



Nikolaus Kaufmann BSc

SUPERFRAME
Ein Vorfertigungssystem für den innerstädtischen Wohnbau

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Riewe, Roger, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Architekt

Institut für Architekturtechnologie

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

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

Datum

Unterschrift

Gendererklärung

Zur besseren Lesbarkeit sollen geschlechterbezogene Bezeichnungen, ob maskulin, feminin oder neutral, alle Personen miteinbeziehen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die am Zustandekommen dieser Arbeit beteiligt waren und mich dabei unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

1 Kurzfassung	7
2 Einleitung	8
3 Vorgehensweise	9
4 Geschichtlicher Überblick	11
4.1 Gründerzeit	12
4.2 Rotes Wien	19
4.3 Moderne	23
4.4 Nachkriegszeit	33
4.5 Postmoderne	41
4.6 Resümee	43
5 Vorfertigungssysteme	46
5.1 Grundlagen	47
5.2 Geschichte	50
5.3 Systeme	55
5.4 Skelettsysteme	56

5.5 Paneelsysteme	61
5.6 Raumzellensysteme	67
6 Anforderungskatalog	73
7 Entwicklung System	75
7.1 Analyse Anforderungskatalog	76
7.2 Gebäudekonfigurationen	78
7.3 Systembauteile	83
7.4 Fertigungsablauf	105
8 Projekt	107
8.1 Ausgangslage	108
8.2 Entwurf	109
8.3 Darstellungen (Pläne)	115
9 Fazit	141
10 Literaturverzeichnis	143
11 Abbildungsverzeichnis	145

1 Kurzfassung

In der Arbeit wird anhand einer Analyse des Wohnbaus der letzten 150 Jahre, sowie der zur Verfügung stehenden Vorfertigungstechniken ein Anforderungskatalog für ein flexibles und zukunftsweisendes System für den Wohnbau erstellt. Auf Basis dieses Katalogs wird dann das Vorfertigungssystem mit seinen jeweiligen Komponenten entwickelt. Um einen realen Bezug zu erzeugen, wird exemplarisch ein Bauplatz gewählt, welcher dann mithilfe des Systems bebaut wird. Es wird gezeigt, dass das Holzbetonverbundsystem sich auch der schwierigsten Baulücke annehmen kann und eine individuelle, architektonisch hochwertige Lösung darstellt.

2 Einleitung

Die Baukultur in ihrer heutigen Form wird im 21. Jahrhundert kaum mehr Bestand haben. Gespickt voller Ineffizienzen werden komplexe Problemstellungen größtenteils immer noch mit den Techniken früherer Generationen bewältigt.

Diese Arbeit soll aufzeigen, wie es zur derzeitigen Situation gekommen ist, welche zeitgemäßen Möglichkeiten sich mittlerweile bieten und wie aus diesen ein schlüssiges Vorfertigungskonzept erstellt werden kann. Um das Ausmaß dieser Arbeit nicht zu sprengen, wird der Fokus auf dem Wohnbau liegen, soll jedoch andere Nach- und Umnutzungen nicht ausschließen.

3 Vorgehensweise

Ausgehend von einem Recherche teil, der sich mit der Entwicklung der heutigen Baupraxis beschäftigt, werden relevante Kapitel der Baukultur der letzten hundert Jahre kurz aufgerollt. Angefangen mit dem Gründerzeitbau und den damals limitierten Möglichkeiten, wird durch das Aufkommen neuer Baustoffe auch ein Paradigmenwechsel in der Planung und Architekturtheorie ausgelöst. Im Großen und Ganzen bietet der Gründerzeitbau, der Ausgangspunkt der Recherche ist, eine immer noch weit verbreitete und hoch nutzungsflexible Wohn- und Arbeitsstätte, die sich nach wie vor höchster Beliebtheit erfreut. Die Stärken und Schwächen dieser noch nicht ganz in die Jahre gekommenen Typologie werden mit den darauf folgenden verglichen und es wird untersucht, warum eine so dienliche Wohnform von anderen verdrängt wurde. Mit der Einleitung der Moderne ändert sich die Herangehensweise zum Wohnbau, die Funktionalität rückt immer mehr in den Vordergrund und die „Wohnmaschine“ kann sich, bedingt durch den nach dem zweiten Weltkrieg stark gestiegenen Bedarf an leistbarem Wohnraum, als dominante Typologie durchsetzen. Hier wird sowohl auf die soziokulturellen Umstände, als auch besonders auf die neu entwickelten Vorfertigungssysteme im Plattenbau eingegangen. Es wird erläutert, wie sich diese Systeme der Problematik der damaligen Zeit angenommen haben und inwiefern daraus eine nachhaltige Lösung für unsere Zeit entstanden ist. Nach Abarbeitung der geschichtlich relevanten Punkte folgt eine kurze Bestandsaufnahme des jetzigen Stands der Vorfertigungstechniken. Bestehende Vorfertigungssysteme werden auf Basis der Recherche untersucht und miteinander verglichen. Danach wird in einem kurzen Fazit ein Anforderungskatalog für das zu entwickelnde System erstellt.

Ausgehend davon werden grundlegende Überlegungen zur Bewältigung der erarbeiteten Problematiken getroffen. Danach wird das Vorfertigungssystem als Konzept erarbeitet und die einzelnen Bauteile spezifiziert, welche dann je nach Wichtigkeit detailliert ausgearbeitet werden. Sobald das System in seinen Grundzügen vorhanden ist, wird eine repräsentative Baulücke gesucht und diese exemplarisch bebaut. Während dieses Prozesses wird die Einsatzfähigkeit des Systems überprüft und etwaige Mängel werden aufgezeigt.

4 Geschichtlicher Überblick

In einem noch nie dagewesenen Tempo hat sich die Art und Weise wie wir bauen über die letzten 150 Jahre verändert. Gegaart mit der fortschreitenden Mechanisierung hat sich die Entwicklung von einer Agrargesellschaft über die Industriegesellschaft bis hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft vollzogen. Dieser soziokulturelle Wandel hat sich auch in der gebauten Umwelt manifestiert, neue Technologien und Baustoffe führen zur Entwicklung neuer Typologien. Deren Analyse wird sich hier weitgehend auf eine Auswahl von unterschiedlichen städtischen Wohnformen konzentrieren.

4.1 Gründerzeit

Ungeahnte Massen zogen ab Mitte des 19. Jahrhunderts in die Städte, ausgelöst von einer immensen Binnenwanderung stellte sich ein unerschöpflicher Zuzug von Menschen ein¹. Die Wohnungswirtschaft, immer noch geprägt von traditionellen Strukturen, erfährt eine noch nie dagewesene Transformation. Was einst von einem Bauherrn für sich selbst und seine eigenen Bedürfnisse errichtet wurde, wird nun von Investoren für eine neu zu erwartende Nachfrage gebaut. Es beginnt sich die Wohnwirtschaft in ihrer modernen Form zu etablieren².

Im Zuge dieses neu entstandenen Bedarfs an Wohnraum wurde der Ersatz der bestehenden vorindustriellen Typologie der städtischen Mietsbebauung notwendig. Die „Buden“ oder „Gaden“, meist eingeschossige, kaum mehr als 4-5 Meter breite Kleinhäuser, welche in Hinterhöfen oder Seitenstraßen errichtet wurden³, vermochten nicht mehr den gewaltigen Andrang zu bewältigen.



Abb. 1: Buden

¹ Vgl. Reulecke 1997, 335.

² Vgl. Ebda 335.

³ Vgl. Reulecke 1997, 347.

Im Massenwohnbau begann sich erstmals ein abgeschlossener Intimbereich durchzusetzen. Während sich vor 1800 selbst das bürgerliche Leben ohne großartige soziale Trennung abspielte und Räume gemeinhin als Allzweckräume verwendet wurden, entwickelte sich der Schlafbereich, einst Mittelpunkt des bürgerlichen Hauses, am Anfang des 19. Jahrhunderts hin zum hochgeschützten Intimbereich⁴. Mit Einführung der Etagenwohnung im Mietwohnungsbau großer Städte wurde auch jener Intimbereich in diese inkorporiert. Dank technischer Weiterentwicklungen, wie den sogenannten englischen Küchenherd, wurde die Küche als abgeschlossener Raum in der Mietwohnung erst möglich. Dieser konnte unmittelbar an den Schornstein angeschlossen werden und war dabei rauchfrei, was zur Folge hatte, dass nun die Diele zum Flur wurde, welcher die übrigen Räume erschließt. Nun war die Möglichkeit geschaffen, alle Wohnungen gegenüber anderen abzuschließen⁵. Gut dargestellt ist diese neue Privatheit in den Plänen des Mustermietshauses des Centralvereins aus dem Jahre 1865 (Abb. 2). Hier erkennt man gut die Merkmale der modernen Mietwohnung wie den Zugang durch einen gemeinsamen Hauseingang und das zentrale Treppenhaus, von welchem jede Wohnung gesondert durch eine eigene Haustüre erschlossen wird. Des Weiteren wird den Räumen, im Gegensatz zu früheren Typologien, bereits eine bestimmte Nutzung zugeschrieben. Auch soziale Ordnungsvorstellungen sind in diesem Plan enthalten, so nimmt etwa die Zahl der Wohneinheiten nach oben hin zu, wohingegen deren Größe abnimmt⁶. Diese Grundrisskonfiguration wird sich mit gewissen Abstrichen durch die gesamte Gründerzeit ziehen. Geprägt von sozialen

⁴ Vgl. Reulecke 1997, 353.

⁵ Vgl. Reulecke 1997, 355.

⁶ Vgl. Reulecke 1997, 357.

Idealen wird die Umsetzung etwas rationalisierter erfolgen und oftmals entfallen Qualitäten wie der eigene Vorraum, welcher in der „Steirischen Bauordnung“ immer noch einen großen Stellenwert hat. Typologisch handelt es sich um ein „Mittelwandhaus“, sprich, die Holzdecken sind einachsig zwischen der mittig durch den Grundriss verlaufenden Wand und den Fassadenwänden gespannt. Die restlichen Wände dienen lediglich zur Aussteifung des Gebäudes und tragen nur die Last der darüber liegenden Trennwände. Dadurch ergibt sich die große Flexibilität, welche es ermöglicht, dass im gleichen System diese große Anzahl verschiedener Grundrissvariationen realisierbar ist.

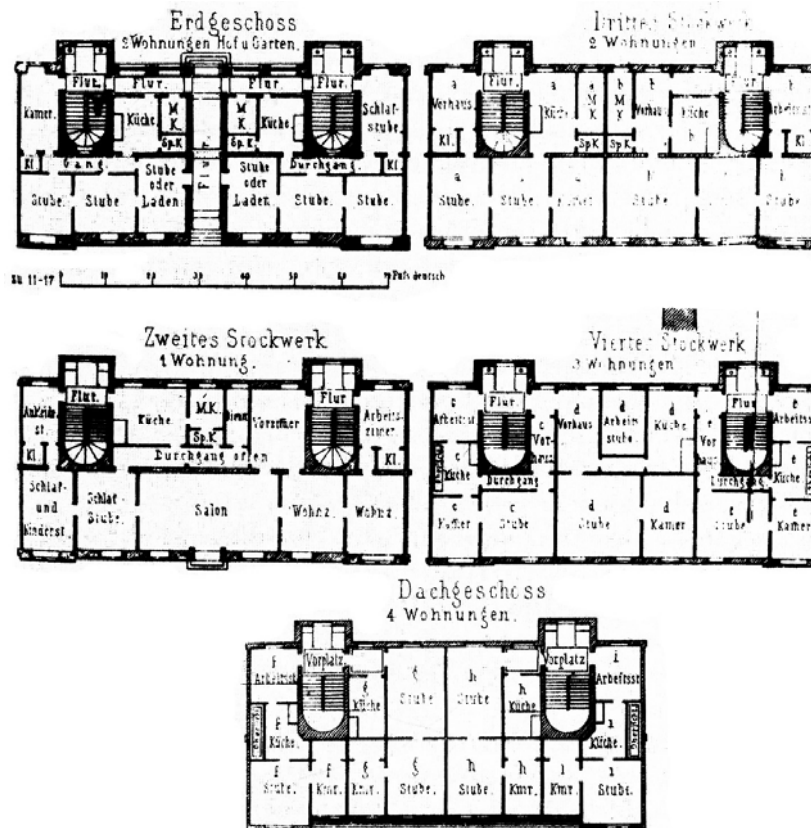


Abb. 2: Grundriss Centralverein

Die nachfolgenden Grundrisse zeigen die Umsetzung der gründerzeitlichen Typologie in Wien, es ist jedoch zu betonen, dass diese nicht nur für Wien, sondern für den gesamten mitteleuropäischen Raum zur Anwendung gekommen ist. Allen Grundrissen ist gemein, dass jedes Gebäude beziehungsweise jeder Gebäudetrakt die zuvor erwähnte Mittelwand hat, welche das statische System vorweg nimmt. Man erkennt eine recht unterschiedliche Ausformung der verschiedenen Grundrisse, wobei weniger der Bauplatz, als vielmehr das wirtschaftliche Interesse des Investors, ausschlaggebend war. Dort, wo das Augenmerk darauf gelegen hat, möglichst viele kleine Einheiten zu schaffen, bildet sich - im Gegensatz zur davor gezeigten Spännererschließung - eine Kombination mit geschlossenem Laubengang heraus. Von diesem führt dann die Tür der einzelnen Zwei-Zimmer-Wohnungen direkt in die unbelichtete Küche mit angeschlossener Stube. Das WC sowie die Wasserentnahmestelle befanden sich in den allermeisten Fällen am Flur und wurden von allen Mietparteien gemeinsam genutzt. Teilweise wurden bei besonders tiefen Grundrissen (Abb. 4) zusätzliche Lichthöfe eingeschnitten, welche oftmals die einzige Möglichkeit zur Belichtung und Belüftung darstellten. Die Fassade folgt bei dieser Typologie einer strengen Rasterung und wird dann straßenseitig mithilfe historistischer Stilelemente gegliedert. Trotz dieses starren Rasters bietet sich dennoch eine Vielzahl von Möglichkeiten, die dahinterliegenden Räume zu unterteilen.

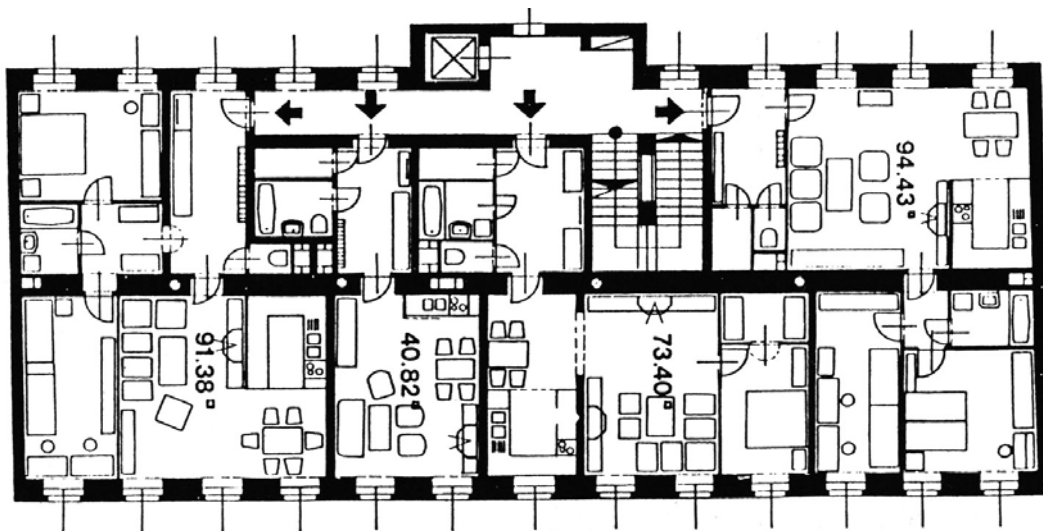
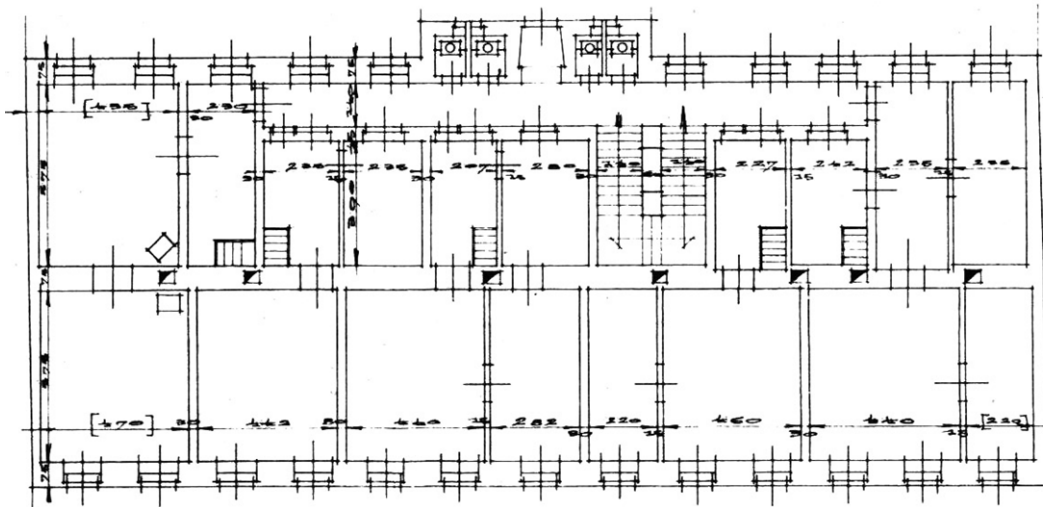


Abb. 3: Regelgeschoss Schmiedgasse 11 Alt/Neu

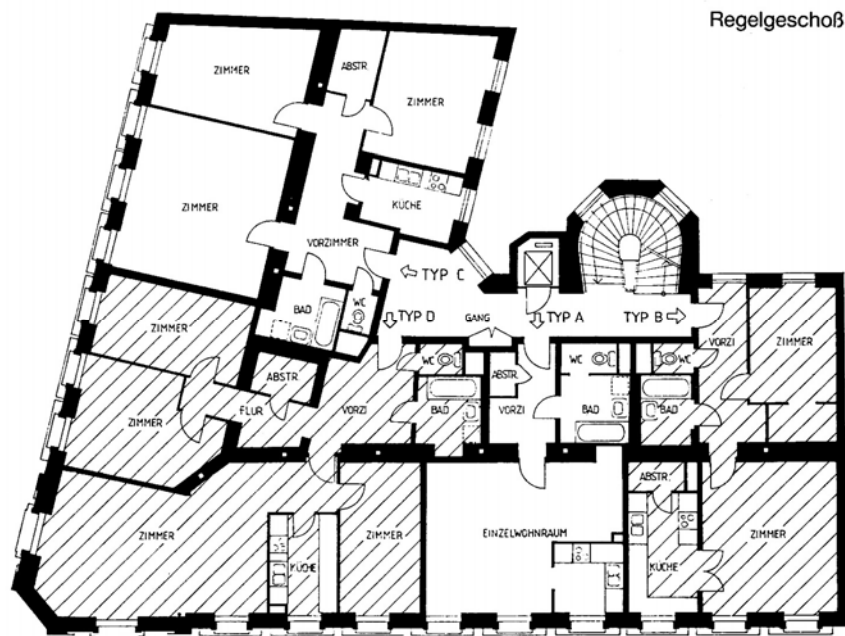
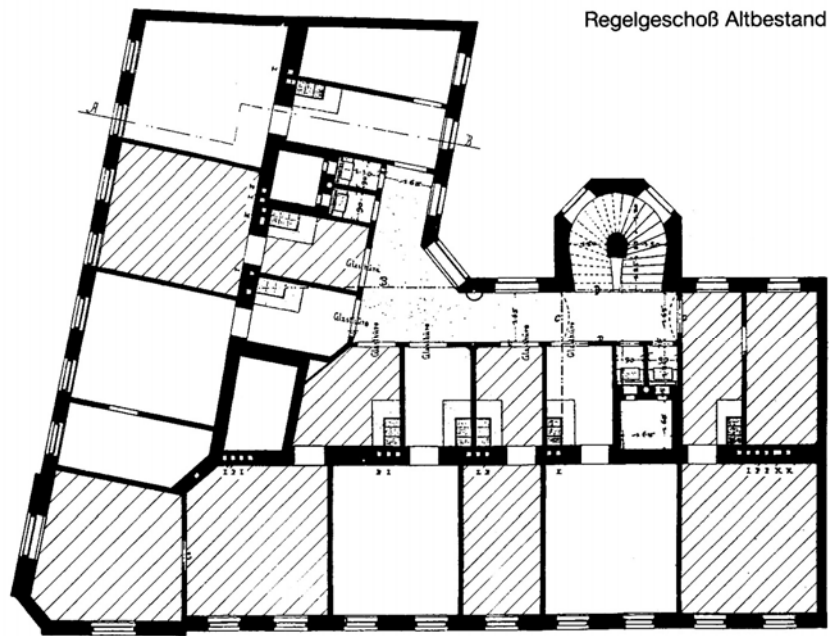


Abb. 4: Regelgeschoss Margaretenstr a e 104 Alt/Neu

Evident werden die Vorteile der gründerzeitlichen Typologie, wenn man sich die vielfältigen Adaptionen für unsere heutigen Bedürfnisse anschaut. So können dank des simplen Systems, in dem die Häuser errichtet worden sind, die Trennwände gut verändert und mehrere kleine Wohneinheiten zu einer großen zusammengelegt werden. Aufgrund der großen Raumhöhen von bis zu 3,5m lassen sich auch in den Obergeschoßen Nutzungen fernab vom Wohnen integrieren. So sind dort in den heutigen Innenstädten Nutzungen von kleinen Arztpraxen bis hin zu Büros anzutreffen und bilden zusammen mit den übrigen Bewohnern ein sehr heterogenes Bild. Besonders erwähnenswert ist auch, dass viele dieser neuen Nutzungen erst durch die standardmäßig weitaus größeren Zimmer als im heutigen Wohnbau möglich werden. Die heutigen hochdifferenzierten Wohnungsaufteilungen mit Zimmergrößen kaum über 15m² (ausgenommen dem Wohnzimmer) erschweren diese Umnutzungen ungemein. Obwohl sich die Haustechnik der Gründerzeithäuser auf ein Minimum beschränkt, wird doch, durch das Fehlen einer Zentralheizung und dem Kochen über Feuer, ein Anschluss jeder einzelnen Wohneinheit an einen eigenen Kaminstrang notwendig. Die Integration dieser dafür notwendigen Flächen, welche gewissermaßen mit unserem heutigen Flächenbedarf für Installationsschächte gleichzusetzen sind, in der Mittelwand stellt eine sehr effektive und praktikable Lösung dar. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die damalige Typologie eine bis in die heutige Zeit überdauernde Lösung geschaffen hat und dass gewisse Überlegungen auch in ein neues System übernommen werden können.

4.2 Rotes Wien

„Das erste Mal wurden in dieser Stadt, nur von sozialen und hygienischen Richtlinien geleitet, ohne Rücksicht auf materielles Erträgnis, Volkswohnhäuser erbaut. Anstelle der früheren Zinskasernen mit 85% verbauter Fläche des Gesamtareals ist das freundliche Volkswohnhaus getreten, welches nur 40 bis 50% des vorhandenen Grundes verbaut. [...] Technik, Kunst, Hygiene und sozialer Sinn haben sich vereinigt.“⁷

1918, nach dem Ende des Ersten Weltkriegs, war die Wohnsituation des Proletariats durch qualitative und quantitative Missstände geprägt. Die bereits in der Gründerzeit schlechten Wohnverhältnisse der Arbeiterschaft hatten sich während des Kriegs und in der Nachkriegszeit noch verschärft. Die durch Kleinwohnungen (½ – 1 ½ Zimmer plus Küche) geprägten „Zinskasernen“ brachten es auf eine Verbauung von bis zu 85% der Bauparzellen in den gründerzeitlichen Rastervierteln. Die Wohnungen selbst waren durch Bettgeher und Untermieter stark überbelegt. Zimmer waren teilweise nur schlecht über Gänge oder Lichthöfe belichtet und belüftet, sanitäre Einrichtungen befanden sich meist ausschließlich am Gang. All dies hatte schwere soziale und hygienische Missstände zur Folge.⁸

Ab 1919 wurden erste Versuche zur Lösung der dargelegten Problematik in Angriff genommen, doch erst ab der Einführung einer Wohnbausteuer 1923 konnten bis 1933 etwa 60.000 neue Wohneinheiten inklusive rund 2.000 Geschäftslokale geschaffen

⁷ Die Verwaltung der Bundeshauptstadt Wien, zit. n. Stadt Wien 18.

⁸ Vgl. Stadt Wien 18.

werden. Unter Anpassung an die bestehende gründerzeitliche Blockrandbebauung wurden Baulücken geschlossen, wobei sich die neuen Baukörper lediglich durch eine andere Fassadengestaltung unterschieden. Nicht nur Baulücken, sondern auch ganze Blöcke wurden unter Rücksichtnahme auf die bestehenden Strukturen gefüllt, wobei die Höfe nicht bebaut, sondern als Allgemeinfläche ausgelegt wurden. Andere Typen waren noch der Superblock, der aufgelockerte Superblock und die Streusiedlung. Der Zugang zu den einzelnen Stiegenhäusern hatte über Gartenhöfe zu erfolgen und der Vierspänner war das bevorzugte System zur inneren Erschließung. In größeren Wohnhausanlagen galt es, Gemeinschaftseinrichtungen wie Kindergärten und zentrale Badeanlagen zu integrieren. Die Fenster aller Aufenthaltsräume sowie von WC und Küche hatten direkt ins Freie zu führen. Jede Wohneinheit musste über eine eigene Toilette verfügen sowie über Küchen mit Gasherd und Wasser. Auch elektrischer Strom musste in alle Zimmer geführt werden.⁹

„Bis 1926 wurde die Ausführung von zwei verschiedenen Wohnungstypen gefordert – die 38m²-Wohnung mit Zimmer, Wohnküche, Vorraum, WC und die 48m²-Wohnung mit Zimmer, Kabinett, Wohnküche, Vorraum, WC–, ab 1927 [...] vier unterschiedliche Typen – die 21m²-Wohnung (Ledigenwohnraum) mit Zimmer, Vorraum, WC, die 40m²-Wohnung mit Wohnzimmer, Küche, Kabinett, Vorraum, WC, die 49m²-Wohnung mit Wohnzimmer, Küche, zwei Kabinetten, Vorraum, WC, und die 49m²-Wohnung mit zwei Zimmern, Küche, Kabinett, Vorraum, WC.“¹⁰

⁹ Vgl. Stadt Wien 20 ff.

¹⁰ Stadt Wien 22.

Lediglich die Kosten zur Erhaltung der Bauten und Außenanlagen waren durch den Mietzins zu decken, wodurch dieser durchschnittlich nur 4% des Einkommens eines Arbeiters betrug. International gesehen steht diese außergewöhnliche Wohnbautätigkeit im starken Gegensatz zu den damaligen Tendenzen.¹¹

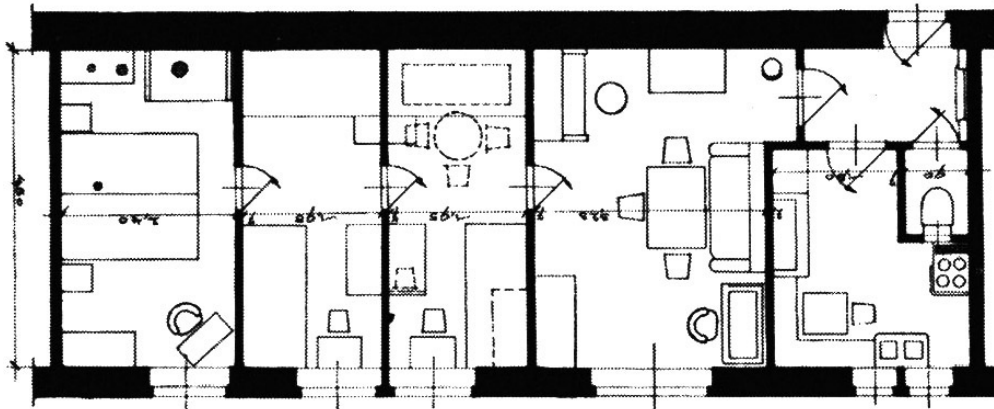


Abb. 5: Grundriss Typ

Bei Betrachtung der nachfolgenden Grundrisse ist es interessant festzustellen, dass sich das grundlegende System des „Mittelwandhauses“ aus der Gründerzeit kaum verändert hat. Die innere Erschließung erfolgt nur über ein Spänner System und die Raumfolge wird um einen Vorraum und ein WC erweitert. Aus konstruktiver Sicht hat sich jedoch die Deckenkonstruktion zu einer Stahlbetondecke hin entwickelt. Diese Entwicklung hat nun aber den Vorteil, dass, im Unterschied zu den Gründerzeitbauten, Trennwände beliebig errichtet und entfernt werden können, da diese nicht mehr die Last darüber liegender Wände zu tragen haben. Dadurch eröffnen sich im Umbau dieser Substanz Möglichkeiten der Adaption, die es bei der vorangegangenen Bauweise noch nicht gegeben hat.

¹¹ Vgl. Stadt Wien 23.

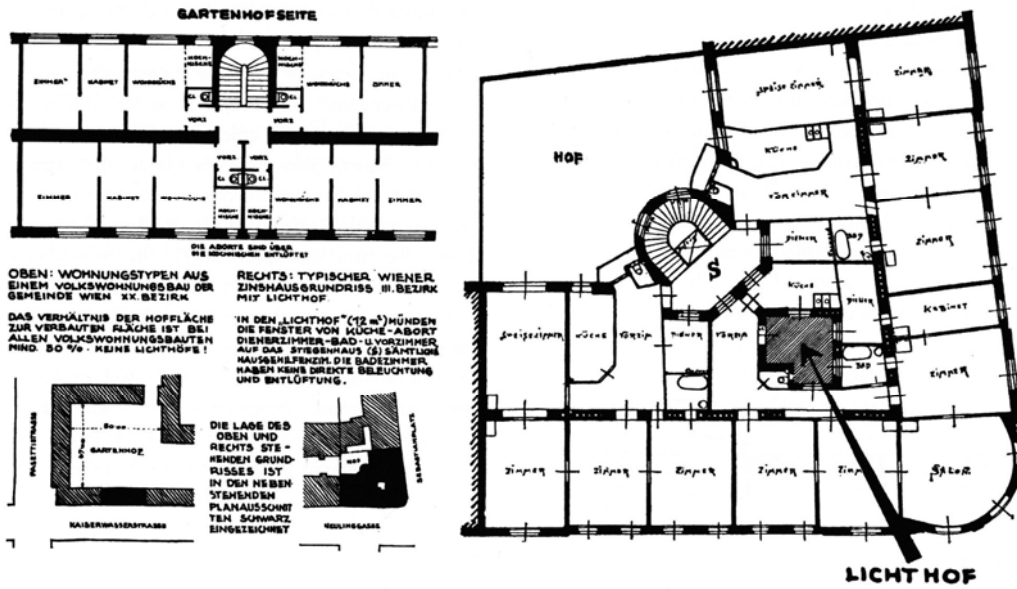


Abb. 6: Vergleich Typologien

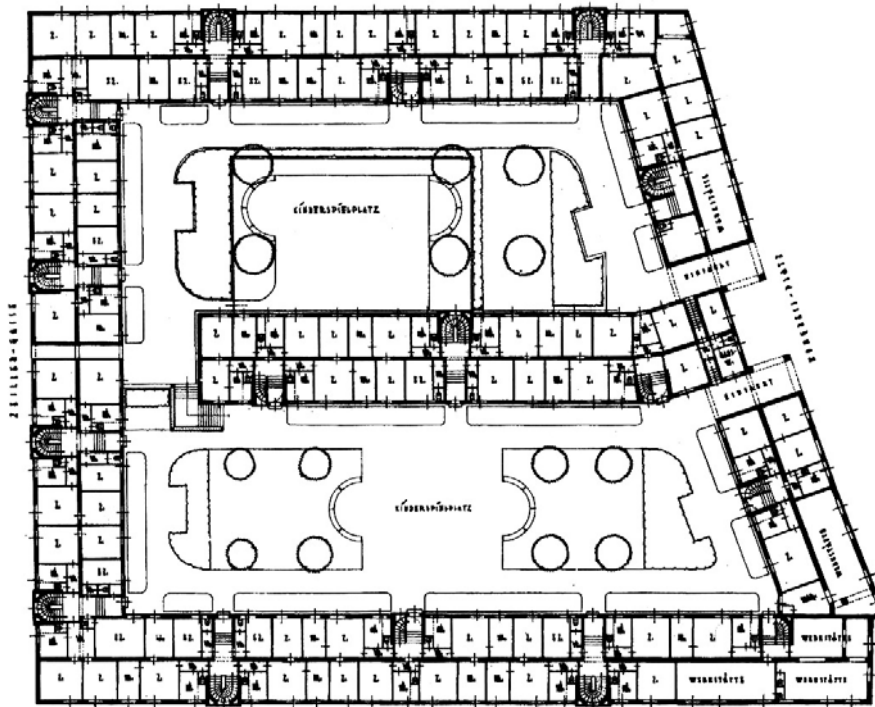


Abb. 7: Wiedenhoferhof

4.3 Moderne

Parallel zu den Bauten des „Roten Wien“ entwickelte sich in Mitteleuropa die Moderne. Von deren vielen Strömungen wird hier auf das „Neue Bauen“ und die Ausformulierung der Moderne unter dem CIAM (Congrès International d'Architecture Moderne) eingegangen.

4.3.1 Neues Bauen

Unter den Schlagworten Licht, Luft und Öffnung werden von Sigfried Giedion in seinem 1929 erschienenem Buch „Befreites Wohnen“ die Paradigmen dieser Bewegung zusammengefasst. Ziel dieser Bewegung ist es, die alten starren Grundrisse aufzubrechen und durch jene, der neuen Lebensrealität der Bevölkerung angepassten, zu ersetzen. Bis dahin dienten oftmals noch großbürgerliche Wertvorstellungen und Grundrisse als Vorbild, welche dann auf ein untragbares Maß verkleinert wurden. Der Beengtheit, Schwere und Starrheit der Bauten des Historismus wird eine neue Transparenz, Leichtigkeit und Veränderbarkeit gegenübergestellt. Obwohl über die Schlagworte große Übereinstimmung herrschte, tat man sich schwer, die neuen Lösungsansätze zu erarbeiten, da ja nicht nur auf die bestehenden Verhältnisse, sondern auch auf die zu erwartende Entwicklung Rücksicht genommen werden musste.¹²

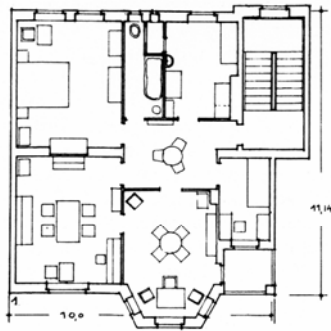
¹² Huse 64-68.

„Die beste Wohnung wird die sein, die zu einem vollkommenen Gebrauchsgegenstand geworden ist und damit die Widerstände (sic!) des alltäglichen Lebens auf ein Minimum reduziert. Das wird dann erreicht sein, wenn die Wohnung, die früher repräsentativ war und heute ziemlich beschränkt ist, so organisiert wird, daß (sic!) die einzelnen Räume und ihre Einrichtung ihren Zweck und ihrer Funktion entsprechend durchgebildet sind.“¹³

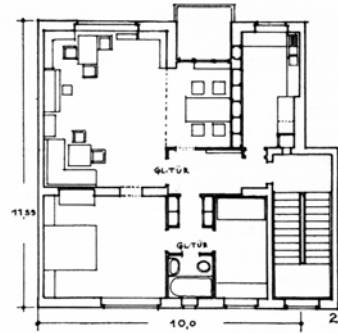
Alexander Klein überarbeitet 1928 die klassische Berliner 3 ½ Zimmer Wohnung und passt diese den neuen Gegebenheiten an (Abb. 8). Die kleinräumige Zerteilung der Wohnung wird zugunsten größerer, nutzungsflexibler Räume verworfen. Er bildet eine klare Trennung zwischen der Wohngruppe und der Schlafgruppe heraus. Die Verkehrsflächen sind geradlinig rationalisiert, sodass keine unnötig langen Wege entstehen und die anderen Bewohner nicht gestört werden. Alle Aufenthaltsbereiche sind zu gut belichteten Fassadenflächen gekehrt. Die Möblierung wird in viel geringerem Ausmaß von frei verteilten Solitärgegenständen, sondern fast ausschließlich von auf den Raum zugeschnittenen Verbauten gebildet. Dadurch ergeben sich, im Vergleich zu vorher, große zusammenhängende Freiflächen, die ein Gefühl von Weite und Großzügigkeit selbst in bescheidenen Wohnverhältnissen vermitteln.¹⁴

¹³ Deutscher Werkbund Bau und Wohnung, zit. n. Huse 68.

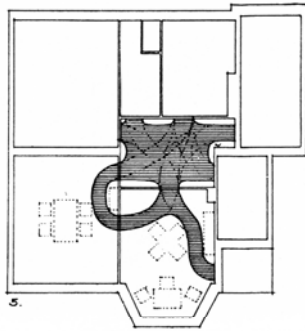
¹⁴ Vgl. Huse 68.



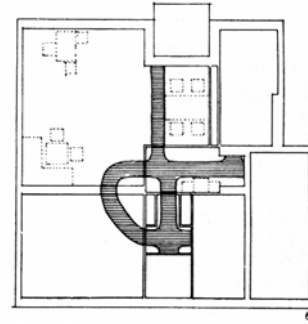
55 A. Klein, *Möblierung einer traditionellen Wohnung*



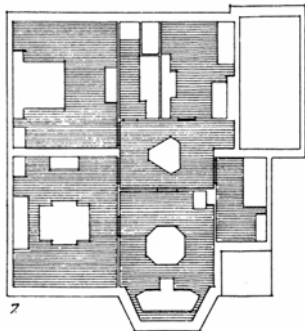
56 A. Klein, *Möblierung einer modernisierten Wohnung*



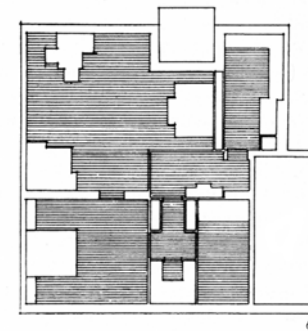
57 A. Klein, *Verkehrsflächen einer traditionellen Wohnung*



58 A. Klein, *Verkehrsflächen einer modernisierten Wohnung*



59 A. Klein, *Freiflächen einer traditionellen Wohnung*



60 A. Klein, *Freiflächen einer modernisierten Wohnung*

Abb. 8: Wohnung Klein

Paradebeispiel für das „Neue Bauen“ ist die in Stuttgart um 1927 unter der Leitung von Ludwig Mies van der Rohe entstandene Weissenhofsiedlung. Hauptziel war die Erforschung neuer Typologien durch die charakteristischen Vertreter dieser neuen Strömung. Obwohl das befreite Wohnen der Masse ein erklärtes Ziel war, wurde doch, bis auf wenige Ausnahmen, hauptsächlich für gut situierte Mieter gebaut, was das Vorhandensein von Bedienstetenzimmern erkennen lässt.¹⁵ Der Großteil der Bauten waren Villen und Doppelhäuser, die bedeutendste Ausnahme bildet das von Mies van der Rohe geplante Apartmenthaus, auf welches hier in Bezug zu dieser Arbeit genauer eingegangen wird.

