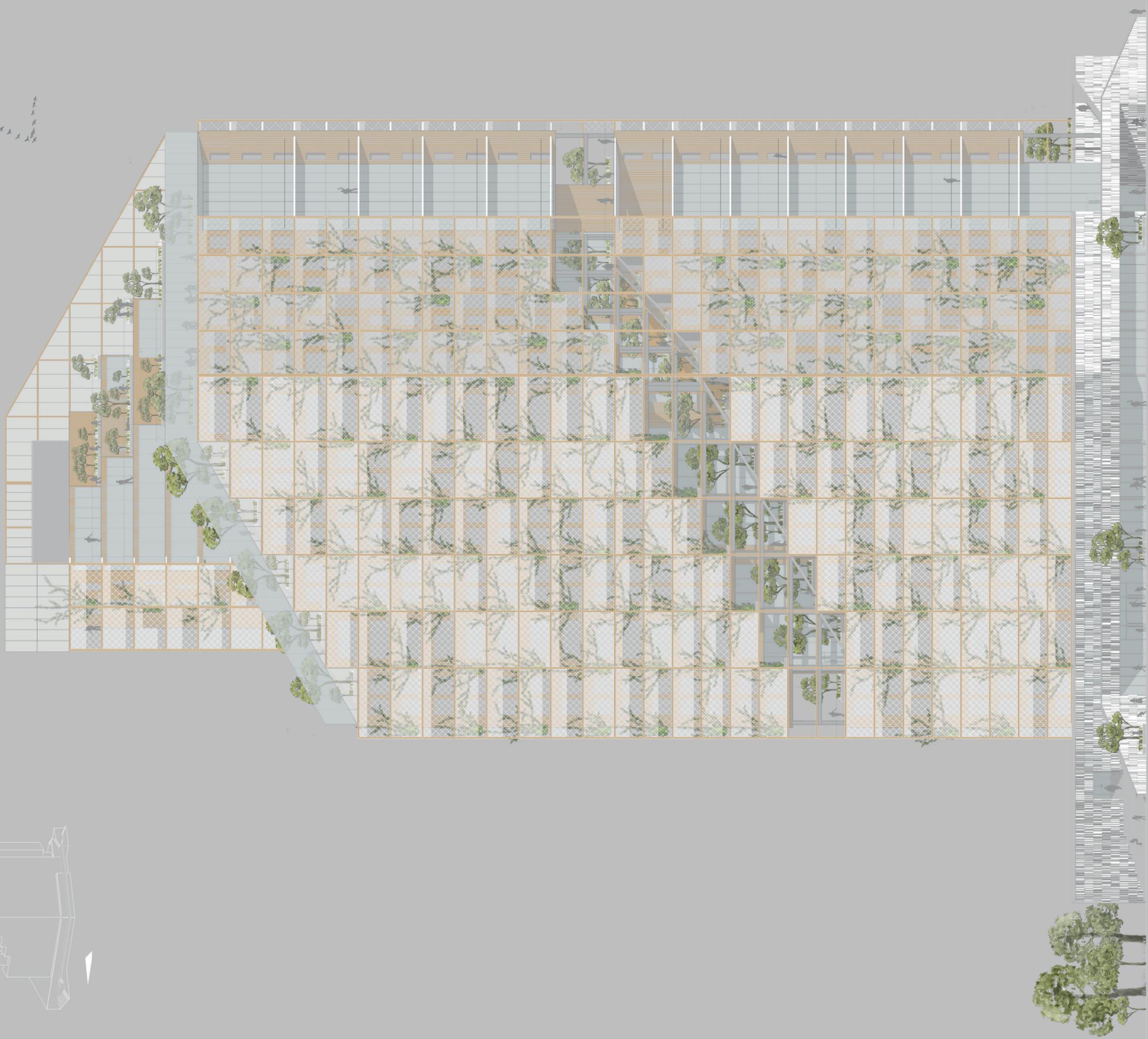
ANSICHT SÜDAWEST



ANSICHT NORD/OST



ANSICHT NORDWEST



ANSICHT NORDWEST

LITERATUR

In Klammer [] gesetzten Nummern verweisen auf jeweilige Fußnote im Text

- Althaus, C./Kiermeier, P./Schuppler, E.:** MBW Ministerien für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.): Empfehlungen zur Fassadenbegrünung an öffentlichen Bauwerken, Düsseldorf 1991 [89]
- Amann, W./Lugger, K.:** Österreichisches Wohnhandbuch 2016, Innsbruck 2016 [10]
- APCC:** Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, Wien 2014, S.1-1098 [2,4]
- Bartfelder, F./Köhler M.:** Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünung, Diss., TU-Berlin 1987 [83]
- Boeri, Stefano:** A Vertical Forest - Un Bosco Verticale, Mailand 2015 [100,101,101]
- Brundtland G.H.:** Report of the World Commission on Environment and Development, in: Our common Future. Techn. Ber. NewYork: United Nations, 1987, S.1-300 [30]
- Buckminster Fuller, Richard:** Operational Manual for Spaceship Earth, Carbondale/Edwardsville 1969 [25,26]
- Buchner Bründler Architekten:** Begrünte Wohnturm bei Bern, in: Detail, 5 (2018), S.42-47 [103,104]
- Bußwald, P. u.a. / Österreichisches Ökologie-Institut (Hg.):** Projekt-Endbericht. ZERSiedelt – Zu EnergieRelevanten Aspekten der Entstehung und Zukunft von Siedlungsstrukturen und Wohngebäude- typen in Österreich, Wien 2011 [11]
- Büro der Stadtregierung. Stadtforschung:** Bevölkerungsentwicklung Linz, http://www.linz.at/zahlen/040_bevolkerung/, 10.09.2018 [49]
