

„Beton im Holzwand!“

Revitalisierung und Umnutzung von Stahlbetonskelettbauten durch Holzbauweise am Beispiel eines innerstädtischen Bürogebäudes.

Vorgelegt von

Iris Elsenheimer (11840443)
Josef Kaiser (11840446)

Masterarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades

„Master of Science (MSc) Culture Timber Architecture“

Betreuung: Arch.DDipl.Ing. Dominik Philipp

Unterschrift des Betreuers:

Datum der Approbation: 28/29.01.2021

Linz, 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Betrachtungen.....	7
2.1	Städtebauliche Betrachtung	7
2.2	Nachhaltigkeitsbetrachtung.....	10
2.3	Materialbetrachtung	13
2.4	Nutzerbetrachtung.....	15
3	Architektur.....	17
3.1	Der Anfang des Verwaltungsbaus und seine Strukturen.....	17
3.2	Gestern Stahl und Beton, heute Holz.....	19
3.3	Prinzipiell oder Speziell?	20
3.4	Entwerfen nach Untersuchung von Möglichkeiten	20
3.5	Möglichkeiten der Veränderung	25
3.6	Möglichkeiten der Nutzung.....	36
3.7	Möglichkeiten des Gebrauchs.....	45
3.8	Möglichkeiten der Ausstattung.....	64
3.9	Speziell wird prinzipiell?	78
4	Technische Ausarbeitung und Analyse Der Fassade	82
4.1	Grundlagen	83
4.2	Ausarbeitung Referenzprojekt.....	103
4.3	Bestand.....	103
4.4	Planung Revitalisierung	106
4.5	Grundlagen zur Planung	109
4.6	Anforderungen	110
4.7	Bauteile	112
4.8	Analyse und Optimierung.....	130
4.9	Ausführungsdetails.....	145
4.10	Montageablauf	163
4.11	Update- und Servicefähigkeit der Fassadenelemente	171
4.12	Gesamtbetrachtung aus Sicht des Holzbauers	178
5	Gesamtbetrachtung	179
6	Anhang.....	180
6.1	Entwurfszeichnungen.....	180
6.2	Statische Bemessung Grundlagen.....	181
6.3	Optimiertes System für Lochfassaden – Auch für kleinere Strukturen.....	189

7	Literaturverzeichnis.....	196
7.1	Literatur und Quellenverzeichnis Kapitel 1-3.....	196
7.2	Literaturverzeichnis ab Kapitel 4.....	198

DANKSAGUNG

Iris

Ich danke meiner mich immer unterstützenden Familie und meinen Freunden.

Ganz besonders möchte ich Catherine und Rade Schlaud für das Korrekturlesen und

Herrn Prof. Ernst Ulrich Scheffler für seine inspirierenden Ausführungen zu den Theorien von N.J. Habraken danken.

Josef

Ich danke meiner Familie, Isabella und Paul für das Verständnis und die Entbehrungen in den vergangenen 2 Jahren.

Weiters danke ich Matthias Wiesmüller für das Korrekturlesen und die wertvollen Tipps.

Gemeinsam

danken wir der gesamten Überholz community, allen voran Veronika Müller, allen Professoren und Organisatoren im Hintergrund, sowie unseren Überholz Kommilitonen für die schöne erlebnisreiche Zeit.

KURZFASSUNG

Es gibt viele leerstehende Gebäude Baujahr 1950 bis 1990. Diese Gebäude sind nicht mehr auf Stand der Technik. Das betrifft die Gebäudesubstanz sowie die Aufteilung der Räumlichkeiten. Dadurch ist es oft naheliegend diese Gebäude abzureißen. Die Möglichkeiten zur Weiternutzung der bestehenden Tragstrukturen und somit die Bindung von „Grauer Energie“ geht dadurch verloren.

Es stellt sich die Frage ob flexible Grundrissmodelle und eine Updatefähigkeit der Gebäudestruktur, ermöglicht durch die Holzbauweise, die vorher genannten Bauwerke erhalten kann.

Nach Grundlagenermittlung der bestehenden technischen Möglichkeiten soll anhand eines konkreten Gebäudes in städtischer Struktur ein Sanierungskonzept in Holzbauweise und ein Rastersystem zur Verwirklichung flexibler Nutzungssysteme ausgearbeitet werden.

Für die Fassade soll eine strikte Reduzierung der Schichten und der Holzquerschnitte erfolgen und damit der sinnvollste Elementaufbau ermittelt werden.

Die Ausarbeitung der Fassadenbauteile erfolgt detailliert. Dabei werden Anforderungen definiert die ein Demontieren einzelner Fassadenelemente erfordern und die Gebäudehülle dadurch «updatefähig» machen.

1 EINLEITUNG

Sind wir in unserem¹ Berufsalltag zumeist von Auftraggebern abhängig, die bereits straffe Rahmenbedingungen und Aufgaben vorgeben, haben wir nun vielfältige Möglichkeiten mit unserer Berufserfahrung aus diesem Korsett herauszutreten und mit Abstand über zukünftige Bauaufgaben und deren mögliche formalen Umsetzungen nachzudenken.

Wir wollen mit gebauten, bestehenden Strukturen etwas Neues erschaffen. Wir wollen ein Gebäude entkleiden und weiter nutzen. Wir wollen den Bestand nicht einfach neu schminken. Vielmehr wollen wir Strukturen eines bestehenden Gebäudes verstehen und daraus ein Gewand mit Innen- und Außenfutter und Nutzungen entwickeln. Nutzungen, die den heutigen veränderten Bedürfnissen des Wohnens und Arbeitens gerecht werden.

Bei dem Gebrauch des Begriffs Gewand soll ein Vergleich zwischen Bauen und Mode helfen, den gewünschten Perspektivenwechsel etwas spielerischer nachvollziehen zu können:

Der flämische Modemacher Dries Van Noten bemerkt in einem Interview², dass er mit seiner Arbeit nicht schocken, aber aufwecken wolle. Er entwerfe Kleider und er erzähle seine Geschichte in einer Fashionshow. Danach werde die Kleidung von Menschen gekauft und getragen, die wiederum ihre ganz eigene Geschichte daraus machten. Und zwar nicht nur für die nächsten 6 Monate, weswegen er für seine Arbeit auch sein Leben lang einen anderen Begriff als «Mode» suche. Diese Sichtweise wollen wir auf unsere Arbeit übertragen.

Nicht weit von Antwerpen, der Wirkungsstätte des genannten Modemachers, hat eine Gruppe von Architekten in den Niederlanden bereits in den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Partizipationsarchitektur gelehrt. Insbesondere N.J. Habraken suchte eine Alternative zum «mass housing». Hier soll jeder Benutzer einer gebauten Struktur in den «housing»-Prozess mit einbezogen und nicht zur statistischen Größe degradiert werden. Dadurch hat der Bewohner beim Bauen und Wohnen die Möglichkeit, seine Individualität zu entfalten. Bauen und Wohnen erfüllt bei den Menschen den innewohnenden Drang nach Besitz.³

Wie aber kann sich die Individualität eines Bewohners entfalten, wenn das Gebäude bereits besteht? In unserer Arbeit beschäftigen wir uns mit der Weiternutzung des Vorhandenen. Die von uns untersuchten Gebäude hatten mindestens einen Eigentümer und viele Besitzer, der Bauprozess ist seit vielen Jahren abgeschlossen. Wir stellen uns die Frage:

¹ Gemeint sind die Verfasser der vorliegenden Arbeit.

² Film „Art of Style: Dries Van Noten“ Film von Lisa Immordino Vreelandlink: <https://www.driesvannoten.com/projects-all.php>,
abgerufen September 2020

³ Besitz meint hier, sich eine Umgebung zu eigen machen und zu gestalten.

Wie können neue Eigentümer und deren Nutzer in diesem Prozess des Erneuerns, mit Hilfe des Planenden und Ausführenden das verbleibende Skelett wieder zu ihrem Besitz machen?

Dries Van Noten entwirft und erstellt das Handwerkliche und hofft dann auf Menschen, die seine Kleidung zum Besitz machen. Im Planungs- und Bauprozess existiert im Normalfall erst ein Eigentümer eines Grundstücks oder eines Gebäudes, mit dem in einem gemeinsamen Entwurfs- und Handwerksprozess ein Bauwerk entsteht. In beiden Fällen soll aber das erstellte Werkstück nicht das Endstadium sein, sondern vielmehr der Beginn.

Wie kann die Kleidung für den Neubeginn des Stahlbetonkörpers aussehen? Wir wollen mit dieser Arbeit die ästhetischen, qualitativen und wertigen Potentiale von Holz für dieses Werkstück untersuchen.

Diese Arbeit hat keinen Auftraggeber, aber natürlich wollen wir sinnvolle Wege für zukünftige Auftraggeber und Nutzer aufzeigen, den Werkstoff Holz ganzheitlich für eine Revitalisierungsmaßnahme einzusetzen.

Die hier präsentierte Masterarbeit wurde durch Beobachtungen in unserem Arbeitsalltag angestoßen. Viele Gebäude, errichtet in den Jahren zwischen 1950 und 2000, sind nicht mehr auf dem heutigen Stand der Technik. Zu beobachten ist sowohl ein allgemeiner Revitalisierungs- und Sanierungsbedarf von Wohnungsbauten in Massivbauweise, als auch Stahlbetonskelettbauten, oftmals im städtischen Umfeld. Gebäudesubstanz und die vorhandenen Räumlichkeiten genügen nicht mehr den heutigen Arbeitsbedürfnissen und werden daher oftmals abgerissen. Die Möglichkeit zur Weiternutzung der bestehenden Tragstrukturen und somit die Bindung von «Grauer Energie» geht dadurch verloren.

Die Masterarbeit will untersuchen, ob die oben genannten Bauwerke durch flexible Grundrissmodelle und eine Updatefähigkeit der Gebäudestruktur mit einer Fassade in Holzbauweise erhalten und speziell aufgewertet werden können. Insbesondere sollen hier die Stahlbetonskelettbauwerke in städtischen Strukturen untersucht werden.

Die Revitalisierung und mögliche Umnutzung der bestehenden Gebäude werden über folgende drei Erkenntnisinteressen untersucht:

1. Flexibilität der Grundrisse und deren Nutzung
2. Gestalterische Erneuerung inkl. thermischer Sanierung der Fassaden in Holzbauweise und Ermöglichung einer zukünftigen Demontage.
3. «Updatefähigkeit» der Gebäudestruktur, insbesondere die Modernisierung der Haustechnik, verbunden mit möglichst großer Flexibilität für weitere Erneuerungsmaßnahmen in der Zukunft.

Diese Masterarbeit gibt uns die einmalige Chance nun einen Perspektivenwechsel vorzunehmen, nämlich aus dem Alltagskorsett herauszutreten und mit Abstand die Umsetzungsmöglichkeiten zu untersuchen.

2 BETRACHTUNGEN

2.1 Städtebauliche Betrachtung

Neben unseren alltäglichen Beobachtungen der Entwicklung der europäischen Stadt sind zahlreiche Veröffentlichungen über Veränderungen der zukünftigen Urbanität verfasst worden.⁴

Einer der wichtigsten Denkanstöße für diese Masterarbeit ist die 2019 erschienene Studie «Wohnraumpotenziale in urbanen Lagen – Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden».⁵ Die Studie wird in dieser Arbeit häufiger zur Entwicklung der Denkschritte aufgenommen werden.

Diese widmet sich der Untersuchung, möglichst viel neuen Wohnraum in bestehenden Stadtstrukturen zu schaffen und somit die Flächeninanspruchnahme möglichst zu reduzieren.

Die zentrale Frage der Veröffentlichung lautet:

«Wie kann es gelingen, zusätzlichen Wohnraum für viele tausend Menschen zu schaffen, einschließlich der dazugehörigen sozialen und technischen Infrastruktur und dabei mit den zur Verfügung stehenden Flächen gezielt und effektiv umzugehen.»⁶

Neben eingeschossigen Einzelhandels- und Discounter-Märkten und Parkhäusern werden auch leerstehende Büro- und Verwaltungsgebäude aufgeführt. Viele der in den Jahren 1960-2000 entstandenen Bauten würden demnach aus folgenden Gründen leer stehen:

- Geringere Bürofläche je Arbeitnehmer
- Verfügbarkeit qualifizierter Arbeitskräfte
- Auswirkung der Digitalisierung
- Trend neuer Arbeitsformen (HomeOffice/Coworking-Spaces)

Die Studie veröffentlicht ebenfalls eine Tabelle zum Leerstand bestehender Bürobauten am Beispiel deutscher Großstädte:

⁴ Unter anderem gab das Werk von Doug Saunders «Arrival City - Die neue Völkerwanderung», das 2011 erschienen ist, einen von vielen Anstößen, die zukünftigen Veränderungen städtischen Lebens neu zu betrachten.

⁵ Deutschlandstudie 2019. «Wohnraumpotenziale in urbanen Lagen». Hrsg. von TU Darmstadt und Pestel-Institut Hannover. 2019

link: https://www.tudarmstadt.de/media/daa_responsives_design/01_die_universitaet_medien/aktuelles_6/presse-meldungen/2019_3/Tichelmann_Deutschlandstudie_2019.pdf, abgerufen 2020.

⁶ ebd., S.11

Tabelle 8: Prozentuale Leerstände in ausgewählten Mittelstädten und Metropolen

Stadt	Leerstand 2018 in Prozent	Medianmiete 2017 EUR/m²
Augsburg	6,1	8,30
Berlin	3,1	12,40
Darmstadt	4,7	9,20
Dresden	8,3	7,40
Düsseldorf	8,1	12,25
Erfurt	15,3	6,35
Frankfurt am Main	10,5	13,90
Hamburg	5,1	13,10
Hannover	5,0	8,00
Köln	4,9	10,50
Leipzig	10,8	7,60
Mainz	5,2	10,20
München	4,3	15,00
Nürnberg	6,2	8,50
Stuttgart	3,2	12,50

Abbildung 1 Deutschlandstudie 2019. S.55

Der aufgeführte Leerstand für Frankfurt konnte auf Nachfrage beim Frankfurter Statistikamt nicht bestätigt werden. Die Erhebung von Büroleerstand wurde bisher weder von der Stadt noch vom Bund vorgenommen. Auch die für das Jahr 2021 geplante Volkszählung wird hierfür keine Zahlen von prozentualen Leerständen erheben, da bei dieser Zählung nur ausgewiesene Wohnhaushalte aufgenommen werden.

In diesem Zusammenhang ist eine weitere vom Magistrat der Stadt Frankfurt beauftragte Studie «Chancen zur Umnutzung von Büroflächen zu Wohnraum» von Baasner, Möller und Langwald⁷ zu erwähnen, welche bereits 2007 in der vom Stadtplanungsamt Frankfurt veröffentlichten Ausgabe «Baustein 2/07» publiziert wurde.

Hier werden detailliert die Leerstände (Erhebung aus dem Jahr 2002) und die Möglichkeiten der Umnutzung betrachtet. Neben Standortstudien und potentiellen Nutzerstudien wird die Schwierigkeit dargelegt, dass vorhandene Gebäude oftmals nicht komplett leer stehen, sondern nur zu einem prozentual hohen Anteil.

Auch wenn die Zahlen der Erhebungen aus der Studie aus dem Jahre 2002 basieren, wird doch der genannte 10,8% Leerstandsprozentsatz für 2018 aus der «Deutschlandstudie»⁸ aus dem Jahre 2019 hier relativiert.

⁷ Baustein 2/07 „Chancen zur Untersuchung von Büroflächen zu Wohnraum“, Hrsg. vom Magistrat der Stadt Frankfurt am Main Dezernat Planung und Wirtschaft Stadtplanungsamt, Abteilung 61.G1 Stadtentwicklungs- und Flächennutzungsplanung. Projektbearbeitung: Baasner, Möller und Langwald – Büro für Stadt- und Regionalplanung GmbH, Günter Baasner u. Volker Schmidt, Frankfurt am Main, 2007

⁸ Deutschlandstudie 2019. S. 55

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Verfasser der vorliegenden Arbeit sich im Theorieteil und in der darauf folgenden beispielhaften Ausarbeitung eines konkreten Gebäudes auf die Untersuchung im Stadtgebiet Frankfurt am Main konzentriert haben. Dennoch halten sie die Übertragbarkeit auf mitteleuropäische Städte für möglich.

Die genaue Standortanalyse der Studie von Baasner, Möller und Langwald verdeutlicht die Eingrenzung auf die Stadt Frankfurt für unsere weitere praktische Untersuchung.

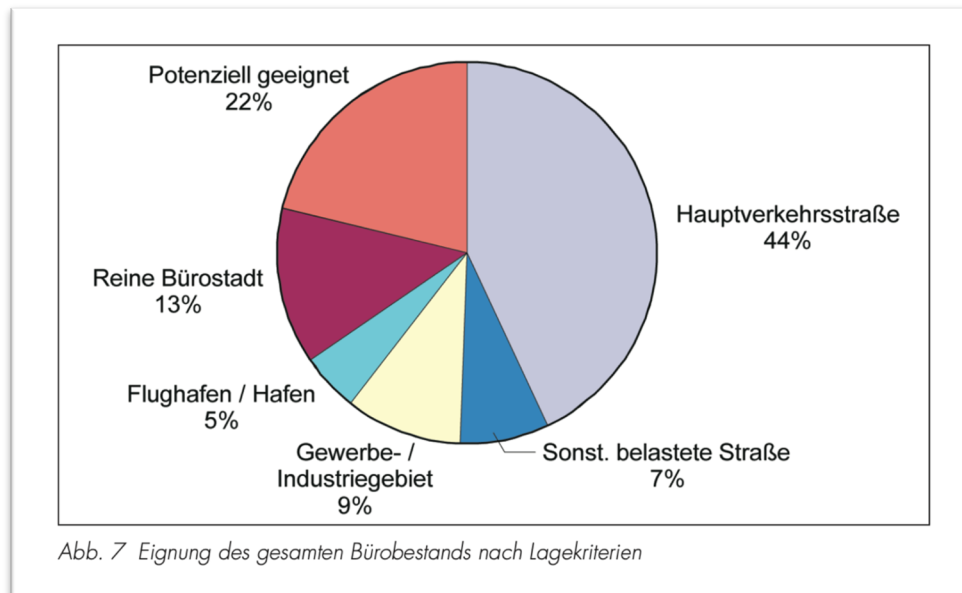


Abbildung 2 «Chancen zur Untersuchung von Büroflächen zu Wohnraum», S.26

Auf Grundlage der vom Magistrat der Stadt Frankfurt oben genannten beauftragten Studie fand am 26. April 2007 eine interdisziplinäre Fachtagung des Stadtplanungsamtes Frankfurt mit dem Thema «Umnutzung von Büroflächen zu Wohnraum – Potenzial für die Stadtentwicklung» statt. Diese Fachtagung wird auf der Internetseite des Stadtplanungsamtes Frankfurt folgendermaßen zusammengefasst:

«Neben der Studie wurden erste Praxisberichte vorgestellt und Einschätzungen über zukünftige Entwicklungen diskutiert. Die Tagung bestätigte weitgehend die Ergebnisse der Untersuchung. Einigkeit bestand darin, dass durch die Umwandlung von Büroflächen in Wohnraum kein quantitativer Beitrag zum Abbau des Büroleerstandes und zur Schaffung von neuem Wohnraum erreicht wird. Dennoch sind unter dem Aspekt der Chancen für die Stadtentwicklung auch Einzelmaßnahmen zur (Rück-) Gewinnung von Wohnraum sinnvoll. Weitere Chancen und Potenziale liegen in der Umstrukturierung ganzer Areale, wie zum Beispiel der *KulturCampus* in Bockenheim oder in der Möglichkeit, monostrukturierte Gebiete zu funktionsgemischten Quartieren zu entwickeln wie etwa die *Bürostadt Niederrad*.⁹

In unserer Arbeit werden wir ein Bestandsgebäude im innerstädtischen und eines im monostrukturierten Gebiet der Stadt Frankfurt untersuchen und hinsichtlich der Realisierbarkeit von Umnutzung miteinander vergleichen.

⁹ Link: https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/umnutzung_von_b_rofl_chen_zu_wohnraum_5313.html?psid=ue304rm4vtnee67s6ggdndcns6, abgerufen am 04.09.2020

2.2 Nachhaltigkeitsbetrachtung

Neben der städtebaulichen Betrachtung nimmt in den letzten Jahren die gesellschaftliche Betrachtung der Nachhaltigkeit stark zu. Die ganzheitliche Betrachtung der Wechselwirkungen von Ökonomie, Ökologie und soziokulturellen Belangen in unserem allgemeinen Tun, aber auch ganz konkret im Errichten und Erhalten eines Gebäudes begleitet uns heute bereits im Alltagsleben.

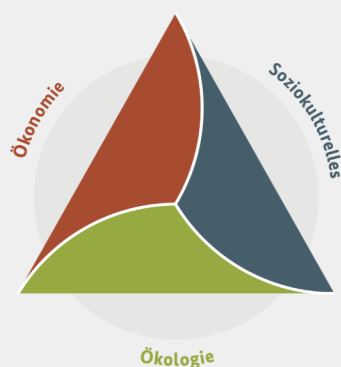
Im Leitfaden «Nachhaltiges Bauen – Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden»¹⁰ des Deutschen Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat werden Dimensionen, Prinzipien und Bewertungssysteme nach BNB (Bewertung Nachhaltiges Bauen) dargelegt.

¹⁰ Leitfaden Nachhaltiges Bauen-Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. Hrsg. v. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI). Stand: Januar 2019 link: https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf

1. Dimensionen und Prinzipien des nachhaltigen Bauens

Das übergeordnete Leitbild einer zukunftsverträglichen Entwicklungspolitik – aufbauend auf den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit: Ökologie, Ökonomie und Soziokultur (Abbildung A1) – stellt den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Prinzipien und Bewertungsgrundlagen für ein nachhaltiges Bauen dar. Dieses Leitbild trägt ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Anforderungen gleichzeitig und gleichgewichtig Rechnung und bezieht zukünftige Generationen in die Betrachtung mit ein. Darüber hinaus betont es die damit verbundene individuelle Verantwortung eines jeden und im Speziellen die Rolle der öffentlichen Hand im Sinne eines Vorbilds.

DIMENSIONEN DER NACHHALTIGKEIT
ABBILDUNG A1



Quelle: BBSR

Aus den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit lassen sich zunächst allgemeine Schutzgüter und -ziele ableiten. Für den Baubereich werden diese an die Belange des nachhaltigen Bauens sowie seine spezifischen Arbeits- und Entscheidungsabläufe und Bewertungsmethoden angepasst (siehe Abbildung A2).

Bei der **ökologischen Dimension** der Nachhaltigkeit wird als ein primäres Schutzziel die Ressourcenschonung durch einen optimierten Einsatz von Baumaterialien und Bauprodukten, eine geringe Flächeninanspruchnahme, die Erhaltung und Förderung der Biodiversität sowie eine Minimierung des Energie- und Wasserverbrauchs angestrebt. Betrachtet werden alle erforderlichen Energie- und Stoffströme von der Gewinnung über den Transport und Einbau bis hin zum Rückbau sowie die globalen und lokalen Umweltwirkungen durch den Energieverbrauch aus der Herstellung der Baustoffe und in der Phase der Gebäudenutzung. Ziel ist die Minimierung der Umweltbelastungen auf lokaler und globaler Ebene.

Bei der **ökonomischen Dimension** der Nachhaltigkeit werden über die Anschaffungs- beziehungsweise Errichtungskosten hinausgehend insbesondere die Baufolgekosten betrachtet. Im Fokus stehen demnach die gebäudebezogenen Lebenszykluskosten, die Wirtschaftlichkeit und die Wertstabilität. Wie Praxisbeispiele zeigen, können die Baufolgekosten die Errichtungskosten um ein Mehrfaches überschreiten. Durch eine umfangreiche Lebenszykluskostenanalyse lassen sich zum Teil erhebliche Einsparpotenziale während der Planung identifizieren. Als Lebenszykluskosten (Life-Cycle-Costs – LCC) werden dabei insbesondere die Errichtungskosten und die Baunutzungskosten betrachtet.

Der **sozialen und kulturellen Dimension** werden Schutzziele zugeordnet, die sowohl die soziale und kulturelle Identität als auch das Wertempfinden des Menschen beeinflussen. Ein Identifikationsprozess findet statt, indem der Mensch seine Umgebung wahrnimmt und bewusst oder unbewusst beurteilt. Die daraus resultierenden positiven oder auch negativen Empfindungen spiegeln sich im Grad des Wohlbefindens und der Motivation wider. Dabei spielen soziale Bedürfnisse des Einzelnen ebenso eine Rolle wie kulturelle Wertvorstellungen eines gesellschaftlichen Systems. Hierzu gehören vor allem immaterielle Werte wie Gesundheit, Mobilität und Lebensqualität sowie Chancengleichheit, Partizipation, Bildung und kulturelle Vielfalt. Diese Dimension der Nachhaltigkeit stellt somit einerseits die Nutzerbedürfnisse und Funktionalität, andererseits die kulturelle und ästhetische Bedeutung des Gebäudes in den Mittelpunkt.

Dieses Bewertungssystem wurde von der DGNB (Deutsche Gesellschaft nachhaltigen Bauens) aufgestellt und auch vom ÖGNI (Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft) aufgenommen. Für öffentliche Bauten in Deutschland und Österreich ist dieser Bewertungsschlüssel bei Neu- und Umbauten zwingend einzuhalten. Der Leitfaden beschäftigt sich zudem auch im Teil D mit dem Bauen im Bestand. Es wird ein besonderes Augenmerk auf den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes gelegt.

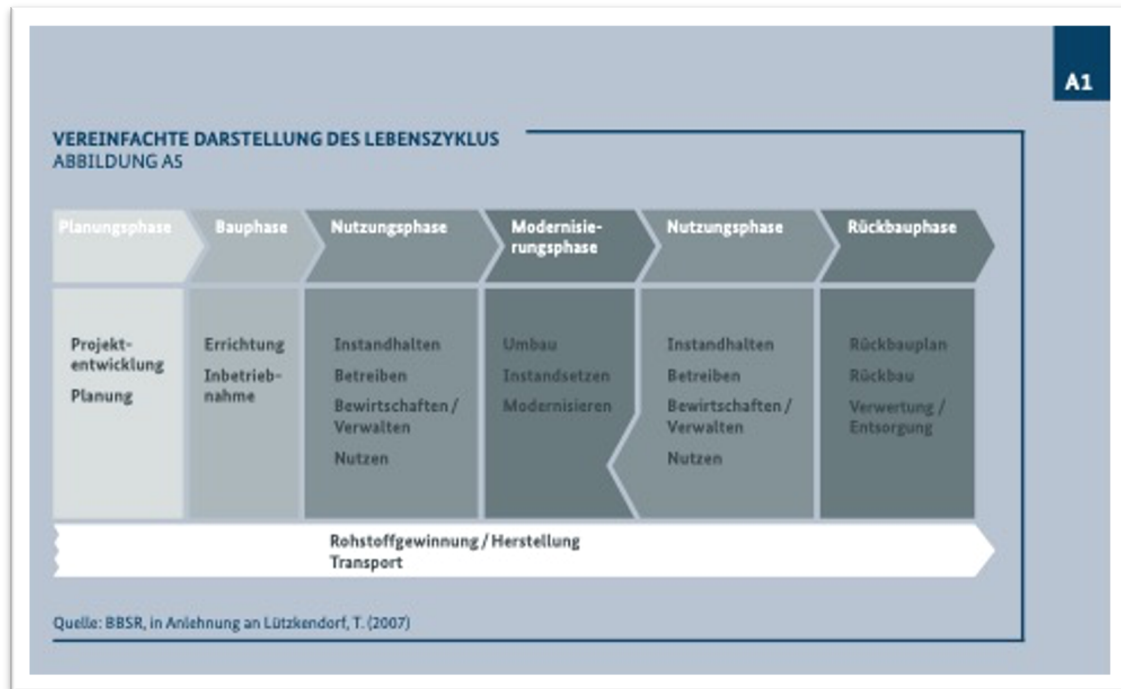


Abbildung 4 ebd., S.19

Hierbei wird sichtbar, dass die von uns untersuchten Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen aus ökonomischer Sicht sehr gute Flächeneffizienzwerte erreichen werden. Aus ökologischer Sicht sind bei der Verwendung des Baustoffs Holz gute Treibhauspotentiale anrechenbar. Die soziokulturellen Belange können durch Neunutzung von Leerständen wesentlich aufgewertet werden.

Bei der Analyse der Studie ist zu erwähnen, dass die von uns untersuchten Objekte meist im privaten Besitz sind. Der oben beschriebene Leitfaden hat für den privaten Bereich lediglich einen empfehlenden Charakter. In der Studie «Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung»¹¹ wird die Bewertung der Klimabilanzierung aus Herstellung, Transport Lagerung und Entsorgung in die Gesetzes- bzw. Förderungsverordnung aufzunehmen empfohlen. Das ab dem 01.11.2020 in

¹¹ „Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht“. Forschungsprogramm *Zukunft Bau* im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), bearbeitet von Dr.Boris Mahler u.a.-. Endbericht Stand 06.02.2019. S.3-Kurzfassung

Deutschland geltende GEG (Gebäudeenergiegesetz) beinhaltet weiterhin lediglich die Betrachtung der Betriebsenergie während der Nutzungsphase eines Gebäudes. Wenn auch nicht in naher Zukunft, so ist doch zu erwarten, dass die Gesamtbilanzierung zukünftig gesetzlich geregelt werden wird.

Erfreulicherweise sehen immer mehr private Bauherrn und mittelständische Unternehmen die Gesamtbetrachtung der Klimabilanz als Option für eine Aufwertung ihrer Immobilie, denn spätere Instandhaltungen, Veränderungen und Entsorgungskosten könnten durch Verwendung von nachhaltigen Baustoffen finanziell wesentlich günstiger ausfallen. Zudem wird die nachhaltige Aufwertung von Bestandsbauten gerade in ideeller, firmenpolitischer Hinsicht an Bedeutung in Zukunft steigen.

2.3 Materialbetrachtung

Auf Grund der zuvor beschriebenen Betrachtung von Städtebau und Nachhaltigkeit wird das Potenzial von Holz bei der Verwendung von zukünftigen Umbau- und Verdichtungsbaumaßnahmen im städtischen Kontext deutlich. Wir werden daher den ganzheitlichen Ansatz der Maßnahme in Holz verfolgen, d.h. sowohl Fassaden als auch der ergänzende Innenausbau werden von uns in Holz geplant.

Stahlbetonskelettbauten werden oftmals bereits in ihrem ersten Leben mit Fertigteilelementen in Beton, Stahl- oder Aluminium verkleidet, nicht aber in Holz. Dabei eignet sich der Baustoff Holz heutzutage ebenso für die Herstellung von Fertigelementen, und ist dabei wesentlich leichter. Für eine schnelle Montage im städtischen Bereich bringt dies wesentliche logistische Vorteile. Der im Kapitel 2.2 beschriebene Nachhaltigkeitsfaktor unterstreicht die Notwendigkeit in Zukunft mit energieschonenden Baustoffen zu bauen. In der bereits zuvor erwähnten Studie «Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung»¹² wird der Einsatz von Holz für Außenwände und Dämmstoffe mit Abstand als die Bauart mit dem höchsten Energieeinsparpotential eingestuft:

¹² ebd., S.21

Außenwandkonstruktionen und Dämmstoffe

Aufgrund des vergleichbar geringeren Materialeinsatzes schneidet eine Stahlbetonbauweise im Neubau gegenüber anderen Massivbauweisen mit ca. $95 \text{ kgCO}_2\text{-Ä./m}^2_{\text{AW}}$ für einen Wandaufbau gemäß KfW Effizienzhaus 55 relativ gut ab. Das mit Abstand höchste Energieeinsparpotenzial liegt jedoch in einer Holzkonstruktion mit nachwachsendem Dämmstoff mit einer Gutschrift von bis zu $20 \text{ kgCO}_2\text{-Ä./m}^2_{\text{AW}}$. In der Abbildung 16 sind die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus für verschiedene Außenwandkonstruktionen gemäß EnEV-2016 und KfW Effizienzhaus 55 (zzgl. heller Balken) dargestellt.