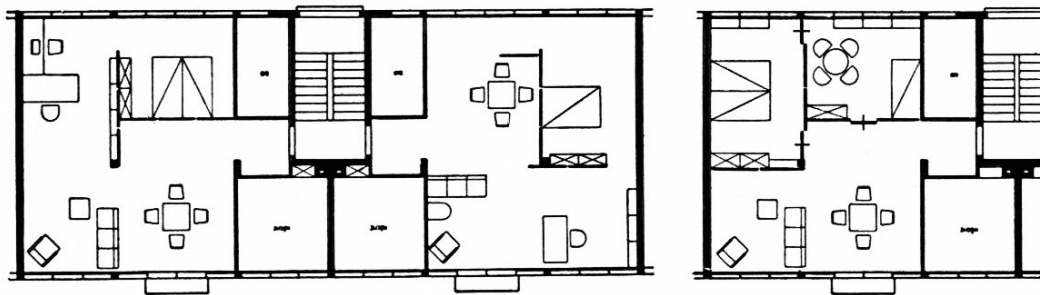


Abb. 9: Grundriss Apartmenthaus Mies van der Rohe

Erschlossen werden die Wohneinheiten des dreistöckigen Gebäudes durch ein Zweispänner System. Die horizontale Gliederung mit Fensterbändern lässt klar die Forderung nach Luft und Licht erkennen. Der interessanteste Punkt ist jedoch die innere Gliederung der einzelnen Einheiten. Nur eine tragende Säule innerhalb der Wohnung

¹⁵ Vgl. Huse 73.

und die vorgegebene Position der Küche und des Bads bilden eine Einschränkung. Dies erlaubt, dass ohne größeren Aufwand eine Vielzahl von unterschiedlichen Grundrissen verwirklichtbar ist und diese auch je nach Bedarf nachträglich verändert werden können.

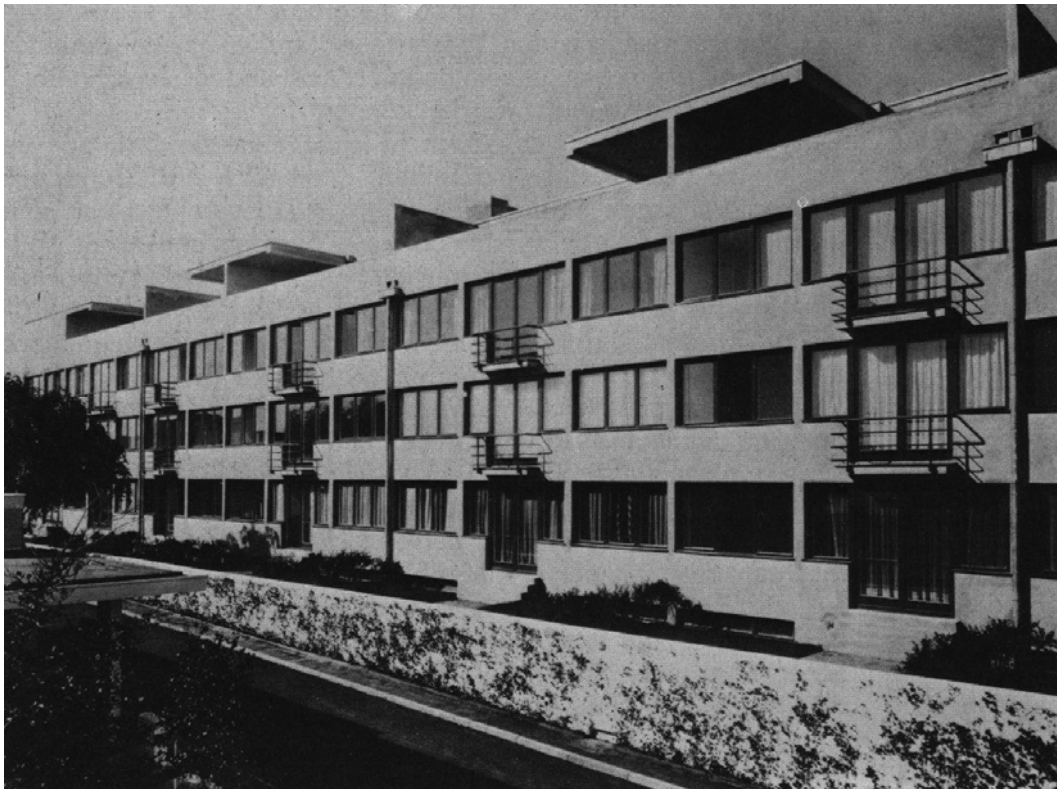


Abb. 10: Apartmenthaus Mies van der Rohe

4.3.2 CIAM

Die bereits zuvor aufgekommenen Ideen und Tendenzen der Zeit werden innerhalb des CIAM (Congrès International d'Architecture Moderne) gebündelt und mit deren Kongressen einem breiten Publikum zugänglich gemacht. Beim ersten Kongress vom 25. bis 29. Juni 1928¹⁶ wurden die Eckpfeiler formuliert, welche die Architektur und den Städtebau bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts prägen sollten.

„1. Das Problem der Architektur im modernen Sinne fordert in erster Linie die intensive Verbindung ihrer Aufgabe mit den Aufgaben der allgemeinen Wirtschaft.

2. Wirtschaftlichkeit ist im technisch-produktiven Sinne zu verstehen und bedeutet den möglichst rationellen Arbeitsaufwand und nicht den möglichst großen Ertrag im gesellschaftlich-spekulativen Sinne.

3. Die Notwendigkeit der ökonomisch wirksamsten Produktion ergibt sich zwangsläufig daraus, dass wir heute und in der nächsten Zukunft mit allgemein verschärften Lebensbedingungen zu rechnen haben.

4. Die Konsequenz der ökonomisch wirksamsten Produktion sind Rationalisierung und Standardisierung. Sie sind von entscheidendem Einfluss auf die Arbeit des heutigen Bauens.

5. Rationalisierung und Standardisierung äußern sich in folgender Hinsicht:

¹⁶ Vorbereitender Kongress für neues Bauen o.S.

- a) sie fordern vom Architekten eine intensive Reduktion und Vereinfachung der beim Bau notwendigen Arbeitsvorgänge;
- b) sie bedeuten für das Bauhandwerk eine einschneidende Reduktion der heutigen Vielzahl der Berufe zugunsten weniger, auch für den ungelerten Arbeiter leicht anzulernenden Fertigkeiten;
- c) sie fordern vom Verbraucher, dem Besteller und Bewohner des Hauses, eine Klärung seiner Ansprüche im Sinne einer weitgehenden Vereinfachung und Verallgemeinerung der Wohnsitten. Dies bedeutet einen Abbau der heute überschätzten und durch gewisse Industrien emporgetriebenen Einzelansprüche zugunsten einer möglichst allgemeinen und breiten Erfüllung der heute zurückgesetzten Ansprüche der großen Masse.“¹⁷

Diese neuen Werte prägten die nächsten beiden Kongresse und ließen den Versuch einer radikalen Neuordnung erkennen. Es begann die Grundsteinlegung für das, was nach dem zweiten Weltkrieg vielerorts errichtet wurde.

Der zweite Kongress fand 1929 in Frankfurt statt und stand unter dem Titel „Die Wohnung für das Existenzminimum“. Bei dieser wurden neue Grundrisstypologien entwickelt, die versuchten, mit einem Minimum an benötigter Fläche ein Maximum an Wohnkomfort zu bieten. Die einzelnen Einheiten wurden jedoch teilweise so stark herunterrationalisiert, dass von einem qualitativ hochwertigen Aufenthaltsraum nicht

¹⁷ Erklärung von Le Corbusier, zit. n. Die Architektur der Moderne 235.

gesprochen werden konnte. Interessant ist auch die unterschiedliche Gewichtung der Sanitäreinrichtungen sowie, dass alle Typologien entweder als Laubengang oder Spännererschließung auf eine Zeilenbebauung ausgelegt sind. Was auch gleich den Themenschwerpunkt der dritten Konferenz vorwegnimmt. Ausgehend von der Fragestellung in welcher Struktur zukünftig gebaut werden soll, wurde diese unter dem Thema „Rationelle Bauweisen“ 1930 in Brüssel erarbeitet. Die Ergebnisse der zweiten und dritten Konferenz bilden den Grundstein des Wohnbaus und der Stadtentwicklung der Nachkriegszeit und es wird schon vorweggenommen, was bald folgen wird.

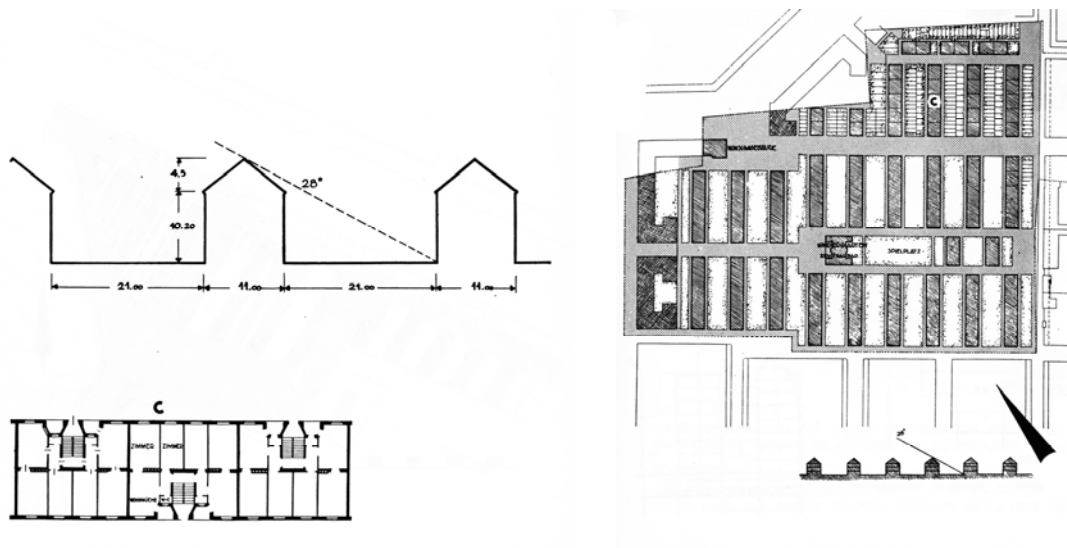


Abb. 11: Bauweise (Beispiel 36)

FRANKFURT A. M.

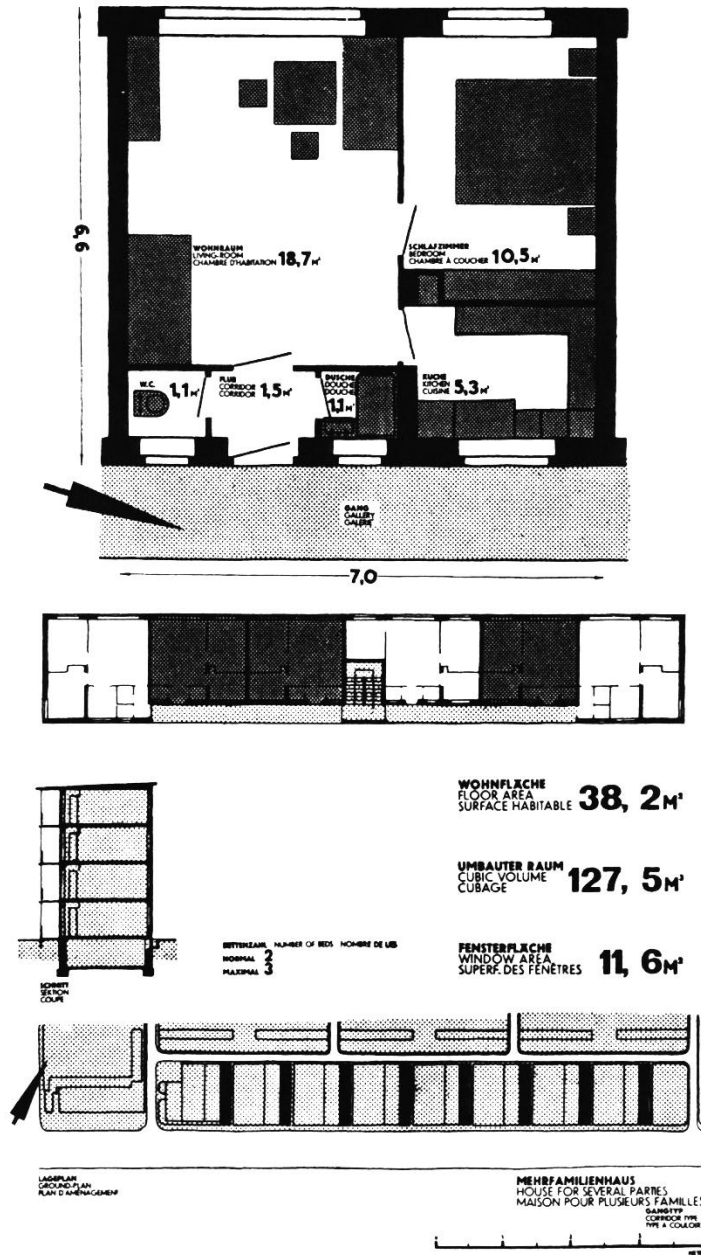


Abb. 12: Grundriss Zweizimmerwohnung (Beispiel 115)

FRANKFURT A. M.

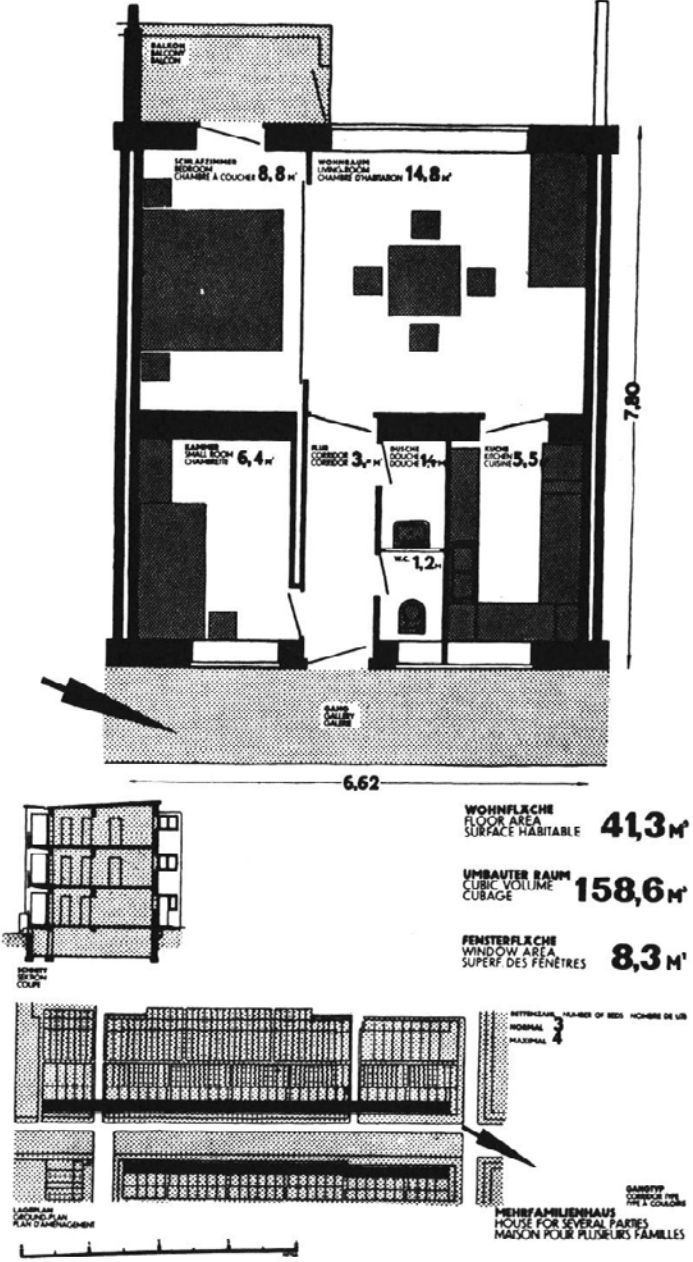
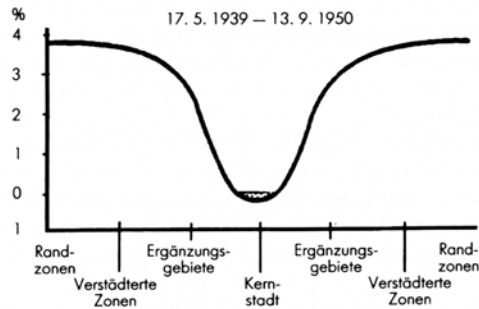


Abb. 13: Grundriss Dreizimmerwohnung (Beispiel 122)

4.4 Nachkriegszeit

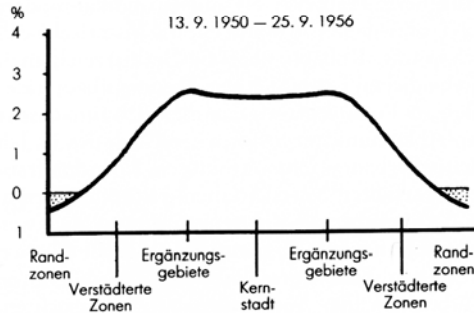
Die Zeit des Wiederaufbaus ist geprägt von der akuten Wohnungsnot resultierend aus den Schäden des zweiten Weltkriegs. Anfangs wird primär versucht, die Not der Menschen zu lindern, erst später, nachdem das Ärgste überwunden ist und die Städte enttrümmert waren, machte man sich daran, die vor dem Krieg erdachten Ideen umzusetzen. Wichtig zur Betrachtung ist auch die demographische Verschiebung der Bevölkerung aus der Kernstadt ab Mitte der 50er Jahre. Nachdem dort, wo bereits vorhandene Infrastruktur weitestgehend unbeschadet den Krieg überstanden hatte, gebaut wurde, begann man großflächige Stadterweiterungen zu planen. Ein Hauptmotor dieser Entwicklung war die immer noch zunehmende Industrialisierung sowie die Durchdringung der Gesellschaft durch den Individualverkehr. Die oftmals ungeeignete Stadt wird autogerecht gemacht und Neubaugebieten wird das Auto als primäres Verkehrsmittel zugrunde gelegt.¹⁸

¹⁸ Vgl. Flagge 238ff.



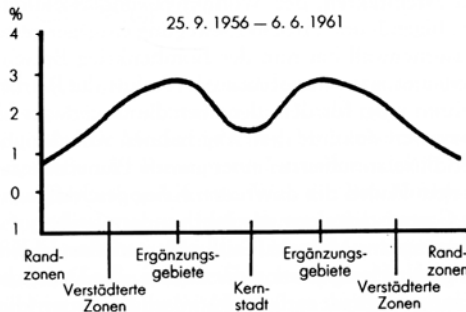
1. Phase:

Die tiefe Senke in der Kurvenmitte kennzeichnet die Kriegszerstörung der Innenstädte und die Evakuierung der Bevölkerung, die außerhalb der Städte Zuflucht fand.



2. Phase:

Der Instandsetzung zerstörter Wohnungen und dem raschen Wiederaufbau der Städte auf Grundlage der alten Parzellenstruktur folgt die Rückwanderung der Bevölkerung und der Zuzug von Flüchtlingen aus dem Osten.



3. Phase:

Mit der Ausweitung des Dienstleistungsbereichs (Geschäfte, Kaufhäuser, Banken, Versicherungen u. ä.) in den Zentren der Städte geht die Abwanderung und Verdrängung der Bewohner einher. Infolge der fortschreitenden Verstädterung wird die Ausweitung der Wohngebiete in den Randzonen durch Zuwanderung aus ländlichen Gebieten noch verstärkt.

Abb. 14: Demographische Verschiebung

4.4.1 Wiederaufbau

Exemplarisch für die Durchgrünung des Baublocks aus dem 19. Jahrhundert ist die Bebauung des Constructa-Blocks in Hannover, die 1951 im Rahmen der vorbereitenden Bauausstellung entstanden ist.¹⁹ Die im Krieg fast vollständig zerstörte Blockrandbebauung wird nicht wieder als Basis für neue Bauten genommen, sondern durch eine Zeilenbebauung ersetzt. Die egalitären Straßenzüge werden zugunsten eines hierarchisch geordneten Netzes aufgegeben und die Interaktion der Bauten mit diesem beschränkt sich nur auf ein Minimum. Die verwendeten Grundrisse decken sich in ihrer Konzeption mit denen, die bereits in den dreißiger Jahren entwickelt wurden.

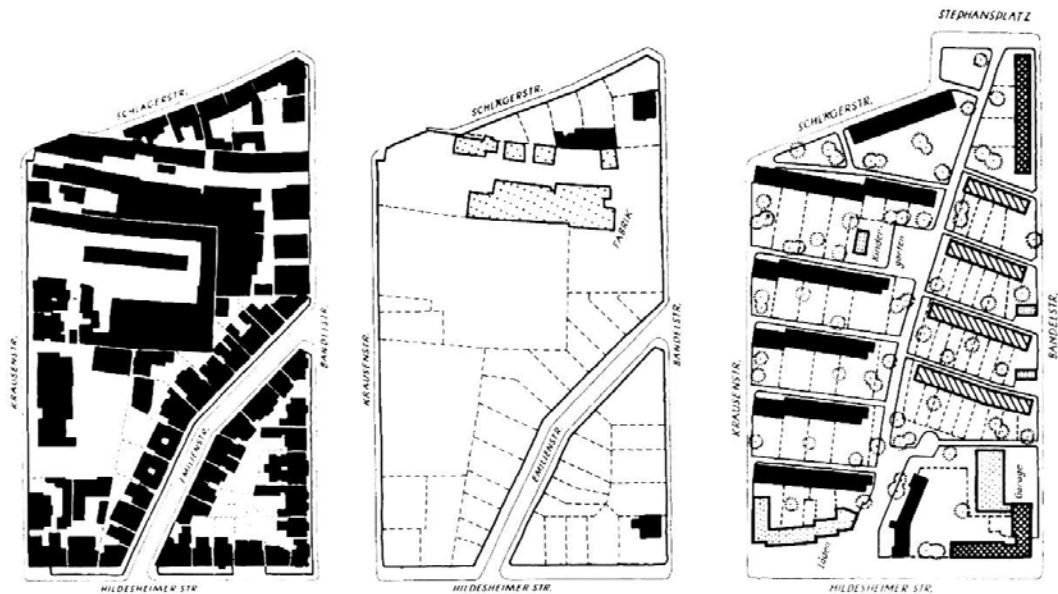


Abb. 15: Entwicklung Constructa-Block

¹⁹ Vgl. Flaggé 268.

4.4.2 Großsiedlungen

Beflügelt von der Entwicklung der Bauindustrie und angetrieben von dem immer noch enormen Wohnraumbedarf wird ab Anfang der sechziger Jahre mit dem Bau von Großsiedlungen begonnen. Bei relativ hoher Dichte wurde mittels Hochhausstrukturen versucht, einen möglichst großen Freiraum zu schaffen. Dank der Vorfertigungstechniken im Plattenbau konnten diese schnell und günstig, jedoch oftmals mit mangelnder Qualität, errichtet werden.

Als Beispiel für so eine Trabantenstadt dient das „Märkische Viertel“ in Berlin. Die bis zu zwanzig Geschöß hohen Strukturen beherbergen über 34.000²⁰ Bewohner und bilden eine in sich geschlossene Einheit. Die nicht vorhandene Maßstäblichkeit der Bebauung führt dazu, dass zwar ein grüner Freiraum entsteht, dieser aber keinerlei Identität verliehen bekommt. Dieses Nichtvorhandensein einer tatsächlich urbanen Struktur einhergehend mit der gefühlten Monotonie der Anlage, führen dazu, dass sich dieses Viertel zu einem sozialen Brennpunkt entwickelt hat und tendenziell Bewohner unterer Einkommensschichten und Personen mit Migrationshintergrund beherbergt.

²⁰ Rieser 24.



Abb. 16: Märkisches Viertel

4.4.3 Terrassenhaus

Diesen Großsiedlungen steht die Konzeption des Terrassenhauses gegenüber, welche einen Gegenpol zu jenen und eine städtische Alternative zum Einfamilienhaus bildet. Mittels Terrassierung wird versucht, den Grünraum möglichst weit in die Obergeschosse fortzuführen und gleichzeitig immer noch den urbanen Charakter zu wahren. Als gutes Beispiel eignet sich die 1965 entworfene und 1972-1978 in Graz unter der Werkgruppe entstandene Terrassenhaussiedlung.²¹

Bedingt durch ihren Standpunkt auf einer Deponie für Bauschutt war eine Pfahlgründung notwendig, welche dann zu einem Trägerrost führte, auf dem die 4 Baublöcke errichtet wurden. Dies führte auch zu dem Schottensystem mit jeweils vier 7m breiten gekoppelten Einheiten, die von zwei Stiegenhäusern flankiert werden. Daraus ergibt sich, dass die einzelnen Wohnungen sowohl individuell ausgebaut werden konnten, als auch 20 unterschiedliche Wohnungstypen zwischen 42m²-142m² ermöglicht wurden. Aufgrund dieser Durchmischung und der hohen Adaptierbarkeit erfreut sich die Anlage immer noch sehr großer Beliebtheit.²²

²¹ HDA Graz 105.

²² Vgl. HDA Graz 105-109.



Abb. 17: Bauphase Terrassenhaussiedlung

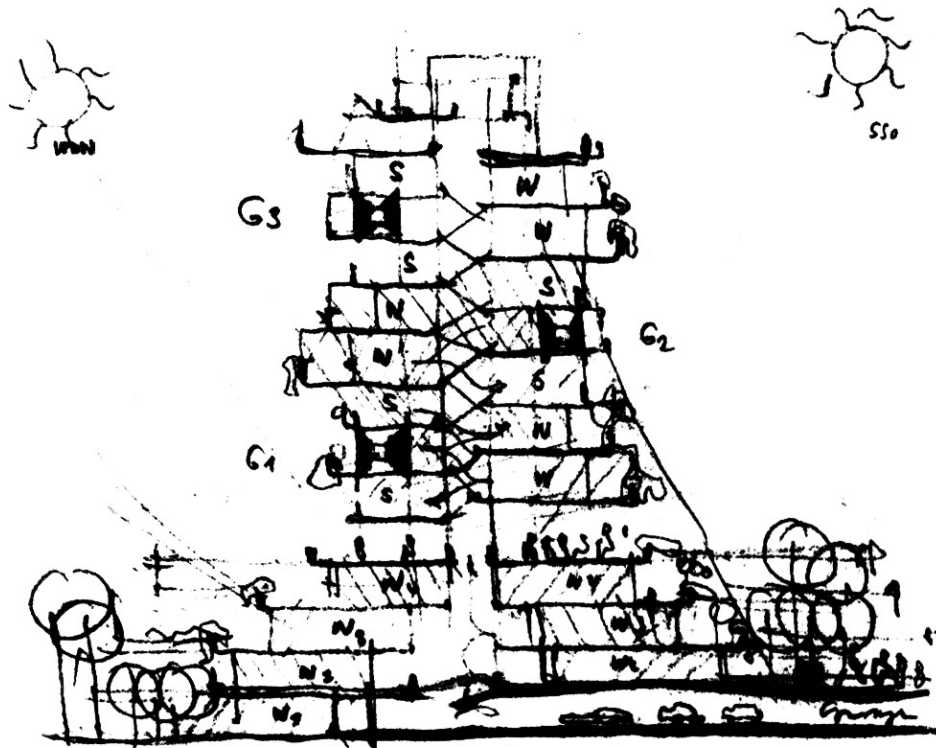


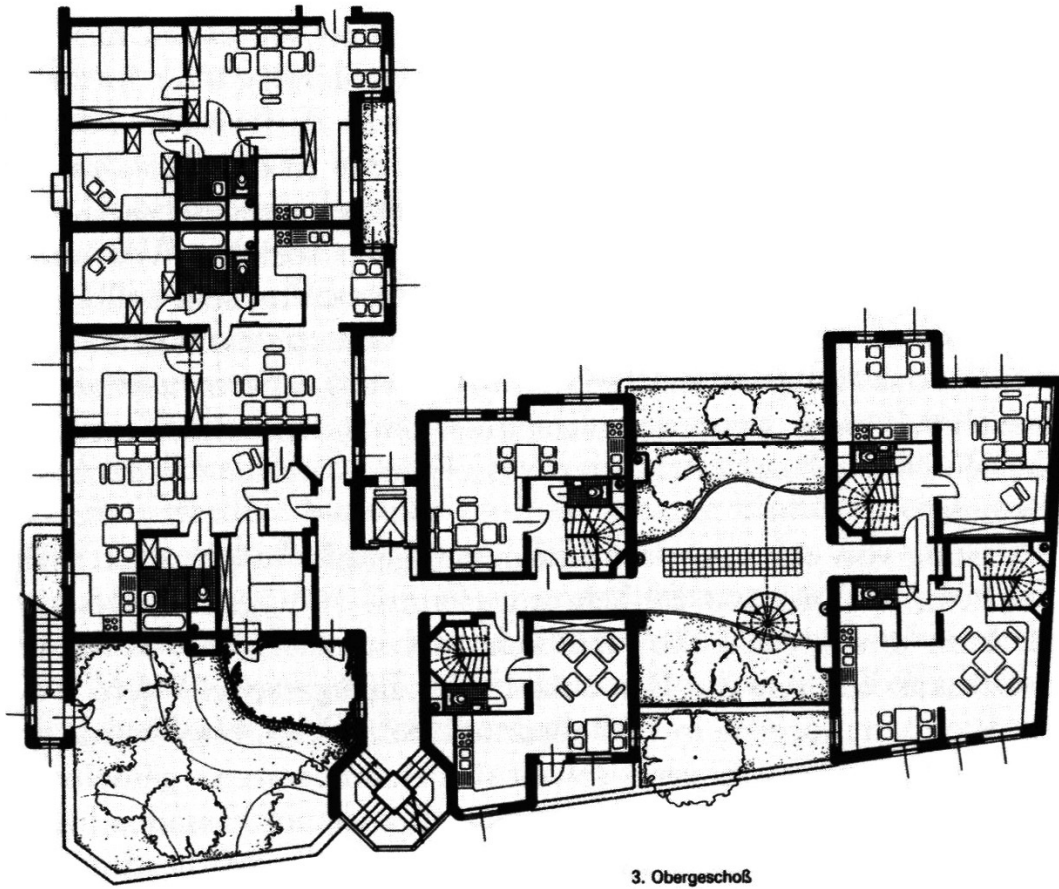
Abb. 18: Skizze Schnitt Terrassenhaussiedlung

Abschließend ist jedoch festzustellen, dass mit Ausnahme des Terrassenhauses, welches sich nicht durchsetzen konnte, kaum neue städtebauliche Innovationen entwickelt wurden. Es wurde fast immer auf der „Grünen Wiese“ gebaut, und wenn diese nicht vorhanden war, eben eine solche geschaffen. In Bezug auf meine Arbeit, bietet diese Zeit mit Ausnahme der entwickelten Bautechniken kaum Anhaltspunkte.

4.5 Postmoderne

Die Zeit ab Mitte der siebziger Jahre bildet einen Bruch mit der städtebaulichen Entwicklung davor. Rekordzahlen in der Wohnungsproduktion führen erstmals in der Nachkriegsgeschichte zu Leerständen. Die zuvor aus dem Boden gestampften Großsiedlungen verlieren ihre Notwendigkeit und führen zu einem Abschwung in der Bauindustrie. Im Rahmen des „Europäischen Denkmalschutzjahres 1975“ rücken die Innenstädte und insbesondere die historistische Bebauung dieser ins Blickfeld.²³ Zuerst wird der Bestand saniert und vor allem der technische Standard gehoben, Wohnungen werden zusammengelegt und um eigene sanitäre Anlagen ergänzt. Hier zeigt sich wieder die Qualität der historistischen Grundrisse, die durch ihre Struktur einen solchen Umbau erst möglich machen. Dazu kommt der Neubau, der sich auch immer öfter in die innerstädtische Struktur einfügt. Beispielhaft wird hier das Hundertwasserhaus in Wien angeführt; obwohl es hierbei viele Tendenzen des nachhaltigen Bauens und einen vermeintlichen Bruch mit der Monotonie der Moderne gibt, werden doch die damals entwickelten Grundrisse herangezogen.

²³ Vgl. Flagg 332f.



3. Obergeschoß

Abb. 19: Grundriss Hundertwasserhaus

4.6 Resümee

Obwohl es immer wieder bemerkenswerte Ausnahmen gab, konnten sich diese nie in der Massenarchitektur durchsetzen. Der technische Fortschritt wurde hauptsächlich genutzt, um bestehende Konstruktionsweisen zu verbessern. Aufgrund des schlechten Images des Plattenbaus konnten sich Vorfertigungssysteme, anders als im Industriebau, im Wohnbau nie richtig durchsetzen und beschränken sich hier lediglich auf Einfamilienhäuser. Ein Auszug aus aktuellen Projekten zeigt, wie gering der Fortschritt der Typologien im Vergleich zu denen der 30er Jahre ist. Dies soll aber nicht heißen, dass die Entwicklung der Wohnbautypologie abgeschlossen ist, sondern vielmehr, dass es ein großes Entwicklungsdefizit gibt. Daher sind adaptierbare Konzepte wie jenes der Gründerzeit heutzutage relevanter denn je, da die zukünftigen Entwicklungen schwer vorhersehbar sind.

5 Vorfertigungssysteme

Vorfertigungssysteme bestehen schon seit tausenden von Jahren, jedoch haben sie seit Beginn der industriellen Revolution eine enorme Entwicklung erfahren. Die Analyse der Systeme, zusammen mit deren Geschichte, soll einen Überblick über das Thema verschaffen und einen Anhaltspunkt für die Anforderungen des eigenen Systems bilden.

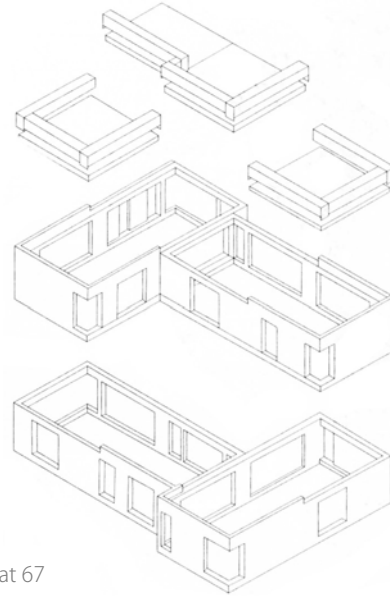


Abb. 20: Konstruktionssystem Habitat 67

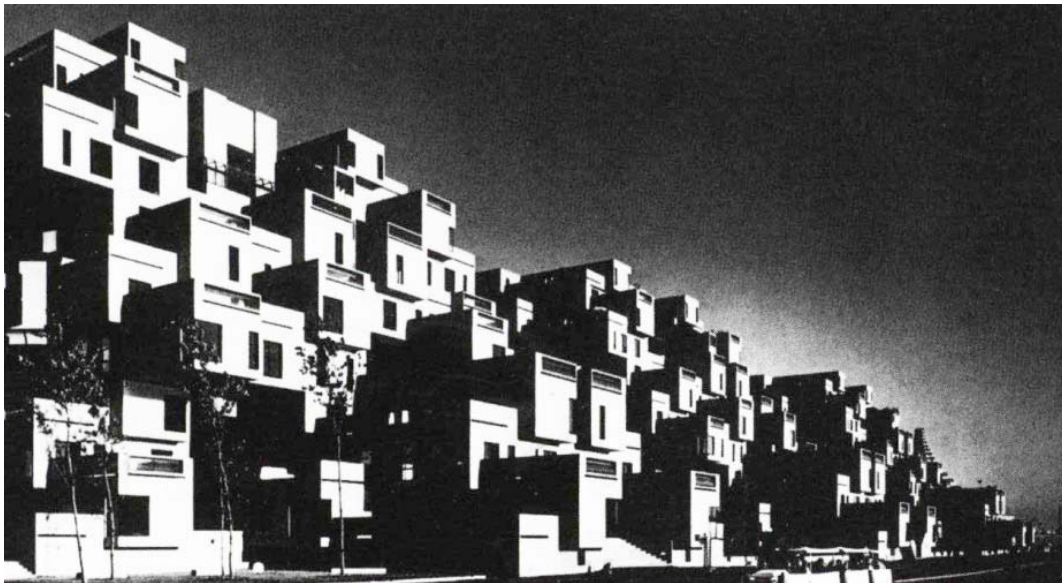


Abb. 21: Habitat 67

5.1 Grundlagen

Bauwerke können in unterschiedliche Ebenen der Konstruktion aufgliedert werden:

„Das System, bestehend aus Primär- und Sekundärsystem, bezeichnet das Haus als Ganzes, das aus Modulen wie Wänden, Decken, Böden etc. zusammengesetzt ist. Die Module bestehen wiederum aus Elementen. Das Primärsystem stellt hierbei meist das statische Gerüst eines Hauses dar, während das Sekundärsystem meist die Gebäudehülle ist.“²⁴

Man spricht also von verschiedenen Hierarchien, so bilden mehrere Elemente (z.B.: Ziegelsteine, Fensterrahmen, Fensterscheiben) ein Modul (z.B.: Fenster, Wand), welche wiederum das System bilden.²⁵

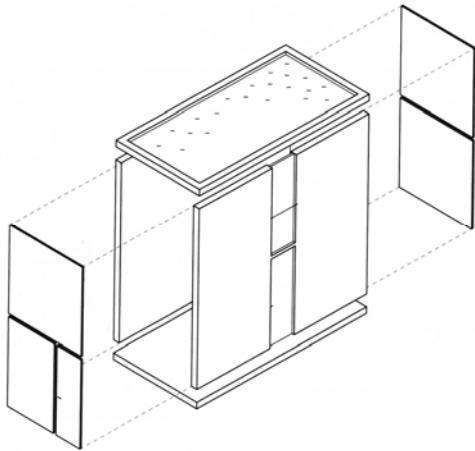


Abb. 22: Primärsystem/Sekundärsystem

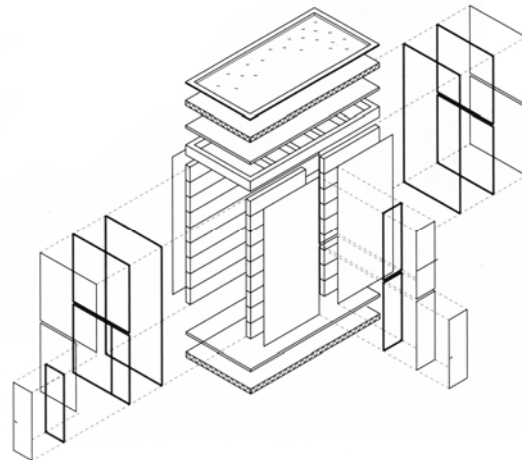


Abb. 23: Aufgliederung Elemente

²⁴ Knaack 100.

