

DIPLOMARBEIT

Systemfertighauskonzept im mehrgeschossigen Wohnbau aus Holzmodulen

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

unter der Leitung
Ass.Prof.Arch.Dipl.-Ing.Dr.techn. Mladen Jadric
Institut für Architektur und Entwerfen
E253/4 Abteilung Hochbau und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien Fakultät für Architektur und Raumplanung

Von CHRISTIAN CLEMENT
Mat.Nr. 0925311
Hortigstraße 9a, 2371 Hinterbrühl

Wien, am 15.05.2015

KURZFASSUNG

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Thema des Systemfertigbaus aus Holz im mehrgeschossigen Wohnbau.

Es werden die grundlegenden Faktoren, die für einen Holzbau sprechen, analysiert und aufgezeigt. Um die Vorteile des Bauens mit Holz hervor zu heben, werden Vergleiche der OI3 Richtlinie gestellt und anhand eines Referenzprojektes anschaulich gemacht. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die verschiedenen Bausysteme auf die Praktikabilität beim modularen Bauen aus Holz geprüft und gegenübergestellt.

Dieser Analyse zur Folge wird dann ein Konzept für eine modulare Bauweise im mehrgeschossigen Wohnbau entwickelt und auf verschiedene Faktoren geprüft. Um dieses System anschaulich darzustellen, wird das entwickelte Modul am Beispiel einer Baulücke in Wien dargestellt.

Das Modulsystem besteht aus zwei Elementen. Diese Elemente gliedern sich in Sanitärmodul und Wohnmodul. Mittels eines Grundrisskonfigurators, werden verschiedene Wohnungskonstellationen ausgearbeitet. Die einzelnen Module werden im Werk vorgefertigt und anschließend auf die Baustelle gebracht. Dort werden die Module kraftschlüssig miteinander verbunden, um ein statisches System zu schaffen. Anschließend werden Fassade und Dach montiert. Um die Konkurrenzfähigkeit zu herkömmlichen Wohnungsbauten zu wahren, besteht die Möglichkeit, Balkone anzuordnen. Dies ist möglich durch Vorstecken eines Balkonmoduls oder Verschieben der Wohnungen.

ABSTRACT

This Master Projekt is about prefabricated timber system moduls at multy storay residential buildings. The hard facts that support are building of wood will be analysed. The important factors to build an timber frame made housing will be analysed and indicated.

To show the advantage of wooden buildings, I will compare the „Ö3 Richtlinie“ on the basis of different buildings.

In a later part of this Master Project, the building frame systems will be supposed and considered of there would be suitable for a modular system.

Based on this analysis, I will create a concept to build a modular timber multy storey house.

This concept was tested on different factors to create such a building.

To have a view on this modular timber system I will create a projekt in Vienna City with this modular timber system.

This system consist of two elements. One sanitary and one livingmodul.

To show some floorplans of different flats i will create a flat configurator with this elements.

These moduls will be built in a construction hall and will be delivered to the construction site. There, the moduls will be installed on each other so that there is a general buidling. Afterwards, only the facade and roof, as well as the stairhouses and elevator have tob e built. To be competitive on other residentail buildings there is an option to install balconies. This would be possible by moving some flats or by installing it in front off he moduls.

INHALTSVERZEICHNIS

01 EINLEITUNG HOLZ

Nachhaltigkeit	2 – 3
Der Wald als ökologisches System	4 – 5
Holz als Baustoff	6 – 11
Baustoff Holz im Vergleich	12
O13 Ökoindex nach Baustoffen	13 – 14
Referenzbeispiel Ökobilanz	15 – 18
Konstruktionsmethoden Holzbau	19 – 26

02 MEHRGESCHOSSIGER WOHNBAU AUS HOLZ

Industrielles Fertighaus	27 – 29
Spezielle Anforderungen im mehrgeschossigen Holzbau	30
Stand in Österreich	31 – 32
Life Cycle Tower Dornbirn	33 – 35
Stadtwohnhaus Berlin E3	36 – 38

03 ARCHITEKTONISCHES KONZEPT

Architektonisches Konzept	41 – 42
Schematische Erläuterung des Entwurfs	43 – 49
Bausysteme	50 – 53
Konstruktives System	54 – 55
Erschließung	56 – 57

Gebäudehöhe	58 - 59
Fasadengestaltung	60
Modultypen	61 - 65
Bebauungsweise	66 - 68

04 DAS MODUL

Die Baueinheit	69 - 74
Wohnungskonfigurator	75 - 76
Grundrisstypen	78 - 84
Details	85 - 90
Conclusio	92 - 93

05 ENTWURF IM KONTEXT ZU EINER BAULÜCKE

Grundstück	94
Lageplan	95
Bebauungsschema	96
Grundrisse	97 - 103
Schnitt	106
Visualisierungen	107 - 111
Ansichten	112 - 115

06 LITERATURVERZEICHNIS

117 - 118

07 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

118 - 120

„Der Wald ist Klimaschutzfaktor Nummer Eins. Bäume sind natürliche Klimaschützer. Sie entziehen der Luft beim Wachstum das Treibhausgas CO₂ und wandeln es mit Hilfe des Sonnenlichts in Kohlenstoff und Sauerstoff um. Der Kohlenstoff wird im Holz gespeichert, der Sauerstoff wieder an die Umgebung abgegeben (Photosynthese).

In den Wäldern sind 35 mal unsere CO₂ – Emissionen eines Jahres gebunden.

48% der Fläche Österreich sind Wald. In unseren Wäldern stehen rund 3,4 Milliarden Bäume. Im Holz der Bäume und im Waldboden sind insgesamt 800 Millionen Tonnen Kohlenstoff gespeichert. Das entspricht rund 3 Milliarden Tonnen gebundenem CO₂. Der Wald ist unser größter Kohlenstoffspeicher und wächst stetig. Pro Sekunde entsteht ein Kubikmeter Holz, in dem eine Tonne CO₂ gebunden ist.

Über einen Zeitraum von 300 Jahren betrachtet hat ein nicht bewirtschafteter Wald so gut wie keine Auswirkungen auf die CO₂ – Menge in der Atmosphäre. Mit einer Einsparung von 0,5 Tonnen CO₂ pro Hektar weist er praktisch keine CO₂ – Senkenleistung auf. Das geht aus Untersuchungen auf Basis von 300 Hektar Wald mit idealer Altersklassenverteilung hervor.

Hingegen zeigt sich, dass in einem bewirtschafteten Wald durch die Realisierung von Substitutionseffekten aus energetischer Nutzung rund die 10 fache Menge CO₂ eingespart werden kann. Die CO₂ – Senkenleistung liegt bei 5,34 Tonnen CO₂ pro Hektar und wäre noch vielfach höher bei stofflicher Nutzung des Holzes.“¹

¹ Vgl. Proholz Austria 2014: Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft, Wald & Holz, Kleiner CO₂ Footprint, S 9 - 10



Abb1.: Der Graue Baum 1911/12, Piet Mondrian
http://de.wikipedia.org/wiki/Piet_Mondrian

NACHHALTIGKEIT

Im Laufe der letzten Jahre entstanden einige Definitionen und Interpretationen zu dem Wort „nachhaltige Entwicklung“, welches mittlerweile zu einem Modewort mutiert ist. Um die heutige Bedeutung des Wortes Nachhaltigkeit zu definieren, muss man ein wenig in die Vergangenheit blicken.

Ursprünglich stammt das Prinzip der Nachhaltigkeit aus der Forstwirtschaft. So wurden schon 1870 in der Schweiz Reglements eingeführt, dass nur so viel Holz dem Stammwald entnommen werden darf, wie auch wieder nachwächst. Diese Ansicht, nur soviel zu verbrauchen dass der Grundstamm nicht abnimmt wurde zum Grundsatz für nachhaltiges Denken und ist nicht nur auf forstwirtschaftlicher Ebene zu finden. Heute zu Tage hat das Prinzip der Nachhaltigkeit nicht nur in der Holzwirtschaft Anwendung gefunden, sondern auch im globalen Sinne an Bedeutung gewonnen. So besteht in jedem wirtschaftlich gut geführten Betrieb die Regel,

nur so viel Kapital zu entnehmen bzw. zu investieren, dass die Bonität des Unternehmens nicht verloren geht. Dieses Konzept wird leider jedoch nicht immer und in jeder sparte angewandt. Dieses ganzheitliche Denken beschrieb schon 1713 Hans Carl von Carlowitz. Mit dem Begriff der Nachhaltigkeit, beschrieb Carlowitz in seinem Werk „Sylvicultura oeconomica“ eine Wirtschaftsweise am Beispiel des Waldes, bei der die Natur und deren menschliche Nutzung im Gleichgewicht stehen. So schrieb Carlowitz, dass wilde Bäume gepflanzt werden müssen, und diese im Wald gepflegt werden sollen, um auch zukünftigen Generationen die Nutzung des Rohstoffes Holz gewährleisten zu können. Diese Aussage ist darauf zurück zu führen, dass es im Barock infolge der hohen Bevölkerungsentwicklung einen extrem Hohen Verbrauch des Rohstoffes Holz gab. Zu dieser Zeit war das Leben von Holz geprägt. Alles was gewärmt, erhitzt oder geschmolzen wurde musste infolge Holzverbrennung stattfinden. So gut wie alle gebräuchlichen Gegenstände bestanden aus Holz.

Somit musste man auch damals schon einen bewussten Umgang mit dem Rohstoff Holz handhaben. Dies erkannte Hans Carl von Carlowitz und in ihm entstand nicht nur eine eingeschränkte Sicht allein auf den Wald, sondern auf das ganzheitliche System.²

² Vgl. ProHolz Austria 2013, Zuschnitt 51 Edition, S 3-5
² Vgl. Josef Kolb, Holzbau mit System, S 10-11

„Wälder binden riesige Mengen CO₂
 Bäume fangen CO₂ ein, behalten den Kohlenstoff und liefern Sauerstoff wieder an die Umgebung ab.“³

„Forst & Holz sind Wirtschaftsmotoren mit CO₂-Ersparnis.
 Im Gegensatz zu anderen Werkstoffen und Wirtschaftszweigen wirkt sich die Bringung und Verarbeitung von Holz positiv auf den CO₂-Haushalt und das Klima aus.“⁴

Holz- und CO₂-Kreislauf

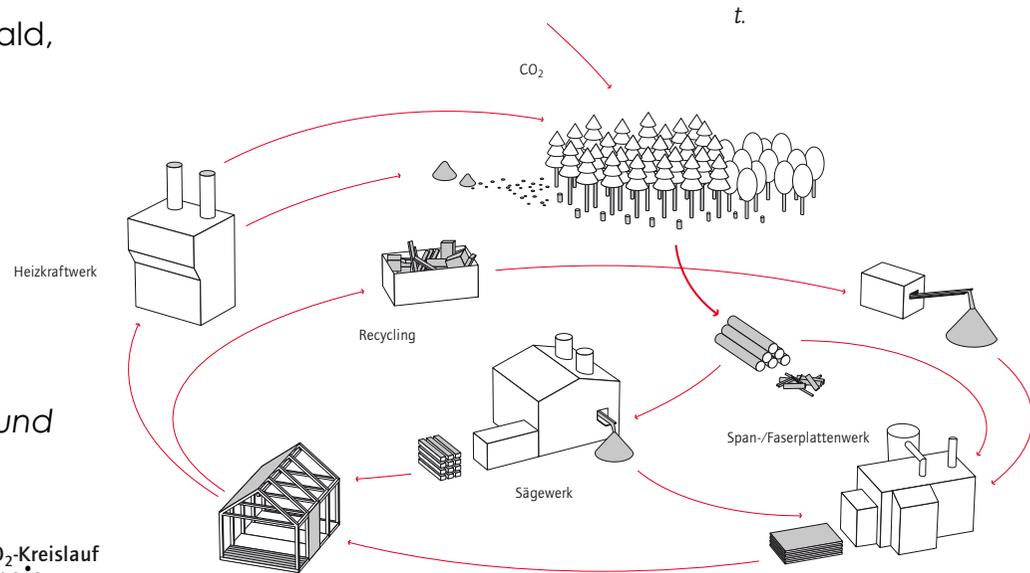


Abb2.: ProHolz 2013, Bauen mit Holz in Oberösterreich 1 Auflage, 2011, S46

DER WALD ALS ÖKOLOGISCHES SYSTEM

Der Begriff Ökologie bildet sich aus dem Prinzip der Nachhaltigkeit heraus und setzt sich aus dem Griechischen „oikos logos“ (Haus, Haushalt – Lehre) zusammen. Ökologie bedeutet also die Lehre vom Haushalt, welche ein Teilbereich der Biologie ist, wird als Wissenschaft der Wechselwirkungen der Organismen untereinander und ihrer Umwelt bezeichnet.

Der Wald ist im Holzkreislauf der Ausgangspunkt und bildet die Grundsubstanz. Durch die Bewirtschaftung des Waldes, können dem Wald Rohstoffe entnommen werden, die wiederum mit einer CO₂ schonenden Bilanz eingesetzt werden können, um am ende anstatt fossiler Brennstoffe oder in anderer form Recycelt werden können. Somit schließt sich der Kreislauf zur nachhaltigen Nutzung des Waldes als ökologisches System.⁵

5 Vgl. Josef Kolb, *Holzbau mit System*, S 18-20

„Bewirtschaftete Wälder binden noch viel mehr CO₂. Bäume werden entnommen und genutzt, bevor sie verrotten und dabei CO₂ abgeben. Die gewonnenen Holzprodukte verhindern CO₂, das durch Einsatz anderer Stoffe entstehen würden.“⁶

„Ein Kubikmeter Holz entlastet die Atmosphäre

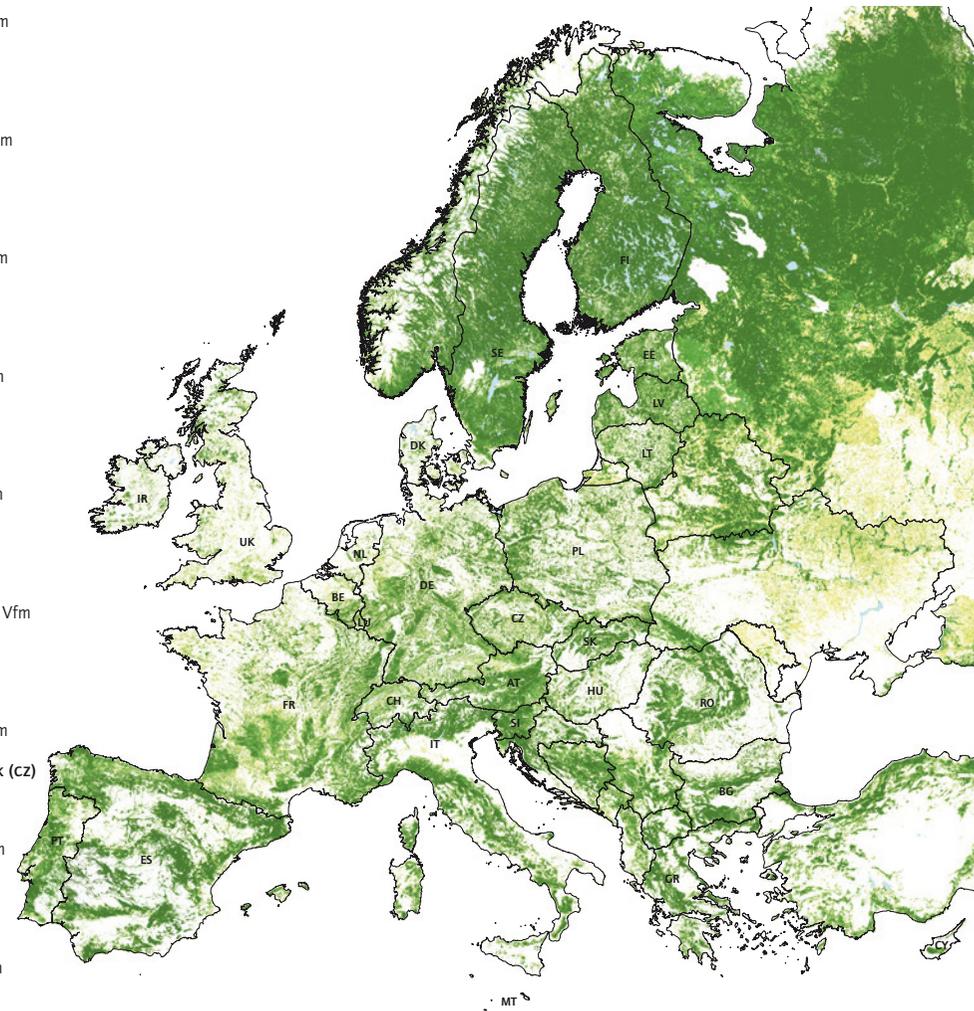
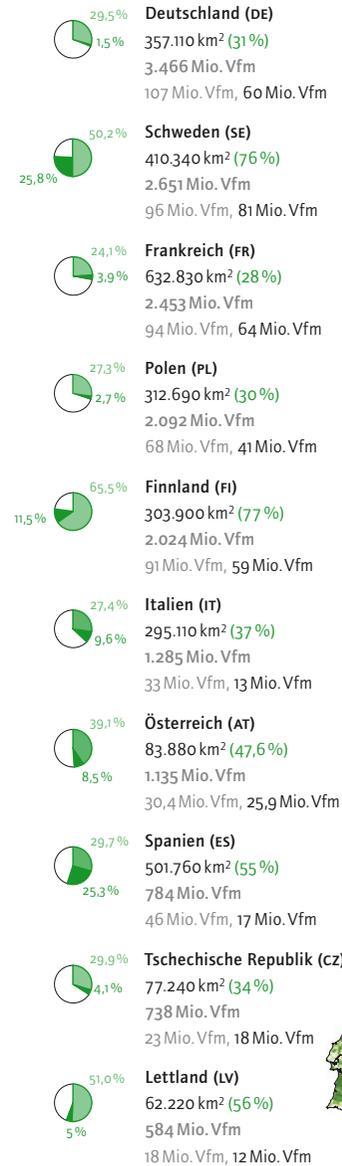
Um eine Tonne CO₂ .Holzprodukte verlängern den Kohlenstoffspeicher aus dem Wald. Der eingelagerte Kohlenstoff bleibt über die gesamte Lebensdauer der Produkte weiterhin unschädlich unter Verschluss. Verbautes Holz hält CO₂ tonnenweise und jahrzehntelang fest.“⁷

„Holz ersetzt CO₂ – intensive Materialien.

Holz als Werk- und Baustoff vermeidet die CO₂ – Ausstöße aus der Herstellung anderer Materialien. Eine energetische Verwertung am Ende der stofflichen Nutzung ersetzt zusätzlich noch fossile Energieträger.“⁸

3,4,6,7,8 Vgl. Proholz Austria 2014 *Wald & Holz, Kleiner CO₂ Footprint* S 2-6

Mit 136 Millionen ha Waldfläche sind mehr als 40% der Fläche der Europäischen Union mit Wald bedeckt. Jedoch wird nicht die ganze von Wald bedeckte Fläche vom Menschen bewirtschaftet, da es Waldflächen gibt, vor allem im Gebirge, die zur Sicherung vor Lawinenabgängen aufgeforstet werden. Ebenso gibt es Waldflächen die zur Wirtschaftlichen Nutzung überhaupt nicht geeignet sind. Darüber hinaus kann die restlich bewirtschaftete Waldfläche nicht für eine regelmäßig Holzproduktion verwendet werden. Dies basiert auf dem Prinzip der Altersklassen und Dichteverteilung der Bäume im Wald. Dadurch kann nur eine bestimmte Menge an Holz aus den Waldflächen pro Jahr entnommen werden. Das durchschnittliche Schnittalter für Bäume ist etwa 100 Jahre, je nach Arten und Region.⁹



Land
 Staatsfläche km² (% Waldfläche)
 Holzvorrat Vfm (1 Vorratsfestmeter = 1 m³)
 Zuwachs/Jahr Vfm, Ernte/Jahr Vfm

Abb3.: ProHolz Austria 2013, Zuschnitt 51 Edition S 15

HOLZ ALS BAUSTOFF

Schon seit Jahrtausenden haben Menschen mit Holz gearbeitet, ihre Hausungen, Waffen und Gebrauchsgegenstände aus Holz gebaut.

Freilich gab es im Laufe der Geschichte immer wieder unterschiedliche Gewichtungen was den Holzverbrauch beim Hausbau betrifft, jedoch fand man immer wieder die Vorteile dieses extrem wandlungsfähigen Baustoffes. Vor ca. hundert Jahren war es etwa undenkbar, geschweige denn überhaupt möglich andere Baumaterialien als die regional vorhandenen Ressourcen zu verwenden und wenn dann nur durch sehr kostspielige Transporte. So wurde in baumlosen Ebenen Lehm für den Hausbau verwendet, in felsigen Gebieten Stein, in den tropischen Urwäldern die schnell wachsenden leichten Stämme und in walddreichen Gegenden robustes Hart-, Weichholz. Im Zuge der Industrialisierung gewannen Baustoffe wie Eisen, Stahl, Beton und Kunststoffe zunehmend an Bedeutung. In deren Forschung und Entwicklung wurde sehr viel Zeit

und Geld gesteckt. Ebenso die Transportkosten konnten erheblich gesenkt werden, sodass der Baustoff Holz weitgehend aus der Baukultur verdrängt wurde. Erst wieder in Krisenzeiten wie Kriegs und Nachkriegszeit war Holz als Baustoff wieder sehr gefragt, da dieser Baustoff im Vergleich zu den üblich genutzten Baustoffen meist direkt vor Ort und in großen Mengen vorhanden war. Dank der achtziger und neunziger Jahre durchgeführten Programme zur Förderung des Holzbaus konnte das Interesse für den Baustoff Holz neu geweckt werden. Sowohl in Forschung und Entwicklung als auch in der Lehre werden neue Technologien bearbeitet und entwickelt. Diese brachten modernste Baustoffe durch neuartige Konstruktionsweisen sowie Verbindungsmittel und Verarbeitungsmethoden mit Holz. Ausschlaggebend für den neuen Boom sind die vereinfachte konstruktive Anwendung, sowie die nahezu uneingeschränkte Formgebung von Holzelementen. Durch neue Techniken bekommt Holz als Baustoff auch industriell einen hohen Stellenwert. Holzarbeiten werden

nicht mehr nur in herkömmlichen Zimmereien und Tischlereien verarbeitet, sondern per robotergesteuerter Präzisionswerkzeuge in Großhallen. Neu entwickelte EDV-Systeme und ausgereifte Berechnungsmethoden erleichtern Planung und ermöglichen es, ganze Elemente für Gebäude unter besten Voraussetzungen in der Halle vor zu fertigen. Komplexe Gebäudeformen sind nun auch mit Holz möglich, da durch neue Techniken exakte Fräsungen und Leimungen möglich sind. Ein Umdenken kann auch im Bereich der Brandschutzbestimmungen festgestellt werden. So war es noch vor einiger Zeit undenkbar, Holzbauten außerhalb des Einfamilienhausbaues vor zu finden. Geschweige denn in Städten oder mehrgeschossigen Bauten. So findet die Anwendung mit Holz im Gebäudebau kaum mehr Einschränkungen. Einfamilienhäuser, Hallen, Öffentliche Gebäude und mehrgeschossige Wohnbauten sind heute keine Seltenheit mehr. Vor allem im Bereich des Einfamilienhauses konnte sich das Baumaterial

profilieren. Niedrigenergie- sowie Passivhäuser in Holzbauweise sind richtungsweisend geworden. Die Systeme sind über Jahre technisch perfektioniert und in Hinsicht statischer, schalltechnischer, bauphysikalischer und brandschutztechnischer Anforderungen geprüft und ausgereift.¹⁰

10 Vgl. Josef Kolb, Holzbau mit System, S. 18-24

„Häuser aus Holz binden CO₂ wie ein zweiter Wald.

Holzbauten sind wie unsere Wälder gewaltige Kohlenstoffspeicher. Bauen mit Holz anstatt mit Ziegel oder Beton reduziert die CO₂ – Emissionen um mehr als die Hälfte. Je mehr Holz verbaut ist, desto mehr Platz entsteht für Nachwuchs im Wald.“¹¹

„CO₂ – Bilanz von ein Quadratmeter Außenwandaufbau:

Massivholz	-88 kg CO ₂
Holzrahmen	-45 kg CO ₂
Ziegel	+57 kg CO ₂
Beton	+82 kg CO ₂

Die Berechnungen beziehen sich auf übliche Wandaufbauten mit identen Wärmedämmeigenschaften und berücksichtigen CO₂ – Emissionen in der Herstellung sowie den Kohlenstoffspeichergehalt im Material.“¹²

„Bauen mit Holz ist aktiver Klimaschutz.

Um dem Stoffkreislauf möglichst lange möglichst viel CO₂ zu entziehen, macht es Sinn, möglichst viel Holz in möglichst langlebige Produkte zu verpacken. Bauen mit Holz heißt hier das Mittel der Wahl. Durch Holzbauten entsteht in unseren Städten und Dörfern ein zweiter Wald aus Häusern.

Holz ersetzt andere Baustoffe und verhindert CO₂ – Entstehung.

Häuser aus Holz sind nicht nur gewaltige, aus dem Wald verlagerte Kohlenstoffspeicher. Sie tragen zusätzlich dazu bei, dass an anderer Stelle weniger CO₂ entsteht. Holz ersetzt herkömmliche Baustoffe wie Ziegel oder Beton, deren Herstellung CO₂ – intensiv ist und vermeidet die dabei entstehenden Emissionen. Ein Quadratmeter Außenwandaufbau in Massivholz beispielsweise erspart unterm Strich (CO₂ – Bindung im Holz minus CO₂ – Emissionen in der Herstellungsphase) ungefähr jene Menge CO₂, die ein vergleichbarer

Wandaufbau aus Beton im Gegenzug verursachen würde. Zu diesem Effekt, der sich aus stofflicher Substitution ergibt, gesellt sich schlussendlich noch einer aus energetischer Substitution dazu. Das Baumaterial Holz muss nicht aufwändig entsorgt werden, sondern kann zuletzt als Energieträger zum Einsatz kommen und ersetzt dabei fossile Brennstoffe wie Kohle, Öl oder Gas.

Gebäude aus Holz sind Baumaßnahmen mit Gewinn für den Klimaschutz.

Aus Lebenszyklusanalysen, die die Treibhausgasemissionen eines Gebäudes von Errichtung über Instandhaltung bis zum Rückbau und Entsorgung betrachten und dabei Substitutionseffekte berücksichtigen, ergibt sich, dass pro Kilogramm eingesetztem Holz 1,76 Kilogramm CO₂ eingespart werden können.“¹³

10,11,12 Vgl. Proholz Austria 2014,

Kleiner CO₂ Footprint, große Klimaschutzwirkung S 1-16

„Österreich zählt mit rund vier Millionen Hektar bewaldeter Fläche zu den walddreichsten Ländern Europas und verfügt über einen stetig wachsenden Holzvorrat. Die seit Generationen nachhaltig bewirtschafteten Wälder erfüllen als grüne Lungen und Kohlenstoffspeicher wichtige Klimaschutzfunktionen. Bäume entziehen der Atmosphäre beim Wachstum CO₂, in jedem Kubikmeter Holz ist folglich Kohlenstoff aus rund einer Tonne CO₂ gespeichert. Der Kohlenstoff bleibt der Atmosphäre solange erspart, solange das Holz stofflich genutzt wird. Das spricht für die vermehrte Verwendung von Holz als Baumaterial. Einen zweiten Wald aus Häusern bauen Durch Bauen mit Holz entsteht in unseren Städten und Dörfern ein „zweiter Wald“ aus Häusern, in dem Kohlenstoff jahrzehntelang unschädlich unter Verschluss bleibt, während im echten Wald wieder neuer Rohstoff heranwächst und aktiv CO₂ bindet. Gebäude sind ein relevanter Klimafaktor. Gebäude sind für rund ein Drittel unseres gesamten Energie und Ressourcenverbrauchs verantwortlich. Daher rücken im

Zuge der aktuellen Klimaschutzdiskussionen ihre Auswirkungen auf Umwelt und Klima immer mehr in den Fokus. Mit Passiv- oder Nullenergiehäusern gelingt es, den Energiebedarf für die Versorgung von Gebäuden in der Nutzungsphase zu minimieren. Das macht aber nur einen Teil der insgesamt von Gebäuden verbrauchten Energie und der benötigten Ressourcen aus. Über ihren gesamten Lebenszyklus betrachtet – also von der Herstellung und Errichtung über die Nutzung und Instandhaltung bis zum Abriss und zur Entsorgung – entstehen erhebliche Aufwendungen und damit verbundene Umweltwirkungen, die zum Großteil durch die verwendeten Baumaterialien bedingt sind. Gebäude aus Holz entlasten das Klima Ökobilanzen stellen die Wirkungen von Gebäuden auf Ressourcen- und Energieverbrauch, Umwelt und Klima über ihre Lebensdauer gesamthaft dar. Die errechneten Daten geben Aufschluss darüber, welche Rolle die Wahl des Baumaterials spielt. Um einen konkreten Vergleich anstellen zu können, wurden drei in Österreich realisierte

Holzbauten simulierten Zwillingsbauten mit gleicher Kubatur, aber hauptsächlich aus mineralischen, metallischen oder synthetischen Rohstoffen gegenübergestellt. Als Holzbaute wurden Gebäude herangezogen, bei denen Holz die primäre Tragstruktur bildet und die in viele Bauteilen nachwachsende Rohstoffe einsetzen. Der Ökobilanz-Vergleich zeigt, dass durch die Holzgebäude zwischen 58 bis 71 Prozent weniger Treibhausgase verursacht werden.

Weniger als ein Drittel des jährlichen Holzzuwachses in Österreich würde ausreichen, um damit alle Hochbauten eines Jahres in Holz zu errichten.

Aus dem Jahreszuwachs könnten theoretisch 18Mio. m³ Holzbauprodukte hergestellt werden. Jährlich werden in Österreich circa 21,5Mio. m³ Wohngebäude und circa 12Mio. m³ Nichtwohngebäude neu gebaut. Pro Kubikmeter umbauten Raum werden im Schnitt für Wohngebäude 0,09 m³ und für Nichtwohngebäude 0,07 m³ Holz in Form von Bauprodukten benötigt. Würde

der gesamte Hochbau in Holz errichtet werden, errechnet sich aus den entsprechenden Kennzahlen ein theoretischer Bedarf von 5,8Mio. m³ Holzbauprodukten.“¹⁴

14 Vgl. ProHolz Austria Edition 12, Bauen mit Holz im Ökovergleich, S 3

BAUSTOFF HOLZ IM VERGLEICH

Um den großen ökologischen Vorteil des Baustoffes Holz bei Gebäuden aufzeigen zu können, müssen Konstruktionsweisen anhand der OI3 Indikatoren verglichen werden.

„Es sind folgende OI3-Basisindikatoren für Konstruktionen definiert:

- 1) Ökoindikator OI3KON eines Quadratmeters einer Konstruktion bzw. eines Baustoffs.
- 2) Ökoindikator Δ OI3 einer Baustoffschicht
- 3) Ökoindikator OI3SKON eines Quadratmeters einer Konstruktion bzw. eines Baustoffs

Der OI3KON wird auf für 1 m² Konstruktionsfläche bezogen, auf ihn beruhen sämtliche im Folgenden beschriebenen OI3-Indikatoren. Er bildet somit auch den Ausgangsindikator für die Bewertung von Gebäuden.

Der Δ OI3 (sprich Delta OI3) für Baustoffschichten gibt an, um wie viel OI3 - Punkte diese Baustoffschicht den

OI3KON einer Konstruktion erhöht. Dieser OI3 - Indikator ist bei der Konstruktionsoptimierung äußerst hilfreich.