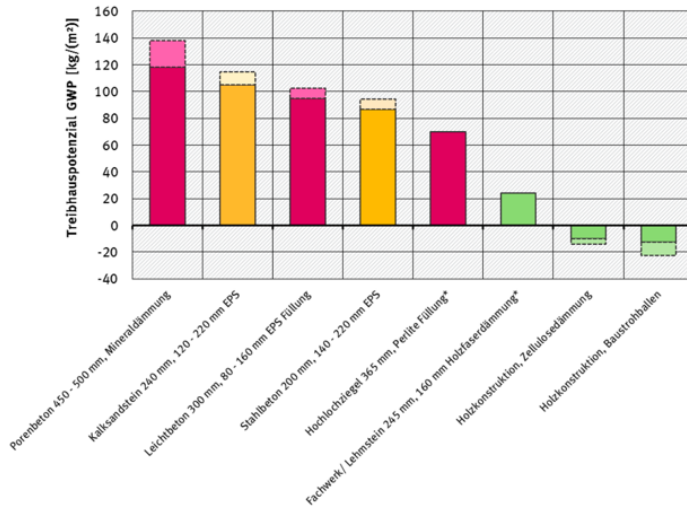


Abbildung 16: GWP von Außenwandkonstruktionen (*nur EnEV 2016)

Abbildung 5 Aus «Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung», S.21

Durch die Änderung vieler Landesbauordnungen in Deutschland und Österreich und die Einführung der Musterrichtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 (M-HolzBauRL) ist Holz heute auch für diese größeren Gebäudestrukturen gut einsetzbar. Zudem wollen wir in unserer Arbeit prüfen, inwieweit ein Auswechseln der Fassadenmodule nach einem weiteren Abschnitt im Lebenszyklus des Gebäudes möglichst unkompliziert handhabbar ist. Hier werden insbesondere in Kapitel 4 die technischen Besonderheiten bei unterschiedlichen Gebäudetypen (Loch-/Stahlbetonskelettfassade) und die ökonomischen Aspekte genauer untersucht.

Im Innenbereich wird ein möglichst flexibel gehaltenes Ausbausystem in Holz entwickelt, welches hohe Flexibilität von Nutzung in Art und Größe in der Gegenwart und in der Zukunft ermöglicht. Es ist zu prüfen, ob auf lange Sicht hier auch ökonomische Vorteile erreicht werden könnten.

Holz wird hier zum einem aus Gründen der Nachhaltigkeit gewählt. Auf Grund der Möglichkeit dieses Ausbausystem bis in die Ausstattung des Innenraums hineinzutragen, soll aber auch die Haptik Holz spürbar werden, welche weitere Oberflächen und Möbel eventuell einspart. Die Entwicklung dieser Systeme wird in Kapitel 3 hauptsächlich unter architektonischen Aspekten ausgearbeitet.

2.4 Nutzerbetrachtung

Aus der hier in der Überschrift gestellten Frage könnte eine weitere soziologisch-architektonische Masterarbeit entstehen. Für wen plant ein Architekt, für wen ein Zimmermannsmeister?

Wir entkleiden ein vorhandenes Gebäude, in dem zuvor zumeist gearbeitet wurde und das Wohnen mit Ausnahme einer Hausmeisterwohnung ausgeschlossen hat.

In Frankfurt gibt es inzwischen Projekte, die aufzeigen, wie private Baugruppen ehemalige Bürogebäude in Wohnen umnutzen (z.B. «Pelzhändlerhaus» oder «Haus der Arbeit»). Gefördert und angestoßen werden diese Projekte von «Netzwerk Frankfurt für gemeinschaftliches Wohnen e.V.»¹³. Die Stadt Frankfurt, welche nach Beschlussvorlage 15% der Vergabe von Neubauprojekten an genossenschaftliche oder gemeinschaftliche Wohnprojekte nach Konzeptverfahren vergibt, hat bei privaten Bestandsgebäuden hier wenig Steuerungsmöglichkeiten, ausgenommen von «KulturCampus» (ehemaliges Universitätsgelände der Stadt Frankfurt) oder Bürostadt Niederrad durch Festlegungen in zukünftigen Bebauungsplänen.

Aber auch ohne stadtplanerische Regulierung könnten Leuchtturmprojekte im innerstädtischen Bereich bei sehr lang leerstehenden Gebäuden möglich werden.

Eine komplett andere fiktionale Herangehensweise wäre ein Überdenken der Firmen im Hinblick auf Standorte und Arbeitsmodalitäten. Arbeiten und Wohnen durchmischt sich, sei es aus familiären und logistischen Gründen oder zur Einhaltung von Abstandsregeln.¹⁴

Das hier vorgestellte architektonische Konzept soll mehrere Varianten des Wohnens, aber auch des Arbeitens vorstellen. Es wird untersucht, inwieweit durch den Umbau eines Bürogebäudes auch eine Vielfalt von Nutzern dort leben und arbeiten können. Auch die Durchmischung von kleinen und größeren Wohneinheiten je Etage kann eingeplant werden, genauso auch Kleingewerbe und Coworking-spaces.

Im Idealfall entsteht das Dorf im Gebäude. Die Form der Eigentümergemeinschaft, die bisher weitestgehend in Altbaugebäuden in den Städten besteht, könnte ebenfalls auf diese Gebäude übertragen werden. Sowohl Anzahl der Mietwohnungen als auch die Mietdauer der Bewohner und Beschäftigten kann variieren. Gemeinschaftliche Nutzungen, Einrichtungen und Tätigkeiten¹⁵ könnten entwickelt werden, damit durch die vorgegebene Bestandsstruktur private Wohneinheiten vergrößert und optimiert werden können.

Es soll weiterhin untersucht werden, inwieweit die anfangs genannte Möglichkeit der Mitgestaltung der Bewohner oder Bürotätigen in diesem Planungsprozess mit allen bereits vorhandenen Parametern aufgenommen werden kann.

¹³ Nähere Informationen zum Verein finden sich auf folgender Internetseite: <https://www.gemeinschaftliches-wohnen.de>

¹⁴ z.B. begannen Firmen in der heutigen Epidemie-Zeit leerstehende Hotelzimmer für ihre Beschäftigten in den Städten anzumieten.

¹⁵ z.B. das Zentrieren von gemeinsamen Essbereichen, Haushaltsräumen mit Waschmaschinen und Trocknungsbereichen, Fahrradwerkstätten, Dachterrassen als Frei- und Spielbereiche etc.

3 ARCHITEKTUR

3.1 Der Anfang des Verwaltungsbaus und seine Strukturen

Das 1972 von der Deutschen Bauzeitschrift herausgegebene und im Bertelsmann Fachverlag erschiene Lehrbuch «Verwaltungsbauten»¹⁶ zeigt zahlreiche Stahlbeton- und Stahlbauten aus den 50er bis späten 60er Jahren aus Deutschland, der Schweiz und den USA. Es verdeutlicht, dass die Organisation des Verwaltungsbaus durch die Verwendung von Stahl und Beton und die damit verbundene Möglichkeit von freieren und größeren Tragsstrukturen völlig neu entwickelt werden konnte. Auf Grundlage von Untersuchungen zu Arbeitsabläufen, Stell- und Bewegungsflächen wurden Rastermaße für den damaligen Büroalltag entwickelt.

Zudem wurde auch die Haustechnik neu überdacht, indem Haustechnikkanäle revisionierbar und in die Architektur mit einbezogen wurden.

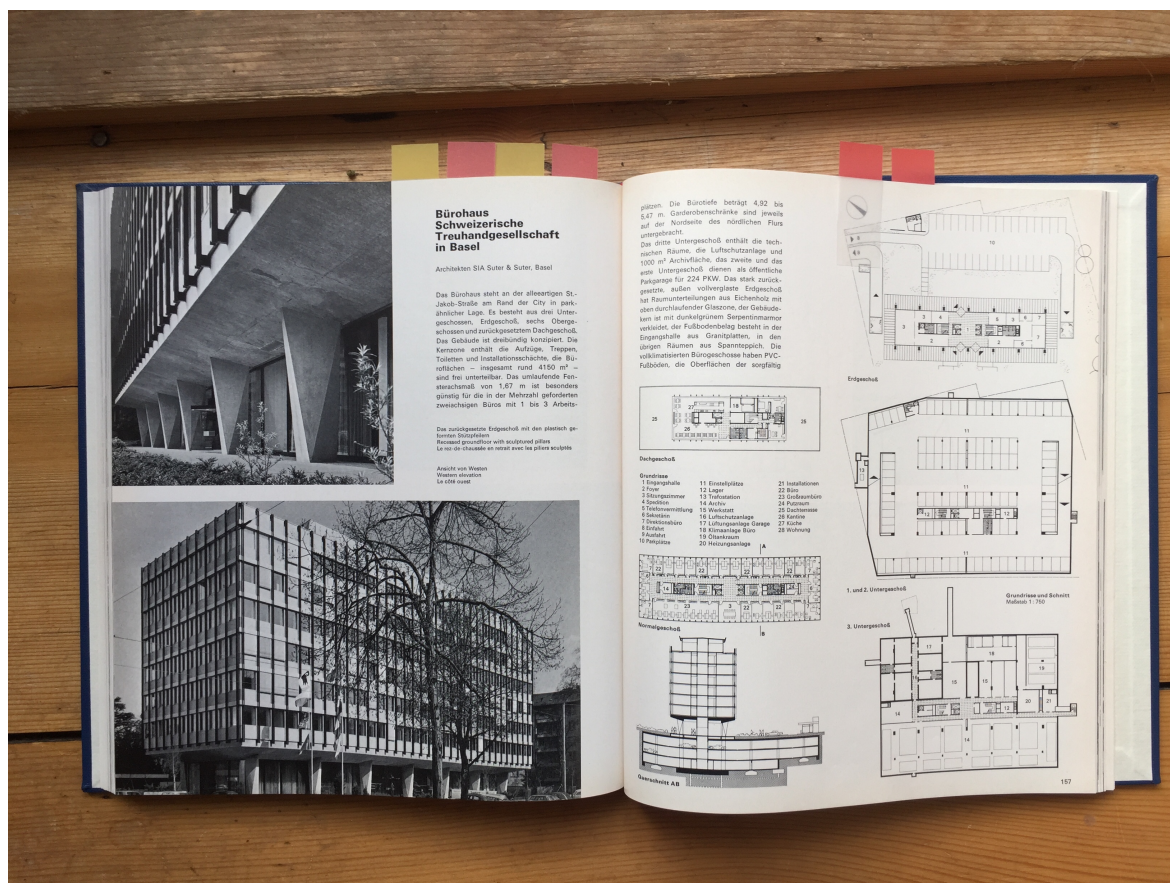
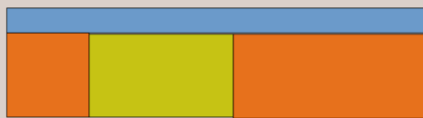


Abbildung 6 Lehrbuch "Verwaltungsbauten", S.157

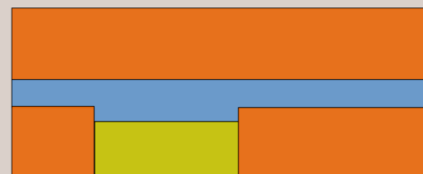
Aus dem Studium der Organisation der frühen Verwaltungsbauten lassen sich folgende Haupttypologien herausarbeiten, die hier schematisch dargestellt werden:

¹⁶ «Verwaltungsbauten», 1972, Hrsg. von «Deutsche Bauzeitschrift», ausgewählt und bearbeitet von D.Nagel und S.Linke. Gütersloh 1972.

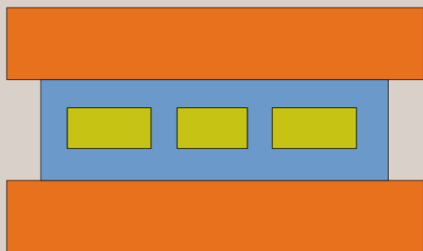
Typologien - Organisation von Verwaltungsbauten



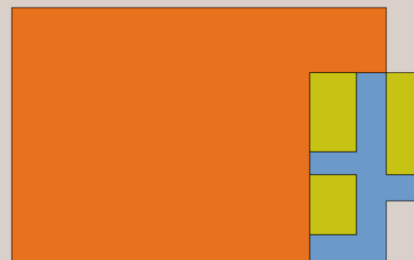
Einhüftige Anlage



Zweihüftige Anlage



Dreibündige Anlage



Flurlose Anlage

Abbildung 7 Darstellung Typologien von Verwaltungsbauten

Da es den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, weiter auf Vor- und Nachteile der verschiedenen Organisationstypologien in der ehemaligen Büronutzung einzugehen, soll in den weiteren Kapiteln vielmehr untersucht werden, wie und welche Typologien für heutige Büro- und Wohnnutzungen sinnvoll weitergedacht werden können.

Neben den organisatorischen Typologien werden auch die Tragstrukturtypologien aufgezeigt. Die Tragstrukturen werden die Grundaufteilung des zukünftigen Grundrisses entscheidend mitprägen. In der weiteren Untersuchung sind für unsere Arbeit die Tragweiten des bestehenden Stahlbetonskeletts insbesondere für das Fassadensystem und die modulare Aufteilung und Organisation des Grundrisses bedeutend.

Typologien Tragsysteme Stahlbetonskelettbauten

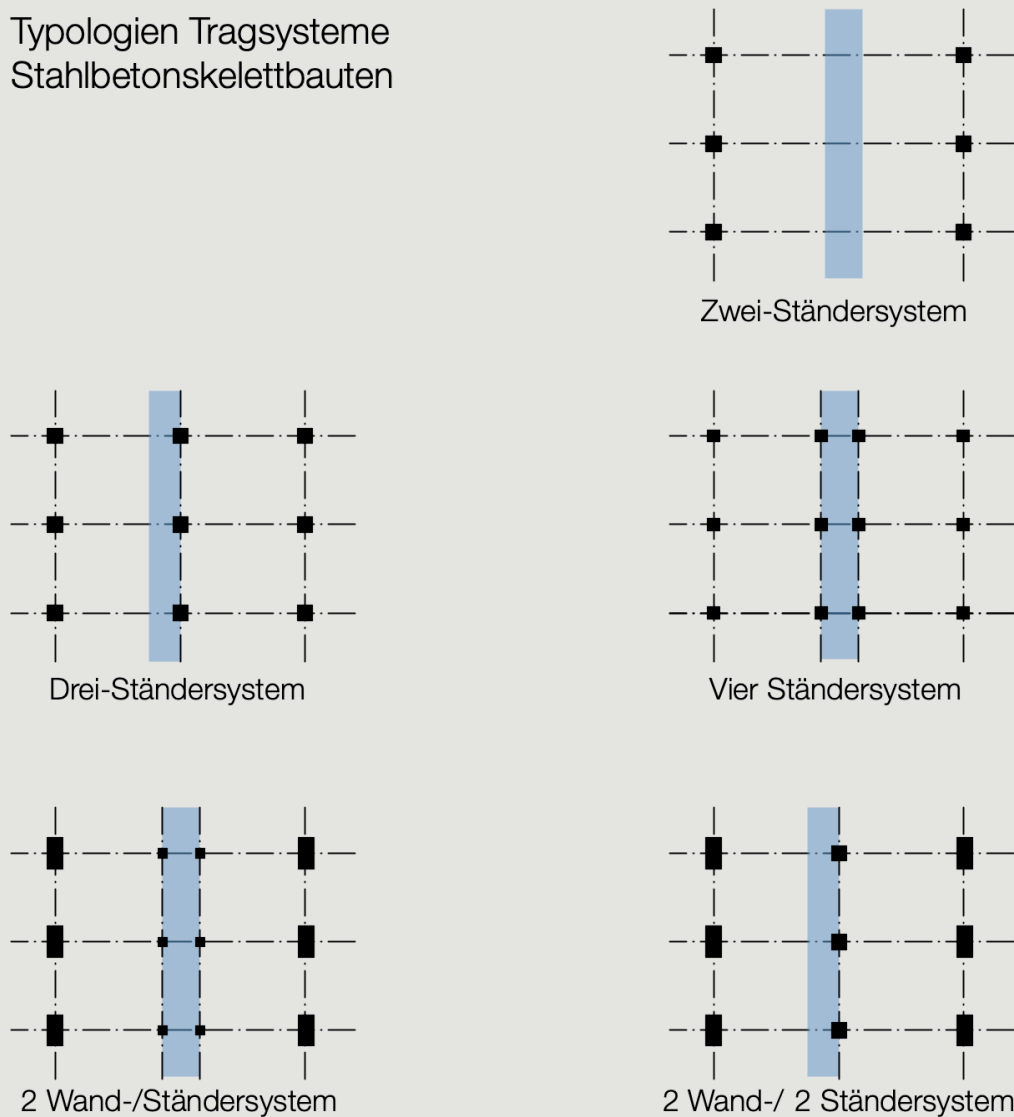


Abbildung 8 Darstellung verschiedener Tragstrukturen von Stahlbetonskelettbauten

3.2 Gestern Stahl und Beton, heute Holz

Die äußere und innere Formensprache der Architektur der frühen Jahre des Stahlbetonskelettbaus änderte das damalige Stadt- und Lebensbild erheblich. Die Verwendung von Fassadenelementen in Stahlbeton und/oder Stahl und die Entwicklung von Trennwandsystemen aus Holz oder leichten Metallkonstruktionen im Innenbereich reagierten flexibel auf die offenen Tragstrukturen. Bereits im damaligen Verwaltungsbereich verwendete man oftmals im Innenbereich Holz oder auch Naturstein als Werkstoff. Erst im Laufe der Zeit wurden aus Kostengründen Metallständerwände mit Gipskartonverkleidung als raumteilende Wände eingesetzt und somit dem Gesamterscheinungsbild eines Verwaltungsbaus im Allgemeinen und im Detail nicht mehr die hohe Wertigkeit beigemessen.

In der heutigen Zeit ist ein neues Zusammendenken von Außen- und Innenraum erneut möglich. Durch die in den letzten Jahren verstärkte Entwicklung von großformatigen Holzelementen für Fassaden und durch Veränderungen baurechtlicher Grundlagen für die Gebäudeklassen 4 und 5 (in Hinsicht der Brandschutzaufgaben) im städtischen Bereich auch Holz einsetzbar zu machen, kann wieder ein neues Zusammenspiel von außen und innen in der Architektur stattfinden. Zahlreiche Beispiele im Bereich Neubau können hier für den Einsatz von Holz für innen und außen aufgeführt werden.

3.3 Prinzipiell oder Speziell?

Versuch der Erstellung eines Prinzipienkatalogs

Unsere Aufgabe ist selbstgewählt in einen engen Rahmen geformt. Ein Planen im städtischen Kontext bedeutet bereits die bestehenden nachbarschaftlichen Situationen aufzunehmen und darauf im Entwurfsprozess zu reagieren. Nun ist das zu entwerfende Gebäude bereits vorhanden, der Fußabdruck mit seiner Kubatur gesetzt. Und so divers Städte, Stadtteile und die Struktur Stadt sind, so unterschiedlich ist auch die potentielle Bauaufgabe. Leerstehende Gebäude existieren aus unterschiedlichsten Gründen und der Versuch der attraktiven Weiternutzung kann dementsprechende unterschiedlichste Ziele verfolgen.

Ist es möglich hierfür planerische und bauliche Prinzipien, eine Art Gebrauchsanweisung, zu entwickeln? Einen Prinzipienkatalog, welcher auf variable Gebäude-, Nutzungs- und Städtebaukontexte zur Planung künftiger Bauaufgaben im Bestand herangezogen werden kann?

Es bedarf innerhalb des Entwicklungskonzeptes immer wieder eines Perspektivenwechsels, welcher die Abhängigkeiten prinzipieller und spezieller Ausformulierungen ermöglicht.

3.4 Entwerfen nach Untersuchung von Möglichkeiten

Für eine Art Handlungsanweisung für den Perspektivenwechsel in entwurfsplanerischer Hinsicht kann die bereits unter Kapitel 2.1 erwähnte Studie «Wohnraumpotentiale in urbanen Lagen – Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden» herangezogen werden. Diese entstand im Jahre 2016 in der Zusammenarbeit der Technischen Hochschule Darmstadt und dem Pestel Institut und wurde 2019 durch die Aufnahme leerstehender Bürogebäude in innerstädtischen Lagen ergänzt.

In dieser Studie werden die verschiedenen Umnutzungen und Flexibilisierungen von S.34 bis S.35 in folgende Kategorien klassifiziert:

«Erweiterungsflexibilität

Beschreibt die „externe konstruktive Flexibilität“, die strukturelle horizontale und vertikale Größen- bzw. Volumenveränderungen eines Gebäudes zulässt. Dies sind im einfachsten Fall horizontale Nachverdichtungen (Anbauten) und vertikale Nachverdichtungen (Aufstockungen).

Veränderungsflexibilität

Ist die „interne konstruktive Flexibilität“ eines Gebäudes, die mögliche Flächen- und Raumveränderungen innerhalb der Struktur ermöglicht.

Nutzungsflexibilität

Ermöglicht die funktionale und ökonomische Austauschbarkeit von Nutzungen (z.B. Büronutzung in Wohnnutzung).

Gebrauchsflexibilität

Bezeichnet die Anpassungsfähigkeit der Struktur an eine mögliche Veränderung der Anforderungen bei einer gleichbleibenden Nutzung (z.B. Verbesserung des Schallschutzes zwischen Raumeinheiten).

Ausstattungsflexibilität

Umschreibt die Anpassungsfähigkeit der Ausstattung des inneren raumbildenden Ausbaus. «

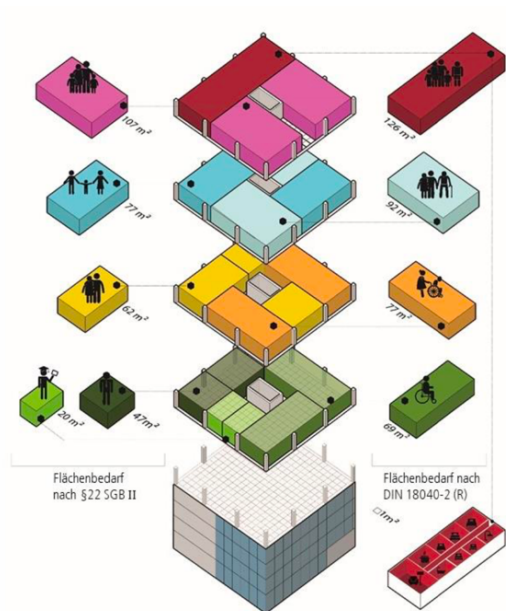


Abbildung 12: Umnutzung und Flexibilisierung von Nichtwohngebäuden mit einer Primärkonstruktion in Skelettbauweise

Abbildung 9 «Deutschlandstudie», Abbildung 12 Umnutzung und Flexibilisierung von Nichtwohngebäuden mit einer Primärkonstruktion in Skelettbauweise aus der Studie "Wohnraumpotentiale in urbanen Lagen-Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden", S.35

Die oben gezeigte Auflistung gliedert die weitere architektonische Untersuchung unserer Masterthese in folgende Punkte:

- **Möglichkeiten der Veränderung**
- **Möglichkeiten des Gebrauchs**
- **Möglichkeit der Nutzung**
- **Möglichkeit der Ausstattung**

Bei den Möglichkeitsbetrachtungen wird eine Art Zoom-Werkzeug¹⁷ verwendet. In der Untersuchung der Möglichkeiten der Veränderbarkeit und des Gebrauchs werden zwei Bestandsgebäude in Frankfurt, an völlig verschiedenen Positionen im Stadtgebiet nach ihrer bisherigen Nutzung, Organisation und Tragstruktur analysiert. Es soll untersucht werden, welche Potentiale in den Umbaumaßnahmen für eine weitere Nutzung möglich wären. Die Möglichkeiten der Erweiterung werden in der Breite, jedoch nicht in der Höhe im Kapitel Möglichkeiten der Veränderung mitbetrachtet.

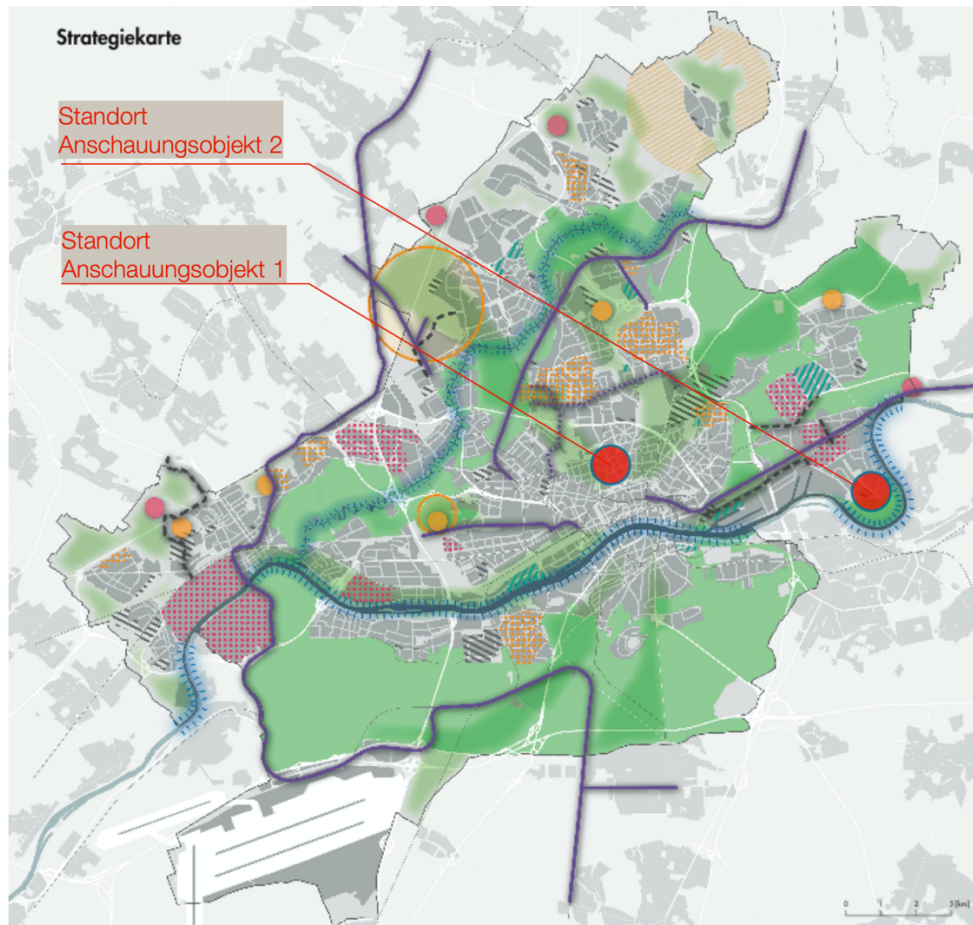


Abbildung 10 Darstellung der Standorte der beiden Untersuchungsobjekte anhand der Strategiekarte Frankfurt¹⁸

¹⁷ Mit Zoomwerkzeug ist hier eine bildliche Vertiefung gemeint, von einem kleinen Maßstab den Städtebau betreffend werden die beiden Objekte durch die Wahl eines immer größeren Maßstabs bis zur kleinsten Einheit untersucht.

¹⁸ Strategiekarte Frankfurt, veröffentlicht vom Stadtplanungsamt Frankfurt am Main; Stadtentwicklungskonzeptes 2030+ link: https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/frankfurt_2030_integriertes_stadtentwicklungskonzept__18205.html?psid=1ced9ada8b0b7ac3b11ac4f13cf04c27

Untersuchungsobjekt 1 – Eschersheimer Landstraße 61-63 Frankfurt am Main – innerstädtische Lage



Abbildung 11 Foto der Straßenansicht Eschersheimer Landstraße

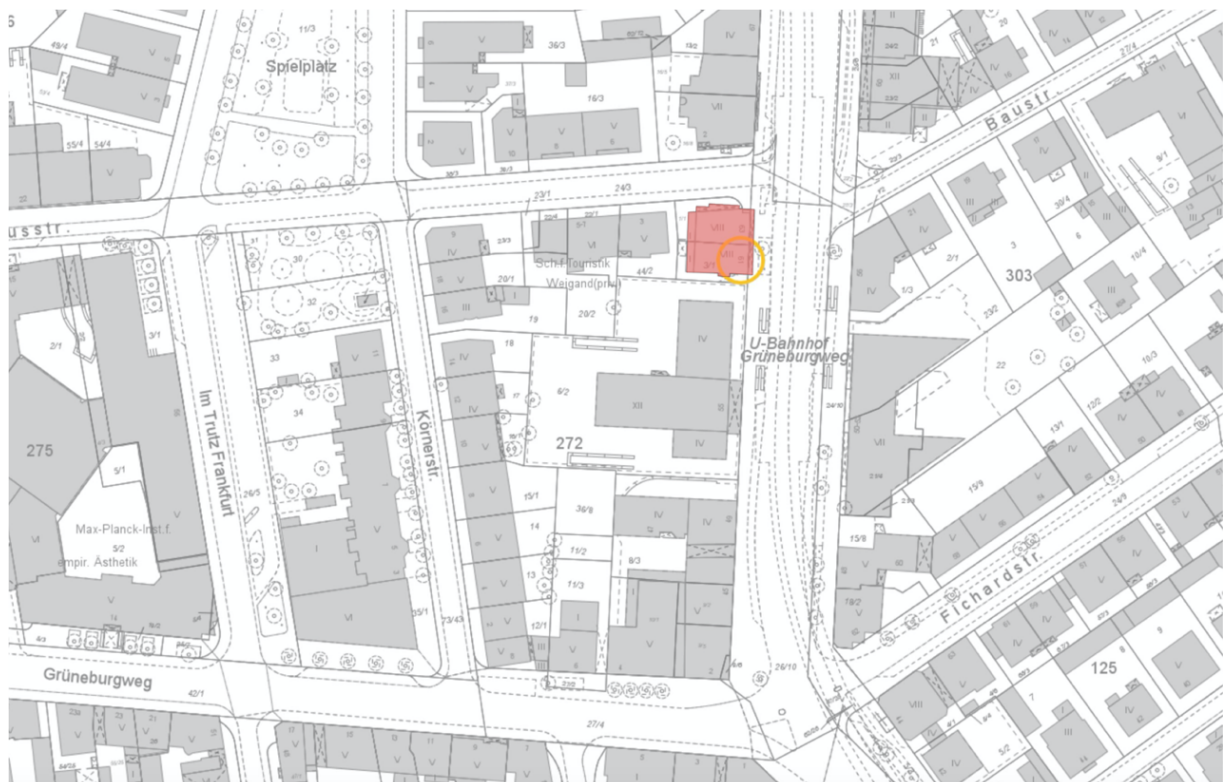


Abbildung 12 Lageplan Untersuchungsobjekt 1 – Abfrage über das Planauskunftssystem der Stadt Frankfurt

Untersuchungsobjekt 2 – Ferdinand-Porsche-Str. 26 in Frankfurt am Main – Hafengebiet / Fechenheim



Abbildung 13 Foto Straßenansicht Ferdinand-Porsche-Str. 26



Abbildung 14 Luftaufnahme google-maps¹⁹, Untersuchungsobjekt 2 rot markiert

¹⁹ link: <https://www.google.de/maps/place/Ferdinand-Porsche-Straße,+60386+Frankfurt+am+Main/@50.1177434,8.7599856,755m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47bd0e1650f0dd61:0x506a2f9faa3d28e7!8m2!3d50.1194736!4d8.7605864>

Im Schritt 3, der Betrachtung der Möglichkeiten der Nutzung, erfolgt die Untersuchung an Hand des in Abbildungen 13 und 14 dargestellten Gebäudes in der Ferdinand-Porsche-Straße. Eine weitere Fokussierung findet dann in der Betrachtung der Ausstattung innerhalb eines Gebäudeausschnitts in diesem Gebäude statt.