²⁵ Vgl. Knaack 100f.

Im Gegensatz zur Aufgliederung nach Ebenen der Konstruktion, kann ein Gebäude auch in Arbeitsfelder der Konstruktion unterteilt werden. Hier werden einzelne Leistungsbereiche in deren Funktion für das Gebäude zusammengefasst.

„Tragwerk: tragende Struktur eines Gebäudes

Hülle: Hüllschicht des Gebäudes, Fassade oder bei tragenden Fassaden die äußerste Schicht der Wand

Ausbau: Komponenten des Innenausbaus, die dauerhaft mit dem Gebäude verbunden sind (also keine beweglichen Möbel)

Haustechnik: technische Ausstattung des Gebäudes wie beispielsweise Heizung, Lüftung, Sanitäreinrichtung etc.“²⁶

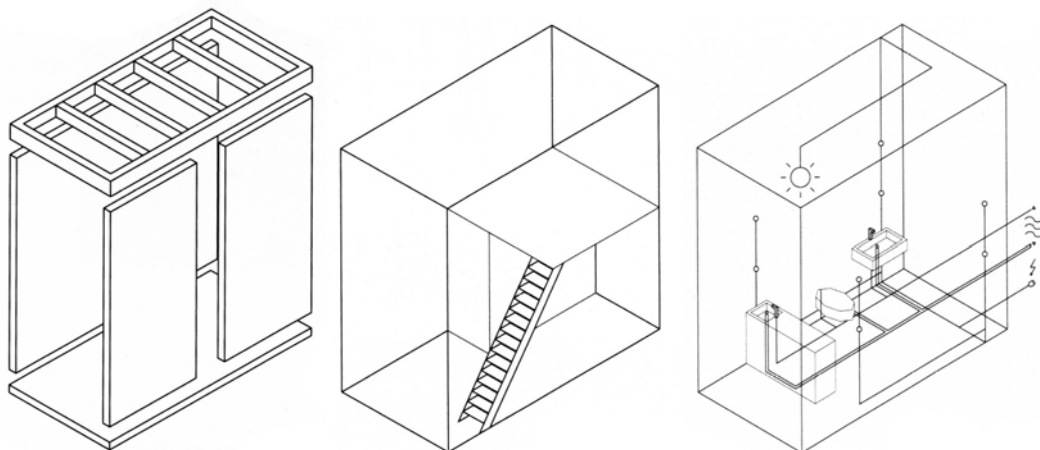


Abb. 24: Arbeitsfelder Tragwerk/Ausbau/Haustechnik

²⁶ Knaack 102.

Prinzipiell kann je nach System ein verschieden hoher Vorfertigungsgrad erreicht werden. Hier kommt es darauf an, in welcher Größe, das Modul oder Element auf die Baustelle kommt. So stellt bereits ein Ziegel einen gewissen Grad an Vorfertigung dar, jedoch wird noch ein großer Arbeitsaufwand vor Ort benötigt, um daraus das Gebäude zu erstellen. Ein Maximum an Vorfertigung ist mit fertigen Raummodulen zu erzielen (bis zu 95%²⁷), hier wird zum Beispiel ein komplett eingerichtetes Hotelzimmer als Modul auf der Baustelle nur noch versetzt.

Wichtig bei der Betrachtung des Vorfertigungsgrades sind Transport und Verbindungen. Oftmals geben nämlich nicht statische Einschränkungen die maximale Größe der Module vor, sondern die Limitationen des Transportweges. Dies hat wiederum einen Einfluss auf den Vorfertigungsgrad.

Ein weiterer wichtiger Faktor sind die Verbindungen. Da das Gebäude auf der Baustelle montiert werden muss, müssen die Fügungen auch gewissen Ansprüchen an Brandschutz, Schallschutz und Schutz vor der Witterung genügen. Je größer die Module und Elemente sind, desto geringer ist die Anzahl der benötigten Verbindungen.

²⁷ Staib 40.

5.2 Geschichte

Historisch gesehen beginnt die Geschichte der Vorfertigung schon früh mit den Behausungen nomadischer Völker. Seit über 2000 Jahren dient die Jurte mongolischen Nomaden als Unterkunft. Bestehend aus Holzscheergittern, Wolldecken und Leinenwänden, kann die Konstruktion innerhalb von 60 Minuten errichtet werden. Die Dimensionen der einzelnen Elemente werden hier durch den Transport dieser auf Kamelen vorgegeben.²⁸

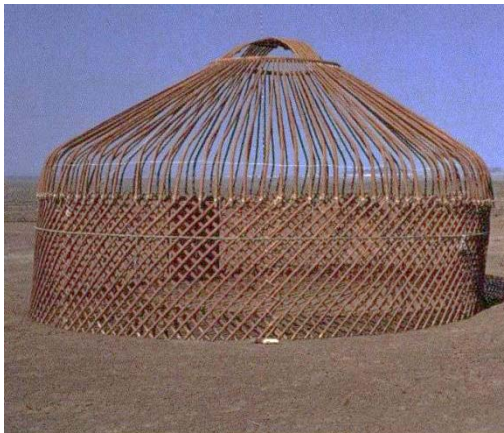


Abb. 25: Jurte Unterkonstruktion

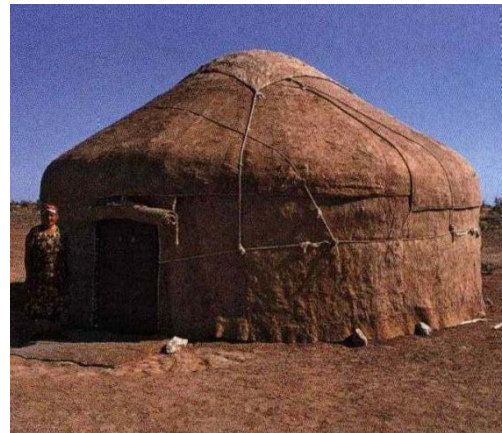


Abb. 26: Jurte Gedeckt

²⁸ Vgl. Knaack 13.

Das traditionelle Japanische Haus verwendet seit über 1000 Jahren das Modul der Tatami-Matte, einer 190cm x 95cm großen Reisstrohmatte. Diese Maßeinheit gibt hier die Größen für das Stützenraster und der Ausbauelemente vor und ist heute immer noch in Gebrauch.²⁹

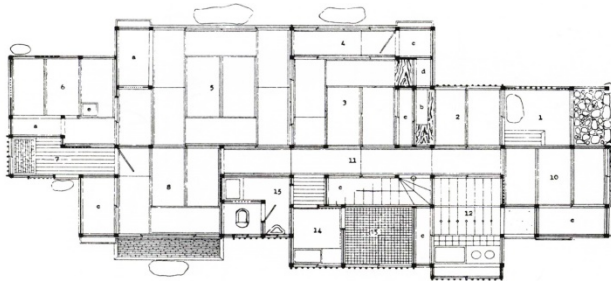


Abb. 27: Japanisches Haus Grundriss



Abb. 28 Japanisches Haus

Einen Meilenstein bildet das für die Weltausstellung von 1851 entwickelte Vorfertigungssystem des Kristallpalasts von Joseph Paxton. Das System wurde auf möglichst wenige Elemente heruntergebrochen, welche dann in einer modularen Ordnung auf der Baustelle zusammengefügt wurden.³⁰

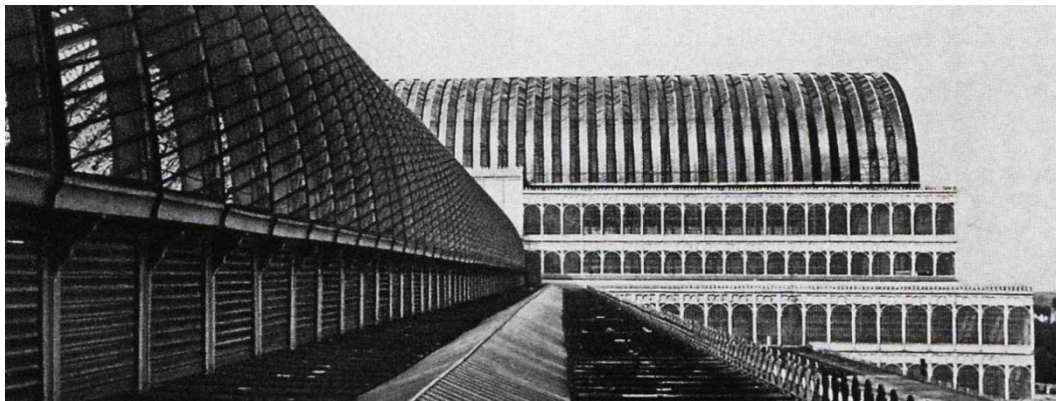


Abb. 29: Crystal Palace

²⁹ Vgl. Knaack 13.

³⁰ Vgl. Staib 20.

Mit dem Aufkommen von Eisenbeton wurde dieser auch in neue Vorfertigungskonzepte eingebunden. Inspiriert von der Fließbandproduktion in der Automobilfertigung entwickelten Architekten ihre eigenen Systeme für den Wohnbau. Zum einen ist hier das 1914 entwickelte System Domino von Le Corbusier hervorzuheben, welches ähnlich einem Auto als Plattform für den Ausbau dienen sollte. Zum anderen wurde mit der Unit Structural Concrete Methode, 1916 entwickelt von John E. Conzelmann, eines der ersten Eisenbetonskelettsysteme für den Industrie- und später auch den Wohnbau etabliert.³¹

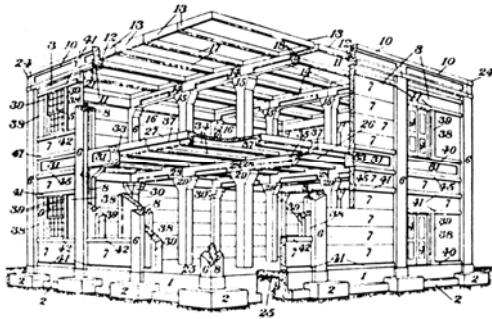


Abb. 30: Unit Structural Concrete Methode

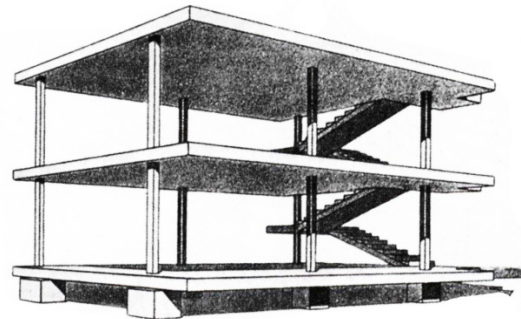


Abb. 31: System Domino

Im Massenwohnbau in Deutschland konnte sich erstmals der vom Stadtbaurat Ernst May entwickelte Frankfurter Plattenbau durchsetzen. Die maximalen Abmessungen von 300 x 110 x 20 cm erlaubten die komplette Produktion in der Fabrik und ein Versetzen mit vergleichsweise kleinen Turmdrehkränen. Von 1926 bis 1930 wurden etwa 1000 Gebäude mit diesem System errichtet. Unter Ernst May wurde von Margarethe Schütte-Lihotzky die Frankfurter Küche für dessen Wohnbauprojekte entwickelt.

³¹ Vgl. Staib 22f.

Basierend auf Effizienzanalysen wurden alle Elemente auf den Bewegungsablauf hin optimiert, resultierend konnte bei höherer Effizienz die Küche auf nur 1,87 x 3,44 m untergebracht werden. Standardisierte Einheitsgrößen erlauben ein beliebiges Zusammenstellen und Austauschen der einzelnen Elemente welches sich heute noch in dem 60 cm Küchenmodul wiederfindet.³²

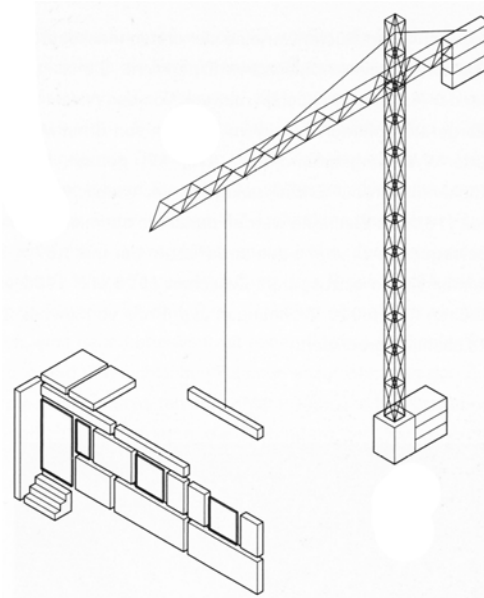


Abb. 32: Montagesystem Frankfurter Plattenbau



Abb. 33: Frankfurter Küche

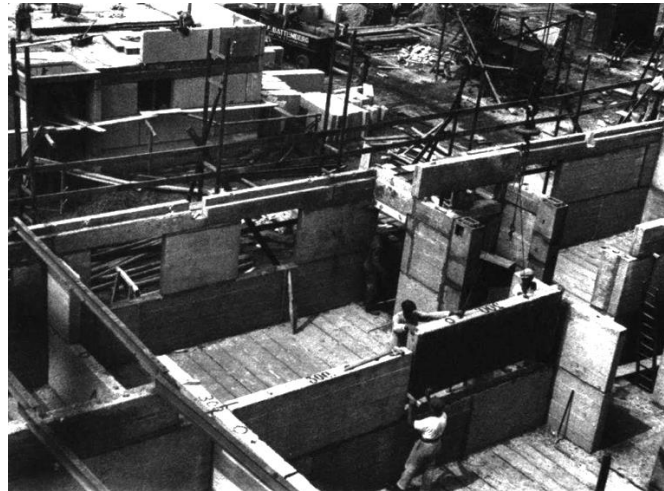


Abb. 34: Frankfurter Plattenbau

³² Vgl. Knaack 19f.

Die Erfahrungen im Plattenbau wurden nach dem 2. Weltkrieg vor allem im sozialen Wohnungsbau genutzt. „Im Jahr 1970 machten großformatige Betonplattensysteme 60% des gesamten Wohnbaus der ehemaligen DDR aus, in den Achtzigern 50% des gesamten Wohnungsbaus in Finnland und in den neunziger Jahren bemerkenswerte 75% der ehemaligen Sowjetunion.“³³ Diese gnadenlose Optimierung und Trimmung auf Effizienz führte jedoch dazu, dass die Projekte vielfach den menschlichen Maßstab außer Betracht ließen und in einer Monotonie resultierten. Die schlechte Bauqualität zusammen mit sozioökonomischen Problemen der Bewohner führte zum schlechten Image dieser Bauten. (siehe Abb. 46)

Mittlerweile werden jedoch wieder mehr Versuche mit Vorfertigungssystemen unternommen. Mit Augenmerk auf Qualität, Zeit und Kosten lassen diese die Fehler des zwanzigsten Jahrhunderts hinter sich. Obwohl schon viele neue Entwicklungen stattgefunden haben, konnten sie sich im großmaßstäblichen Wohnungsbau noch nicht etablieren.

³³ Knaack 22.

5.3 Systeme

Man kann die konventionellen Vorfertigungssysteme prinzipiell in drei verschiedene Kategorien einteilen. Unabhängig von der Materialität kann zwischen Skelettsystemen, Paneelsystemen und Raumzellensystemen unterschieden werden. Hierbei wird die Unterscheidung in lineare, flächige und volumenförmige Module unterzogen, wobei festzuhalten ist, dass bei den meisten Bauwerken mehrere Systeme zur Anwendung kommen, so kann zum Beispiel ein Stahlskelett mit flächigen Modulen geschlossen werden.

Zusätzlich zu den Systemen gibt es auch verschiedene Materialien, die für diese Verwendung finden. Holz, Stahl und Beton sind die wichtigsten und haben jeweils gewisse Vor- und Nachteile hinsichtlich ihrer technischen Eigenschaften. So ist Holz zum Beispiel recht leicht und gut zu verarbeiten, stellt aber besondere Anforderungen an den Schall- und Brandschutz.

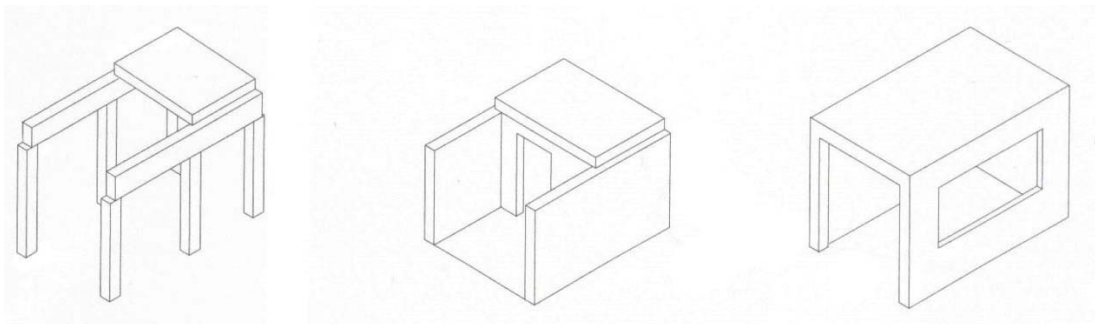


Abb. 35: Skelettsystem/Paneelsystem/Raumzellensystem

5.4 Skelettsysteme

„Skelettsysteme bilden aus linearen Bauteilen wie Stützen und Trägern ein Stabwerk. Im Zusammenwirken mit Aussteifungselementen sind sie eine in sich stabile Konstruktion, die sowohl vertikale als auch horizontale Lasten aufnehmen kann. Bei Gebäuden, deren Tragstruktur als Skelett konzipiert ist, werden tragende Elemente konstruktiv und funktional klar von den nichttragenden Elementen des Innenausbaus getrennt.“³⁴

Wichtig bei der Planung ist insbesondere die Ausbildung der Knoten- und Eckpunkte, da diese in einem Zusammenhang mit dem Ausbau- und Fassadensystem stehen. Eine Rasterung des gesamten Systems, um es in Abstimmung mit den Sekundärsystemen zu bringen, ist sinnvoll. Dadurch ergibt sich aber auch eine Einschränkung, da Elemente außerhalb dieses Rasters als Sonderteile angefertigt werden müssen.³⁵ Obwohl es durch moderne CNC-Techniken (Computerized Numerical Control) möglich ist, viele Bauteile individuell als Serie zu fertigen, ist es dennoch wichtig, möglichst viel gleich zu konstruieren. Bei den Materialien Holz und Stahl wird bei mehrgeschossigen Bauwerken auch das Thema des Brandschutzes immer wichtiger und zumeist müssen die tragenden Bauteile zusätzlich verkleidet werden. Ein weiterer Nachteil ist, dass sehr viele Elemente auf der Baustelle versetzt werden müssen, was den Montageaufwand erhöht. Wenn die

³⁴ Staib 54.

³⁵ Vgl. Staib 54.

tragenden Elemente nicht in derselben Ebene wie die raumabschließenden liegen, wird außerdem eine größere Raumhöhe benötigt. Vorteilhaft ist, dass sich das Tragsystem auf ein Minimum beschränkt, wodurch sehr viele individuelle Freiheiten beim Ausbau gegeben sind. Zusätzlich wird dadurch auch ein nachträglicher Umbau erleichtert. Des Weiteren können mittels besonderer Konstruktionen wie Fachwerkträgern auch sehr große Spannweiten überbrückt werden, was unter Umständen mit anderen Systemen nicht möglich wäre.

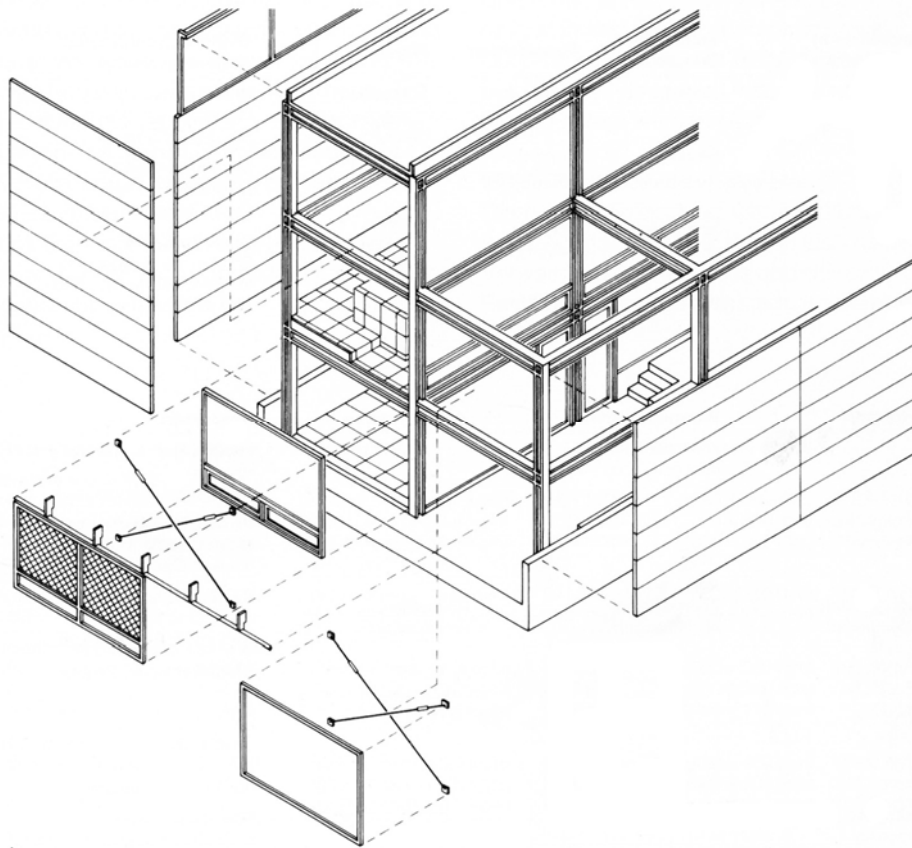


Abb. 36: Skelettsystem

5.4.1 Wohnhaus in Phoenix

Stahlrahmen kombiniert mit vorgefertigten Holzfachwerkträgern fügen sich bei diesem Einfamilienhaus zu einer harmonischen Einheit zusammen. Das Tragsystem lässt sich in der Leichtigkeit des Gebäudes ablesen und ermöglicht Auskragungen und schlanke Konstruktionen.³⁶



Abb. 37: Wohnhaus Phoenix Bau/Fertig

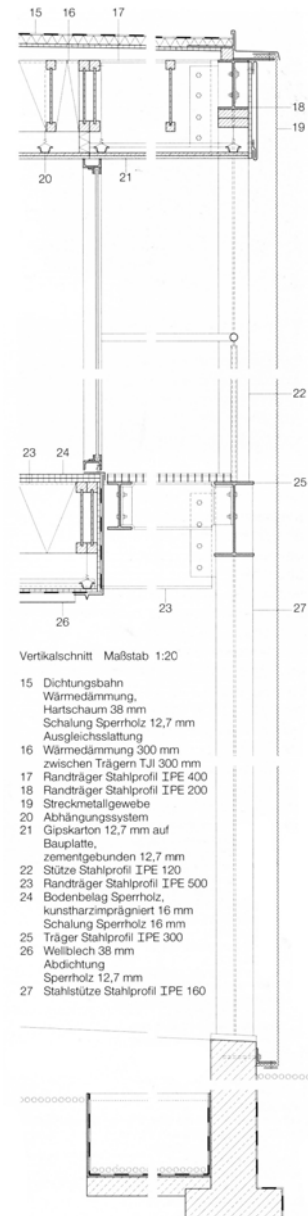


Abb. 38: Fassadenschnitt Wohnhaus Phoenix

³⁶ Vgl. Staib 78.

5.4.2 Wohnhaus in Sakurajosui

Bei diesem Projekt wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes Aluminium für die Tragkonstruktion verwendet. Durch eine kreuzförmige Versteifung können die Säulen, welche in einem 3,6m Raster angeordnet sind, mit einem 7cm schlanken Querschnitt ausgeführt werden.³⁷

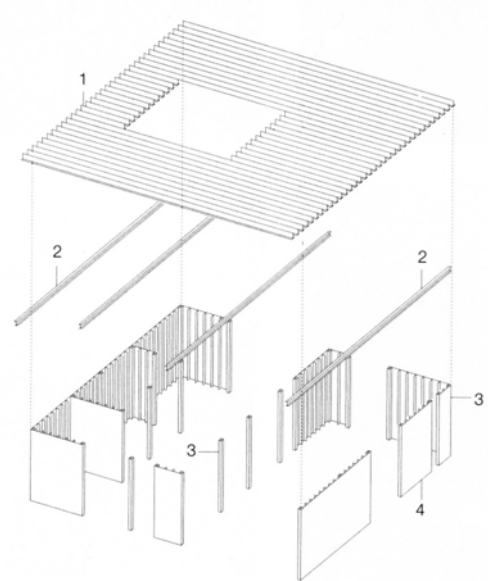


Abb. 39: Explosion Wohnhaus Sakurajosui



Abb. 40: Wohnhaus Sakurajosui

³⁷ Vgl. Staib 86.

5.4.3 Modeschule in Fukuoka

Eigentlich als traditionelle Holzkonstruktion gedacht, wurde diese aufgrund des Bauablaufs und der Kosten mit Betonfertigteilen ausgeführt. Die Profilglasfassade stellt einen Vergleich mit den transluzenten Papierwänden der japanischen Architektur dar.³⁸

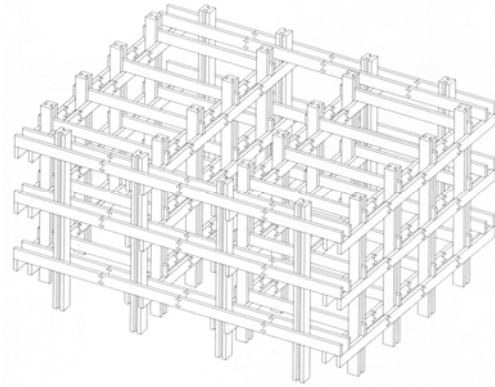


Abb. 41: System Modeschule Fukuoka



Abb. 42: Modeschule Fukuoka

³⁸ Vgl. Staib 100.

5.5 Paneelsysteme

„Bei der Paneelbauweise besteht das Tragwerk aus flächigen Wand- und Deckenelementen, die gleichzeitig den Raumabschluss bilden. Die Tafeln können aus Stahl, Holzwerkstoffen, Beton oder Mauerwerk hergestellt werden. Sowohl schmale Kleintafeln, als auch raumbreite Großtafeln sind selbsttragende Elemente.“³⁹

Prinzipiell kann zwischen drei verschiedenen Systemen unterschieden werden:

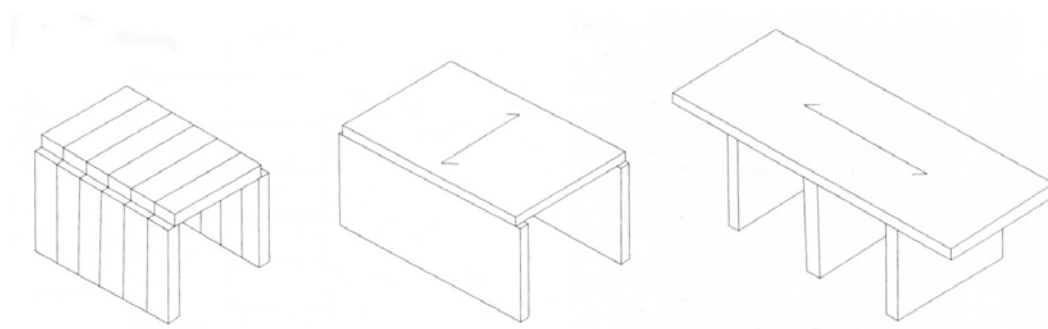
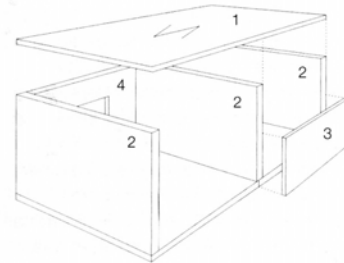


Abb. 43: Paneelsysteme

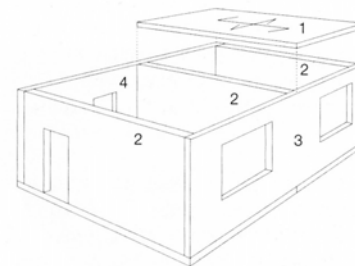
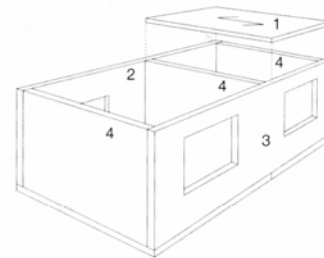
1. Die Kleintafelbauweise, bei welcher die Paneelbreiten in der Regel 60 bis 120cm betragen. Dies hat zur Folge, dass eine größere Gestaltungsfreiheit gegeben ist und die Elemente mit leichterem Hebewerkzeug versetzt werden können. Es bedeutet aber auch, dass die Montage deutlich aufwendiger ist. Diese Bauweise findet man daher hauptsächlich im niedriggeschossigen Hochbau.

³⁹ Staib 110.

2. Bei der Großtafelbauweise werden großformatige Deckenplatten auf raumhohen vertikalen Platten gelagert. Bei geringeren Spannweiten können die Decken einachsig gespannt werden, dadurch dienen die Querwände nur noch der Aussteifung.



3. Wird die Decke über mehrere Wände gespannt, so spricht man von der Schottenbauweise. Diese erlaubt durch den günstigen Momentenverlauf einen sehr schlanken Deckenquerschnitt. Die Aussteifung entsteht entweder durch die Längswände oder durch einen aussteifenden Kern. Dadurch kann die Fassadenseite recht frei gestaltet werden.⁴⁰ Bei der Paneelbauweise gibt es eine enorme Vielfalt an Materialien und Systemen, da die Module aus verschiedensten Elementen zusammengesetzt werden können. Ein Materialmix aus Holz, Beton und Stahl lässt die besten Eigenschaften der jeweiligen Baustoffe zum Tragen kommen und ermöglicht so effiziente Konstruktionen.



- 1 Deckenplatte
- 2 Querwand
- 3 Fassadenelement
- 4 Längswand

Abb. 44: Lastabtrag Paneelsysteme

⁴⁰ Vgl. Staib 110.

5.5.1 Wohnbauserie 70

Ein höchst interessantes Beispiel ist die Wohnbauserie 70 der ehemaligen DDR. Entwickelt als modulares System in den 70er Jahren, wurde sie zum meistverwendeten Plattenbausystem des Staates. Gebaut wurde sie mittels Großtafelbauweise von 3 x 6m und 3 x 3m großen Deckenelementen und 2,8m hohen, an den Außenseiten gedämmten, Wandelementen. Die Geschoßanzahl betrug 5 oder 10 Geschoße wobei die Wohnungen mit Größen von 26m² bis 100m² um einen Erschließungskern gruppiert waren. Obwohl mehr Variationen möglich gewesen wären, wurden aufgrund von Kosteneinsparungen nur wenige standardisierte Wohneinheiten fabriziert. Aufgrund der Fehlentwicklung vorbei an den tatsächlichen Wohnbedürfnissen der Nutzer und wegen der schon an der Fassade abzulesenden Monotonie, die sich bis ins Innere hineinzog, verbreitete sich ein negatives Image dieser Bauform.⁴¹

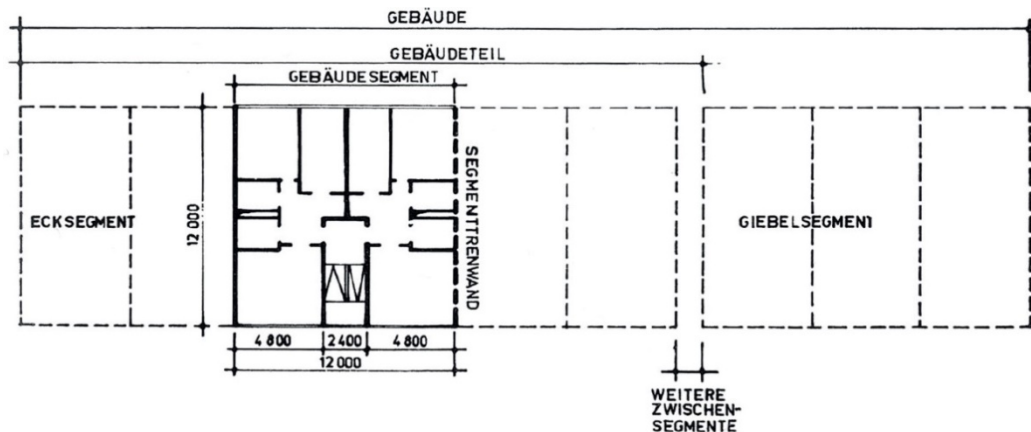


Abb. 45: Systemgrundriss WBS 70

⁴¹ Vgl. Kaufmann 43f.



Abb. 46: WBS 70

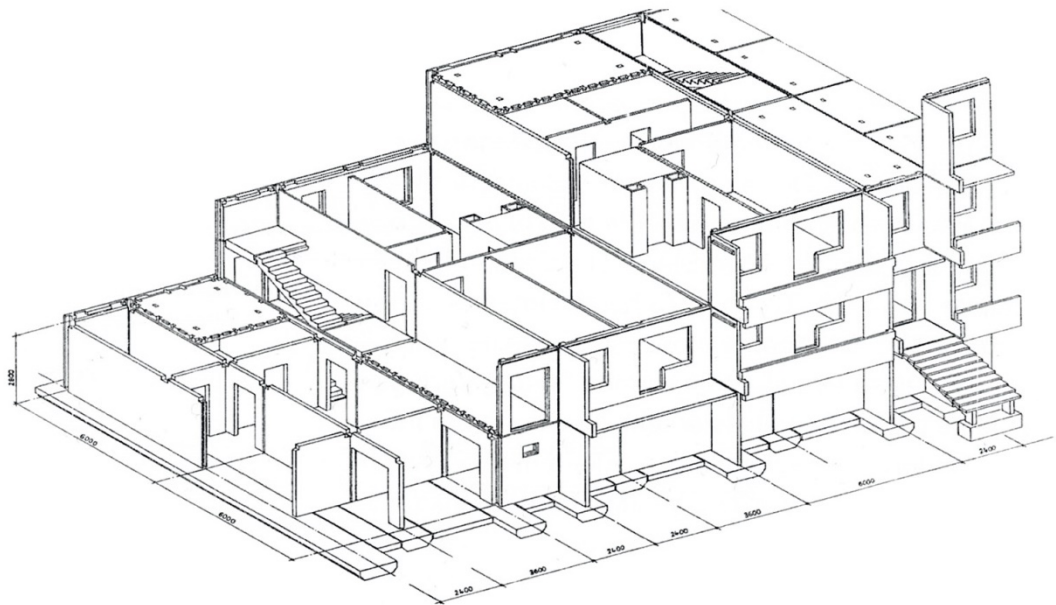


Abb. 47: System WBS 70

5.5.2 Wochenendhaus in Northport

Bei diesem Wochenendhaus am Lake Michigan werden die Wohngeschoße in Leichtbauweise auf einen Stahlbetonsockel aufgesetzt. Durch die Verwendung von Holzpaneelen konnten schlanke, weit gespannte Decken realisiert werden, zusätzlich wirkt ein Stahlrahmen aussteifend.⁴²

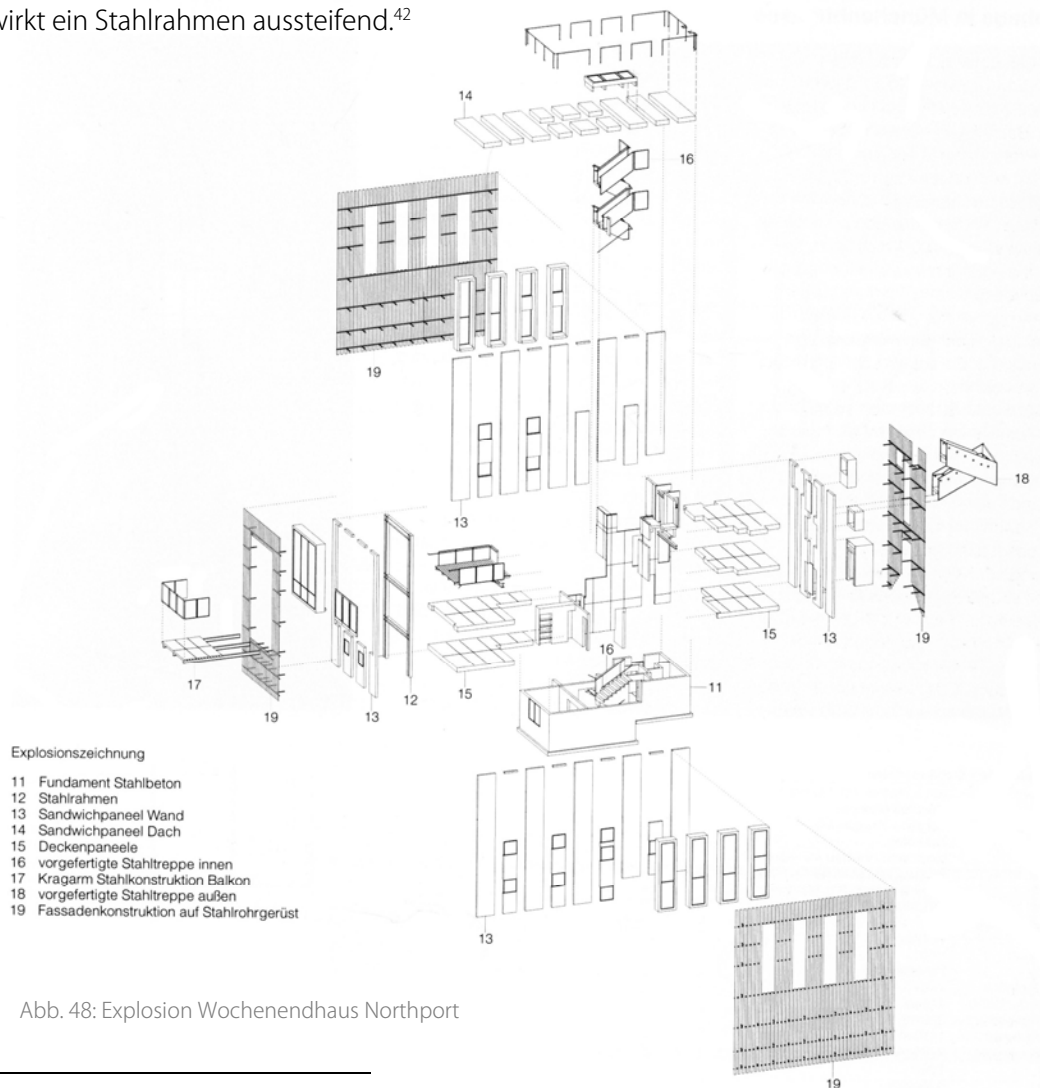


Abb. 48: Explosion Wochenendhaus Northport

⁴² Vgl. Staib 134.