- CEN. ÖNORM EN 15643-1:** Sustainability of construction works. Assessment of buildings, Part 1: General Framework, Vienna 2010 [47]
- Demonstrativbauvorhaben Terrassenhaussiedlung,** Graz -St. Peter 1972-1978, o.J., o.O. [55]
- DerStandard:** Österreich baut europaweit die meisten Wohnungen, 20.07.2017, <https://derstandard.at/2000061538308/Analyse-Oesterreich-baut-europaweit-die-meisten-Wohnungen>, 01.09.2018 [50]
- Du Plessis, C.:** Sustainable Construction - CIB Research Roadmap. Tech. Ber., University of Pretoria 2016, S.24 [35]
- El khouli, Sebastian u.a.:** Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, [18,19,20,21,22,23,24,27,28,29,37,38,39,40,42,43,44,45,46,59,60,62,65]
- EU- Richtlinie 2010/31/EU:** Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19.Mai 2010 über die Gesamteffizienz von Gebäuden (Neufassung). In: Amtsblatt der der Europäischen Union 2010 [12]
- Fischer, U:** Optimierung von TWD Speichersystemen unter Beachtung der Bauschadensfreiheit. Natürliche Begrünung als sommerliche Überhitzungsschutz. Schlussbericht zum BMWi-Projekt 0335004 V/2, Cottbus 2002 [79]
- Geipel, Kaye:** Brisante Wiederkehr. Ist das Wohnhochhaus die Antwort auf die Wohnungsfrage?, in: Stadt Bauwelt 215 19.2017, S.18-21 [51,52,54]

Green, Micheal C.: Tall Wood. The chase for Tall Wood Buildings, Vancouver 2012, S.8-16 [57,58, 67,69,70,71]

Gärtner, Sven: Holzkaskadennutzung vs. Holzenergie: Was nützt der Umwelt mehr?, Augsburg 2012 [63]

Hasse, J.: Der pathische Raum, in: Der Architekt 2.12 (2006) [80]