Bei dieser Art der immer weiteren Vertiefung, erfolgt in jedem der Abschnitte zunächst eine spezielle Betrachtung mit dem Versuch diese in Prinzipien zu überführen.

3.5 Möglichkeiten der Veränderung

In diesem Kapitel geht es um die Grundlagenermittlung der Weiternutzung der Untersuchungsobjekte 1 und 2, die sich in folgende Untergliederungen aufteilt:

- **Objektbeschreibung - Standort - Bedarf**
- **Bestand - Struktur- und Organisationstypologie**
- **Planungs- und baurechtliche Voraussetzungen**
- **Erweiterbarkeit**

Untersuchungsobjekt 1

Objektbeschreibung – Standort - Bedarf

Der 8-geschossige Baukörper auf der Eschersheimer Landstraße 61-63 sitzt als eine Art Solitäreckgebäude an der Kreuzung Gervinusstraße und Eschenheimer Landstraße.

Die Eschersheimer Landstraße ist eine stark befahrene zweispurige Straße mit zusätzlichen beidseitigen Fahrradwegen. Sie ist eine von mehreren sternförmig in die Innenstadt verlaufenden Ein- und Ausfahrtsstraßen.

Die Gervinusstraße ist dagegen eine vergleichsweise ruhige Seitenstraße in der die Zu- und Ausfahrt der unter dem Baukörper im UG liegenden Tiefgarage liegt. Unmittelbar vor dem Ausgang des Gebäudes liegt der Zugang zu der U-Bahnstation Grüneburgweg. Mit dem Verlauf von vier U-Bahnlinien an dieser Haltestelle ist die Station ein wichtiger Erschließungspunkt für den öffentlichen Nahverkehr. Die nachbarschaftliche Bebauung besteht in der Regel aus mind. 4 geschossigen Wohnhäusern verschiedener Epochen (siehe Abschnitt Planungsrecht). Die Erdgeschosszone ist als Ladenzone ausgewiesen und zur Zeit vermietet. Das Gebäude wird geschossweise an Ärzte und Kleinfirmen vermietet, bzw. steht leer (Schätzung 50-75%). In diesem Bezirk liegen die Wohn- und Büroflächenmieten nach Mietpreisspiegel in einem hohen Segment. Die Nachfrage nach Wohnraum ist hier sehr hoch, auch wenn die direkte Lage an der Eschersheimer Landstraße eher unattraktiver zu bewerten ist.

Bestand - Struktur- und Organisationstypologie



Abbildung 15 Darstellung der Tragstruktur Untersuchungsobjekt 1

Erstellung ca. 1975 in Stahlbetonskelettbauweise, Ausmauerung der Fassade

8-geschossig, Gebäudeklasse 5

BGF oberirdisch : 323m² je Geschoss x 8 Gesch.= 2.584m²

Geschosshöhe Regelgeschoss: 3,10m

Der Bestand des Gebäudes ist bis auf die Erdgeschoßfassade und dem Innenausbau im Foyerbereich noch im Originalzustand. Ausnahme hierbei ist der Einbau von doppelt verglasten Kunststofffenstern. Das Gebäude ist ungedämmt.

Heizung: über Heizkörper im Brüstungsbereich der Fenster, Primärenergie unbekannt. Tragstruktur: 4-Ständer-system, Hauptstützen im Abstand 4,50m

Feldabmessung: 6,30m/3,40m/6,30m x 4,50m.

Fassadenstützen im Abstand 1,50m (Breite x Tiefe) = 25 x30cm.

Gemauerte Brüstung zwischen Fassadenstützen nicht tragend.

St-B Unterzüge in den Fensterachsen in den Mittelachsen (bxh) = 30/20 von UK Decke bis UK UZ.

Organisation: flurlose Anlage, bisherige Aufteilung: eine NE je Etage.

Erschließung über ein Treppenhaus (Südseite) und Aufzug, verbunden in einem Erschließungskern

Planungs- und Baurechtliche Voraussetzungen

Planungsrechtliche Überprüfung Bebauungsplan:
gültiger Bebauungsplan (Inkrafttretung 15.10.1966)

Festlegungen

Nutzung: MI (Mischgebiet)

Geschosse: IV, zwingend

GRZ: 0,3

Gebäude hat Bestandsschutz

Planungsrechtliche Überprüfung Esembleschutz:

Erhaltungssatzung: Nr. E45 Westend II²⁰

(1) Festlegung und Charakterisierung der Teilgebiete

Es können fünf unterschiedliche Teilgebiete festgestellt werden:

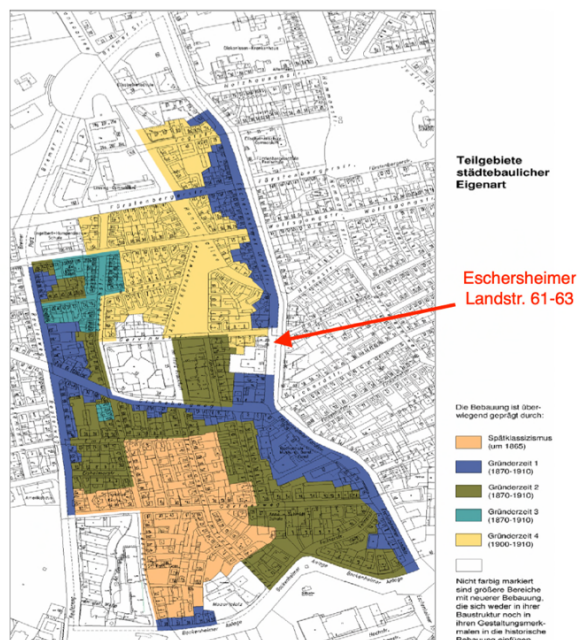


Abbildung 16 Karte aus Erhaltungssatzung Nr. E45 Westend II

Baurechtliche Anforderungen Brandschutz:

Trennung zwischen Nutzungseinheiten in EI 90

Trennung zwischen Nutzungseinheiten und Fluren in EI90. Max. Rettungsweglängen unter 35m

Das Gebäude befindet sich nicht in einem der 5 schützenswerten Teilbereiche

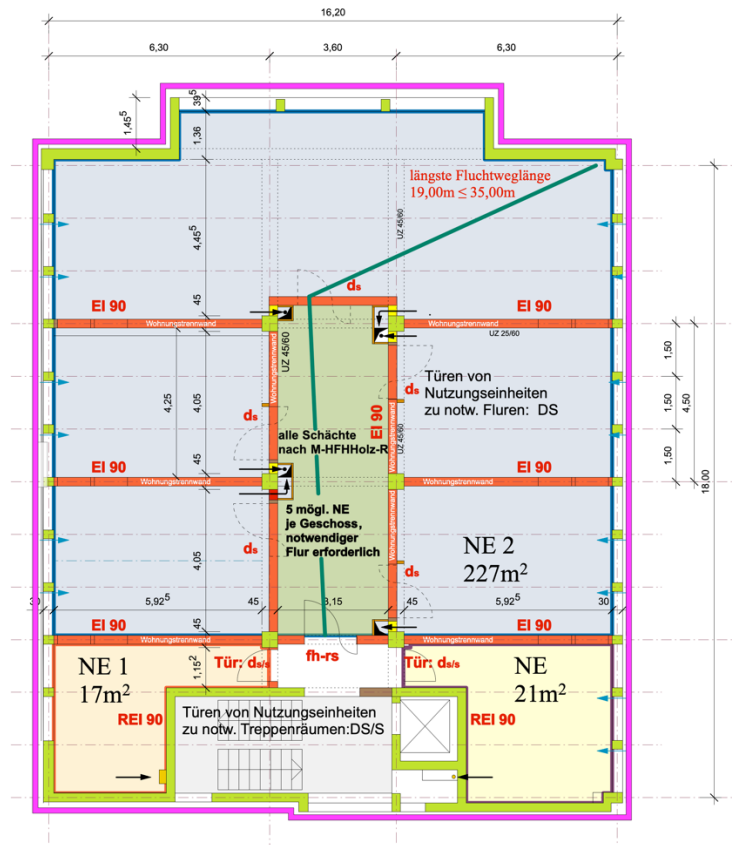
Planungsrechtliche Überprüfung Stellplatzsatzung:

gemäß Stellplatzsatzung gilt für das gewählte Flurstück folgende Einschränkung:

Zone III. (0,8 Stellpl. Je 100qm BGF bei MFH/1 Stellpl. je BGF Büroraum)

Herstellungspflicht wird beschränkt auf 30%.

²⁰ Begründung der Erhaltungssatzung -E45-Westend II Hrsg. Der Magistrat-Stadtplanungsamt Frankfurt am Main
link:https://planas.frankfurt.de/planAS_Daten/Staedtebauliche_Satzungen/Erhaltungssatzung/Dokumente/E45/Bgr-E45-Begründung



Gebäudeklasse 5
nach HBO 2018:

Decken / Stützen / Tragende Wände müssen **feuerbeständig** ausgeführt werden **Bestand ist daraufhin zu prüfen!**

TRENNWÄNDE
nach §32 (3) HBO 2018 müssen **Trennwände** zwischen Nutzungseinheiten die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile des Geschosses haben, jedoch mindestens feuerhemmend sein.

NOTWENDIGE FLURE:
Vom Erdgeschoss bis ins 7. Obergeschoss werden notwendige Flure angeordnet, um die Wohnungen zu erschließen. Auf diese Weise befinden sich maximal drei Nutzungseinheiten direkt am notwendigen Treppenraum. Die notwendigen Flure müssen mit feuerhemmenden raumabschließenden Wänden ausgeführt werden. Die Oberflächen müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Wände aus brennbaren Baustoffen benötigen eine Brandschutzbekleidung. Türen zu Wohnungen müssen dicht schließen, zum Treppenraum sind Rauchschutztüren erforderlich.

AUSSENWAND:
Nichttragende Außenwände müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen oder als raumabschließende Bauteile feuerhemmend ausgebildet werden.

Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein. Kommen normalentflammbare Unterkonstruktionen zum Einsatz, muss die Brandausbreitung auf und in dieser Ebene durch geeignete Maßnahmen ausreichend lange begrenzt werden

Abbildung 17 brandschutztechnische Anforderungen Untersuchungsobjekt 1

Baurechtliche Anforderungen: Schallschutz Mindestanforderung nach DIN 4109-1

Innenlärm:

Die Nutzung «Wohnen» hat die höchste Mindestanforderung (eingeschlossen der Betrachtung von Beherbergungsstätten, Unterrichtsräumen und Arztpraxen/Therapieräumen). Daher werden für alle eventuellen Trennwände aller Betriebseinheiten die Mindestanforderungen für Wohnen benannt.

Die technische Betrachtung des Schallschutzes für die Bauteile erfolgt in Kapitel 4

Außenlärm:

Nach Lärmpegelbereich und Anforderung DIN 4109

Abfrage online der Lärmkartierungskarte „Lärmviewer Hessen“:

Maßgeblicher Außenlärmpegel am Tag: > 75dB (Lärmpegelbereich V/VI)

Maßgeblicher Außenlärmpegel nachts: > 65dB (Lärmpegelbereich IV)

Baurechtliche Anforderungen: Wärmeschutz Mindestanforderung

Bis 31.10.2020 nach ENEC 2014, ab 01.11.2020 GEG Gebäudeenergiegesetz)

Bewertung nach DIN 4108-2, Tabelle 3

- Festlegung des Standards nach gültiger EnEV, bzw. GEG ab 01.11.2020)

Die technische Auswertung aller baurechtlichen Anforderungen erfolgt in Kapitel 4, die entwurfsplanerische in Kapitel 3

Erweiterungsmöglichkeiten

Auf Grund der vorhandenen einzuhaltenden Bürgersteigbreite auf der Seite Eschersheimer Landstraße und Gervaniusstraße kann dort im Erdgeschossbereich keine Erweiterung eingeplant werden. Auch die Hofseiten sind aufgrund der Zufahrten und Zugänge nicht erweiterbar.

In den Obergeschossen kann die neue Fassadentiefe betreffend eine maximale Erweiterung , von ca. 30cm realisiert werden.

Untersuchungsobjekt 2

Objektbeschreibung – Standort – Bedarf

Das Gebäude steht im Osthafengebiet der Stadt Frankfurt und wurde von einer Spedition als Verwaltungsgebäude genutzt. Zwischen dem Verwaltungsbau und der Lagerhalle befindet sich ein Zwischenbau, welcher für Sozialräume und Kantine genutzt wurde. Zur Zeit ist nur die Lagerhalle in Betrieb, weil der Verwaltungsbereich der neuen Eigentümer sich derart minimiert hat, dass der gesamte Verwaltungskomplex leer steht.

Das Gebäude befindet sich am Rande eines Industriegebiets, in direkter Nachbarschaft zum Stadtteil Fechenheim im Nordosten und zu einer ausgewiesenen Grünerholungsfläche im Süden. Westlich des Gebäudes befinden sich eine Großbäckerei und mehrere Logistikbetriebe.

Das Objekt wird zur Zeit als Experimentierfeld von «pier-f/ Zukunftshafen e.V.»²¹ genutzt, um neue Ansätze ökologischen Bauens auszuprobieren. Eine Erschließung durch den öffentlichen Personennahverkehr ist über die Straßenbahn in Fechenheim gewährleistet. (Gehzeit ca. 10 Minuten). Fahrradwege zum Mainbogen sind städtebaulich angedacht, existieren jedoch noch nicht. Mit dem PKW kann das Gebäude über die Hanauer Landstr. erreicht werden. Die Nutzung «Wohnen» ist in der Bestandsstruktur des benachbarten Fechenheim in kleinstädtischer Art vorhanden. Büronutzung hingegen ist in dem Bebauungsgebiet bereits zahlreich existent. Städtebaulich wird der Standort durch das zukünftige Verdichten und Verbinden der Städte Frankfurt und Offenbach auch für das Wohnen am Fluss näher untersucht.

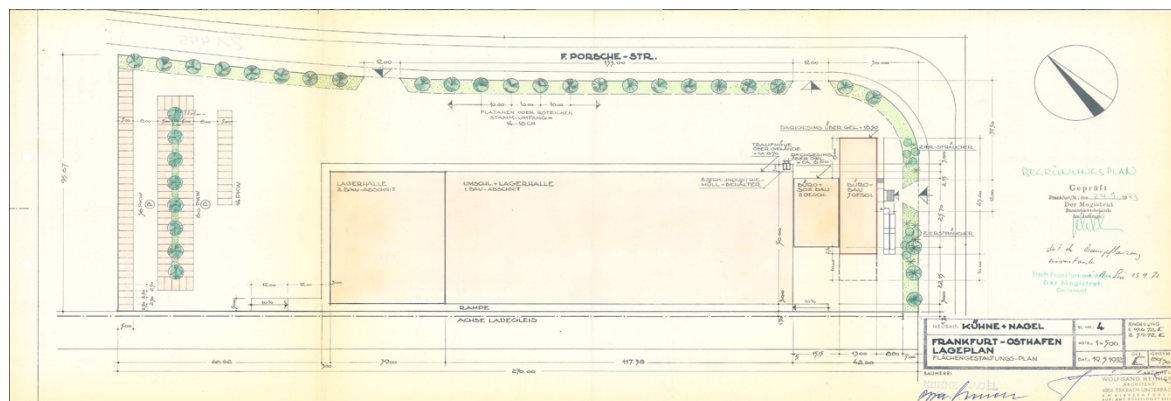


Abbildung 18 Lageplan aus der Baugenehmigungsakte Untersuchungsobjekt 2

²¹ <https://pier-f.de>

Bestand - Struktur- und Organisationstypologie

Erstellung ca. 1972/73 in Stahlbetonskelettbauweise, vorgesetzte Stahlbetonelemente

4-geschossig, Gebäudeklasse 4

BGF oberirdisch : 560m² je Geschoss x 4Gesch.= 2.240m²

Geschosshöhe Regelgeschoss: 3,30m

Fassadenstützen im Abstand von 2,50m (Fassadenbreite x Tiefe)= 30x30cm

Stützen in Achse C im Abstand von 3,75m (bxt) = 45x40cm

Stahlbetonunterzüge in den Fensterachsen A und D (bxh) = 30/15 von UK Decke bis UK UZ

Stahlbetonunterzug in Achse C (bxh) = 40/15 von UK Decke bis UK ZU

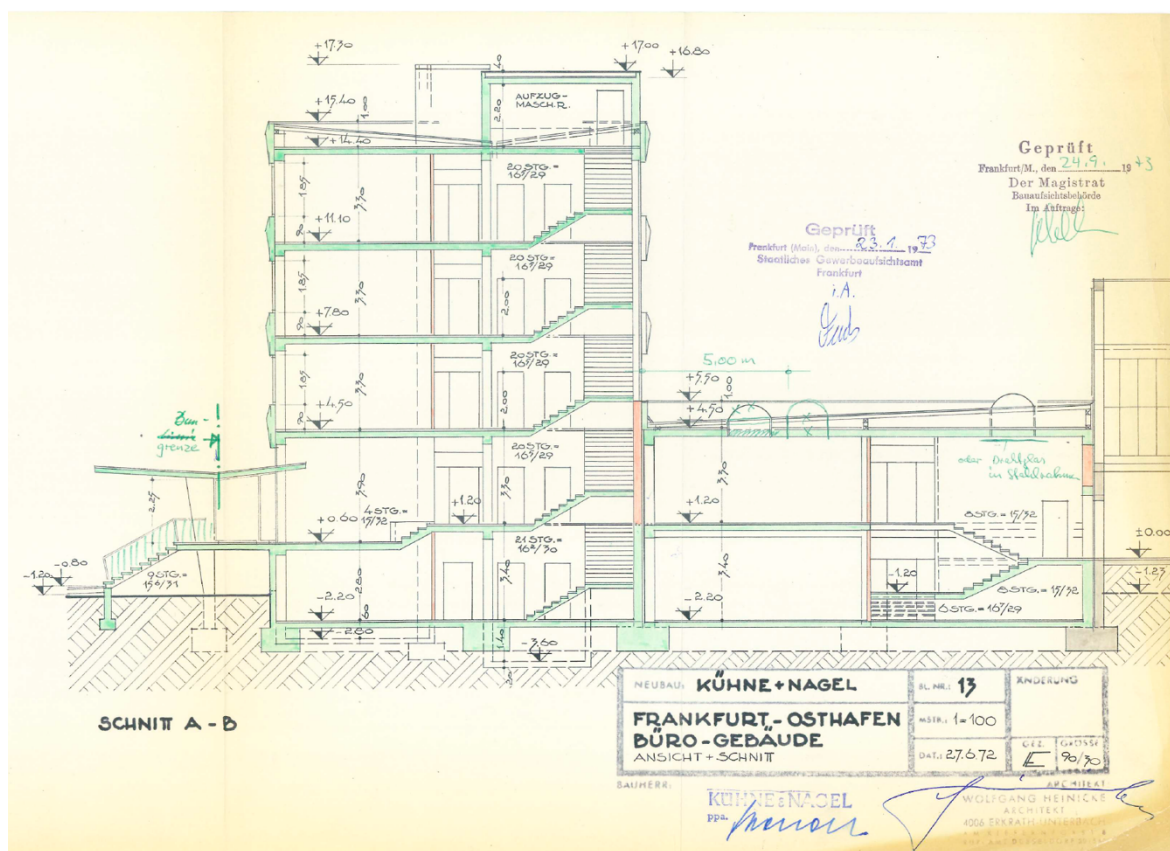


Abbildung 19 Schnittdarstellung Baugenehmigungsakte Stadt Frankfurt Untersuchungsobjekt 2

Das Verwaltungsgebäude ist an einen Zwischenbau mit Kantine und Sozialräumen angebunden. Im Anschluss an den Zwischenbau folgt die ca. 10,00m hohe Lagerhalle. (Fläche ca. 7.500m²). Das Objekt wird derzeit mit Öl geheizt. Ein Öltank ist im Untergeschoss eingebaut. Die Heizkörper befinden sich im Bestand im Brüstungsbereich an der Fassade. Die Fassade des Gebäudes wurde einmal (zwischen 1990-2000) durch eine vorgehängte Metallpaneelfassade saniert. Sie entspricht nicht mehr den gültigen Wärmeschutzbestimmungen.

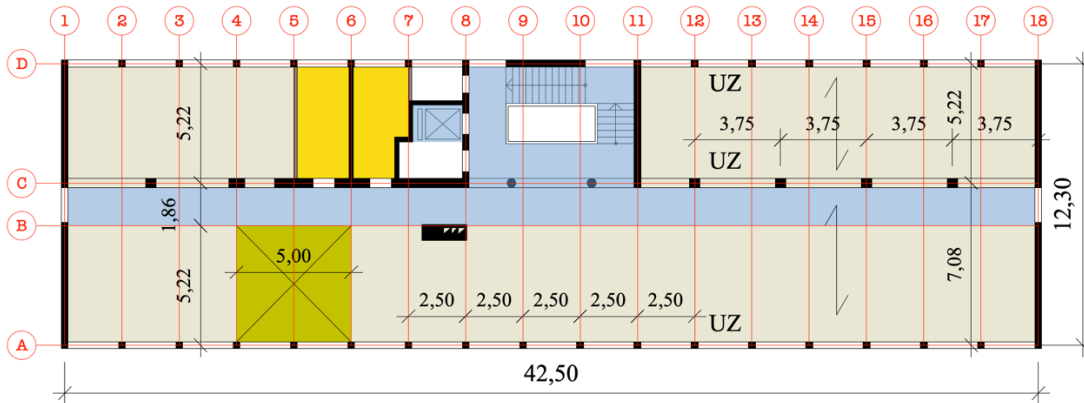
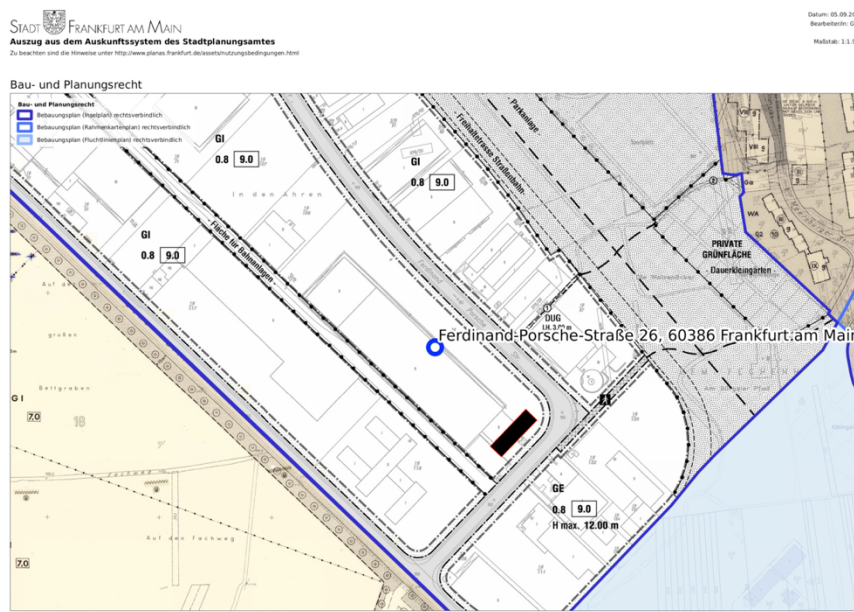


Abbildung 20 Darstellung der Tragstruktur Untersuchungsobjekt 2

- Tragstruktur: 3-Ständersystem,
Hauptstützen in Achse C: Abstand 3,75m
Feldabmessung: 5,22m x 5,00m
Fassadenstützen im Abstand 2,50m
Vorgehängte Metall- oder Aluminiumfassade
- Organisation: zweihüftige Anlage, bisherige Aufteilung je GeschloÙ:
Einzel- oder Teambüros
Erschließung über ein Treppenhaus (Nordwestseite) und einem Flur
Aufzug, verbunden mit Erschließungskern

Planungs- und Baurechtliche Voraussetzungen



Datum: 05.09.2020
Bearbeiterin: Gant
Mastaba: 1:1.999

- Planungsrechtliche Überprüfung I:
gültiger Bebauungsplan (Inkrafttretung 2017)
Festlegungen
Nutzung: GI (Industriegebiet)
Baumassenzahl: 9,0
GRZ: 0,8
Gebäude hat Bestandschutz

Abbildung 21 Ausschnitt aus Bebauungsplan Planauskunft Frankfurt am Main



Planungsrechtliche Überprüfung II:

Grundstück liegt in direkter Nachbarschaft zum „Aktiven Kernbereich Fechenheim“, getrennt von einem Grünstreifen

Planungsrechtliche Überprüfung III:

gemäß Stellplatzsatzung §3 gilt für das gewählte Flurstück folgen keine Beschränkung der Herstellungspflicht

Abbildung 22 Planauskunft Frankfurt am Main Aktiver Kernbereich Fechenheim

Baurechtliche Anforderungen Brandschutz:

Trennung zwischen Nutzungseinheiten in EI 60

Trennung zwischen Nutzungseinheiten und Fluren in EI60

Max. Rettungsweglängen unter 35m

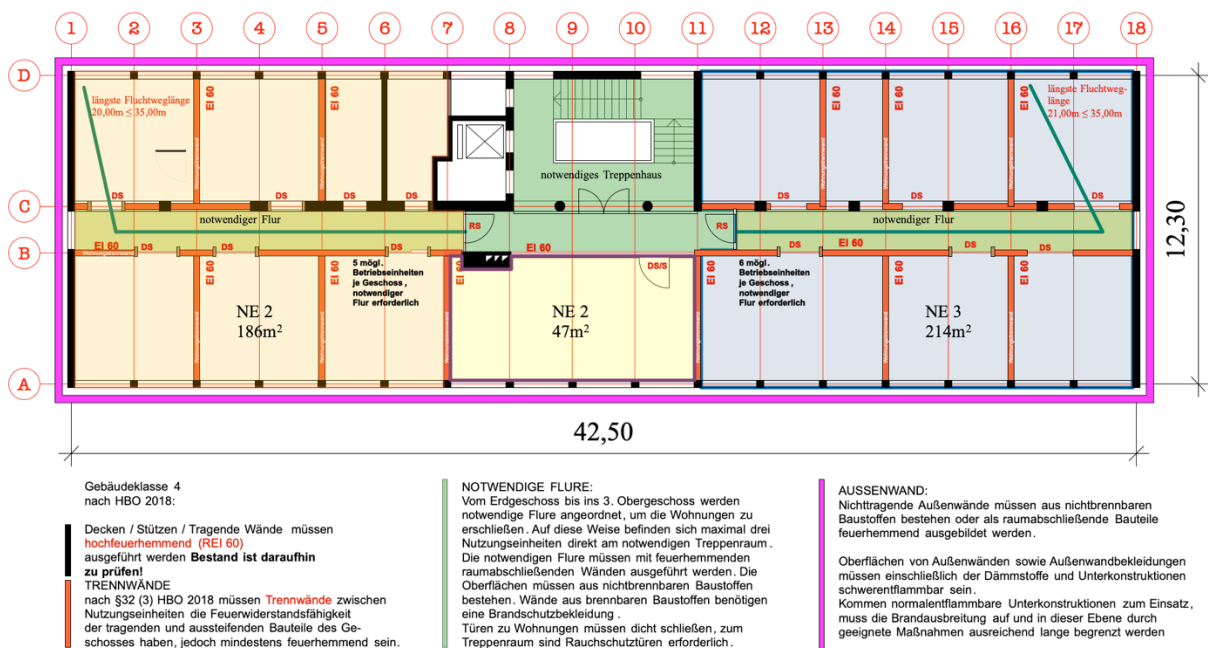


Abbildung 23 brandschutztechnische Anforderungen Untersuchungsobjekt 2

Baurechtliche Anforderungen Schallschutz: Mindestanforderung nach DIN 4109-1

Innenlärm:

Die Nutzung «Wohnen» hat die höchste Mindestanforderung (eingeschlossen der Betrachtung von Beherbergungsstätten, Unterrichtsräumen und Arztpraxen/Therapieräumen). Daher werden für alle eventuellen Trennwände aller Betriebseinheiten die Mindestanforderungen für Wohnen benannt:

Wohnungstrennwand: $R'w \geq 53$ dB

Wohnungstrenndecke: $R'w \geq 54$ dB

Dachterrassen und Loggien mit darunterliegenden Wohnräumen: $L'n,w \leq 50$ dB

Treppenlauf und Treppenpodest: $L'n,w \leq 53$ dB

Außenlärm:

Nach Lärmpegelbereich und Anforderung DIN 4109

Abfrage online der Lärmkartierungskarte „Lärmviewer Hessen“:

Siehe Vereinbarung und Festlegung in Kapitel 4.7.2

Baurechtliche Anforderungen Wärmeschutz: Mindestanforderung

Bis 31.10.2020 nach ENEV 2014, ab 01.11.2020 GEG Gebäudeenergiegesetz)

Bewertung nach DIN 4108-2, Tabelle 3

- Festlegung des Standards nach gültiger EnEV, bzw. GEG)

Bei dem Nachweis der Einhaltung des Wärmeschutzes kommt es auf den Umfang der Sanierungsmaßnahmen an. Bei Austausch einzelner Bauteile (z.B. nur Fassade) wird der für das Bauteil Außenwand gültige Wert nach DIN 4108-2 gefordert.

Wird das Gebäude kernsaniert muss der Nachweis nach dem Gebäudehüllenverfahren gesamtheitlich betrachtet werden. Auch hier werden die einzelnen Bauteile nach der DIN 4108-2 in die Gesamtbewertung mit aufgenommen.

Erweiterungsmöglichkeiten

Das Gebäude ist straßenseitig um 1,50m erweiterbar, ohne die einzuhaltende Baumassenzahl zu überschreiten. Auf der Rückseite gibt es auf Grund des Anschlussbaus Zwangspunkte.

In den Obergeschossen kann die neue Fassadentiefe betreffend eine minimale Erweiterung von ca. 30cm realisiert werden. In den Bereichen ab 2.OG auf der gesamten Gebäudelänge geplant werden. Im Erdgeschoss und im 1.Obergeschoss, werden jedoch Sonderfelder notwendig, da der vorhandene Anbau eine Ausarbeitung von Anschlüssen erfordert.