5.5.3 Erweiterung eines Weinguts in Fläsch

Dieses Weingut in der Schweiz wurde in einer Betonskelettbauweise errichtet. Interessant ist die Ausfächung mittels der vorgefertigten Ziegelwandelemente. Um eine Optik von Weintrauben zu erzeugen, wurden die einzelnen Ziegelsteine im Läuferverband mittels eines CNC gesteuerten Roboters verdreht gesetzt. Somit erzeugt das Spiel von Licht und Schatten an der Fassade das gewünschte Bild. Durch den automatisierten Herstellungsprozess konnten die Fassadenelemente innerhalb von nur zwei Wochen hergestellt werden.⁴³

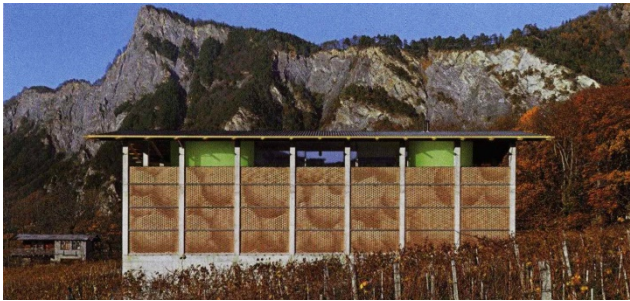


Abb. 49: Weingut Fläsch

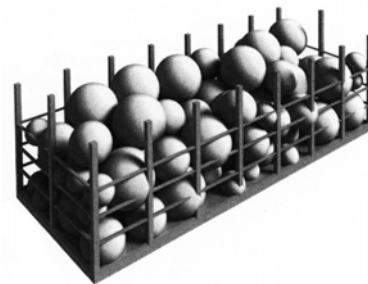


Abb. 50: Entwurfsgedanke

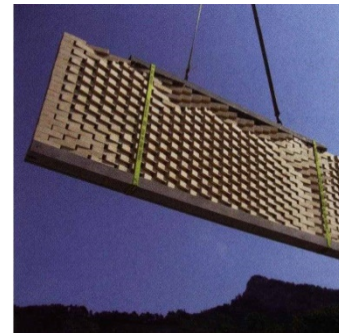


Abb. 51: Bauphase Weingut Fläsch

⁴³ Vgl. Staib 152f.

5.6 Raumzellensysteme

„Raumzellen sind raumbildende Module, die auf der Baustelle zu einem Gebäude zusammengefügt werden und je nach Konzeption tragend oder nichttragend sein können. Bei Raumzellen wird die Tragstruktur zusammen mit Teilen des Ausbaus vorgefertigt.“⁴⁴

Die Tatsache, dass ein bereits abgeschlossenes Modul auf der Baustelle lediglich versetzt wird, erlaubt es, dass bis zur Einrichtung hin alles vorgefertigt werden kann. Dadurch kann die Bauzeit vor Ort auf ein Minimum verkürzt werden. Dies hat jedoch zur Folge, dass die Planung vor Baubeginn abgeschlossen sein muss. Um größere Räume zu erzeugen, können Module auf einer oder mehreren Seiten offen gelassen werden. Raumzellensysteme bieten dann einen Vorteil, wenn die Bauzeit ein wichtiger Faktor ist, oder wenn es sich bei dem Gebäude um eines mit vielen, sich wiederholenden Zimmern handelt (z.B.: Hotel, Krankenhaus).⁴⁵ Der größte Nachteil sind die, durch den Transportweg bedingten, Produktionsgrößen und die Tatsache, dass doppelte Konstruktionen für Wände und Decken ausgeführt werden. Beim Transport werden auch große Mengen an Luft transportiert, wodurch die Fahrzeuge nicht optimal ausgenutzt sind. Daher ist diese Art von System nicht immer die effizienteste und konnte sich im Wohnbau nicht etablieren.

⁴⁴ Staib 160.

⁴⁵ Vgl. Staib 160.

Die Materialien, die zum Einsatz kommen, sind die gleichen wie bei den anderen Systemen, jedoch wurde hier in den 60er und 70er Jahren auch viel mit Kunststoff experimentiert. Raumzellen aus Stahl eignen sich speziell für temporäre Zwecke, aber auch für permanente Bauten. Holz kann, ähnlich wie Stahl, für beides verwendet werden, bietet aber den Vorteil einer leichten Bearbeitung mittels CNC Techniken. Beton kann zwar auch für die Raumzellen verwendet werden, hat jedoch den Nachteil des hohen Gewichts, welches das Transportieren und Versetzen erschwert.

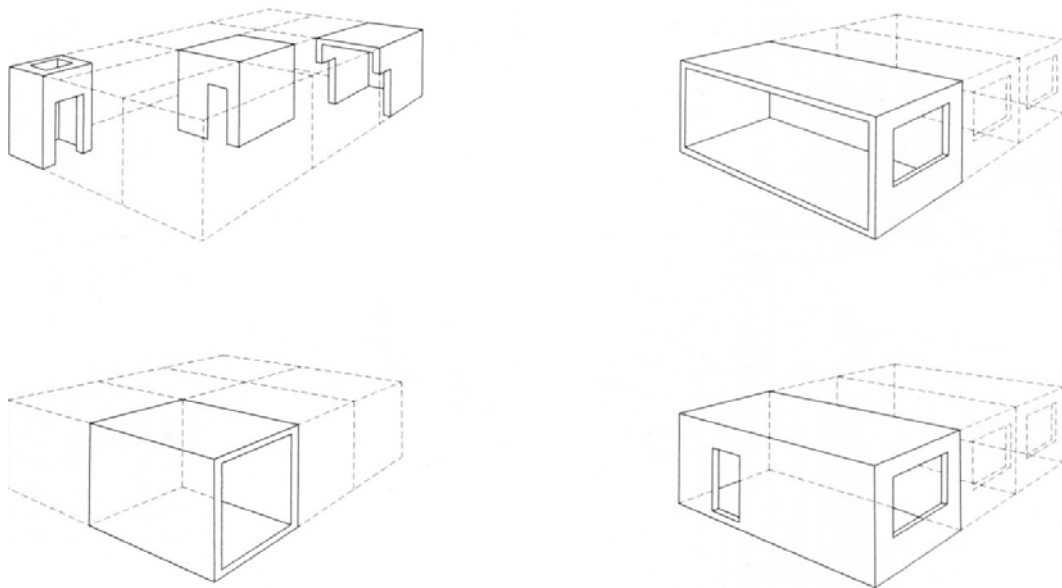


Abb. 52: Raumzellensysteme

5.6.1 Hotelanbau in Bezau

Bedingt durch eine möglichst kurze Bauzeit, wurde das Gebäude mittels 7,5 x 4m großen selbsttragenden Hotelzimmerboxen errichtet. Die biegesteifen Boxen wurden komplett mit Haustechnik ausgestattet versetzt und lediglich um die Einrichtungsgegenstände ergänzt. Durch den hohen Vorfertigungsgrad, konnte eine Bauzeit von nur 5 Wochen erreicht werden.⁴⁶

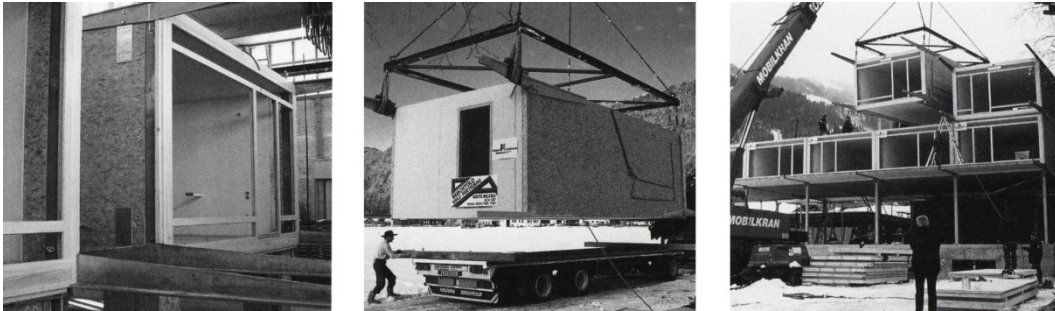


Abb. 53: Bauphase Hotelanbau Bezau



Abb. 54: Hotelanbau Bezau

⁴⁶ Vgl. Staib 182.

5.6.2 Bürogebäude in Fellbach

Das Bürogebäude stellt eine interessante Mischung der verschiedenen Vorfertigungssysteme dar. So wird hier als Primärsystem eine Stahlskelettkonstruktion errichtet und dann in diese die Decken sowie die Raumzellen eingehoben. Die Fassade wird durch eine Pfosten-Riegelkonstruktion und durch gedämmte Betonplatten geschlossen.

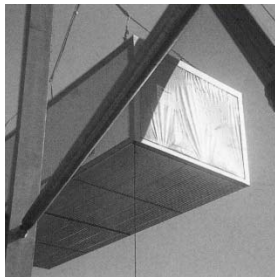


Abb. 55: Bauphase

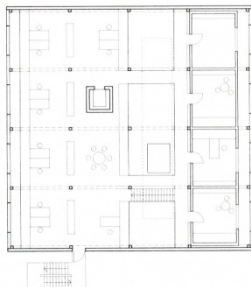


Abb. 56: Grundriss



Abb. 57: Innenraum Bürogebäude Fellbach

5.6.3 Nakagin Capsule Tower in Tokio

Realisiert in den 1970er Jahren war das Gebäude das erste, welches Raumkapseln in diesem Maßstab umsetzte. Mittels vier Bolzen werden die Kapseln am Betonkern fixiert und sind so konzipiert, dass ein nachträglicher Abbau und Austausch möglich ist. Die Kapseln selbst wurden vollkommen im Werk vorgefertigt und möbliert.⁴⁷

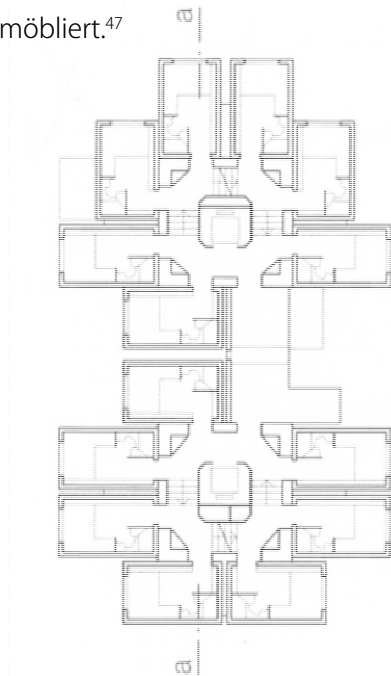


Abb. 58: Grundriss Nakagin Capsule Tower



Abb. 59: Nakagin Capsule Tower

⁴⁷ Vgl. Staib 192.

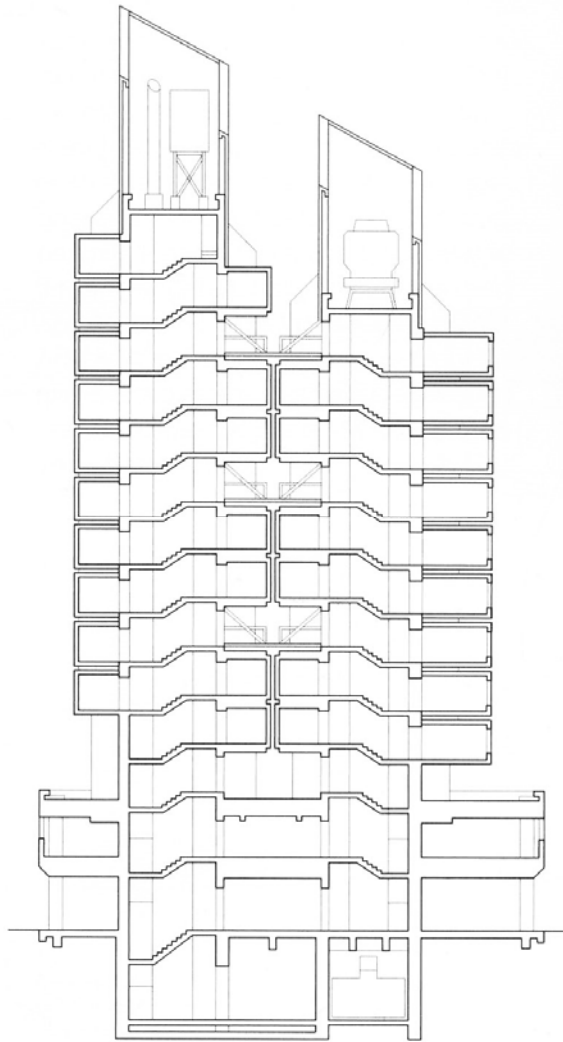


Abb. 60: Schnitt Nakagin Capsule Tower

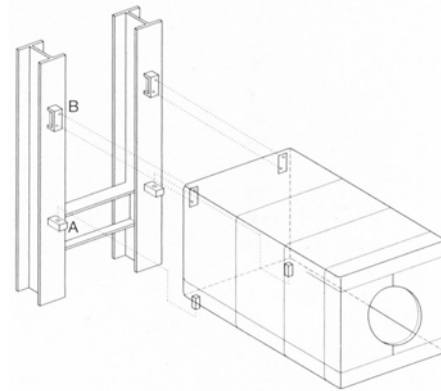


Abb. 61: System Nakagin Capsule Tower

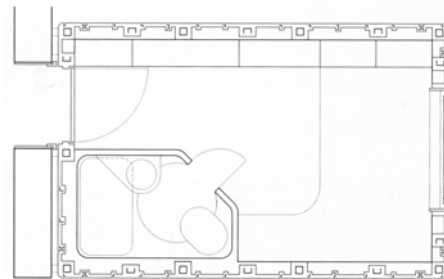


Abb. 62: Grundriss Einheit

6 Anforderungskatalog

Abschließend zur Analyse der geschichtlichen Entwicklung und der unterschiedlichen Vorfertigungssysteme werden nun die Anforderungen für das eigene System definiert. Diese bilden die Grundlage für den weiteren Teil der Arbeit und dienen dazu, das System zu entwickeln.

1. Anpassbarkeit auf externe Faktoren

Da das System in einem lebendigen städtebaulichen Kontext errichtet werden soll, müssen Einflüsse von außen, wie zum Beispiel Nachbargebäude, Grundstücksgrenzen und architektonischer Gestaltungsspielraum, berücksichtigt werden.

2. Nutzungsneutrales Tragwerk

Das Tragwerk muss so gestaltet werden, dass dieses möglichst viele Nutzungen offen lässt, eine Vordefinition der einzelnen Räume muss verhindert werden.

3. Adaption durch den Benutzer

Um nachhaltig erfolgreich zu sein, muss es dem Bewohner möglich sein, individuell auf sein Umfeld Einfluss zu nehmen und dieses zu gestalten und zu adaptieren.

4. Nutzungsflexible Einheiten

Es müssen Einheiten gebildet werden können, die eine vielfältige Nutzung zulassen und auch nachträglich in ihrer Größe verändert werden können.

5. Entflechtung von Haustechnikinstallationen

Um eine möglichst einfache Adaption zu ermöglichen, müssen Haustechnikinstallationen leicht zugänglich und revidierbar sein.

6. Intelligente Vorfertigung

Der Vorfertigungsprozess muss so ablaufen, dass die einzelnen Elemente individuell gefertigt, bearbeitet, montiert und demontiert werden können.

7 Entwicklung System

Bevor mit der Entwicklung des Systems begonnen werden kann, muss dieses noch in den Grundzügen ausgelegt werden. Daher werden zuvor die im Anforderungskatalog thematisierten Punkte genauer betrachtet und aus diesen konkrete Vorgaben entwickelt. Danach erfolgt ein Überblick über gängige Grundtypologien, welche mithilfe des Systems abgedeckt werden sollen. Aus diesen wird dann ein repräsentativer Typ ausgewählt, der auch dazu dienen soll, das System daran zu entwickeln. Nun erfolgt die Aufgliederung des Systems in die einzelnen Hierarchien, die dann wiederum in Bauteile heruntergebrochen werden. Angefangen mit dem Primärsystem werden die wichtigsten Elemente entwickelt und danach der zuvor gewählte Typ zusammengesetzt.

7.1 Analyse Anforderungskatalog

Die zuvor definierten Anforderungen müssen nun in konkrete Entwurfsleitlinien für das System umgesetzt werden. Hierzu der erste Punkt, die Anpassbarkeit auf externe Faktoren. Da jeder Bauplatz ein Unikat ist und meist eine individuelle Lösung verlangt, muss sich das System dieses Problems annehmen. Eine Möglichkeit wäre eine kleinteilige Rasterung mit einer gewissen Anzahl von Sonderelementen. Dies würde jedoch zu einer starken Limitation der Einsatzmöglichkeiten führen und mit den anderen Punkten des Anforderungskataloges in Konflikt stehen. Daher sehe ich die Lösung im sechsten Punkt, der intelligenten Vorfertigung. Dank der großen technischen Fortschritte sowohl bei den Planungsinstrumenten als auch den Produktionsmöglichkeiten, rückt „Mass Customization“ (die individuelle Produktion in Serie) in den Vordergrund.

Mittels dieser Produktionsmethode wird die individuelle Ausbildung der einzelnen Komponenten möglich. Zwar müssen sich diese in einem gewissen Rahmen bewegen, aber man kommt von einem steifen System zu einem elastischen. Um eine intelligente Vorfertigung zu ermöglichen, müssen die Module so aufgebaut sein, dass sie sowohl den Arbeitsablauf, als auch die Produktionsmöglichkeiten berücksichtigen. Hierbei ist es auch wichtig, die Module aus möglichst wenigen Einzelteilen aufzubauen, jedoch gleichzeitig möglichst viele Produktionsschritte von der Baustelle in die Fabrik zu verlagern.

Um die Adaption durch den Benutzer zu gewährleisten, muss möglichst viel an den Einheiten veränderbar sein. Das erfordert, dass das Tragwerk nutzungsneutral ausgebildet wird und die Haustechnikinstallationen entflochten werden. Das Tragwerk muss so gestaltet werden, dass dieses möglichst viele Nutzungen offen lässt, eine Vordefinition der einzelnen Räume muss verhindert werden. Dies heißt aber nicht zwangsläufig, dass dieses als Skelettbau konzipiert werden muss, da der Gründerzeitbau ein Beweis dafür ist, dass diese Adaptionmöglichkeiten auch in einem Massivbau vorhanden sein können.

Die Haustechnikinstallationen müssen so geführt werden, dass sie leicht zugänglich sind und jederzeit überholt, ergänzt oder entfernt werden können. Somit erhält man beim Umbau die Möglichkeit, nichttragende Elemente beliebig zu modifizieren und sie seinen Wünschen anzupassen. Da gewisse Installationen nur in bestimmten Ebenen geführt werden können, wie zum Beispiel Abwasser unter dem Fußboden oder Elektroleitungen für Beleuchtungskörper in der Decke, ergeben sich gewisse Vorgaben für diese Elemente.

7.2 Gebäudekonfigurationen

Um nun eine repräsentative Gebäudekonfiguration zur Entwicklung des Systems zu finden, muss diese zuerst in ihre maßgeblichen Einzelkomponenten zerlegt werden.

Zuerst erfolgt die Betrachtung des Bauplatzes, dieser bildet den Grundtyp. Handelt es sich beim Bauplatz um eine Gebäudelücke, ist das bestimmende Merkmal, dass es nur zwei Fassaden gibt und dass auf die Nachbargebäude, an welche angebaut wird, mit der Baumasse eingegangen werden muss. Dieser Typ bildet den klassischen Bauplatz in der gründerzeitlichen Stadt ab.

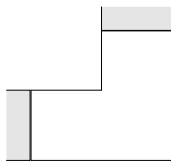
Der Eckbauplatz bildet einen weiteren Grundtyp, der Einfluss auf das statische Konzept nimmt und durch städtebauliche Faktoren oftmals zu einer besonderen Ausbildung auffordert. Auch kommt es durch die unterschiedlichen Fassadenanteile auf der Außen- und Innenseite des Bauplatzes zu anderen Grundrisslösungen.

Zuletzt gibt es noch das freistehende Gebäude. Hier ergibt sich nun die Möglichkeit, alle Fassaden zu gestalten und Öffnungen in diesen auszubilden. Dadurch, dass es am wenigsten äußerliche Zwänge gibt, ist hier der Gestaltungsspielraum am größten. Auch zeigt sich, dass die Vorfertigungsindustrie sich hauptsächlich auf diesen Typ beschränkt hat.

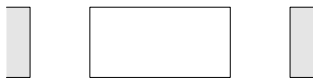
Grundtypen



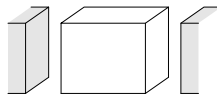
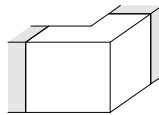
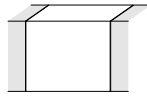
1) Baulücke



2) Eckbauplatz



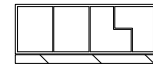
3) Freistehend



Grunderschließung



A) innenliegende punktförmige



B) außenliegende linear



C) innenliegende linear

Bei den Erschließungsformen können nun auch drei Typen unterschieden werden. So gibt es als erste Variante die punktuelle Erschließung mit vertikalem Kern, von welchem man direkt in die einzelnen Nutzungseinheiten gelangt. Dies entspricht der Spännererschließung, die vom Einspänner bis zum Fünf- und Sechspänner konventionell verwendet wird. Da die Anzahl der möglichen, zu erschließenden Einheiten auf die Dimension des vertikalen Kerns beschränkt ist, werden ab einer gewissen Anzahl an Einheiten andere Formen bevorzugt.

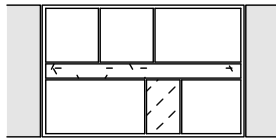
Die zweite Variante ist die innenliegende lineare Erschließung, bei welcher die einzelnen Einheiten von einem Korridor aus betreten werden. Die Vorteile dieses horizontalen Elements sind die große Anzahl an zu erschließenden Einheiten sowie die gute Effizienz, da auf die gesamte Gebäudelänge nur ein oder zwei Vertikalerschließungen benötigt werden.

Als dritte Variante gibt es noch die außenliegende lineare Erschließung, bei welcher an der Fassade entlang die Einheiten von einem Laubengang erschlossen werden. Die Vorteile, im Vergleich zur innenliegenden linearen Erschließung, liegen darin, dass die Wohnungen quergelüftet werden können und von beiden Fassaden Licht ins Innere kommt. Dadurch, dass immer natürliches Licht vorhanden ist, ist sie für den Nutzer sehr attraktiv.

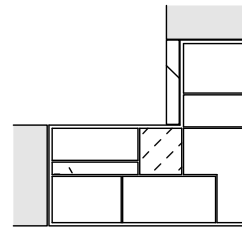
Diese Grundtypen der Gebäudekonfiguration und Erschließung können nun kombiniert werden, um eine Vielzahl von verschiedenen Varianten zu bilden und decken bis auf Sonderlösungen einen Großteil des städtischen Spektrums ab.

Für die weitere Verwendung wird der Typ 2ABC gewählt, da dieser auf sehr kompaktem Raum alle verschiedenen Erschließungsvarianten aufzeigt sowie ein flexibles Reagieren auf äußere Einflüsse vom System verlangt.

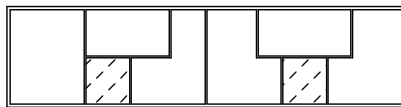
Kombinationen



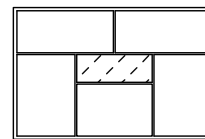
1AC



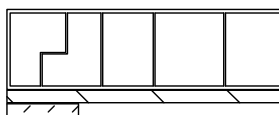
2ABC



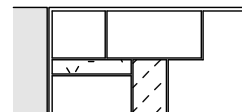
3A



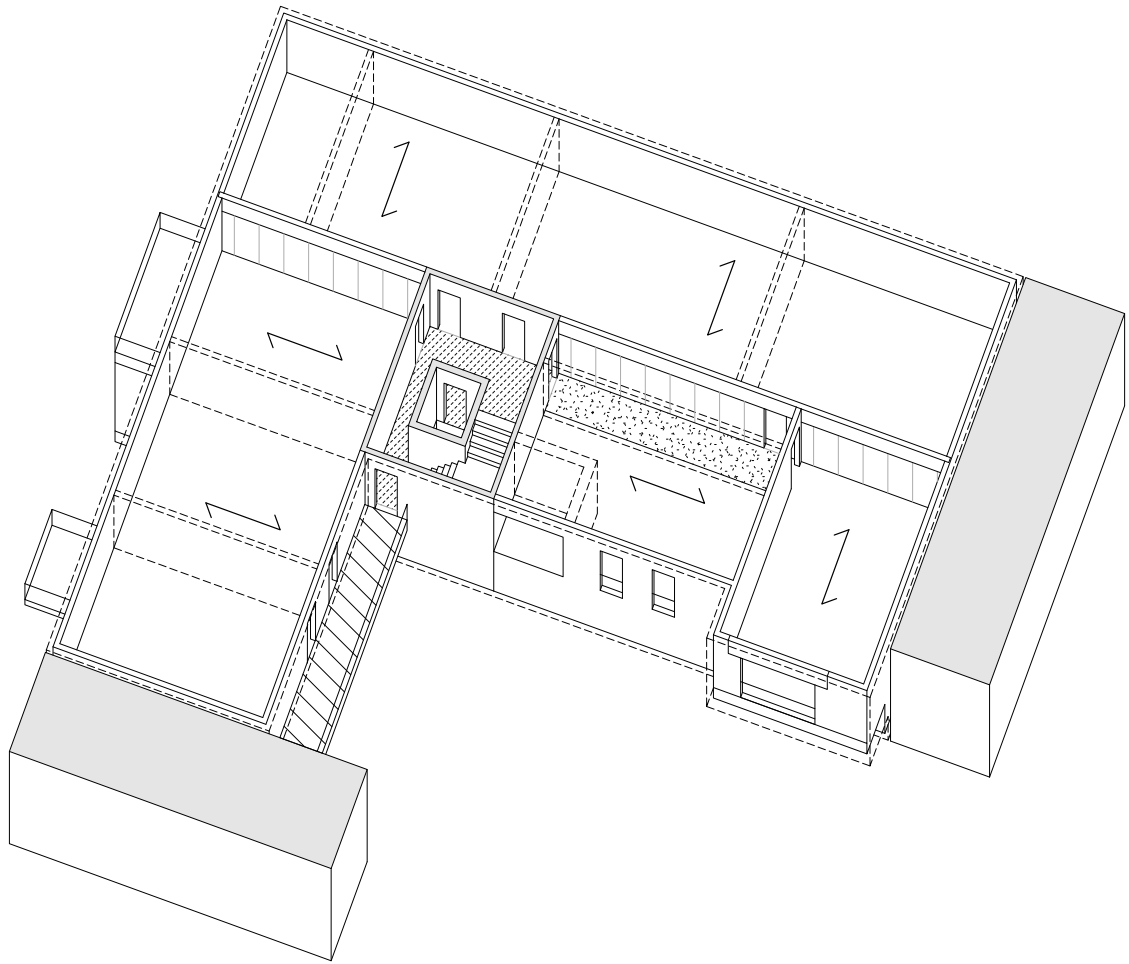
3A



3B



13AC

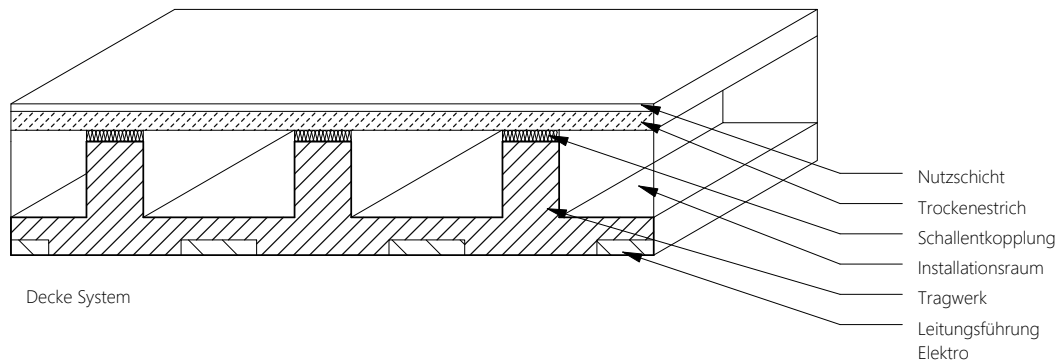
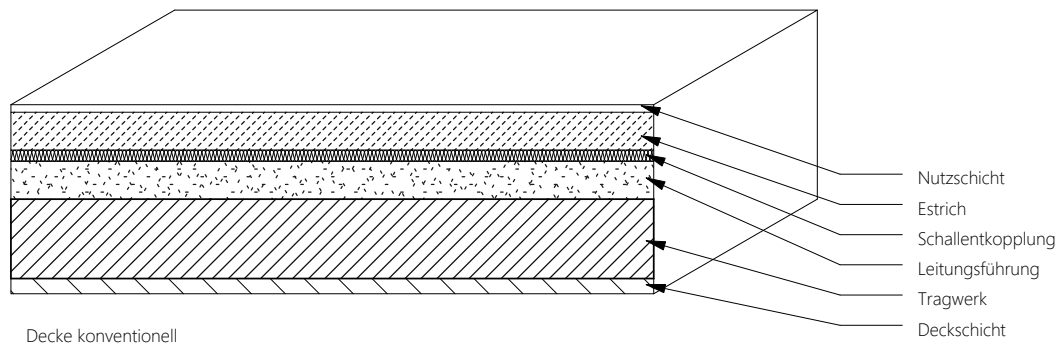


7.3 Systembauteile

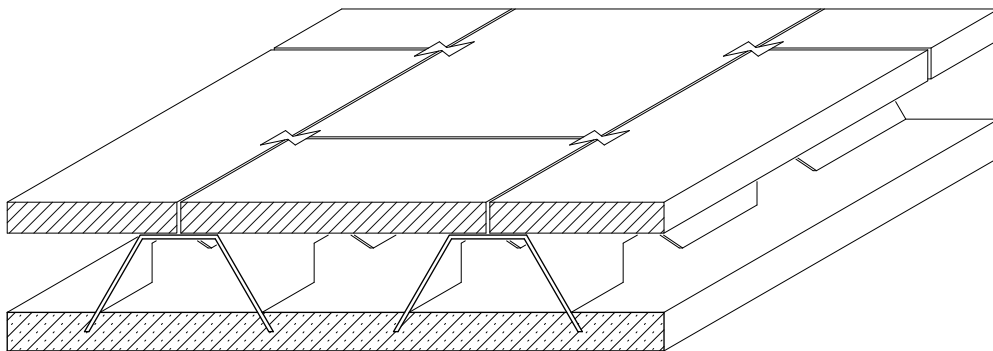
Das System wird in Arbeitsfelder der Konstruktion unterteilt, da diese Unterteilung für die gestellten Anforderungen am sinnvollsten erscheint. Die vier Kategorien - Tragwerk, Ausbau, Hülle und Haustechnik - werden hierbei in unterschiedlicher Tiefe betrachtet. Besonders das Deckenelement verlangt dem Tragwerk viel ab, deshalb wird dieses besonders genau untersucht. Auch die Elemente des Ausbaus stellen einen integralen Bestandteil des Gesamtsystems dar und es kommt ihnen besondere Aufmerksamkeit zu. Da es ein Ziel ist, die Haustechnik möglichst flexibel zu gestalten, wird hier die Schachtführung mittels vorgefertigter Komponenten thematisiert.

7.3.1 Tragwerk

Die Vorgaben an die tragende Konstruktion - keine Haustechnik/Elektrotechnik Installationen in tragenden Bauteilen, größtmögliche Flexibilität und weite Spannweiten - resultieren in einem komplexen Element. Im Vergleich dazu werden die vertikalen Bauteile wie die tragenden Wände und der Stiegenhauskern möglichst simpel gehalten.

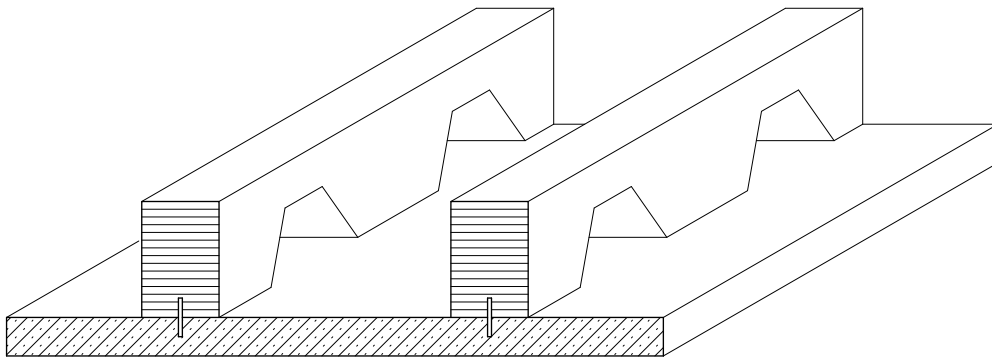


Da die Haustechnikinstallationen immer in der jeweiligen Nutzungseinheit geführt werden müssen und hier die Abwasserleitungen der maßgebliche Bemessungsfaktor sind, muss ein Installationsraum auf der Deckenoberseite geschaffen werden. Gleichzeitig müssen aber auch die Elektroleitungen der unteren Wohnung für diese erreichbar sein, wodurch auch an der Unterseite eine Installationsebene benötigt wird. Um die Konstruktionshöhe des Elements nun nicht ausufern zu lassen, müssen diese beiden Leitungsführungen sinnvoll integriert werden. Hier hilft das andere Kriterium, eine möglichst weite Spannweite, wodurch eine gewisse Konstruktionshöhe vorgegeben wird. Diese Höhe wird nun so ausgenützt, dass die Oberseite in Träger aufgelöst wird, welche in einem regelmäßigen Abstand Öffnungen besitzen, um die Leitungen querführen zu können. Da die Leitungsführung an der Unterseite materialabhängig ist, kann diese erst später konkretisiert werden.

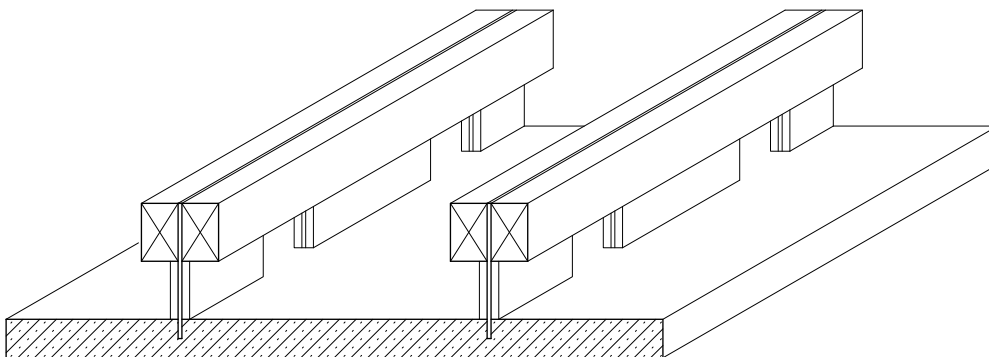


Die verschiedenen Varianten zeigen die Evolution des Deckenelementes. Angefangen mit der ersten Überlegung, die Druckschicht aus Holz zu konstruieren und den Beton an der

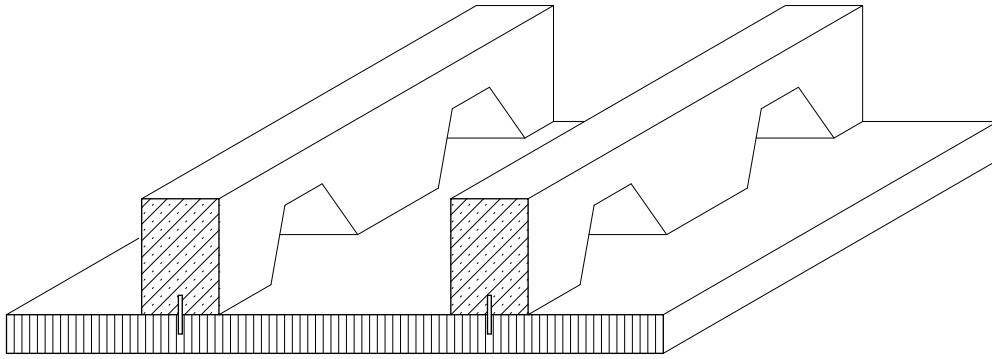
Unterseite für den Raumabschluss zu verwenden. Beim Element A ist diese Druckschicht noch teilweise abnehmbar, um in den Zwischenraum zu gelangen. Dies hat sich aber in logistischer und fertigungstechnischer Hinsicht als problematisch herausgestellt.



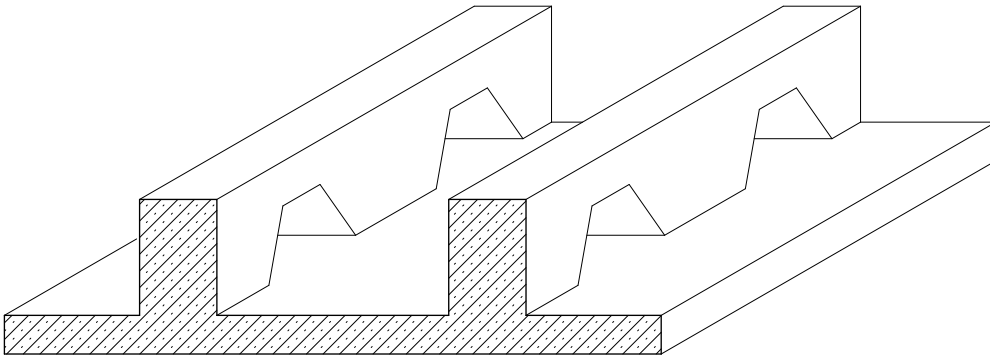
Dadurch ist beim Element B die Druckschicht in einzelne Holzträger aufgelöst, welche mittels eingeklebten Lochblechs den Schubverbund mit der Betonplatte bilden.



Das Element C ist hier eine Variante, bei welcher der Schubverbund so ausgebildet ist, dass nur noch im oberen Bereich der Druckzone ein Kantholz angebracht werden muss.



Damit die einzelnen Materialien ihre statischen Eigenschaften bestmöglich zur Geltung bringen, müssen die Zugkräfte im Holz und die Druckkräfte im Beton verlaufen. Daraus resultiert das Element D, welches aus einer Brettstapeldecke in Kombination mit Stahlbetonfertigteilträgern besteht. Die Brettstapeldecke wird so dimensioniert, dass ihre Stärke in Kombination mit dem Abbrennverhalten des Holzes den Brandschutz gewährleistet.



Das Element E stellt eine reine Stahlbeton Variante dar und kann dann zum Einsatz kommen, wenn eine Holzbetonverbundbauweise nicht möglich ist.

Der Stiegenhauskern wird aufgrund von statischen Eigenschaften wie der Aussteifung und Brandschutz aus Stahlbetonfertigteilen hergestellt. Die Läufe und Podeste werden mittels Tronsolen entkoppelt und während der Bauphase nach und nach eingehängt.

Die anderen tragenden Wände werden aus Brettsperrholzplatten gefertigt, kleinere Öffnungen können direkt in diese eingeschnitten werden, bei größeren werden Leimbinder als Unterzüge inkorporiert.