Holz: Tradition, Konstruktion und Wahnsinn, in: Baunetzwoche 353, 2014, S.6-30 [66, 68]

Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen GmbH: Effizienzpotenziale in der Österreichischen Wohnungspolitik. Maßnahmen zur Forcierung von Wohnungsneubau und Sanierung, Wien 2012 [14]

International Council for Research and Innovation in Building and Construction - CIB (Hg.): Agenda 21 on sustainable construction, Rotterdam 1999 [31]

Kilbert, C.J.: The next generation of sustainable construction, in: Building Research & Information 35.6, 2007, S.595-601 [32]

Klima und Energiefond: Faktencheck nachhaltiges Bauen, Wien 2016, S.1-24 [1,16]

Köhler, M.: Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung - Konstruktion - Ausführung, Köln 2012 [84,85]

König, Holger: Bauen für die Zukunft - Bauen mit Holz. Nachwachsende Rohstoffe und ihre Rolle in der Zertifizierung. Präsentation, München 2012 [56,61]

Nextroom: Wohnpark Alt Erlaa, 14.09.2003, <https://www.nextroom.at/building.php?id=239>, 01.09.2018 [53]

Overshoot Day, <https://www.overshootday.org>, 22.09.2018 [5]

Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TU Graz 2016 [6,9,17,34,36,48]

Peifer Steiner, Martina: LCT ONE ist das weltweit erste mehrstöckige Hybrid-Passivhaus aus Holz mit einem modularen Bausystem, <https://www.hkarchitekten.at/projekt/lct-one/>, 20.09.2018 [72,73,74]

Pfoser, N./Jenner, N. u.a.: Gebäude Begrünung Energie - Potenziale und Wechselwirkungen, Bonn 2014 [96,98]

Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.66-76 [78,82,87,91,92,93,95,97,99]

Pfoser, N.: Anwendungshilfe für eine zielsichere Pflanzenwahl zur Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen, 13.09.2012, <http://www.biotope-city.net/article/anwendungshilfe-f-r-eine-zielsichere-pflanzenwahl-zur-fassadenbegr-nung-mit-kletterpflanzen>, 15.09.2018 [94]

Plugge, Daniel: Holzwerkstoff - Spannplattenherstellung. Hamburg 2006 [64]

Rath, J./Kiessl, K./Gertis, K.: Bauforschungsbericht. Auswirkungen von Fassadenbegrünung auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden und Schadensrisiko, Stuttgart 1988 [81,88]

Rockström, J. u.a.: A safe operating space for humanity, in: Nature 461.7263 (Sep.2009), S.472-475 [3,7]

Satzung des deutschen Werkbunds: Präambel, Berlin 1907 [20]

Scharf, B./Pitha, U./Oberarzbacher, S.: Living Walls - more than scenic beauties, in: IFLA - International Federation of Landscape Architects, Landscape in Transition, 2012 [86]

Schröder, F.-G.: Automatisierte, biologische, senkrechte, städtische Fassadenbegrünung mit dekorativen, funktionellen Parametern; Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt im Rahmen von PRO INNO II, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden 2009 [90]

Sigmund, Bettina: Urbanes Grün in allen Dimensionen, 15.08.2017, <https://www.detail.de/artikel/urbanes-gruen-in-allen-dimensionen-30656/>, 20.09.2016 [77]

Statistik Austria: Gebäude- und Wohnungsregister. Bestand an Wohnungen und Gebäuden zum 31.12.2014 nach Gebäudeeigenschaften und Bundesländern [13]

Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2016. Wien, 2016 [15]

UN Environment and International Energy Agency: Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector, Global Status Report 2017, S.14 [8]

UN Human Settlements Program: Istanbul Declaration on Human Settlements, Istanbul 1996 [33]

Woschitz: Holzhochhaus HoHo Wien, 21. Internationales Holzbau-Forum IHF 2015 [75,76]