Der OI3SKON wird im Zuge von Sanierungen berechnet, und auf 1 m² Konstruktionsfläche bezogen.“

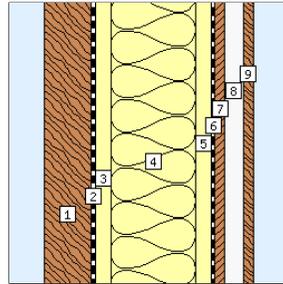
Nähere Informationen zur Berechnung des Ökoindexes siehe „Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude“¹⁵

15 Vgl. IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude, S 8, www.ibo.at

O13 ÖKOINDEX NACH BAUSTOFFEN

AWh 01 b Brettstapel-Außenwand, hinterlüftet

Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet



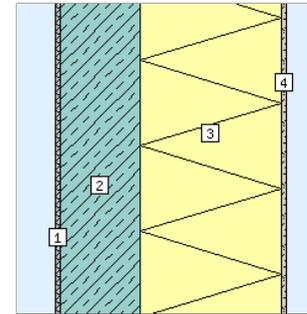
Masse	105,4 kg/m ²
PEI n. e.	455,47 MJ/m ²
GWP100	-143,9470 kg CO ₂ /m ²
AP	0,170098 kg SO ₂ /m ²

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔO13 Pkt/m ²
1		Brettstapelwand verdübelt (Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte)	12,000	0,120	1,000	3
2		Dampfbremse PE (Dichtungsbahn Polyethylen (PE))	0,020	0,500	0,000	-1
3	Inhomogen (Elemente horizontal)	4,000				
		58,5 cm (94%) Zellulose-Einblasdämmung vertikal (54 kg/m ³)	4,000	0,041	0,976	1
		4 cm (6%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rau	4,000	0,120	0,333	0
4	Inhomogen (Elemente horizontal)	22,000				
		61,1 cm (98%) Zellulose-Einblasdämmung vertikal (54 kg/m ³)	22,000	0,041	5,366	6
		1,4 cm (2%) OSB-Platten (650 kg/m ³)	22,000	0,130	1,692	1
5	Inhomogen (Elemente horizontal)	4,000				
		58,5 cm (94%) Zellulose-Einblasdämmung vertikal (54 kg/m ³)	4,000	0,041	0,976	1
		4 cm (6%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rau	4,000	0,120	0,333	0
6		PE-Folie diffusionsoffen (Dichtungsbahn Polyethylen (PE))	0,008	0,500	0,000	0
7		Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rau, technisch	2,400	0,120	0,200	0
8	Inhomogen (Elemente horizontal)	5,000				
		72 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal	5,000	-	-	0
		8 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m ³ - zB Fichte/Tanne) - rau	5,000	-	-	0
9		Nutzholz (525 kg/m ³ - zB Lärche) - gehobelt, techn. getrn	2,500	-	-	-1
					R _s / R _{se} =	0,130 / 0,130
					R' / R" (max. relativer Fehler: 0,9%) =	8,468 / 8,309
Bauteil			51,928		8,389	14

Abb4.: Ökoindexberechnung www.baubook.at

AWm 01 a Stahlbeton-Außenwand, WDVS

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet



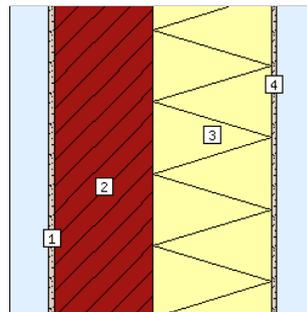
Masse	445,1 kg/m ²
PEI n. e.	1,016,93 MJ/m ²
GWP100	85,9590 kg CO ₂ /m ²
AP	0,218591 kg SO ₂ /m ²

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔO13 Pkt/m ²
1		Spachtel - Gipsputz	0,300	0,800	0,004	1
2		Stahlbeton	18,000	2,500	0,072	40
3		Polystyrol (EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS)	32,000	0,040	8,000	34
4		Silikatputz (ohne Kunstharzzusatz) armiert	0,190	0,800	0,002	2
					R _s / R _{se} =	0,130 / 0,040
					R' / R" (max. relativer Fehler: 0,0%) =	8,248 / 8,248
Bauteil			50,490		8,248	77

Abb5.: Ökoindexberechnung www.baubook.at

AWm 05 a Hochlochziegel-Außenwand, WDVS

Wand: gegen Außenluft - nicht hinterlüftet



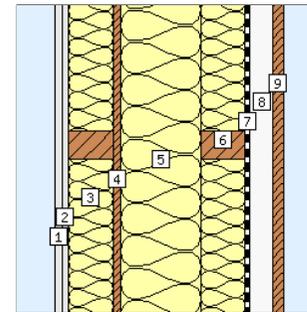
Masse	235,8 kg/m ²
PEI n. e.	1,049,80 MJ/m ²
GWP100	64,2410 kg CO ₂ /m ²
AP	0,198948 kg SO ₂ /m ²

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔO13 Pkt/m ²
1		Kalk-Zementputz	1,500	1,000	0,015	3
2		Ziegel - Hochlochziegel porosiert <=800kg/m ³	25,000	0,250	1,000	35
3		Polystyrol (EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS)	30,000	0,040	7,500	32
4		Silikatputz (ohne Kunstharzzusatz) armiert	0,190	0,800	0,002	2
					R _s / R _{se} =	0,130 / 0,040
					R' / R" (max. relativer Fehler: 0,0%) =	8,687 / 8,687
Bauteil			56,690		8,687	72

Abb6.: Ökoindexberechnung www.baubook.at

AWI 01 a Holzständer-Außenwand, hinterlüftet

Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet



Masse	86,0 kg/m ²
PEI n. e.	728,04 MJ/m ²
GWP100	-53,7149 kg CO ₂ /m ²
AP	0,214012 kg SO ₂ /m ²

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	λ W/mK	R m ² K/W	ΔO13 Pkt/m ²
1		Gipskartonplatte	1,500	0,210	0,071	4
2		Gipskartonplatte	1,500	0,210	0,071	4
3	Inhomogen (Elemente vertikal)	10,000				
		56,3 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	10,000	0,039	2,564	9
		6,3 cm (10%) Holz - Schnittholz Nadel, rau, lufttrocken	10,000	0,120	0,833	-1
4		OSB-Platte	1,800	0,130	0,138	4
5	Inhomogen (Elemente horizontal)	18,000				
		52,2 cm (83%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	18,000	0,039	4,615	15
		10,3 cm (17%) Holz - Schnittholz Nadel, rau, technisch	18,000	0,120	1,500	-1
6	Inhomogen (Elemente vertikal)	10,000				
		56,3 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	10,000	0,039	2,564	9
		6,3 cm (10%) Holz - Schnittholz Nadel, rau, technisch	10,000	0,120	0,833	0
7		Windsperre PE, diffusionsoffen (Polyethylenbahn, -folie)	0,008	0,500	0,000	0
8	Inhomogen (Elemente horizontal)	5,000				
		53,1 cm (85%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal	5,000	-	-	0
		9,4 cm (15%) Holz - Schnittholz Nadel, rau, lufttrocken	5,000	-	-	0
9		Holz - Schnittholz Nadel, gehobelt, technisch getrocknet	2,500	-	-	-1
					R _s / R _{se} =	0,130 / 0,130
					R' / R" (max. relativer Fehler: 4,8%) =	9,052 / 8,224
Bauteil			50,308		8,638	44

Abb7.: Ökoindexberechnung www.baubook.at

Anhand der oben genannten Abbildungen konnte festgestellt werden, welche Außenwandkonstruktionen in üblicher Ausführung in ökologischer Hinsicht die besten Ergebnisse erzielen.

Anzumerken ist, dass mit einem OI3 Wert von 14 die Außenwand aus KLH mit Wärmedämmung den mit Abstand besten Wert erreichen konnte. Um fast das 5 fache mehr und somit dem schlechtesten Ergebnis muss die Stahlbetonwand mit außenliegender Wärmedämmung bewertet werden. Eine weitere Holzbaukonstruktion wurde als Vergleich noch mitgerechnet. Die Holzständerwandkonstruktion kommt mit einem OI3 Wert von 44 durch ihre Konstruktionsweise ebenfalls auf einen recht guten Wert.

REFERENZBEISPIEL ÖKOBILLANZ

„Passivwohnhaus Samer Mösl, Salzburg/ A Die am Stadtrand Salzburgs gelegene Siedlung mit 60 Wohnungen war zum Zeitpunkt ihrer Errichtung die größte Passivhauswohnanlage Österreichs. Mit ihr wurde der Nachweis erbracht, dass ein dreigeschossiger Holzbau in Passivhausqualität nicht nur möglich, sondern auch im sozialen Wohnungsbau wirtschaftlich umsetzbar ist. Um den durch die hochwärmegeprägten Außenwände bedingten Flächenverlust auszugleichen, stimmten die Behörden einer Erhöhung der Bebauungsdichte um fünf Prozent zu. Die Wände sind in Rahmenbauweise ausgeführt, die Geschossdecken aus Brettsperrholz gefertigt. Die Verwendung von Holz setzt sich in einer Fassade aus vorbewitterter Fichte, Holzböden, Holz-Alufenstern und Holzterrassen fort.

Projekt Passivwohnhaus Samer Mösl, Salzburg/ A Architekten sps-architekten zt gmbh, Thalgau/ A Bauherr Heimat Österreich, Salzburg Tragwerksplanung Nowy & Zorn ZT GmbH, Innsbruck Fertigstellung 2006 3 Geschosse + UG/ TG 6955 m² Bruttogrundfläche 21 482 m³ umbauter Raum 642 875 kg verwendete Holzmenge 0,086 m³ Holzverbrauch/ m³ Bruttorauminhalt ohne UG“ ¹⁶

¹⁶ Vgl. ProHolz Austria Edition 12, 2013, Bauen mit Holz im Ökovergleich, S10



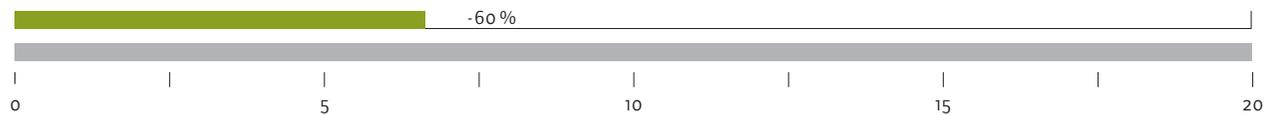
Abb8.: ProHolz Austria Edition 12, 2013, Bauen mit Holz im Ökovergleich, S10

Ökobilanz- Vergleich zwischen Holzbau und Bau aus
herkömmlichen Baustoffen für das Passivwohnhaus
Samer Mösl. (Betrachtungszeitraum beträgt 50 Jahre)¹⁶

Vergleich Treibhauspotenzial in kg CO₂-Äquivalent pro m² Nettogeschossfläche und Jahr

Holz

Standard



Vergleich Materialbedarf für Herstellung und Instandsetzung in kg pro m² Bruttogrundfläche

Holz – nicht regenerierbar – nachwachsend

Standard – nicht regenerierbar – nachwachsend

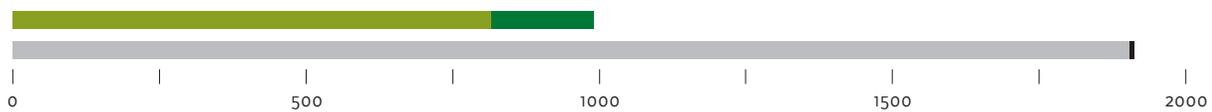


Abb.:9 ProHolz Austria Edition 12, 2013, Bauen mit Holz im
Ökovergleich, S11

Vergleich Versauerungspotenzial in kg Schwefeldioxid-Äquivalent pro m² Nettogeschossfläche und Jahr

Holz

Standard



Vergleich Primärenergieverbrauch für Herstellung, Instandsetzung und Entsorgung in kWh pro m² Nettogeschossfläche und Jahr

Holz – Primärenergie nicht erneuerbar – Primärenergie erneuerbar ≙ davon Anteil Heizwert

Standard – Primärenergie nicht erneuerbar – Primärenergie erneuerbar ≙ davon Anteil Heizwert



Standard: Bauweise mit Bauprodukten weitgehend aus nicht nachwachsenden Rohstoffen (mineralisch, metallisch, synthetisch)

Holz: Bauweise des hier dokumentierten Gebäudes, bei dem Holz für die primäre Tragkonstruktion und zahlreiche andere Bauteile eingesetzt wurde.

Treibhauspotential: Ausmaß der gebäudebedingten Emissionen, die sich auf die Erwärmung des Erdklimas auswirken.

Versauerungspotenzial: Ausmaß der gebäudebedingten Emissionen die sich auf die Versauerung des Regens auswirken.

Primärenergie nicht erneuerbar: Verbrauch von Primärenergie aus endlichen energetischen Ressourcen für das Gebäude.

Primärenergie erneuerbar: Verbrauch von Primärenergie aus erneuerbaren energetischen Ressourcen für das Gebäude

Heizwert: Die bei Verbrennung eines Stoffes maximal nutzbare Wärmeenergie. Ein Teil der erneuerbaren Primärenergie besteht aus dem Heizwert der eingesetzten Materialien.

Abb.:10 ProHolz Austria Edition 12, 2013, Bauen mit Holz im Ökovergleich, S11

Anhand der oben dargestellten Abbildungen wurde ersichtlich gemacht welche Auswirkungen Holzbau im Vergleich zu Bauweisen mit herkömmlichen Baustoffen im Bezug auf die Ökobilanz haben.

Aufgerechnet auf 20 Jahre konnte eine CO₂ Reduktion (rechnerisch) von ca. 60% erreicht werden. Diese wurde in kg pro m² Nettogeschoßfläche und Jahr errechnet.

KONSTRUKTIONSMETHODEN HOLZBAU

Im Laufe der Zeit haben sich im Bereich der Holzbausysteme einige Methoden herauskristallisiert.

Diese können weitgehend in zwei Gruppen eingeteilt werden. Diese belaufen sich auf den Massivbau und den Skelettbau. Zu der Gruppe der Skelettbauweisen zählen unter anderem auch der Fachwerkbau, Ständerbau, Rahmenbau. Zur Gruppe der Massivbauweisen zählen der Blockbau und der Tafelbau. Jede dieser Bauweisen hat seine Vor- und Nachteile. Nur einige dieser Bauweisen konnten sich bis heute stark profilieren und im modernen Holzbau zu neuen Konstruktionsweisen führen.

BLOCKBAU: Den Blockbau kann man auf eine ganz spezielle Bautradition zurück führen, so wurde schon in frühen Zeiten in Europa Blockbauten vor allem in Gebirgsregionen gebaut. In Skandinavien und Russland allerdings kann man eine noch ausgeprägtere

Verwendung dieser Bauweise feststellen. Heute findet man noch immer in Gebirgsregionen traditionelle Blockhausbauten. Im Laufe der Zeit konnte durch neu entwickelte Verleimungsmethoden die Blockbauweise verbessert werden. So werden die im Werk vorgefertigten Teile mit integrierter Wärmedämmung und Installationsebene direkt auf die Baustelle geliefert, was einen großen Vorfertigungsgrad ermöglicht. Durch diese neuartigen Methoden wurde der Blockbau auch für die moderne Architektur interessant, da man ein unabhängiges Fassadenbild erhalten kann und nicht zwingend Rundstämme in der Ansicht hat. ¹⁷

17 Vgl. Josef Kolb, Systembau mit Holz, S 1-36



Abb11.: Blockhaus, Keltendorf

FACHWERKBAU: Der Traditionelle Fachwerkbau ist meist auf Bauten in Ost und Mitteleuropa zurück zu führen. Dieser fand vor allem in Regionen Anwendung, in denen der Holzvorrat bzw. das Holzvorkommen gering war. Hinzu kam dass wenn überhaupt möglich, Transporte auf längere Strecken sehr Teuer waren. Durch das Ausfachen des Gebäudes mit Holzelementen konnte sehr viel Holz gespart werden. Dieses Fachwerk war bis Mitte des 19. Jahrhunderts an der Fassade Sichtbar. So wurden die Zwischenräume meist mit einem Stroh - Lehm Gemisch ausgefüllt. Später wurden diese Fachwerksbauten auch oft wieder verputzt, um ein vermeintlich Brandsicheres Haus zu Bauen. Aber oft auch aus Ästhetischen Gründen um etwa ein städtisches Erscheinungsbild zu erhalten. Der Fachwerkbau findet auch heute noch Verwendung im modernen Holzbau, wobei meistens das Fachwerk nicht mehr sichtbar bleibt, sondern beidseitig beplankt wird, um auch die Tragstruktur brandschutztechnisch zu schützen.¹⁷

¹⁷ Vgl. Josef Kolb, *Systembau mit Holz*, S 1-36



Abb12.: Fachwerkbau, Einfamilienhaus

STÄNDERBAU: Der Ständerbau findet seinen Ursprung in Amerika und hat sich parallel zum europäischen Fachwerkbau jedoch erst gegen ende des 19. Jahrhunderts entwickelt. Durch den plötzlich großen Bedarf an Wohnfläche kristallisierte sich die Ständerbauweise aufgrund der einfachen und schnellen Handhabung mit dem Konstruktionssystem heraus. So haben sich innerhalb dieser Bauweise zwei verschiedene Systeme etabliert. Das Balloon Frame system und das Platform Frame system. Hierbei besteht der maßgebliche Unterschied darin, dass bei dem Balloon Frame system die Wandrippen vom Erdgeschoß bis zum Dach durchgehend waren. Beim Platform Frame system wurden diese geschoßweise unterbrochen und hergestellt. Somit kann beim Platform Frame system das Gebäude geschoßweise einfach hergestellt werden, indem man die einzelnen Geschoßabschlüsse als Arbeitsplattform verwenden konnte. Der bedeutendste Unterschied zwischen dem Fachwerk und dem Ständerbau liegt darin, dass beim Ständerbau die

Aussteifenden Elemente nicht in der Konstruktion verbaut werden, sondern als Beplankung mit einer Massivholzschalung oder Holzwerkstoffplatten an die Rippen befestigt werden.¹⁷

17 Vgl. Josef Kolb, Systembau mit Holz, S 1-36

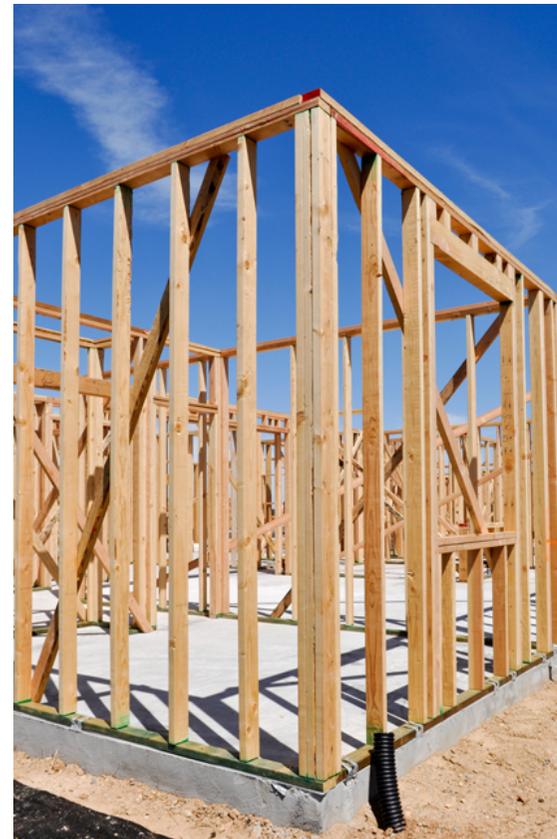


Abb13.: Ständerbauweise

RAHMENBAU: Der Rahmenbau entwickelte sich im Zuge der Perfektionierung des Ständerbaus. Erste Erfolge in der Verbreitung des Rahmenbaus in Europa konnten nach einer Bekanntmachungsoffensive erzielt werden. Verschiedene Institutionen trugen hierzu bei. Ziel war es diese Bauweise vor allem bei Architekten und Handwerkern beliebt zu machen. So gab es aus der Schweiz starke Bemühungen diese Bauweise zu verbreiten. Durch die hohe Flexibilität dieses Systems und die Günstigen Preise gelang es recht rasch die breite Masse auf diese Bauweise aufmerksam zu machen. Ebenso der Preis dieser Konstruktion kann durch die weitgehend geringen Holzquerschnitte und einfache, sich wiederholende Details enorm gesenkt werden. Hinzu kommt die durch das Rastermaß vorgegebene einfache Planung. All diese Faktoren waren maßgeblich an für die Verbreitung dieser Bauweise, welche noch heute im modernen Holzbau Anwendung findet.¹⁷

¹⁷ Vgl. Josef Kolb, *Systembau mit Holz*, S 1-36



Abb14.: Rahmenbauweise

SKELETTBAU: Die ersten Skelettbauten sind aus dem Fachwerkbau heraus entstanden und vor allem in nordeuropäischen Ländern zu finden. Der moderne ingenieurmäßige Holzbau ermöglicht durch neue Verleimungstechniken beim Holz wie BSH außergewöhnliche Konstruktionen. So können bei einem Skelettbau die Grundrisse sehr frei gestaltet werden und lassen ein hohes Maß an Variabilität zu. Vor allem im öffentlichen Bau oder Bürobauten fand diese Bauweise schnell Anklang, aufgrund der relativ frei gestaltbaren Fassade. Die Aussteifung des Tragskelettes erfolgt meist über Stahlbänder oder die Fassade als Scheibe selbst. Durch die Rastereinteilung bringt die Skelettbauweise im Zusammenhang mit vorgefertigten Modulen einige Vorteile. Oft wird auch eine Mischbauweise im Zusammenhang mit Skelettbau verwendet, da sich einzelne Bauweisen miteinander verbunden perfekt ergänzen. So findet man oft ein Tragskelett aus Stahl oder Stahlbeton vor, um wirtschaftliche Spannweiten einfacher erzielen zu können als beim Holzskelett. Die

Tragkonstruktion wird dann durch eine Holzkonstruktion ausgefüllt und ergibt eine sehr gute Kombination aus wirtschaftlichem Bauen und ökologischer Nachhaltigkeit.¹⁷

17 Vgl. Josef Kolb, Systembau mit Holz, S 1-36



Abb15.: Holzskelettbauweise, Shigeru Ban Architects

TAFELBAU: Die Tafelbauweise entwickelte sich über die Zeit hinweg aus den verschiedenen Holzbausystemen und dem Ziel, möglichst viele Arbeitsschritte in einer Geschützten Atmosphäre einer Halle unter perfekten Bedingungen zu erledigen. Durch Einsatz von Montagetafeln und systematisierten Montagethoden, kann im Werk eine weitaus höhere Präzision bei der Verarbeitung mit Holz erzielt werden. Wobei einer der wichtigsten Faktoren natürlich die optimalen Witterungsverhältnisse sind. Durch gewisse Vorfertigungsgrade und dem Geringen Gewicht der gefertigten Elemente kann ein System hergestellt werden, das sowohl schnell als auch relativ kostengünstig ist. Das Potential dieser Bauweise hat ein sehr großes Ausmaß, da durch die vorgefertigten Elemente ganze Module hergestellt werden können um sie beispielsweise für temporäre Bauten zu verwenden. Am Ende der Laufzeit kann man die Elemente wieder auseinander bauen und abtransportieren. Der Tafelbau kann sich nach seinem Konstruktionsprinzip in 3 Bereiche

teilen lassen. Jede dieser Konstruktionsweisen hat vor und Nachteile im Bezug auf Vorfertigungsgrad und individuelle Grundrissgestaltung.¹⁷

¹⁷ Vgl. Josef Kolb, *Systembau mit Holz*, S 1-36

WANDTAFELN IM RASTERMASS:

Hierbei werden einzelne schmale Raumhöhe Tafeln von etwa 1 – 1,25m hergestellt und diese auf der Baustelle montiert. Dies lässt eine sehr präzise und einheitliche Arbeitsanweisung zu, da sich die Tafeln untereinander kaum unterscheiden. Der Vorfertigungsgrad bei dieser Bauweise ist eher gering, da die Montage recht aufwändig ist. Jedoch lässt diese Konstruktionsmethode durch die kleine Rastergliederung sehr individuelle Grundrisse zu.

WANDTAFELN IM RAUM ODER GRUNDRISSMASS:

Die Tafeln werden ebenso Raum hoch hergestellt. Die Länge der einzelnen Elemente bezieht sich meist auf die Raumteilung des Grundrisses. So werden komplett fertige Wandelemente eines Raumes montiert. Der Vorfertigungsgrad bei dieser Methode ist sehr hoch, da mit größeren Tafeln gearbeitet wird, jedoch ist die Herstellung im Werk aufwändiger, da die Wandtafeln unterschiedliche Längen und Öffnungsmuster besitzen.

RAUMZELLEN: Um den Vorfertigungsgrad weiter zu optimieren entwickelte man ein System, bei dem nicht nur die Wandtafeln und Boden-, Deckenelemente extra auf die Baustelle geliefert werden um sie anschließend zu montieren, sondern ganze Raumelemente inklusive Decke, Boden und Wände im Werk montiert und auf der Baustelle befestigt werden. ¹⁷

17 Vgl. Josef Kolb, Systembau mit Holz, S 1-36

Anhand der Entwicklungsstufen der Holzbauweisen kann man sogar einen direkten Zusammenhang zur ursprünglichen Holzbauweise, dem Blockhausbau finden. Nur dass der Holzbedarf für die heutige Konstruktion um ein Vielfaches verringert wurde und die Vorfertigung eine große Rolle spielt. Moderne vorgefertigte Elemente werden teils schon komplett mit Installation und Innenausbau versehen. Durch die großen Anstrengungen der Architekten und Planer wurden vorgefertigte Elemente weitgehend optimiert sodass schon im Einfamilienhaussektor mit industriell vorgefertigten Elementen gearbeitet wird. So bekommt man in nur kurzer Zeit ein komplettes Haus fertig gestellt. Die Branche zielt vor allem auf den Aspekt der Kostensicherheit, da man schon zu Beginn des Projektes die Kosten ganz genau berechnen kann. So bekommt der Kunde eine fixe Leistung für einen fixen Preis.

Aufgrund der immer besseren Verarbeitungsmöglichkeiten des Werkstoffes Holz, rückt nun der mehrgeschossige Holzbau in den Vordergrund. Vor allem im Wohnbau ist dieser mit heiklen Themen wie Brandsicherheit und Schallschutz konfrontiert. Durch neue Verleimungstechniken jedoch steht dieser Methode nichts mehr im Weg.¹⁷

17 Vgl. Josef Kolb, Systembau mit Holz, S 1-36



Abb16.: Raumzellenbauweise, Johannes Kaufmann und Oskar Leo Kaufmann

INDUSTRIELLES FERTIGHAUS

Grundsätzlich ist ein Fertigteilhaus ein von einer Firma aus im Werk vorgefertigten Teilen, hergestelltes Haus. Jedoch gibt es zu diesem Begriff recht unterschiedliche Ansichten. So wird als Fertighaus auch ein Haus bezeichnet, dessen Entwurf zur Herstellung mehrerer gleicher Häuser verwendet wird, welche nur geringfügig abgeändert werden können. Durch neue Systeme und Vorfertigungshallen mit besten Montagebedingungen werden Fertigteilhäuser heute schon industriell gefertigt. Vor allem Holz als Baustoff hat sich aufgrund seines hohen Vorfertigungspotentials als Baustoff in diesem Sektor etabliert. Hierbei haben sich im Rahmen einer Studie der ZUFO aus dem Jahr 2006 folgende Holzbausysteme etabliert.¹⁸

18 Vgl. Abschlussbericht einer vom Bundesministerium für Verkehr, Vom industrialisierten Einfamilienhaus zum verdichteten Wohnungsbau, S 25-36

Durch die der befragten Firmen individuell gebauten Häuser stellte sich heraus, dass aufgrund der verlangten

Konstruktiven Ansprüche die Bauweisen an diese angepasst werden und oft auch kombiniert werden mussten. Deshalb führten die Verfasser der Studie im Befragungsblatt die Option der Mehrfachbeantwortung ein, was zur Folge hat, dass ein Wert über 100% entsteht. Der Anteil an Holzrahmenbau und Holztafelbau sind mit 72,2% und 39,2% am meisten vertreten. Holzmassivbau mit 25% liegt noch deutlich vor Holzskelettbau mit 9%. Da sich in den letzten Jahren durch verbesserte Verleimungstechniken und Brandschutzmethoden der Holzmassivbau in seiner Verwendung stark erhöht hat, kann man diese Bauweise als stark konkurrenzfähig betrachten.¹⁹

19 Vgl. Arnold Marlen, Ankele Kathrin, Organisatorische Voraussetzung zu Erschließung von Zukunftsmärkten

Grundsätzlich hat sich die Fertigteilbranche auf den Bau von Einfamilienhäusern fokussiert. Aus ökologischen und ökonomischen Aspekten heraus ergibt sich aber eine berechtigte Nachfrage an Fertigteilhäusern im mehrgeschossigen Wohnbau. Durch die individuellen

Anforderungen an ein Gebäude für Mehrparteien und der Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Fertigteilbau ergibt sich ein gewisser Widerspruch. So fordert das Fertigteilssystem relativ einheitliche Gegebenheiten was Konstruktion und Architektur betrifft. Die Nutzer jedoch wollen eher individuelle Gegebenheiten geschaffen haben. So lässt sich als Zielgruppe für einen mehrgeschossigen Wohnbau im urbanen Raum meist durch eine Baugemeinschaft verschiedener Interessensvertreter definieren. Längst baut man nicht nur mehr für eine Standardfamilie oder Singles. Vor allem Konstellationen wie Patchworkfamilien, Alleinerziehende, Singles, Menschen +50 besitzen ganz individuelle Anforderungen an eine Wohnung. Die Problematik hierbei gilt es mit einem System zu lösen, bei dem ein sehr hoher Vorfertigungsgrad gegeben ist, jedoch der Kunde eine möglichst individuelle und auf seine Bedürfnisse abgestimmte Immobilie bekommt.²⁰

20 Vgl. Abschlussbericht einer vom Bundesministerium für Verkehr, Vom industrialisierten Einfamilienhaus zum verdichteten Wohnungsbau, S 55-60

Durch das Zusammenführen verschiedener Systeme zu einer Mischbauweise bei der etwa das Tragwerk aus Stahlbeton und sonstige Bauelemente aus Holz bestehen lässt sich ein Lösungsansatz für den individuellen Bau eines mehrgeschossigen Fertighauses finden. So können ein übergeordnetes und ein untergeordnetes System geschaffen werden in dem der Planungsspielraum um einiges größer ist als bei einer komplett starren Methode. Diese sind meist durch Argumente der Wirtschaftlichkeit im Bereich der Statik oder Brandschutz belastet. In diesem Zusammenhang sind schon einige richtungsweisende Referenzprojekte entstanden.²¹

21 Vgl. Abschlussbericht einer vom Bundesministerium für Verkehr, fertighauscity5+ - Typologische und technische Untersuchung zu mehrgeschossigen Holzbauweisen in innerstädtischen Bereichen unter dem Gesichtspunkt der Vorfabrikation und Partizipation der Nutzer, S 166

SPEZIELLE ANFORDERUNGEN MEHRGESCHOSSIGER HOLZBAU

Neben der Statischen Herausforderung bei Holzkonstruktionen und dem Schallschutz bestimmter Konstruktionen steht meist ein sehr heikles Argument im Raum. Dieses betrifft die Brandsicherheit. So gibt es im herkömmlichen mehrgeschossigen Wohnbau schon recht anspruchsvolle Brandschutzbestimmungen. Das Material Holz ist in der Hinsicht in herkömmlicher Weise natürlich nicht die beste Wahl. Jedoch brachte im Laufe der Zeit die Forschung auf diesem Gebiet einige bahnbrechende Lösungen hervor, womit es heute möglich ist mehrgeschossige Wohnbauten aus Holz ohne Bedenken diesbezüglich zu errichten. Die Brandschutzvorkehrungen dafür sind jedoch vor allem im mehrgeschossigen Wohnbau recht anspruchsvoll. So wird zum Beispiel in Österreich Deutschland und der Schweiz durch strenge Vorschriften die Gebäudehöhe anhand der zulässig gebauten Geschosse begrenzt.

Diese sind meist je nach Bundesland unterschiedlich. Im internationalen Vergleich jedoch gibt es einige Länder wie Großbritannien, Italien, Australien und Nordamerika in denen es möglich ist sogar Gebäude mit bis zu 30 Geschossen zu bauen. Hierbei sind jedoch meist die Brandschutzbestimmungen insofern nicht so streng als dass meist nur eine Brandsicherheit nachgewiesen werden muss.

Durch das aufheben der maximalen Gebäudehöhe bei mehrgeschossigen Holzbauten entstanden einige Pionierprojekte. Als eines dieser Pionierprojekte kann man das vom Architekt Michael Green gebaute 30 stöckige Hochhaus aus Holz in Nordamerika Vancouver betrachten. Ebenso kann man auch eindeutig einige österreichische Beispiele für diese Pionierleistung finden. Diese sind jedoch durch die noch strengen Vorgaben in Österreich in ihrer Höhe weitgehend begrenzt. Eines dieser Projekte ist der Life Cycle Tower in Dornbirn von dem Architekten Hermann Kaufmann. ²²

²² Vgl. Abschlussbericht einer vom Bundesministerium für Verkehr, Vom industrialisierten Einfamilienhaus zum verdichteten Wohnungsbau, S 82-83

STAND IN ÖSTERREICH

Grundsätzlich besteht seit der 2007 herausgebrachten Techniknovelle beim Einsatz von Holz eine maximale Geschossanzahl von sieben Geschossen. Diese Vorgabe kann jedoch zu einem gewissen Maß vernachlässigt werden sobald bei dem Gebäude nicht alle Tragenden Teile aus Holz bestehen. So kann in etwa eine Mischkonstruktion aus Stahlbeton und Holz verwendet werden, oder ein tragender Kern in dem sich die Erschließung befinden kann. So wird auch besonders Wert darauf gelegt etwa das Erdgeschoss feuerbeständig und in seinen wesentlichen Bauteilen nicht brennbar auszuführen. Dies kommt daher, dass etwa Brandstiftung meist in Erdgeschossbereichen festgestellt wurde. Somit wird dieses Risiko weitgehend minimiert. Die restlichen Geschosse können komplett aus Holz hergestellt werden. Diese müssen aber Hochfeuerhemmend beschaffen sein. Die nachfolgende Erläuterung bezieht sich auf ein

Gebäude bei dem das Erdgeschoss feuerbeständig und nicht aus Holz ausgeführt wird.

Im Erdgeschoss werden alle relevanten Bauteile wie Decken Außen und Innenwände aus nicht brennbaren Materialien (EI90) hergestellt. Dies gehört zu einem vorgeschriebenen Sicherheitskonzept welches vor allem auch zur sicheren Fluchtwegschaffung und Brandangriff der Feuerwehr gewährleisten soll.

Bei den darüber liegenden Geschossen müssen Außenwände, tragende Wände sowie Wohnungstrennwände und Decken hochfeuerhemmend (EI 60) ausgeführt werden. Brandwände und Branddecken müssen feuerbeständig und nicht brennbar hergestellt werden. Ab einem Brandabschnitt von mehr als 1000 m² muss eine Sprinkleranlage mit Alarmierung vorgesehen werden. Die Fluchtweglänge wird mit einer maximalen Länge von 40 m definiert. Um einen einwandfreien Rettungsangriff zu gewährleisten muss bei einem Brandabschnitt der sich über 13 m über dem +0,00

Niveau befindet eine Feuerwehzufahrt für die Brandbekämpfung vorhanden sein. Das Treppenhaus muss mit einem erhöhtem Löschwasserversorgungswert von 1,5 Liter pro m² pro Minute veranschlagt werden. S ist das Stiegenhaus hochfeuerhemmend auszuführen. Diese eben genannten Angaben sind als Richtlinien zu sehen und im Einzelfall auf ein individuelles Projekt mit einem gewissen Handlungsspielraum zu sehen.²³

Abschließend ist zu sagen, dass Brandschutz im Bereich mehrgeschossiger Holzbau definitiv eine sehr wichtige Rolle spielt. Jedoch ist die Technik und Forschung schon so weit voran geschritten, dass man immer besser damit klar kommt. Auch bei Hochhäusern bei denen sogar die Tragende Struktur sichtbar hergestellt werden kann. So kann man eine klare Entwicklung in diesem Segment ablesen, sodass diese Bauten bald kein Einzelfall mehr sein werden. Somit kann auch in der Zukunft ein sorgfältiger Umgang mit unserer Umwelt gesichert werden.

Nachstehend sollen noch einige Referenzen aus dem Bereich des Mehrgeschossigen Holzbaus präsentiert werden, um das breite Spektrum an Möglichkeiten aufzuzeigen.