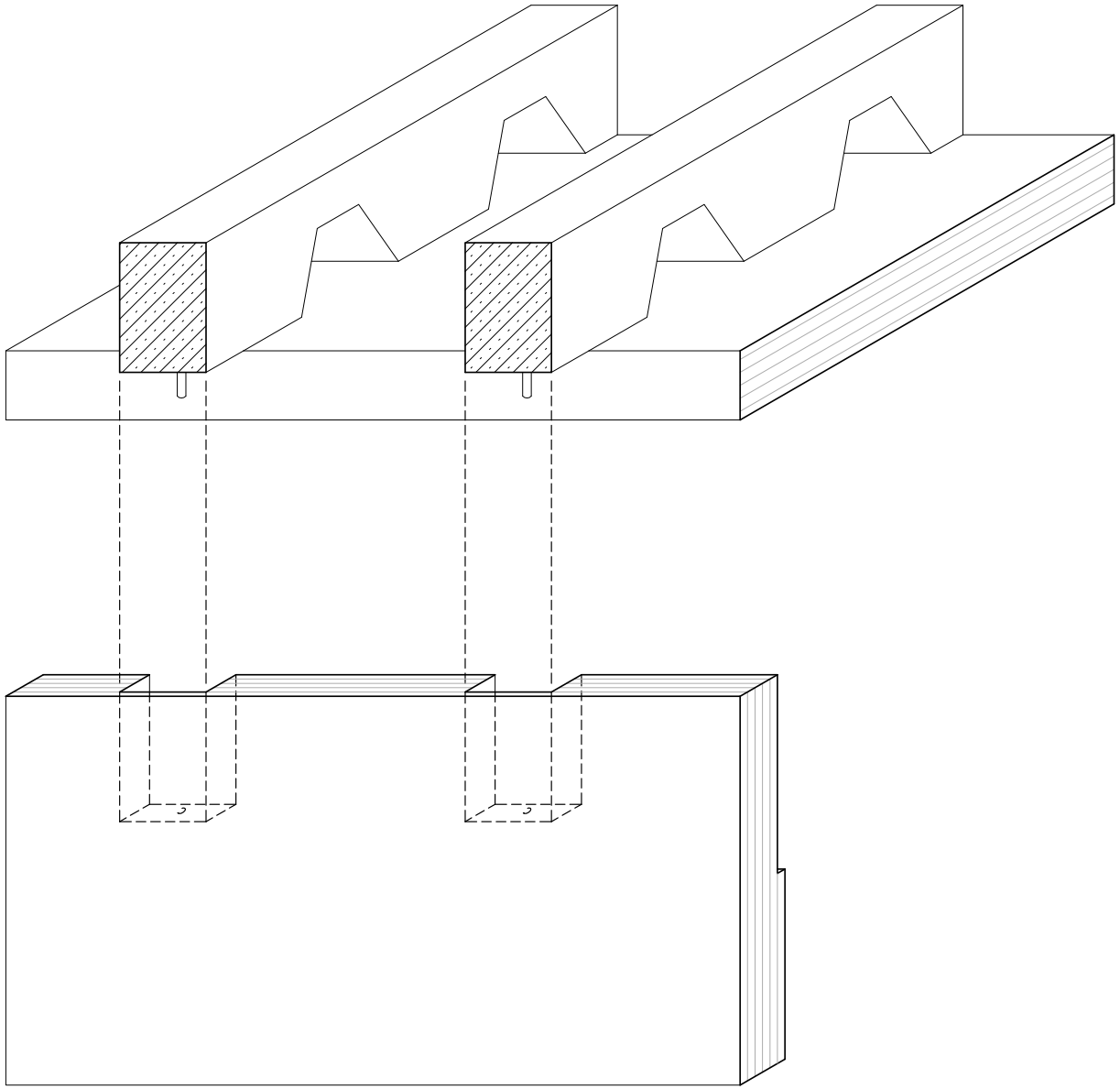
Das Deckenelement wird mittels des im Stahlbetonverbundträger verankerten Zapfens in die Wände eingehängt, wodurch eine Belastung des Holzes quer zur Faser vermieden wird. Durch den geringen Versatz der Holzplatte mit der Wand kann eine durchgehende vertikale Fuge vermieden werden, was hinsichtlich des Brandschutzes notwendig ist. Um eine Dampfdichtheit zu gewährleisten, sind Dichtschnüre in die einzelnen Verbindungen bei der Montage einzulegen.

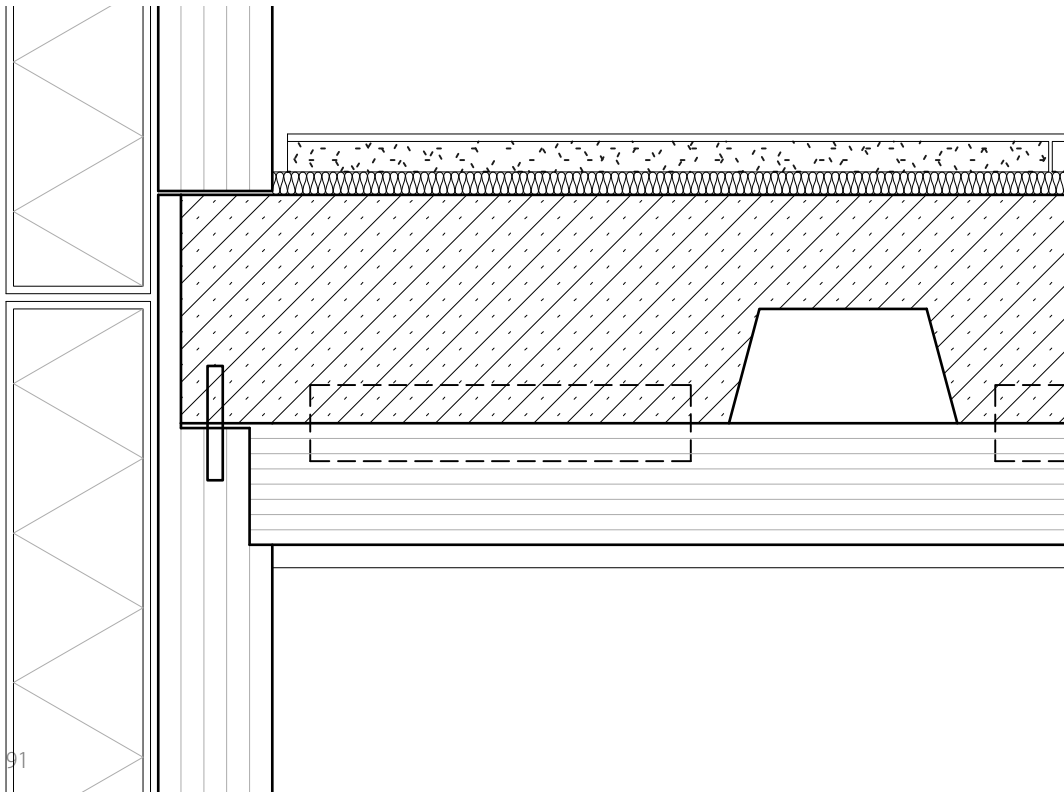
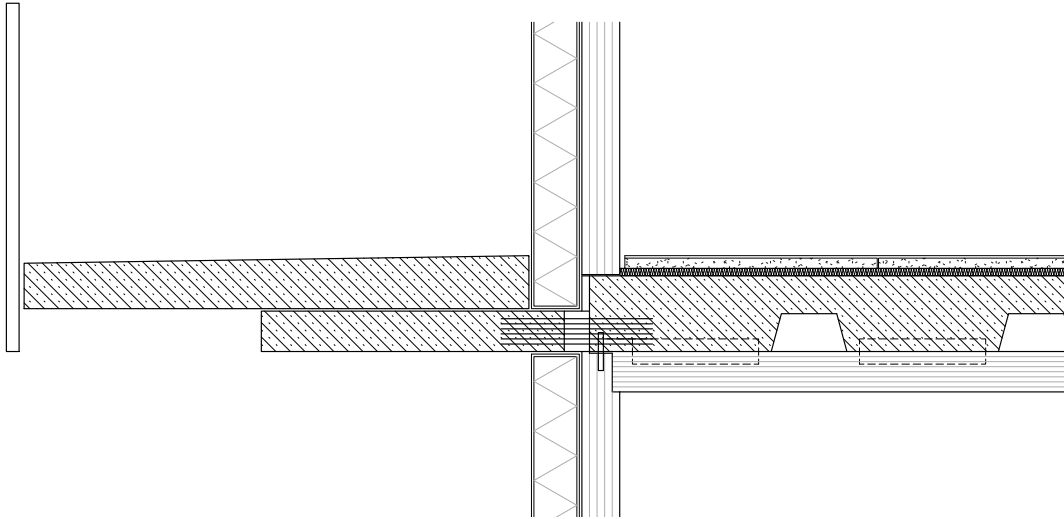
Die einzelnen Bretter der Holzstapeldecke können so gefräst werden, dass an der Unterseite ein Installationsraum für Elektroleitungen gebildet wird, welcher auch ein Auskreuzen der Leitungen ermöglicht. Ein weiterer Vorteil ist auch, dass die Oberfläche dadurch den Luftschall verringert, was zu einem angenehmeren Raumklima führt.

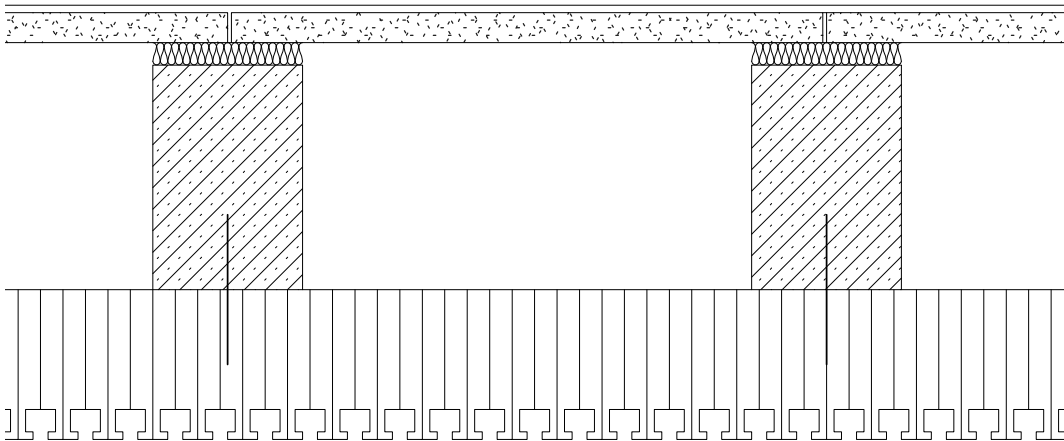
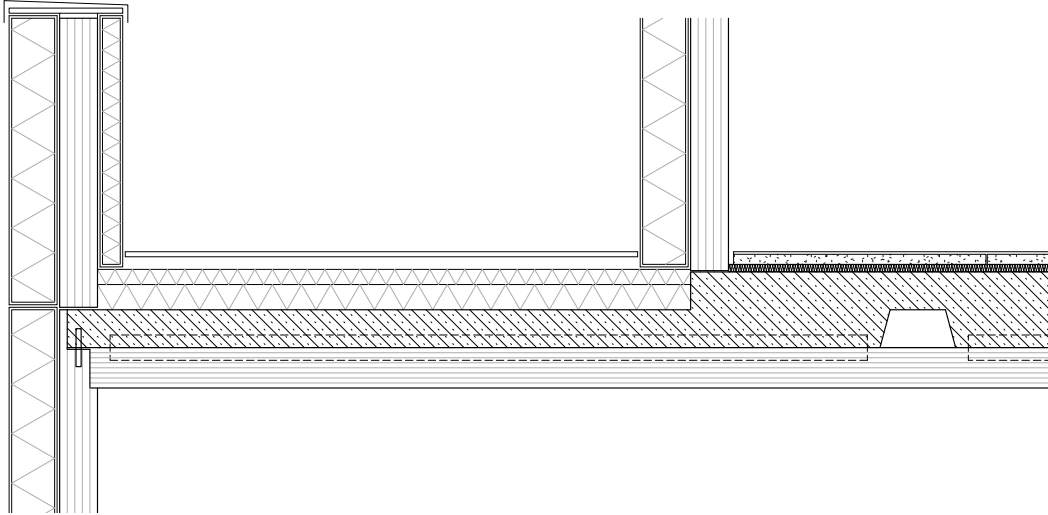
Auf die Oberseite der Träger wird eine Trittschalldämmung befestigt, auf welche dann die Trockenestrichplatten gelegt werden. Auf diesen wird dann ein entkoppelter Fußbodenbelag verlegt.

Um Balkone auszubilden wird bei der Herstellung der Stahlbetonträger bereits eine mit Isokorb entkoppelte Konsole miteinbetoniert. Dadurch müssen die Balkonplatten später nur noch mittels Elastomerlager eingehängt werden.

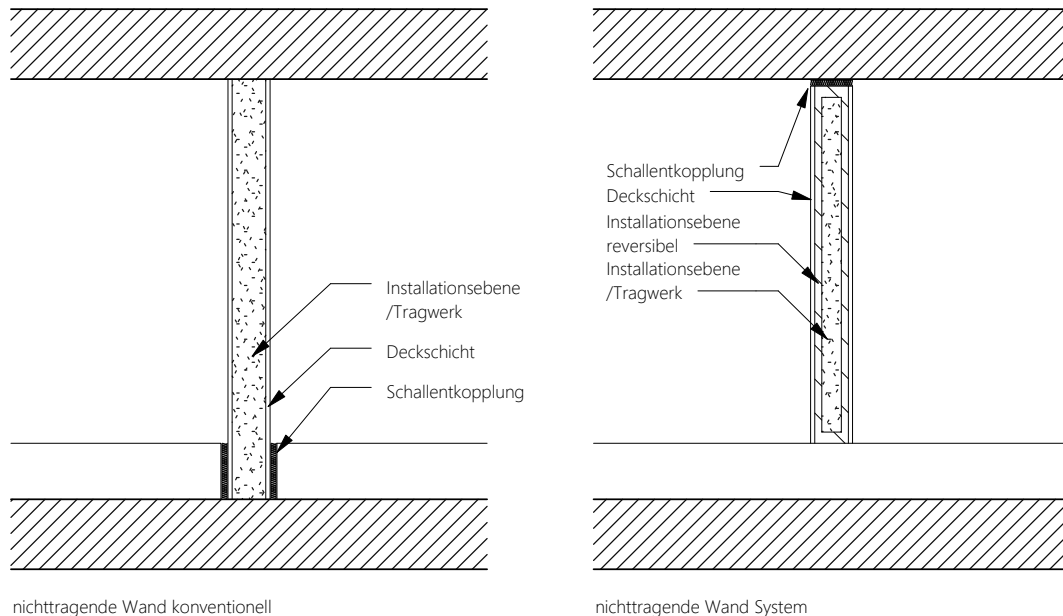
Bei Rücksprüngen oder Loggien wird im vorderen Bereich von Trägern auf eine vollflächige Betonschicht gewechselt. Dies wird dadurch möglich, da die Momentkräfte an den Rändern geringer sind. Durch die gewonnene Höhe, kann nun ein normaler Dachaufbau realisiert werden.



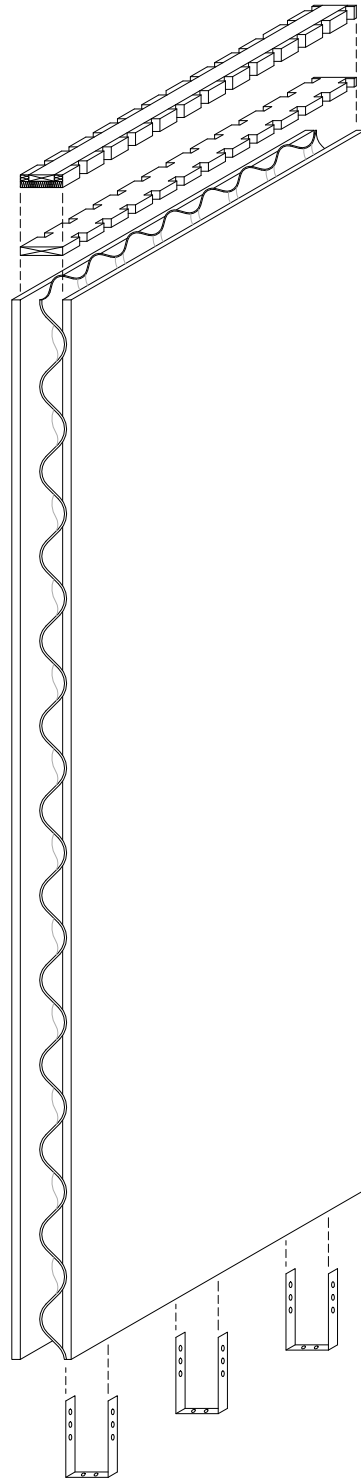




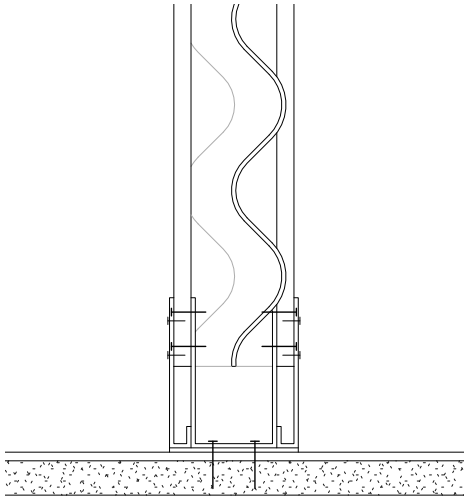
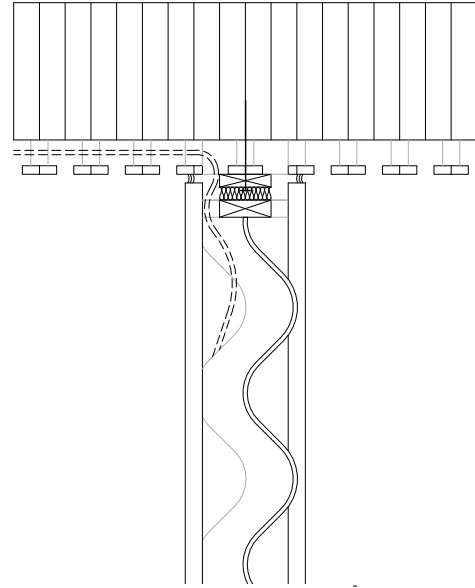
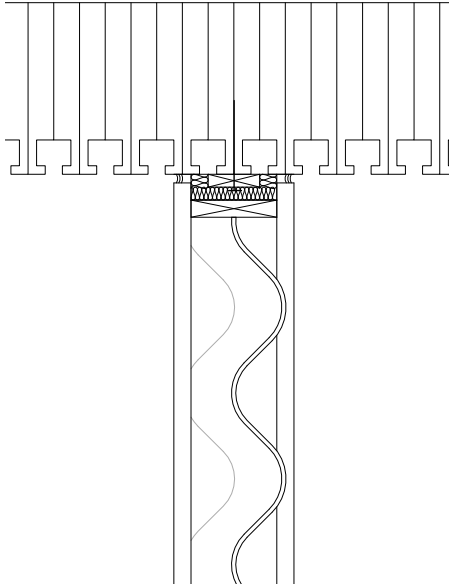
7.3.2 Ausbau



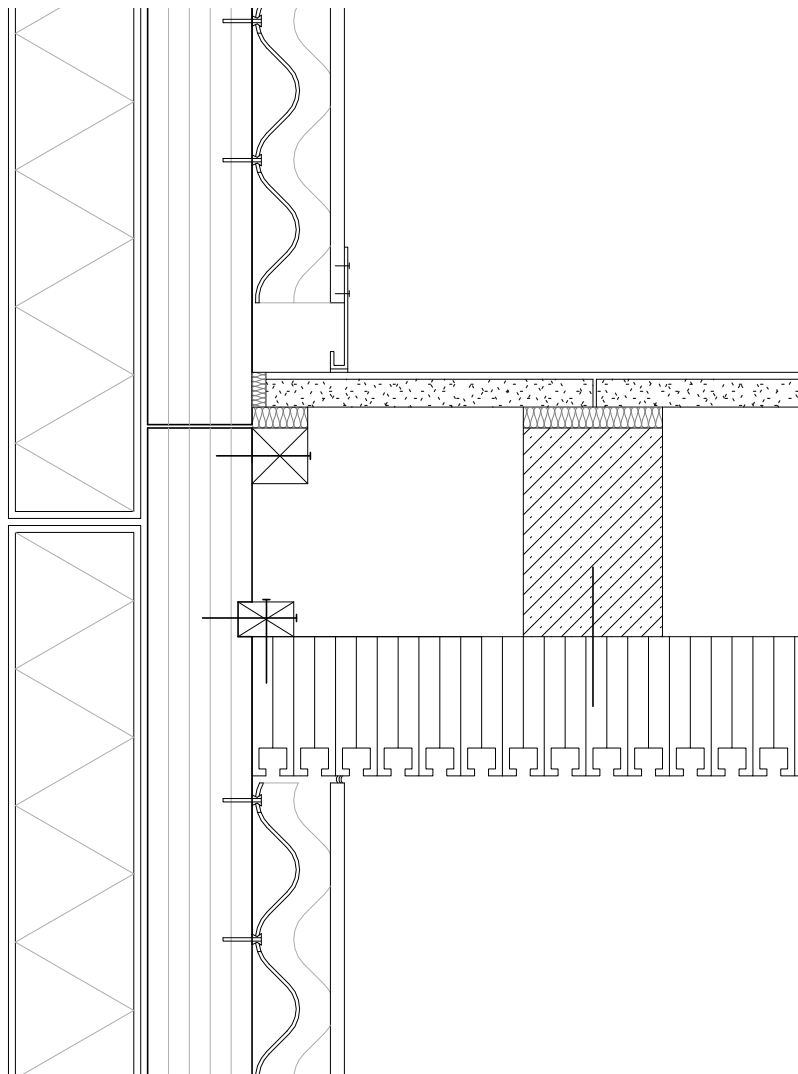
Trennwände haben einerseits die Aufgabe, einen Raumabschluss zu gewährleisten und andererseits, Leitungen in ihnen zu führen. Obwohl Elektroleitungen nicht notwendigerweise in den Wänden geführt werden müssen, trifft dies auf Wasserleitungen schon zu, welche hier die Bemessungsgrundlage darstellen. Im Vergleich zu herkömmlichen Leichtbauwänden sind die nachträgliche Abänderbarkeit der Installationen sowie das möglichst einfache Versetzen der Wände für die Anforderungen des Gesamtsystems unabdingbar. Daher muss ein reversierbarer Installationsraum geschaffen werden und der Raumabschluss muss bereits an der Fußbodenoberkante erreicht werden.

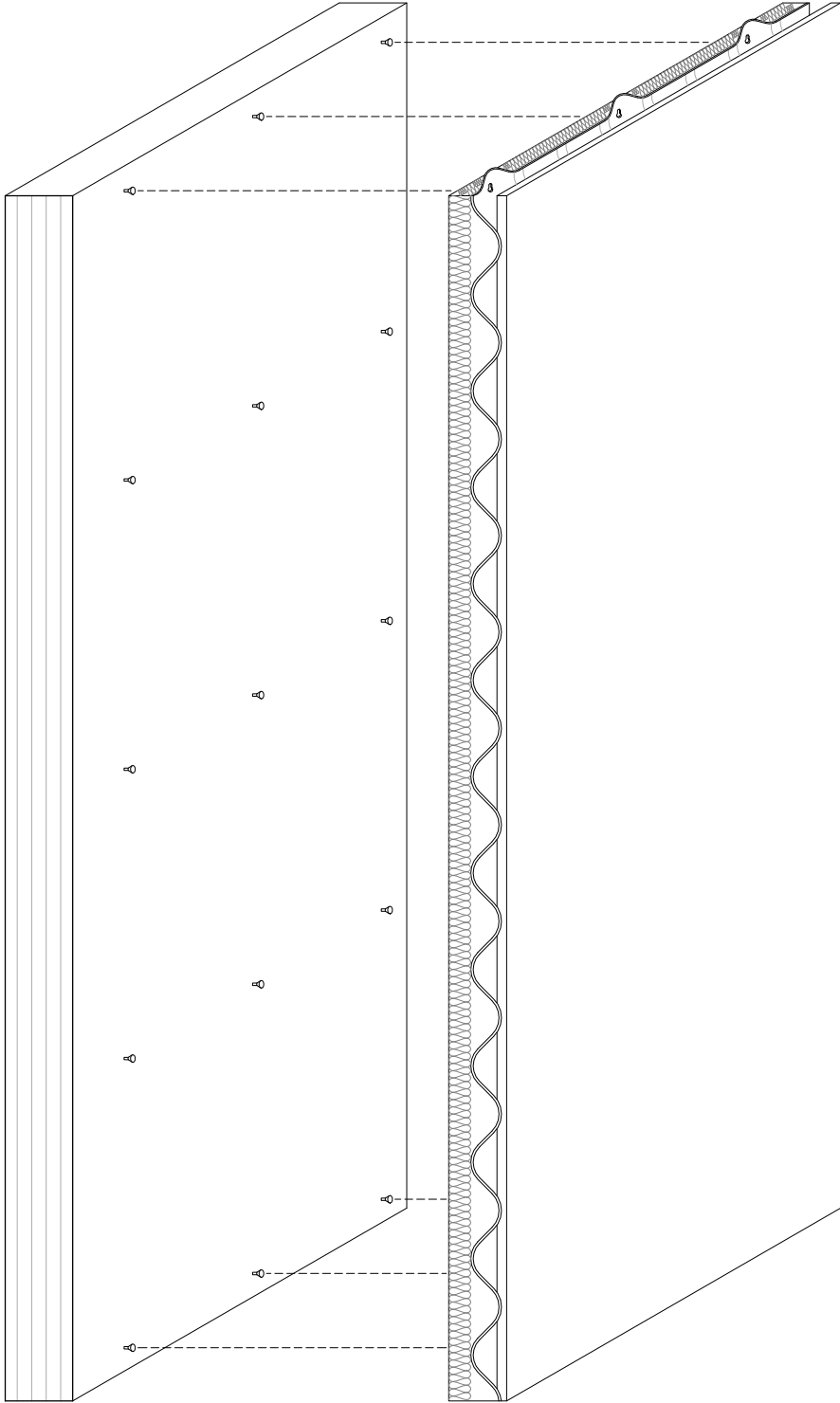


Das Wandelement wird von zwei Deckplatten, zwischen welchen eine doppeltgekrümmte Holzweichfaserplatte angeordnet ist, gebildet. Die Trittschallentkoppelung erfolgt an der Deckenunterkante mittels eines Dämmstücks, an welches die Wandplatte von unten herauf gedrückt wird. Mittels U-Profilen wird das Wandelement mit dem Fertigestrich verschraubt. Danach wird noch ein Metallprofil als Sesselleiste aufgeschraubt, welches den Spalt zwischen Boden und Wandelement schließt. Dies ermöglicht, dass man entlang des Bodens eine leicht zugängliche Leitungsführung hat, von welcher man den restlichen Zwischenraum erreicht. Die doppeltgekrümmte Platte erlaubt es, die Leitungen in alle Richtungen zu führen und an der Oberseite die Elektroleitungen in die Decke zu leiten. Größere Einbauten wie zum Beispiel WC-Spülkästen werden bereits im Wandelement vorinstalliert. Bei Bedarf kann auch Dämmwolle im Wandelement integriert werden.

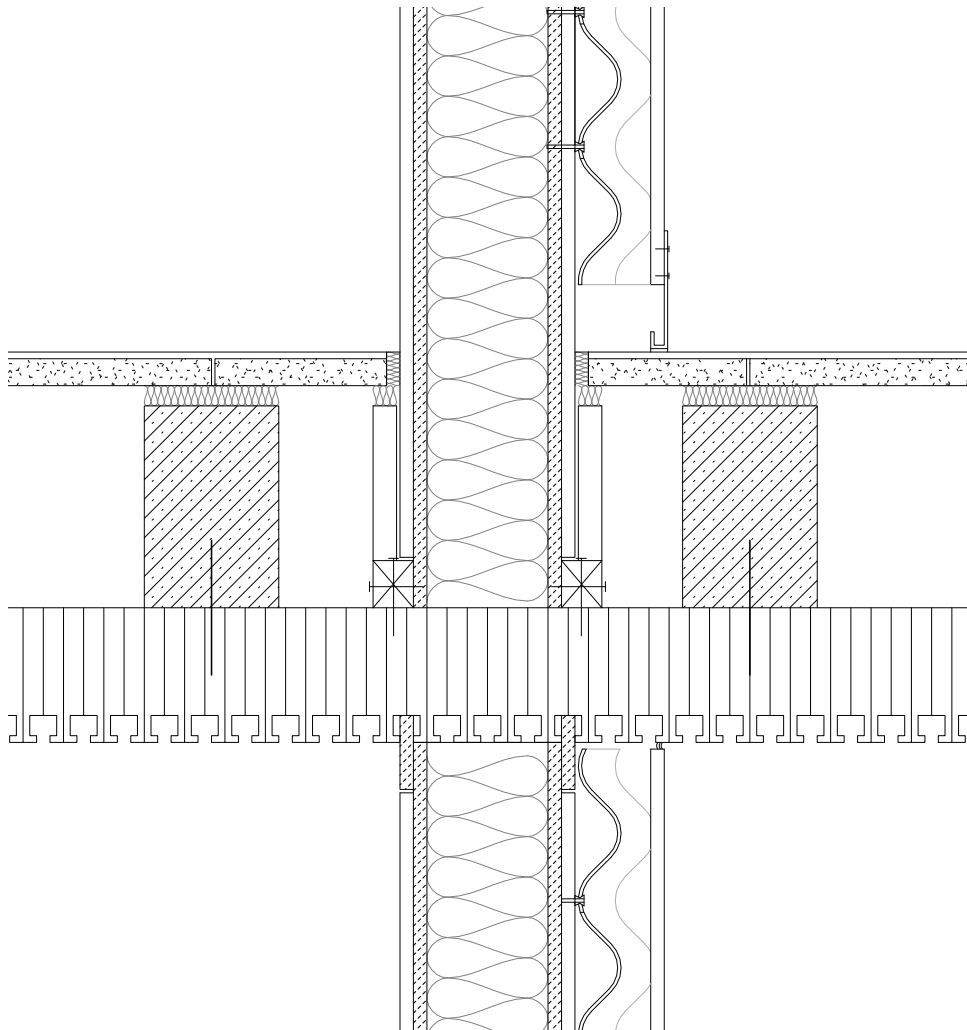


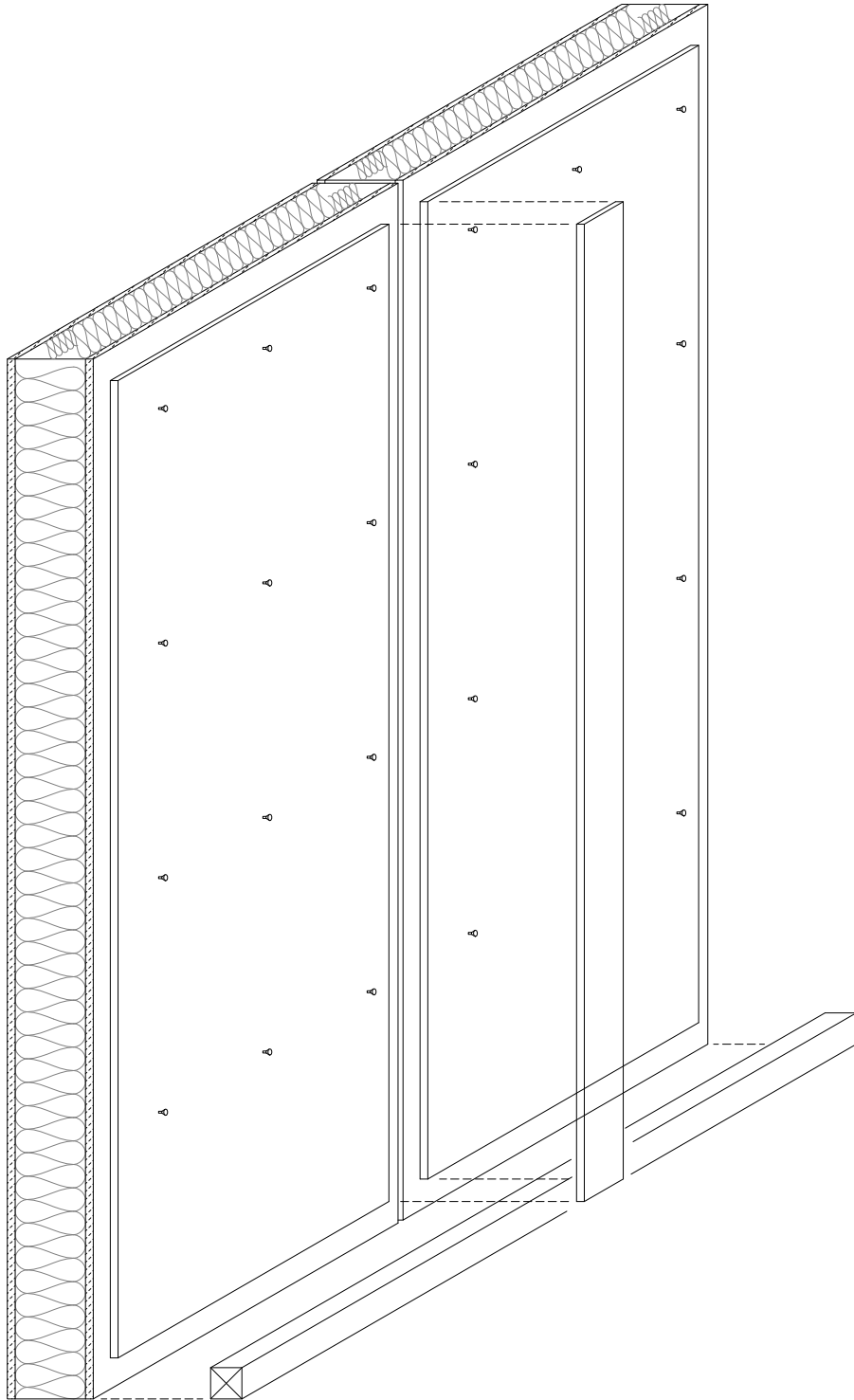
Die Vorsatzschale wird ähnlich konstruiert wie die nichttragende Wand, es gibt jedoch nur eine Deckplatte und die doppeltgekrümmte Holzweichfaserplatte wird so verändert, dass sie nur punktuell an die dahinterliegende Wand reicht. An dieser wird sie mithilfe schallentkoppelter Holzdübel eingehängt. Zwischen der dahinter liegenden Wand und der Weichfaserplatte wird eine Dämmung platziert.





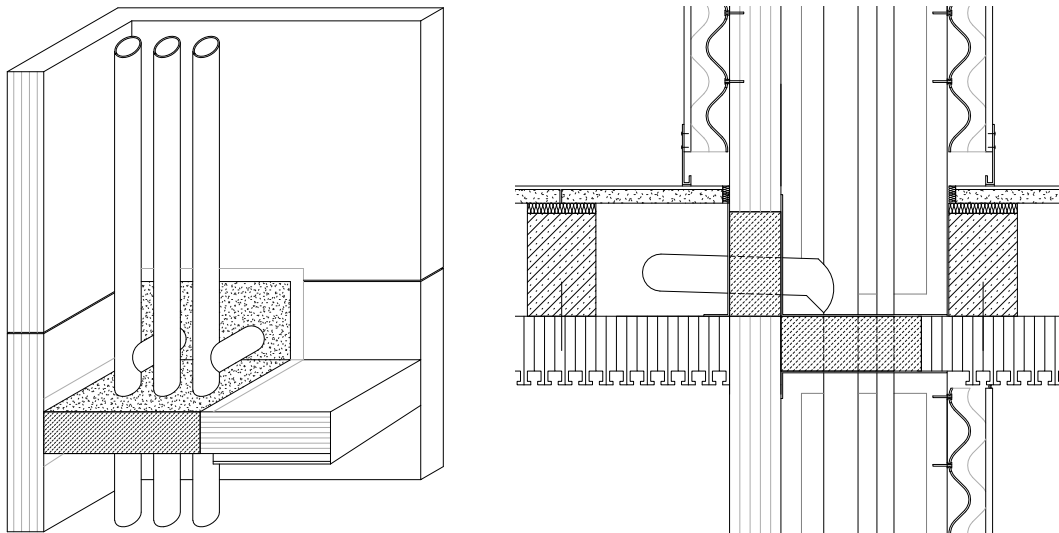
Die nichttragende Wohnungstrennwand hat lediglich den Brandschutz und Raumabschluss zu bewerkstelligen. Hinsichtlich des Schallschutzes wird sie beiderseitig von Vorsatzschalen unterstützt. Die einzelnen Elemente bestehen aus einem Mineralwollekern zwischen zwei Gipsfaserplatten. Eine zweite Lage an Gipsfaserplatten überdeckt die Stöße. Die Elemente werden mittels Kanthölzern mit dem restlichen Bauwerk verbunden.