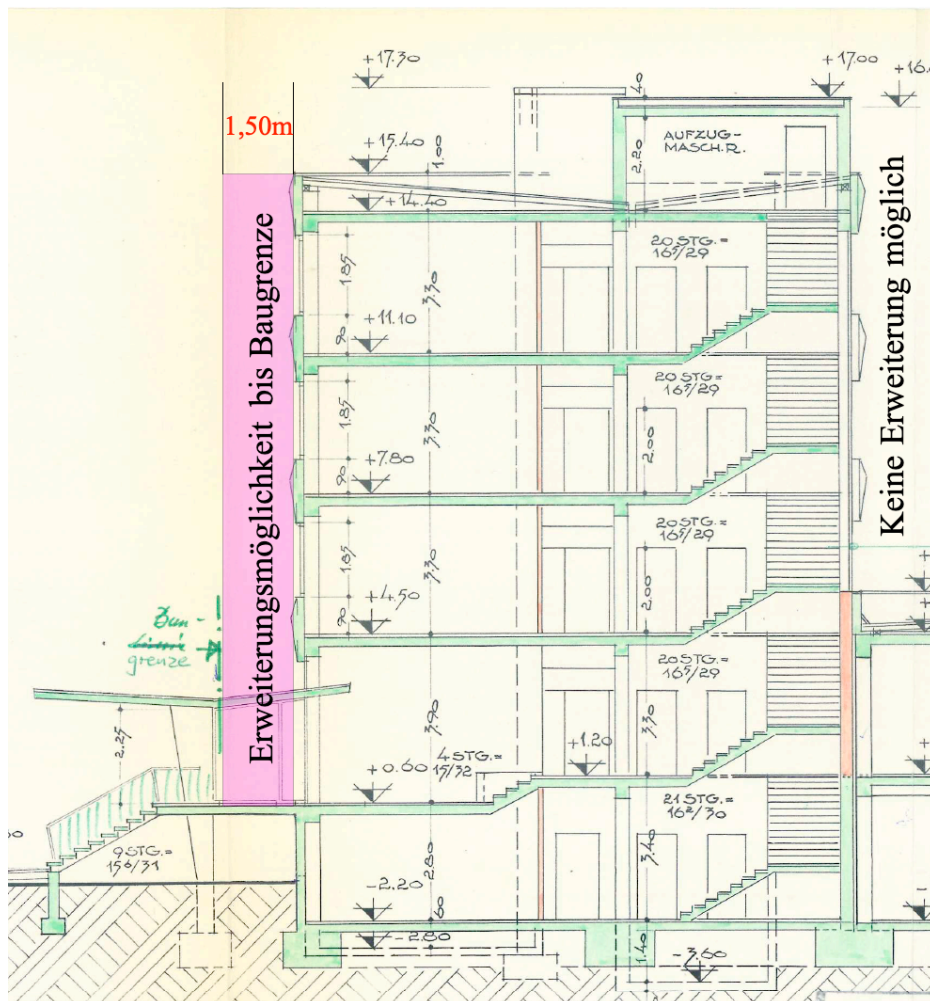


Abbildung 24 Erweiterungsmöglichkeit Untersuchungsobjekt 2 in Schnittdarstellung Bauakte

Vergleich der Veränderungsmöglichkeiten

Bedarf

Durch die zentrale Lage und die gute Verkehrsanbindung ist eine höhere Bedarfsanfrage bei dem **Untersuchungsobjekt 1** als beim **Untersuchungsobjekt 2** zu erwarten. Die Lage im Osthafengebiet mit dem direkten Bezug zu Fechenheim, Offenbach und dem Grünbereich direkt am Main wird jedoch aus städteplanerischer Sicht in den nächsten Jahren an Wohnqualität stark gewinnen. **Untersuchungsobjekt 2** steht leer, was eine

ganzheitliche Revitalisierungsmaßnahme wesentlich einfacher umsetzbar macht als ein nicht leer stehendes Gebäude (siehe Untersuchungsobjekt 1)

Die beiden Objekte sind sehr unterschiedlich organisiert. Die einhüftige Anlage des **Untersuchungsobjektes 1** wurde bisher nur etagenweise genutzt, **Untersuchungsobjekt 2** wurde als zweihüftige Anlage immer schon in kleinere und größere Einheiten aufgeteilt.

Es bleibt jedoch zu erwähnen, dass der Bebauungsplan 2017 für das **Untersuchungsobjekt 2** Beherbergungsstätten eindeutig ausgeschlossen hat. Da die folgende Untersuchung sich mit sogenannten Mikroappartements beschäftigen wird, muss hier erwähnt werden, dass bei einer Realisierung zur Zeit ohne aufwändige Befreiungen von den Bestimmungen des Bebauungsplans nur die Nutzung Büro und Kleingewerbe weiterverfolgt werden könnte.

3.6 Möglichkeiten der Nutzung

Nach erfolgter Grundlagenermittlung werden die Nutzungsmöglichkeiten folgendermaßen geprüft und geplant:

- ▢ Prüfung vorhandener Infrastrukturen
- ▢ Planung einer generellen neuen Infrastruktur
- ▢ Austauschbarkeit von verschiedenen Nutzungen (funktional, ökonomisch)

Nutzungsmöglichkeiten Untersuchungsobjekt 1

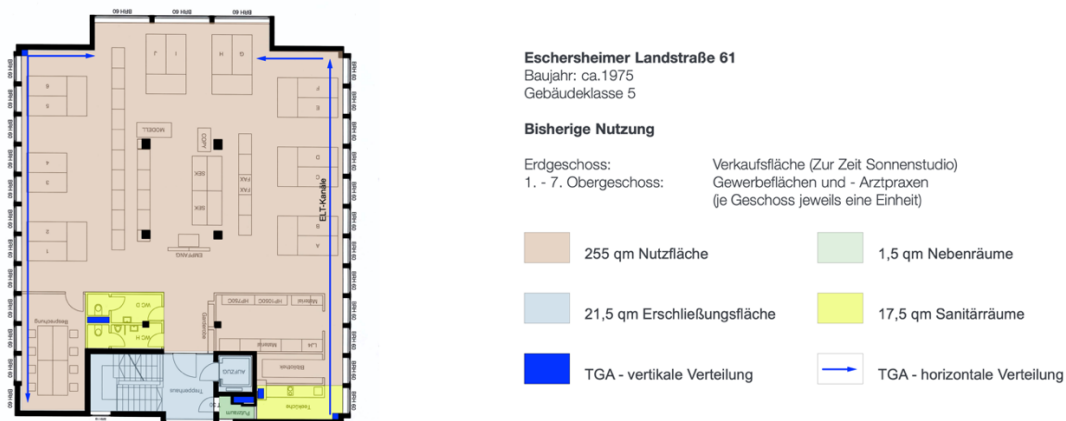
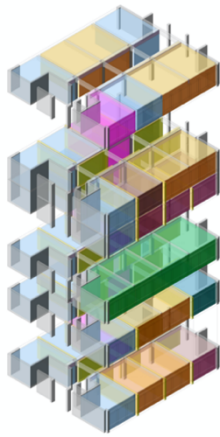


Abbildung 25 Darstellung der bisherigen Nutzung bei Untersuchungsobjekt 1

Das bestehende Gebäude ist wie bereits erwähnt etagenweise vermietet, somit besteht eine Betriebseinheit aus ca. 255qm Nutzfläche. Es gibt am Aufzug und in einem Sanitärkern zwei durchlaufende Schächte. Ein zusätzlicher Schacht wurde nachträglich wegen der Vermietung an eine Arztpraxis gebohrt, die Größe und genaue Lage ist jedoch unbekannt. Genutzt wird das Gebäude von unterschiedlichen Firmen mit einer Personalgröße bis max. 15 Personen und Arztpraxen. Nach heutigem Kenntnisstand wurde bisher keine Fläche als Wohnfläche genutzt.

Es soll nun untersucht werden, inwieweit eine Aufteilung der vorhandenen Etagenflächen variable Grundrissgrößen und verschiedenartige Nutzungseinheiten ermöglicht.



Es sollen unterschiedliche Größen von Kleinbüro bis Teambüros angeboten werden. Zudem wird untersucht welche Flächen als Gemeinschaftsflächen angeboten werden können:

- notwendige Maßnahmen infrastruktureller Art
- Möglichkeiten der Flexibilität von verschiedenen Nutzungen

Hierzu wird das Haupttraster der Tragstruktur zur Einteilung in Modulfelder gewählt.

Abbildung 26 Nutzungsverteilung Planung anhand einer 3D-Studie

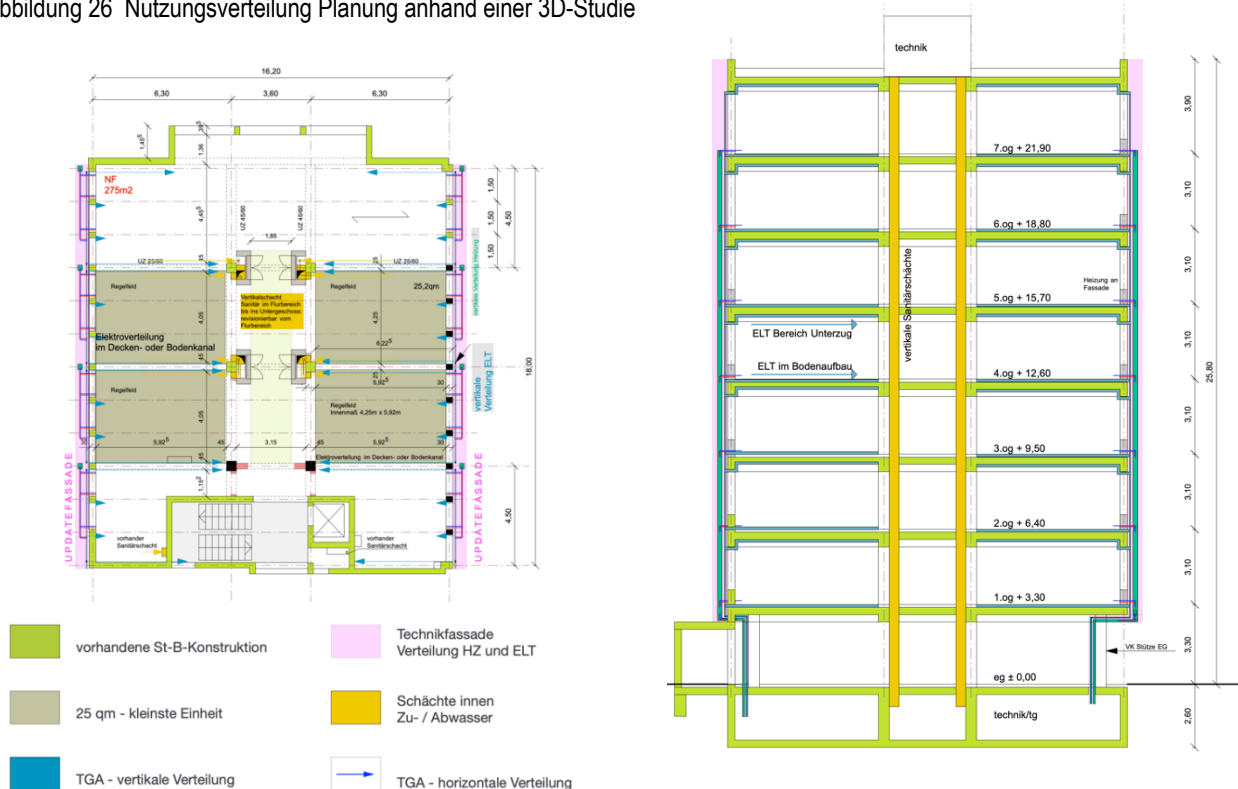


Abbildung 27 Darstellung einer möglichen Verteilung der neuen Infrastruktur in Grundriss und Schnitt

Die Innenabgrenzung der Tragstruktur ergibt ein Regelfeld von 4,25m x 5,925m. Somit besteht die Grundfläche eines Regelmoduls aus 25qm. An der Nord-, wie an der Südseite ergeben sich Sonderfelder. An der Nordseite ein großes Endfeld, welches aus zwei Regelfeldern plus der Endflurfläche besteht. An der Südseite zwei Restflächen, eine seitlich des Treppenhauses und eine seitlich des Aufzugs. Für die beiden südlichen Restfelder können die vorhandenen Schächte weiterverwendet werden. Für alle anderen Felder muss eine neue Gebäudeinfrastruktur geschaffen werden.

In den Abbildungen wird diese Infrastruktur für das Objekt dargestellt. Durch den Entwurfsansatz, die Etage in kleinere unabhängige Einheiten aufteilen zu können, wird es notwendig alle diese Einheiten mit Haustechnik zu versorgen. Bei **Untersuchungsobjekt 1** wurde die Elektro- und Heiztechnikleitungen in die neue Fassade

integriert und jeweils in Boden oder Deckenbereich (Ausnutzung der Unterzughöhe als Installationsverteilerebene) in die Tiefe des Raums transportiert. Die technische Ausarbeitung und Untersuchung der Realisierbarkeit hierzu erfolgt in Kapitel 4. Lüftungs- und Sanitärverteilung soll in Schächten im Bereich Wohnungstrennwand zum Flur erfolgen. Diese Schächte sollten keinen größeren Abstand als zwei Achsraster haben.

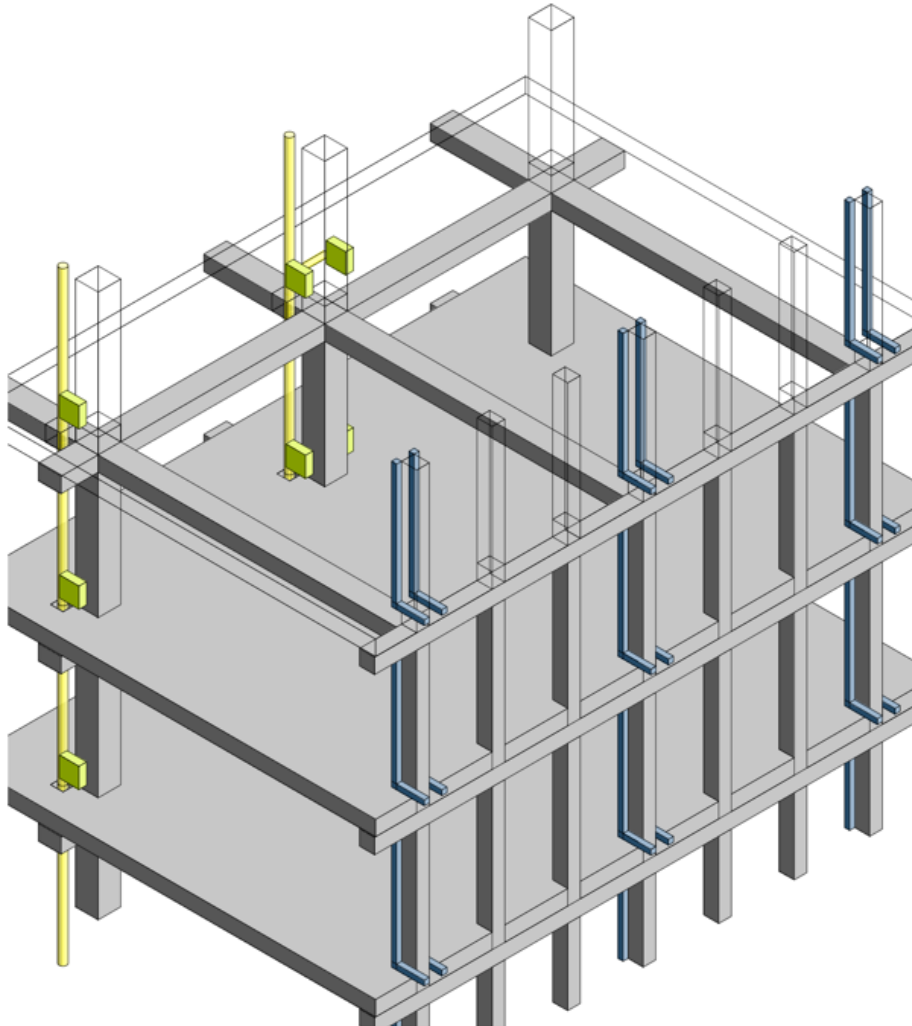


Abbildung 28 Darstellung einer möglichen Medienverteilung in einer 3D-Studie für Untersuchungsobjekt 1

Daraus ergeben sich für jedes Regelfeld und für das nördliche Endfeld eine Art Andockstation an der Fassade und am Hausflur. Diese kann bei Bedarf aktiviert werden.

Der Bereich zwischen den Mittelstützen ist in diesem Fall mit ca. 3,15m für einen Flur außergewöhnlich breit. Diese Breite könnte, wie oben in Grundriss und Schnitt dargestellt, für die neuen Schächte verwendet werden. Selbst bei der Platzierung von gegenüberliegenden Schächten wäre noch eine komfortable Durchgangsbreite von 1,85m vorhanden.

In der weiteren Untersuchung wurde eine wechselseitige Platzierung der Schächte ausgearbeitet.

Zwischen- und Hausflurwände werden im Bereich der Stützen und Unterzüge platziert. Eingänge vom Hausflur in jede Moduleinheit müssen vorgehalten werden.

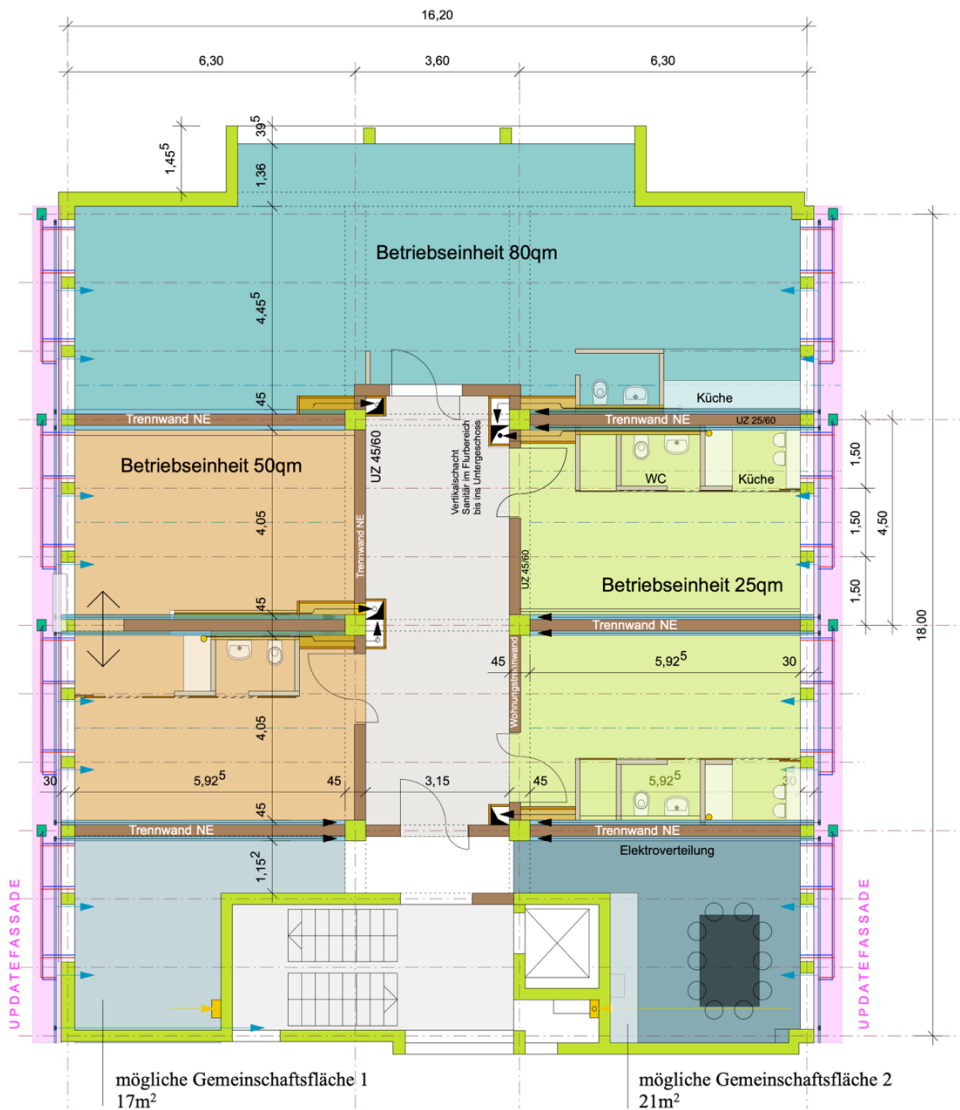


Abbildung 29 Darstellung Grundriss: mögliche Einteilung von verschiedenen Betriebseinheiten

Aus dem Grundriss lassen sich zwei kleinere Gemeinschaftsflächen generieren, nämlich rechts und links des Treppenhauses. Natürlich sind ebenso einzelne Regelflächen als Gemeinschaftsflächen umnutzbar. Diese verringern damit aber die Flächen für potentielle Betriebseinheiten. Die zuvor genannten Restflächen könnten mit den bestehenden Schächten versorgt werden.

Wenn Nutzungen etagenweise verteilt würden, wären diese Gemeinschaftsflächen bei einer Büronutzung gut für allgemeine Besprechungsräume, gemeinsame Verwendung von Büroinfrastrukturen (Kopier- und Lagerfläche von Büromaterial) und Teeküchen nutzbar. Auch ein allgemeiner Sanitärbereich für die gesamte Etage wäre planbar. Bei einer Wohnnutzung wären diese Flächen für gemeinschaftliches Essen mit Küchenzeile, Waschküchen, Kleinwerkstätten denkbar.

Bei **Untersuchungsobjekt 1** sollte auf Grund der geringen Bruttogrundfläche die Nutzungszuordnung Wohnen/Arbeiten immer etagenweise erfolgen.

Die Organisation eines Wohn- wie auch Büromoduls mit seiner strukturellen Ordnung wird in der unteren Abbildung gezeigt.

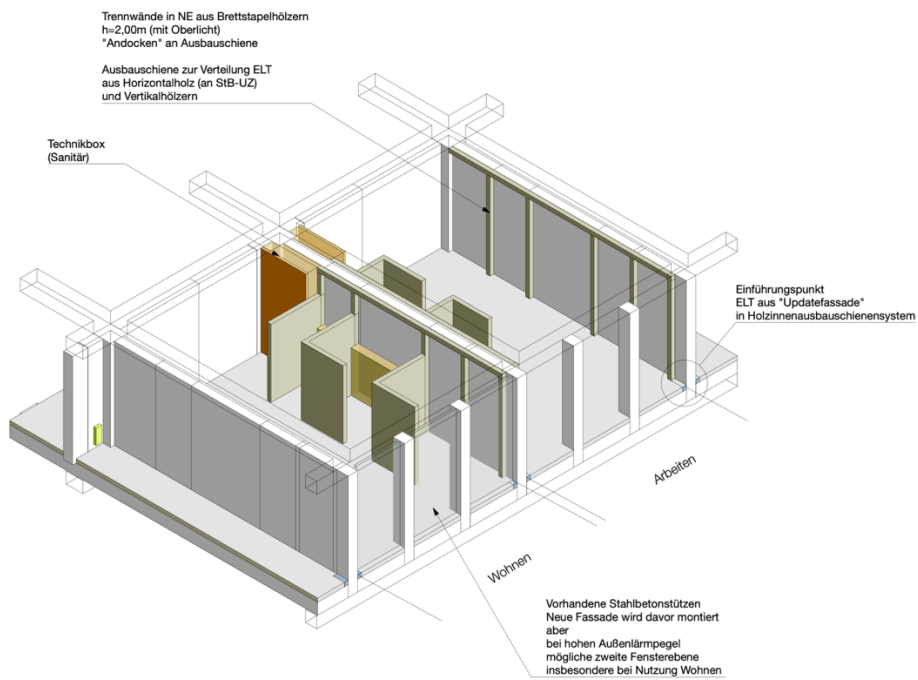


Abbildung 30 3D-Darstellung Bausteine bei austauschbaren Nutzungen von Wohnen und Arbeiten

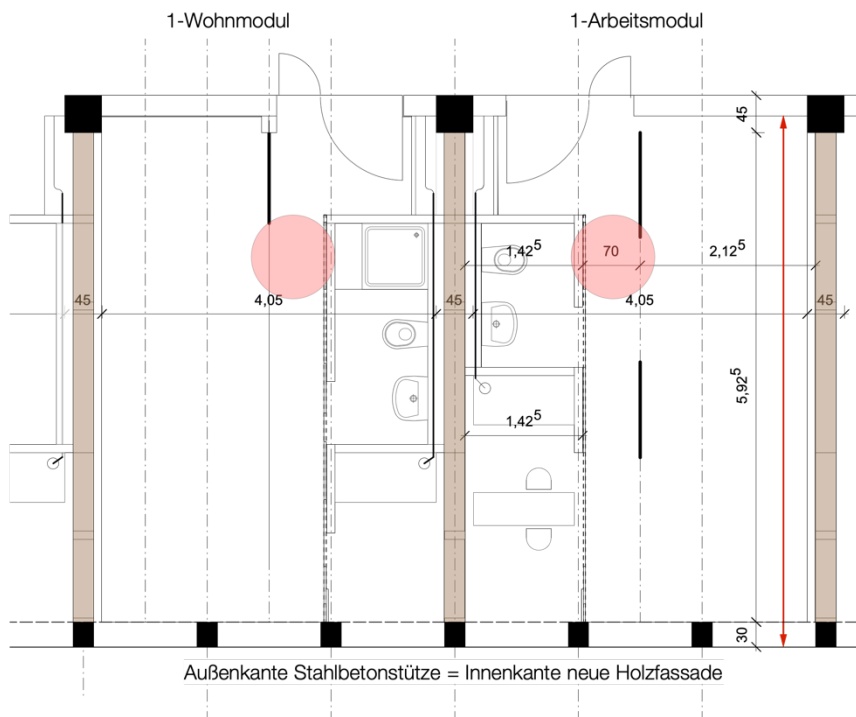


Abbildung 31 Überprüfung der Grundrissgeometrie der kleinstmöglichen Einheit bei Untersuchungsobjekt 1

Die Grundfläche wird in kleinstmögliche Betriebseinheiten aufgeteilt und eine mögliche Grundrissanordnung angedacht. Bei diesem Objekt wird deutlich, dass die Untersuchung der vorhandenen Achsabstände der Stützen für die weitere Bewertung der Realisierbarkeit der kleinsten Einheit von hoher Bedeutung ist. Dabei sollte auf eine möglichst neutrale Planung in Hinsicht auf die Austauschbarkeit der Nutzungen geachtet werden. Die Grundausstattung, ob Wohnen oder Arbeiten, sollte immer bestimmte Bewegungsflächen garantieren. Die Einheit wird sich später in zwei Seiten aufteilen. Der daraus entstehende Flur sollte eine Mindestbreite von mind. 80cm aufweisen. Zudem spielt die Tiefe hauptsächlich für die Belichtung des Raumes eine entscheidende Rolle. Durch eine Ergänzung in der Fassade würde die Tiefe des Raumes über 6,80 betragen. Um eine Grundrissbreite von ca. 25qm zu erreichen und das innere Bestandsraster von innen für die Anschlüsse der Innenwände an den Stahlbeton aufzunehmen, wäre der Achsabstand der kleinsten Betriebseinheit 4,50m.

Nutzungsmöglichkeiten Untersuchungsobjekt 2

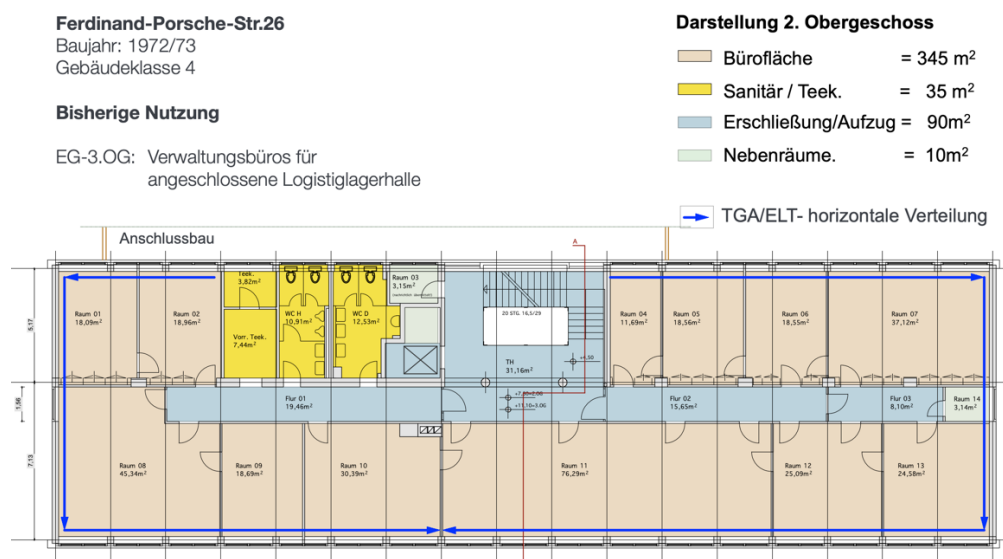


Abbildung 32 Einteilung der bisherigen Nutzung bei Untersuchungsobjekt 2

Anders als das **Untersuchungsobjekt 1**, wurde dieses Gebäude über alle vier Regeletagen bisher von einer Firma als Einzel- oder Gruppenbüros verwendet. Auf jeder Etage befindet sich ein Sanitärkern mit Damen- und Herren WC, der nach den gültigen Arbeitsstättenrichtlinien für die Versorgung einer Etage weiterhin ausreichen würde (je nach Belegung nochmals zu überprüfen). Dies sind die einzigen Nassräume auf der Etage. Die Elektroverteilung erfolgt über einen Brüstungskanal entlang der Fassade.

Das Treppenhaus ist mittig angeordnet und somit sind die sich herausbildenden Stichflure nahezu gleich lang. Es gilt nun wie bereits bei **Untersuchungsobjekt 1** eine Planung der Infrastruktur (etagenweise) und die Überprüfung von Schachtpositionen in Verbindung mit Flurflächen auszuarbeiten.