²³ Vgl. <http://www.proholz.at/mehrgeschossiger-wohnbau-aus-holz-in-europas-metropolen/>

LIFE CYCLE TOWER DORNBIRN

Der 2012 eröffnete Life Cycle Tower in Dornbirn zählt zu einer der Pionierprojekte im Bereich mehrgeschossiger Holzbau. Der Entwurf stammt von dem im Bereich des Holzbaus sehr engagierten Architekten Hermann Kaufmann. Der achtgeschossige Bürobau zählt offiziell als das höchste Holz – Hybridhaus Österreichs.

Der achtgeschossige Büroturm entstand auf Basis eines Forschungsergebnisses der Architekten Michael Schluder und Peter Krabbe die in einer Forschungsarbeit ein System entwickelten mit dem ein Mehrgeschossiger Holzbau von bis zu 20 Geschossen möglich ist. Diese Konstruktion war möglich, da im inneren des Gebäudes ein Stahlbetonkern zu den Brandtechnisch relevanten Bereichen zählt. Die Abschottung des Brandherdes in Vertikaler Höhe wird durch eine Verbunddecke aus Holz und Stahlbeton erreicht. Hierbei konnte es ermöglicht werden die Tragstruktur aus Holz sichtbar zu belassen, da

sich darüber eine ca. 8cm dicke nicht brennbare Stahlbetonschicht befindet.

Der Vorfertigungsgrad bei diesem Gebäude kann als sehr hoch angesehen werden. Erste Schritte waren es den Betonkern zu erreichen. Sowohl fertige Fassadenelemente, also auch Fertige Verbunddeckenelemente wurden dann montiert. Die Verbunddecke von 8,10 m Länge und 2,70 m Breite wurde immer jeweils zwischen Betonkern und Fassadenelement gespannt. Somit konnte innerhalb kürzester Zeit Geschoss für Geschoss fertig gestellt werden. Nach zusammensetzen der Deckenelemente werden die Fugen verfüllt. Somit kann eine aussteifende Ebene geschaffen werden, die sowohl in Hinsicht auf Brandschutz als auch Schallschutz seine optimalen Voraussetzungen besitzt. Bis auf die Aluminiumfassade wurden alle Elemente im Werk vorgefertigt. Diese wurde aus Gewichtsgründen und Verkleidung der Arbeitsfugen nachträglich aufgebracht.

Was wird sich mit dem Bau des Life Cycle Towers in Österreich verändern? Hermann Kaufmann, lapidar: "Das ist wie beim Skifahren. Je steiler du fährst, desto mutiger wirst du." Der LCT One ist ein Prototyp für Holz-Hybridsysteme. Noch höhere und noch größere Bauten sollen folgen.^{24,25}

²⁴ Vgl. <http://www.detail.de/inspiration/verwaltungsgebäude-in-dornbirn-106081.html>

²⁵ Vgl. <http://www.proholz.at/haeuser/life-cycle-tower-one-dornbirna/>



Abb.:17 Lifecycletower Innenansicht

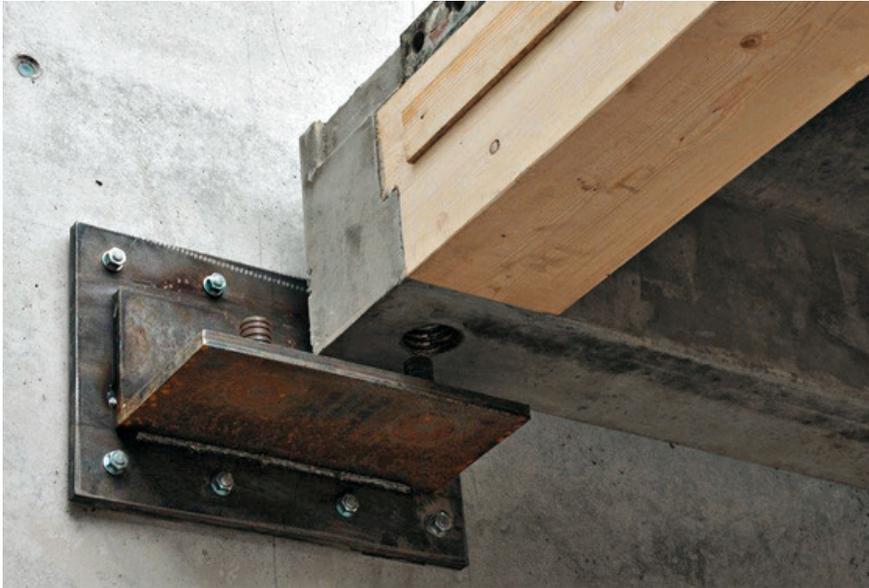


Abb.:18 Anschlussdetail Deckenelement



Abb.:19 Fertigteildecke



Abb.:20 Aussenansicht

STADTWOHNHAUS BERLIN E3

Das in Berlin an der Esmarchstraße realisierte Projekt E3 wurde 2008 fertiggestellt. Es zählt zu den ersten siebengeschossigen in Europa im innerstädtischen Kontext gebauten Wohnhäusern aus Holz. Der anfängliche Motivationsschub durch Fachleute und Politiker wurde schnell wieder durch die Baubehörde eingebremst. Die strengen Brandschutzbestimmungen der Stadt Berlin machten dieses Projekt anfangs unvereinbar. Durch hinzuziehen von Feuerwehr, Statikern und Brandschutzfachleuten konnten am Ende jedoch die Architekten Kaden + Partner die Entscheidung für sich gewinnen.

Konstruktiv besteht das Gebäude aus einem Skelettragwerk aus Holz. Die Brettschichtholzstützen wurden innen mit jeweils zwei 18 mm dicken Gipsfaserplatten verkleidet und verspachtelt. Das Tragskelett wird durch 16cm starke Massivholzwände

ausgesteift. Die Brandsichere Decke wird aus Massivholzelementen in Verbund mit 10 cm Stahlbeton zwischen Fassade und einem Stahlbetonkern gespannt. Um den Fluchtweg weitgehend rauchfrei ausführen zu können, hat man sich dazu entschieden, das Stiegenhaus inklusive Lift im Außenbereich anzubringen. Über Stahlbetonstege gelangt man dann zu den einzelnen Wohnungen. So wurden alle Vorteile der jeweiligen Baustoffe optimal ausgenutzt. Ebenso wurde besonderes Augenmerk auf den Grad der Vorfertigung gelegt. Durch die eigens entwickelten Knotenblechverbindungen konnte das Holzskelettragwerk relativ schnell montiert werden, sodass die Schlüsselübergabe schon nach nur 9 Monaten erfolgen konnte. ^{26,27}

²⁶ Vgl. <http://www.proholz.at/zuschnitt/33/lueckenfueller-mit-distanz/>

²⁷ Vgl. <http://www.kadenundpartner.de/projekte/e3/>

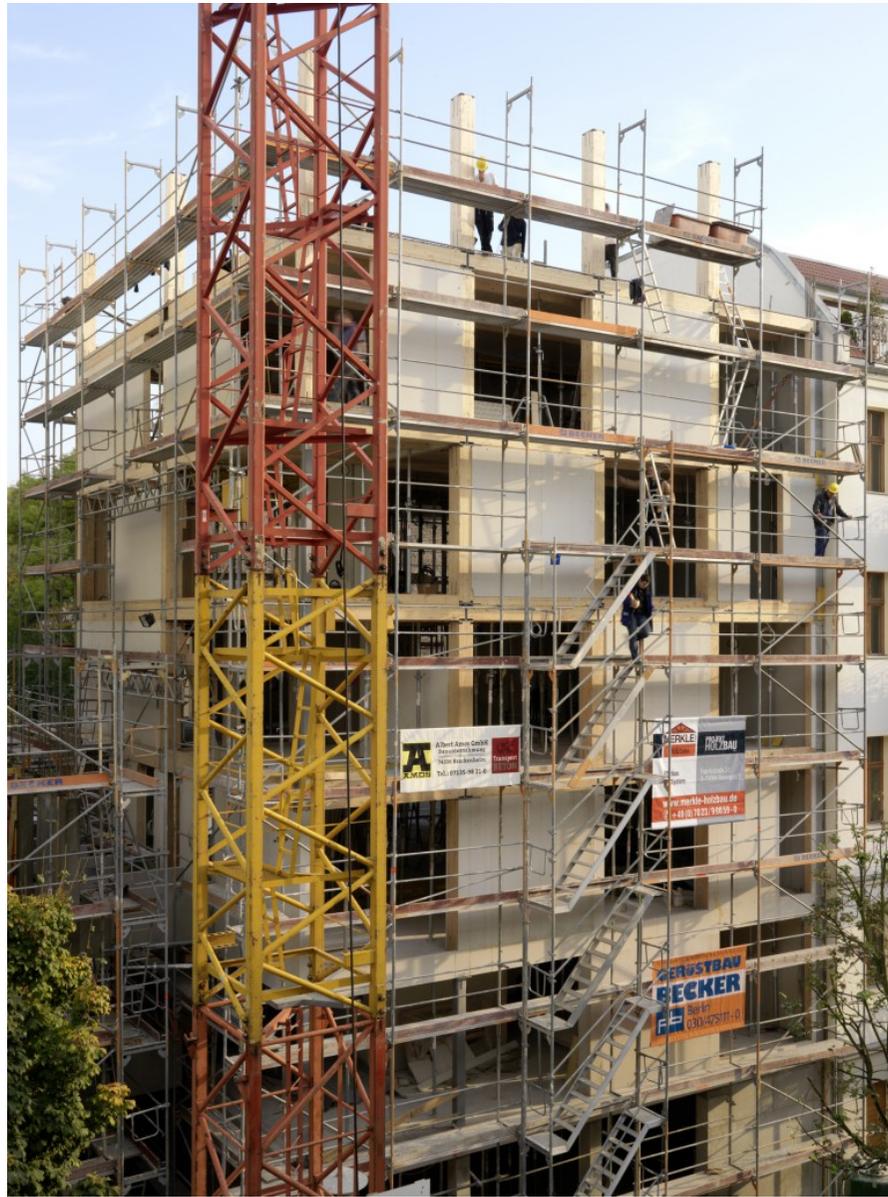


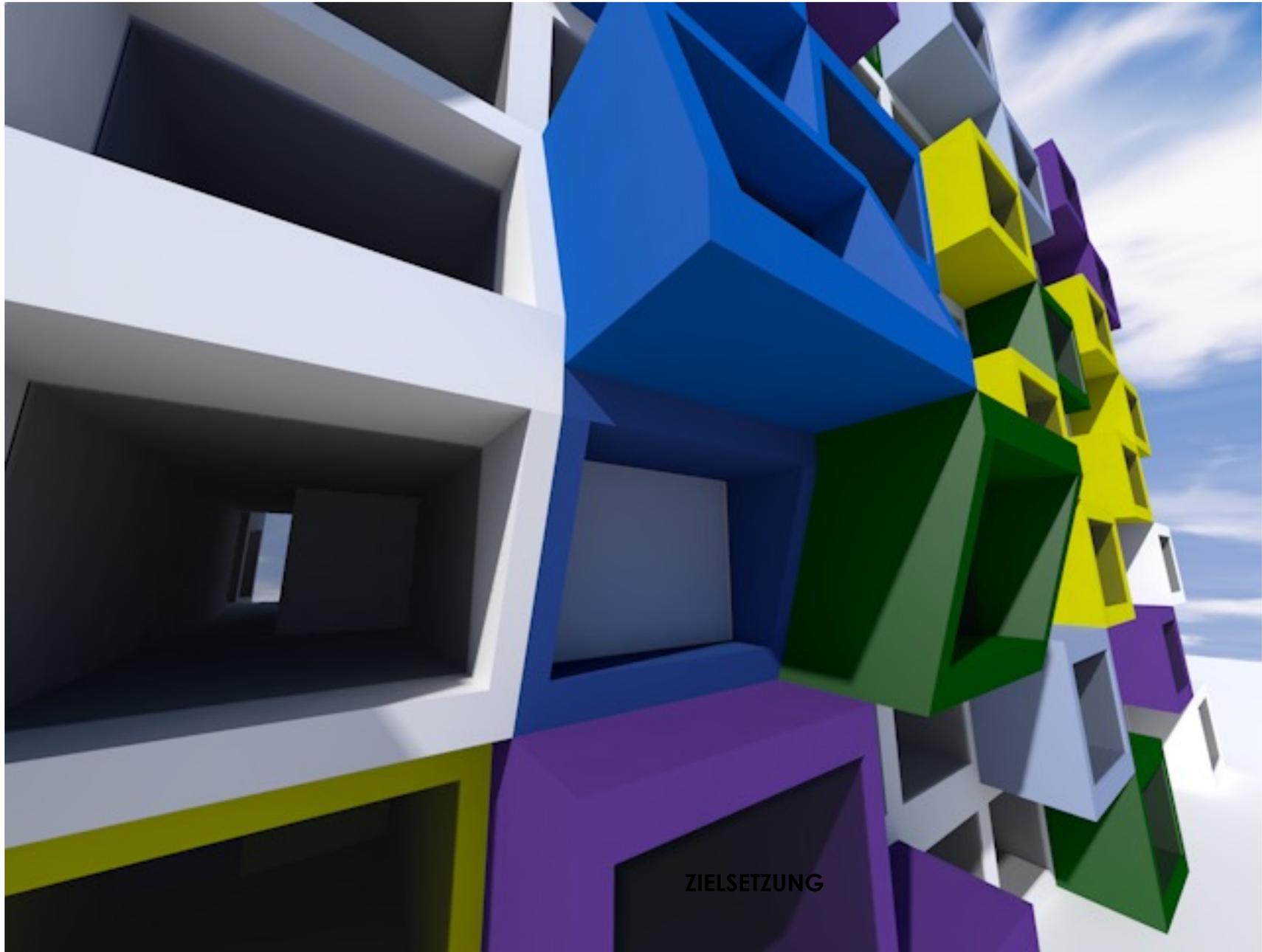
Abb.:21 E3 Fassadenmontage

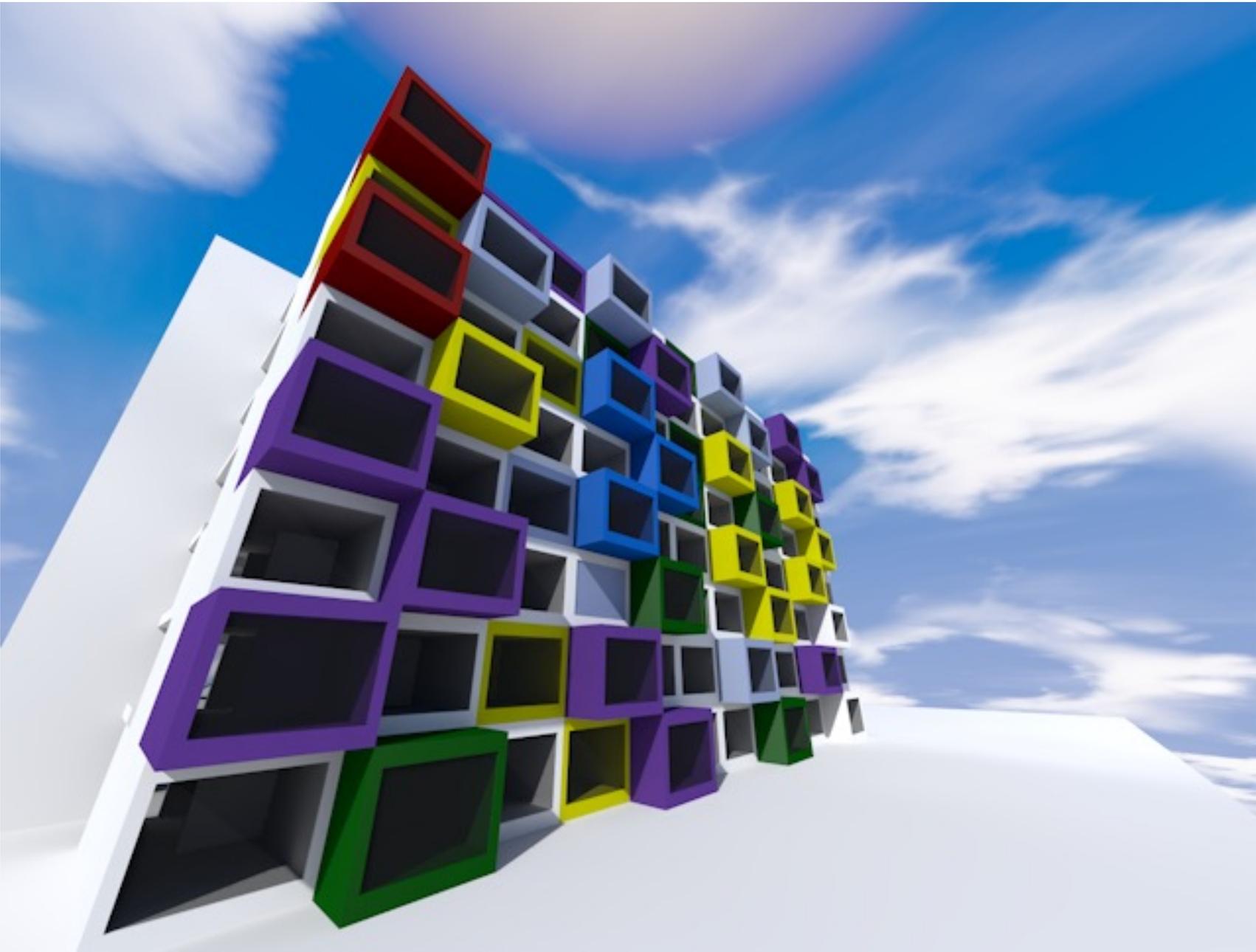


Abb.:22 E3 Außenansicht



Abb.:23 E3 Skelettftragwerk





ARCHITEKTONISCHES KONZEPT

Hierbei gilt es die Vielfalt an Holzbausystemen in Verbindung mit einem architektonischem Konzept zu vereinen.

Im Zuge der Analyse der Holzbausysteme haben sich im Grunde drei Holzbausysteme für die Zwecke eines Mehrgeschossigen Wohnbaus aus Holz herauskristallisiert, deren Nutzung in ökologischer und wirtschaftlicher Hinsicht sinnvoll erscheinen.

Unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit wurde die auf Raumzellen basierende Konstruktion bevorzugt. Diese verbindet sowohl die Eigenschaften des sehr Hohen vorfertigungsgrades, als auch großer Wohnungsvariabilität.

Im Zuge des Entwurfsprozesses konnte ein System Entwickelt werden, das sich im Bezug auf Horizontale und Vertikale Nutzung fast beliebig erweitern lässt. Dieses Baukastensystem kann ohne sekundäres

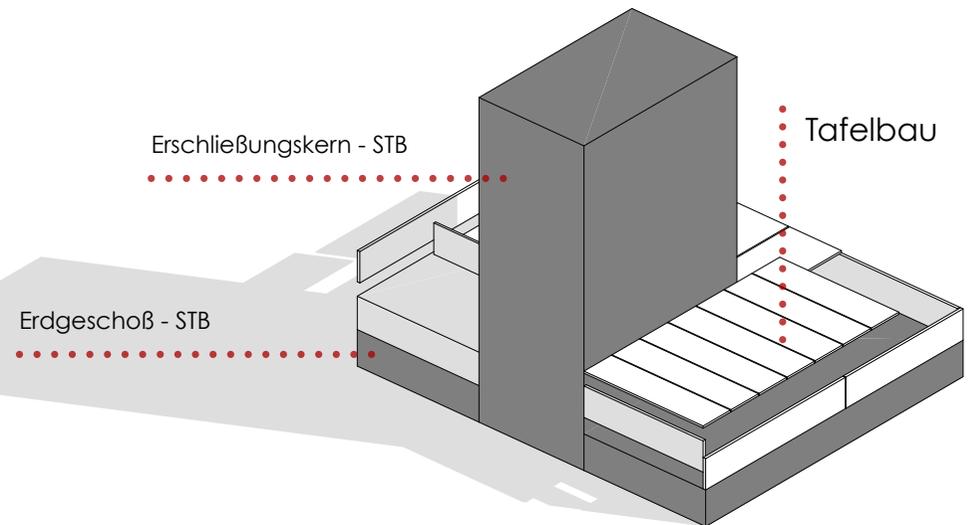
Tragsystem komplett selbstständig bestehen und durch die Kombination verschiedener Baustoffe können die besonderen Eigenschaften miteinander harmonieren. So werden bei der Deckenkonstruktion in Stahlbeton – Holz Verbundbauweise die optimalen Schallschutztechnischen Eigenschaften, sowie die Brandschutzeigenschaften ausgenutzt. Durch das Verwenden einer Massivholzkonstruktion bei den Raumzellen und dessen geringes Gewicht ist sogar ein bereits erbautes Gebäude aus diesem System noch nach oben hin bis zu einem gewissen Maß erweiterbar. Das Ziel des Entwurfs, war es ein System zu finden, das es ermöglicht im mehrgeschossigen Wohnbau mit einem sehr hohen Vorfertigungsgrad zu arbeiten und dabei den architektonischen Aspekt nicht zu vernachlässigen.



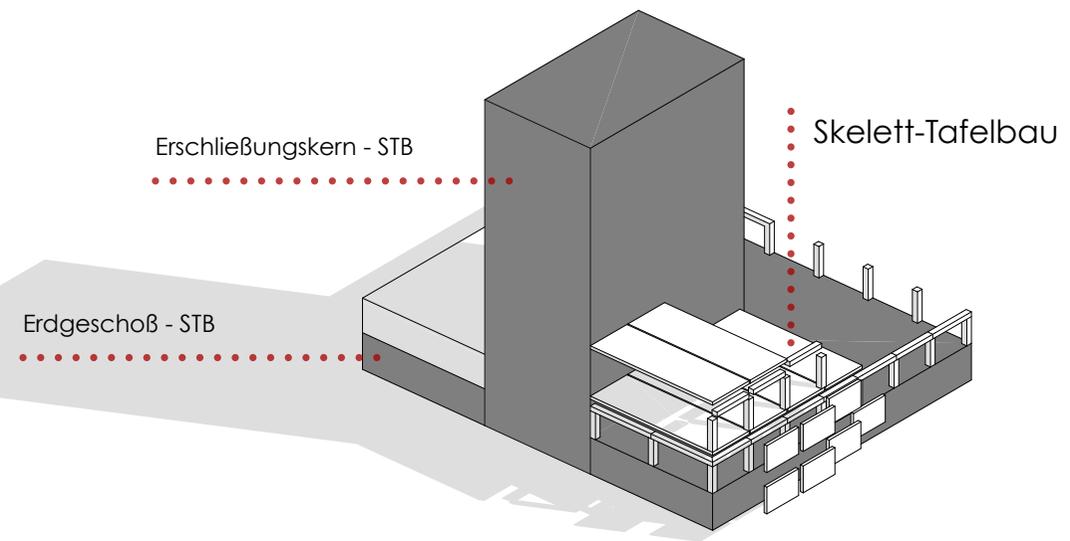
SCHEMATISCHE ERLÄUTERUNG DES ENTWURFS

BAUSYSTEME

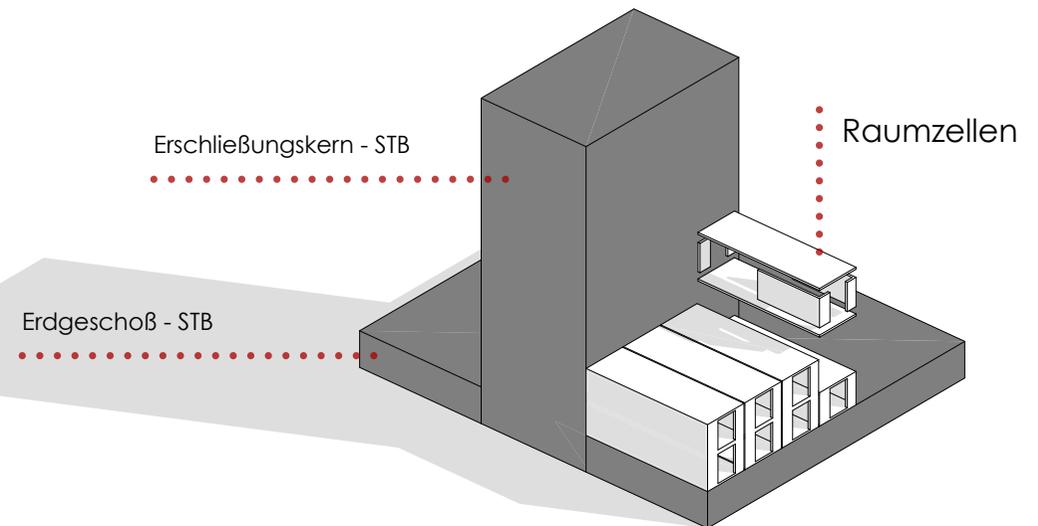
In Anwendung auf den mehrgeschossigen Wohnbau wurden die relevanten Bausysteme analysiert und in Verbindung zum Entwurf gebracht. So konnte bei der herkömmlichen Tafelbauweise festgestellt werden, dass durch die Schaffung eines aus Stahlbeton bestehenden Erdgeschosses und darin befindlichen Stiegenhauses als Stahlbetonkern die Grundstruktur vorgibt, um mit vorgefertigten Tafeln an diese Konstruktion anzuschließen. So werden die vorgefertigten Fassadenelemente montiert, um danach die Deckenelemente zwischen Fassadenebene und Stahlbetonkernebene einzuhängen. Der Vorfertigungsgrad ist hierbei schon sehr hoch, jedoch ergeben sich aufgrund der zu erwartenden Dimensionen des Gebäudes unvorhersehbare Plattengrößen.

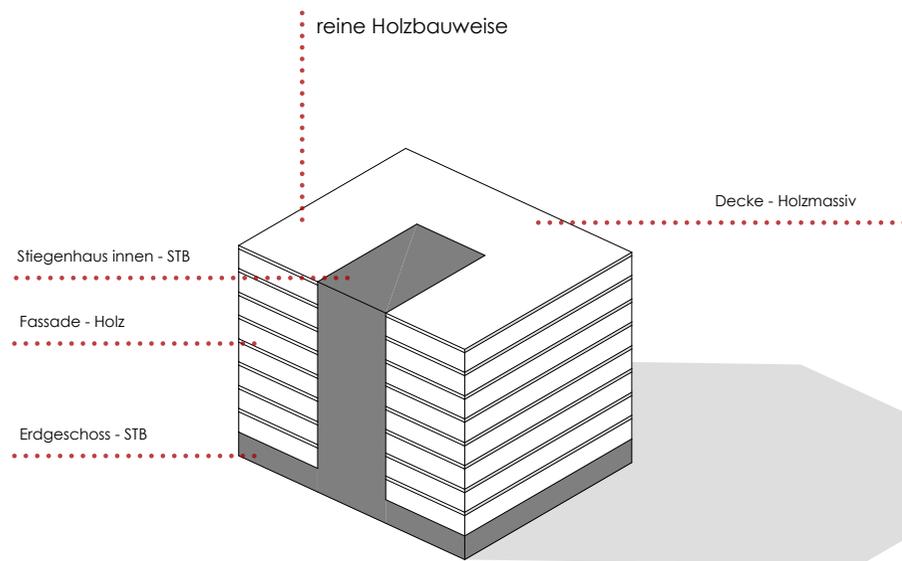


Ein weiteres Bausystem bildet der Holzskelettbau in Verbindung mit fertigteiltafeln. So kann wiederum ein Stahlbetonkern zum Zwecke der Erschließung hergestellt werden, welches auf einem aus Stahlbeton ausgeführten Erdgeschoss aufsitzt. Die Weitere Konstruktion wird maßgeblich durch einen Stützenraster festgelegt. Dieses Stützenraster wird dann mit Flächigen Elementen ausgefacht und bildet somit eine klar gegliederte Fassade. Der Vorteil dieser Konstruktion gegenüber der herkömmlichen Tafelbauweise ist, dass man aus architektonischer Sicht das Tragwerk sichtbar gestalten kann und somit einen größeren Bezug zum Thema Holzbau herstellen kann. Diese Bauweise bringt jedoch wiederum einen großen Nachteil gegenüber der reinen Tafelbauweise. Dieser macht sich vor allem dahingehend erkenntlich, als dass aufwändige Konstruktionsdetails entwickelt werden müssen um die Skelettelemente und Tafeln zu verbinden.

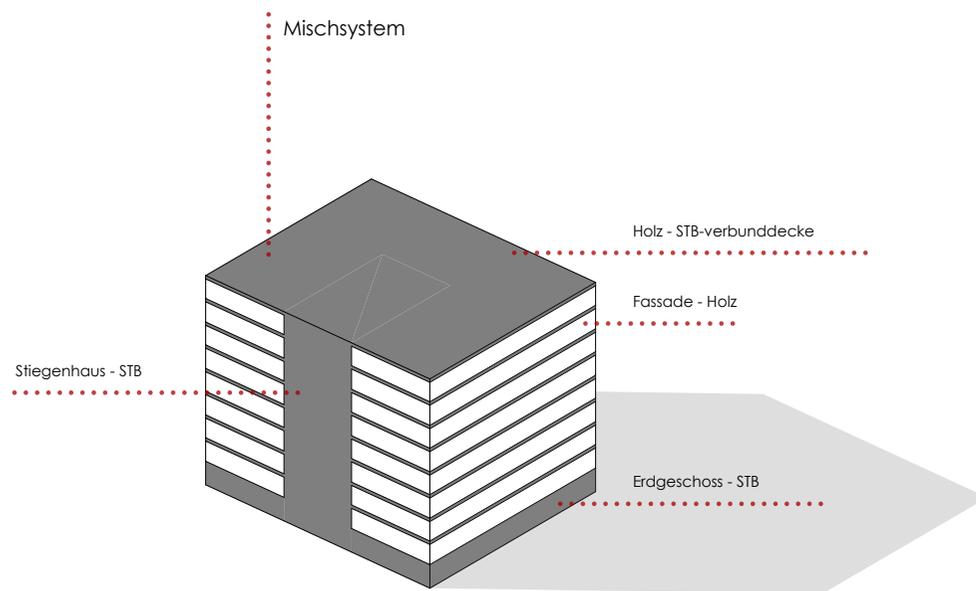


Entwurfsentscheidend bei diesem Bausystem war die Erkenntnis darüber, dass bei der Verwendung von Raumzellen unter den vorherrschenden Bauvorschriften ein hohes Maß an Vorfertigung und Individualität besteht. So können komplett vorgefertigte und individualisierte Raumzellen hergestellt werden und dann auf der Baustelle montiert werden. Sowohl eine klare als auch individuelle Fassadengliederung kann mit Raumzellen erzielt werden, da man nicht auf ein fixes Tragsystem in der Grundstruktur angewiesen ist. Um auch bei diesem System sehr wirtschaftlich zu bleiben muss man dennoch auf die Dimensionen der Raumzellen achten. So können aufgrund von übergroßen Elementen die zu erwartenden Transportkosten sehr schnell explodieren. Deshalb wurde ein System angestrebt bei dem wirtschaftliche Transportmaße gewählt wurden. Dies wiederum birgt eine Herausforderung bei der Grundrissgestaltung da die Abmessungen der einzelnen Raumzellen auf LKW maß beschränkt werden sollen.





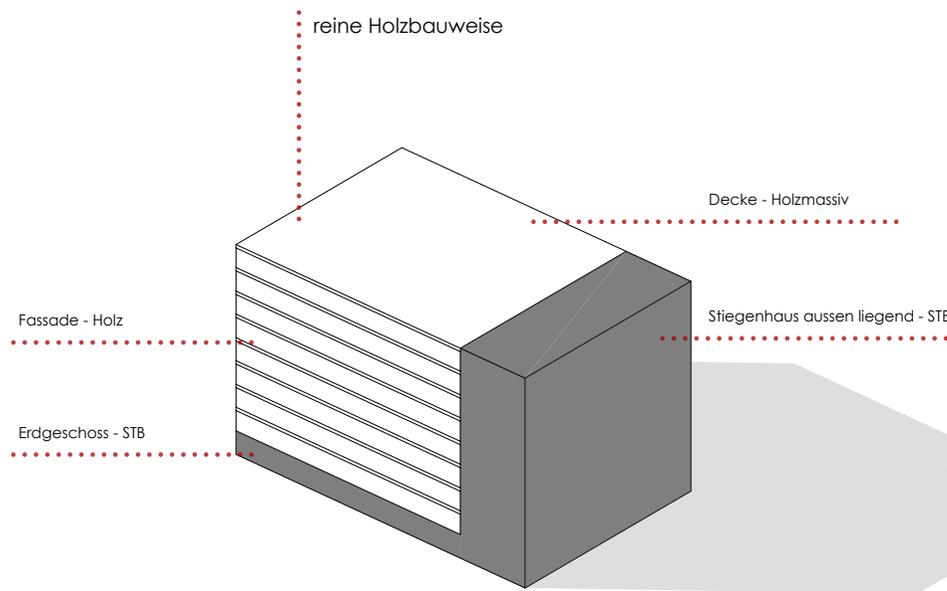
Ein weiterer Faktor im Zuge der Konzeptanalyse war die Frage des zu wählenden Bausystems in Verbindung mit der durch die Bauordnung vorgeschriebene Brandschutzbestimmungen. (Wiener Bauordnung 2001) So wird etwa in manchen Bundesländern vorgeschlagen aus brandschutztechnischen Gründen das Erdgeschoss in seinen wesentlichen Teilen nicht brennbar auszuführen (F90). Dies hat den Grund der Brandstiftervermeidung, welche vor allem meist im Erdgeschoss Brand stiften. Da es sich bei dem Entwurf um einen mehrgeschossigen Wohnbau aus Holz im innerstädtischen Bereich handelt, ist es naheliegend, dass das Erdgeschoss in Verbindung mit der Herstellung der Tiefgarage auch in Stahlbeton ausgeführt wird. Auf diesen Sockel kann dann das weitere Gebäude errichtet werden. Hierbei war für den Entwurf maßgeblich, dass ebenso das Stiegenhaus besonderen Brandschutzbestimmungen unterliegt. So muss das Stiegenhaus bei einem aus nicht brennbaren



Materialien hergestellten Erdgeschoss einen Brandwiderstand von F60 besitzen.