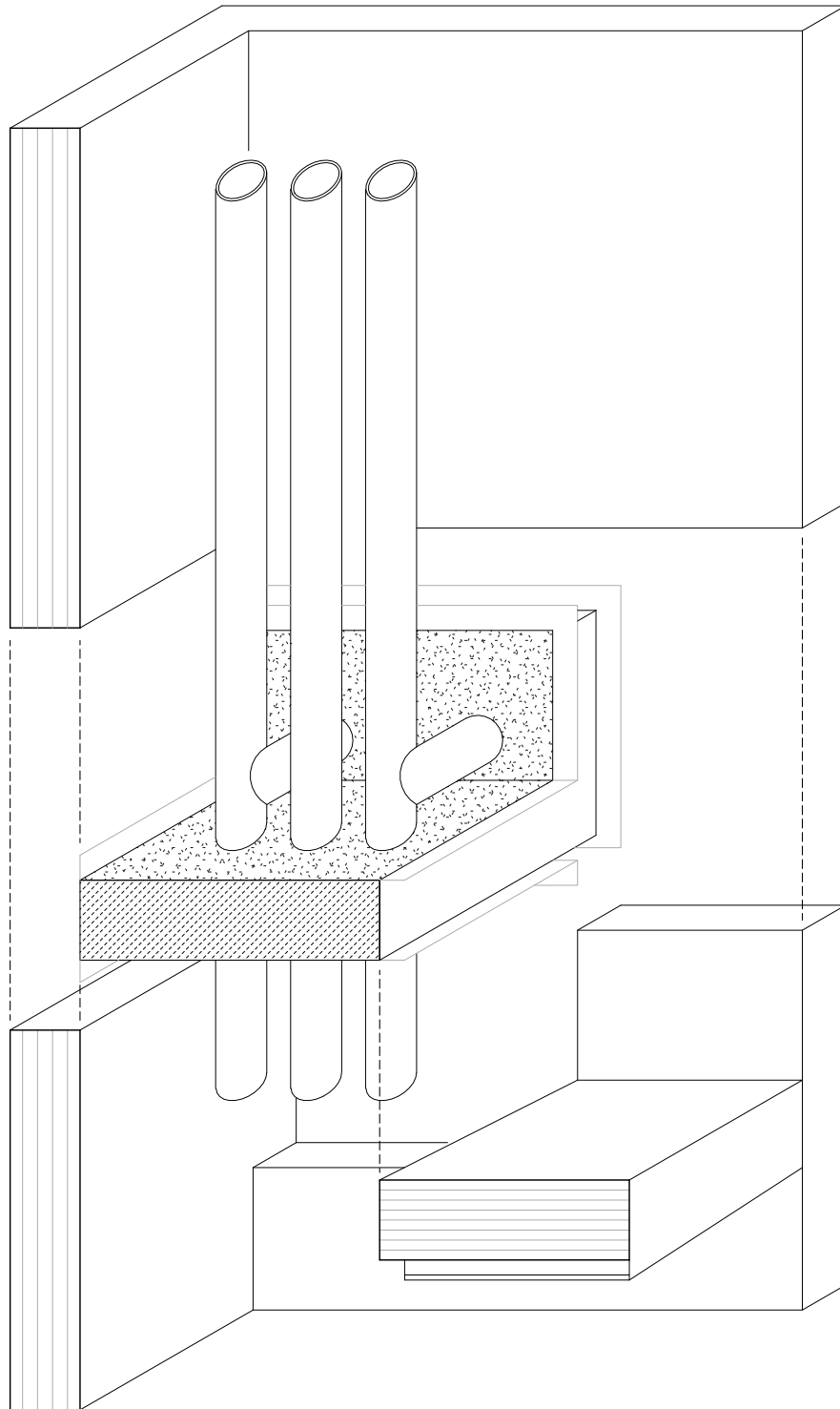




7.3.3 Haustechnik

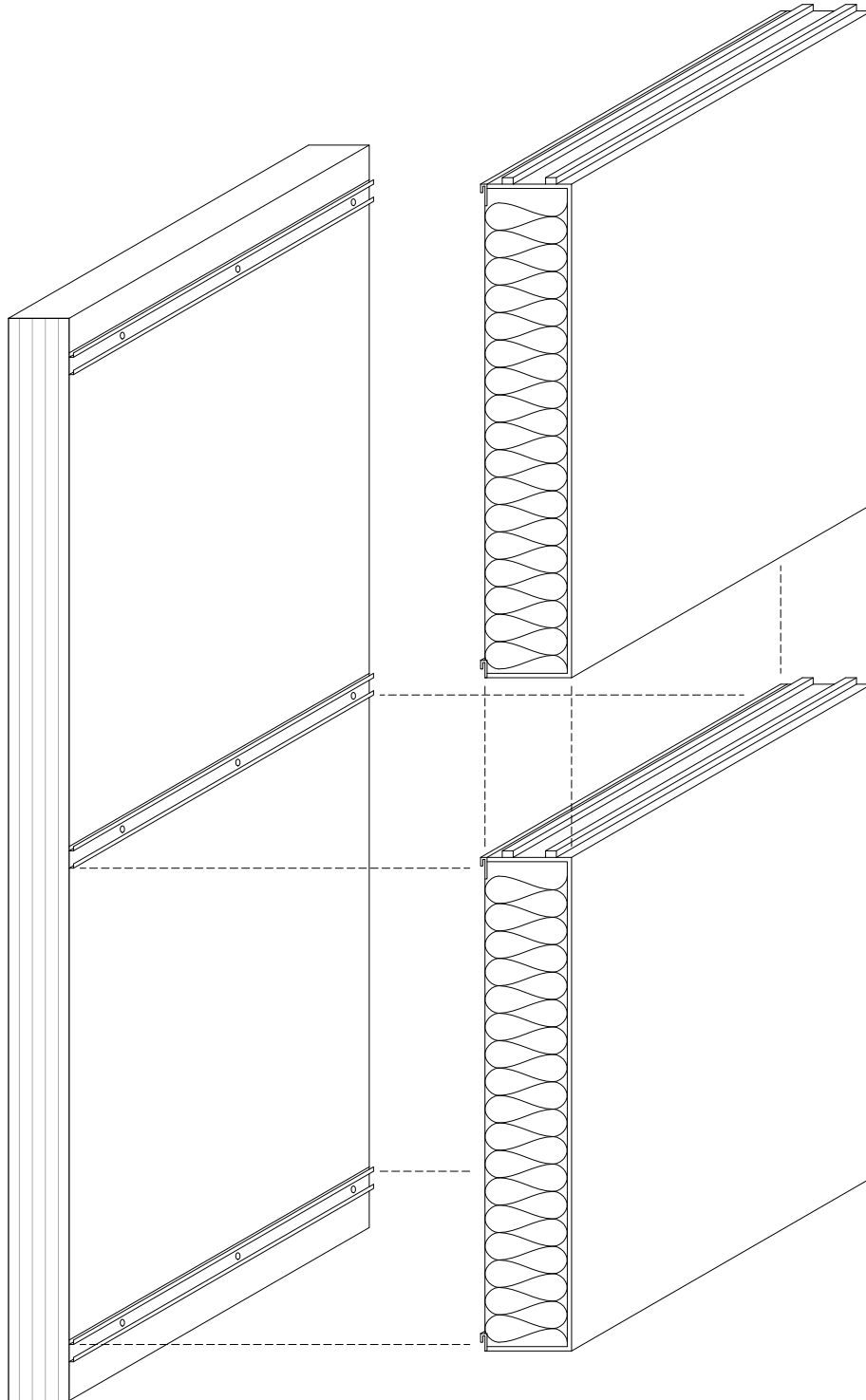
Das wichtigste Haustechnikelement im System bildet der Schacht, da es aufgrund einer Vielzahl von Teilungsmöglichkeiten der Grundrisse eine große Anzahl von Anschlussmöglichkeiten geben muss. Damit dies aber nicht zu einer Vervielfachung der Schächte führt, soll bei jedem Schacht die Möglichkeit bestehen, zwei Einheiten zu versorgen. Dies wird dadurch bewerkstelligt, dass das Brandschott die nebenliegende Wand miteinbezieht. Dadurch müssen die einzelnen vorgefertigten Schachtabschnitte nur noch eingesetzt werden und der Überschlag ausgebildet werden. Danach kann der Schacht verkleidet werden und mit Dämmwolle ausgestopft werden.





7.3.4 Gebäudehülle

Der Gedanke der Vorfertigung soll sich natürlich auch bei der Gebäudehülle fortsetzen, deshalb wird auch hier ein System verwendet. Das gewählte System basiert auf vorgefertigten, selbsttragenden Dämmelementen, welche umseitig verputzt sind. Diese Elemente werden in die zuvor angebrachten Schienen eingehängt und die Fugen werden mittels Dichtschnüren abgedichtet. Theoretisch wäre aber auch eine beliebige Verkleidung denkbar, da es möglich ist, die Fassade, bis auf die äußerste Schicht, bereits mit den Wandelementen vorzufertigen und die letzte Ebene danach anzubringen.



7.4 Fertigungsablauf

Beim Fertigungsablauf muss zwischen der Fertigung vor Ort, sprich auf der Baustelle, und der Fertigung im Werk unterschieden werden. Die Aufschließung des Grundstücks sowie alle unterirdischen und erdberührten Bauteile werden vor Ort hergestellt. Danach werden nur noch die Systembauteile herangezogen.

Um die Bauteile korrekt fertigen zu können, ist eine genaue dreidimensionale Vermessung unabdingbar. Sobald diese vorhanden ist, können mittels CNC Fertigungstechniken die Holzelemente bearbeitet werden. Die Deckenplatten werden zum Beispiel auf ihre spätere Größe zurechtgeschnitten und Schubverbinder werden eingeleimt. Danach werden die Schalungen für die Stahlbetonträger vorbereitet und befüllt. Das Deckenelement wird dann dank eingefräster Rillen mit der Oberseite verkehrt herum exakt auf die Schalung platziert. Bei den tragenden Wänden wird ähnlich verfahren, es wird hier jedoch bereits die Befestigung für die Fassadenplatten und die Fenster mit verbaut. Für den Transport werden die Fenster noch mittels Holzwerkstoffplatten geschützt.

Die vorgefertigten Ausbauelemente, bis auf die Schächte, werden erst nachdem die Außenhülle dicht ist verbaut. Diese Elemente werden jedoch bereits während des Baus in die jeweiligen Geschoße eingebracht. Der Grund für den Ausbau vor Ort ist, dass die Elemente für den Transport sehr aufwändig zu schützen wären und aufgrund der

Transportformate des Systems keine große Arbeitersparnis zu erwarten ist. Aber dadurch, dass das Gebäude bereits nach kürzester Zeit dicht ist, kann der Ausbau unter den gleichen Bedingungen wie in der Fabrik erfolgen.

Die Balkonplatten werden auf der Baustelle mit den Geländern verschraubt und dann, getrennt durch ein Elastomerlager, per Kran auf den Konsolen platziert. Die Fassadenplatten können dann mittels Hebebühne eingehängt werden. Somit kann eine Einrüstung des Gebäudes erspart werden.

8 Projekt

Nachdem nun die einzelnen Komponenten des Systems ausgearbeitet wurden, geht es jetzt daran, ein konkretes Projekt zu realisieren. Der Bauplatz wird so gewählt, dass dieser eine möglichst komplexe Herausforderung darstellt. Durch diesen Realitätsbezug soll gezeigt werden, dass eine tatsächliche Umsetzung des Systems möglich ist. Es werden einerseits die Vorteile des Bauens im System gezeigt, andererseits wird auch untersucht, ob es noch Verbesserungsbedarf gibt und wo es derzeit Schwächen gibt. Die Details werden so gewählt, dass die wichtigsten Anschlüsse und Übergänge zwischen Bauteilen und Elementen dargestellt sind.

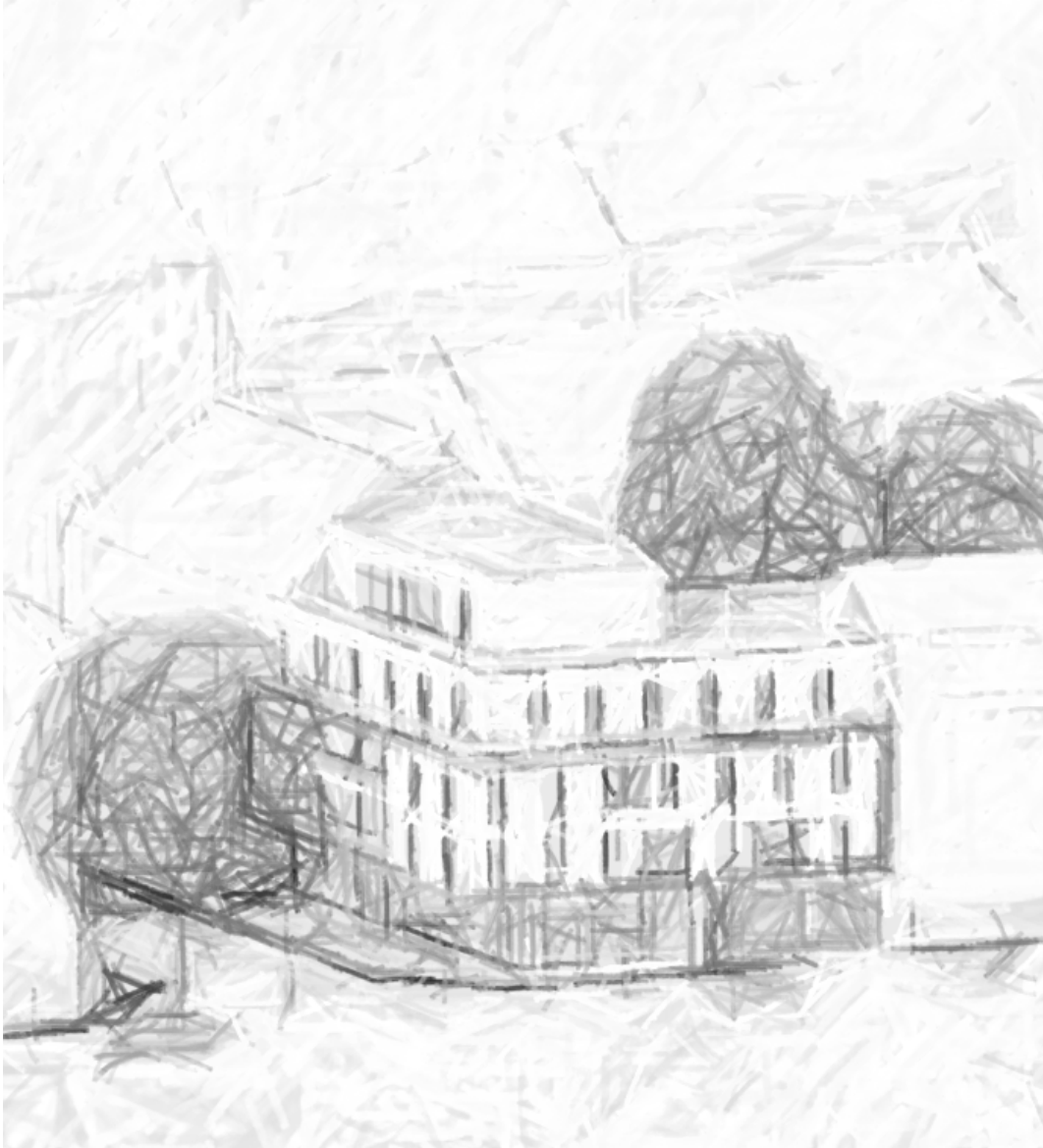
8.1 Ausgangslage

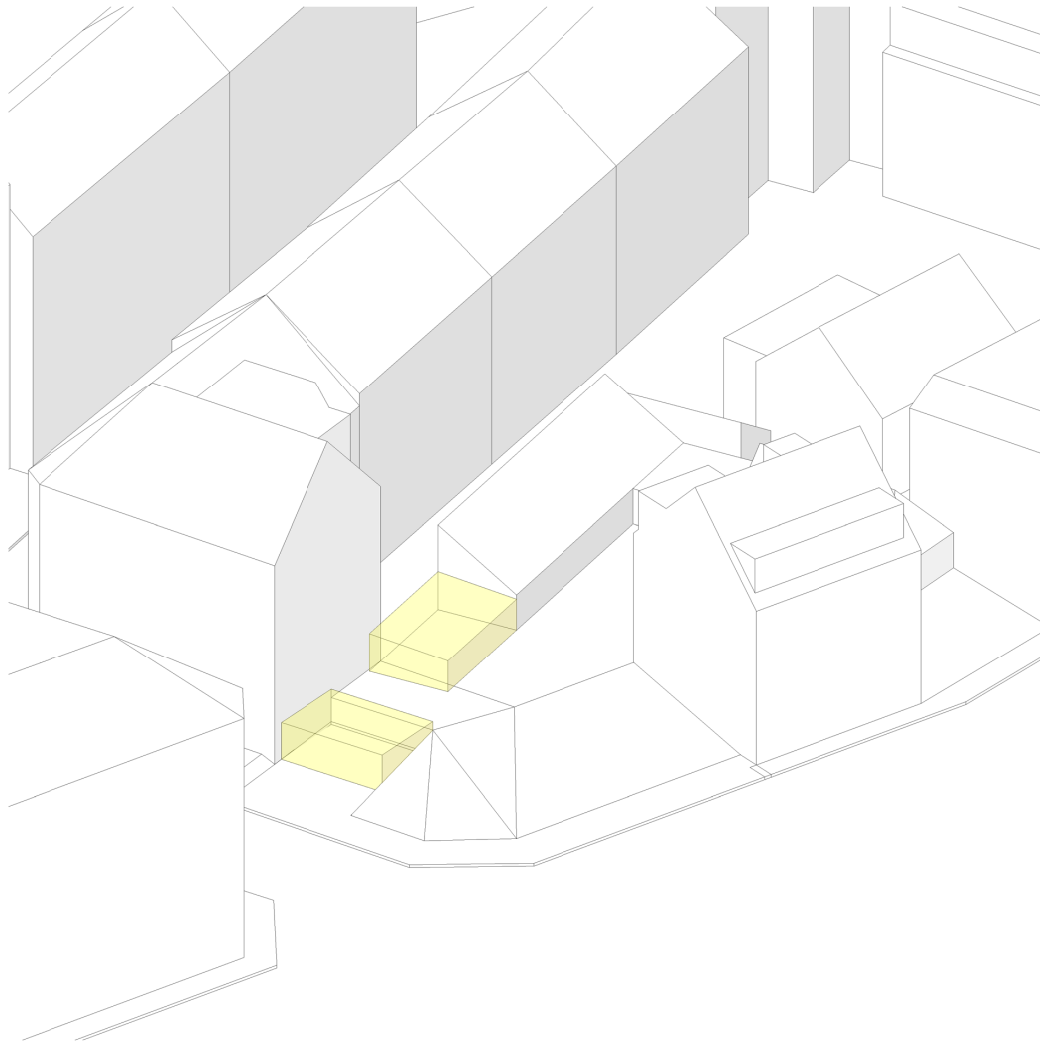
Der gewählte Bauplatz befindet sich in der Naglergasse 79 in Graz und liegt zentrumsnahe im Bezirk St. Leonhard. Das Eckgrundstück bildet einen Teil einer gründerzeitlichen Blockrandbebauung und ist derzeit mit zwei eingeschossigen Garagen für insgesamt 6 Stellplätze bebaut. Die umliegende Bebauung ist drei- bis fünfgeschossig und wurde teilweise mit Gebäuden aus späteren Bauphasen ergänzt. Die beiden angrenzenden Straßen sind wenig befahren und ermöglichen eine Ausrichtung von Wohnräumen entlang dieser. Entlang der Naglergasse gibt es eine 4 Meter tiefe Vorgartenzone, welche den Straßenzug prägt. Das Niveau des 509m² großen Bauplatzes liegt im Hof etwa 2 Meter über dem der Straße.



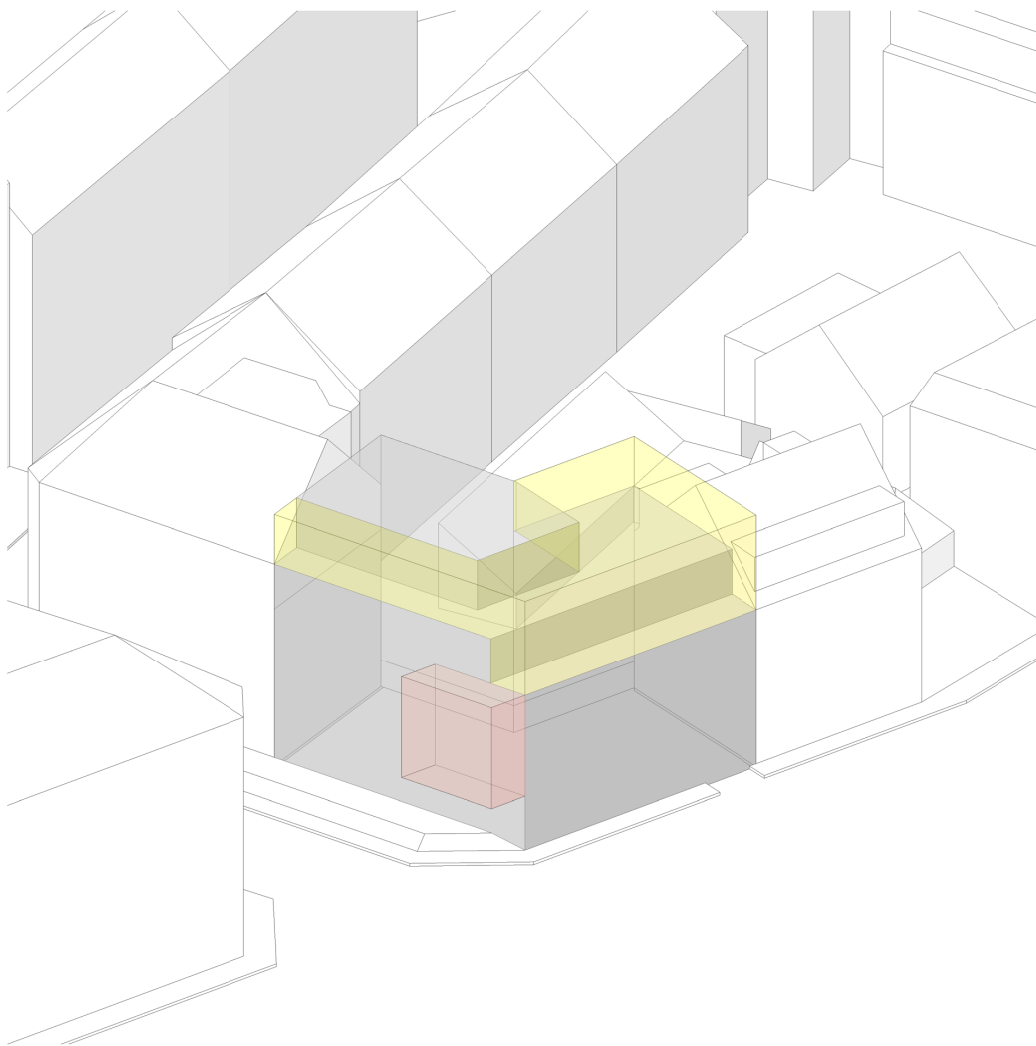
Abb. 63: Luftbild Bauplatz

8.2 Entwurf

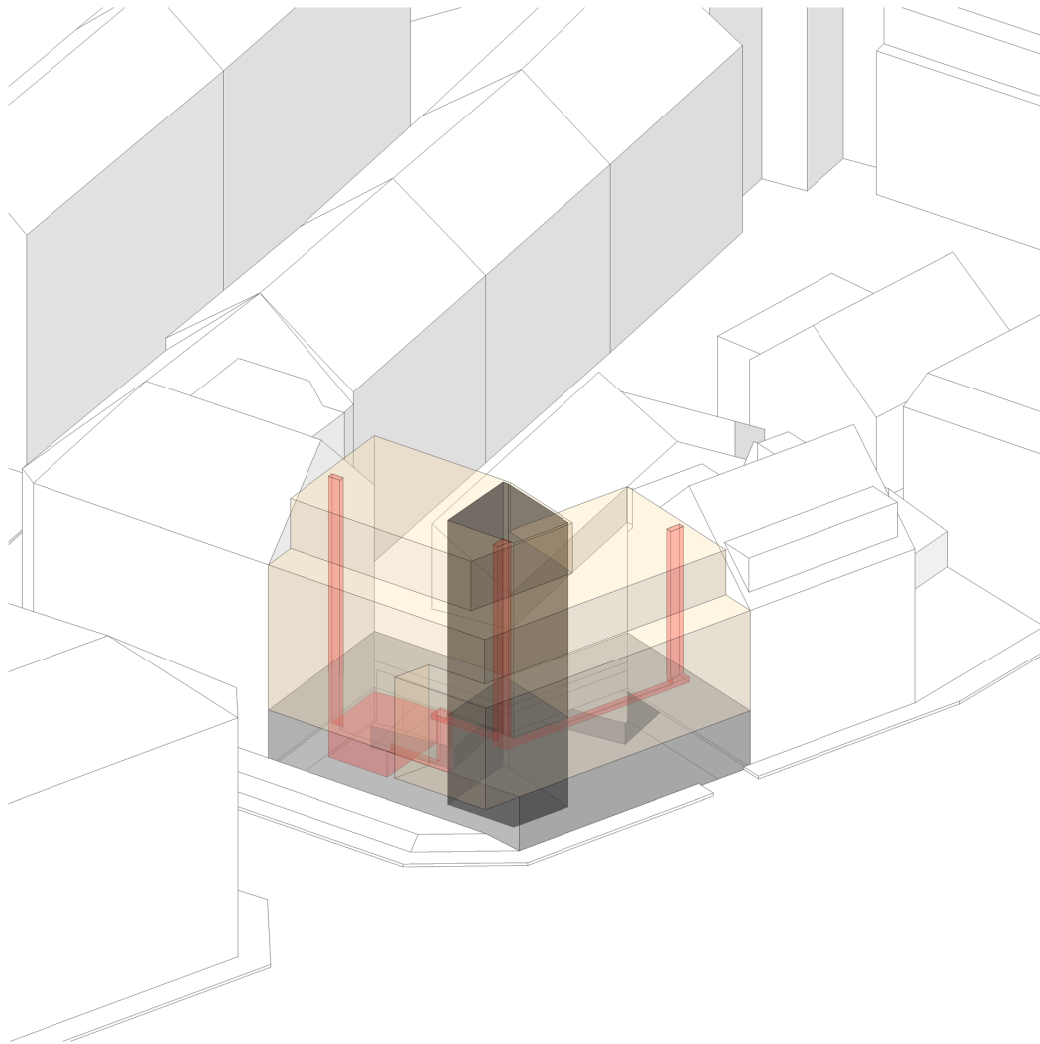




Um den Bauplatz sinnvoll bebauen zu können, müssen die bestehenden Garagen entfernt werden. Die dadurch verloren gegangenen Stellplätze werden in der neuen Tiefgarage inkorporiert.

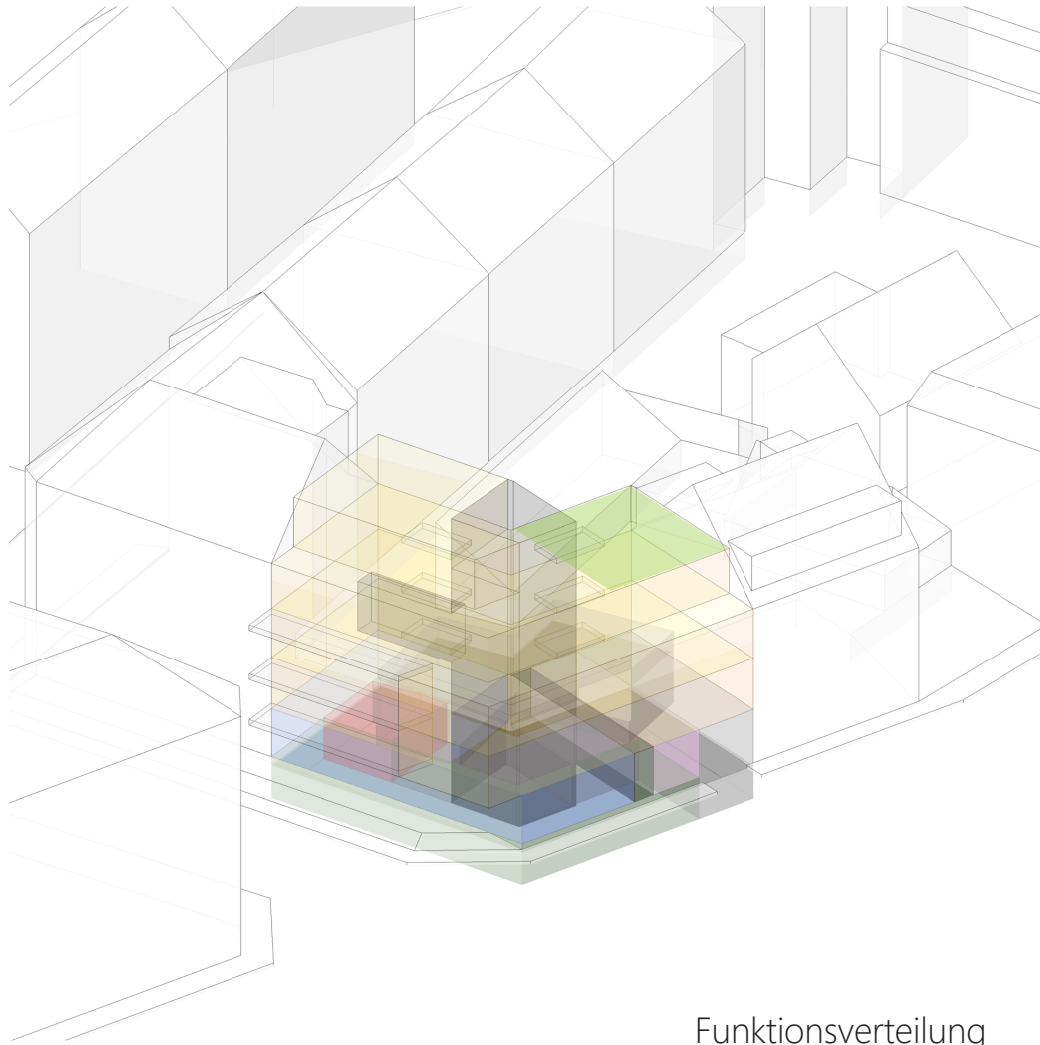


Die Baumasse passt sich den angrenzenden Gebäuden an, Richtung Naglergasse springt das Gebäude im ersten und zweiten Obergeschoß hervor.



Der Stiegenhauskern sowie erdberührten Bauteile, in diesem Fall Untergeschoß und Erdgeschoß, werden in Stahlbeton errichtet. Ab den Wänden im Erdgeschoß wird der restliche Baukörper mittels der Systembauteile konstruiert. Die drei Haustechnikschächte sind so platziert, dass diese späteren Umnutzungen möglichst nicht im Weg stehen.

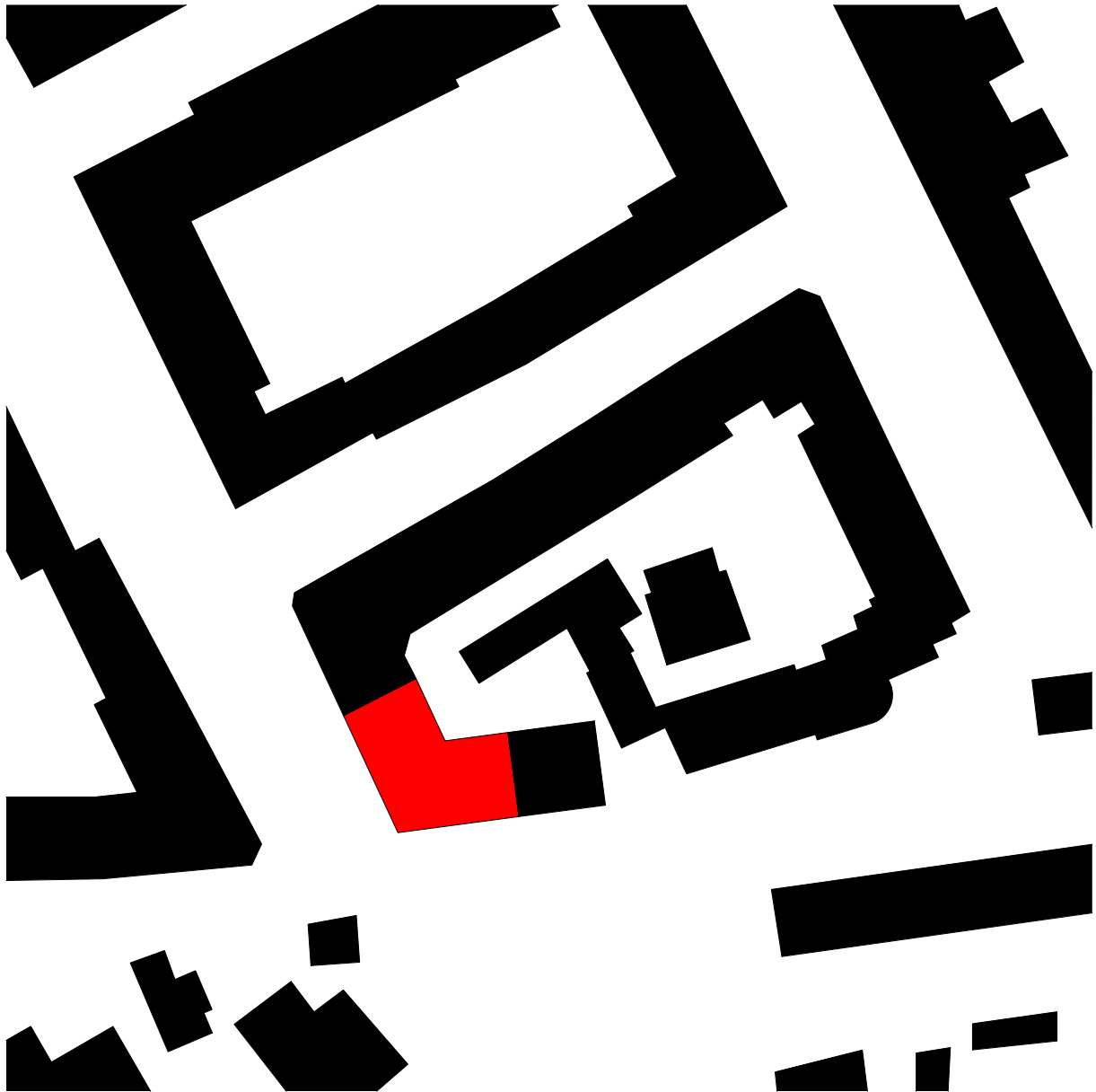
Im östlichen Teil des Grundstücks befindet sich die Tiefgarageneinfahrt, von welcher man zu den 15 Stellplätzen, teilweise als Doppelparker ausgeführt, kommt. Im Untergeschoß befinden sich die Kellerabteile, die Haustechnik, sowie der Waschraum. Im Erdgeschoß liegt an der Naglergasse ein Gastronomiebetrieb, welcher sich die Vorgartenzone als Gastgarten zu Nutze macht. Von der Schörgelgasse kommt man zum Eingang für die darüber liegenden Geschoße. Entlang des Durchgangs zum Hof sind die Fahrradabstellplätze, Müllraum und Briefkästen angeordnet. Darüber befinden sich 14 verschiedene Wohneinheiten. Durch den Rücksprung im obersten Geschoß, wird auf der Dachfläche eine Gemeinschaftsterrasse ausgebildet. Insgesamt beträgt die Bebauungsdichte 2,65, der Bebauungsgrad 0,62 und die Nettonutzfläche 992,4m².