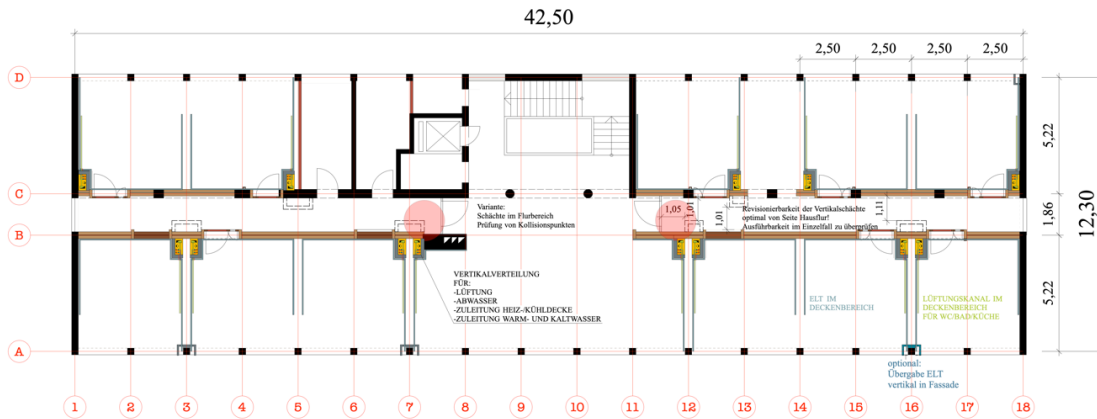


Abbildung 33 Überprüfung der Grundrissgeometrie der kleinsten Einheit Untersuchungsobjekt 2

Bei einer Aufteilung von zwei Fensterachsen a 2,50m als kleinste Breite (5,00m Achsabstand) einer Betriebs-einheit generiert man mindestens 12 Regelfelder je Geschoss. Auch bei diesem Untersuchungsobjekt muss man alle 10,00m (jede zweite Trennwand einer potentiellen Betriebseinheit) von einer Medienversorgung ausgehen. Bei diesem Objekt werden die Schächte in die Moduleinheiten mit eingeplant. Auf Grund der nicht existierenden Stützen in den Achsen B und den versetzten Stützen in Achse C können die Schächte vom Flur aus revisioniert werden. Alternativ wird durch die versetzte Anordnung der Schächte nochmals die Möglichkeit der Anordnung im Flurbereich überprüft. Es entstehen auf Grund der einzuhaltenden Breiten bei notwendigen Hausfluren erhebliche Zwangspunkte, insbesondere im Bereich der Trenntüren von Nutzungseinheiten.

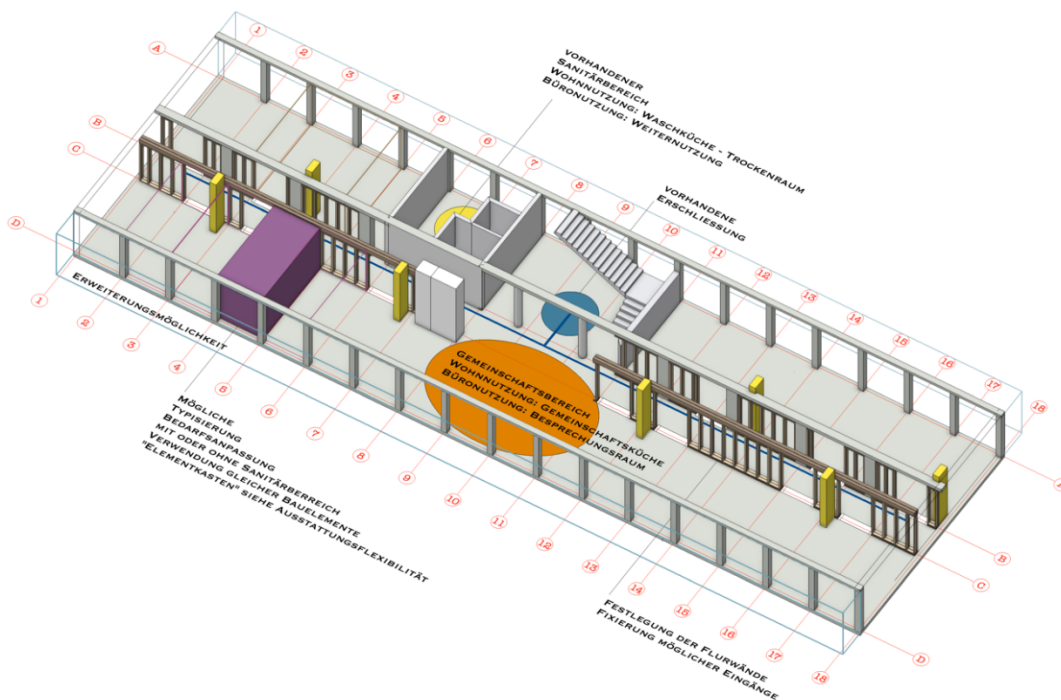


Abbildung 34 3D-Darstellung einer möglichen Nutzungsverteilung

Die bestehenden Sanitärebereiche können weiterhin in Etagen mit Büronutzung verwendet werden. In Etagen mit Wohnnutzung können sie als kleine Werkstätten, Waschküchen und Trockenräume dienen. Gemeinschaftsflächen wie Gemeinschaftsküche oder Besprechungsraum müssen in diesem Fall in die Regelflächen mit integriert werden. Diese werden für die weitere Planung mittig in Lage des bestehenden Treppenhauses geplant. (siehe Abbildung 34)

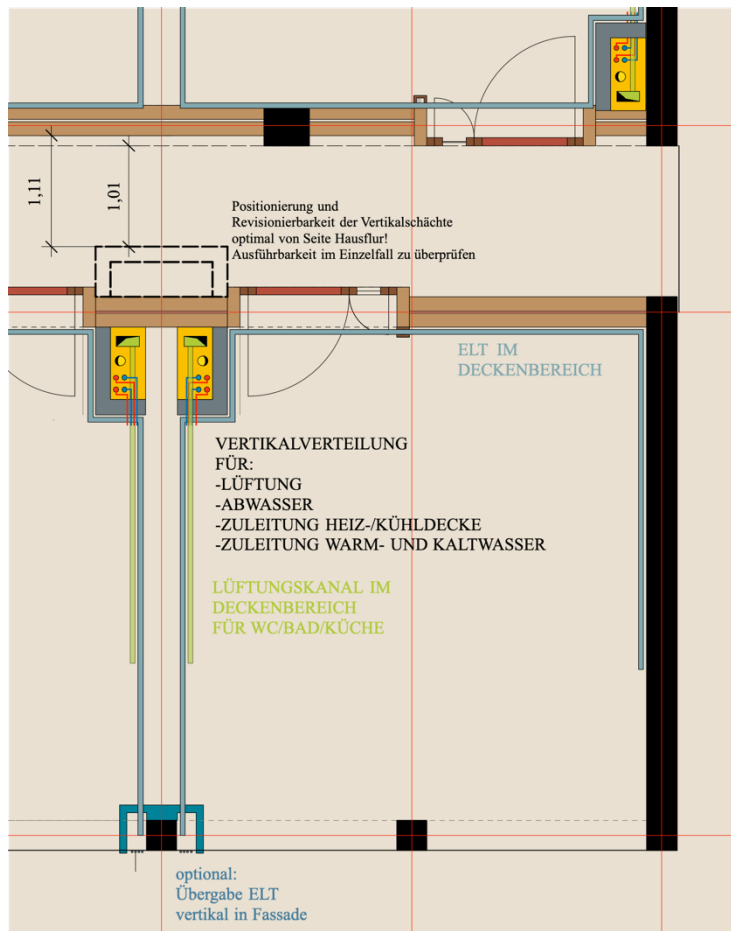


Abbildung 35 Darstellung einer möglichen technischen Medienverteilung innerhalb der kleinsten Einheit

Die Infrastruktur der kleinsten Betriebseinheit wird folgendermaßen untersucht:

Jede Einheit erhält eine eigenständige Versorgung der Medien. Dabei werden Heizung, Zu- und Abwasser und Lüftung über den Hauptschacht versorgt. Die Elektro-Versorgung erfolgt über den Schacht oder die Fassade und dann dreiseitig umlaufend. Die Medien Wasser und Lüftung werden nur stichseitig angefahren. (siehe Abbildung 35)

Die Austauschbarkeit der Nutzungen einer Betriebseinheit wird wie zuvor untersucht. Die Grundflächenmaße von einer lichten Breite von ca. 4,70m ermöglichen eine gute Flurausbildung zwischen Sanitärblock und Aufenthaltsbereich. Die Tiefe von ca. 5,20m ermöglicht eine ausreichende Belichtung des Raumes, eine Erweiterung vor die Fassade ist möglich.

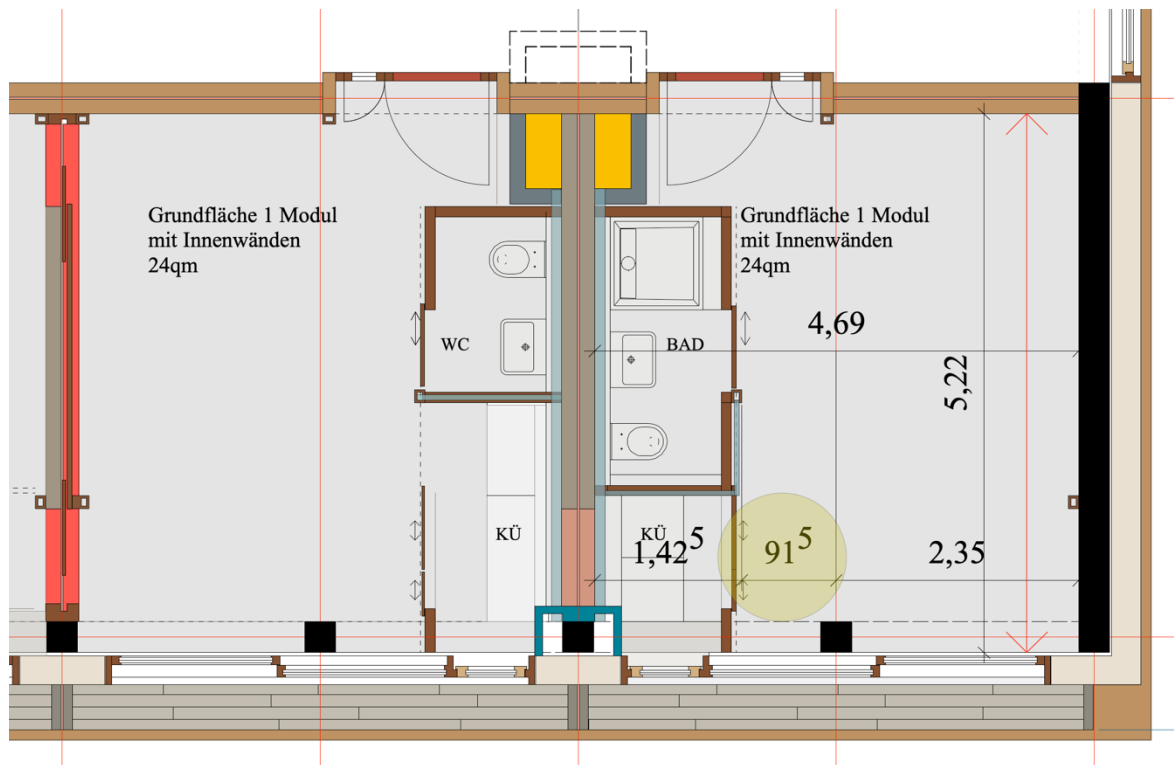


Abbildung 36 Überprüfung der Grundrissgeometrie der kleinstmöglichen Einheit bei Untersuchungsobjekt 2

Abschließend kann man feststellen, dass bei **Untersuchungsobjekt 2** sowohl eine neue zusätzliche Infrastruktur für den Gesamtgrundriss, als auch für die kleinstmögliche Betriebseinheit gut einzuplanen ist. Die organisatorische vorhandene Struktur ermöglicht eine Erweiterung und Umplanung in verschieden große Nutzungseinheiten.

3.7 Möglichkeiten des Gebrauchs

Nach erfolgter Untersuchung von Möglichkeiten zu Veränderung und Nutzung der beiden beispielhaften Bestandsobjekte folgt nun die Ausarbeitung der verschiedenen Gebrauchsmöglichkeiten anhand des Anschauungsobjektes in der Ferdinand-Porsche-Straße. Nach der infrastrukturellen Neuordnung zu den möglichen Betriebseinheiten soll nun dargelegt werden, inwieweit die neue festgelegte Grundstruktur veränderbar und flexibel in Holz außen und innen gestaltet werden kann.

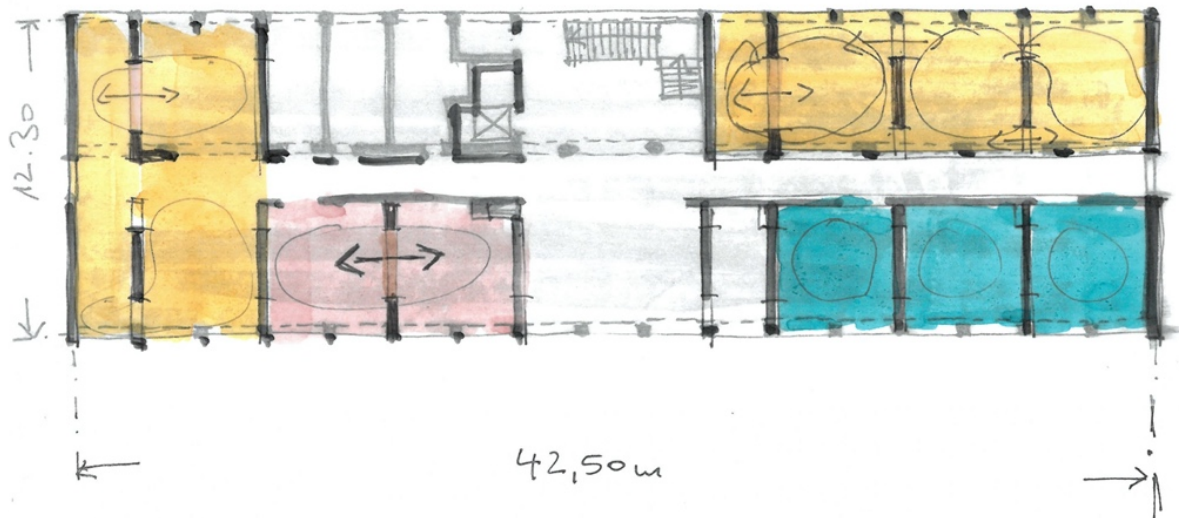


Abbildung 37 Skizze zu Studie Möglichkeiten des Gebrauchs

Die Herangehensweise über ein Arbeitsmodell des speziellen Untersuchungsobjekts, führt zu der Erkenntnis, welche zwei Entwurfsschritte für die prinzipielle Betrachtung in dieser Phase wichtig werden:

1. Die Planung einer Holzfassade in der Stadt:
Hier muss auf die städtebauliche, planungs- und baurechtliche Situation reagiert werden. Kann eine Erweiterung realisiert werden? Welche Form kann als Regelfassadenmodul für das spezielle Objekt ausformuliert werden?
2. Im Innenraum müssen Standardisierungen festgelegt werden. Dazu gehört in erster Linie eine erste Festlegung von Betriebseinheiten (Zusammenschaltung einer Anzahl von Modulen). Denn die Trennung der neuen Betriebseinheiten müssen dem Bauordnungsrecht, aber auch die mit dem Auftraggeber festgelegten Qualitäten Genüge tragen. Es muss untersucht werden welcher Erst-, aber auch Folgeaufwand für eine spätere Änderung der Umnutzung notwendig werden. Und wie erlebbar der Baustoff Holz bei diesen Bauteilen sein kann.

Planung einer Holzfassade, anpassbar an die städtebauliche Situation



Abbildung 38 Foto: Arbeitsmodell - Fassadenstudie

In Kapitel 3.5 wurde die mögliche Erweiterung in der Tiefe eines Gebäudes geprüft. Diese ist bei jedem neu zu untersuchendem Objekt unterschiedlich. In dem Beispiel des **Untersuchungsobjekt 2**, in der Ferdinand-Porsche Str. 26, ist das Gebäude aus planungsrechtlicher Sicht zur Straßenseite bis zur Baugrenze um 1,50m erweiterbar. Die Rückseite hingegen ist durch den zweigeschossigen Anbau zumindest bis zum 2.Obergeschoss in der Erweiterbarkeit stark eingeschränkt. Die weitere Entwurfsbearbeitung wird die straßenseitige Erweiterung in der Tiefe der Erdgeschosszone verfolgen. Auch eine komplette Erweiterung bis zum 3.Obergeschoss wäre durch einen Erweiterungsmodulanbau, gegründet auf dem Erdreich, denkbar. Die Tiefe der bestehenden Räume mit 5,22m bei diesem Objekt im Gegensatz zu der Tiefe von fast 6,00m bei Untersuchungsobjekt 1 würde eine Erweiterbarkeit von einem Meter bezüglich der Belichtung der Räume ermöglichen. Jedoch soll hier für alle Obergeschosse nun ein Regelfall entwickelt werden, und zwar das Anhängen der Fassade an die tragende Stahlbetonskelettstruktur. Der sogenannte Vorbau ist, situativ bedingt, immer anzupassen. Er ist Austritt, optische Erweiterung des Innenraums, Geländer und Sonnenschutz. Die Fassade wird im Elementraster montiert und ist geschoss- und abschnittsweise in einer Länge von 5,00m in den Regelfeldern (Sonderfeld 2,50m und 7,50m breit) auch wieder demontierbar. Die technische Ausführung hierzu folgt in Kapitel 4. Die Austauschbarkeit architektonischer Elemente wird dort ebenfalls dargestellt.

In Abbildung 38 wird der erste Gedanke der Erweiterung des Raumes von innen nach außen gezeigt. Er zeigt jedoch, dass in diesem Entwurfsprozess noch kein Regelfeld moduliert wird.

Die gestalterische Entwicklung eines modulierten Regelelementes, das in Kapitel 4 auch technisch ausgearbeitet wird, erfolgt in 3 Stufen, siehe Abbildung hierzu Abbildung 39.

Fassadenstudie: Prinzipien für die Entwurfentwicklung spezieller Objekte

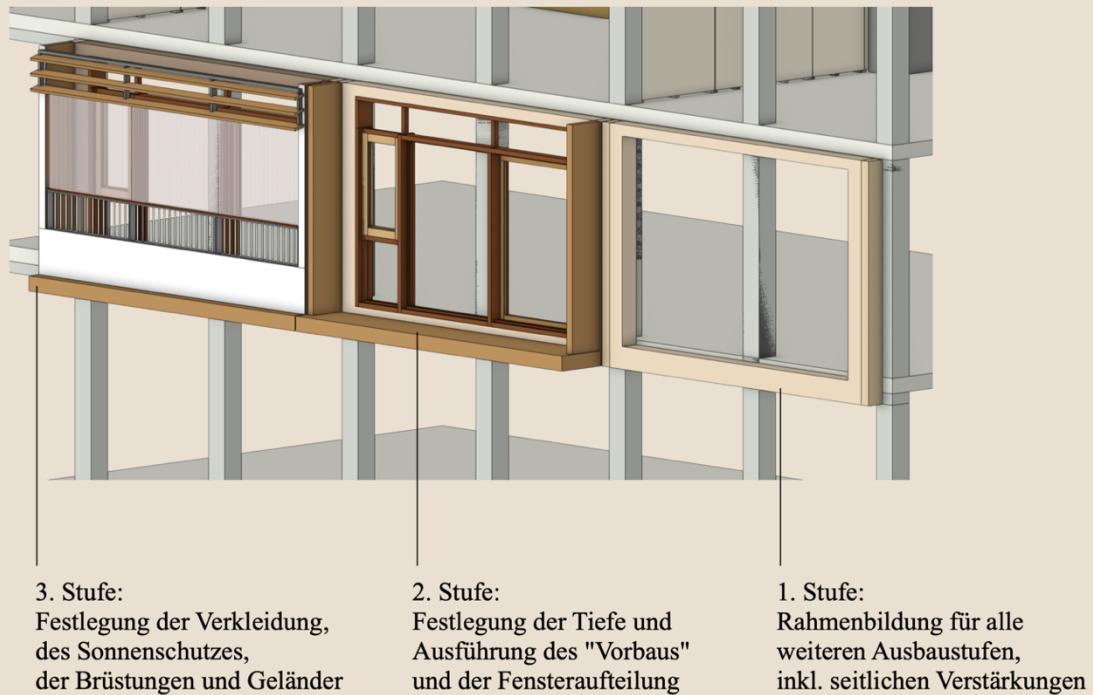


Abbildung 39 3D-Fassadenstudie: Prinzipien Entwurfentwicklung spezieller Objekte

Der Vorbau ist Austritt, optische Erweiterung des Innenraums, Geländer und Sonnenschutz. Die Fassade wird im Elementraster montiert und ist geschoss- und abschnittsweise in einer Länge von 5,00m in den Regelfeldern (Sonderfeld 7,50m breit) auch wieder demontierbar. Die Austauschbarkeit verschiedener architektonischer Elemente wird nachfolgend dargestellt.

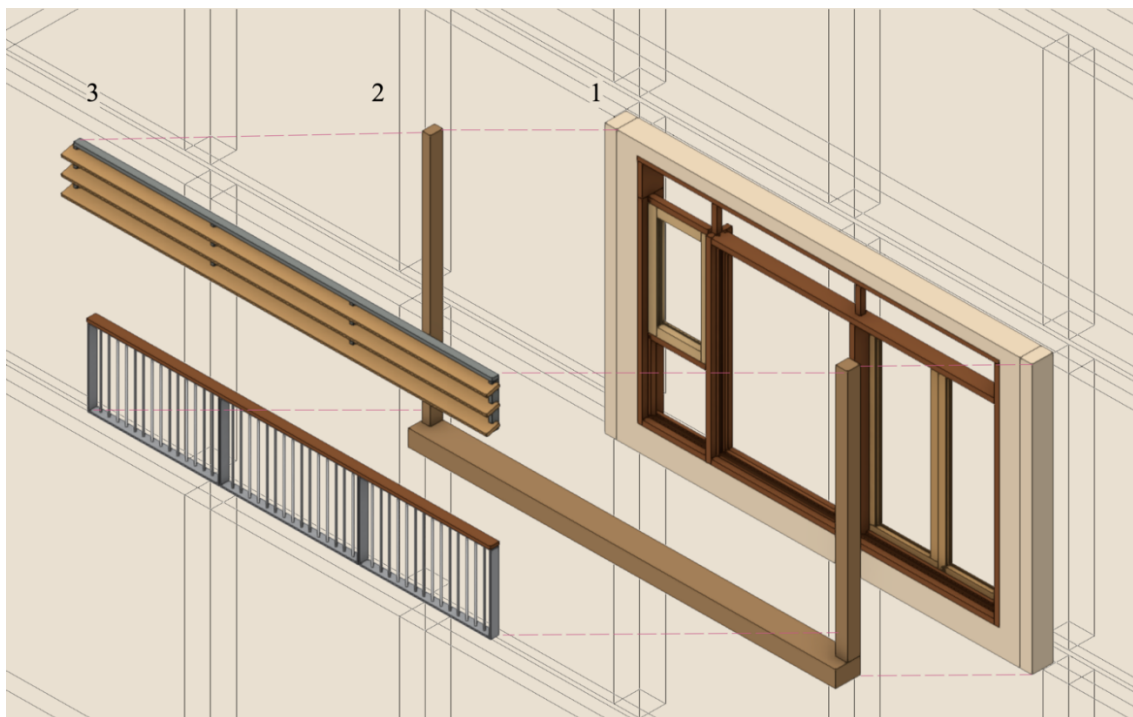


Abbildung 40 3D-Darstellung der Fassadenentwicklung in 3 Stufen



Abbildung 41 Beispiel Material Fassade
Haus Rüscher

Es muss aus Gründen des Entwurfs reagiert werden und es müssen einzelne Elemente austauschbar und umformbar bleiben, ausgenommen der Stufe 1.

Stufe 1 folgt den statischen Notwendigkeiten, d.h. notwendige vertikale Anbringung an den Stahlbetonstützen des Rahmens mit notwendiger seitlicher Verstärkung für den in Stufe 2 folgenden Vorbau.

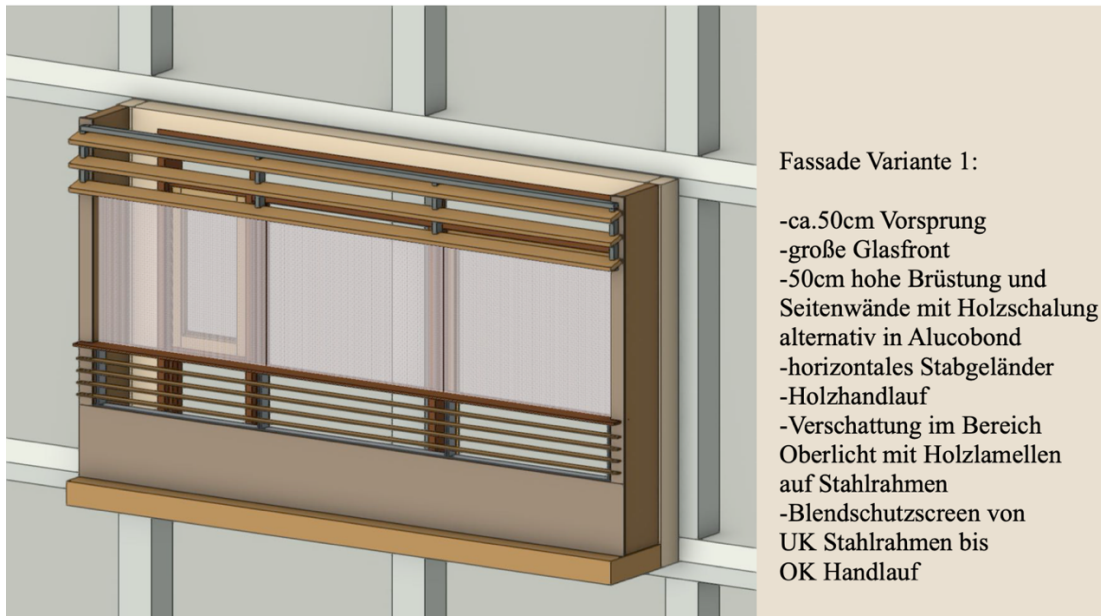
Im Anschluss werden Fensteraufteilung und die Tiefe des Vorbaus festgelegt. Die Tiefe des Vorbaus hängt von statischen Möglichkeiten ab. Er wird in unserer Arbeit mit seitlichen Massivholzwänden ausgeführt. Eine Auflösung des Rahmens wäre mit dem Wechsel von Holz in den Baustahl denkbar und könnte die Schottenbauweise optisch auflösen. In der letzten Stufe werden Höhe (je Gebäudeklasse) und Art der

22

Balkongeländer und der Sonnenschutz festgelegt. Es erfolgt also ein Planen vom Vorderkante der bestehenden Stahlbetonstütze, weg zur äußersten Schicht.

So wie die Formen, sollen auch die Materialien austauschbar bleiben und für jedes spezielle Objekt wird ein Regelelement entwickelt.

In den folgenden Abbildungen werden Varianten möglicher gestalterischer Ausformulierungen dargestellt.



Fassade Variante 1:

- ca.50cm Vorsprung
- große Glasfront
- 50cm hohe Brüstung und Seitenwände mit Holzschalung alternativ in Alucobond
- horizontales Stabgeländer
- Holzhandlauf
- Verschattung im Bereich Oberlicht mit Holzlamellen auf Stahlrahmen
- Blendschutzscreen von UK Stahlrahmen bis OK Handlauf

Abbildung 42 3D-Studie Fassade Variante 1

²² Ab fotografiert aus « Fassaden aus Holz », Haus Rüscher von Dietrich I Untertrifaller, S.86

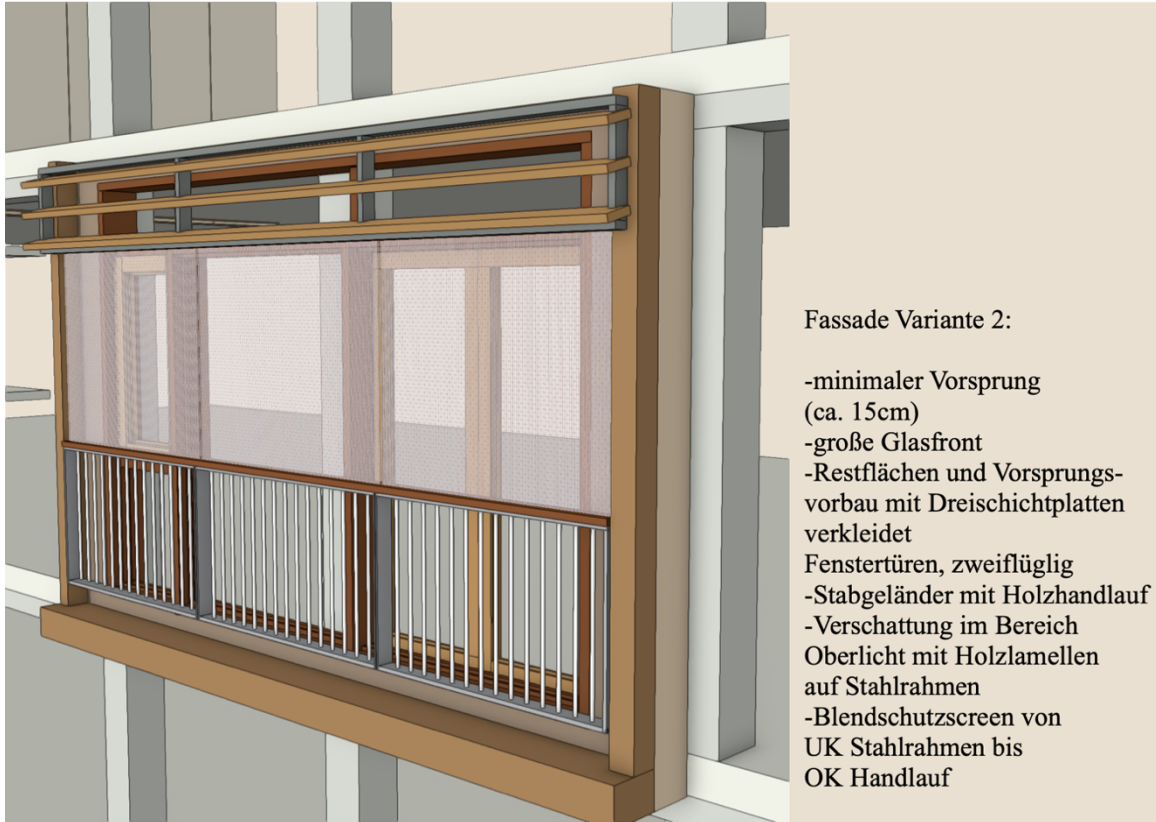


Abbildung 43 3D-Studie Fassade Variante 2

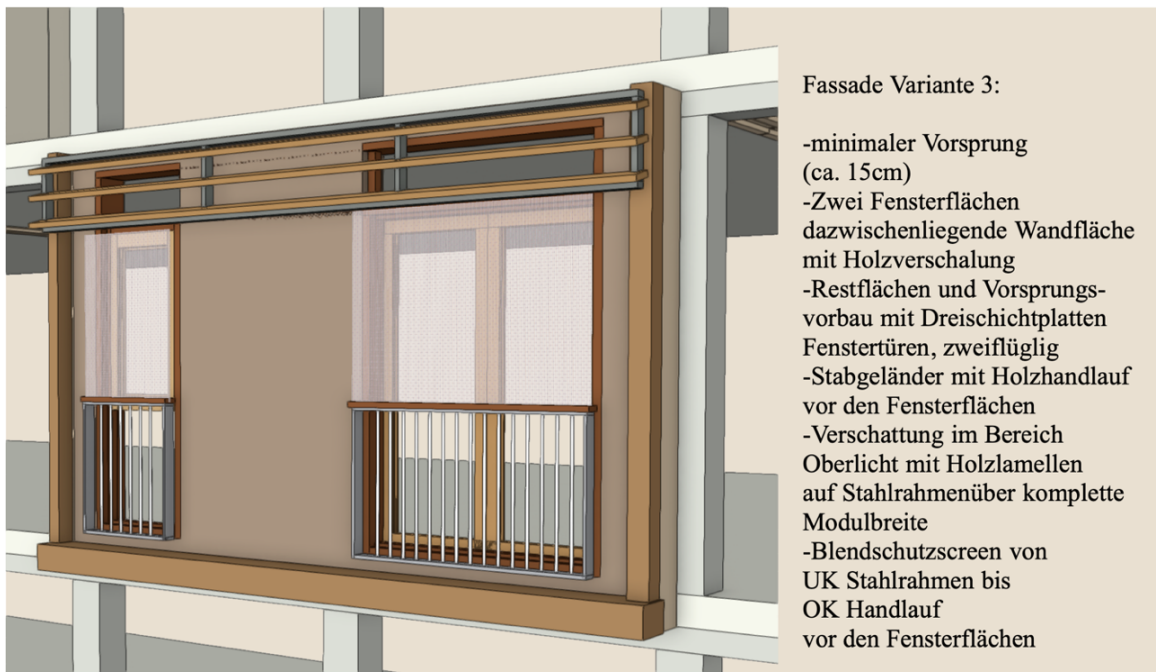


Abbildung 44 3D-Studie Fassade Variante 3

Holz im Innenausbau für die Trennung von Betriebseinheiten



Abbildung 45 Foto Arbeitsmodell - Grundrissstudie

Wie in den Betrachtungen bereits erwähnt erscheint der Werkstoff Holz für den Innenausbau eines bestehenden Stahlbetonskelettbau zunächst einmal nicht naheliegend. (siehe Kapitel 2.3)

Das Gebäude ist zwischenzeitlich entkleidet. Der Grad der Entkernung muss im Einzelfall mit dem Auftraggeber abgestimmt werden. Wir gehen von einem bis auf den Rohboden entkernten Gebäude aus. Aus ökologischen und ökonomischen Gründen wäre ein Verbleib des Estrichs vorstellbar. Wenn der Verbleib entschieden wird, müssten bestimmte Maßnahmen im weiteren Ausbau besonders beachtet werden. (z.B. Trennung des bestehenden Estrichs durch Fräsen bis zur Trittschalldämmung im Bereich der neuen Betriebseinheitenwände). Hierzu müsste untersucht werden, inwieweit der vorhandene Bodenaufbau überhaupt über eine ausreichende Schicht Trittschalldämmung für die neue Nutzung Wohnen enthält und nach welcher Schallschutzstufe der Ausbau generell erfolgen soll.