Unter diesen Voraussetzungen ist es dann möglich das restliche Bauwerk in seinen Hauptbestandteilen aus einer reinen Holzkonstruktion zu erstellen. Sowohl Fassade, als auch die Decke aus einer Holzkonstruktion zu bauen scheint entwurfstechnisch im ersten Augenblick logisch und einfach. Jedoch gibt es hierbei einige Detaillösungen die zu beachten sind. Besonders in Hinblick auf die Schallschutzeigenschaften des Gesamtbauwerks sollte besonders im mehrgeschossigen Wohnbau aus Holz Rücksicht genommen werden. Um eine unmittelbare Übertragung von Schall und Schwingungen zu verringern werden bei Wand und Deckenanschlüssen elastische Bänder eingebracht.

Um jedoch die besten Eigenschaften verschiedener Baumaterialien auszunutzen, wurde in Betracht gezogen mit einer Stahl – Holverbunddecke zu arbeiten. Diese Konstruktion ist vom Gewicht her etwas schwerer, aber durch diese Konstruktion können die besonders guten



Schallschutzeigenschaften von Beton mit dem Baustoff Holz verbunden werden. So birgt diese Konstruktion in Voraussicht auf einen größer organisierten Wohnbau insofern noch einen Vorteil, als dass durch die Beton – Holzverbunddecke ideale geschossweise Brandabschnitte herstellen kann. Dies kann dem Projekt ein größeres Anwendungsgebiet ermöglichen, wie zum Beispiel als groß organisierter Wohnblock. Zudem bringt es den Vorteil, bei Bedarf das Gebäude aufzustocken und dennoch die geforderten Brandabschnitt einzuhalten.

Eine weitere Möglichkeit, das Gebäude in seiner Individualität zu stärken, bietet die Möglichkeit eines ausgelagerten Stiegenhauses. Hierbei wird neben dem Gebäude ein eigenständiges Stiegenhaus errichtet, unabhängig von der Grundkonstruktion. Das bringt den Vorteil, dass auf der Baustelle die unterschiedlichen Arbeitsabläufe parallel zu starten, jedoch unabhängig zu bearbeiten. Verbunden sind diese beiden Bauteile meist mit Brücken, Stegen oder Verbindungswegen.

Somit kann bei einem Brand der Fluchtweg unabhängig vom Brandgeschehen behandelt werden. Dies kann auch die Feuerbekämpfung und Entfluchtung erleichtern.²⁸

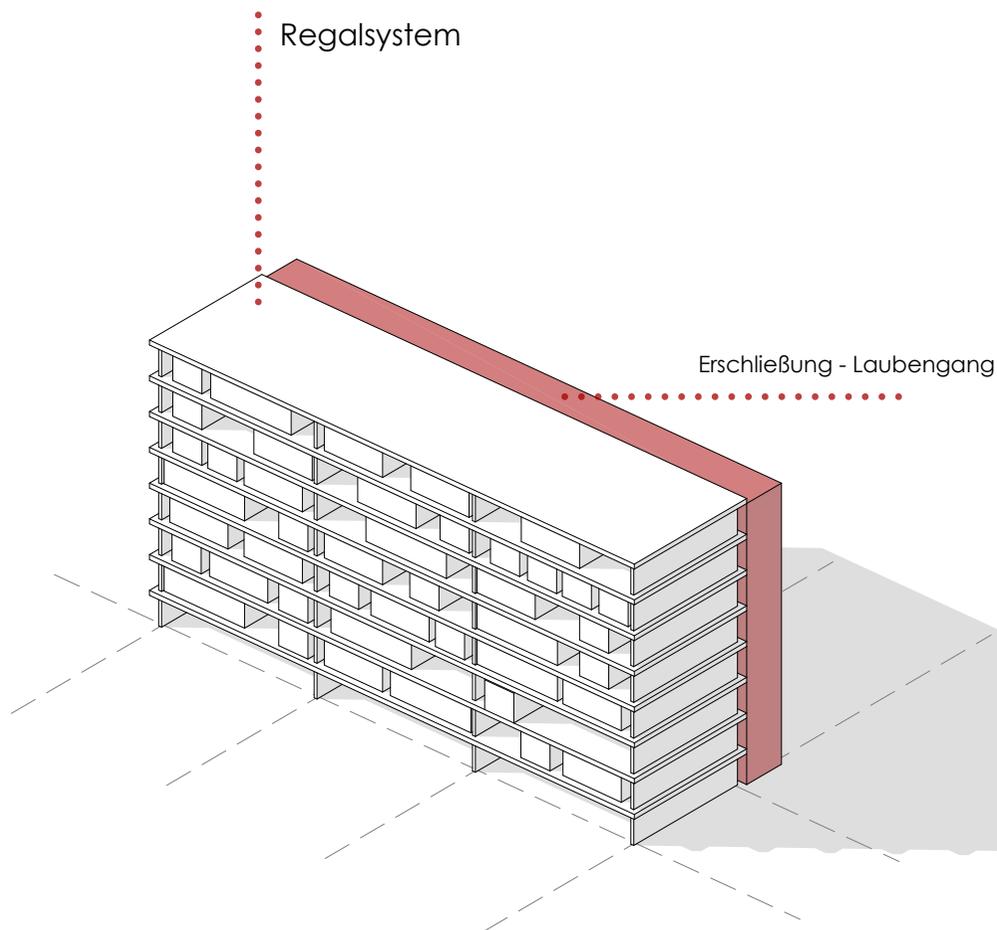
28 Vgl. : http://www.bauordnung.at/oesterreich/oib_richtlinie2.php

PRO - hoher Vorfertigungsgrad

- Mittlere Variabilität

CON - eingeschossige Wohnungen

- Grundrisse durch Subkonstruktion sehr -
eingeschränkt



KONSTRUKTIVES SYSTEM

Um ein dem Entwurfsgedanken perfektes konstruktives System zu finden wurde diesbezüglich eine Analyse durchgeführt. So wurde relativ schnell klar, dass es nur eine Hand voll an Optionen gibt, die Raumzellen zu einem Gebäude zu fassen. Ziel der Analyse war es, die verschiedenen in Frage kommenden Systeme einander gegenüber zu stellen und deren Vor- und Nachteile abzuwägen. Dies geschah in Rücksicht auf die beim Entwurfsgedanken gesetzten Prioritäten. Einerseits sollte ein möglich komplexes System hergestellt werden, welches einen sehr hohen Vorfertigungsgrad besitzt, andererseits sollte die Konstruktive Variabilität nicht beeinträchtigt werden.

So wurden die Raumzellen anhand eines „Regalsystems“ geprüft.

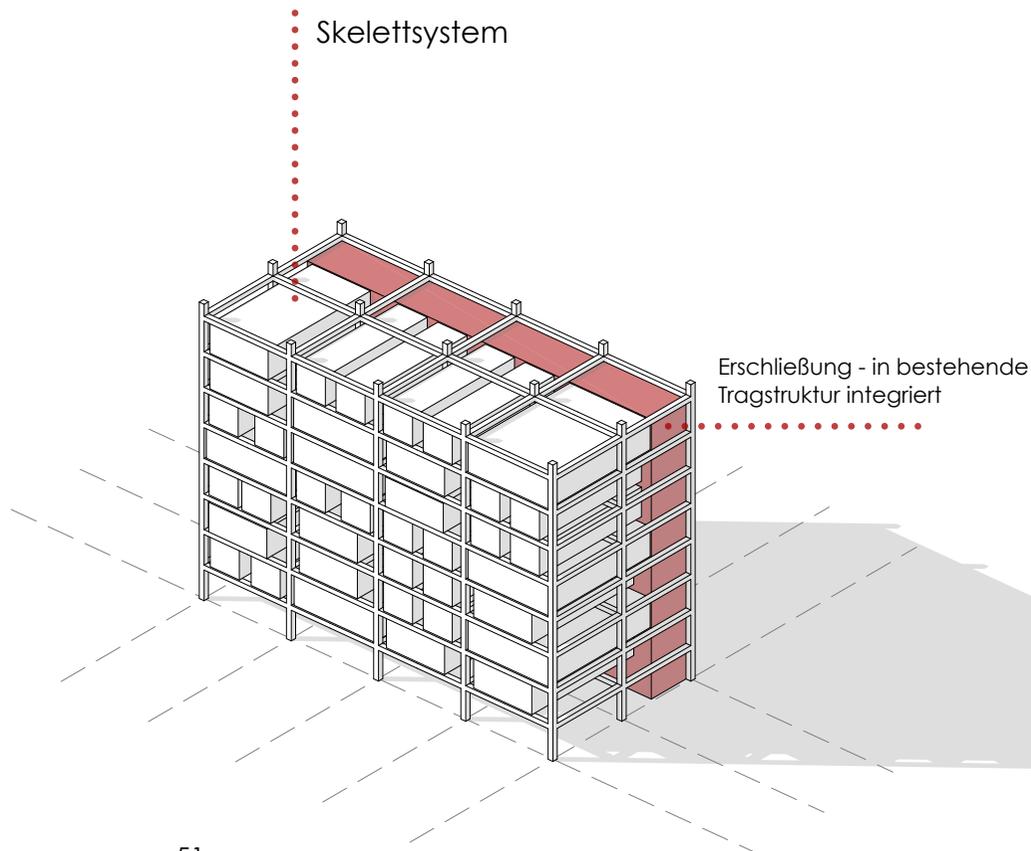
Dieses System birgt in Hinsicht auf die Vorfertigung einen Grad der angestrebt werden kann. So wird ein Haupttragssystem errichtet, in das dann die Elemente

PRO - hoher Vorfertigungsgrad

- Mittlere Variabilität

CON - eingeschossige Wohnungen

- Grundrisse durch Subkonstruktion mittelmäßig eingeschränkt

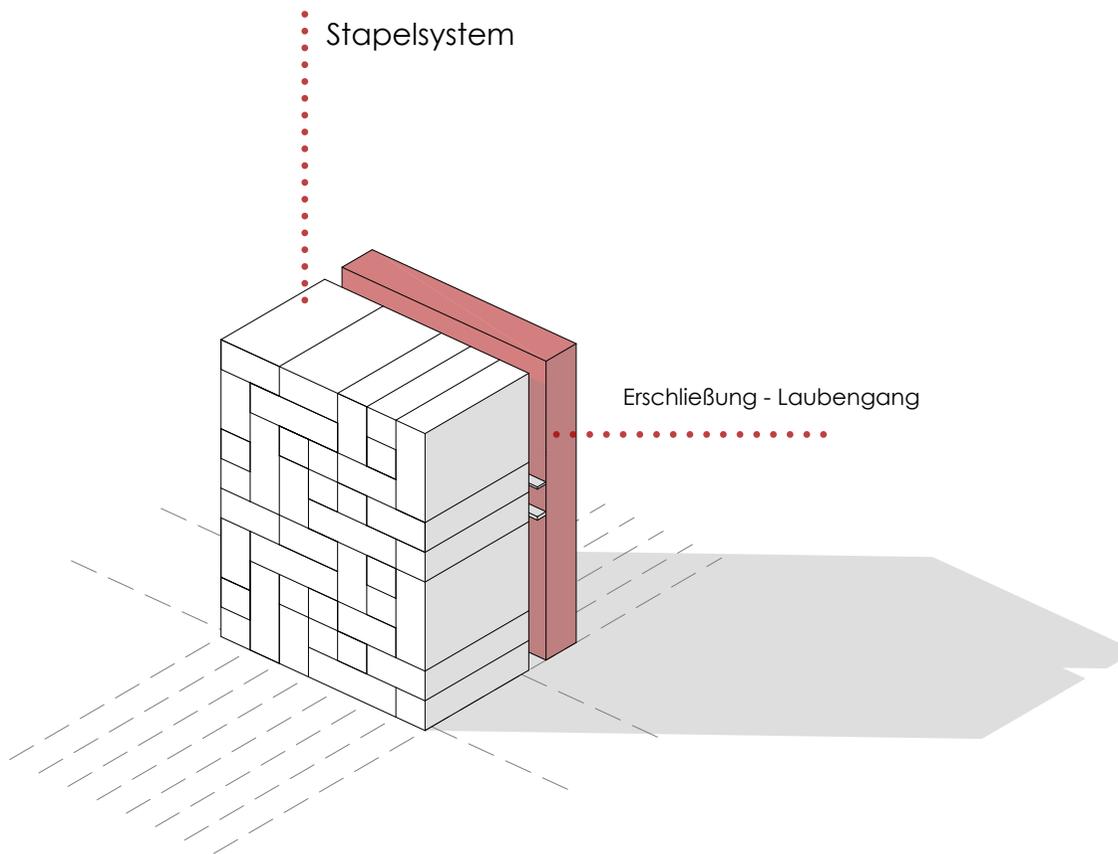


eingefügt werden. Jedoch leidet unter diesem System die Variabilität. So muss schon vor Baubeginn fest stehen welche Geschosshöhen benötigt werden und welche Achsabstände der Wandscheiben benötigt werden um ein Optimum an Wohnungen heraus zu holen.

Als weiteres System wurde das Skelettsystem geprüft. Wiederum, wird hierbei erst eine Primärtragstruktur erstellt, in die dann die einzelnen Elemente eingeschoben werden können. Wiederum ergibt sich hierbei ein gewisses Problem bei der Geschosshöhe, da diese nicht individuell vereinbar ist, sondern einem gewissen statischen System folgen müssen. Ein großer Vorteil bei dieser Variante jedoch ist, dass dieses System ein großes Potential für eine Nachnutzung bei Gebäuden mit einer Skeletttragstruktur besitzt. So könnte etwa unter Rücksichtnahme auf gewisse Anschlussdetails ein bestehendes Bürogebäude komplett entkernt werden, um anschließend die Module einzuschieben um das Gebäude nach zu nutzen.

- PRO** - hoher Vorfertigungsgrad
- hohe Variabilität
- mehrgeschossige Wohnungen

CON - genaueste Vorausplanung



Hierbei birgt dieses System ebenfalls großes Potential, da durch die üblichen Achsabstände innerhalb der Tragstruktur ebenfalls ein neues Stiegenhaus möglich wäre.

Anschließend wurde die Überlegung gemacht, wie sich ein System verhalten würde, bei dem die Module direkt aufeinander gestapelt werden würden. Diese Untersuchungen führten zum maßgeblichen Entwurfskriterium.

So konnte anhand einiger bereits gebauten Referenzprojekte wie etwa das BMW – Hotel Ammerwald von Architekt OLK I RUF aus Dornbirn, oder der Zubau des Hotels Post in Bezau des Architekten Johannes Kaufmann festgestellt werden, dass es sowohl bautechnisch als auch statisch möglich ist, selbstständige Module einfach übereinander zu stapeln. Dieser Aspekt führt zu einer logischen Ableitung im Entwurf. So wurde ein System aus Raumzellen entwickelt, welche übereinander gestapelt und miteinander



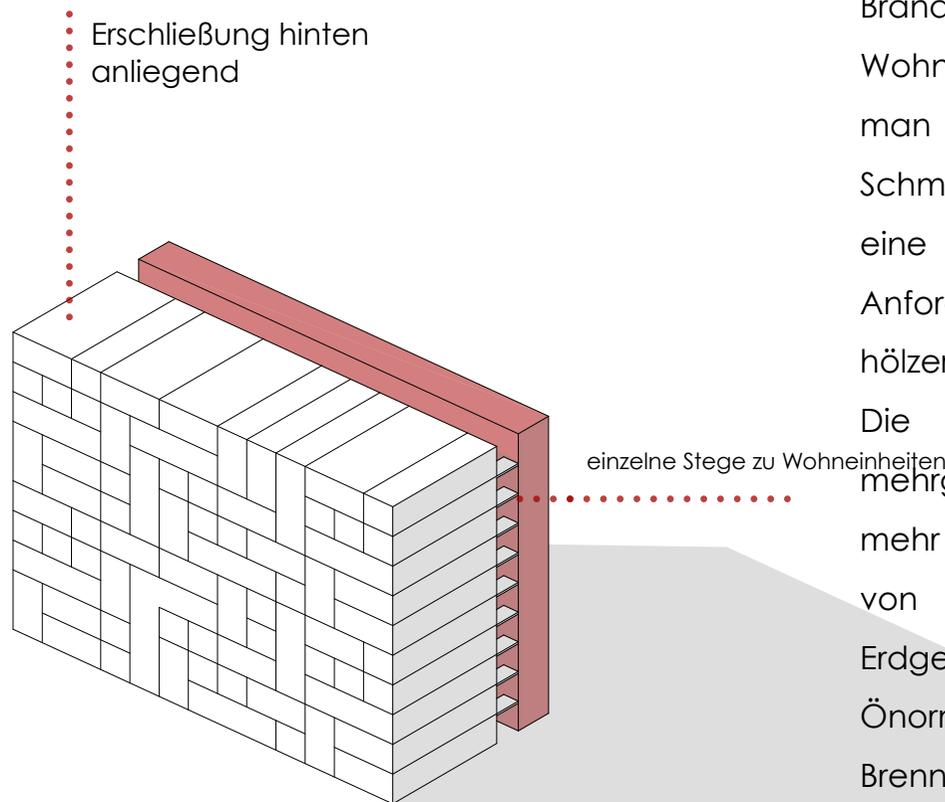
Abb.:24 Hotelzubau in Bezau

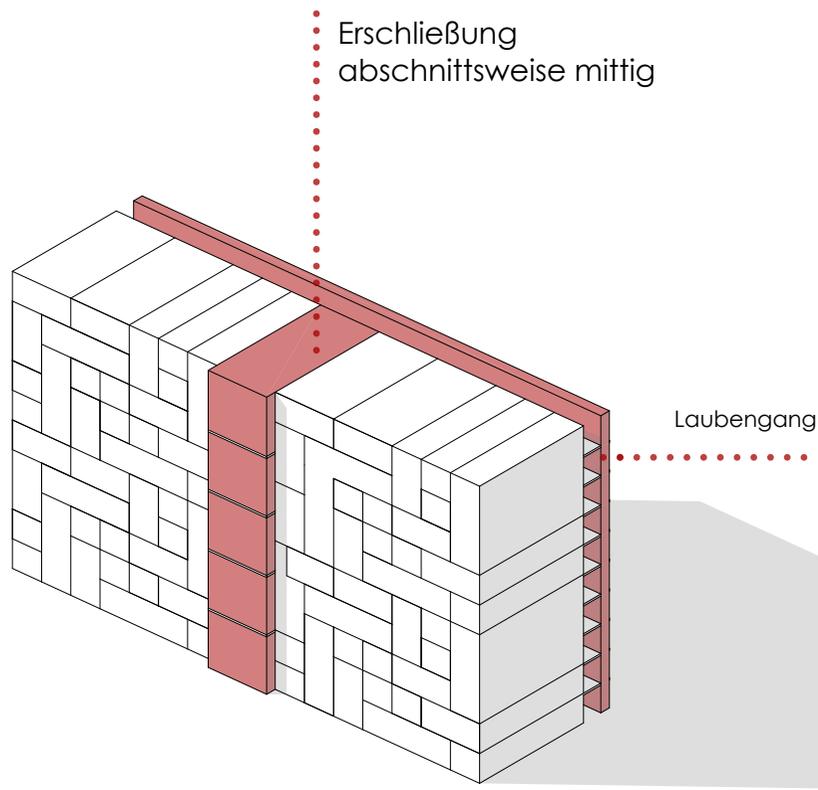
verbunden werden. Durch das Schaffen eines einzigen statischen Systems, ohne Primär- und Sekundärtragssystem, konnte im Entwurfsprozess eine gewisse Variabilität in Hinblick auf die Geschosshöhen geschaffen werden. So kann man etwa zwei oder drei Module übereinander schalten. Durch eine Primärtragstruktur wäre dies nicht bzw. nur mit erhöhtem Aufwand bei Detailanschlüssen möglich. Somit kann ein sehr kompakter Block aus Modulen geschaffen werden, welcher an die individuellen Kundenwünsche in gewissem Maß anpassungsfähig ist. Die möglichen Variationen sind durch gewisse vorher dem Konzept festgelegte Regeln bestimmt. So folgt der Entwurf immer einer gewissen Kriterienabfolge, welche nachstehend erläutert wird.

ERSCHLIESSUNG

Eines dieser Kriterien stellt die Erschließung des Wohngebäudes. So gibt es in Hinblick auf den Brandschutz im Bereich des mehrgeschossigen Wohnbaus aus Holz bestimmte Richtlinien an denen man sich orientieren muss. So erstellte DI Ferdinand Schmid von der Magistratsabteilung 35B der Stadt Wien eine Richtlinie mit brandschutztechnischen Anforderungen an Wohn und Bürogebäude mit hölzernen Tragstrukturen.

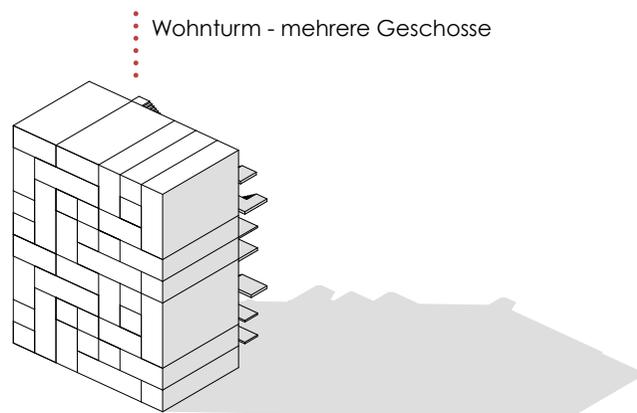
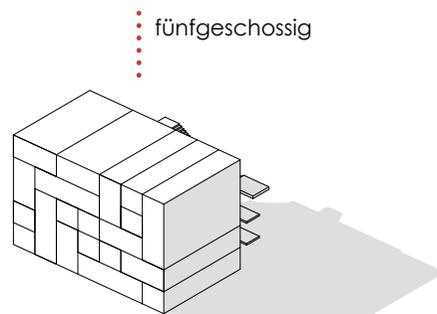
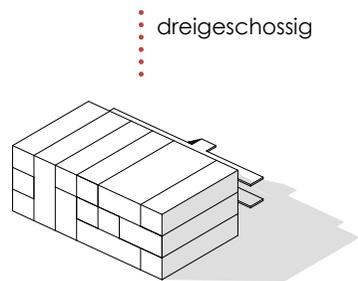
Die Autoren beschreiben, dass Stiegehäuser in mehrgeschossigen Wohnbauten mit Holztragstruktur bei mehr als zwei Hauptgeschossen einen brandwiderstand von mindestens F60 aufweisen müssen, wenn das Erdgeschoss in F90 ausgeführt wurde. Hierbei dürfen lt. Önorm B3800-1 bzw. B3810 Stiegenbeläge eine Brennbarkeitsklasse bzw. Qualmbildungsklasse von „A“ nicht unterschreiten.





Diese Vorgaben und der Entwurfstechnische Ansatz führte zu einer klaren Anordnung des Stiegenhauses neben bzw. hinter dem Gebäude. So erwiesen sich diese Anordnungen als maßgeblich für den weiteren Entwurfsverlauf. So muss individuell abgeklärt werden, welcher Typus für die aktuelle Baustruktur am geeignetsten ist. Dies bezieht sich vor allem auf die Bebauungsweise, da bei einem lang gezogenen Block etwa brandabschnitte von 1000 m² nicht überschritten werden dürfen. So eignet sich das seitlich liegende Stiegenhaus, da an diesem Punkt eine Brandschutzmauer errichtet werden muss, die auch die Einhausung des Stiegenhauses bilden kann. Genauere Vorgaben seitens der Behörde siehe Anhang 1.²⁹

²⁹ Vgl. Holzweisen für den verdichteten Wohnbau, O.Univ.Prof. DDI Wolfgang Winter, O. Univ. Prof. DI DDR. Jürgen Dreyer, DI Helmut Schöberl, S 73 - 85



GEBÄUDEHÖHE

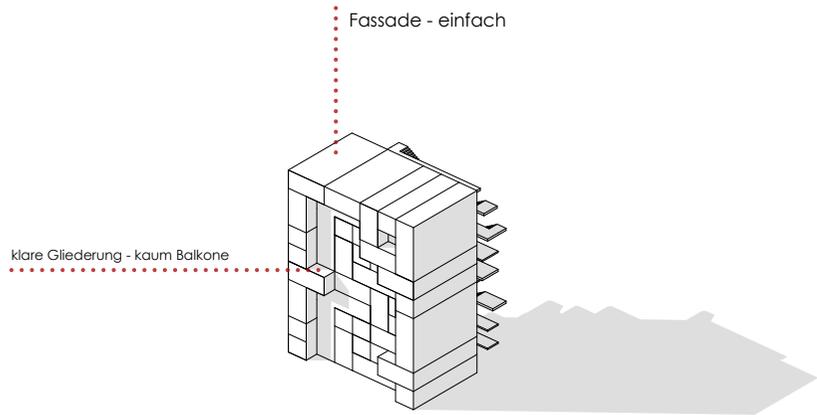
Dar wir uns im Bereich des mehrgeschossigen Wohnbaus aus Holz befinden sollte im Entwurfsprozess als wichtiger Aspekt, die zu erreichende Gebäudehöhe nicht außer acht gelassen werden. Im bisherigen Entwurfsverlauf ergab sich ein System welches mit einer gewissen Komplexität bestückt ist. Dies geschieht auch in Bezug auf die Gebäudehöhe. So können die einzelnen Module verbunden miteinander einerseits recht flach mit z.B. drei geschossen erstellt werden. Andererseits kann unter Rücksichtnahme auf die statischen Verhältnisse ein Gebäude mit den in Wien lt. Wiener Bauordnung 2001 erlassenen Richtlinie von fünf Geschossen herstellen.

In Anbetracht des großen Zuspruchs im Bereich des Holzbaues und der schnellen Entwicklung der Brandschutzvorkehrungen richtet sich der Entwurf den aktuellen Internationalen Tendenzen. Diese bestärken den mehrgeschossigen Holzbau über fünf Geschosse hinaus. So stand ein weiteres Entwurfskriterium in der



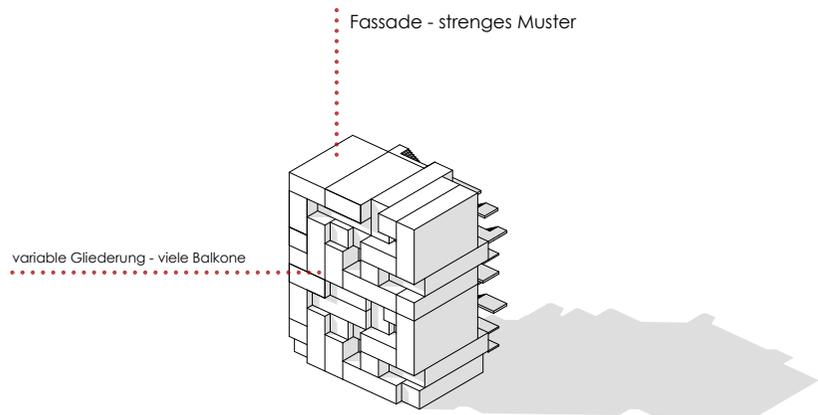
Abb.:25 BMW – Hotel Alpenhof, Ammerwald

Möglichkeit der Höhenvariabilität über die üblichen Geschossanzahlen hinaus. So kann etwa ein in Wien errichtetes fünfgeschossiges Gebäude dieses Systems den aktuellen Höhenvoraussetzungen entsprechen. Sobald jedoch die umliegenden Gebäude oder sogar selbiges Grundstück auf dem das Gebäude steht mit einer höheren maximal zulässigen Gebäudehöhe versehen wird, kann durch das gewählte System auf recht einfache Weise die Gebäudehöhe um zusätzliche Geschosse erweitert werden. Dies bedarf bei herkömmlichen Bauweisen extrem hoher Aufwände. Durch die modulare Bauweise beschränkt sich diese jedoch nur auf wenige Punkte, wie z.B. den Lift, die Fassadenverkleidung und Statik. Durch die Anwendung eines gut gewählten statischen Konzepts innerhalb der Module, lassen sich bereits bisher errichtete Modulbauten lt. Angaben der Architekten um weitere Geschosse jeder Zeit ohne weiteres erweitern. Siehe hierzu Referenzprojekt BMW – Hotel Alpenhof, Ammerwald des Architekten OLK | RUF aus Dornbirn.



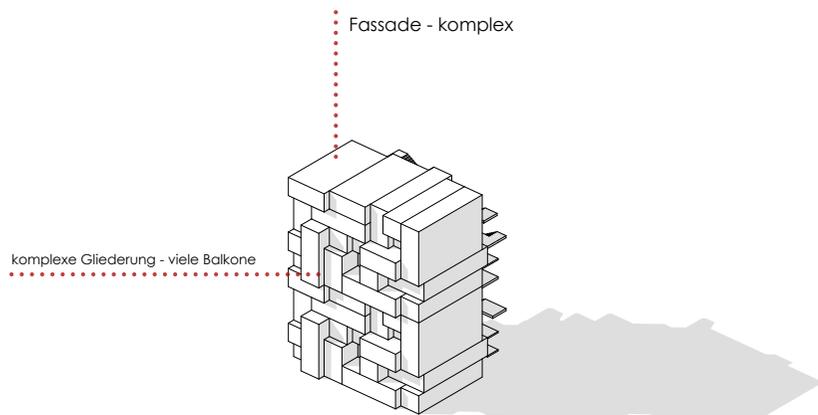
Fassade - einfach

klare Gliederung - kaum Balkone



Fassade - strenges Muster

variable Gliederung - viele Balkone



Fassade - komplex

komplexe Gliederung - viele Balkone

FASSADENGESTALTUNG

Durch das Modulare Entwurfskonzept birgt die Fassade eine besonders interessante Herausforderung.

Auf Basis der im Zuge des Entwurfes durchgeführten Analysen stellte sich heraus, dass meist bei Modulen Holzbauten die Module ansich komplett fertig zur Baustelle gebracht wurden, jedoch die Fassade nachträglich montiert wurde. So können verschiedene Fassadenkonstellationen hergestellt werden, indem man etwa die einzelnen Module nach vorne schiebt. Durch das schieben einzelner Module ergeben sich anschließend einerseits komplett unterschiedliche Fassadenbilder, andererseits können dadurch Flächen für Balkone geschaffen werden. Das Fassadenmuster kann ebenfalls unter einem Aspekt entwickelt werden, der die Verschattung der eigenen Fassadenfläche betrifft. Dies erkennt man dann zum Beispiel in einem strengen Muster wieder. Ebenso kann die Fassade komplett komplex und nach Kundenwunsch gestaltet

werden. So berücksichtigt der Entwurf wiederum eine fest vorgegebene Regel, welche beschreibt in welchem Maß die Module wohin verschoben werden dürfen. Diese Regel hängt direkt mit dem Grundrisschlüssel zusammen, der vorgibt welche Wohnung sich wo befindet. Durch diese Möglichkeit können Gebäude erbaut werden, die alle den selben Wiedererkennungswert haben, jedoch als Gebäude ansich individuell in Erscheinung tritt.

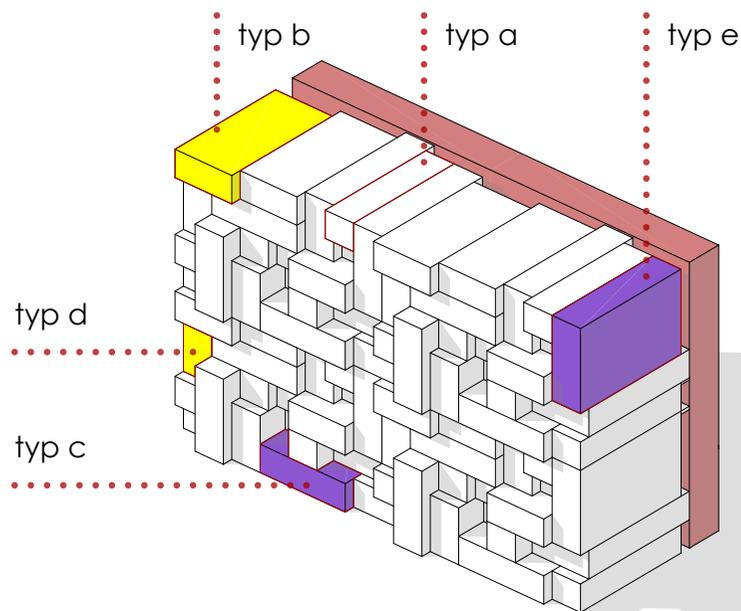
MODULTYPEN

Anhand der im Entwurfsprozess entstandenen Kriterien stellt sich das Gebäude als modulares Baukastensystem mit unabhängiger Tragstruktur dar. Dies ermöglicht ebenfalls eine gewisse Variabilität bei der Grundrissentwicklung.

So konnte durch die Modulare Konstellation das Gebäude durch unterschiedliche Wohnungstypen definiert werden.

Diese Wohnungstypen bestehen alle aus den selben Grundmodulen (typ a).

Vervielfacht man diese Grundmodule, so erhält man unterschiedlich große Wohnungen, die sowohl horizontal, als auch vertikal angeordnet werden können.

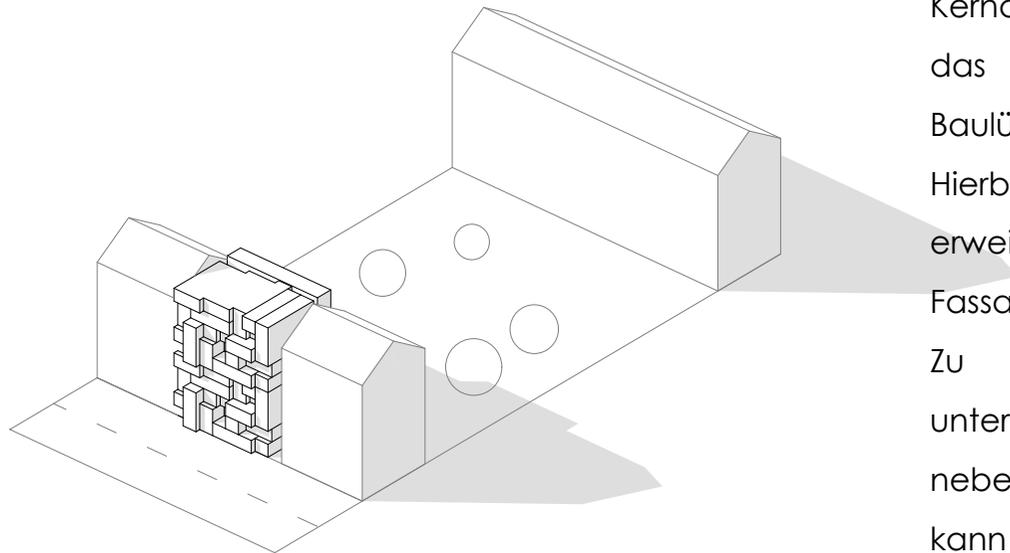


BEBAUUNGSWEISE

Im weiteren Entwurfsprozess galt es, heraus zu finden auf welche bebauungsweisen das Modulkonzept anwendbar ist. So kristallisierten sich einige Bauungsweisen als hervorragend heraus.