Funktionsverteilung

- Keller ■
- Nebenräume ■
- Garage ■
- Haustechnik ■
- Gastronomie ■
- Erschließung ■
- Wohnen ■
- Gemeinschaftsterrasse ■

8.3 Darstellungen (Pläne)

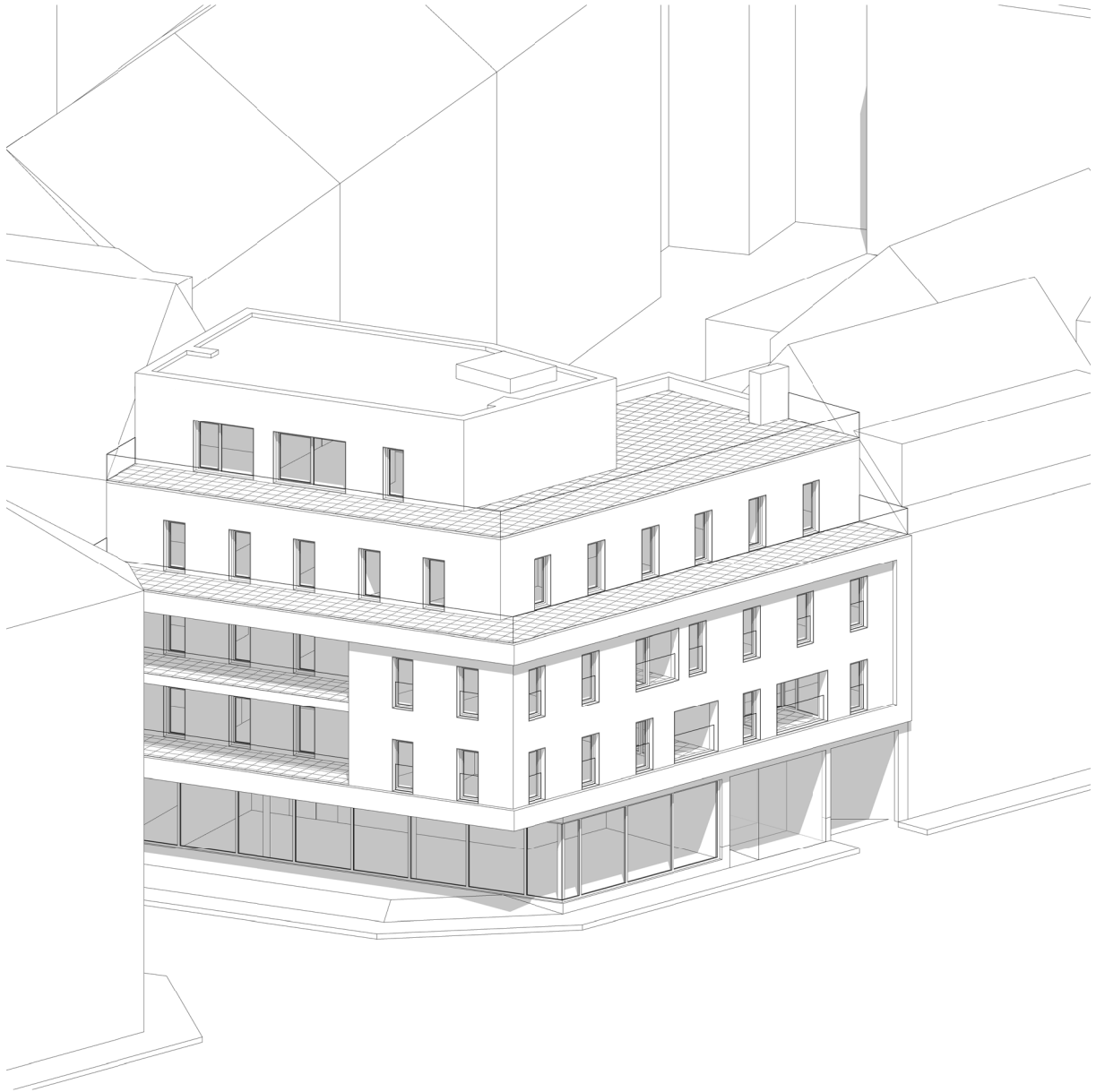


Schwarzplan M 1:1000 

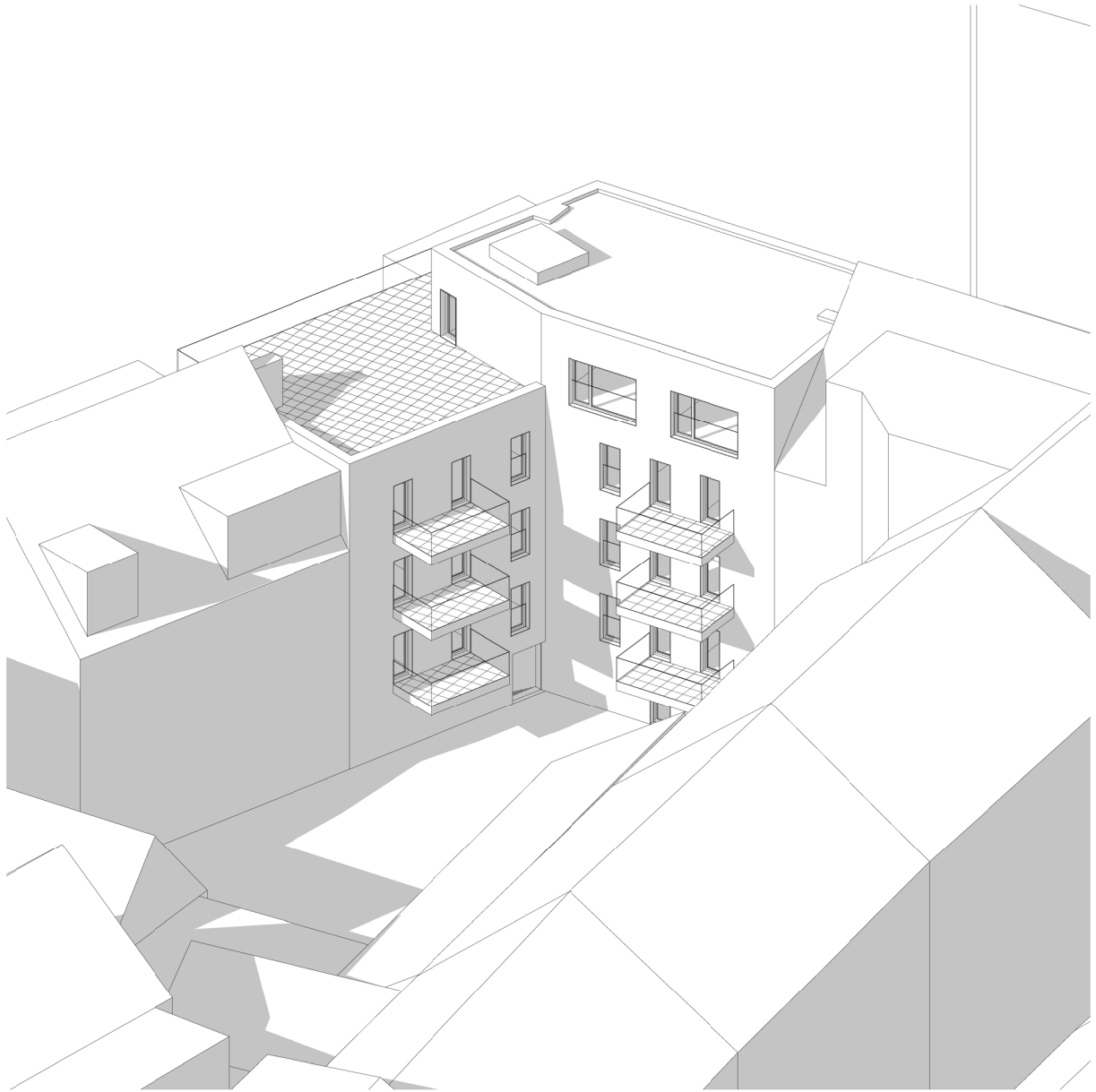


Lageplan M 1:1000

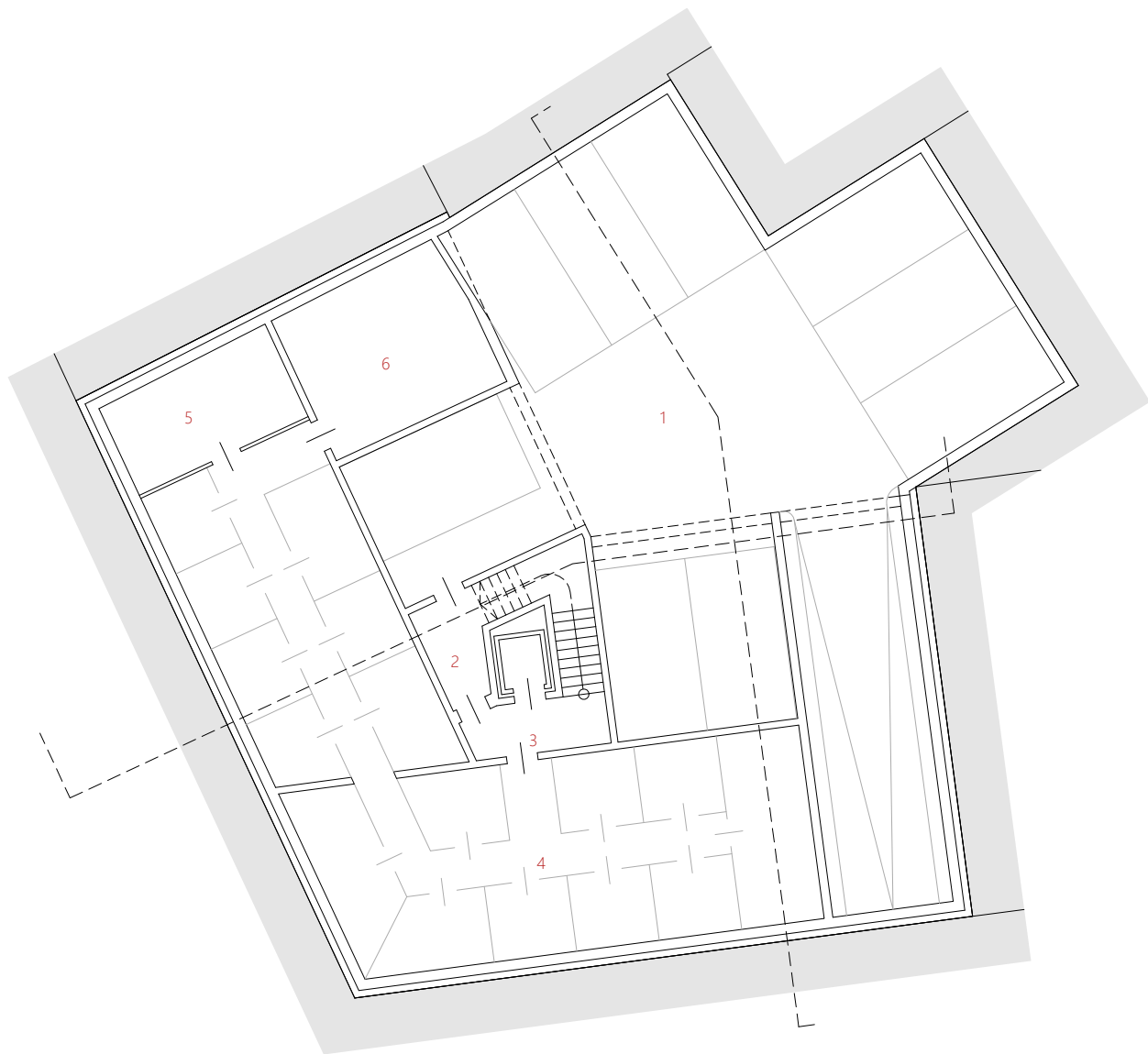




Isometrie Straße

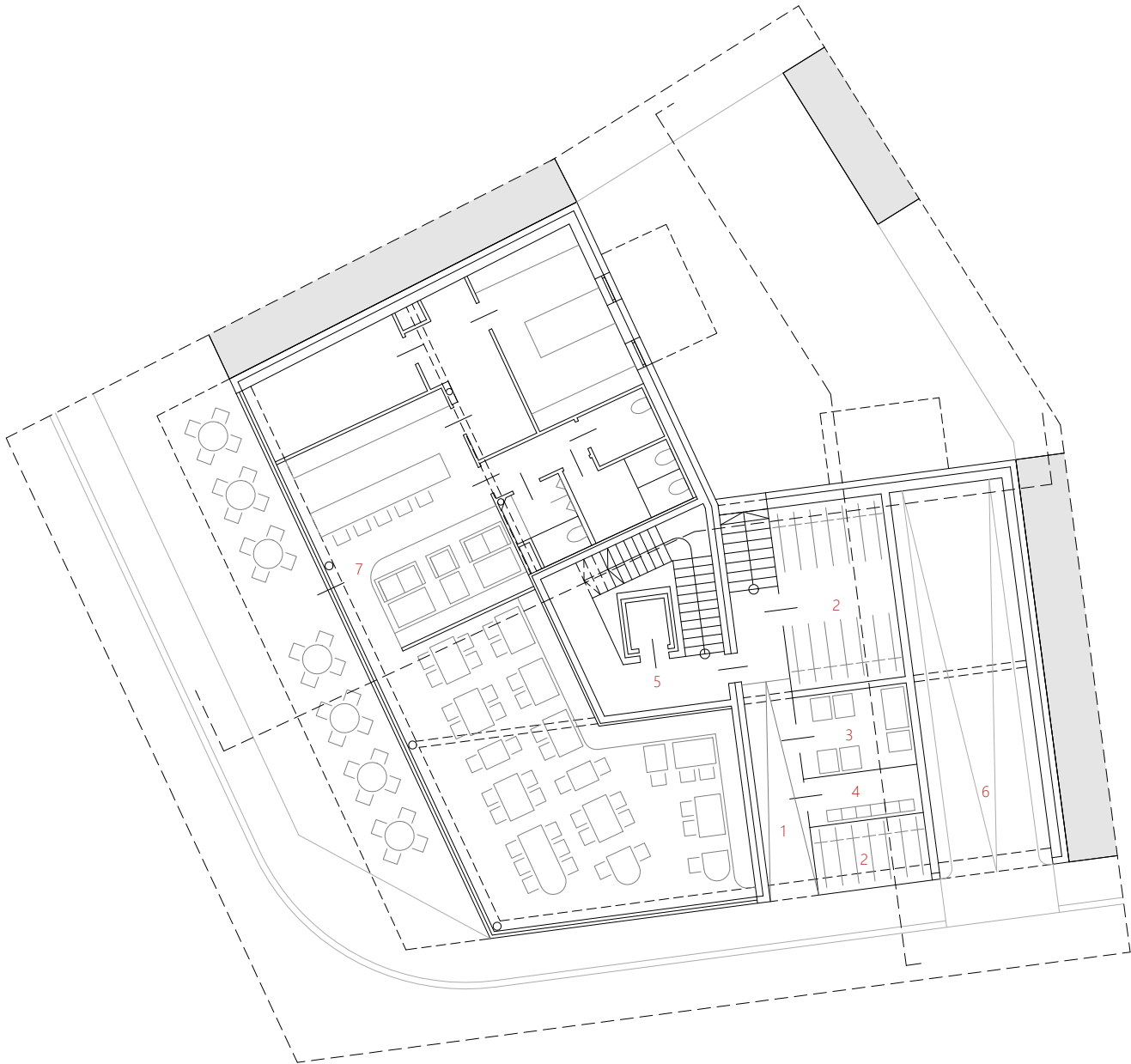


Isometrie Hof



Untergeschoss M1:200

- 1 15 Stellplätze
- 2 Schleuse
- 3 Stiegenhaus
- 4 Kellerabteile
- 5 Trockenraum
- 6 Haustechnikraum



Erdgeschoss M1:200



- 1 Zugang/Durchgang
- 2 Fahrräder
- 3 Müllplatz
- 4 Briefkästen
- 5 Stiegenhaus
- 6 Tiefgaragenrampe
- 7 Gastronomie 173,9m²



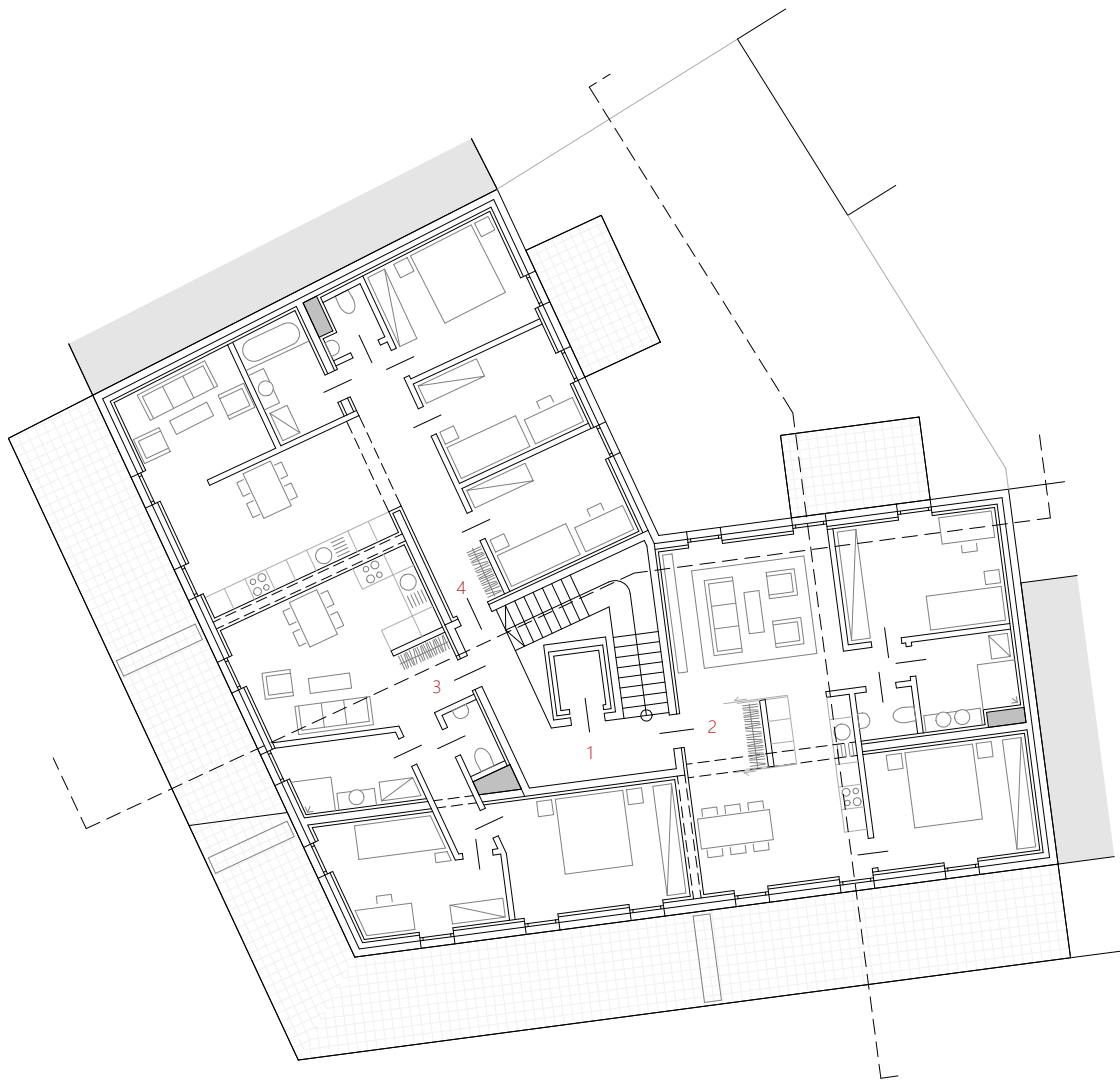
1. Obergeschoss M1:200 🕒

- 1 Stiegenhaus
- 2 Top A 91,5m²
- 3 Top B 56,5m²
- 4 Top C 65,7m²
- 5 Top D 47,5m²



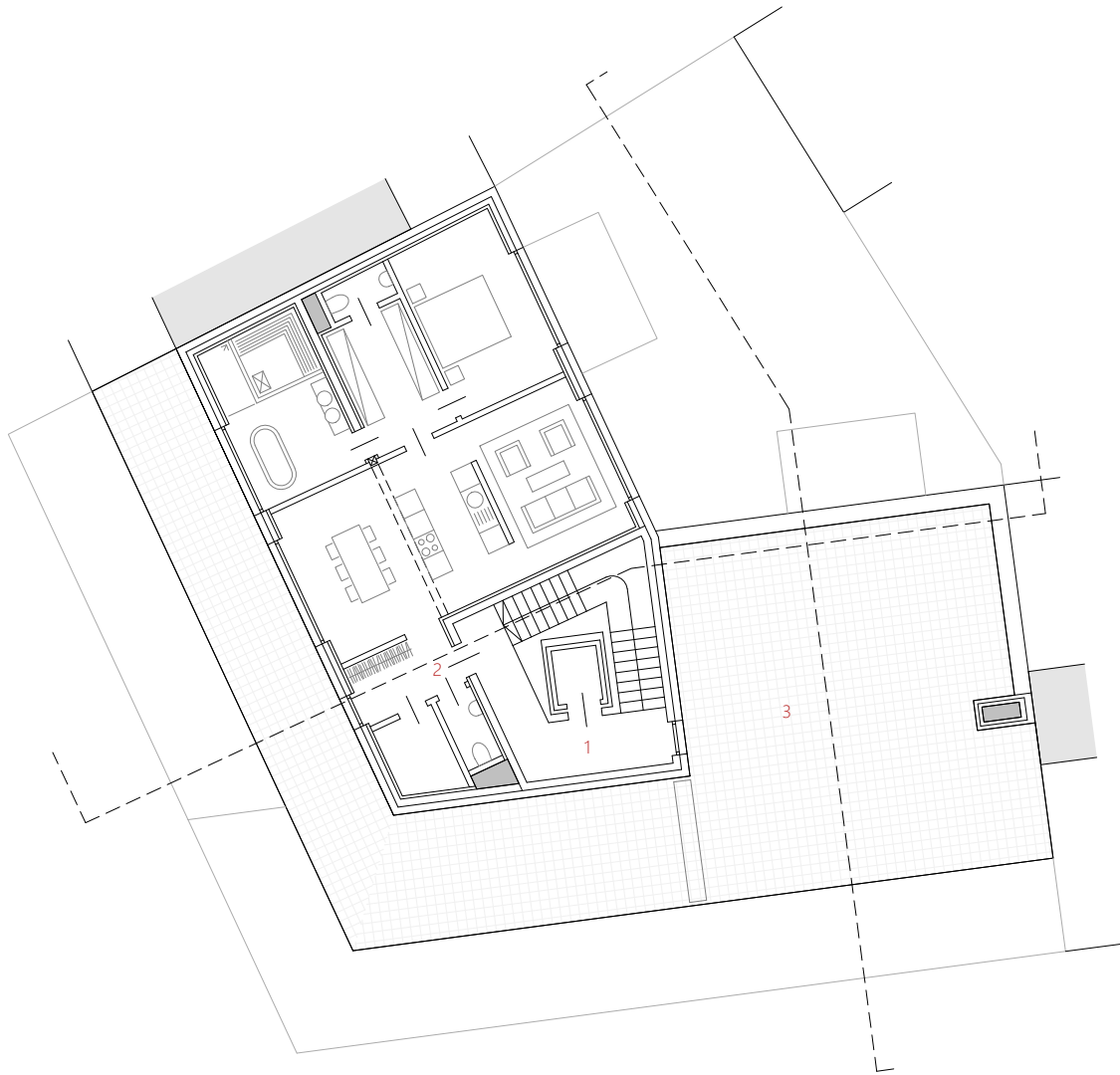
2. Obergeschoss M1:200 ☰

- 1 Stiegenhaus
- 2 Top E 48,2m²
- 3 Top F 58,2m²
- 4 Top G 46,9m²
- 5 Top H 31,5m²
- 6 Top I 32,7m²
- 7 Top J 36,7m²