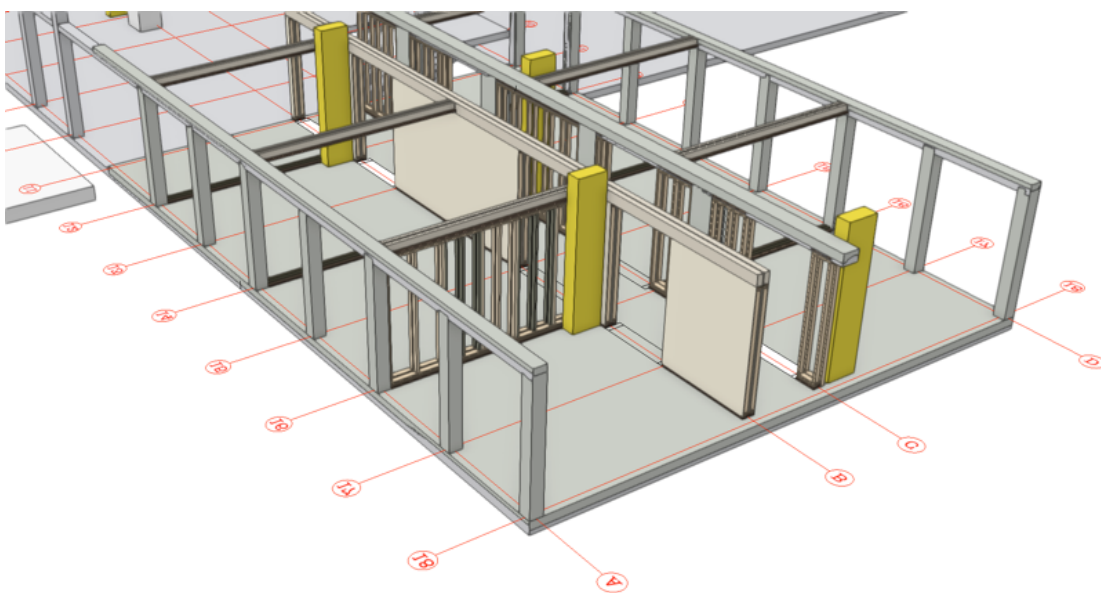


Abbildung 46 3D-Studie Verteilung der Schächte und Festlegung von Trennwänden für Betriebseinheiten

In dieser Phase des Ausbaus sind die Festlegungen von Schallschutzstufen für den gesamten Innenbereich von entscheidender Bedeutung. Entgegen den höchsten Brandschutzanforderungen sind die Ausführungen des Schallschutzes baurechtlich nur nach den in der DIN4109-1 festgelegten Werten als Mindestanforderungen gefordert. Unten stehende Tabelle gibt eine Orientierung über die Zielwerte unterschiedlicher Schallschutzniveaus nach der Empfehlung des «Informationsdienst Holz: Schallschutz im Holzbau» von Holzbau Deutschland-Institut e.V.²³.

Die Festlegung des gewünschten Schallschutzniveaus in Absprache mit den Auftraggebern ist für die weitere Bearbeitung der Planung von hoher Wichtigkeit.

Tabelle 2 Normative Anforderung und Empfehlung für wichtige Zielwerte			
1	Schallschutzniveau		
	2	3	4
Bauteil / Übertragungsweg:	BASIS \triangle DIN 4109-1:2018	BASIS +	KOMFORT
1 Wohnungstrennwand	$R'_{w} \geq 53$ dB	$R'_{w} \geq 56$ dB	$R'_{w} \geq 59$ dB
2 Reihenhaustrennwand	$R'_{w} \geq 62$ dB	$R'_{w} \geq 62$ dB $R_w + C_{50-5000} \geq 62$ dB ^{1) 5)}	$R'_{w} \geq 67$ dB $R_w + C_{50-5000} \geq 65$ dB ^{1) 5)}
3 Wohnungstrenndecke	$R'_{w} \geq 54$ dB	$R'_{w} \geq 57$ dB	$R'_{w} \geq 60$ dB
4 Wohnungstrenndecke Trittschallpegel	$L'_{n,w} \leq 53$ dB ³⁾	$L'_{n,w} \leq 50$ dB $L_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 50$ dB ²⁾	$L'_{n,w} \leq 46$ dB $L_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 47$ dB ²⁾
5 Dachterrassen und Loggien mit darunterliegenden Wohnräumen	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
6 Decken unter Laubengängen (in alle Schallausbreitungsrichtungen)	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
7 Treppenlauf und Treppenpodest	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
8 Außenlärm nach Lärmpegelbereich und Anforderungen der DIN 4109			Anforderungen nach DIN 4109 inkl. Berücksichtigung $C_{1,50-5000}$ für das opake Bauteil ⁴⁾
9 Weitere Bauteile	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-5:2019 ⁶⁾

¹⁾ ergänzender Luftschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken
²⁾ ergänzender Trittschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken
³⁾ Sonderregelung für Deckenkonstruktionen, die der DIN 4109-33:2016 zuzuordnen sind, ansonsten $L'_{n,w} \leq 50$ dB
⁴⁾ Für Fensterflächenanteile über 30% gesonderte Betrachtung, reine Bauteilanforderung
⁵⁾ Anforderung an die Doppelschalenwand, beide Wände
⁶⁾ nach jeweils gültiger Fassung oder E-DIN 4109-5:2018

Abbildung 47 Tabelle 2 aus "Schallschutz im Holzbau"- Zielwerte im Holzbau - Normative Anforderungen und Empfehlung für wichtige Zielwerte

Um die Variationen des Gebrauchs nun weiter zu planen, ist eine Hierarchie der weiteren Ausbaustufen erforderlich. Die erste Ausbaustufe wird die zukünftige Kopplung mit der neuen Infrastruktur merklich prägen. Ihre Veränderbarkeit wird lediglich durch Entfernen eines Türfüllelementes realisierbar. Sie beinhaltet die Umfassung der Schachtwände und die Abtrennung der Flur- zu den Wohnungszonen.

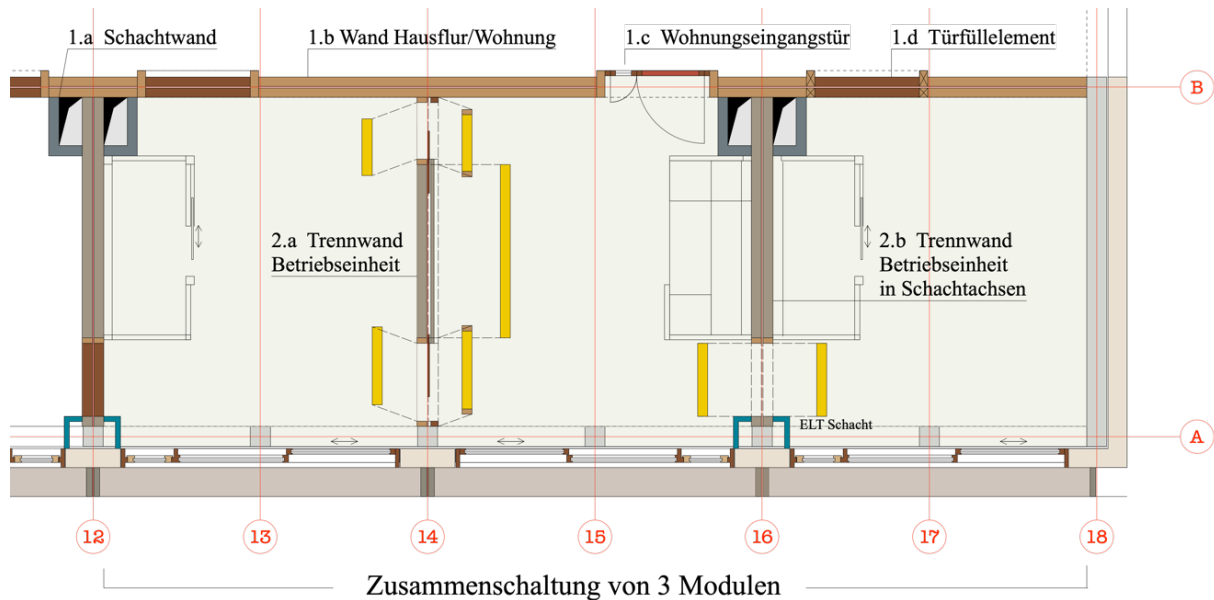


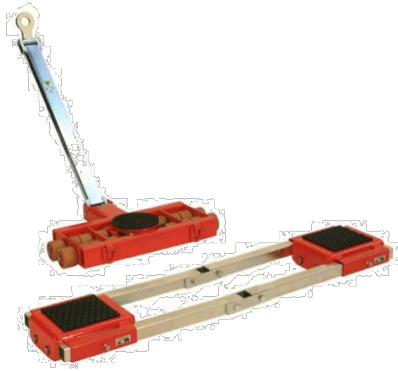
Abbildung 48 Darstellung von unterschiedlichen Trennwandbauteilen

Ausbaustufe 1 beinhaltet folgende Bauteile:

- 1.a Schachtwand EI 60/R`w ≥ 54 dB, R`w ≥ 61 dB (Ausführung erfolgt in Trockenbau)
- 1.b Wand Hausflur/Wohnung EI 60/R`w ≥ 59 dB
- 1.c Wohnungseingangstür EI 60/R`w ≥ 59 dB
- 1.d Türfüllelement EI 60/Rw ≥ 59 dB

Die oben genannten Werte sind bezüglich des Brandschutzes auf ein Minimum einzuhalten. Die Trennung der Betriebseinheitenwände wird im ersten Untersuchungsschritt als zweischalige Holzrahmenbauwand angedacht. Die oben aufgeführten Schallschutzwerte entsprechen nach der genannten Tabelle dem Standard«KOMFORT». Es muss nun geprüft werden, inwieweit diese Werte mit der gewünschten Flexibilität eingehalten werden können.

Anhand dieses Wandtypus wird das Adaptersystem zum Anschluss an den Bestand, also die Anschlüsse an Decke, Unterzüge, Stützen und Boden erstmalig in dieser Arbeit angedacht. (siehe Abbildung 50)



Durch das Vorrichten eines solchen Systems wird eine Art Hilfestellung zur Montage der Elemente geplant.

Die Wandelemente sollen in Abschnitten seitwärts an den Adapter mit Hilfe eines Montagehebwerkzeugs eingesetzt werden.

Abbildung 49 Darstellung eines Montagehebwerkzeugs – Quelle unbekannt

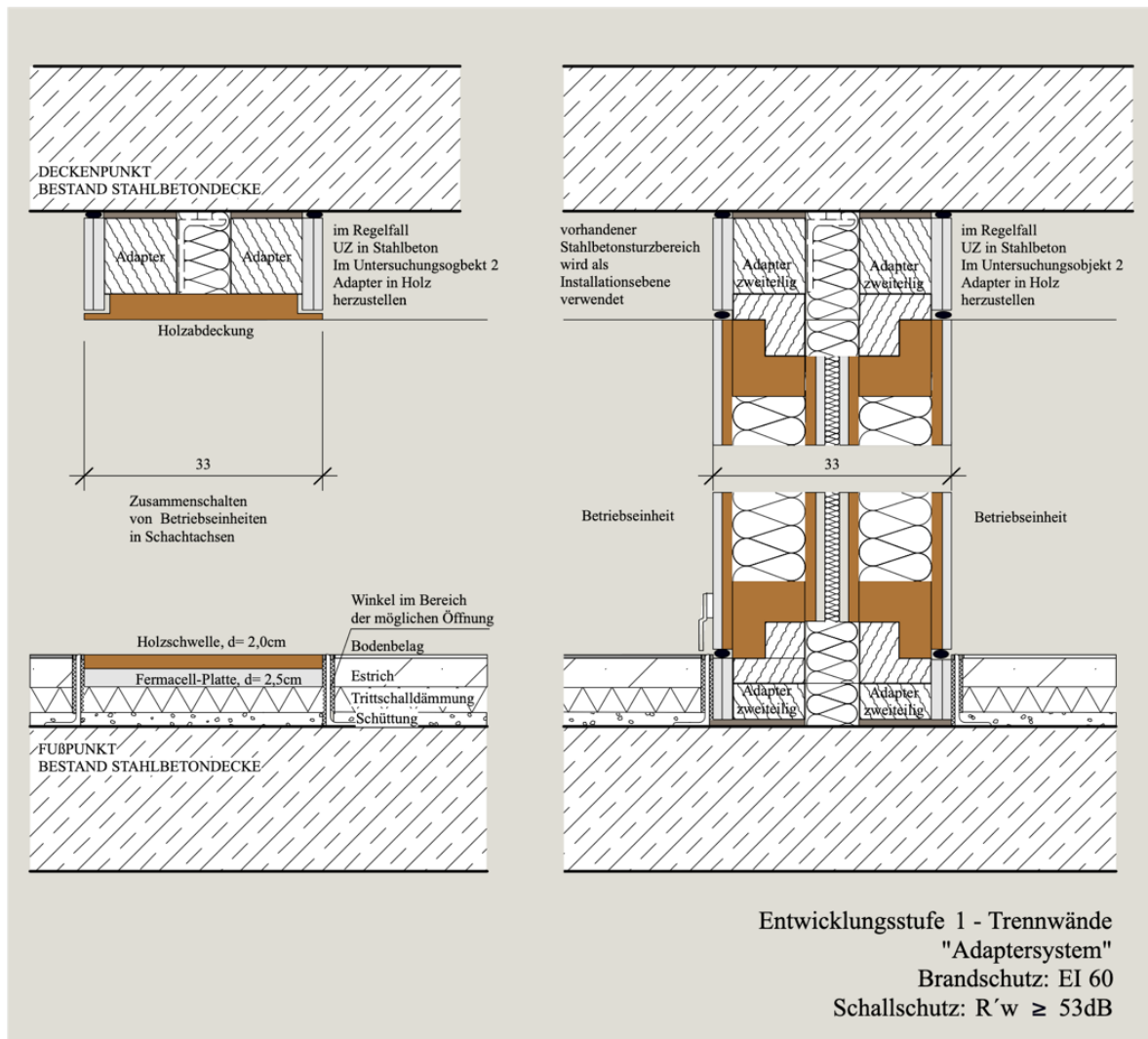


Abbildung 50 Darstellung der Entwicklung eines Adaptersystems für Trennwände von Betriebseinheiten

Notwendige Vorrichtung im Deckenbereich:

Da die einzusetzenden Wandelemente bis UK Stahlbetonunterzug anschließen sollten, müssen die Decken in den Bereichen ohne Stahlbetonunterzug über einen Adaptersystem ergänzt werden. Der vorhandene Unterzugsbereich kann somit für die spätere Medienverteilung und Haustechnik verwendet werden.

Notwendige Vorrichtung im Bodenbereich:

Im Falle einer neuen Verlegung des Fußbodenaufbaus wird der gesamte Aufbau in den Grundrissfläche des Wandbereich mit einem Stahlwinkel abgestellt.

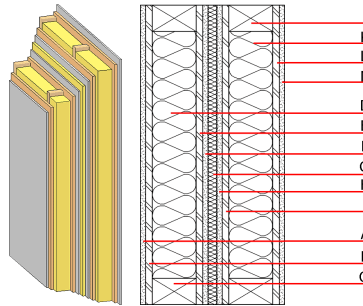
Bei Offenhaltung muss eine Schwelle ausgebildet werden, beim Einsetzen der Wände muss, wie im Deckenbereich ein Adapterstück eingesetzt werden

Trennwand - twrxo07a-01

Trennwand, Holzrahmen/Holztafel, ohne Installationsebene, zweischalig, andere Oberfläche

Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz	REI	60
gilt für jede einzelne der tragenden Wände; für den Gesamtaufbau: EI90; max. Wandhöhe = 3 m; max. Last $E_{d,R} = 19,2 \text{ kN/m}$ Klassifizierung durch MA39		
Wärmeschutz	U Diffusionsverhalten	0,16 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ geeignet
Berechnung durch HFA		
Schallschutz	R_w (C,C ₂) $L_{w,w}$ (C ₂)	60(-3;-10) dB
Beurteilung durch MA39		
Flächenbezogene Masse	m	98,00 kg/m^2
Berechnet mit GKF		



Bemerkung: e=625

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				c	Brandverhaltensklasse EN
			λ	μ min – max	ρ			
A	12,5	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2	
A	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2	
B	15,0	OSB	0,130	200	600	1,700	D	
C	100,0	Konstruktionsholz (60/100; e=*)	0,120	50	450	1,600	D	
D	100,0	Mineralwolle (D35; 50; <1000°C)	0,035	1	50	1,030	A1	
E	15,0	OSB	0,130	200	600	1,700	D	
F	12,5	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2	
F	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2	
G	20,0	Mineralwolle (D40; ≥ 16 ; <1000°C)	0,040	1	16	1,030	A1	
H	12,5	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2	
H	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2	
I	15,0	OSB	0,130	200	600	1,700	D	
J	100,0	Konstruktionsholz (60/100; e=*)	0,120	50	450	1,600	D	
K	100,0	Mineralwolle (D35; 50; <1000°C)	0,035	1	50	1,030	A1	
L	15,0	OSB	0,130	200	600	1,700	D	
M	12,5	Gipsplatte Typ DF (GKF) oder	0,250	10	800	1,050	A2	
M	12,5	Gipsfaserplatte	0,320	21	1000	1,100	A2	

Ökologische Bewertung (pro m^2 Konstruktionsfläche)

Datenbasis ecoinvent	
$\Delta OI3$	60,7
Berechnung durch HFA	

dataholz.eu – Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Baustoffe, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau, freigegeben von akkreditierten Prüfanstalten.
 Die Kennwerte können als Grundlage für Nachweise gegenüber Baubehörden herangezogen werden.

Abbildung 51 gewählter Wandaufbau für Untersuchung des Einsatzes einer Doppelständerwand aus Holz bei Trennung von Betriebseinheiten²⁴ aus dem Internet von dataholz.eu,

²⁴ link: <https://www.dataholz.eu/bauteile/trennwand/variante/kz/twrxxo07a/nr/1/con/nuDataholz/act/bauteilVariante-Datenblatt/la/de/doc>

Es ist festzuhalten, dass der Wandaufbau als System einen Schallschutzwert von R_w 60 dB aufweist. Wenn man sowohl die auftretenden flankierenden Anschlüsse an alle vorhandenen Stahlbetonteile und Querwände, als auch die Anschlüsse an die Türfüllelemente beachtet, wird das fertige Bauteil «Trennwand» lediglich die Mindestanforderung an den Schallschutz von $R'w \geq 53$ dB erfüllen (BASIS DIN 4109-1). siehe Tabelle Abbildung 47)

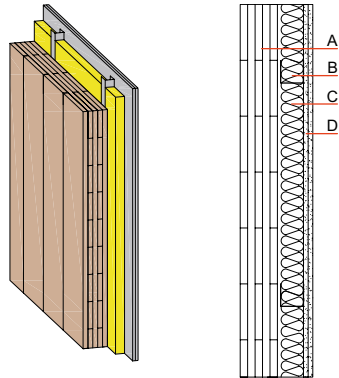
Außerdem wird den Brandschutz betreffend der Wert EI 60 erreicht. Dies ist für das **Untersuchungsobjekt 2** ausreichend, bei **Untersuchungsobjekt 1** jedoch nicht (Forderung EI90, Gebäudeklasse 5).

Zudem ist die Gesamtbreite von 33cm für einen Anschluss an die bestehenden Stahlbetonstützen in der Detailentwicklung problematisch.





Auf Grund der technischen und gestalterischen Schwierigkeiten des zuvor angewendeten Systems, wird ein zweischichtiges Wandsystem aus einer Lage Brettsper Holz mit frei vorgesetzter Trockenbauwand geprüft.

Bei dieser Ausführungsart verlässt man das Prinzip der reinen Verwendung von Holzständern. Durch das Einsetzen einer massiven Holzwandscheibe und einer davor gesetzten Metallständerwand erreicht man eine hohe Gestaltungsvielfalt je nach notwendiger Anforderung. (siehe Datenblatt Abbildung 52)

Innenwand – Massivholzbau mit Installationsebene, Sichtqualität: IW04 b



Bauphysikalische und ökologische Bewertung





 Brandschutz	REI	60 90
max. Knicklänge l = 3 m max. Last (q _{fi, d}) = Schicht A 60 [kN/m] max. Last (q _{fi, d}) = Schicht D 80 [kN/m]		
 Wärmeschutz	U [W/m²K]	0,322
 Schallschutz	R _w [dB]	62
 Ökologie	ΔOI3	39

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau | von außen nach innen

	Dicke [mm]	Baustoff	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m · K)]	Rohdichte ρ [kg/m³]	Brennbarkeitsklasse EN 13501-1
A	100	Brettsper Holz BBS, 5-schichtig	0,12	450	D
B	85	Freistehende Vorsatzschale (Rigips Rigiprofil CW 75)	—	—	A1
C	60	Mineralwolle, z.B. Isover Kontur KP 1-035	0,034	24	A1
D	25	Rigips Feuerschutzplatte PF* (2 x 12,5 mm)	0,25	800	A2
Gesamt	21 cm			68,84 kg/m²	

Ökologische Bewertung im Detail | www.baubook.info/massivholzhandbuch

PENRT [MJ/m²]	GWP100 Summe [kg CO ₂ /m²]	AP [kg SO ₂ /m²]
615	-33,3	0,180

 Klassifizierung durch IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung, A-4020 Linz
 Berechnung durch IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie, A-1090 Wien
 Bewertet durch ift Rosenheim – Schallschutzzentrum, D-83026 Rosenheim bzw. Holzforschung Austria, A-1030 Wien
 Berechnung durch IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie, A-1090 Wien

*Gleicher Feuerwiderstand und Schallschutz bei Verwendung von Rigidur H Gipsfaserplatten oder Riduro Holzbauplatten. Die dargestellten Aufbauten wurden im Auftrag von binderholz und Saint-Gobain Rigips Austria durch akkreditierte Prüfanstalten bewertet.

Abbildung 52 Produktdatenblatt für zweischalige Trennwand einer Betriebseinheit aus "Innen- & Trennwand Massivholzhandbuch 2.0", Hrsg. Binderholz GmbH und Saint-Gobain Rigips Austria GesmbH, 1.Auflage, Dezember 2018, S.9

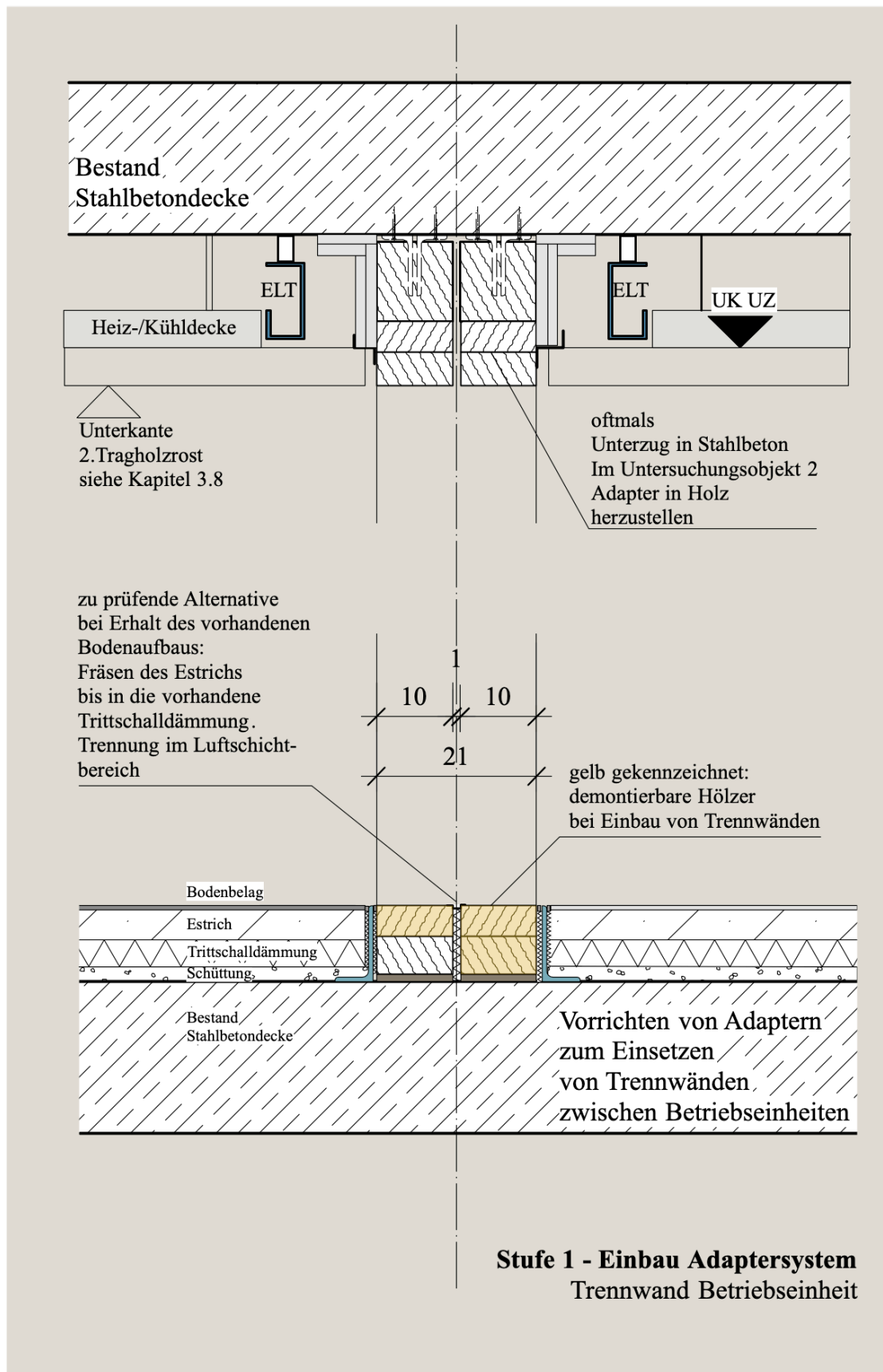


Abbildung 53 Darstellung Schnitt Trennwand zweischalig BSP mit freistehender Vorsatzschale – Stufe 1 –

Einbau Adaptersystem – keine Trennwand

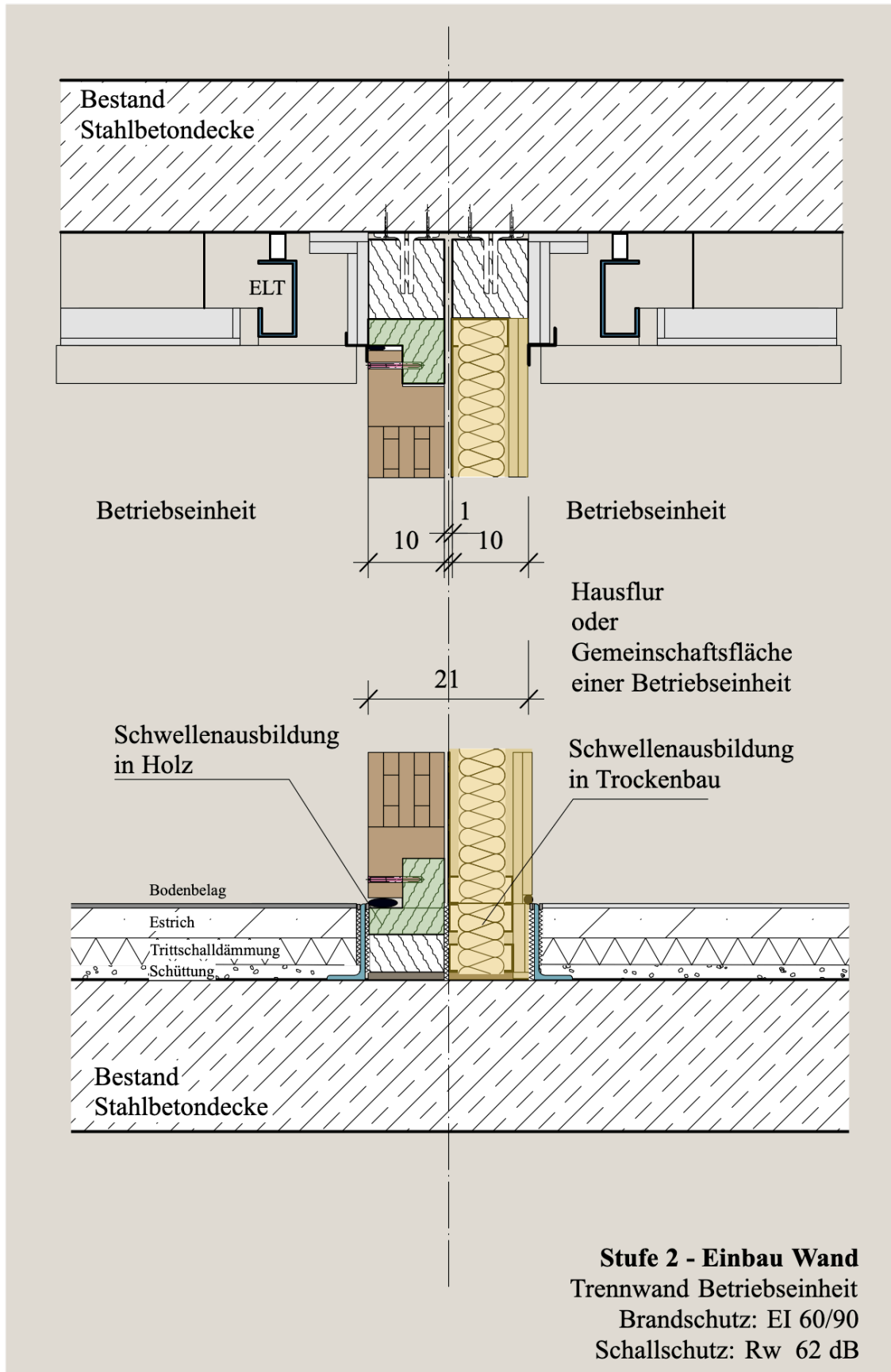


Abbildung 54 Darstellung Schnitt Trennwand zweischalig BSP mit freistehender Vorsatzschale – Stufe 2 –
Einbau zur Trennung einer Betriebseinheit