Kernargument des Entwurfes sollte natürlich sein, dass das Gebäude als eigenständiges Objekt in einer Baulücke im städtischen Bereich Anwendung findet. Hierbei rücken wiederum die Argumente der erweiterbaren Bauungshöhe und Variabilität der Fassade in den Vordergrund.

Zu bedenken ist vor allem, aufgrund der unterschiedlichen Baulückenbreite, wie viele Module nebeneinander anzuordnen sind. Dementsprechend kann man den restlichen Bereich als Erschließungsnarbe oder Durchgang für eine hinten angeschlossene Erschließung nutzen. Durch das nachträgliche Anbringen der Fassade kann auch noch, falls es einen

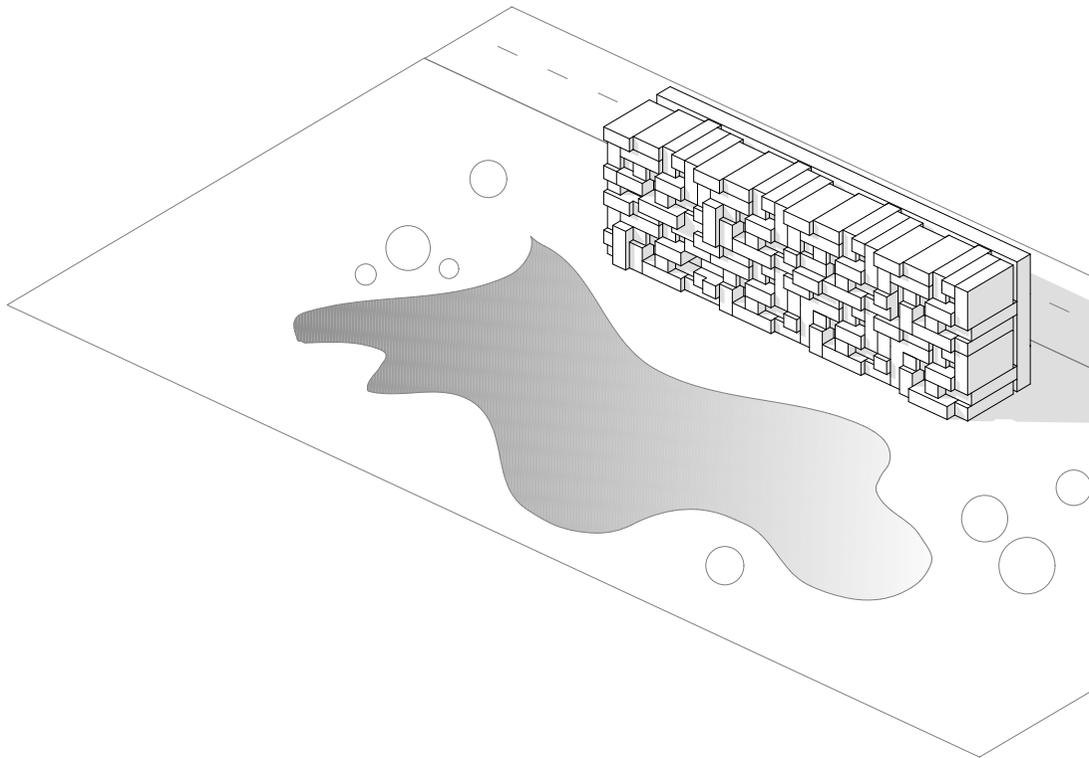


Bauweise - Baulücke

architektonischen Widerspruch der Traufenhöhen gibt künstlich angepasst werden.

Weiters ist das Architektonische Konzept auch auf eine Streifenbauweise anwendbar. So kann sowohl im innerstädtischen Bereich, als auch auf größeren brach liegenden Grundstücken ein Streifen dieses Gebäudes hergestellt werden. Durch die selbstständige Architektur und einem ganzheitlichen Konzept kann somit ein sehr schönes Ensemble geschaffen werden.

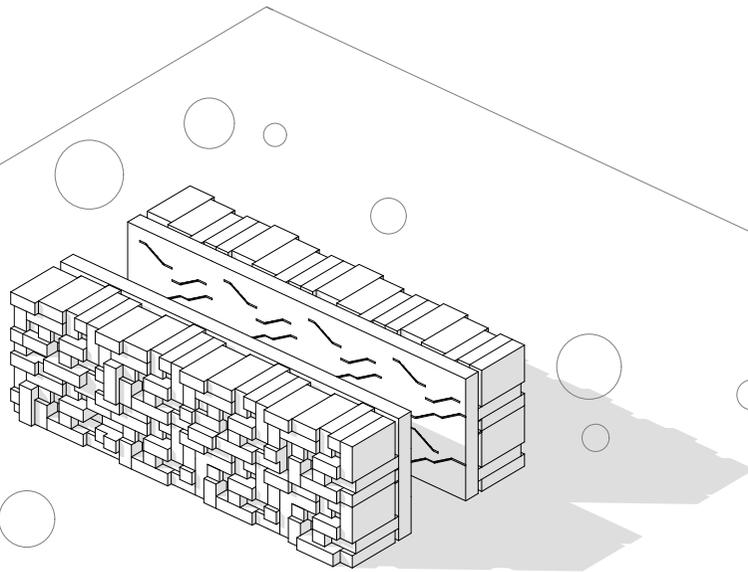
Hierbei gilt, eine genaue Recherche in Bezug des Brandschutzes zu führen, da die vorgeschriebenen Brandabschnitte eingehalten werden müssen. Somit ergibt sich die Möglichkeit auf ein seitlich liegendes Stiegenhaus auszuweichen. Der rückseitig liegende Laubengang muss jedoch erhalten bleiben um die Erschließung zu den einzelnen Wohnungen zu ermöglichen. In größeren Komplexen können Module ebenfalls zu Gemeinschaftsräumen adaptiert werden.



Bauweise – Streifen alleinstehend

Die Streifenbebauungsweise ist auch insofern erweiterbar, als dass man zwei Gebäude gegenüberstellen könnte. Da sich in dem Fall dann nur die Laubengänge gegenüberstehen, birgt diese Bauungsweise keine Probleme in Hinsicht auf die Sichtverhältnisse zueinander. Der Laubengang bringt dem jeweiligen Gebäude eine gewisse Pufferzone.

In diesem Fall kann man auch ein schönes Arrangement aus Verbindungswegen und Erschließung zwischen den Gebäuden schaffen. Somit kann eine ruhiger und definierter Wohnkomplex gebaut werden. Dabei bietet etwa die Landschaftsplanung eine Vielzahl an Möglichkeiten. Wie etwa in einem sehr gut gelungenem Projekt Frankie & Johnny Student Housing Plänterwald der Architekten Holzer Kobler.



Bauweise – Streifen gegenüberstehend

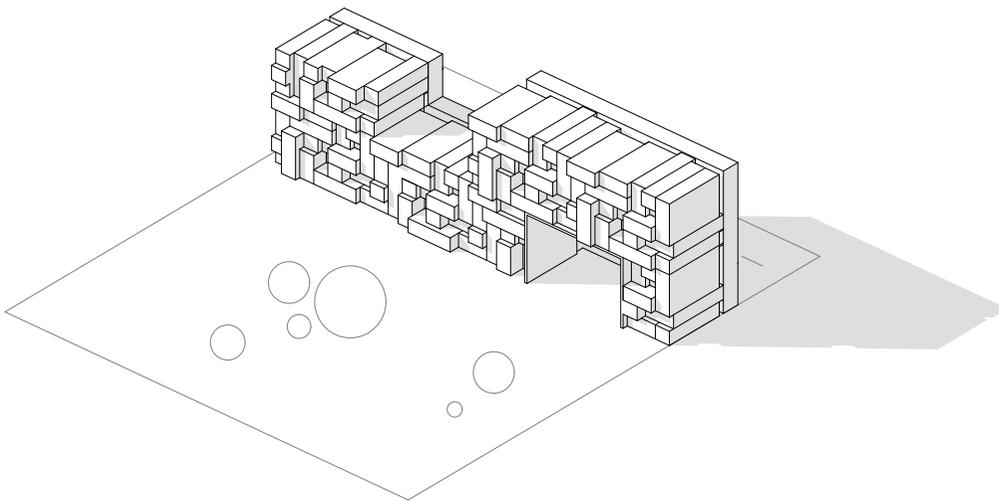


Abb.:26 Visualisierung, Frankie & Johnny Student Housing



Abb.:27 Grundriss, Frankie & Johnny Student Housing

Untersucht man die Streifenbauweise in Bezug auf den Entwurf weiter, so kommt man schnell zu dem Ergebnis, dass es auch möglich ist eine Art Skulptur aus den Modulen zu bauen. Man kann durch verschiedene Höhenabwicklungen der gestapelten Module eine komplett eigenständige Gebäudesilhouette herstellen. Mit Hoch und Tiefpunkten kann zusätzlich nutzbarer Raum, wie etwa eine groß angelegte Terrasse auf dem Gebäude geschaffen werden. Ebenso ist es durch anbringen einer Sekundärtragstruktur möglich, dass man das Gebäude über dem Erdgeschossniveau beginnen lässt. Dies kann von Vorteil sein, wenn man etwa den architektonischen Gestaltungsgrad oder eine groß angelegte Durchfahrt anstreben möchte. Der Nachteil bei dieser Möglichkeit liegt jedoch darin, dass somit wieder der Grad der Vorfertigung beeinträchtigt wird. Anzustreben wäre es eine schöne Komposition aus all diesen Kriterien zu schaffen um den Kundenwünschen bestmöglich zu entsprechen, jedoch nicht auf die Architektur zu verzichten.



Bausystem – Streifen - Skulptur

DAS MODUL

„Als Modul bezeichnet man zum einen das Grundmaß für ein geometrisches Ordnungssystem und zum anderen ein Element, das auf Grundlage eines Ordnungsprinzips in einem System positioniert wird. Z.B. Stützen, Wandtafeln, Raumzellen. Die Maßeinheit der Moduln ist eine technische Größe und wird als Modul (M) bezeichnet. Bei der Gebäudeplanung werden darauf aufbauend für den Rohbau und Ausbau Grundmaße festgelegt. In Europa gilt der allgemeine Grundmodul $M = 100 \text{ mm}$. Die Bauteilmaße der Gebäude, deren Maßordnung sich auf diesen Modul beziehen, müssen ganzzahlige Vielfache des Grundmoduls sein. Sinnvolle Vorzugsmaße für verschiedene Planungsmoduln werden als Multimodul nach DIN 18 000 wie folgt definiert: $3 M = 300 \text{ mm}$, $6 M = 600 \text{ mm}$, $12 M = 1200 \text{ mm}$

Der Grundmodul ist eine Größeneinheit, die als Maßsprung in Maßordnungen verwendet wird. Der Multimodul ist das genormte Vielfache des Moduls mit einem ganzzahligen Multiplikator. Der sogenannte Strukturmodul ist das Vielfache der Multimoduln und legt als Zahlenwert die Koordinationsmaße für das Tragwerk fest.

Vorzugsmaße:

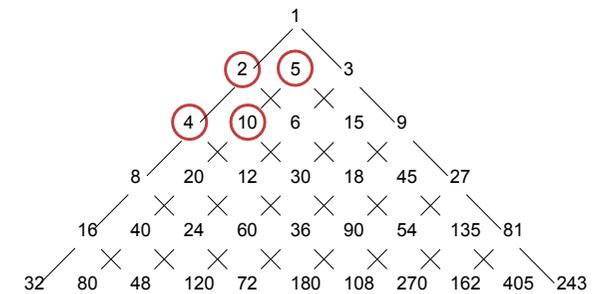
Vorzugszahlen sind ausgewählte Vielfache der Moduln. Ihre Zählwerte ergeben in Verbindung mit den Moduln Vorzugsmaße als multimodulare bzw. modulare Maße. Aus ihnen sollen die Koordinationsmaße vorzugsweise gebildet werden.“³⁰

So wurde ein Maß von 4 m x 5 m Grundfläche festgelegt. Dieses Grundmodul soll zwei mal aneinandergesteckt werden können und ergibt somit das Gesamtmodul (eine Wohneinheit)

Durch Verwendung dieses Modulsystems ist es möglich nach europäischen Richtlinien ein Maßkoordinatensystem zu schaffen das in jede Maßeinheit günstig umsetzbar ist.

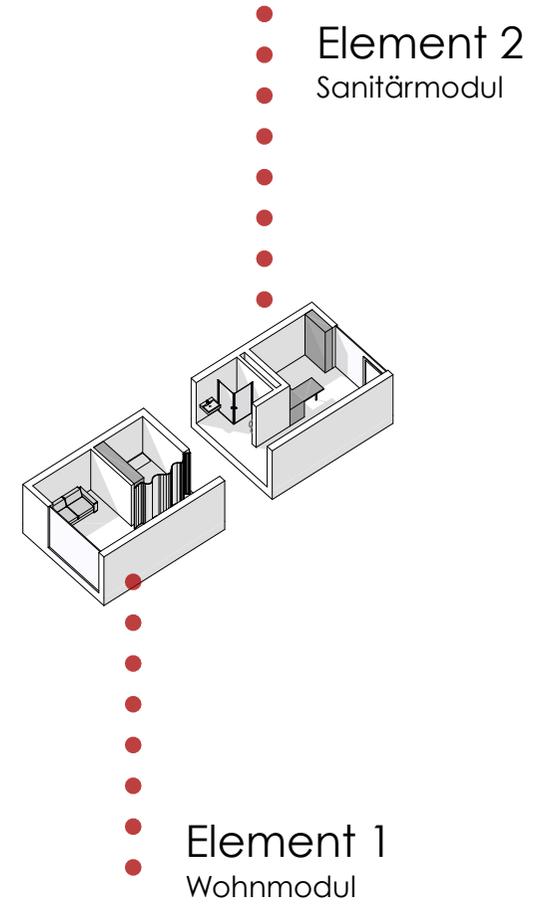
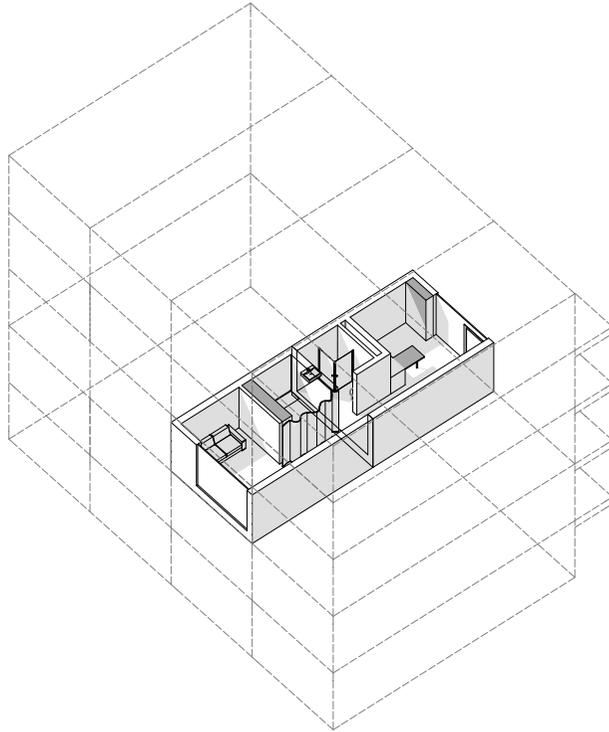
Ebenso werden die für den Transport nötigen Rahmenbedingungen geschaffen. So wurde bei der Bemaßung der einzelnen Module besonderen Wert darauf gelegt, dass die Abmessungen im Rahmen wirtschaftlicher Transportmaße liegen. So können ohne weiteres mindestens zwei Module auf einem Tieflader ohne Übergröße transportiert werden. Der Wirtschaftliche Transport wird ermittelt aus dem Wert des Bauteils und der Beförderungskosten. So kann man sagen, dass bei komplett ausgestatteten Baueinheiten bzw. Module bis ca. 1000km Transportradius wirtschaftlich sind.³⁰

³⁰ Vgl. *Detail, Elemente + Systeme*, S 40 - 46



Grundmodul = 4 m x 5 m

Multimodul = 2 x 5 m = 10 m Modullänge



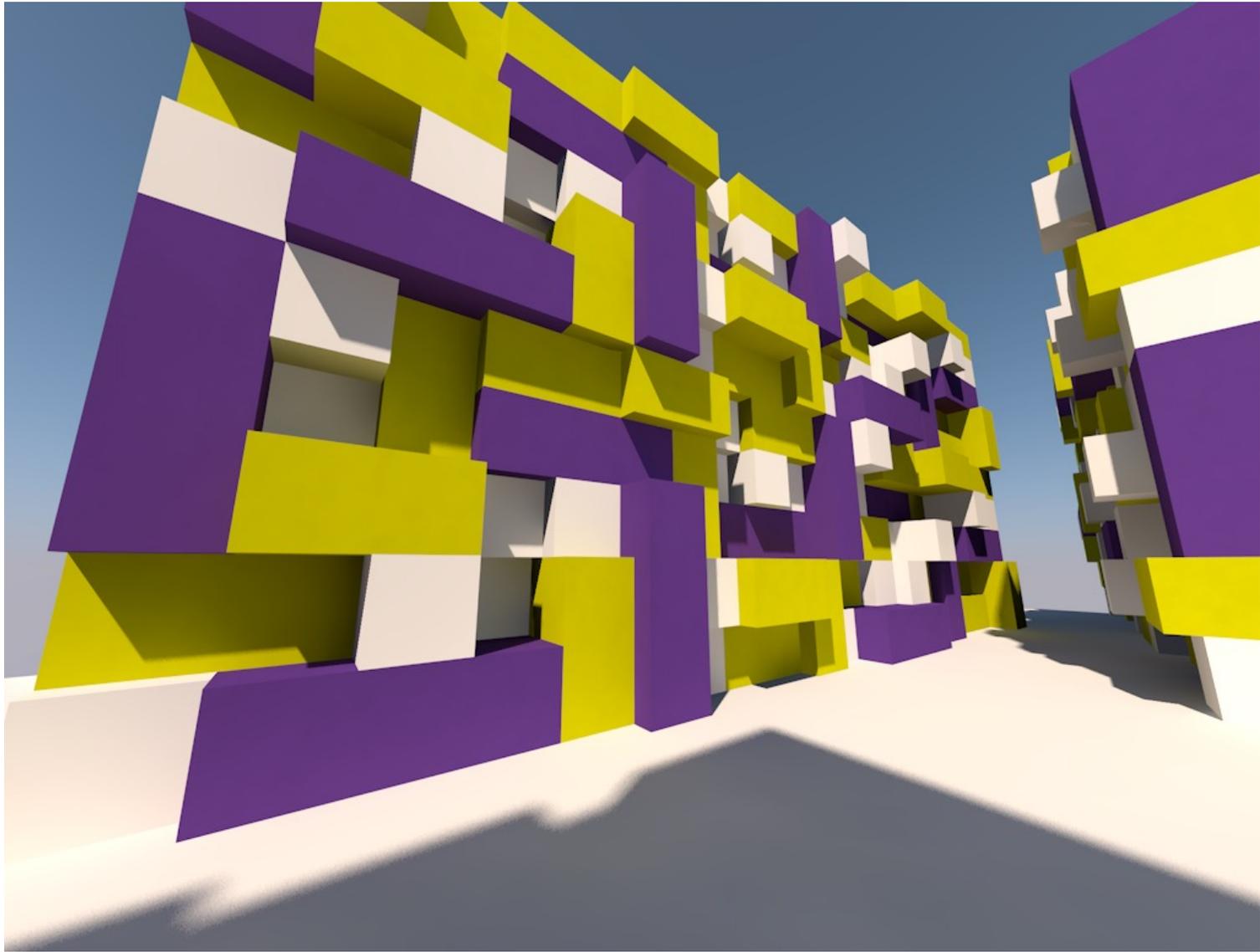
DIE BAUEINHEIT

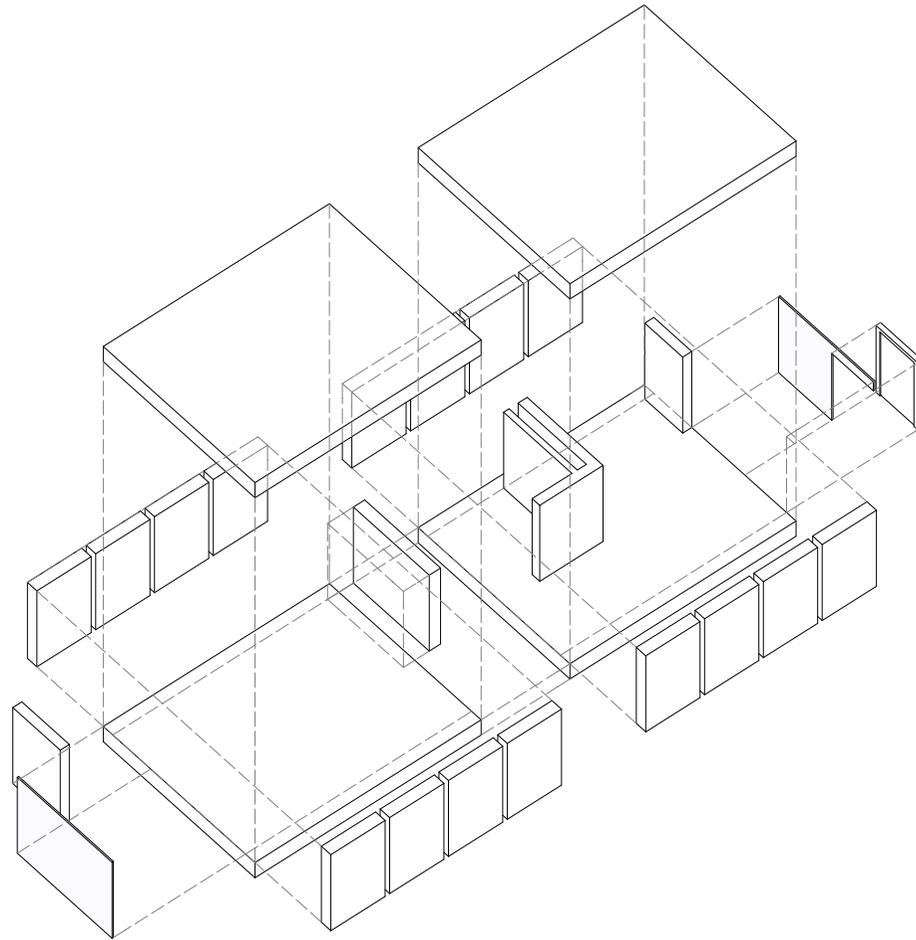
Eine Baueinheit bzw. Wohnung besteht aus mindestens zwei Elementen. Aus einem Sanitärmodul und aus einem Wohnmodul. Somit besitzt eine Wohneinheit ein Außenmaß von 4 m Breite und 10 m Tiefe. Die Module werden schon fix fertig mit dem Grundmobiliar eingebauten Teilen und wetterfest verpackt an die Baustelle geliefert. Dort werden sie anschließend gelagert und nach Zeitplan zu den einzelnen Wohneinheiten zusammengebaut. Steht das Fertige Konstrukt aus Wohnmodulen muss nur noch die Fassade angebracht werden. Hierbei hat sich in den meisten Fällen wie zb. BMW Hotel Alpenhof, in Ammerwald oder beim Life Cycle Tower in Dornbirn eine vorgehängte Aluminiumfassade bewährt. Die einzelnen Wohneinheiten werden schon vor Baubeginn konfiguriert, sodass man einen optimalen Wohnungsschlüssel hat. Des weiteren wird vorab schon festgelegt, welche Wohnung sich an genau welcher

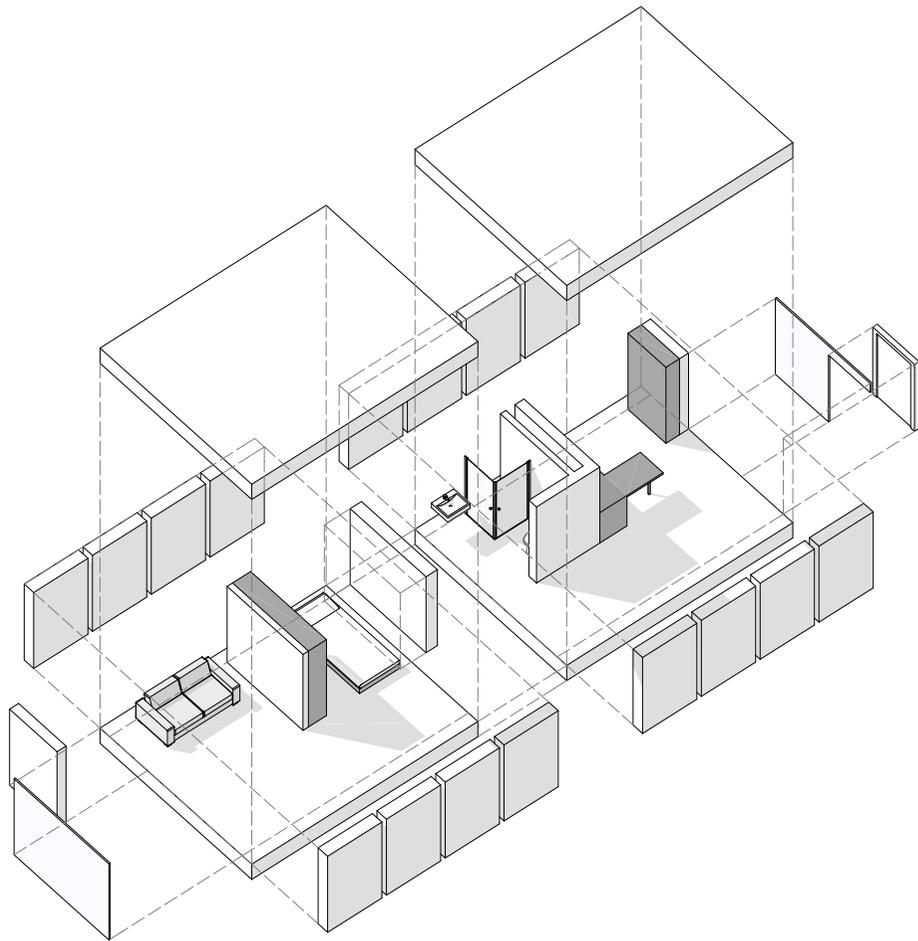
Position befindet. Dies ist vor allem für die Positionierung der Balkone und die Anschlüsse zum Laubengang wichtig. Die Entwicklung solcher vorgefertigten Module ist bereits schon so weit, dass diese von einigen Firmen wie zb. Kaufmann Systeme im Werk am Fließband hergestellt werden. Bei einem perfekt vorgeplanten Gebäude aus Modulen können nach Angaben von Kaufmann Systeme etwa 14 Module pro Tag auf der Baustelle montiert werden. Dies bringt erhebliche Kosteneinsparungen bei der Bauzeit und ebenso bei der Vermietung, da das Gebäude durch die verkürzte Bauzeit früher zur Vermietung steht. ³¹

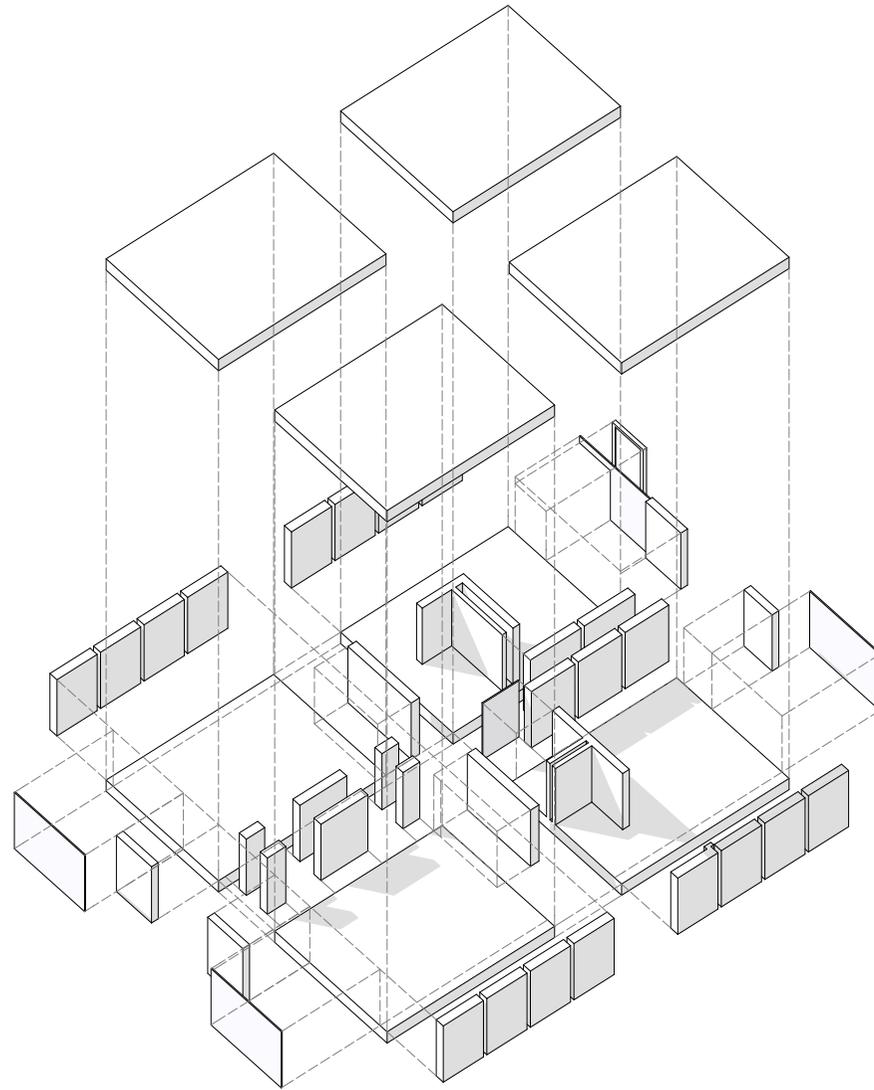
³¹ Vgl.

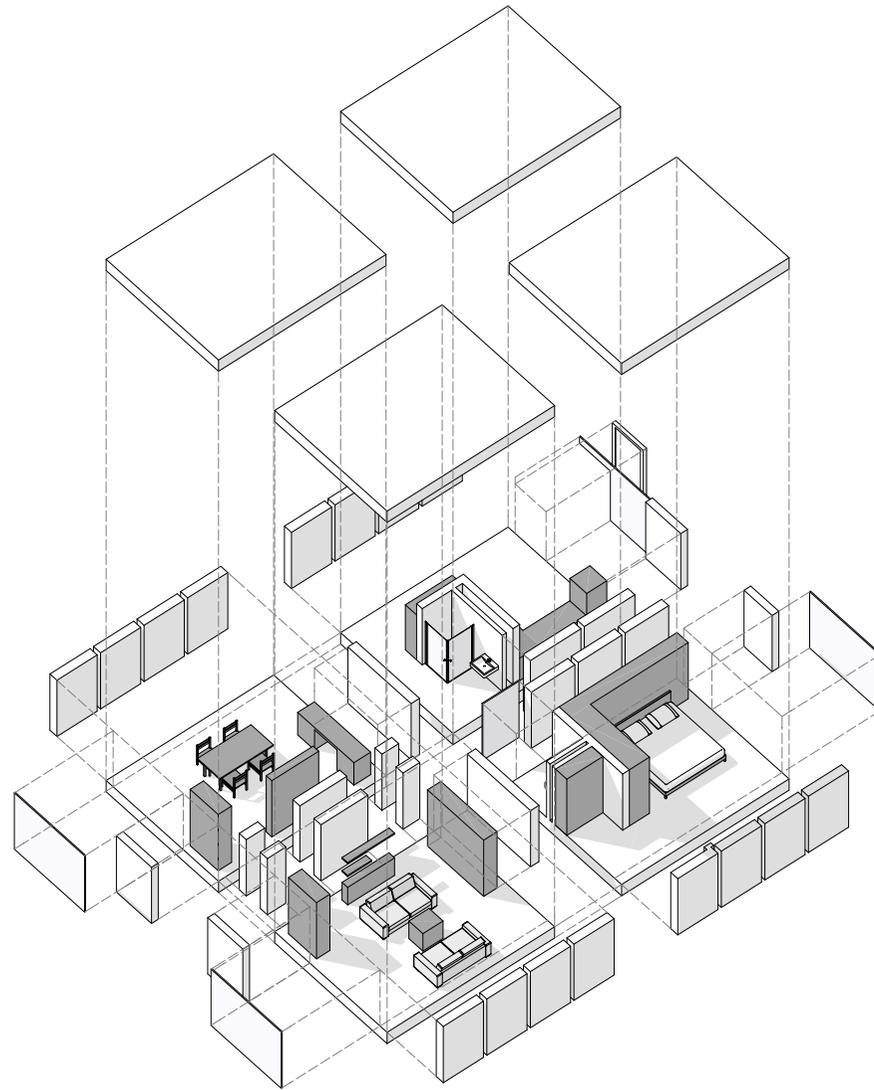
http://www.klh.at/fileadmin/klh/kunde/2011/News_Presse/Publikationen/01_02_2013_Holzbau_-_Bauen_mit_System.pdf











WOHNUNGSKONFIGURATOR

Die einzelnen Wohnungen besitzen trotz des strengen Konstruktionsrasters durch die Module eine sehr hohe Flexibilität. So ist trotzdem anzumerken, dass bei so einem Modulsystem der größte Einflussfaktor zum Zeitpunkt der Planung besteht. Hierbei können sich Kunden aus einem Grundrisschlüssel eine Wohnungskonfiguration aussuchen. Innerhalb der einzelnen Grundrisse der Wohnungen wird eine Grundausrüstung vorgesehen. Da sich aber die Grundrisssmaße auf ca. 16 m² pro Modul belaufen besitzt jedes Modul noch ein gewisses Maß an Planungsfreiheit. Dabei ist jedoch zu beachten dass immer nur von einer Seite belichtet werden kann. So kann man trotzdem durch offene Nischen bzw. Zwischenräume abgetrennte innerhalb des Grundmoduls schaffen.