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.1: APCC: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, Wien 2014, Seite: 29

Abb.2: Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TU Graz 2016, Seite: 24 (in Anlehnung an: Rockström, J. u.a.: „A safe operating space for humanity“. In Nature 461.7263 (Sep.2009), S.472-475)

Abb.3: Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TU Graz 2016, Seite: 25 (in Anlehnung an: J.Dulac und UNEP)

Abb.4: Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TU Graz 2016, Seite: 32

Abb.5: Passer, Alexander: Zur Operationalisieren der Nachhaltigkeit im Bauwesen, Hab.-Schr., TU Graz 2016, Seite: 40

Abb.6: https://www.azw.at/wp-content/uploads/2017/07/P104_03_Terrassenhaus.jpg, Zugriff: 10.09.2018

Abb.7: <http://www.quer-magazin.at/media/image/original/858.jpg>, Zugriff: 10.09.2018

Abb.8: <https://www.forestmaderero.com/wp-content/uploads/2017/10/timber-skyscrapers-infographic-web.jpg>, Zugriff: 20.09.2018

Abb.9: König, Holger: Bauen mit Holz ist aktiver Klimaschutz. Holzgebäude im Vergleich und das Nachwuchspotenzial, München 2012, Seite: 34

Abb.10: El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, Seite: 91

Abb.11: El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, Seite: 93

Abb.12: El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, Seite: 99

Abb.13: Green, Micheal C.: Tall Wood. The chase for Tall Wood Buildings, Vancouver 2012, S.64-65

Abb.14: <http://www.mkp-ing.com/projekte/wohnen-buro-hotel/lct-one-dornbirn-a/lct-one-dornbirn-1-c-angela-lamprecht/@@images/48d1ea69-4534-4d07-9654-365163b63121.jpeg>, Zugriff: 10.09.2018

Abb.15: http://www.bauhandwerk.de/imgs/100645596_2daa1485d5.jpg, Zugriff: 10.09.2018

Abb.16: <https://www.structuremag.org/wp-content/uploads/0913-ss-3.jpg>, Zugriff: 10.09.2018

Abb.17: <http://www.woschitzgroup.com/projekte/hoho-wien-holzhochhaus/>, Zugriff: 15.09.2018

Abb.18: Woschitz: Holzhochhaus HoHo Wien, 21. Internationales Holzbau-Forum IHF 2015, Seite: 4

Abb.19: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/aspersn-seestadt/images/holzhochhaus-2-gr.jpg>, Zugriff: 15.09.2018

Abb.20: Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.67

Abb.21: Pfoser, Nicole: Lebendige Vielfalt. Anwendungstechniken der Fassadenbegrünung, in: Detail, 12 (2017), S.68

Abb.22: http://immo.baz.ch/wp-content/uploads/2017/12/1912_STA02_bosco.jpg, Zugriff: 17.09.2018

Abb.23: <https://images.cdn.baunetz.de/img/1/2/9/7/8/3/5/05b3f448342d4ff0.jpeg>, Zugriff: 17.09.2018

Abb.24: https://recherche.bauinfocenter.ch/document/get/127170/03_Garden_Tower_Michael_Blaser_4_Detail_Fassade.jpg/1c5c160151e15f005221ed7e4169c68a/image.jpg, Zugriff: 19.09.2018

Abb.25: <https://projekte.baudokumentation.ch/garden-tower#nch/95000755>, Zugriff: 19.09.2018

Abb.26: <https://pbs.twimg.com/media/DeiXo-FX4AEj9t.jpg>, Zugriff: 19.09.2018

Abb.27: Ebert, Thilo /Eßig, Natalie /Hauser, Gerd: Detail Green Books; Green building certification systems - Assessing sustainability International system comparison Economic impact of certifications;

Abb.28: El khouli, Sebastian u.a.: Detail Green Books. Nachhaltig Konstruieren, München 2014, Seite: 32