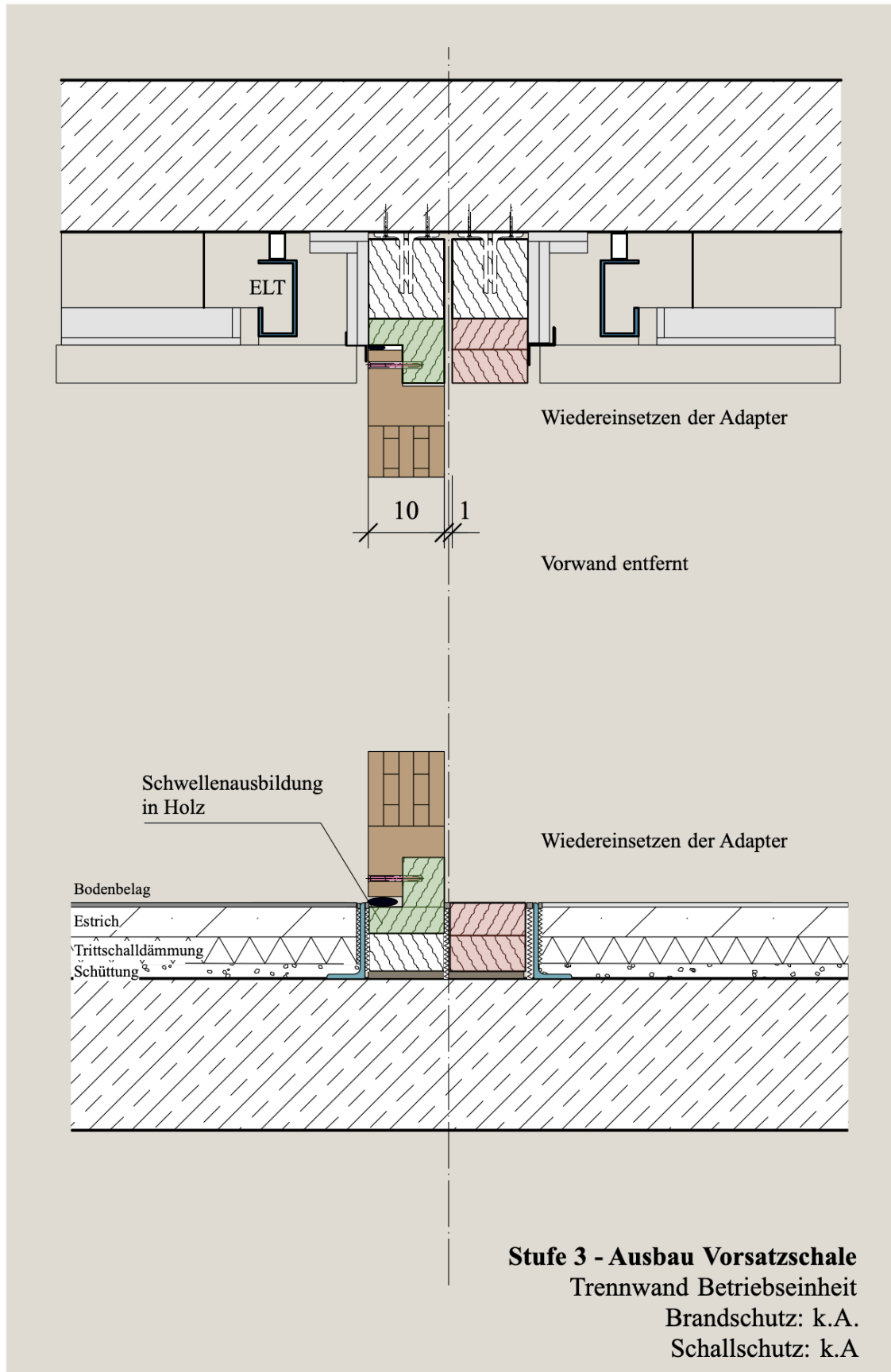


Abbildung 55 Darstellung Schnitt Trennwand zweischalig BSP mit freistehender Vorsatzschale – Stufe 3 –
 Einbau innerhalb einer Betriebseinheit

Beim Zusammenschalten von mehreren Betriebseinheiten, über den Hausflur hinweg zu einer großen Gemeinschaftseinheit, kann die Vorsatzschale entfernt werden, da keine Anforderung an Baustoffe (nichtbrennbar in notwendigen Fluren) besteht. Hierdurch sind beide Wandsichtflächen in Holz möglich.

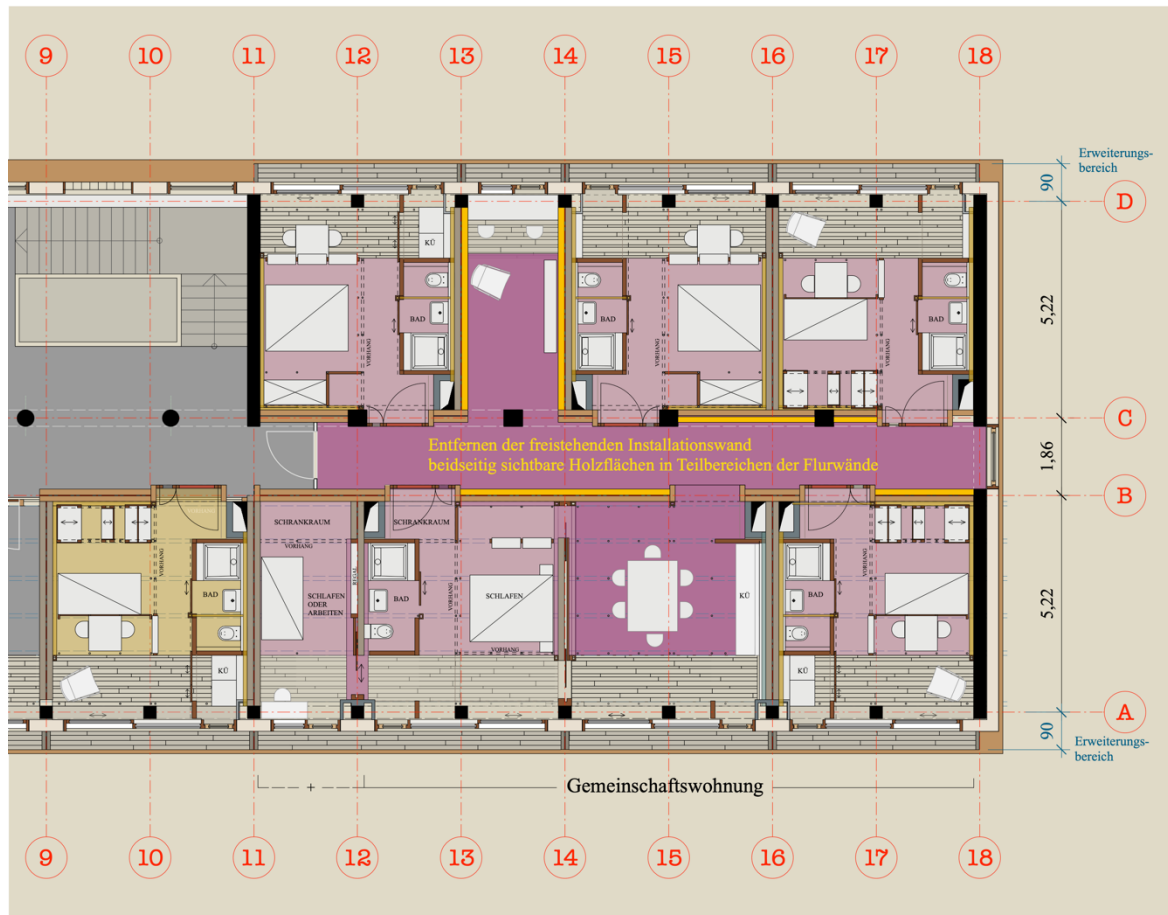


Abbildung 56 Darstellung Grundriss einer großen Wohneinheit mit sichtbaren Holzflächen

Es bleibt festzuhalten, dass bei der Verwendung dieses Aufbaus maximal die Schallschutzstufe «BASIS+» nach der Empfehlung für wichtige Zielwerte nach der in Abbildung 47 aufgeführten Tabelle im Wohnungsbau erreicht werden kann.

Um die höchste Stufe «KOMFORT» zu erreichen, müsste ein vergleichbarer Aufbau mit beidseitiger Vorsatzschale und dazwischenliegender Brettsperrholzmassivplatte (10cm, 5 schichtig) eingebaut werden. Dies ergäbe eine Wandstärke von $d = 32\text{cm}$. Damit würde der Wandaufbau einen R_w -Wert von 68dB erreichen. Der Anteil der Trockenbauwand mit Metallständern wäre dann mindestens genauso hoch wie eine herkömmliche Doppelständerwand in Trockenbauweise.

Auf Grundlage der Wandausbildung (wie oben zeichnerisch dargestellt), soll dieses Prinzip für die nächste Ausbaustufe und somit mit der Stufe «Basis +» eingesetzt werden.

In der zweiten Baustufe werden nun die künftigen Betriebseinheiten in der Länge der Fassade festgelegt. An Hand eines Beispiels zur Zusammenlegung von 3 Modulen soll die Gestaltung und der Aufwand der Veränderbarkeit überprüft werden.

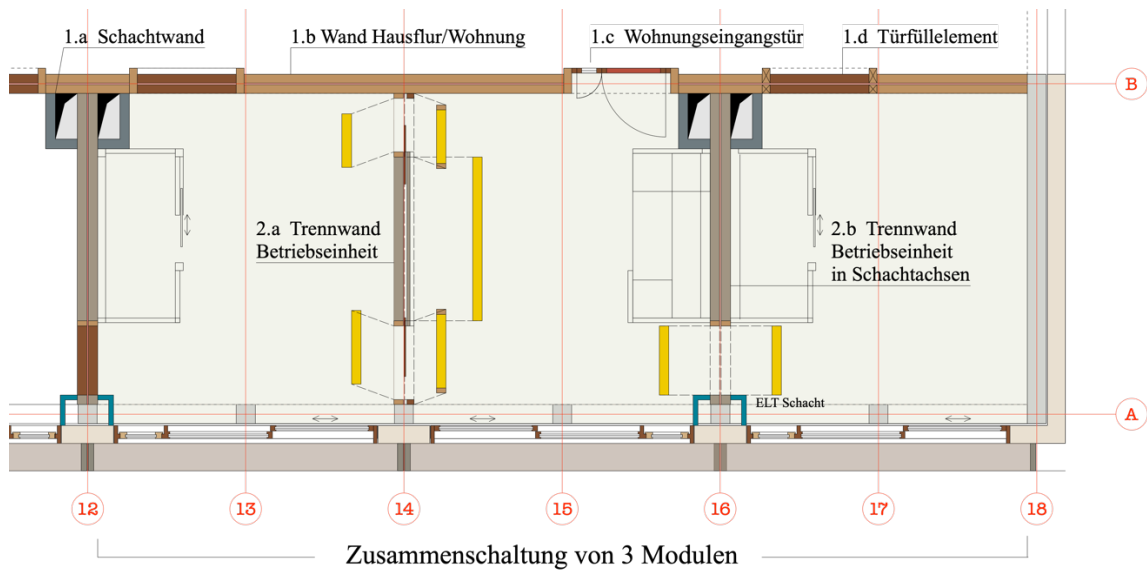


Abbildung 57 gleiche Abbildung 48

Prinzipiell sind zwei unterschiedliche Trennwandtypen zu untersuchen:

Typ 2.a Trennwand in den Achsen ohne Schachtführung

Typ 2.b Trennwand in den Achsen mit Schachtführung

Bei Trennwand Typ 2.a werden im Bereich der Fassade und an der Trennwand zum Hausflur jeweils ein Entnehmen von Wandelementen zur Zusammenschaltung eingeplant, währenddessen in der Trennwand Typ 2.b ein Entnehmen lediglich im Anschlussbereich der Fassade erfolgt. Zudem soll bei Wandtyp 2.a das Entfernen einer der beiden Wandschichten zur Optimierung der Grundfläche im Mittelbereich möglich werden.

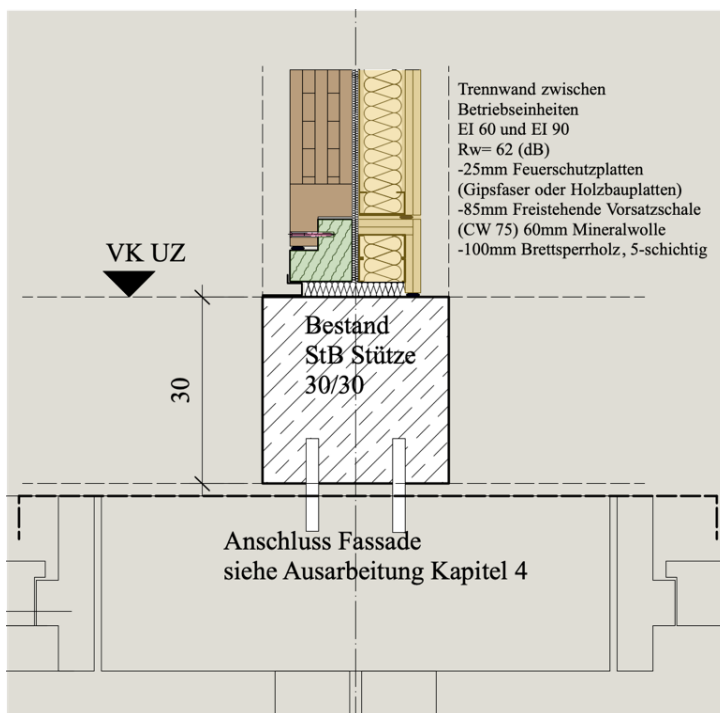


Abbildung 58 Darstellung Grundriss Anschluss zweischalige Trennwand an Fassadenstütze

Dies ist wiederum bei Wandtyp 2.b nicht erforderlich, da hier die Nassräume angeordnet werden. Allerdings muss hier auf Grund der optionalen Einführung der Elektroversorgung im neuen Fassadenelement der Anschlussbereich Adapter Wand gesondert betrachtet werden.

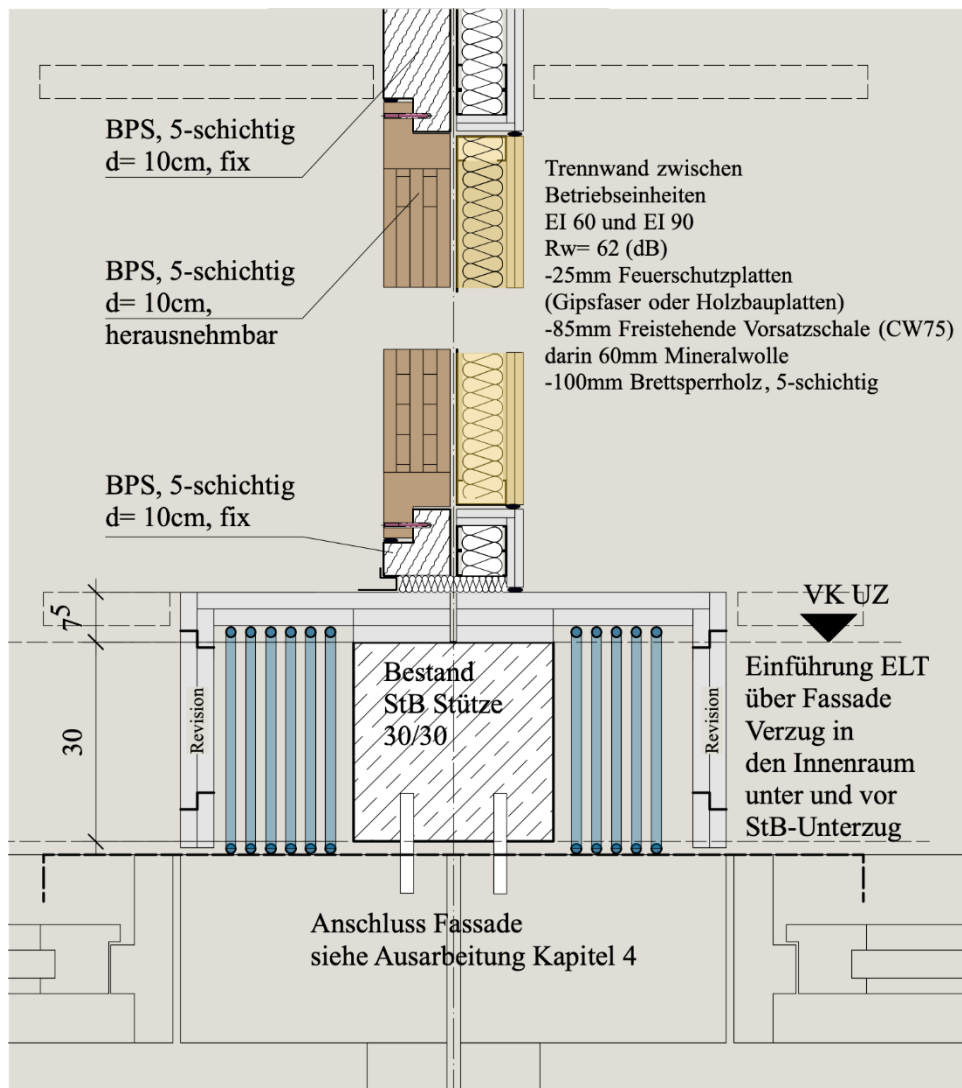


Abbildung 59 Darstellung Grundriss Anschluss zweischalige Trennwand an Fassadenstütze mit Einführung Elektroleitung aus Fassadensystem

In den Regelfällen der Stahlbetonkonstruktion verläuft mindestens in jeder zweiten Achse ein Unterzug zum Mittelbereich. In diesem speziellen Fall sieht dies anders aus (s. Kapitel 3.5.2.2). Die Decke spannt von der Fassade bis zum Unterzug im Mittelteil ohne darunterliegende Stahlbetonunterzüge. Dies bedeutet, dass also auch in den Fensterachsen zuerst immer wie in Ausbaustufe 1 ein Adapter aus Holz an die Rohdecke gekoppelt werden muss. Zudem muss auch im Boden ein Adaptersystem entwickelt werden, dass das Entfernen und Einsetzen von Wandstücken ermöglicht.

Diese Umbaumaßnahmen in der Baustufe 2 erfordern einen handwerklichen Aufwand. Adapterstücke müssen fachmännisch entfernt oder wieder angesetzt werden. Im Bodenbereich muss der Schwellenbereich sauber

und ohne Schallbrücken ergänzt werden. Spachtel- und Anschlussarbeiten müssen nach Herstellerrichtlinien bezüglich der Schall- und Brandschutzvorgaben mit Prüfzeugnis hergestellt werden.

Die Verwendung von massiven Holzwänden in Kombination mit dem Trockenbau erscheint bei einseitigem Einbau einer Vorsatzschale gestalterisch interessant. Durch Entfernen der Vorsatzschale werden beide Wandflächen in Holz sichtbar. Ein weiterer Wandbelag ist nicht mehr notwendig.

Bei beidseitig notwendigen Vorsatzschalen zur Erreichung des Standards «KOMFORT» muss festgestellt werden, dass eine Doppelständerwand in Trockenbauweise wesentlich weniger Grundrissfläche, Material und Aufwand in Anspruch nimmt. Hier müsste dann, wenn aus gestalterischen Gründen gewünscht, die Wandfläche in die folgende Betrachtung der Ausstattungsmöglichkeiten integriert werden.

Im Anhang 6.1a-6.1d sind die Grundrisse Erdgeschoss bis 3. Obergeschoss dargestellt. Sie zeigen exemplarisch die Variantenmöglichkeiten sowohl von Nutzungen als auch von Größen verschiedener Betriebseinheiten.

3.8 Möglichkeiten der Ausstattung

Noch einmal wird das Zoomwerkzeug für die letzte Vertiefungsstufe, die Untersuchung der Ausstattungsmöglichkeiten in einer Moduleinheit, angewendet.

Es geht um die Entwicklung eines Ausbausystems im Mikrosystem, welches in einem untergeordneten Raster jeder Moduleinheit gleich geplant wird. Dieses Baukastensystem beinhaltet eine Mischung aus Raumteilung und Möbel: Trennwände mit Türen, Raumtrennsysteme, einen ausklappbaren Tisch und einen Schrank.²⁵ Es soll den Bewohnern unterschiedlich großer Betriebseinheiten die Möglichkeit geben ihre eigene gewünschte Raumaufteilung zu realisieren, eigenes Inventar zu ergänzen oder sogar eine komplette Einrichtung (also ein möbliertes Zimmer) anzumieten oder zu erwerben. Auch die Raumtechnik wird in dieses System integriert. Jedes einzelne Modul (die kleinste Betriebseinheit über zwei Fensterachsen) erhält ein eigenständiges technisches Ausbausystem. Zudem werden im Boden- und Deckenbereich Andockstellen für Trennwände und Raumteiler vorgesehen. Diese hier entwickelten Bauteile bilden die Mikrozelle für alle weiteren Additionen zu möglichen Zusammenschaltungen von mehreren Modulen und somit größeren Betriebseinheiten. Der Entwurf des Ausstattungssystems orientiert sich zunächst an verwirklichten Projekten aus jüngerer Vergangenheit (z.B. Angelp Roventa²⁶, Studio Enorme²⁷). In diesen Beispielen wird durch das Planen von mobilen Raummöbeln die Veränderbarkeit auf begrenzter Grundrissfläche ermöglicht.

25 Anforderungen in schallschutz- und brandschutztechnischer Hinsicht müssen nicht beachtet werden, denn diese Abschnitte werden immer innerhalb einer Wohnung geplant.

²⁶ Internetseite <http://www.elastic-living.com/index-de.html>

²⁷ <https://enormestudio.es/alliownhouse>

Kann ein «mobiles Ausstattungsobjekt» wie oben erwähnt auch für den weiteren Entwurf angedacht werden? Die Grundrissfläche der Moduleinheit des **Untersuchungsobjekts 2** beträgt ca. 24m², wobei die lichte Raumbreite (parallel zum Fenster) ca. 4,70m und die lichte Raumtiefe ca. 5,20m betragen. Es gilt auf sehr beengten Raum eine möglichst flexible und veränderbare Installation zu schaffen. Im ersten Entwurfsprozess wird daher anhand eines Arbeitsmodells die Möglichkeit der Veränderbarkeit der Ausstattung durch ein flexibles Möbelsystem untersucht.

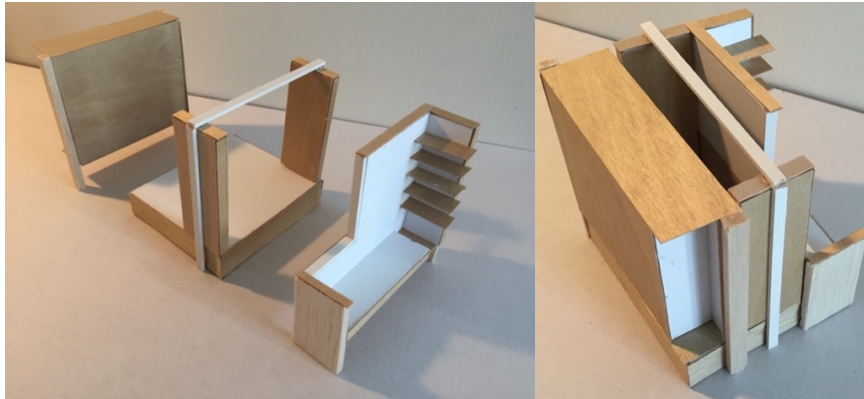


Abbildung 60 Fotos Arbeitsmodell zu mobilen Möbelsystem

Neben der Untersuchung, einen Lösungsansatz über ein flexibles Möbelsystem zu finden, wird ein zweiter Entwurfsweg entwickelt: Die kleinste gebaute Moduleinheit in Form eines Möbelstücks. Der Raum als Möbel: Verschiebbare Wände, Räume deren Nutzungen nicht klar zuzuordnen sind, angelehnt an die traditionelle und moderne japanische Architektur.

Einen vergleichbaren europäischen Entwurfsansatz entwickelte Hans Gugelot zunächst in der Schweiz und später an der Ulmer Hochschule das Möbelsystem M125. In seiner neutralen Formensprache konnte es als Regal oder Raumteiler in jeglichen Nutzungseinheiten eingebaut werden. Gugelot verwendete für seine Möbel viel Holz mit Metallverbindern. In späteren Weiterentwicklungen, z.B. von Dieter Rams, wurden solche Möbelsysteme oftmals durch neue technologische Möglichkeiten in Aluminium hergestellt. Interessant ist hierbei, dass das Ausbaumaterial zum Möbelstück wird.



In einem nächsten Entwurfsprozess unserer Masterthese wird daher ein ähnlicher Ansatz verfolgt. Aus Wänden werden Möbel, ein Tragrost im Deckenbereich übernimmt Funktionen der Haustechnik, des Wand- und damit des Möbelsystems.

Abbildung 61

«Das Möbel Montagesystem M125», S.54²⁸

Auch hier greifen wir auf Beispiele aus der Vergangenheit zurück. So entwickelte Fritz Haller²⁹ Möbel und ganze Stahlbausysteme anhand eines Knotensystem, denn die Ordnung von Haustechnik, Konstruktion und Ausstattung war für ihn entscheidend.

Wir starten nun den Versuch, dieses System anders als bei Haller in Holz und mit einfachen Knotenpunkten zu entwickeln.

²⁸ abfotografiert aus dem Katalog: «hans guggenbuhl - die architektur des design», Hrsg. vom HfG-Archiv/Museum Ulm und Christiane Wachsmann,

Katalogbuch zur Ausstellung im HfG-Archiv Ulm, 2020, Beitrag von Walter Scheiffele

²⁹ Haller, Fritz: System-Design Fritz Haller: Bauten-Möbel-Forschung, Hrsg. Von Hans Wichsmann in Zusammenarbeit mit d. Neuen Sammlung, Staatl. Museum für Angewandte Kunst, München, Birkhäuser 1989



Abbildung 62 Experimentierblock aus einzelnen Hölzern zur Entwicklung von Verbindungspunkten

Folgende notwendige Entwicklungsschritte entstehen in der weiteren Bearbeitung:

1. Festlegung eines Ausbaurastersystems
2. Ausnutzung des Deckenbereichs von UK StB-Unterzügen bis UK Decke. (Technikdecke)
3. Verankerung und Kopplungselement der Wand-/Raumelemente
4. Einsetzen von Türen in Wände
5. Möbelergänzungen im Raumelementesystem

Nach der im Kapitel 3.6 erfolgten Festlegung einer Infrastruktur und der Festlegung von Betriebseinheiten in Kapitel 3.7 muss nun eine Fixierung der kleinsten Einheit durch ein Ausbaurastersystem erfolgen.

Festlegung eines Ausbaurastersystems

Es wird ein Rasterystem von Flurwand zur Fassade mit einem Achsabstand von 90cm festgelegt. Immer als Bandraaster 10cm / Feldraaster 80cm). Daraus ergeben sich 4 gleiche Felder und eine Resttiefe bis zur bestehenden Stahlbetonstütze. Bezogen auf unser **Untersuchungsobjekt 2** sind dies 1,12m +10cm)

In der Breite wird die unter Kapitel 3.6 festgelegte Mindestbreite als Startpunkt für eine Sanitäreinheit angesetzt. Von hier aus wird erneut ein Bandraaster von 10cm geplant, dann eine Flurbreite von 80cm und weitere 10cm Bandraaster. Daraus ergibt sich eine Restbreite von 2,365m.

Das Bandraaster gibt die möglichen Lagen von raumteilenden Elementen vor. (Trennwände und Raumteiler)

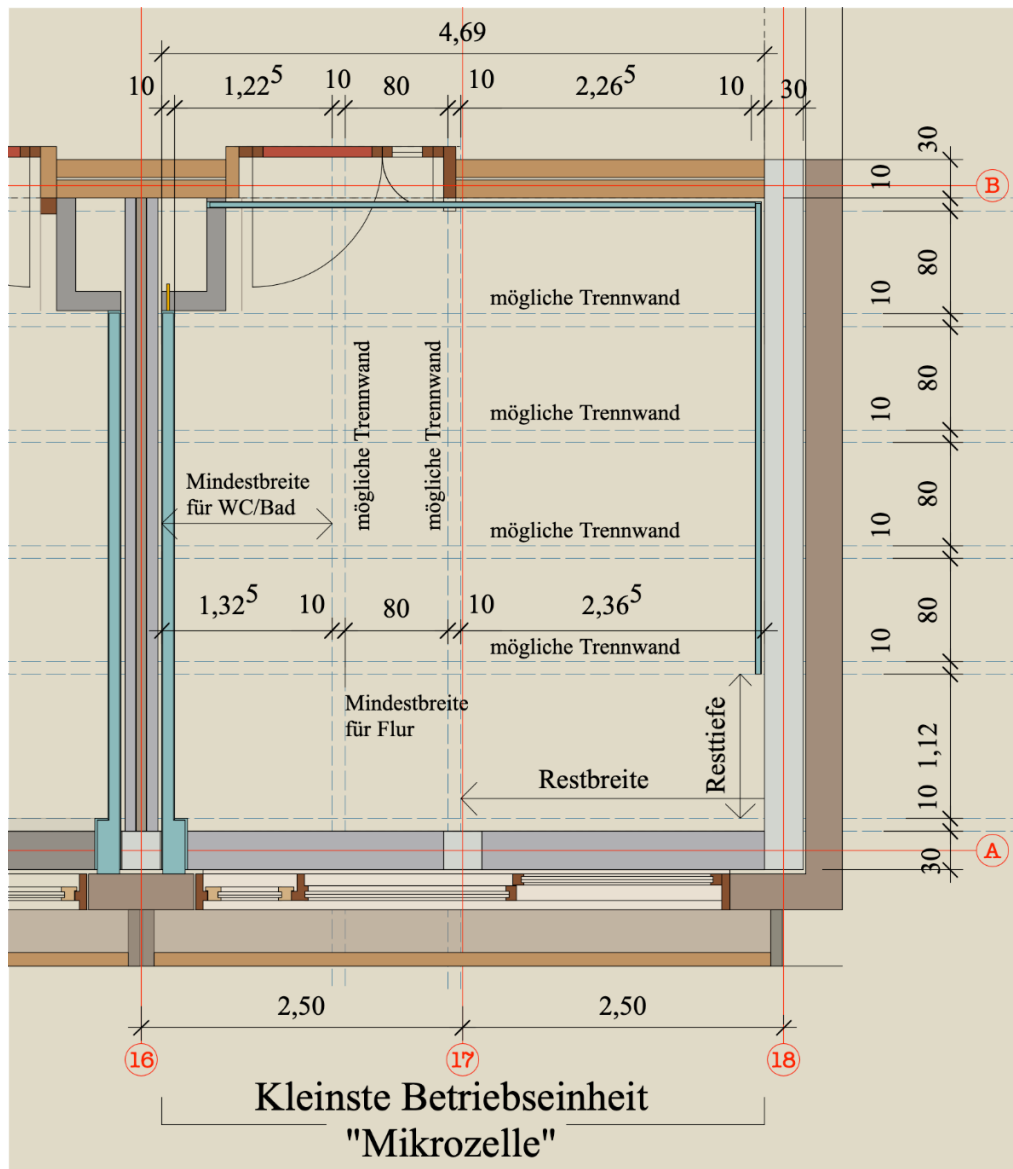


Abbildung 63 Grundrissdarstellung - Entwicklung eines Raumrasterystems innerhalb der kleinsten Betriebseinheit

Ausnutzung des Deckenbereichs von UK StB-Unterzügen bis UK Decke. (Technikdecke)

Im Untersuchungsobjekt 2 verlaufen nur in Achse A, C und D Unterzüge entlang der Fassade und einmal längs im Gebäude. Dies ist untypisch für einen Stahlbetonskelettbau. In der Regel verlaufen zumindest quer zur Fassade nochmals Unterzüge zur Feldverkleinerung. Der Deckenbereich der Unterzüge kann innerhalb eines tragenden Feldes und somit einer kleinsten Betriebseinheit gut für die technische Verteilung und Ausstattung verwendet werden. Da die Fenster- und Wandflächen freigehalten werden sollen und der Fußbodenaufbau in bestehenden Verwaltungsgebäuden oftmals keine Höhen für den Einbau einer Fußbodenheizung vorsehen, kann durch ein Heiz-/Kühldeckensystem im Bereich UK Decke – UK Unterzug eingebracht werden. Zudem soll die Elektroverteilung ebenfalls im Deckenbereich erfolgen.