Nachstehend wird ein Grundrissgenerator dargestellt, der das große Maß an Möglichkeiten innerhalb des Entwurfs der Modulbauweise zeigen soll. So wurde

versucht ein möglichst breites Spektrum an Wohnungsinteressen abzudecken.

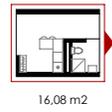
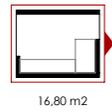
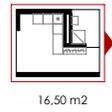
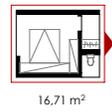
Dabei besteht jede Wohnung aus mindestens einem Sanitärmodul und einem Grundmodul. Diese sind dann nach belieben erweiterbar.

GRUNDRISSGENERATOR

Grundmodul Rollstuhl

Grundmodul

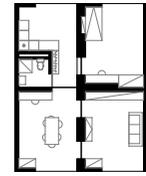
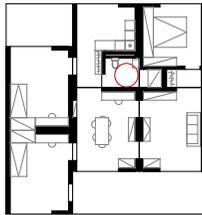
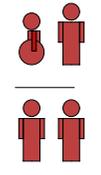
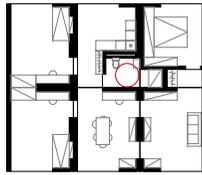
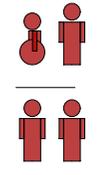
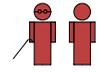
Sanitärmodul



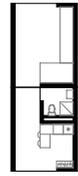
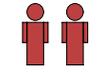
Pensionist mit Pflegeperson

Familie mit Rollstuhl

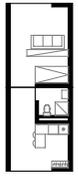
mit Balkon



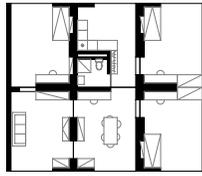
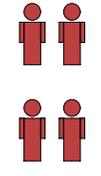
Paar



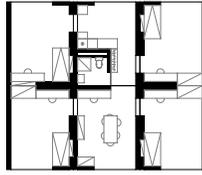
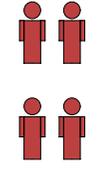
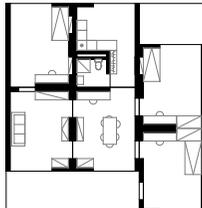
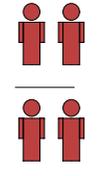
Single jung



Single



Familie

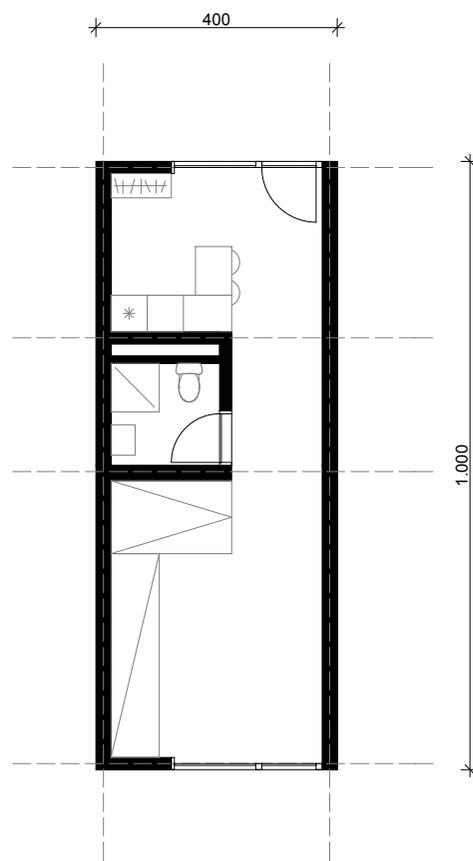
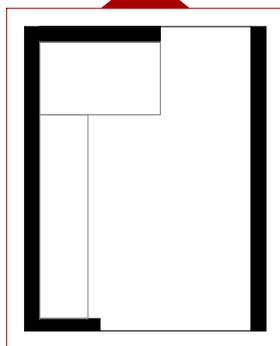
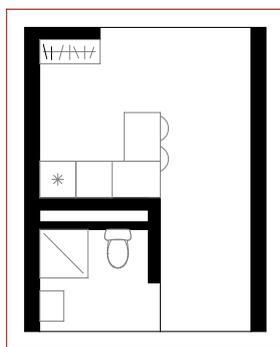


WG Studenten

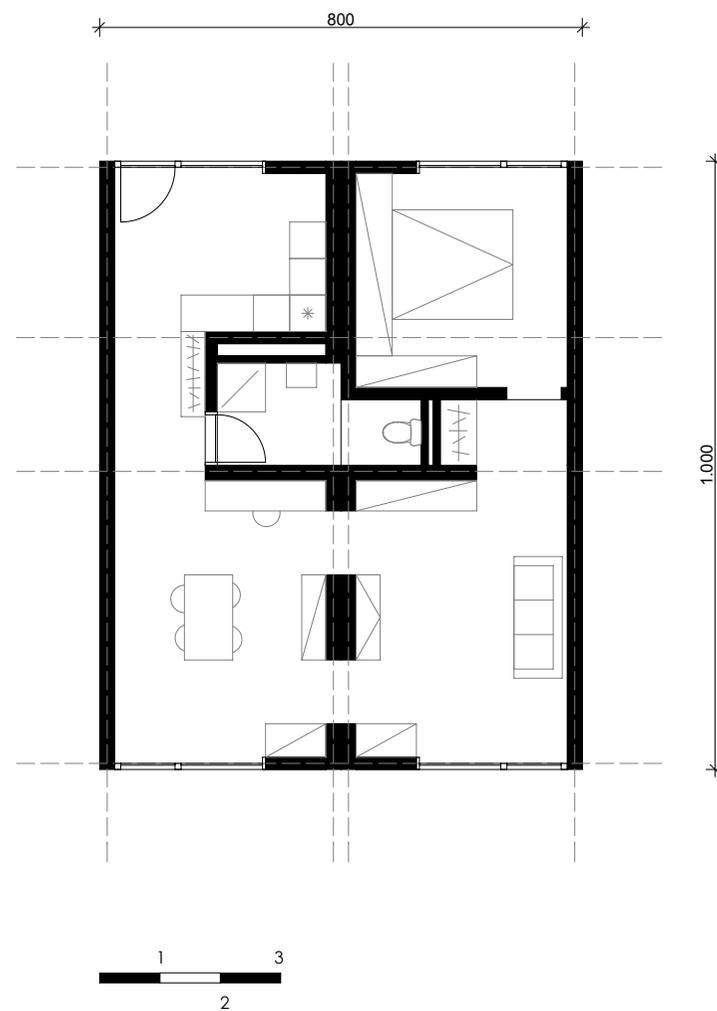
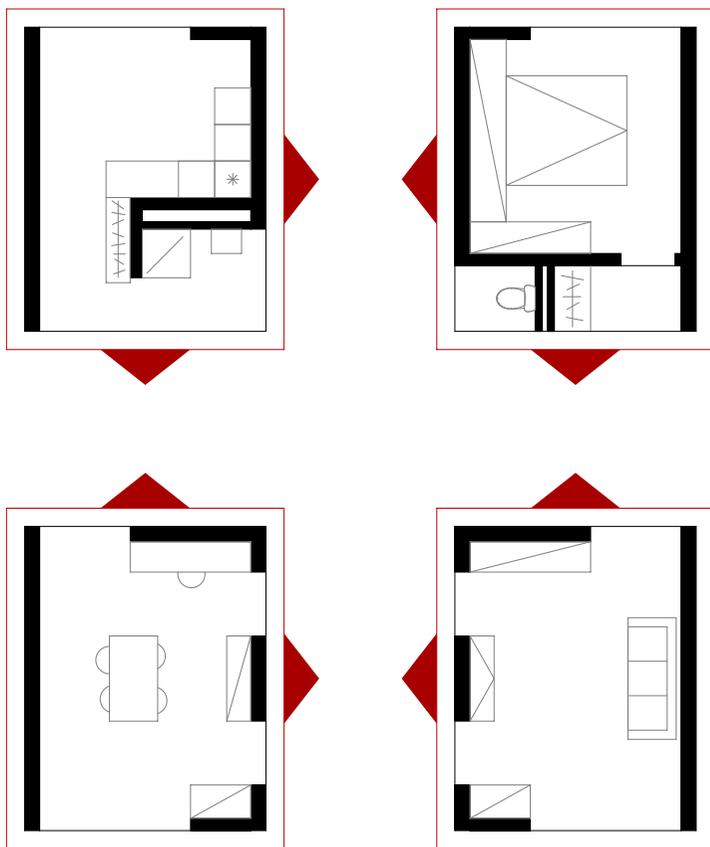


GRUNDRISSTYPEN

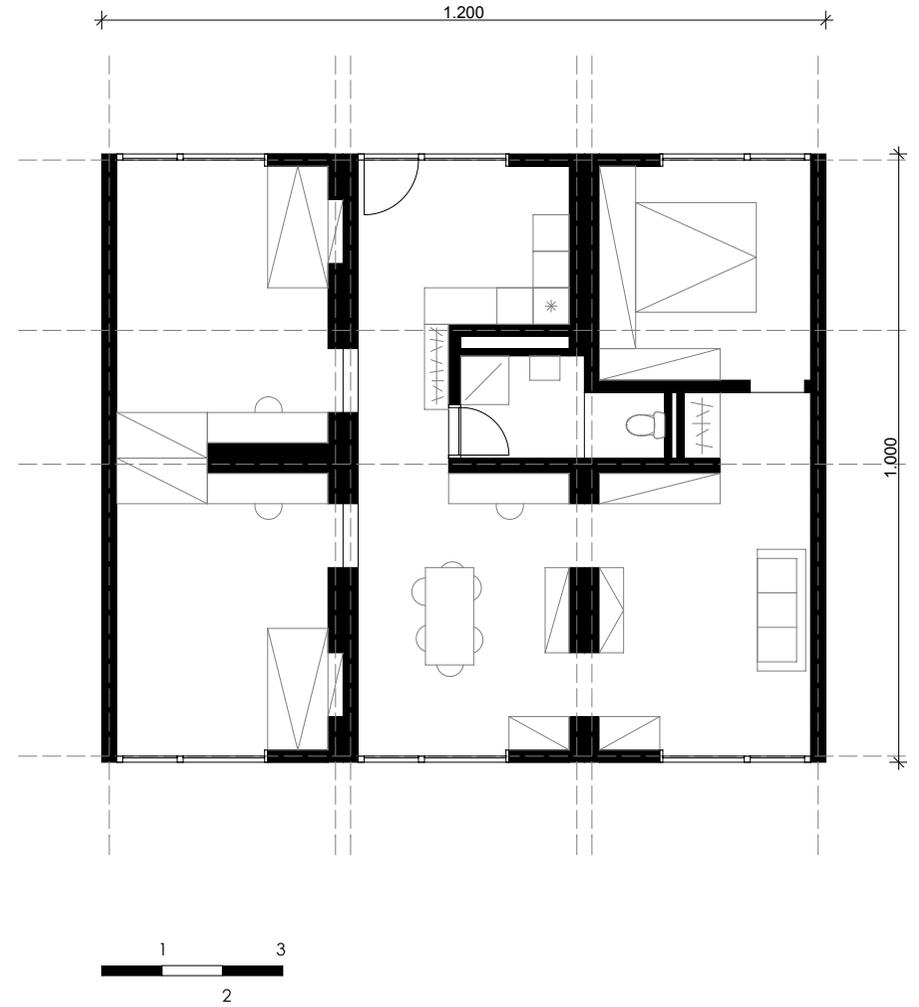
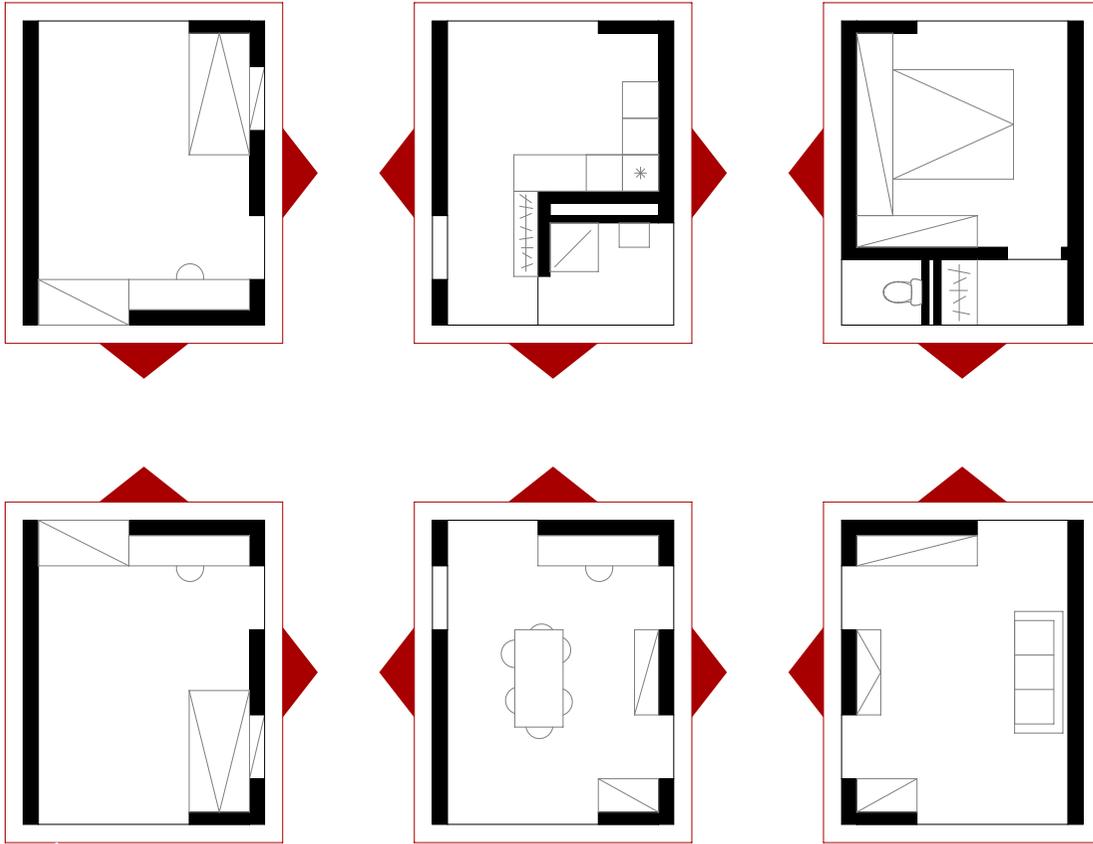
M 1:125



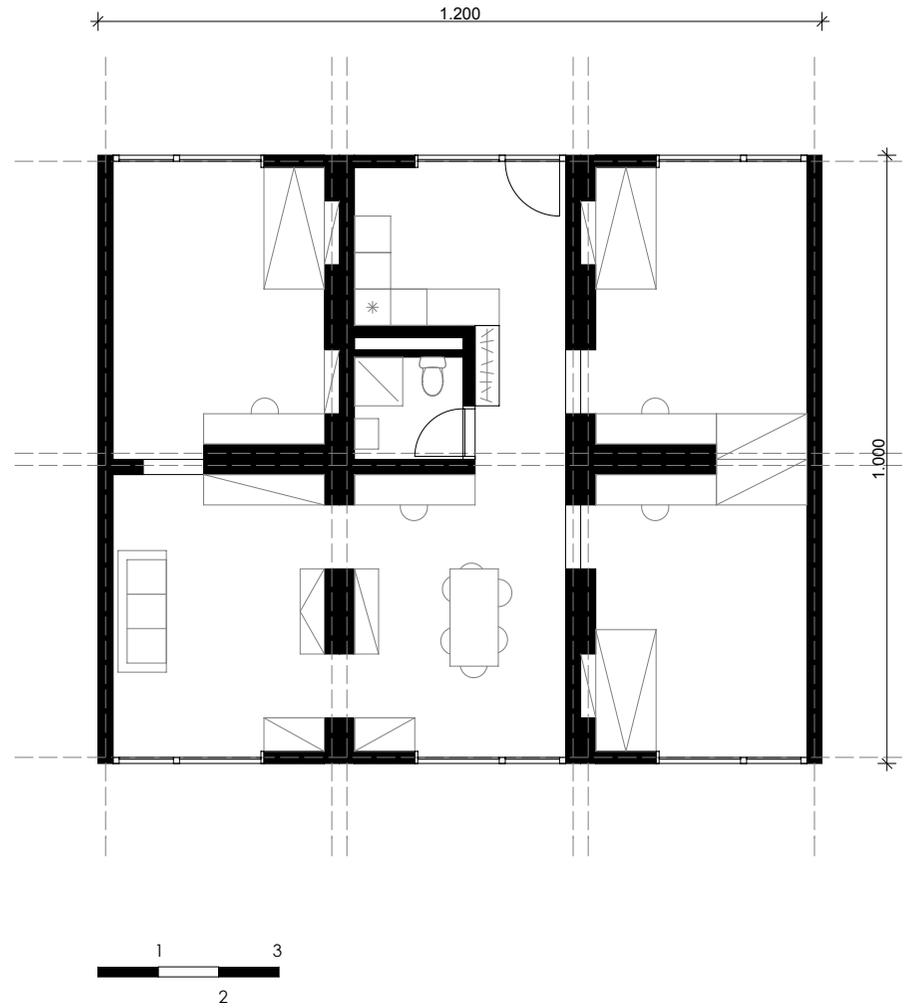
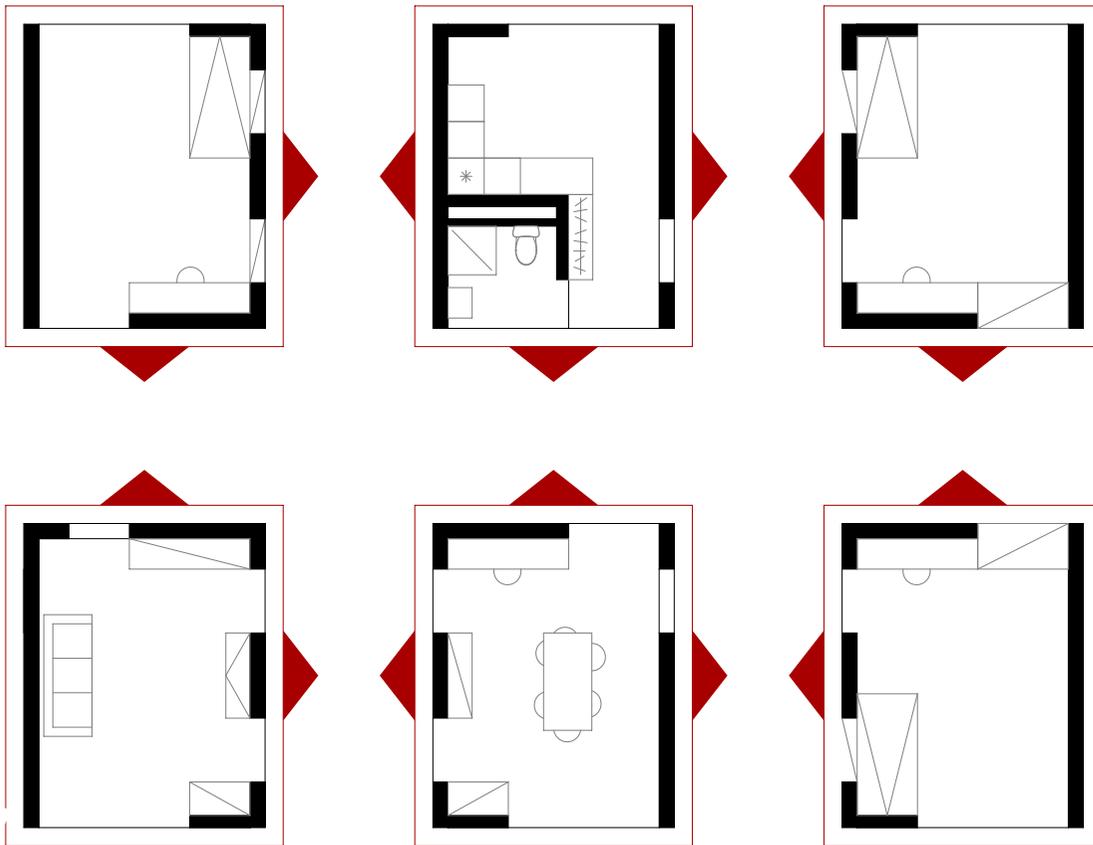
M 1:125



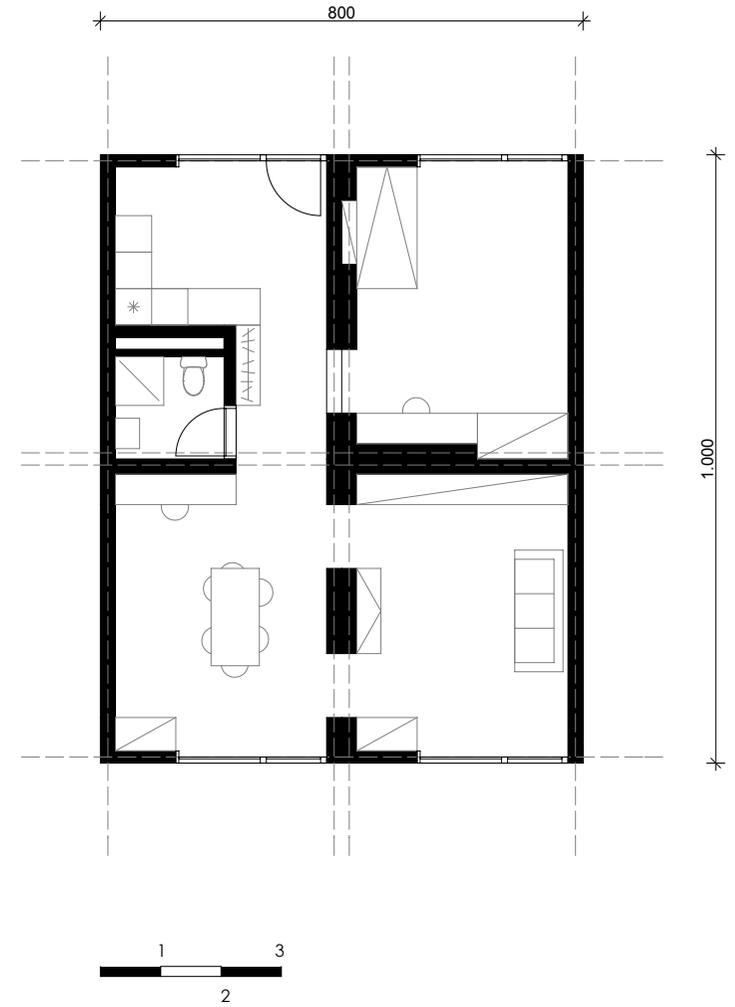
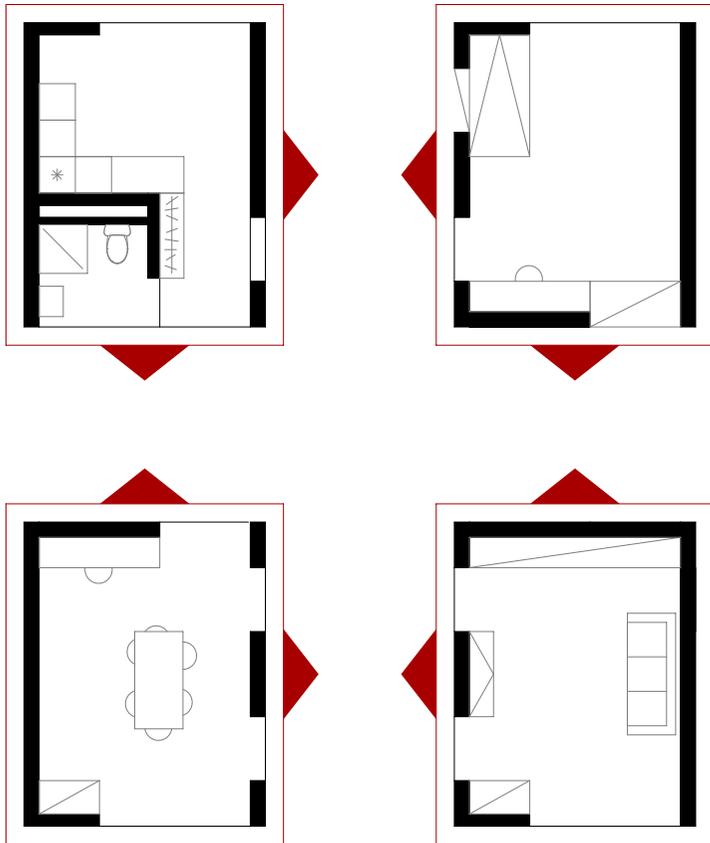
M 1:125



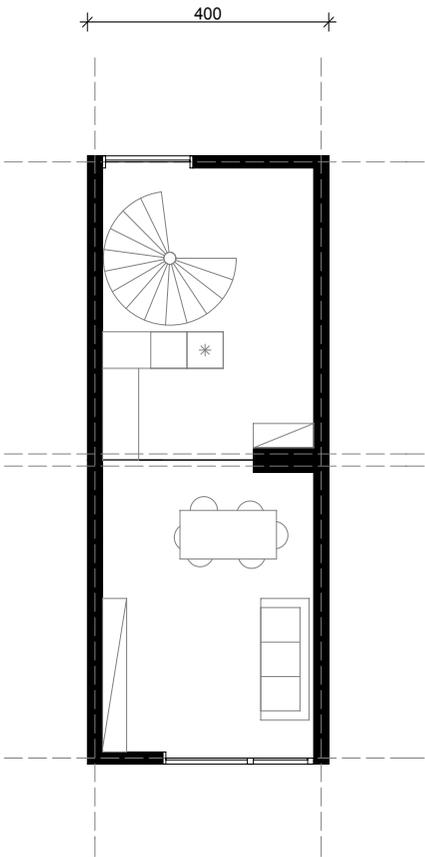
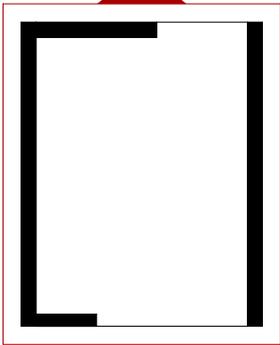
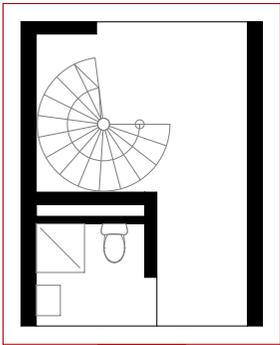
M 1:125



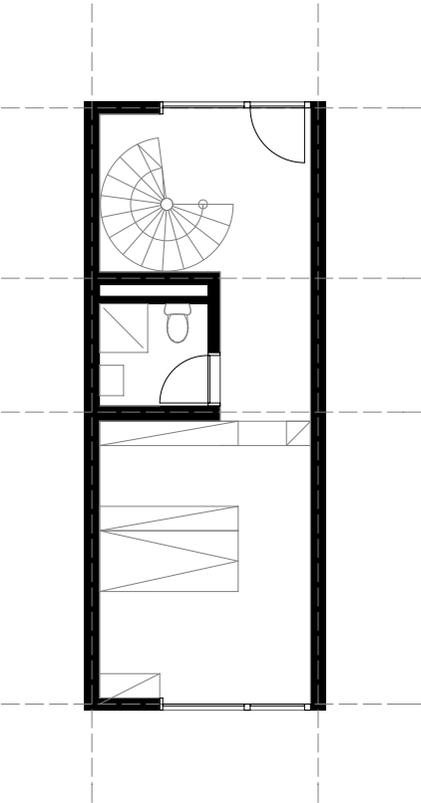
M 1:125



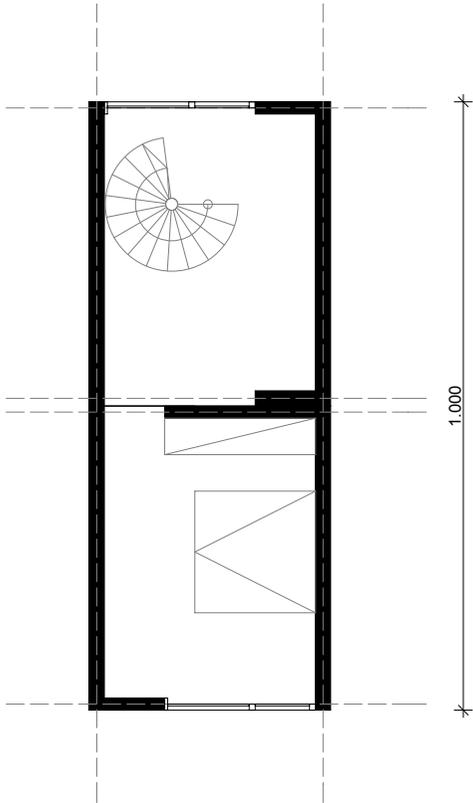
M 1:125



UG

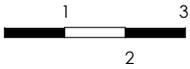


EG

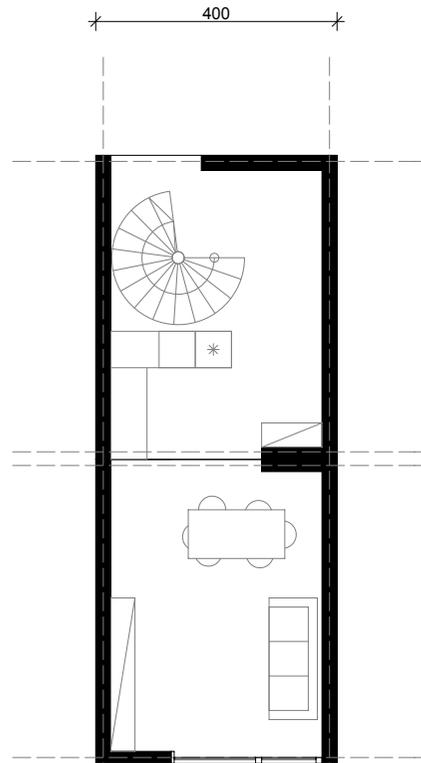
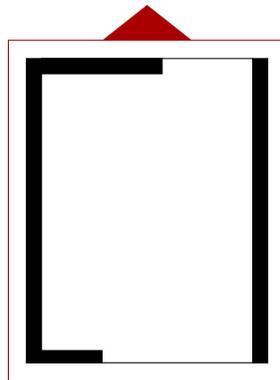
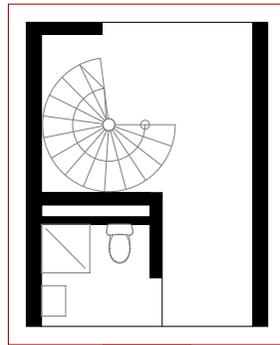


OG

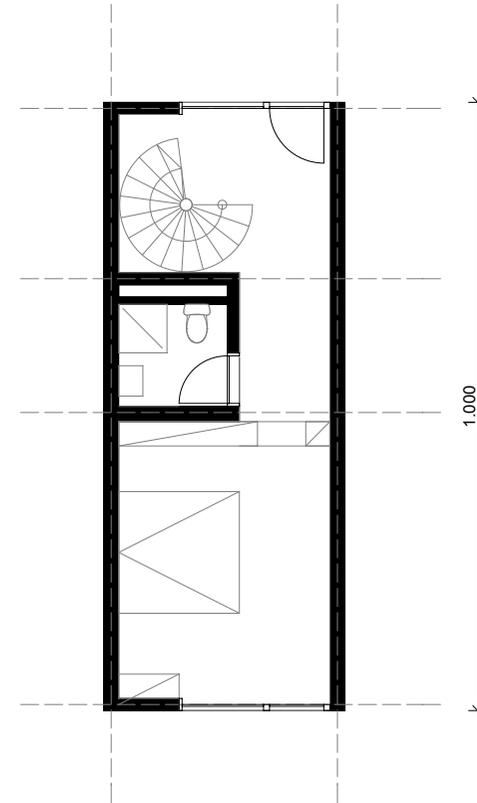
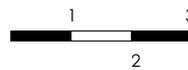
1,000