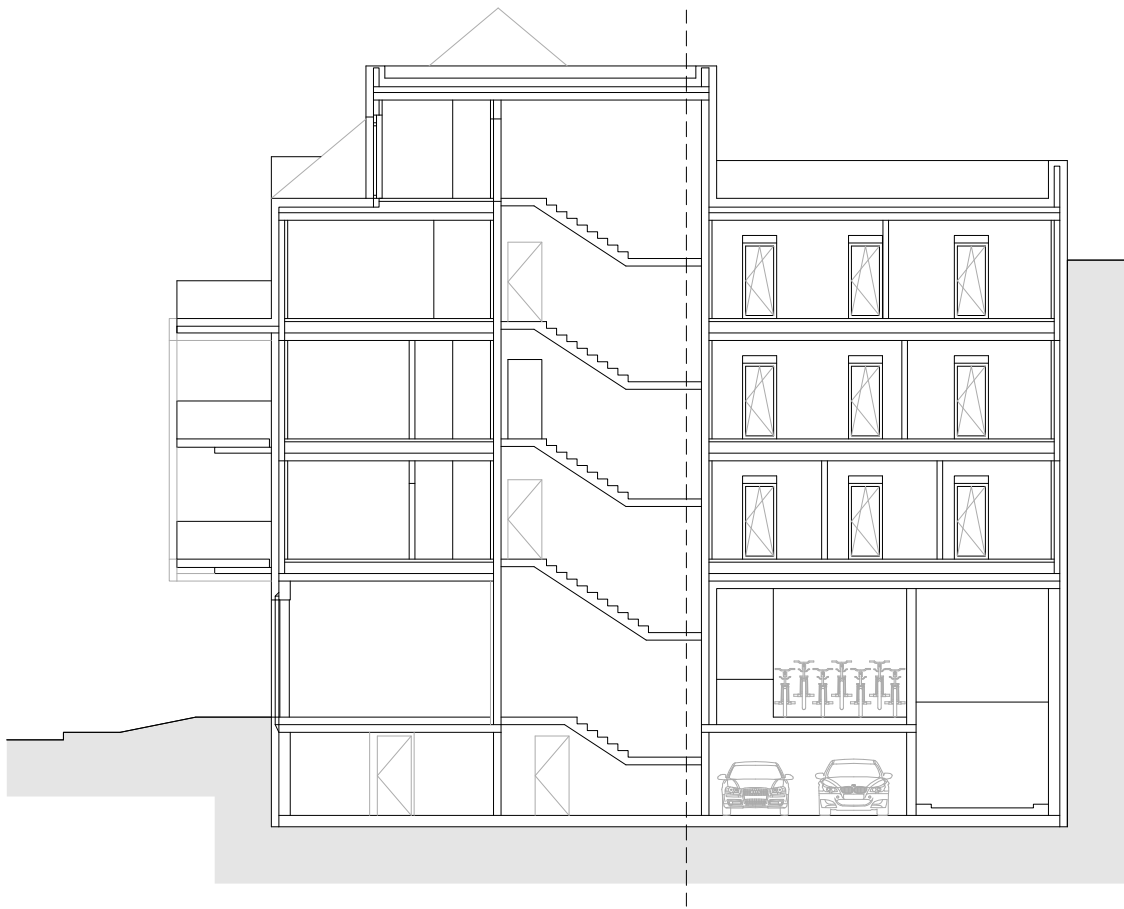
3. Obergeschoss M1:200 ☰

- 1 Stiegenhaus
- 2 Top K 77,5m²
- 3 Top L 59,6m²
- 4 Top M 80,8m²

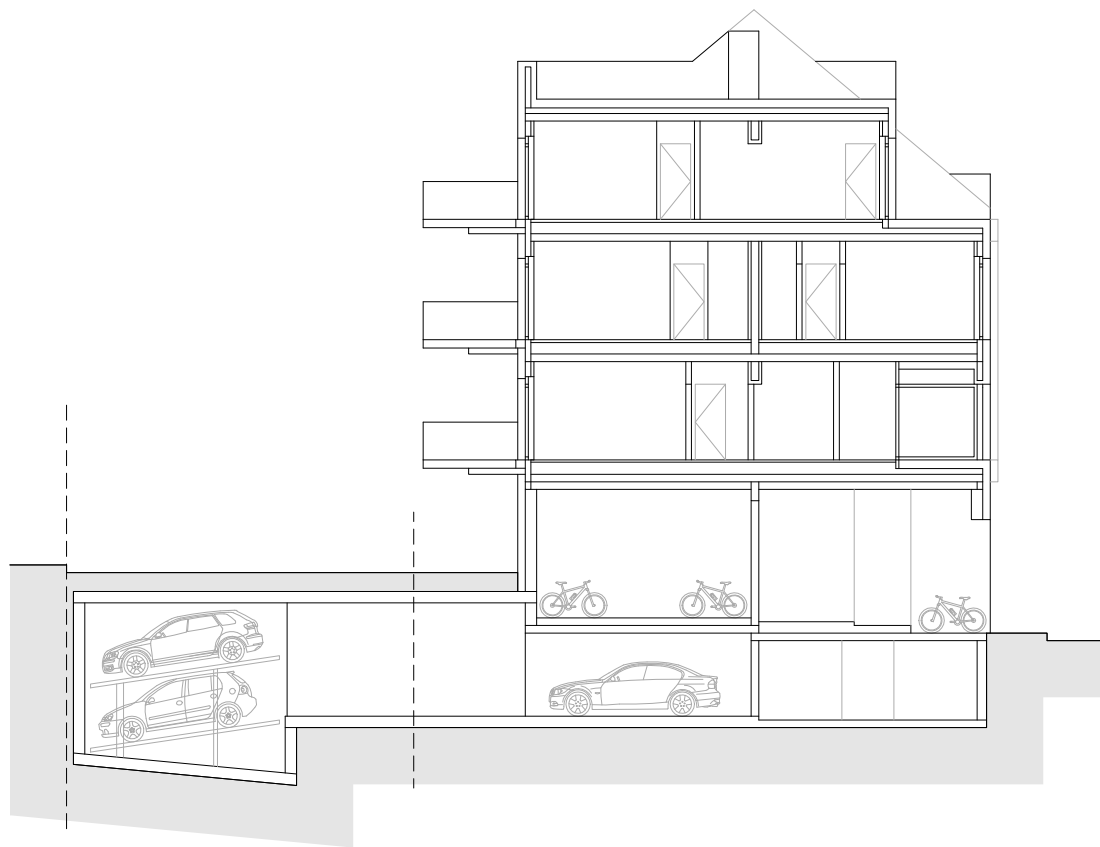


4. Obergeschoss M1:200 ⌚

- 1 Stiegenhaus
- 2 Top N 85,2m²
- 3 Gemeinschaftsterrasse 85,1m²



Schnitt 1 M1:200



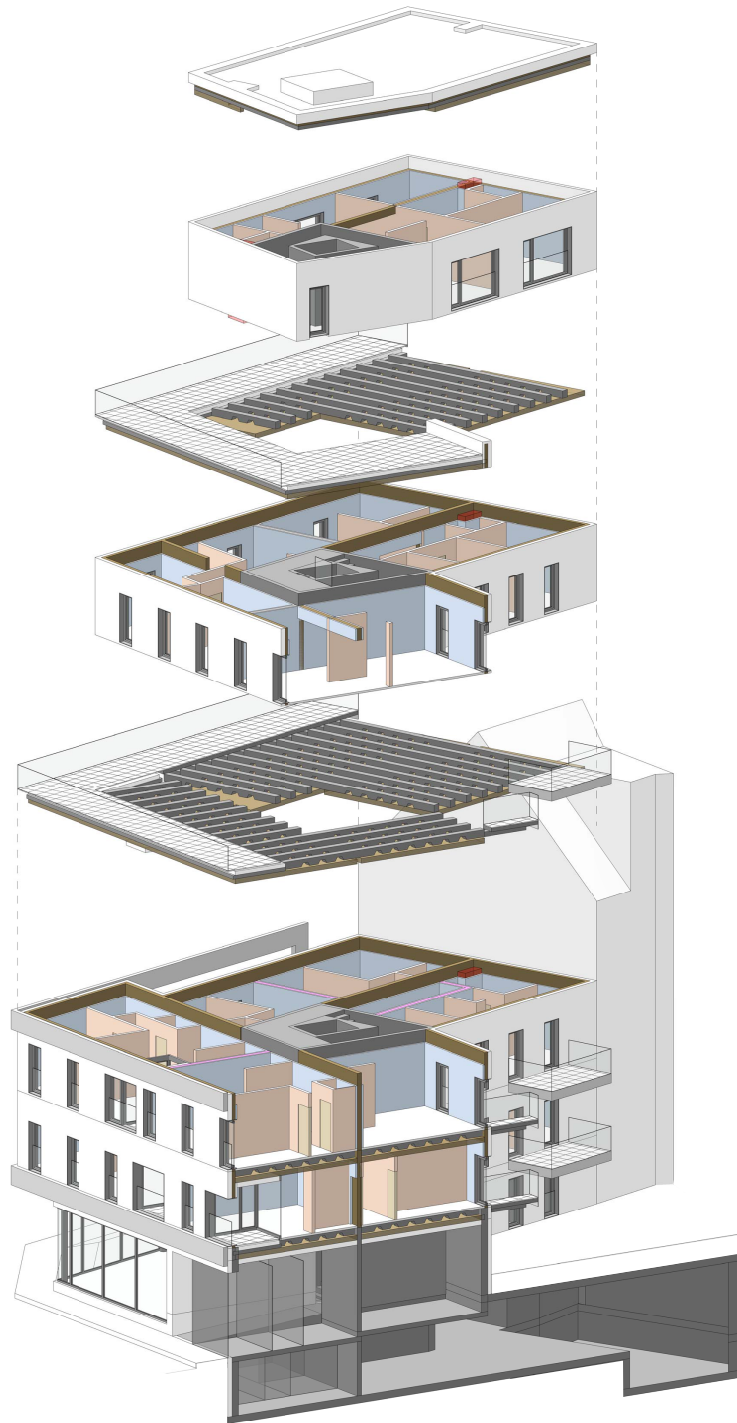
Schnitt 2 M1:200

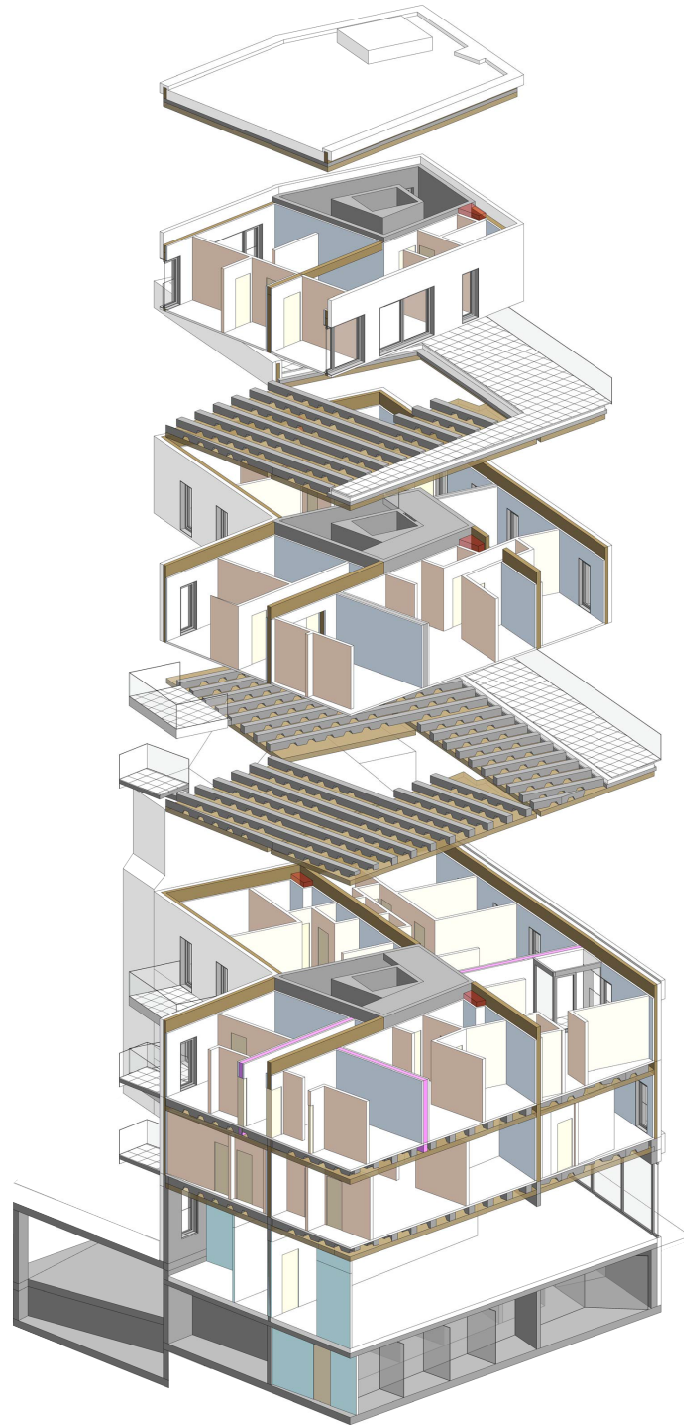


Ansicht Süd M 1:200

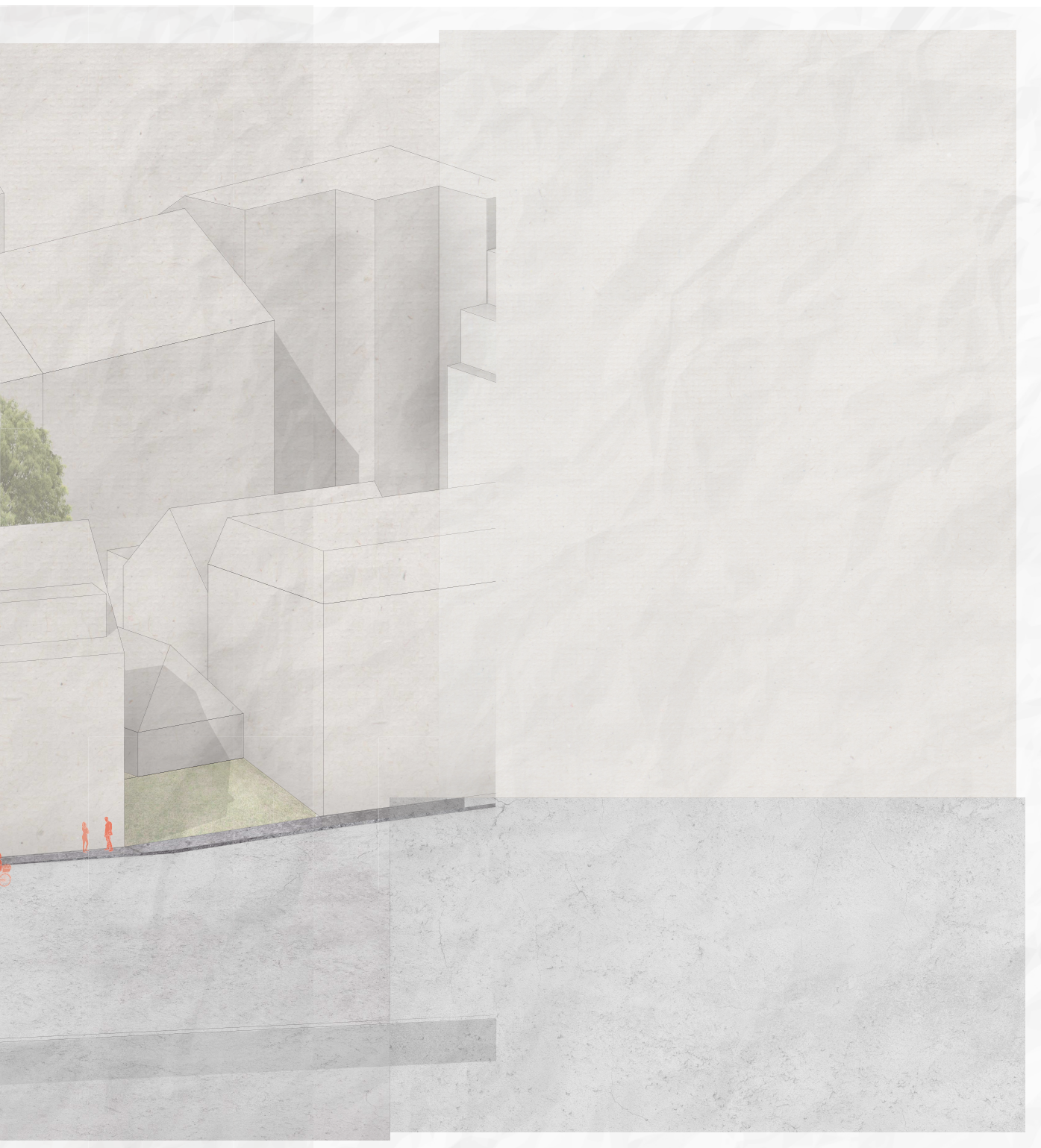


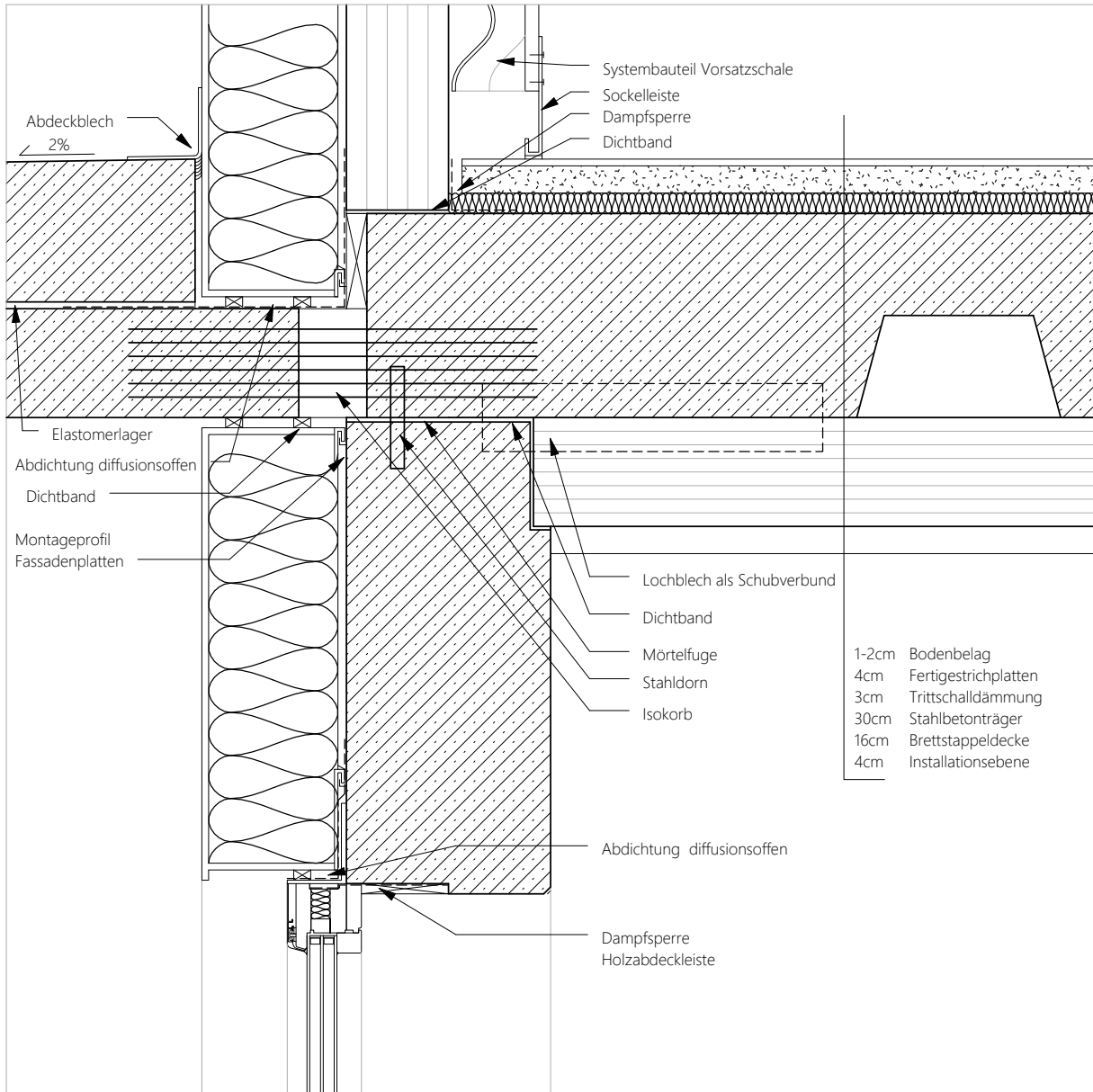
Ansicht West M 1:200



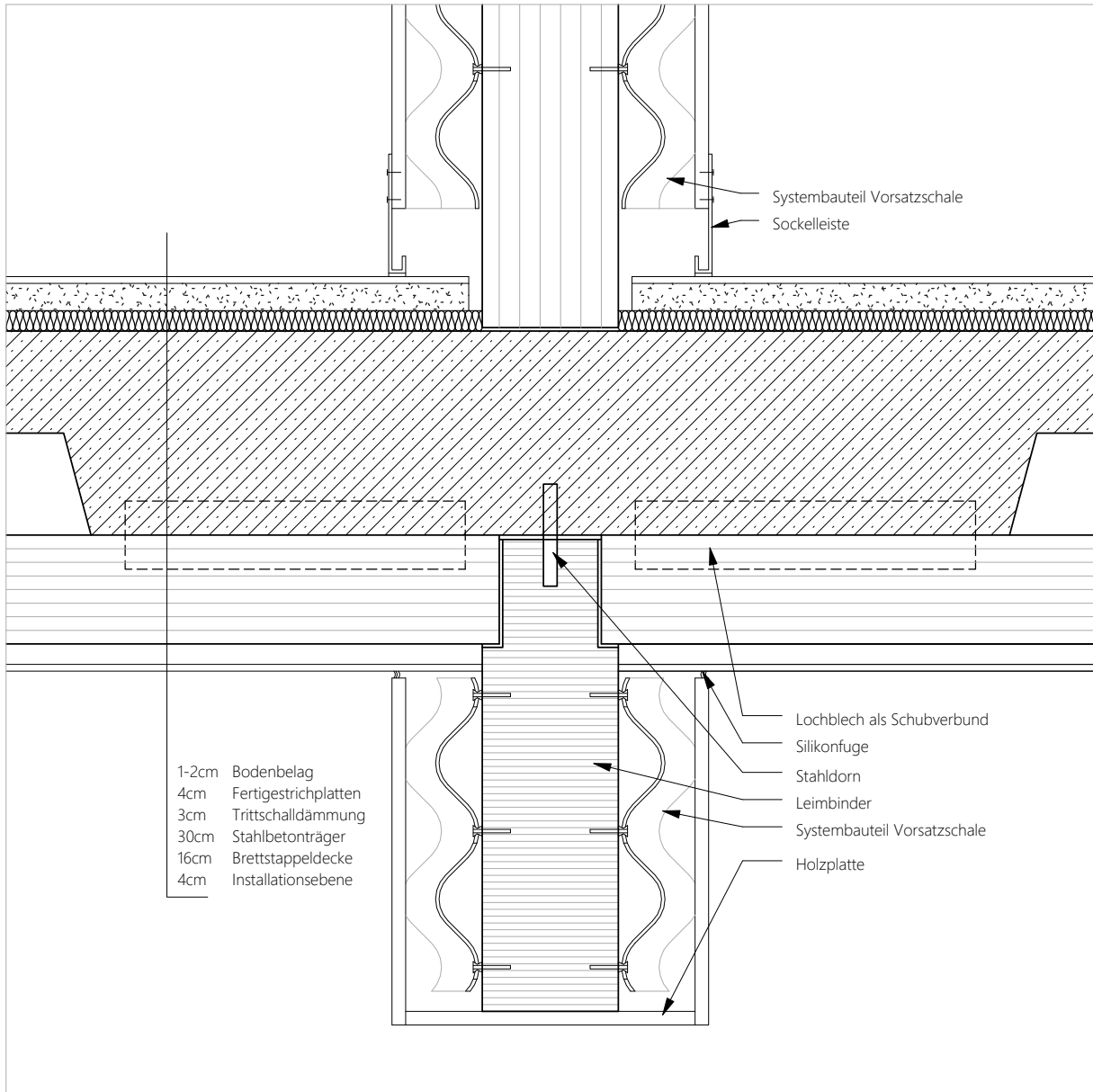




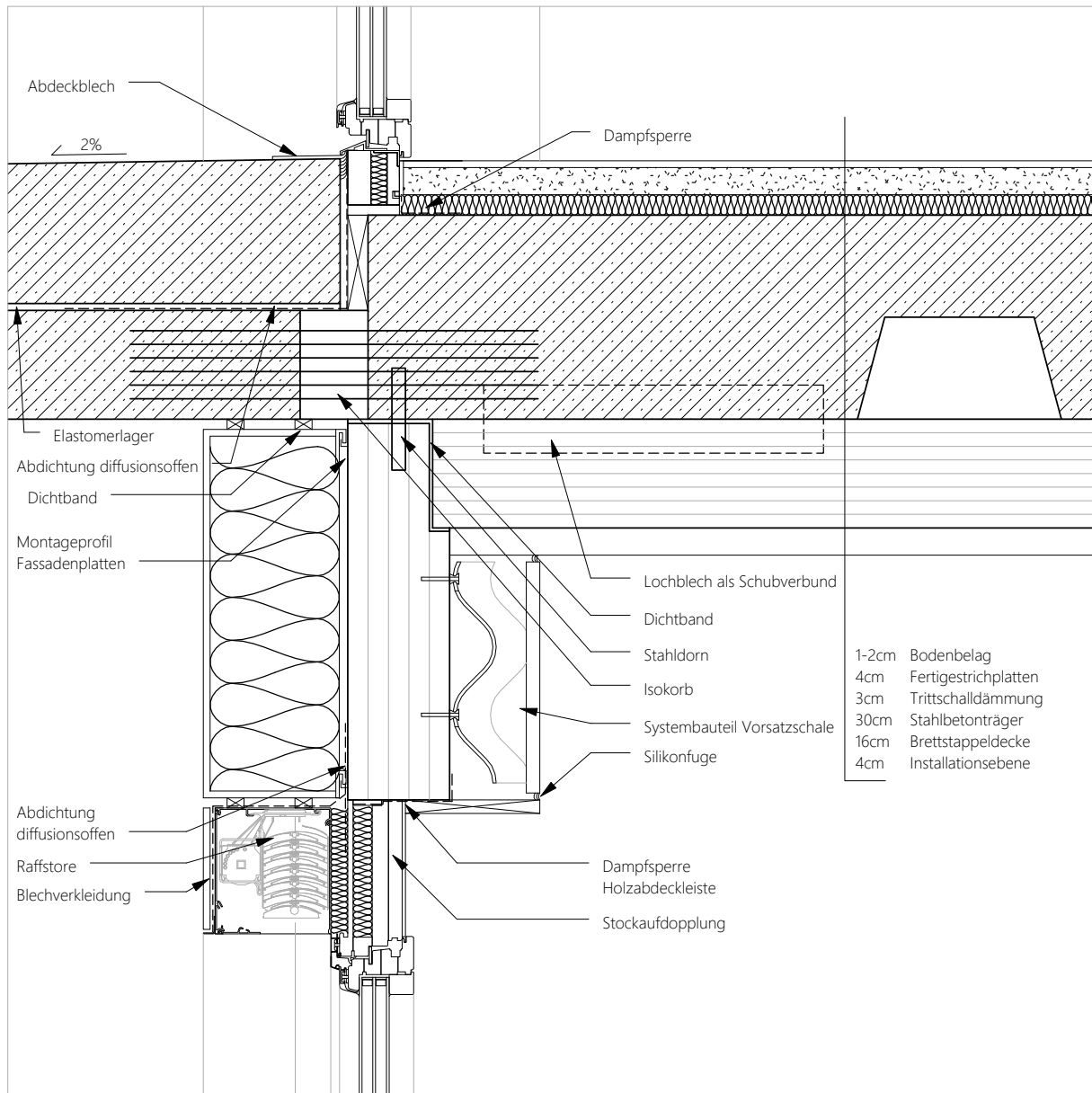




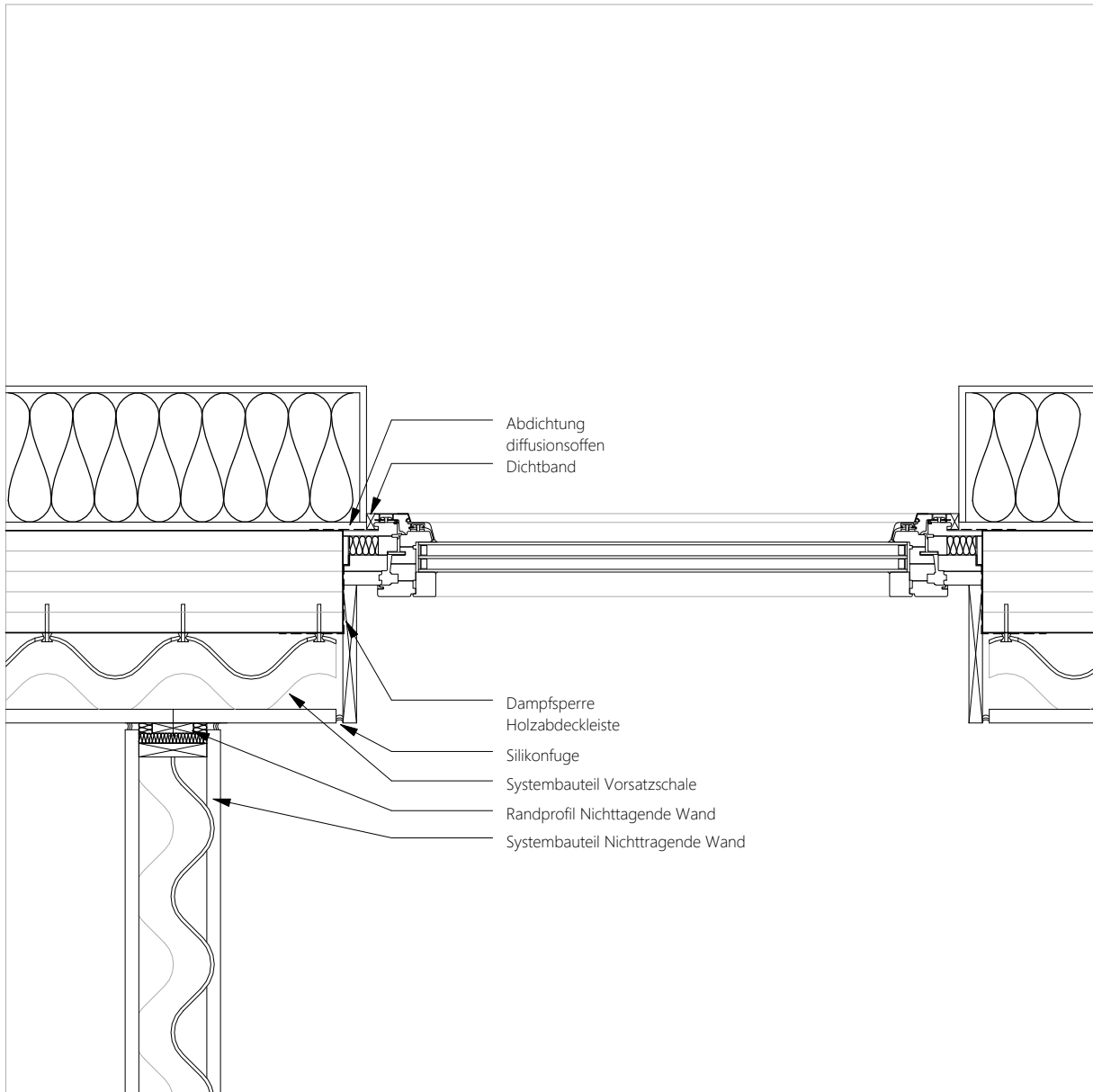
Detail 1 M 1:10



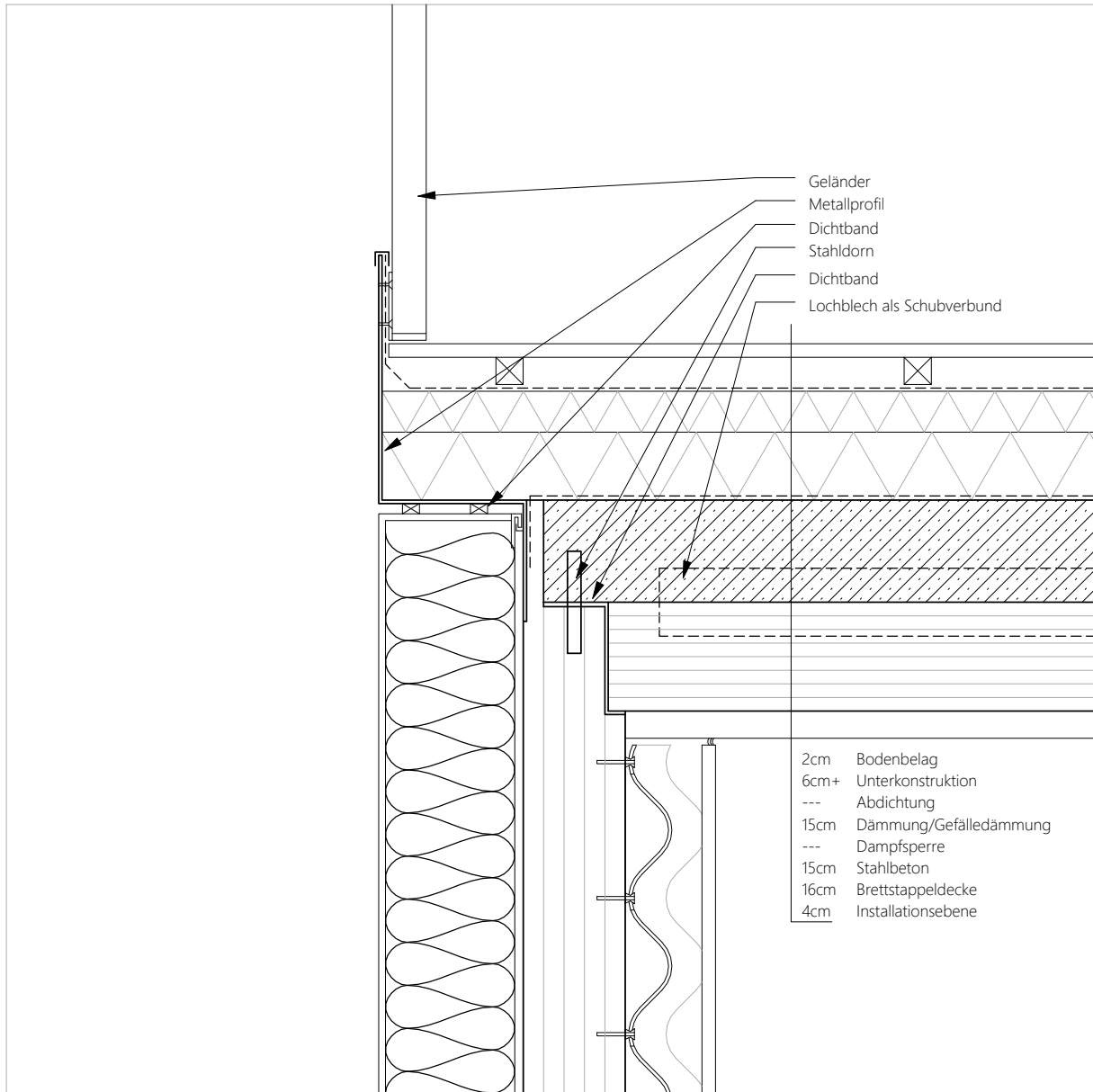
Detail 2 M 1:10



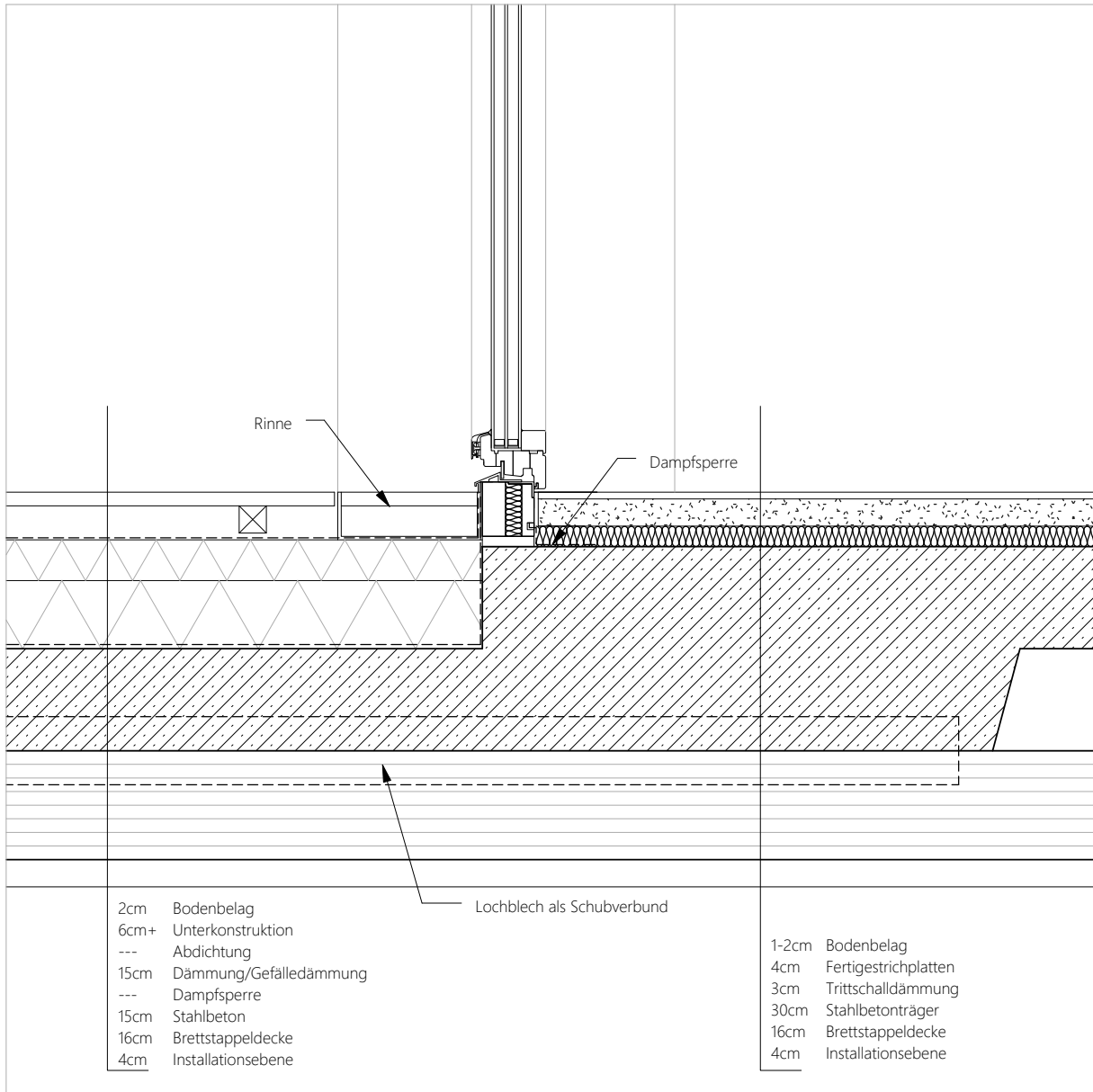
Detail 3 M 1:10



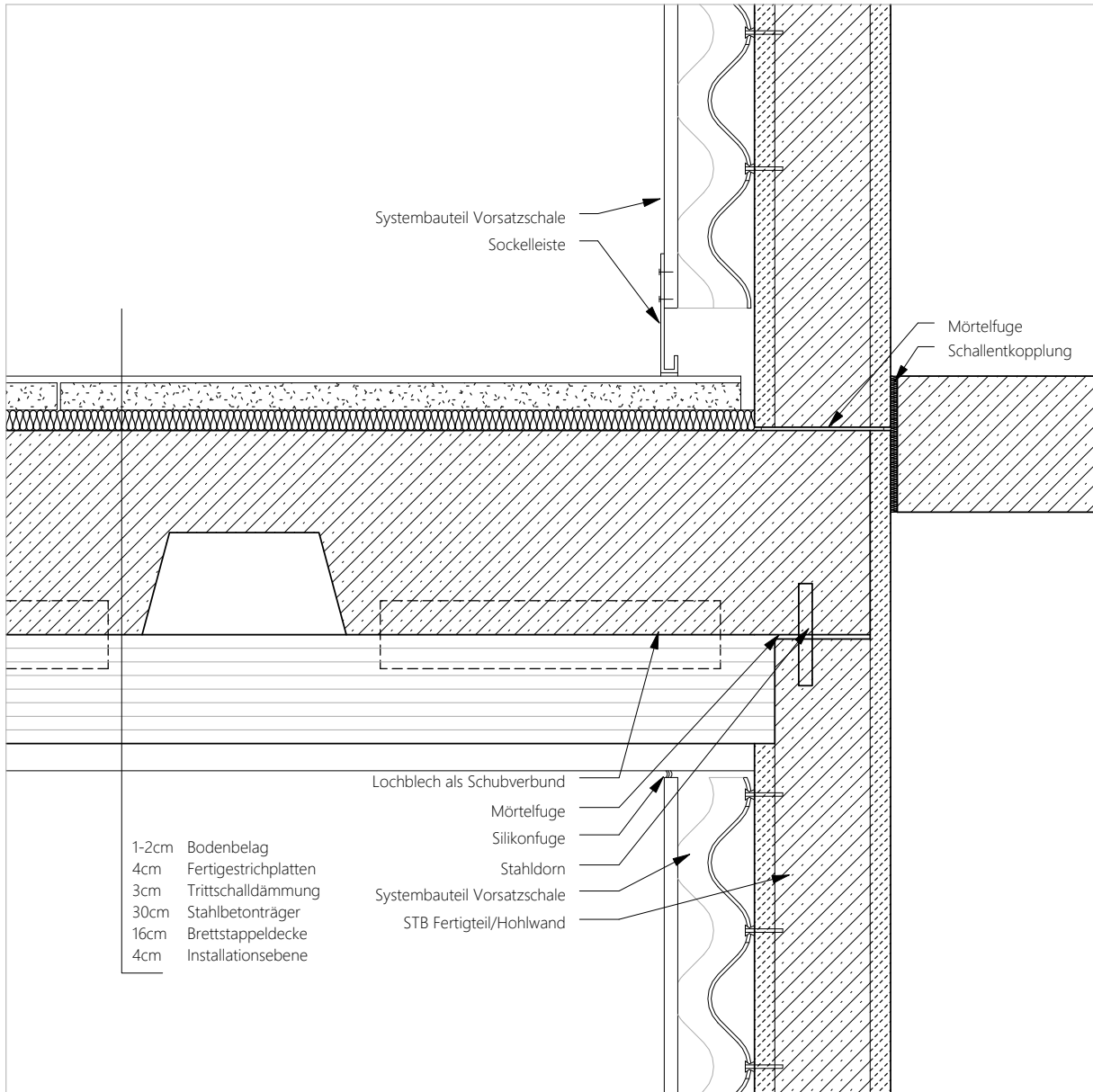
Detail 4 M 1:10



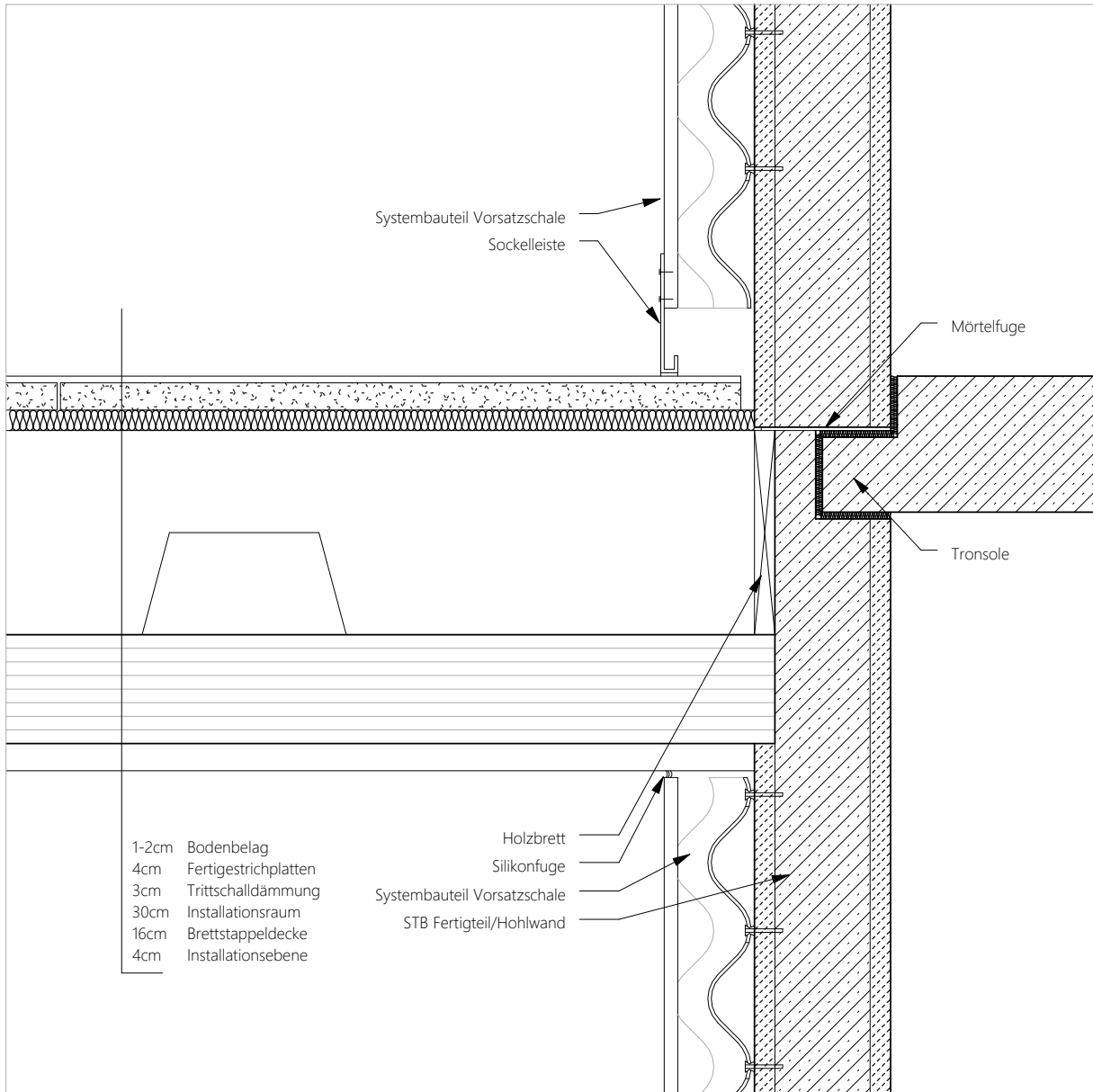
Detail 5 M 1:10



Detail 6 M 1:10



Detail 7 M 1:10



Detail 8 M 1:10

9 Fazit

Rückblickend betrachtet kann festgehalten werden, dass mit der Entwicklung des Systems und dessen Umsetzung auf dem gewählten Bauplatz eine überzeugende Umsetzung gelungen ist. Die im Anforderungskatalog definierten Punkte konnten erfüllt werden, zusätzlich konnten auch Strategien zur Kostenminimierung implementiert werden. Für mögliche Weiterentwicklungen kann untersucht werden, inwiefern gewisse Modulgrößen und Konfigurationen für weniger komplexe Bauplätze sinnvoll wären. Auch kann versucht werden, die Anzahl der benötigten Komponenten und Arbeitsschritte durch eine Kombination von Funktionen zu reduzieren. Hier handelt es sich jedoch um einen Balanceakt zwischen Kosteneffizienz und Flexibilität.

10 Literaturverzeichnis

Blau, Eve: The architecture of red Vienna 1919-1934, Cambridge (Massachusetts)/ London 1999

Flagge, Ingeborg (Hg.): Geschichte des Wohnens. 1945 bis heute Aufbau-Neubau-Umbau, Bd. 5, Stuttgart 1999

Frampton, Kenneth: Die Architektur der Moderne: eine kritische Baugeschichte. München 2010

Haus der Architektur (Graz) (Hg.): Werkgruppe Graz 1959 – 1989. architecture at the turn of late modernism, Graz/Zürich 2013

Huse, Norbert: >Neues Bauen< 1918 bis 1933. Moderne Architektur in der Weimarer Republik, Berlin 1985

Internationaler Kongress für Neues Bauen (Hg.): Vorbereitender Internationaler Kongress für Neues Bauen. im Chateau de la Sarraz, 25. - 29. Juni 1928 ; [CIAM. International Congresses for Modern Architecture. 1]. Die Wohnung für das Existenzminimum / [CIAM 2], Nendeln³1979

Internationaler Kongress für Neues Bauen (Hg.): Rationelle Bebauungsweisen. Ergebnisse des 3. Internationalen Kongresses für Neues Bauen (Brüssel, November 1930), Frankfurt, Main 1931

Kähler, Gert (Hg.): Geschichte des Wohnens. 1918-1945 Reform Reaktion Zerstörung, Bd. 4, Stuttgart 1996

Kaufmann, Katerina: Die Platte im Wandel. Vitalisierung und Neuorganisation am Beispiel der Wohnbauserie 70, Diss., TU Graz 2014

Knaack, Ulrich/Chung-Klatte, Sharon/Hasselbach, Reinhard: Systembau. Prinzipien der Konstruktion, Basel 2012

Reulecke, Jürgen (Hg.): Geschichte des Wohnens. 1800-1918 Das bürgerliche Zeitalter, Bd. 3, Stuttgart 1997

Rieser, Susanne: Das Märkische Viertel. Vergangenheit-Gegenwart-Zukunft einer Großsiedlung der Moderne, Diss., Tu Graz 2012

Stadt Wien - Geschäftsgruppe Wohnbau und Stadterneuerung (Magistratsabteilung 24)/Ingenieurkammer für Wien (Hg.): Wohnen in der Stadt. Ideen für Wien, Wien 1988

Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008

11 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Buden, in Reulecke, Jürgen (Hg.): Geschichte des Wohnens. 1800-1918 Das bürgerliche Zeitalter, Bd. 3, Stuttgart 1997, S.348

Abb. 2: Grundriss Centralverein, in Reulecke, Jürgen (Hg.): Geschichte des Wohnens. 1800-1918 Das bürgerliche Zeitalter, Bd. 3, Stuttgart 1997, S.356

Abb. 3: Regelgeschoss Schmiedgasse 11 Alt/Neu, in Stadt Wien - Geschäftsgruppe Wohnbau und Stadterneuerung (Magistratsabteilung 24)/Ingenieurkammer für Wien (Hg.): Wohnen in der Stadt. Ideen für Wien, Wien 1988, S.74f

Abb. 4: Regelgeschoss Margaretenstraße 104 Alt/Neu, in Stadt Wien - Geschäftsgruppe Wohnbau und Stadterneuerung (Magistratsabteilung 24)/Ingenieurkammer für Wien (Hg.): Wohnen in der Stadt. Ideen für Wien, Wien 1988, S.69

Abb. 5: Grundriss Typ, in Blau, Eve: The architecture of red Vienna 1919-1934. Cambridge (Massachusetts)/ London 1999, S.199

Abb. 6: Vergleich Typologien, in Blau, Eve: The architecture of red Vienna 1919-1934. Cambridge (Massachusetts)/ London 1999, S.203

Abb. 7: Wiedenhoferhof, in Blau, Eve: The architecture of red Vienna 1919-1934. Cambridge (Massachusetts)/ London 1999, S.319

Abb. 8: Wohnung Klein, in Huse, Norbert: >Neues Bauen< 1918 bis 1933. Moderne Architektur in der Weimarer Republik. Berlin 1985, S.71

Abb. 9: Grundriss Apartmenthaus Mies van der Rohe, in Huse, Norbert: >Neues Bauen< 1918 bis 1933. Moderne Architektur in der Weimarer Republik. Berlin 1985, S.78

Abb. 10: Apartmenthaus Mies van der Rohe, in Huse, Norbert: >Neues Bauen< 1918 bis 1933. Moderne Architektur in der Weimarer Republik. Berlin 1985, S.78

Abb. 11: Bebauungsweise (Beispiel 36), in Internationaler Kongress für Neues Bauen (Hg.): Rationelle Bebauungsweisen. Ergebnisse des 3. Internationalen Kongresses für Neues Bauen (Brüssel, November 1930), Frankfurt, Main 1931, o.S.

Abb. 12: Grundriss Zweizimmerwohnung (Beispiel 115), in Internationaler Kongress für Neues Bauen (Hg.): Vorbereitender Internationaler Kongress für Neues Bauen. im Chateau de la Sarraz, 25. - 29. Juni 1928 ; [CIAM. International Congresses for Modern Architecture. 1]. Die Wohnung für das Existenzminimum / [CIAM 2]. Nendeln 1979, o.S.

Abb. 13: Grundriss Dreizimmerwohnung (Beispiel 122) , in Internationaler Kongress für Neues Bauen (Hg.): Vorbereitender Internationaler Kongress für Neues Bauen. im Chateau de la Sarraz, 25. - 29. Juni 1928 ; [CIAM. International Congresses for Modern Architecture. 1]. Die Wohnung für das Existenzminimum / [CIAM 2]. Nendeln 1979, o.S.

Abb. 14: Demographische Verschiebung, in Flagge, Ingeborg (Hg.): Geschichte des Wohnens. 1945 bis heute Aufbau-Neubau-Umbau, Bd. 5, Stuttgart 1999, S.239

Abb. 15: Entwicklung Constructa-Block in Flagge, Ingeborg (Hg.): Geschichte des Wohnens. 1945 bis heute Aufbau-Neubau-Umbau, Bd. 5, Stuttgart 1999, S.269

Abb. 16: Märkisches Viertel, Lienhard Schulz, Märkisches Viertel, Berlin, Senftenberger Ring, 01.02.2005,
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/M%C3%A4rkisches_Viertel4.JPG,
19.04.2017

Abb. 17: Bauphase Terrassenhaussiedlung, in Haus der Architektur (Graz) (Hg.):
Werkgruppe Graz 1959 – 1989. architecture at the turn of late modernism. Graz/Zürich
2013, S.108

Abb. 18: Skizze Schnitt Terrassenhaussiedlung, in Haus der Architektur (Graz) (Hg.):
Werkgruppe Graz 1959 – 1989. architecture at the turn of late modernism. Graz/Zürich
2013, S.113

Abb. 19: Grundriss Hundertwasserhaus, in Entwicklung Constructa-Block in Flagge,
Ingeborg (Hg.): Geschichte des Wohnens. 1945 bis heute Aufbau-Neubau-Umbau, Bd. 5,
Stuttgart 1999, S.1005

Abb. 20: Konstruktionssystem Habitat 67, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal,
Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue
Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.163

Abb. 21: Habitat 67, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente +
Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.163

Abb. 22: Primärsystem/Sekundärsystem, in Knaack, Ulrich/Chung-Klatte,
Sharon/Hasselbach, Reinhard: Systembau. Prinzipien der Konstruktion, Basel 2012, S.100

Abb. 23: Aufgliederung Elemente, in Knaack, Ulrich/Chung-Klatte, Sharon/Hasselbach,
Reinhard: Systembau. Prinzipien der Konstruktion, Basel 2012, S.101

Abb. 24: Arbeitsfelder Tragwerk/Ausbau/Haustechnik, in Knaack, Ulrich/Chung-Klatte,
Sharon/Hasselbach, Reinhard: Systembau. Prinzipien der Konstruktion, Basel 2012, S.102ff

Abb. 25: Jurte Unterkonstruktion, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus:
Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.14

Abb. 26: Jurte Gedeckt, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente
+ Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.14

Abb. 27: Japanisches Haus Grundriss, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal,
Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue
Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.17

Abb. 28 Japanisches Haus, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus:
Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.17

Abb. 29: Crystal Palace, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.20

Abb. 30: Unit Structural Concrete Methode, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.22

Abb. 31: System Domino, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.23

Abb. 32: Montagesystem Frankfurter Plattenbau, in Knaack, Ulrich/Chung-Klatte, Sharon/Hasselbach, Reinhard: Systembau. Prinzipien der Konstruktion, Basel 2012, S.19

Abb. 33: Frankfurter Küche, in Knaack, Ulrich/Chung-Klatte, Sharon/Hasselbach, Reinhard: Systembau. Prinzipien der Konstruktion, Basel 2012, S.20

Abb. 34: Frankfurter Plattenbau , in Knaack, Ulrich/Chung-Klatte, Sharon/Hasselbach, Reinhard: Systembau. Prinzipien der Konstruktion, Basel 2012, S.19

Abb. 35: Skelettsystem/Paneelsystem/Raumzellensystem, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.42

Abb. 36: Skelettsystem, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.55

Abb. 37: Wohnhaus Phoenix Bau/Fertig, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.79

Abb. 38: Fassadenschnitt Wohnhaus Phoenix, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.79

Abb. 39: Explosion Wohnhaus Sakurajosui, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.86

Abb. 40: Wohnhaus Sakurajosui, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.87

Abb. 41: System Modeschule Fukuoka, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.100

Abb. 42: Modeschule Fukuoka, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus:
Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.101

Abb. 43: Paneelsysteme, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus:
Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.110

Abb. 44: Lastabtrag Paneelsysteme, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal,
Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue
Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.120

Abb. 45: Systemgrundriss WBS 70, in Kaufmann, Katerina: Die Platte im Wandel.
Vitalisierung und Neuorganisation am Beispiel der Wohnbauserie 70, Diss., TU Graz 2014,
S.61

Abb. 46: WBS 70, in Kaufmann, Katerina: Die Platte im Wandel. Vitalisierung und
Neuorganisation am Beispiel der Wohnbauserie 70, Diss., TU Graz 2014, S.55

Abb. 47: System WBS 70, in Kaufmann, Katerina: Die Platte im Wandel. Vitalisierung und
Neuorganisation am Beispiel der Wohnbauserie 70, Diss., TU Graz 2014, S.64

Abb. 48: Explosion Wochenendhaus Northport, in Staib, Gerald/Dörnhöfer,
Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf,
Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.135

Abb. 49: Weingut Fläsch, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus:
Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.152

Abb. 50: Entwurfsgedanke, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus:
Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.152

Abb. 51: Bauphase Weingut Fläsch, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal,
Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue
Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.153

Abb. 52: Raumzellensysteme, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus:
Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.160

Abb. 53: Bauphase Hotelanbau Bezau, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal,
Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue
Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.182

Abb. 54: Hotelanbau Bezau, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus:
Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien,
Basel/Boston/Berlin 2008, S.183

Abb. 55: Bauphase, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.164

Abb. 56: Grundriss, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.164

Abb. 57: Innenraum Bürogebäude Fellbach, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.165

Abb. 58: Grundriss Nakagin Capsule Tower, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.192

Abb. 59: Nakagin Capsule Tower, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.192

Abb. 60: Schnitt Nakagin Capsule Tower, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.192

Abb. 61: System Nakagin Capsule Tower, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.193

Abb. 62: Grundriss Einheit, in Staib, Gerald/Dörnhöfer, Andreas/Rosenthal, Markus: Elemente + Systeme. modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien, Basel/Boston/Berlin 2008, S.193

Abb. 63: Google, Schörgelgasse 83, o.J. ,

<https://www.google.at/maps/place/Sch%C3%B6rgelgasse+83,+8010+Graz/@47.0662458,15.4580483,170m/data=!3m2!1e3!4b1!4m13!1m7!3m6!1s0x476e4a8637bc6451:0x77e1f5327c4a0ca!2sSch%C3%B6rgelgasse,+8010+Graz!3b1!8m2!3d47.0661997!4d15.4556665!3m4!1s0x476e4a888a467565:0xbf469e77bd4b0d81!8m2!3d47.0662458!4d15.4585968,>
23.04.2017

Alle hier nicht aufgelisteten Abbildungen stammen aus eigener Produktion.