M 1:125

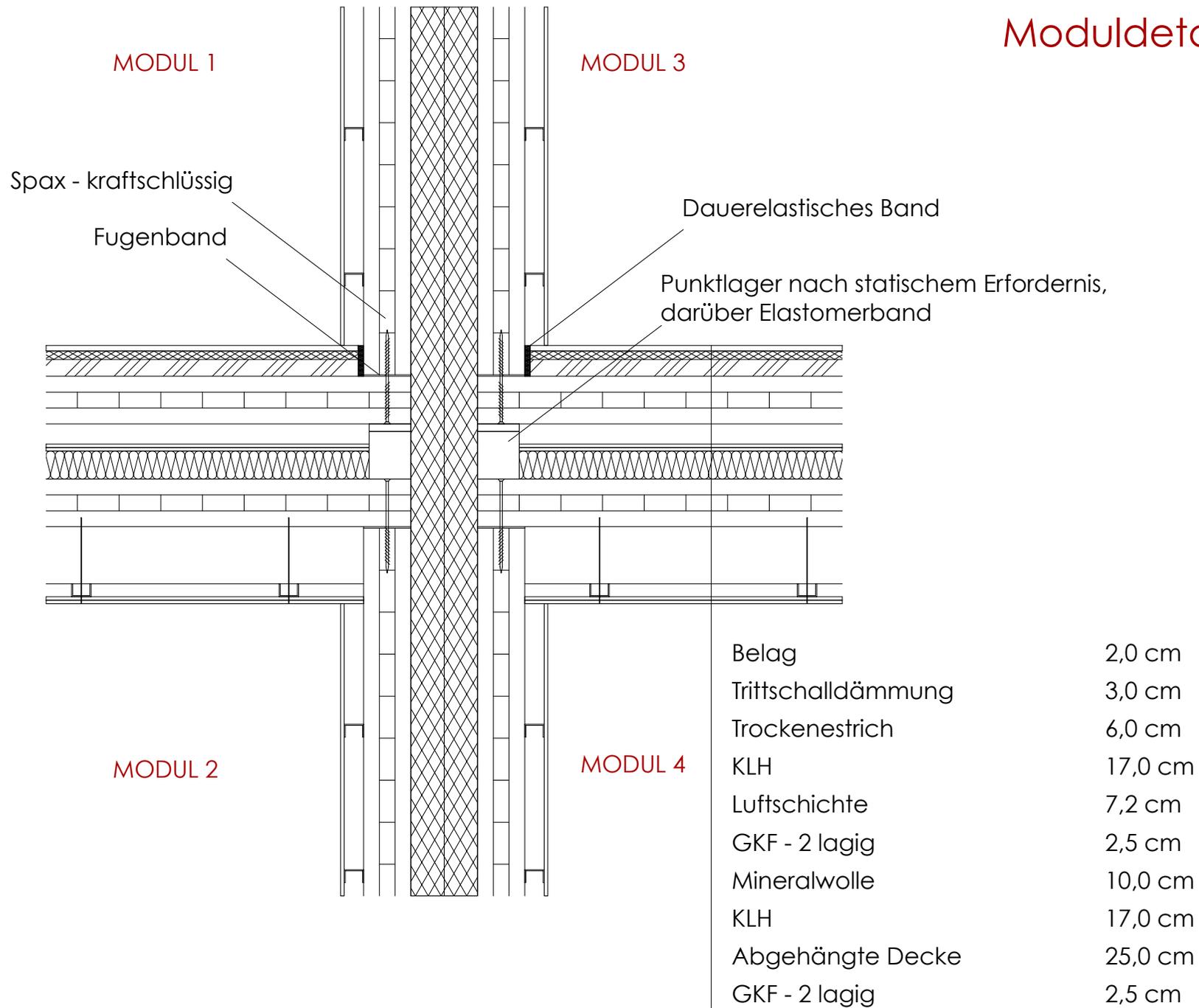


UG/OG



EG

Moduldetail 1 - 1:20



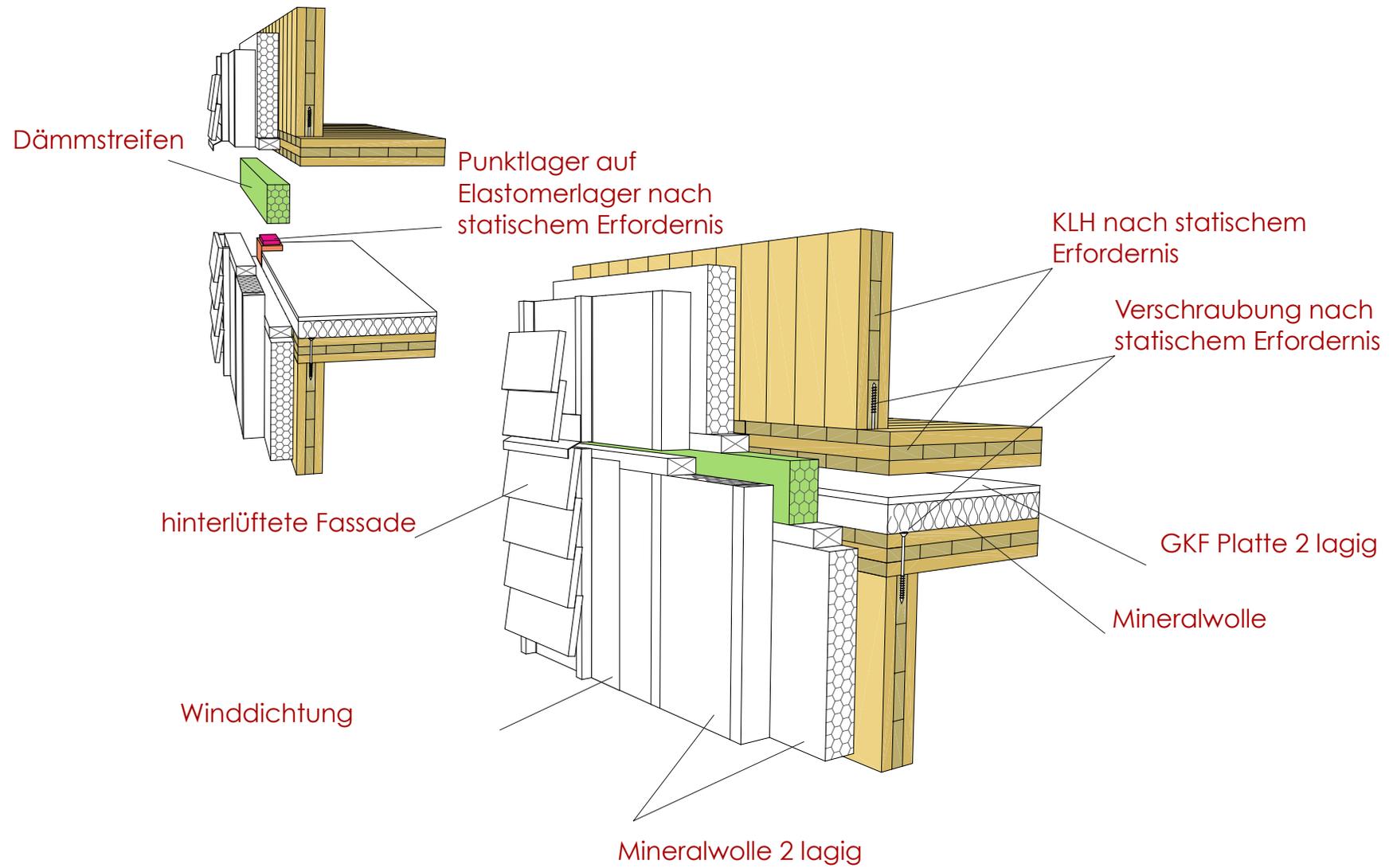
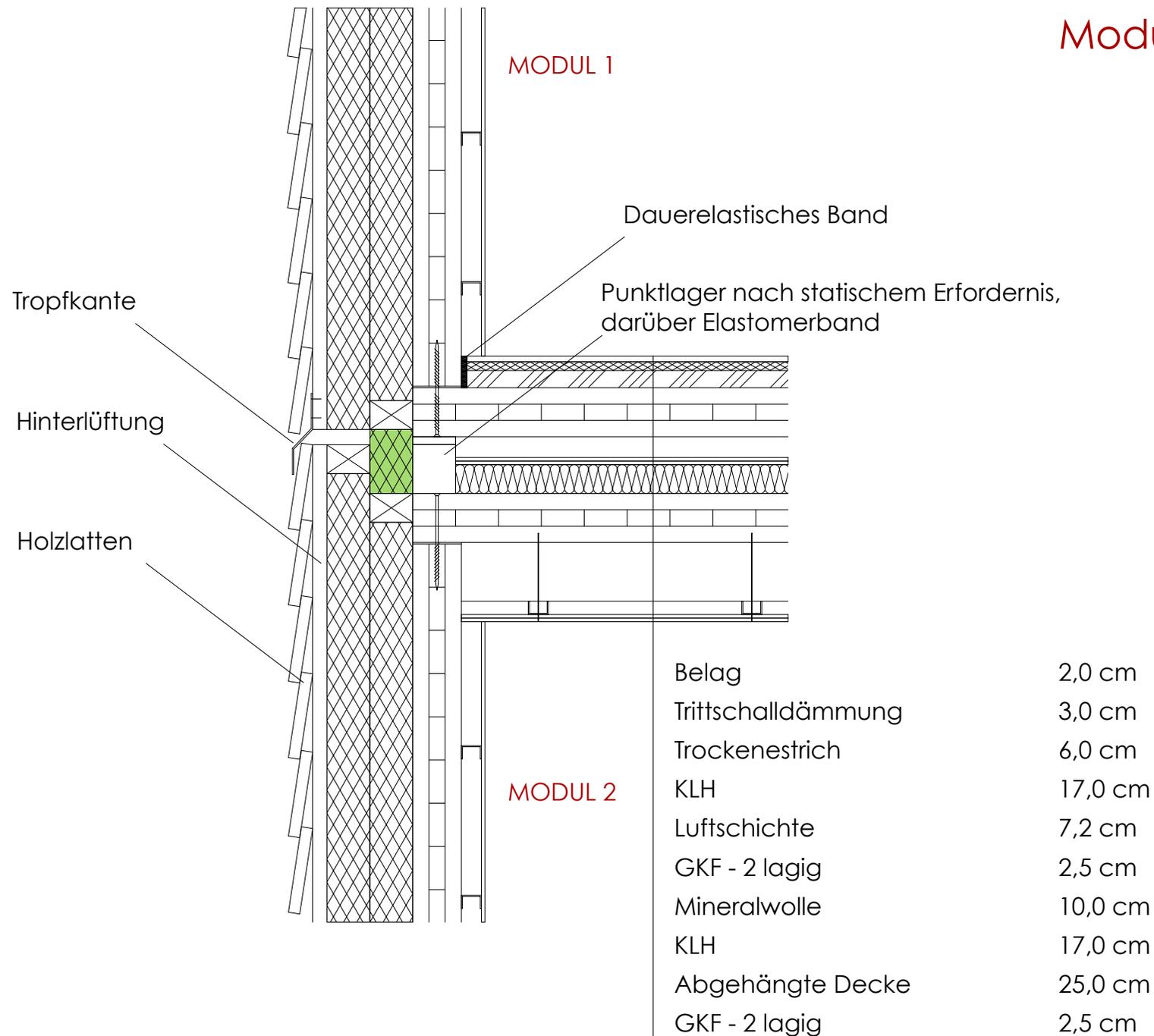
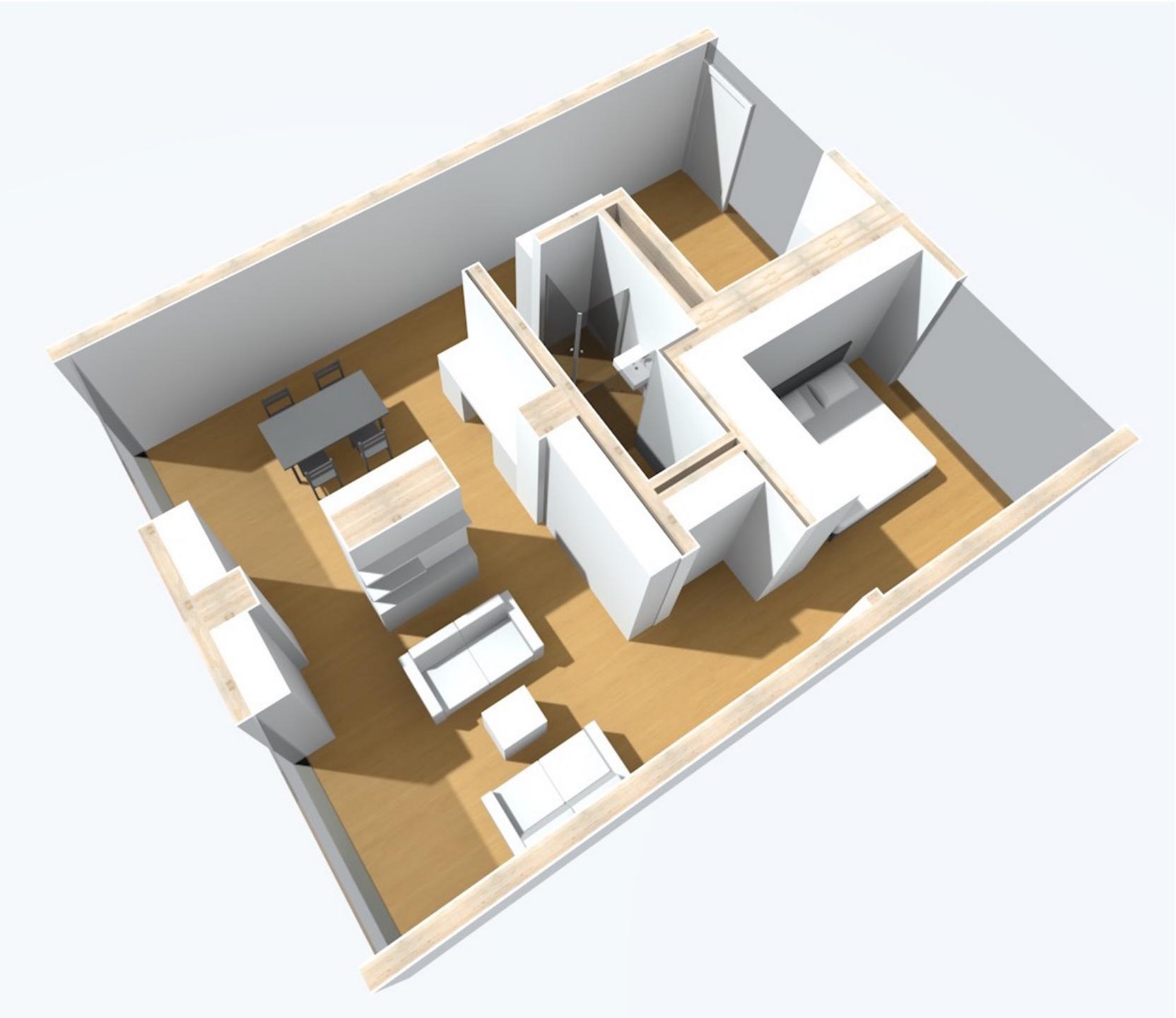
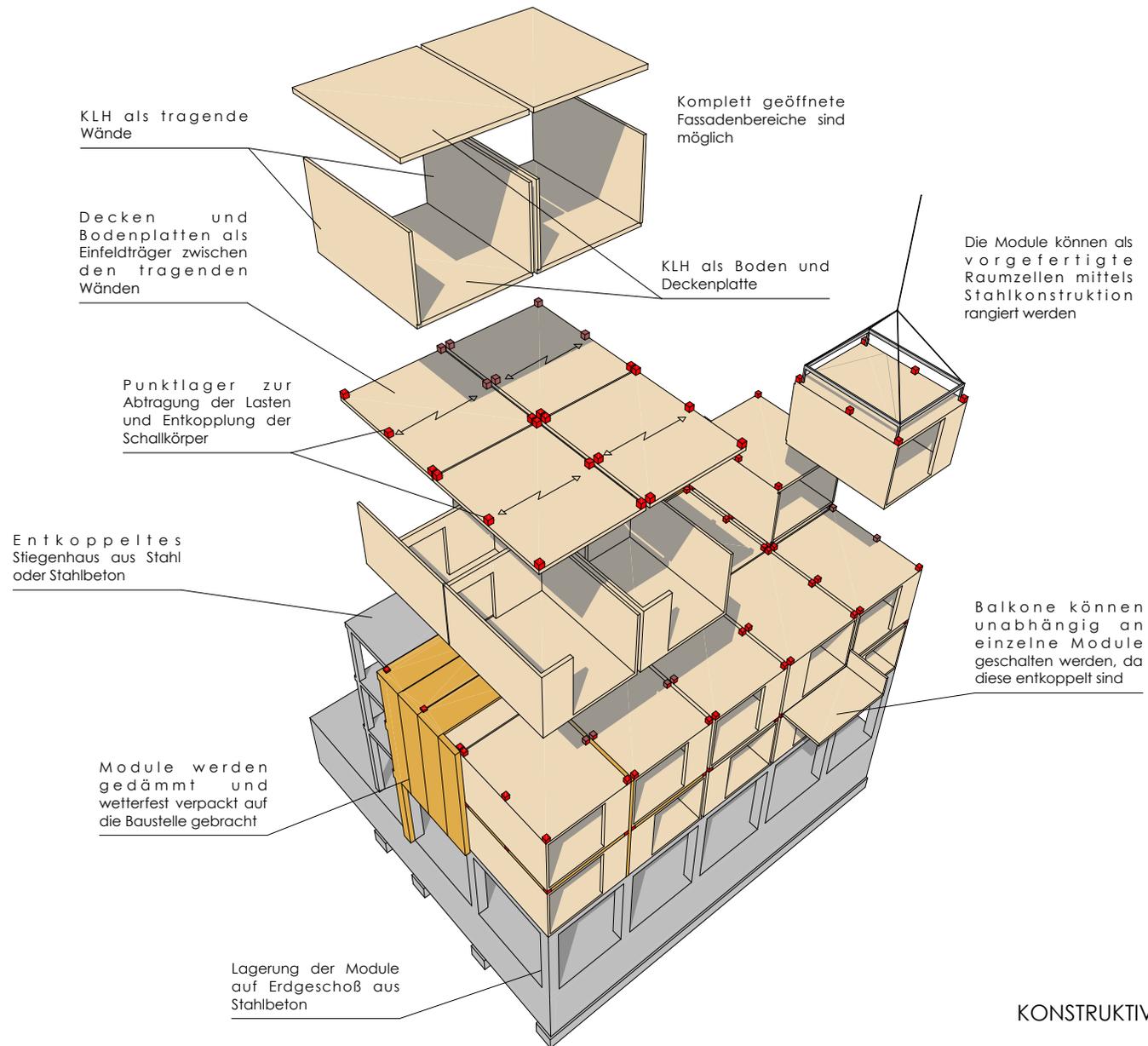


Abb.:29 Moduldetail Außenwand

Moduldetail 2 - 1:20







KONSTRUKTIVER AUFBAU



CONCLUSIO

Anhand der in dieser Arbeit beschriebenen Faktoren konnte das Bewusstsein einerseits für das Bauen mit Holz, andererseits für das Bauen mit Vorgefertigten Elementen erzielt werden.

Bei einem mehrgeschossigen Wohnbau aus Holz gibt es derzeit noch einige unterschiedliche Ansichten und Beschränkungen, was die Behörden betrifft. Jedoch steigt das Verlangen mit Holz und somit Nachhaltig zu bauen immer mehr. Einige Hürden seitens der Behörden konnten durch intensive Zusammenarbeit mit Architekten und anderen Professionisten bereits beseitigt werden um somit dem Holzbau mehr Aufmerksamkeit schenken zu können.

Hierbei gilt es besonders den örtlich vorgeschriebenen Brandschutzrichtlinien zu entsprechen und schon zu Beginn der Planung ein Brandschutzkonzept einzuplanen.

Um ein System zu entwickeln, müssen alle Faktoren berücksichtigt werden und die besten Eigenschaften der zu verwendenden Materialien verbunden werden. So wurde für dieses Projekt die Holzmassivbauweise in Verbindung mit Stahlbetonverbund gewählt.

Im Zuge der Analyse hat sich heraus gestellt, dass es nicht immer besser ist, eine reine Holzbauweise anzustreben. Somit können die jeweils besten Eigenschaften der verschiedenen Baustoffe miteinander vereint werden.

Durch die Mischbauweise ist es auch möglich ein statisches System herzustellen, bei dem die Lasten hauptsächlich über Scheiben abgetragen werden. Im Falle eines Brandes bildet die jeweilige Betonschicht den ausschlaggebenden Brandabschnitt.

Des weiteren wurde untersucht, welches bautechnische System am besten geeignet ist. Hierbei konnte ich zu keiner klaren Aussage kommen. Zwar konnte ich die Variante des Stapelns zwecks der großen Variabilität

und unterschiedlichen Raumhöhen bevorzugen, jedoch haben andere Varianten ebenso ein sehr großes Potential, besonders in Bezug auf die Wiederverwertung von Bestandsgebäuden.

Die Höhenabwicklung sollte so wählbar sein, dass diese stets im Kontext zum Umfeld gestaltet werden kann. Anhand einiger Recherchen an Referenzprojekten konnte festgestellt werden, dass beim Stapeln von Modulen sogar im Nachhinein noch Module aufgestapelt werden können, ohne dabei besondere statische Maßnahmen zu vollziehen. Da die Höhenentwicklung und das Erscheinungsbild stets einen gewissen individuellen Faktor beibehalten sollte, wurde darauf geachtet die Module so zu konstruieren, dass nach Montage eine vorgehängte Fassade inklusive Dacheindeckung montiert wird. So können noch etwa unterschiedliche Dachfirste ausgeglichen werden. Trotz dessen folgt das Erscheinungsbild der Fassade einem bestimmten Raster, der durch die Module vorgegeben wird. Durch schaffen von Verschattungen und Balkonen,

indem man die Module herauschiebt können weitgehend individuelle Fassadenbilder untereinander geschaffen werden.

Durch die Vielfalt an angebotenen Grundrissvarianten besitzt diese Modulkonstruktion ein sehr großes Potential im mehrgeschossigen Wohnbau aus Holz in Modulbauweise und lässt sich durch eine genaue Festlegung der Wohnungen im Vorhinein mit extremen Kostenersparnissen herstellen. Diese werden nicht durch die Bauweise ansich erzielt, sondern vor allem dadurch, dass das Objekt generell eine viel kürzere Bauzeit besitzt und die dadurch entstehenden Kosten vermindert. Ebenso wie die früher zu erwartenden Mieteinnahmen ist dies ein besonderes Argument beim Bauen mit Moduleinheiten.

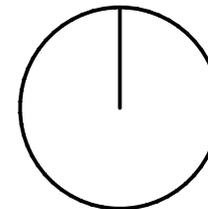
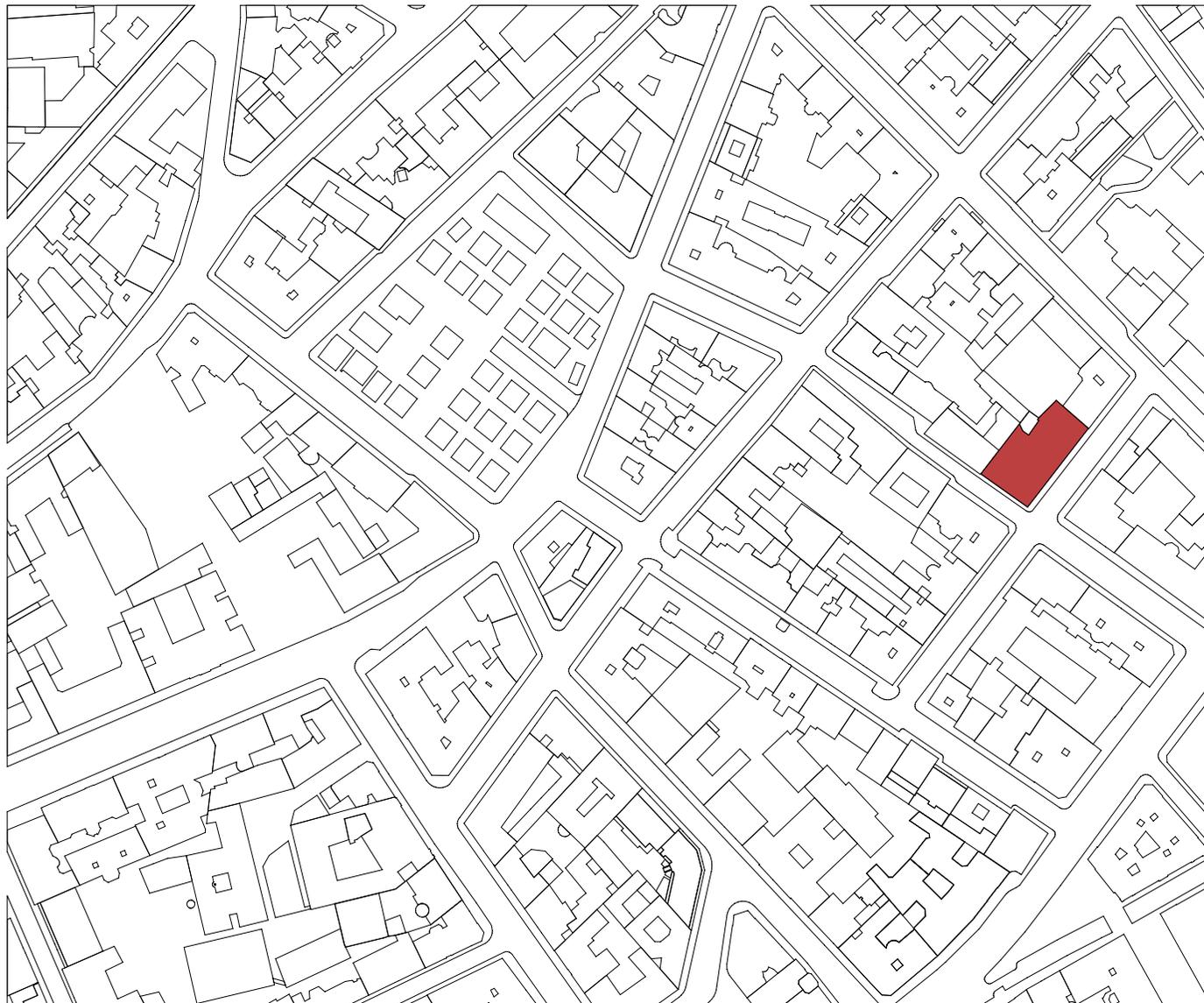
Anhand eines Beispiels möchte ich zeigen, wie sich so ein Gebäude in Kontext zu einer Baulücke darstellt.



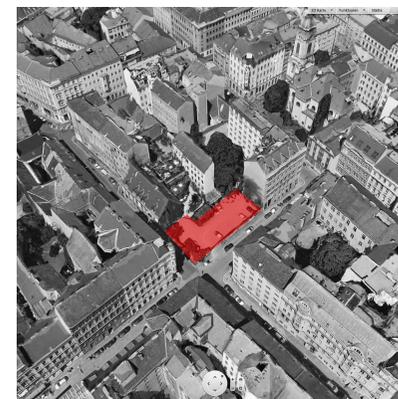
Abb30.: Satellitenfoto Bauplatz



Abb31.: Bauplatzfoto



BAUPLATZ
1020 Wien
Rotenkreuzgasse 9
ca. 762 m²





BEBAUUNGSCHEMA

EG - Individuell

Kinderrippe - 202 m²

Waschraum - 50 m²

Gemeinschaftsraum - 100 m²

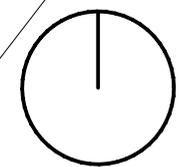
1OG - 4OG - Wohnungen

9 x 32,8 m²

6 x 66,8 m²

5 x 100 m²

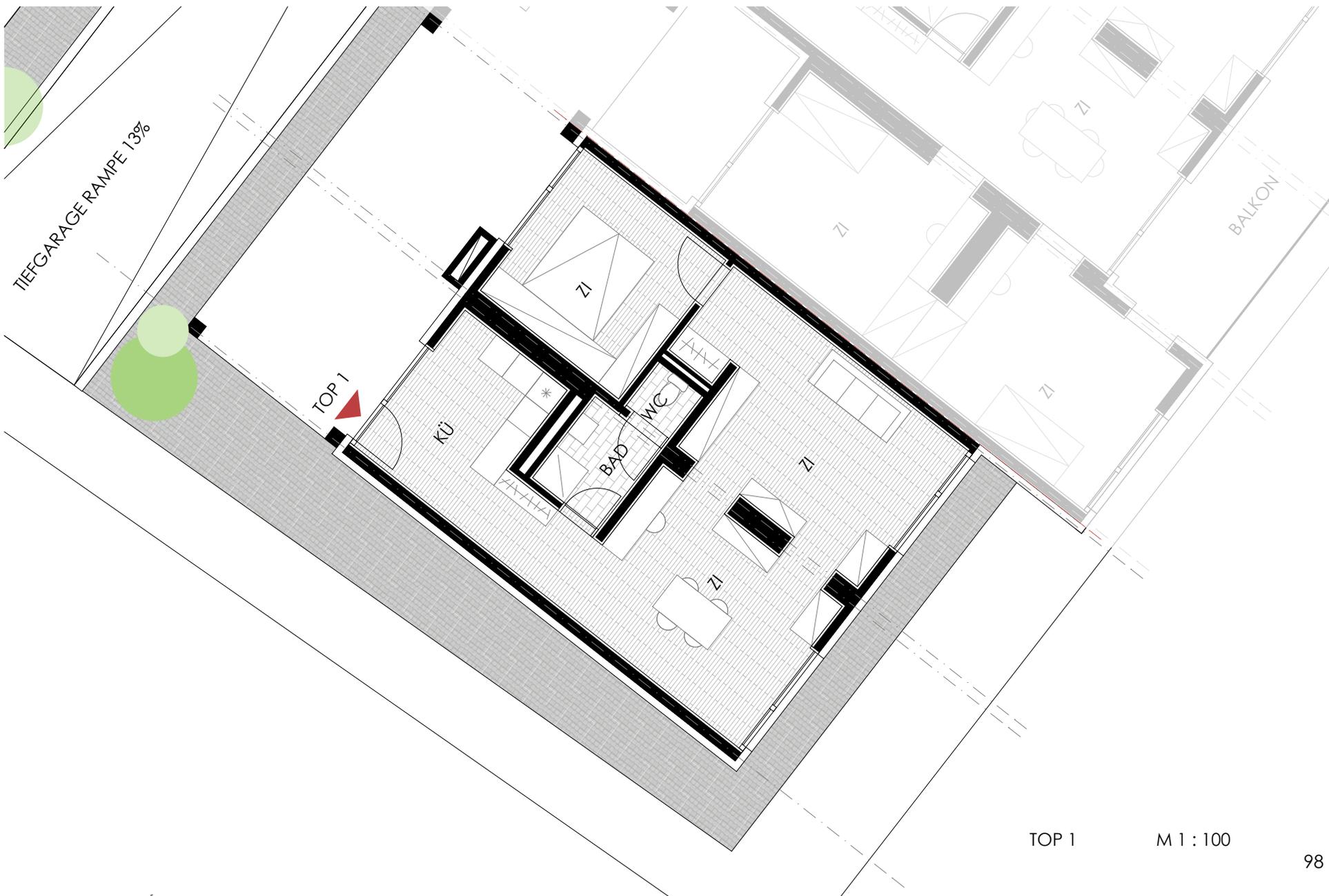
1 OG



M 1 : 200

Haidgasse

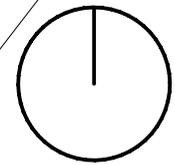
Rotenkreuzgasse



TOP 1

M 1 : 100

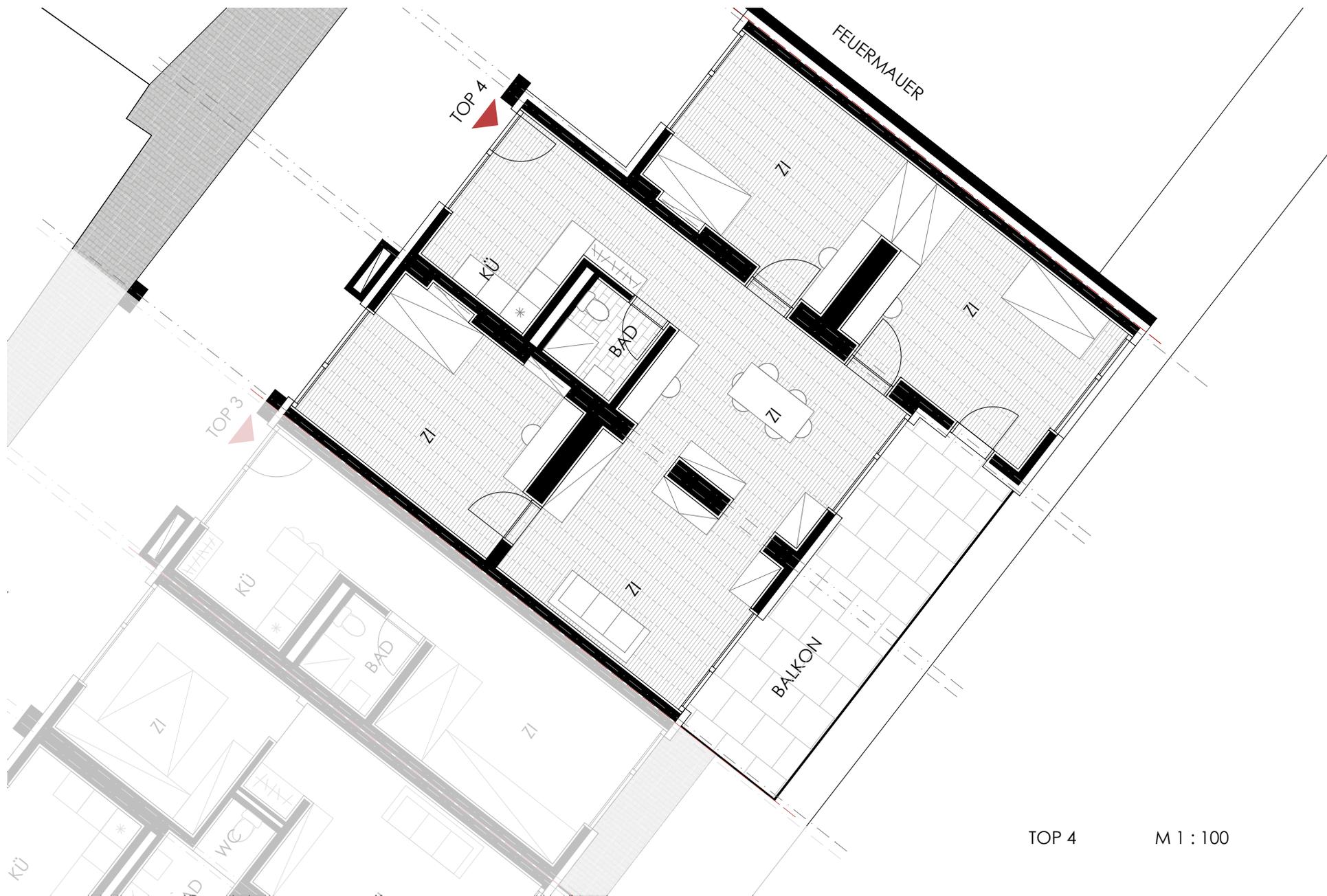
2 OG



M 1 : 200

Haidgasse

Rotenkreuzgasse



TOP 4

M 1 : 100

3 OG

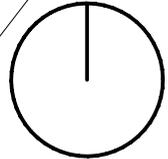


TIEFGANGRAMPE 13%

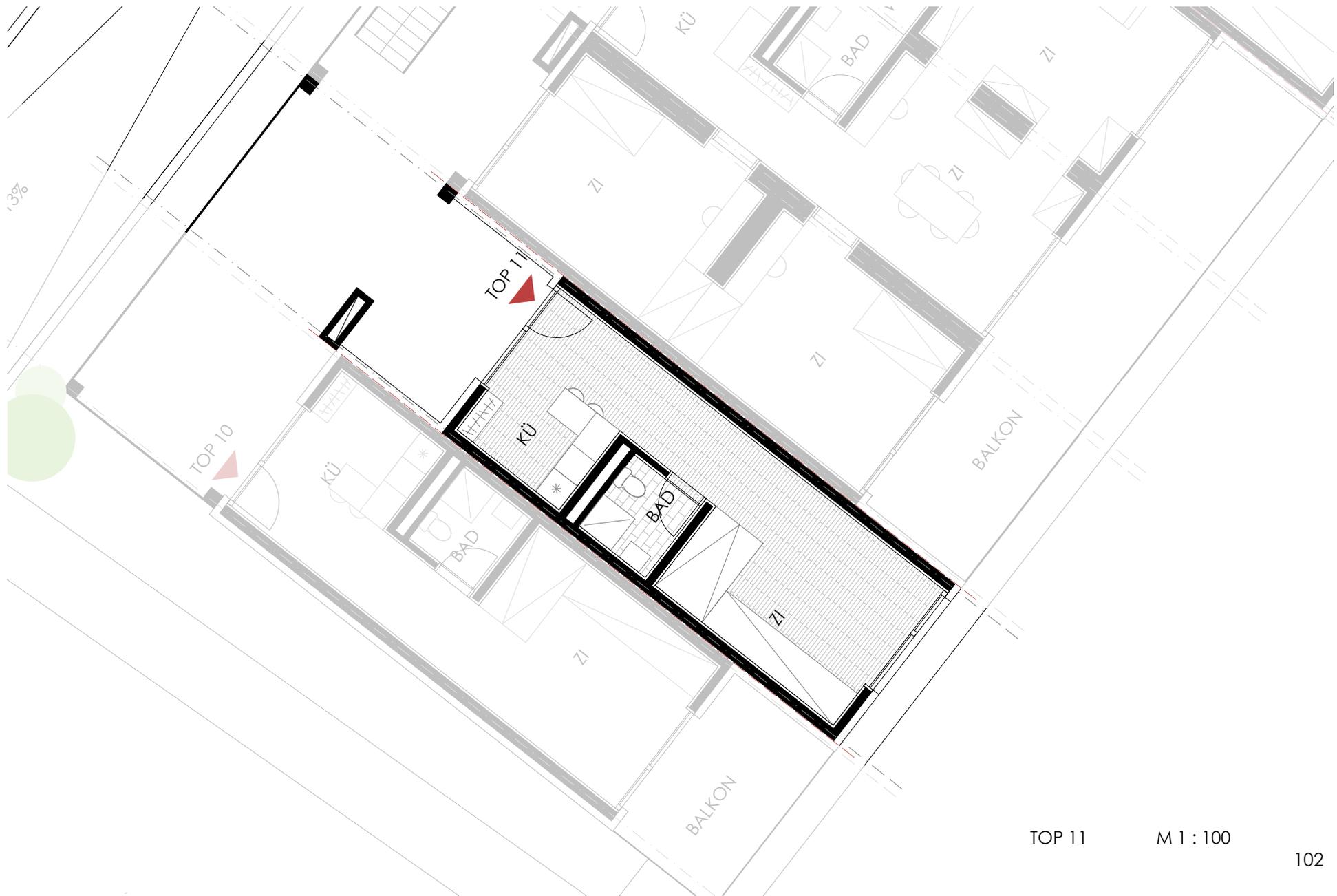
FEUERMAUER

Haidgasse

Rotenkreuzgasse



M 1 : 200



TOP 11

M 1 : 100

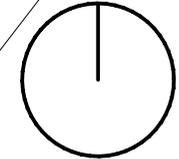
4 OG

FEUERMAUER

TIEFGANGRAMPE 13%

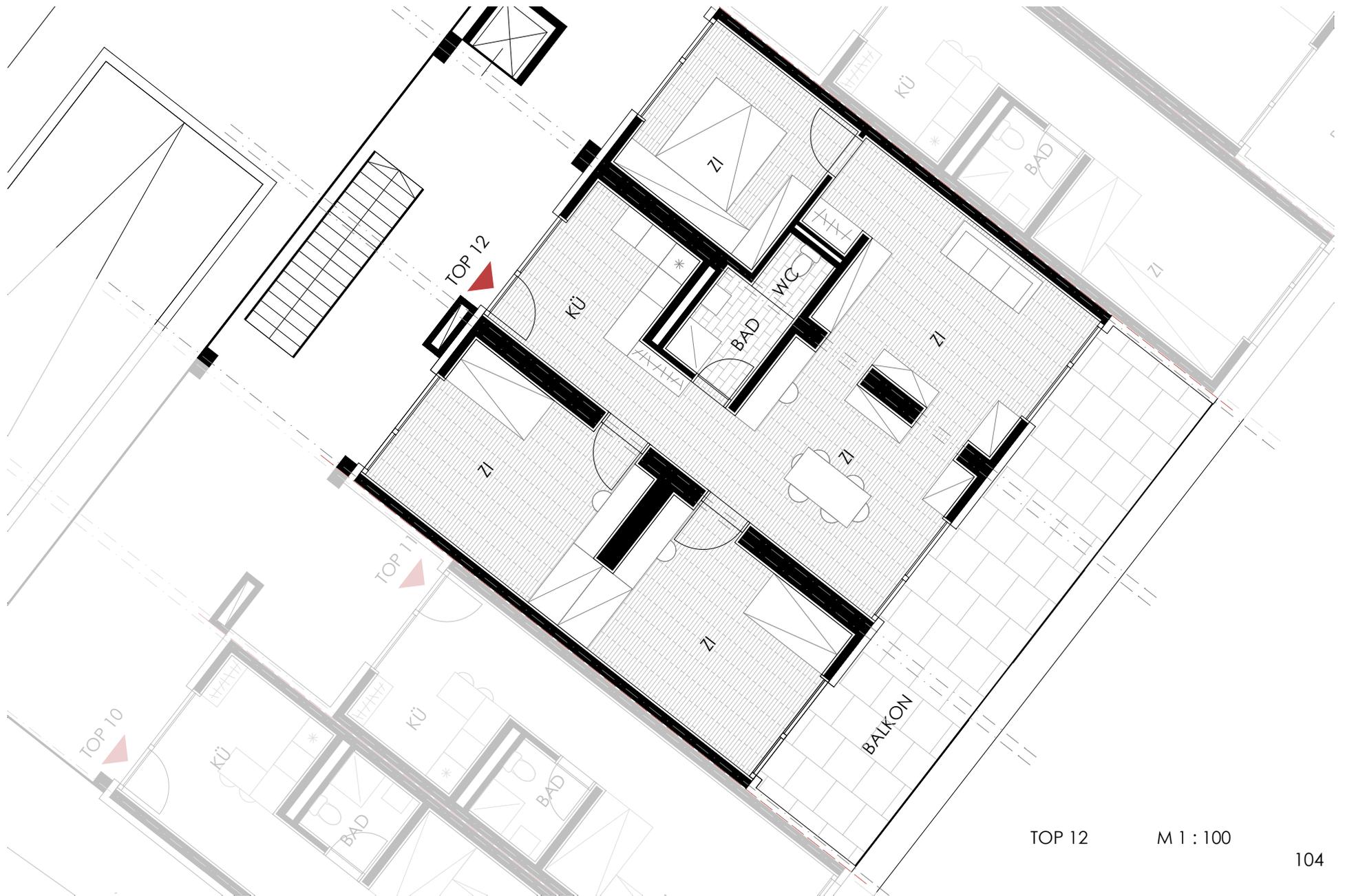
Haidgasse

Rotenkreuzgasse



M 1 : 200





TOP 12

M 1 : 100



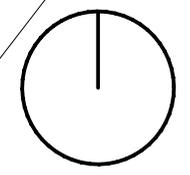
DD

FEUERMAUER

TIEFGANGRAMPE 13%

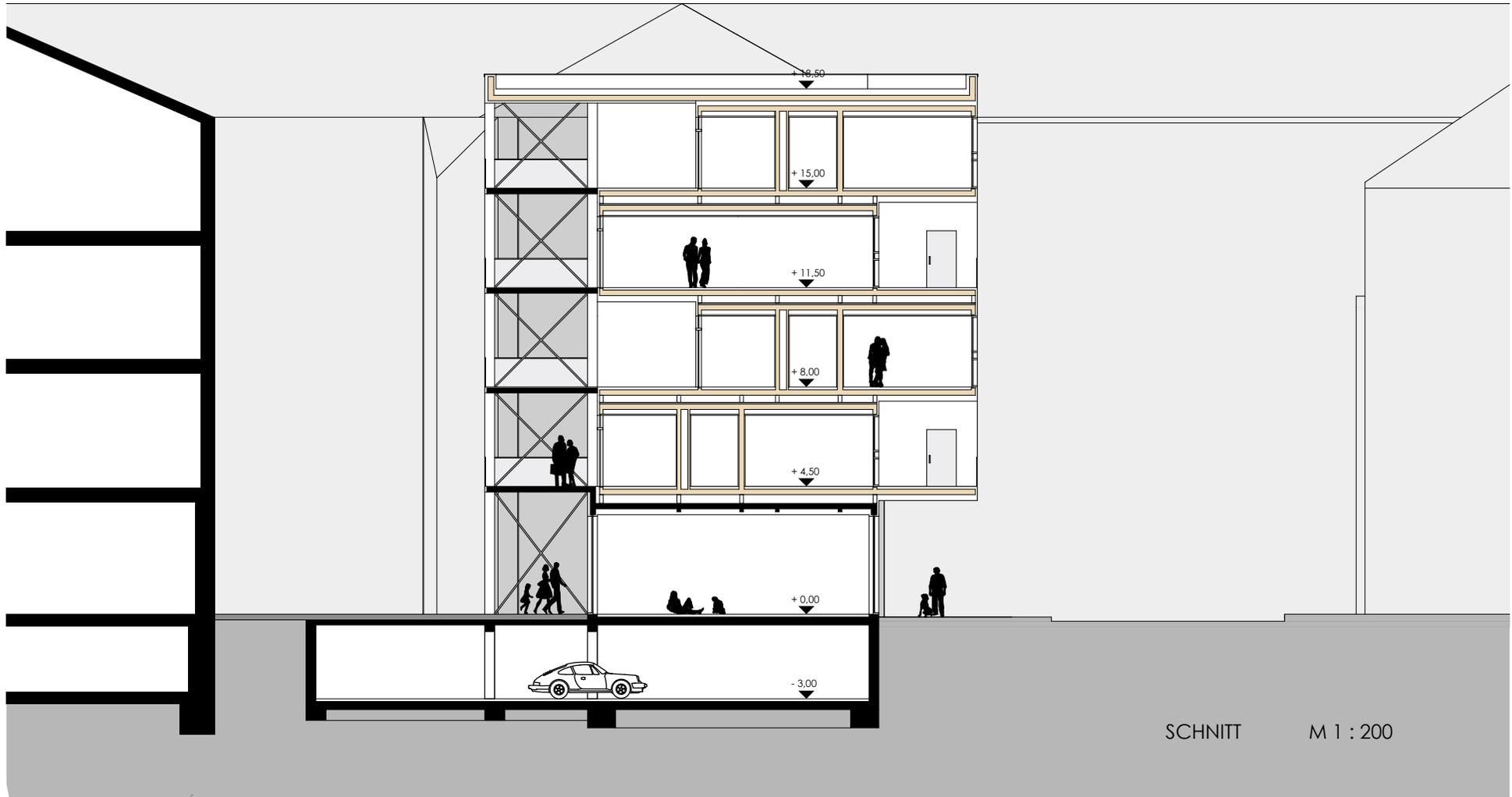
Haidgasse

Rotenkreuzgasse



M 1 : 200

105



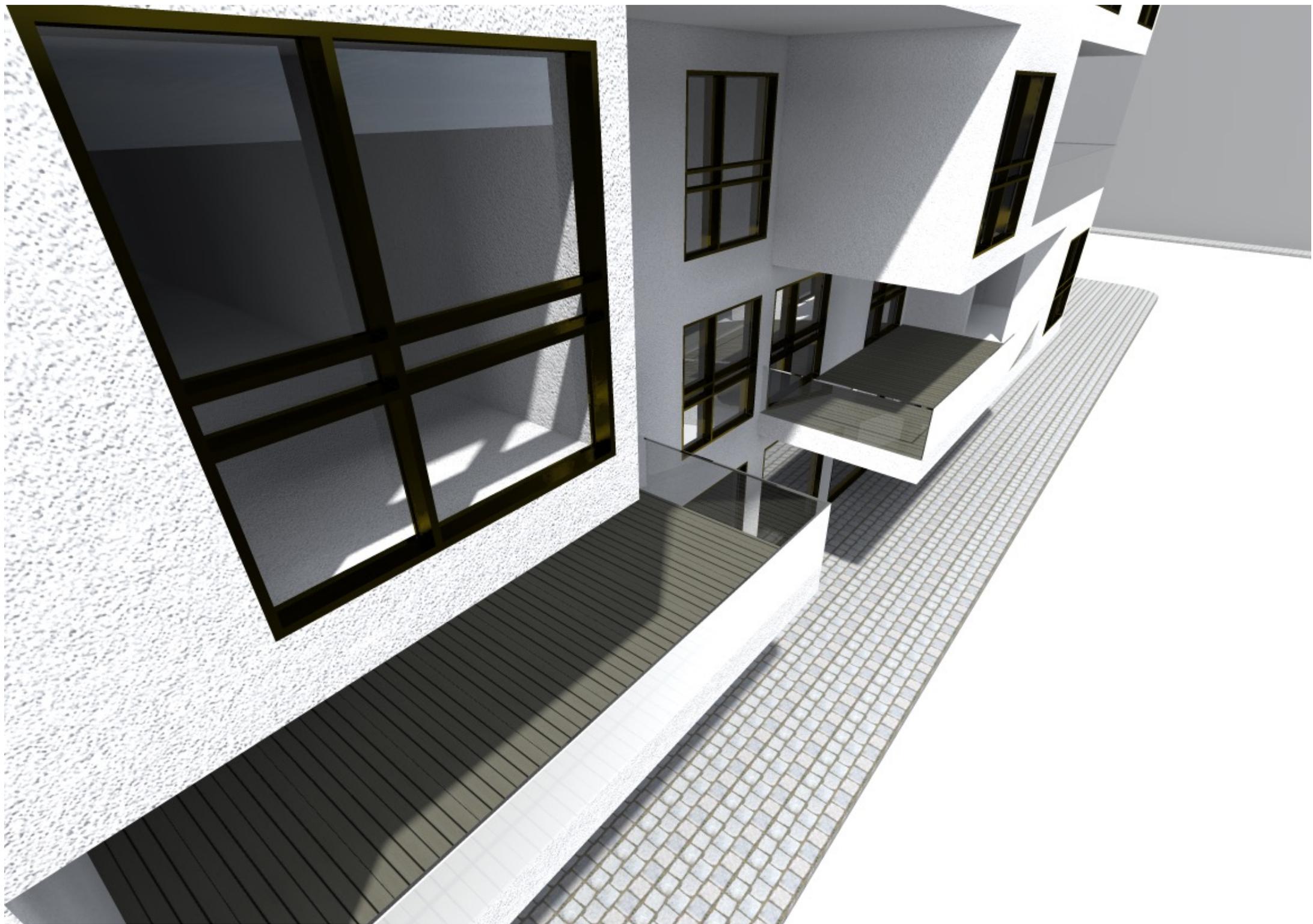
SCHNITT M 1 : 200



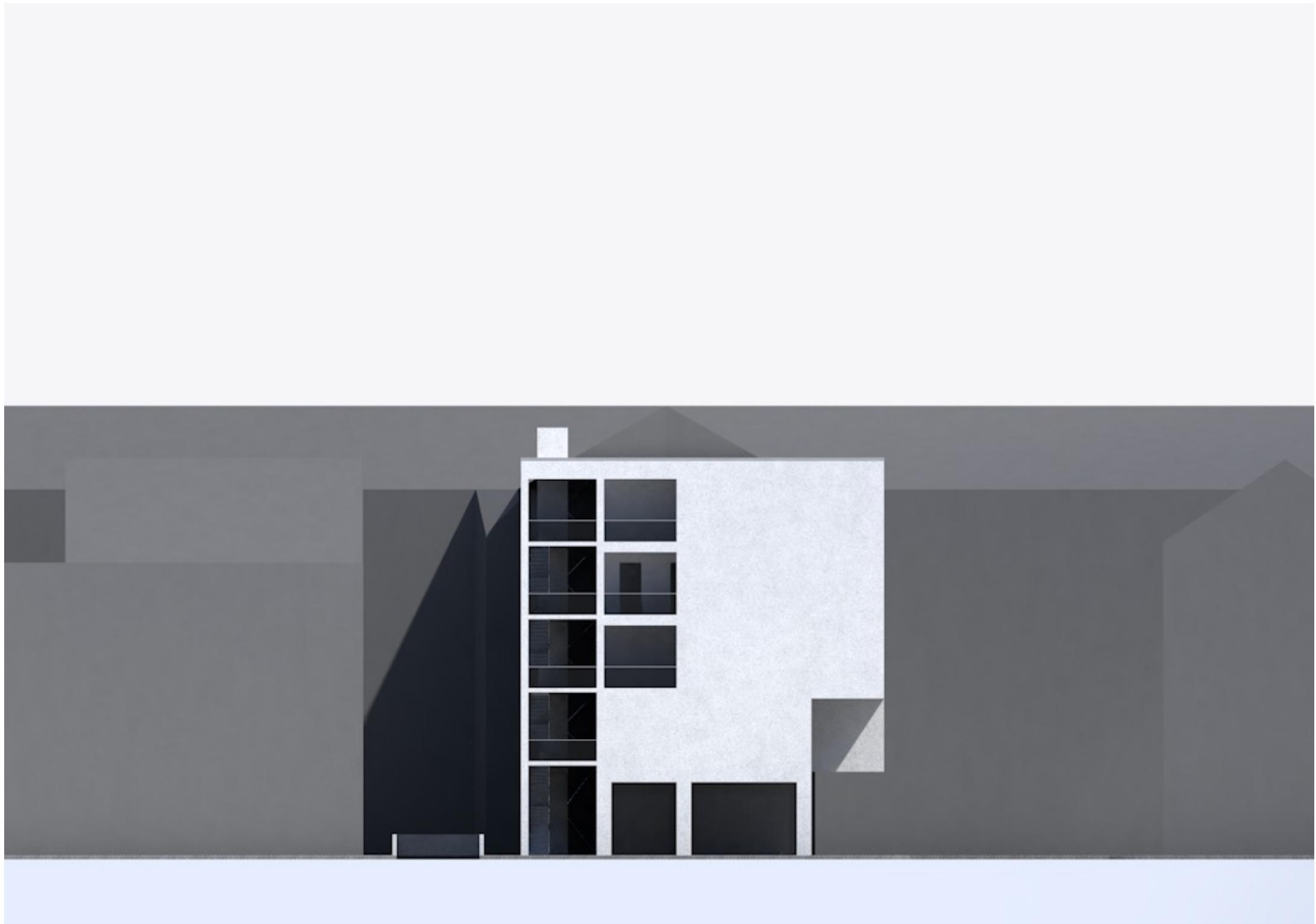


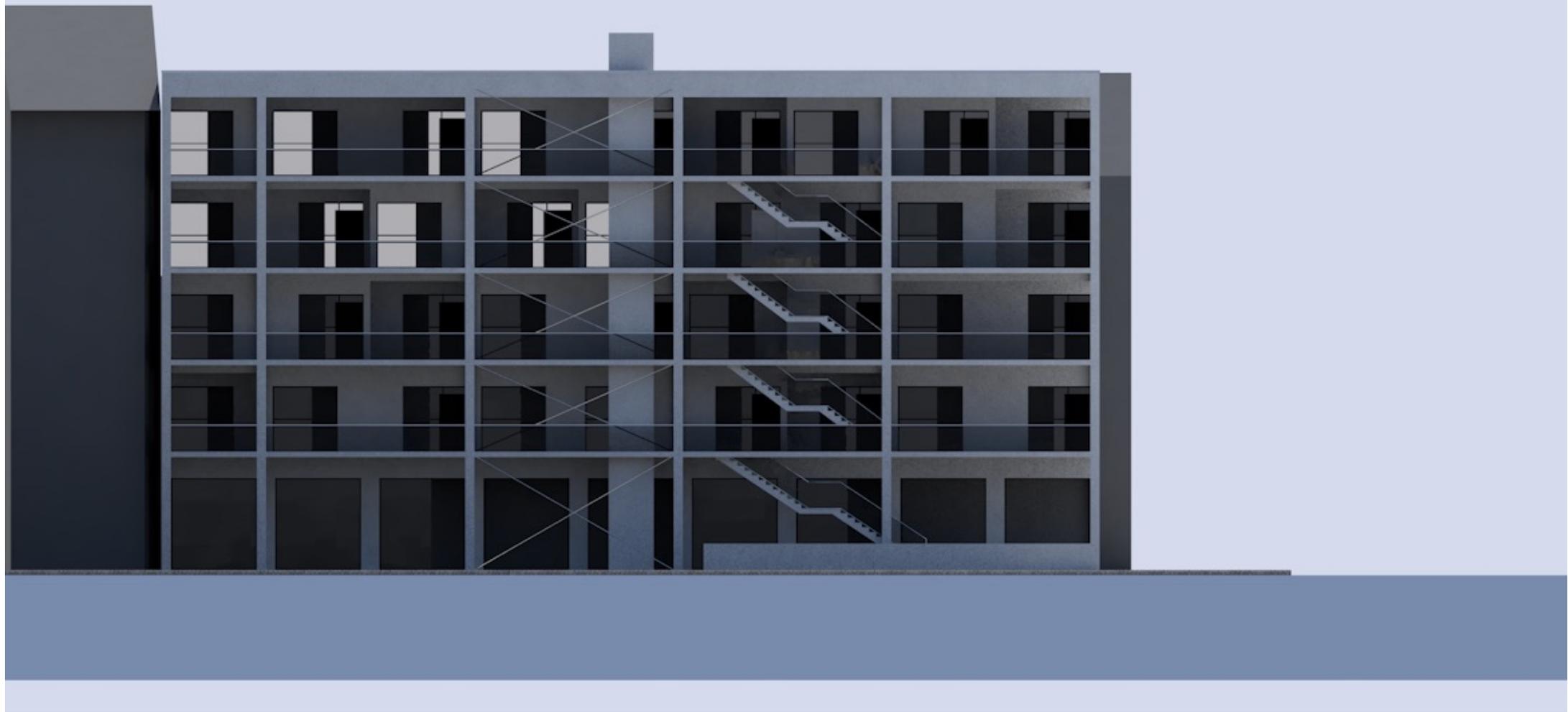


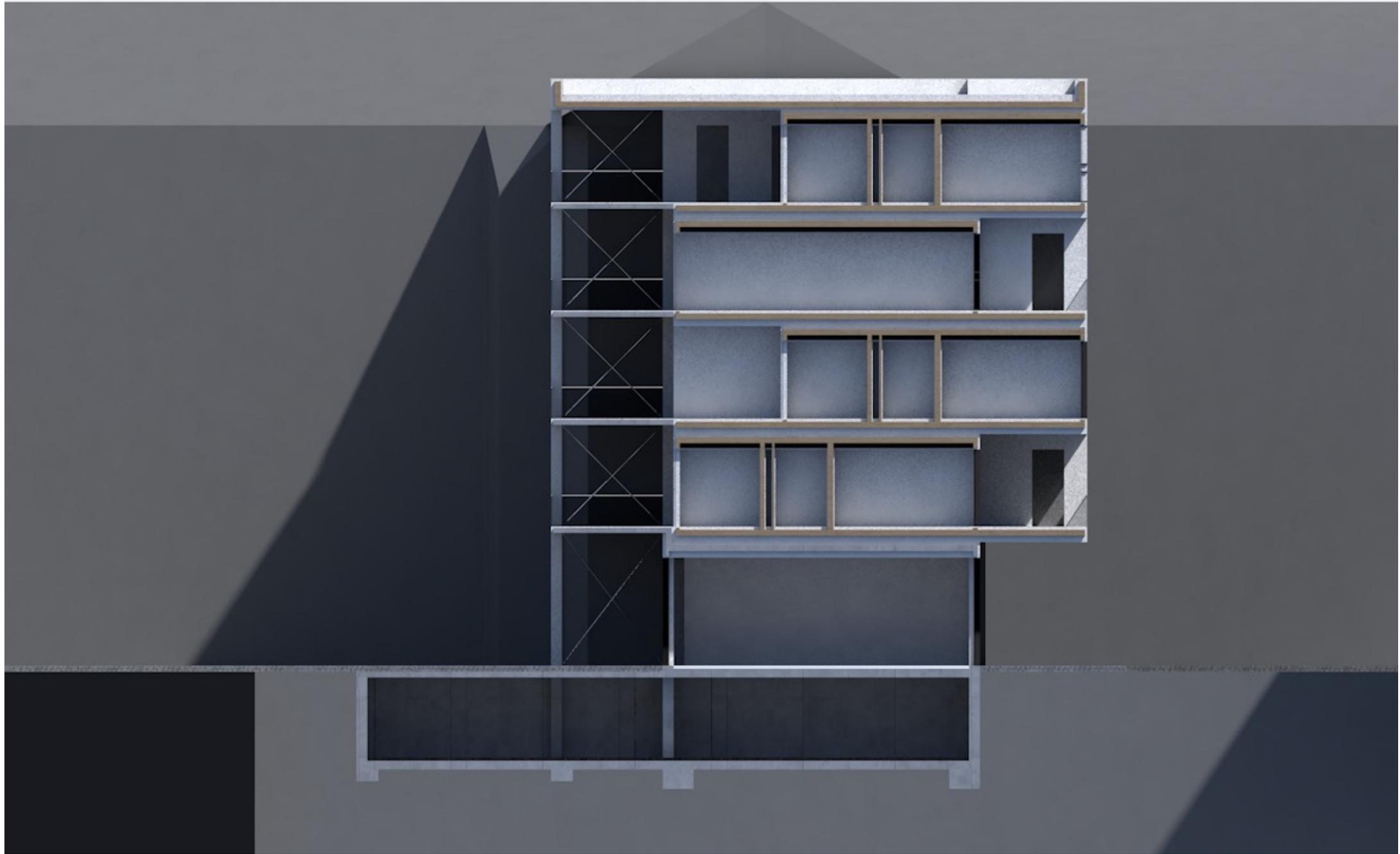












DANKSAGUNG

An der Stelle möchte ich mich bei allen bedanken die mich in meinem Studium unterstützt und stets motiviert haben. Ein besonderes Dankeschön gilt meiner Verlobten Alexandra Colditz, die mich immer unterstützt und mir den nötigen Rückhalt gegeben hat.

Ein weiteres Danke gilt Felix Kämpfel, der mich in meinem Studium immer unterstützt hat und auch bei meiner Diplomarbeit stets gute Tipps und Kritik hatte.

Ein Danke gilt auch meiner ganzen Familie, die mich in meinem Studium immer gestärkt und motiviert haben.

LITERATURVERZEICHNIS

- ProHolz Austria 2014 Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Forst . und Holzwirtschaft, Wald & Holz, Kleiner CO2 Footprint, große Klimaschutzwirkung 2014 Eberlprint
- Josef Kolb, Holzbau mit System, Lignum – Holzwirtschaft Schweiz, Zürich; DGfH – Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, München;Birkhäuser, 2008 zweite Auflage
- Joachim Hamberger (Hg.), oekom, München 2013; „Hans Carl von Carlowitz“
- ProHolz Austria Edition 12, Bauen mit Holz im Ökovergleich, 1 Auflage 2013
- ProHolz Austria 2013, Zuschnitt 51 Edition
- EUROSTAT: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3433488/5385673/KS-NN-01-009-EN.PDF/029ee649-ef7c-4fc9-94ff-c0b36cf636e6?version=1.0>
- IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, www.ibo.at, Leitfaden zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude (http://www.energieinstitut.at/hp/Upload/Dateien/OI3-Leitfaden_V3.0_-_Stand_Januar_2013.pdf)
- Geschichte Fertighaus: <http://www.wohnet.at/geschichte-des-fertighauses.htm>
- Josef Kolb, Systembau mit Holz, Lignum – Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holz, Zürich; 4 unveränderte Auflage 1998
- Abschlussbericht einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS geförderten Forschungsarbeit, Vom industrialisierten Einfamilienhaus zum verdichteten Wohnungsbau, Fraunhofer IRB Verlag, 2008
- Arnold Marlen, Ankele Kathrin, ZUFO . Zukunftsmärkte der Forst Holz Kette, Arbeitsbericht 4, Organisatorische Voraussetzung zu Erschließung von Zukunftsmärkten, Berlin: ZUFO, Institut für ökologische Wirtschaftsförderung GmbH, 2006
- Abschlussbericht einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung –BMVBS- im Rahmen einer Forschungsinitiative geförderten Forschungsarbeit, fertighauscity5+ - Typologische und technische Untersuchung zu mehrgeschossigen Holzbauweisen in innerstädtischen Bereichen unter dem Gesichtspunkt der Vorfabrikation und Partizipation der Nutzer (Kundenindividuelle Fertigung), Fraunhofer IRB Verlag, 2008,
- <http://www.proholz.at/mehrgeschossiger-wohnbau-aus-holz-in-europas-metropolen/>
- Grundlagenstudie, Holzweisen für den verdichteten Wohnbau, O.Univ.Prof. DDI Wolfgang Winter, O. Univ. Prof. DI DDR. Jürgen Dreyer, DI Helmut Schöberl, Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, September 2001, S 73 - 85

○

http://www.klh.at/fileadmin/klh/kunde/2011/News_Presse/Publikationen/01_02_2013_Holzbau_-_Bauen_mit_System.pdf

○ *Detail, Elemente + Systeme*, Gerald Staib, Andreas Dörrhöfer, Markus Rosenthal
2008, Edition Detail – Institut für Internationale Architektur – Dokumentation GmbH &
Co.Kg München, Birkhäuser, S 40 - 46

○ *Holzbauweisen für den verdichteten Wohnbau*, O.Univ.Prof. DDI Wolfgang Winter,
O. Univ. Prof. DI DDR. Jürgen Dreyer, DI Helmut Schöberl, S 73 – 85

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb1.: Der Graue Baum 1911/12, Piet Mondrian
http://de.wikipedia.org/wiki/Piet_Mondrian

Abb2.: ProHolz 2013, Bauen mit Holz in Oberösterreich 1 Auflage, 2011, S46

Abb3.: ProHolz Austria 2013, Zuschnitt 51 Edition S 15

Abb4.: Ökoindexberechnung www.baubook.at

Abb5.: Ökoindexberechnung www.baubook.at

Abb6.: Ökoindexberechnung www.baubook.at

Abb7.: Ökoindexberechnung www.baubook.at

Abb8.: ProHolz Austria Edition 12, 2013, Bauen mit Holz im Ökovergleich, S10

Abb9.: ProHolz Austria Edition 12, 2013, Bauen mit Holz im Ökovergleich, S11

Abb10.: ProHolz Austria Edition 12, 2013, Bauen mit Holz im Ökovergleich, S11

Abb11.: Blockhaus, Keltendorf, <http://keltendorf.com/hp575/Haus-im-Blockbau.htm>

Abb12.: Fachwerkbau, Einfamilienhaus, <http://www.zimmerei-stelle.de/site/leistungen/fachwerkbau/fachwerk.html>

Abb13.: <http://www.moser-holzbau.com/de/bauherr/bauen-mit-holz/geschichte-holzbau.html>

Abb14.: Rahmenbauweise, <http://www.roeben-gmbh.de/unser-angebot/zimmerei.php>

Abb15.: Holzskelettbau, Shigeru Ban Architects,
http://cdn.agrarverlag.at/to/mmedia/image//2013.08.23/13772583069642_1.jpg?1377258308

Abb16.: Raumzellenbauweise, Johannes Kaufmann und Oskar Leo Kaufmann,
<http://www.proholz.at/zuschnitt/06/anbau-hotel-post/>

Abb17.: Lifecycletower Innenansicht
<http://www.modemconclusa.de/fileadmin/presseservice/cree/2012/lct-one-zweites-obergeschoss.jpg>

Abb18,19,20.: Anschlussdetail Deckenelement
<http://www.detail.de/inspiration/verwaltungsgebaeude-in-dornbirn-106081.html>

Abb21.: <http://www.kadenundpartner.de/projekte/e3/>

Abb22,23.: <http://www.proholz.at/zuschnitt/33/lueckenfueller-mit-distanz/>

Abb24.: <http://www.jkarch.at/>

Abb25.: <http://www.kaufmannbausysteme.at/de/BMW-Hotel-Alpenhof-Ammerwald/> BMW – Hotel Alpenhof, Ammerwald

Abb26.: Visualisierung, Frankie & Johnny Student Housing, Franky & Johnny Student Housing Plänterwald, Holzer Kobler Architekten,
<https://www.competitionline.com/de/projekte/51807>

Abb27.: Franky & Johnny Student Housing Plänterwald, Holzer Kobler Architekten,
<http://divisare.com/projects/280464-Holzer-Kobler-Architekturen-Frankie-Johnny-Student-Housing-Pla-nterwald/images/4928152>, 23. Jan 2015 Published

Abb28.:
http://www.klh.at/fileadmin/klh/kunde/2011/Technische%20Anwendungen/Konstruktion/120314_Wohnbau_dt.pdf, S 23

Abb29.:
http://www.klh.at/fileadmin/klh/kunde/2011/Technische%20Anwendungen/Konstruktion/120314_Wohnbau_dt.pdf, S 24

Abb30.: <http://www.bing.com/maps/?mkt=de-de#Y3A9NDguMjAwMDAxfjE2LjM2NjY5OSZsdmw9NSZzdHk9ciZ3aGVyZTE9cm90ZW5rcmV1emdhc3NIJTIwV2llbg==>

Abb31.: Grundstücksfoto, Ass.Prof.Dr.tech. Dipl.-Ing. Architect ZT
Mladen Jadric

Alle Grafiken, Visualisierungen, Plandarstellungen usw. wurden von Christian Clement 2015 erstellt.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit, wurde auf die Unterscheidung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten für beide Geschlechter.