Hierzu wird der Holztragrost 1 an die Rohdecke angebracht. Dazwischen werden die Heiz/Kühlfelder angeordnet.

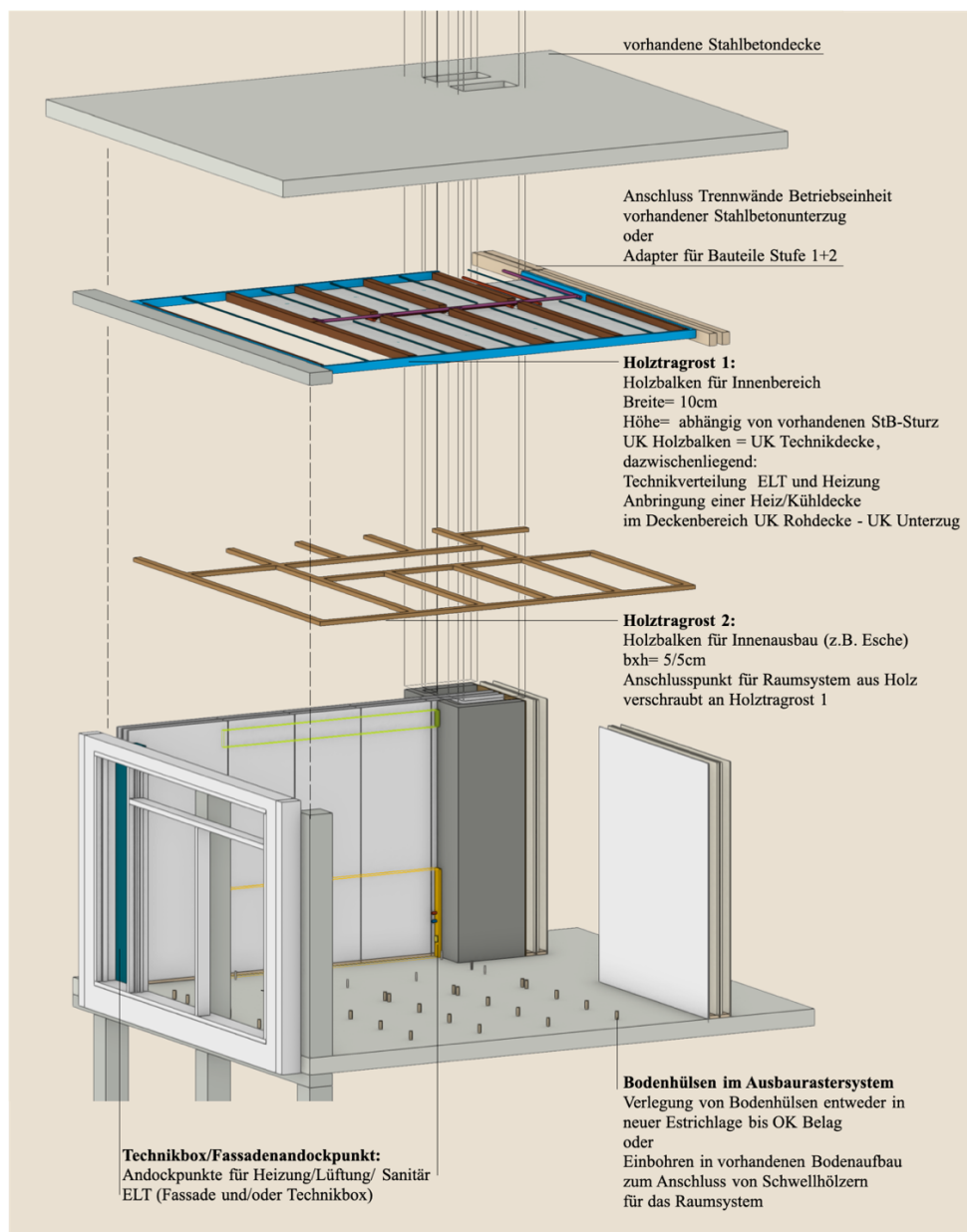


Abbildung 64 3D-Isometriedarstellung - Ausstattung Mikrozel

Verankerung und Kopplungselement der Wand-/Raumelemente

in einem weiteren Schritt erfolgt die Ausarbeitung der Verankerungspunkte der Decke, des Bodens und des Kopplungselements nach Abbildung 65.

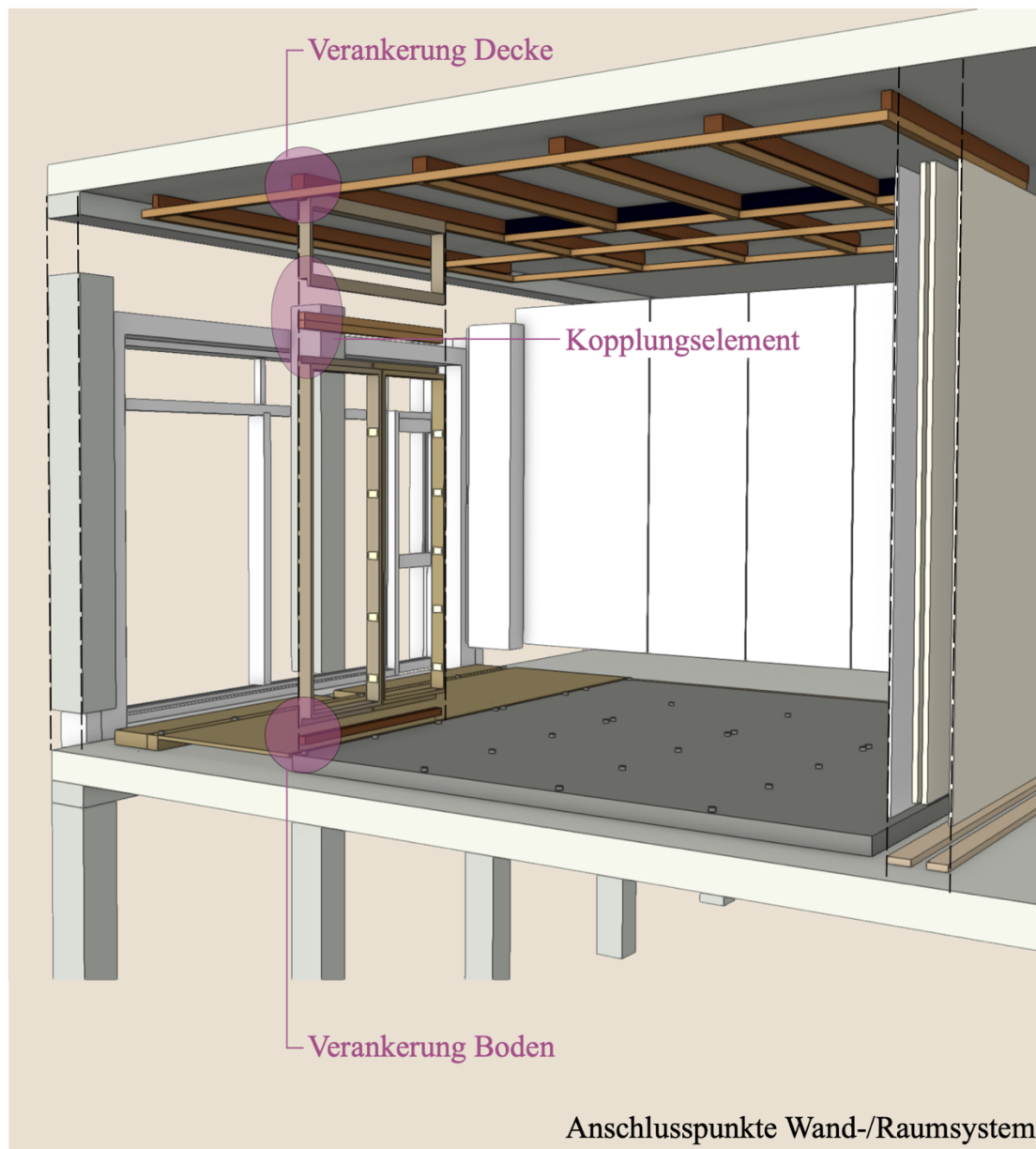


Abbildung 65 3D-Darstellung - Definierung der verschiedenen Anschlusspunkte für das Wand-/Raumsystem

Für den Anschluss des oberen Elements an die Decke wird ein zweiter Holztragrost an den ersten verschraubt. Dieser spiegelt das Bandrastersystem ab. Die Hölzer werden die Verankerungsfläche für die vertikalen Rahmenelemente.

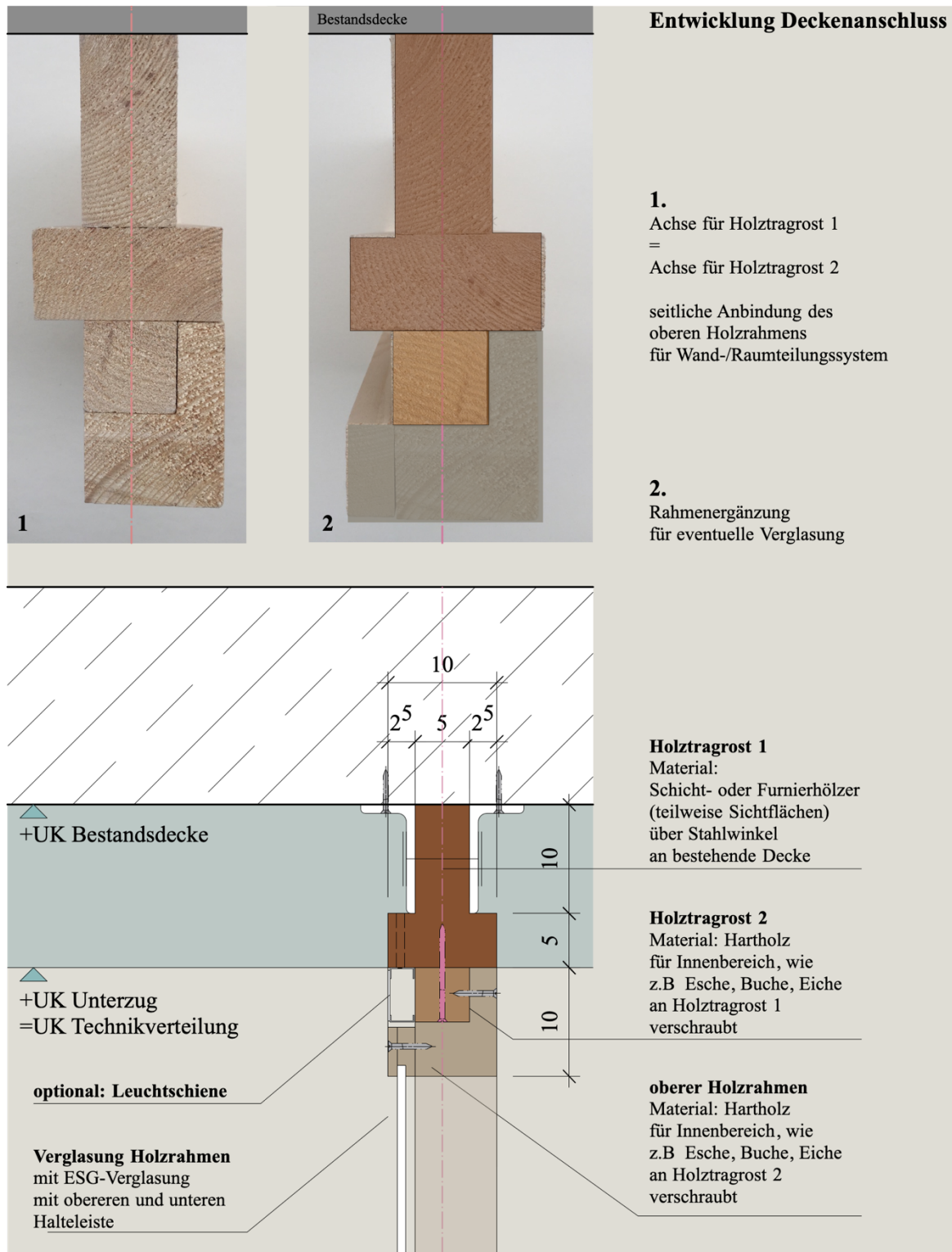


Abbildung 66 Schnitt - Darstellung Entwicklung Deckenanschluss

An der Unterkante des oberen Elements können leichte Ausbauelemente wie Beleuchtungsschienen oder Vorhangsschienen angebracht werden. Die Vorhänge sind eine Möglichkeit, innerhalb von ca. 25qm den Raum zonieren zu können.

Wenn ein weiterer Ausbau mit Zwischenwänden oder Raumteilungselementen erfolgen soll, muss ein Kopp Holz an die Unterkante des bereits montierten oberen Rahmens geschraubt werden.

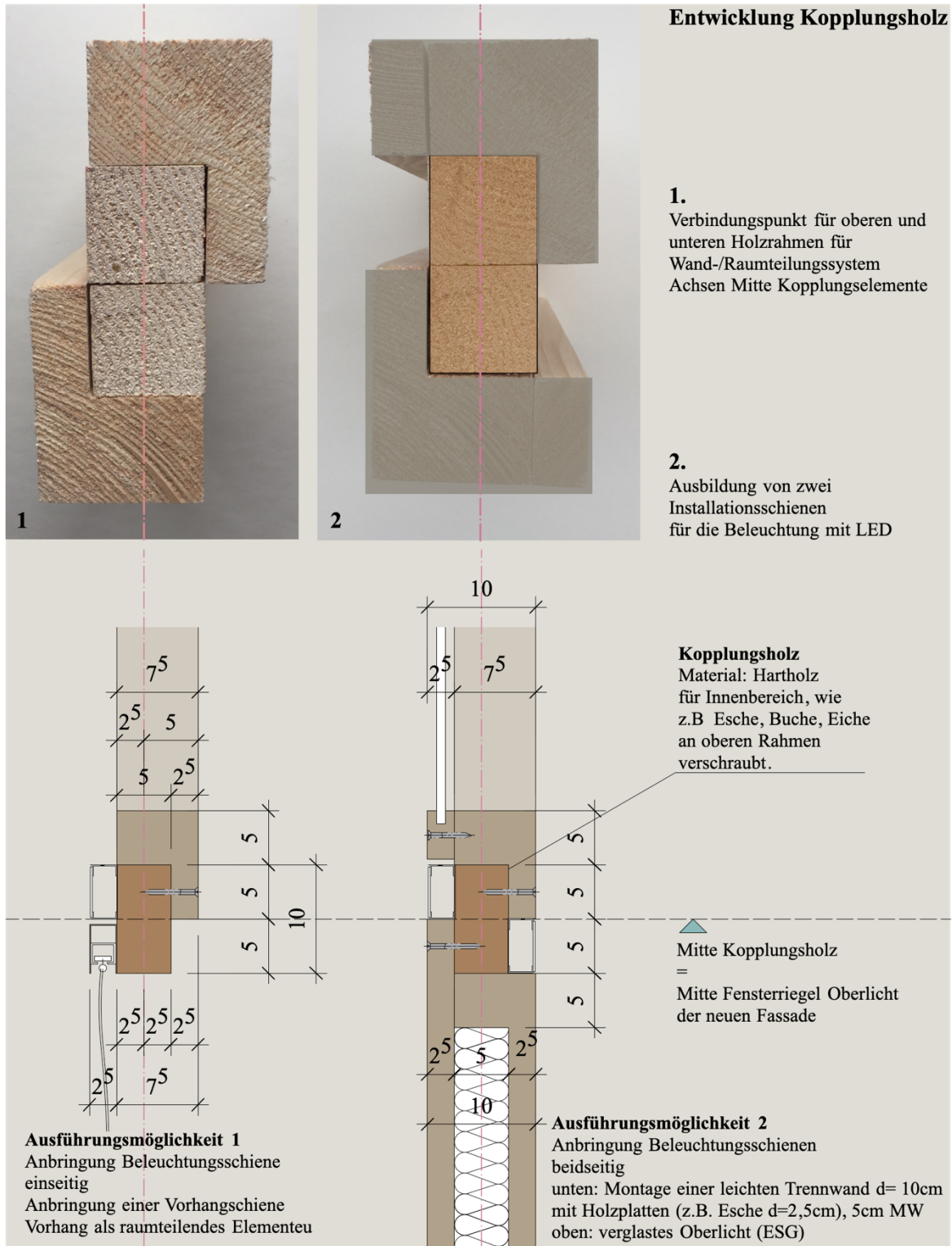


Abbildung 67 Schnitt - Darstellung Entwicklung Kopplungselement

Das Wand- oder Raumteilungselement wird oben am Kopplungsholz und unten an einer Schwelle montiert.

Diese ist wiederum über in den Boden eingelassene Bodenhülsen oder Bodentanks verankert. Diese sind wie der Holztragrost 2 in dem Bandraster verteilt.

Alle Verbindungen sollen sichtbar miteinander mit Edelstahlschrauben ausgeführt werden. Die Hölzer sind mit den zuvor geplanten Schraubbild bereits mit Vorbohrungen und Einlassgewinden vorgerichtet.

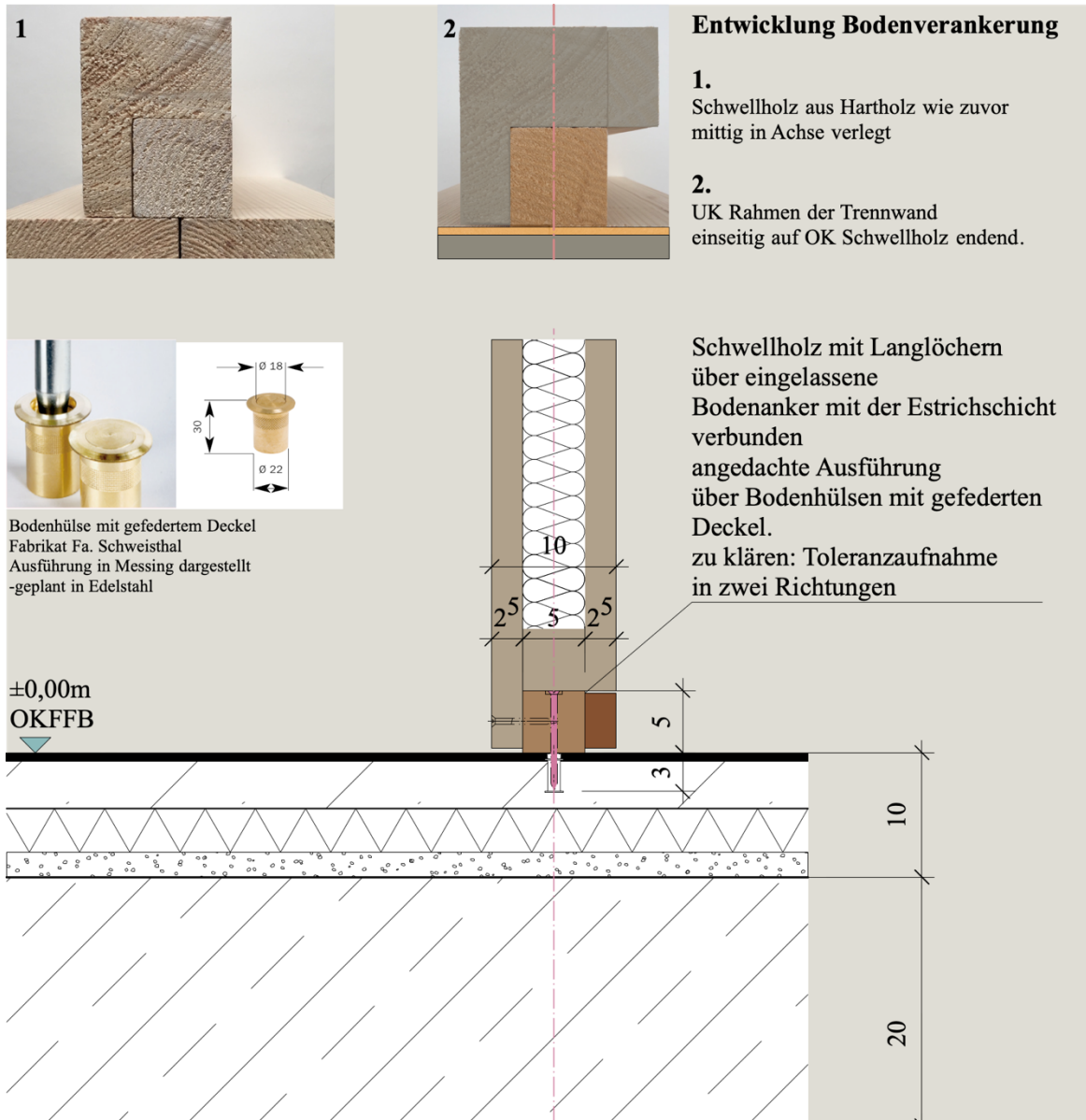


Abbildung 68 Schnitt Darstellung Entwicklung Bodenverankerung

Einsetzen von Türen in Wände

Erfolgt ein Einsetzen von Wandelementen, werden die oberen Elemente mit Einscheibensicherheitsglas und horizontalen Abdeckleisten in Holz verschraubt. In die Wände können Schiebe- oder Drehtüren eingesetzt werden. In der kleinsten Betriebseinheit mit der Nutzung Wohnen ist das Schiebetürelement auf Grund der geringen Bewegungsfläche sinnvoll.

Bei allen Öffnungen sollten die Rahmenausbildung mit Holzstützen und einem Unterzug in Holz ausgeführt werden.

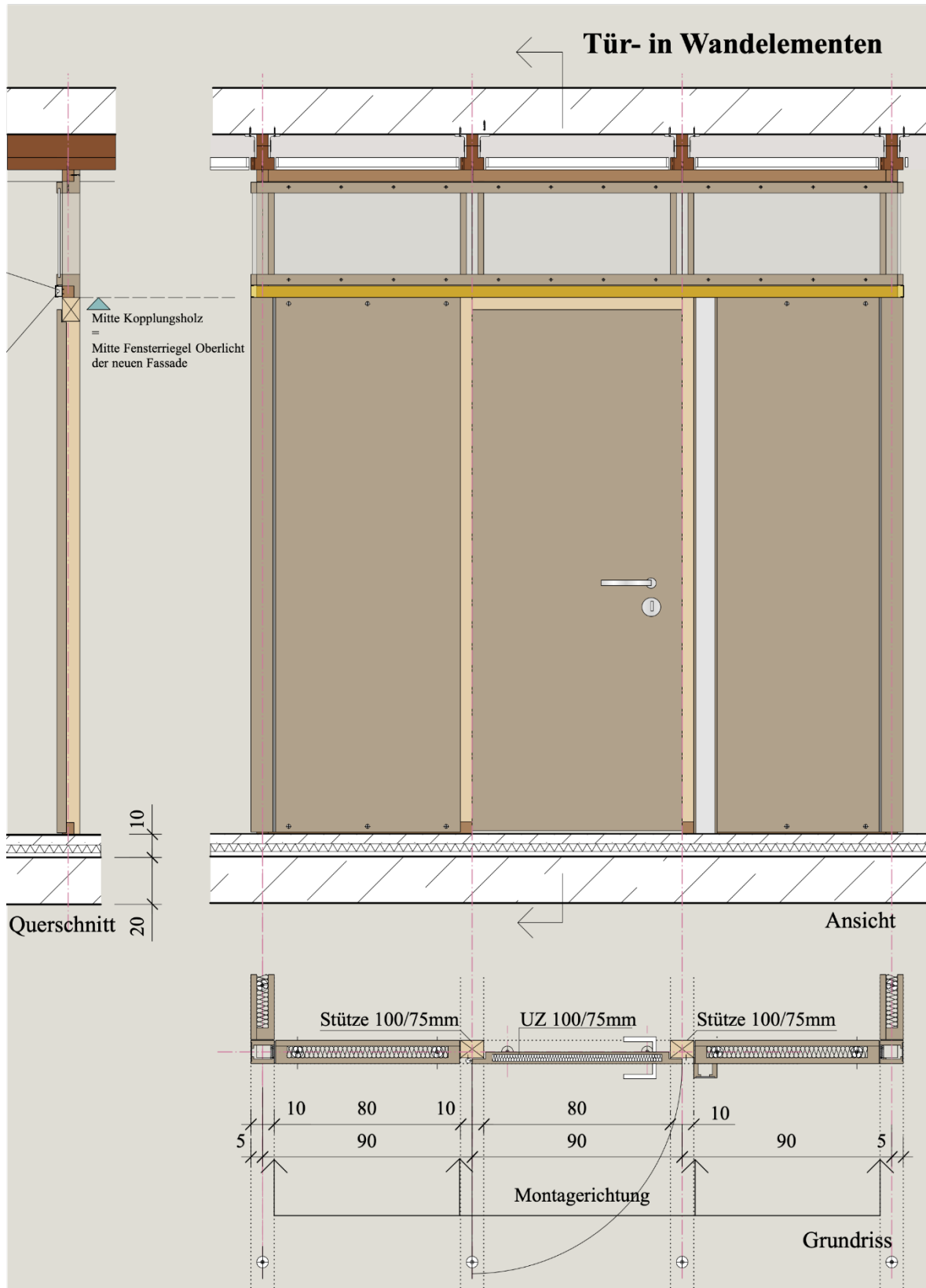


Abbildung 69 Darstellung Querschnitt/Ansicht/Grundriss - Einbau Drehtür in Wandelement

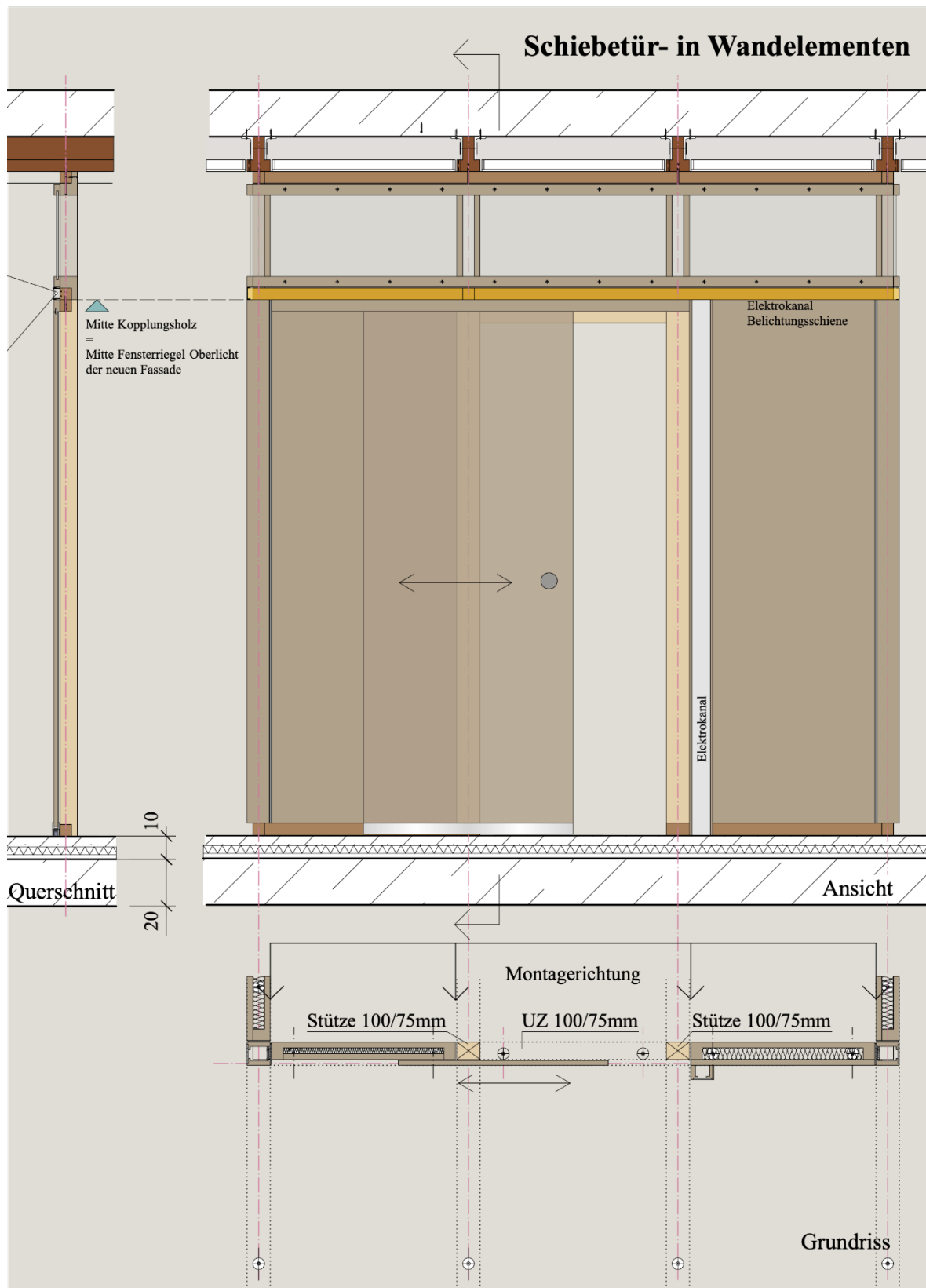


Abbildung 70 Darstellung Querschnitt/Ansicht/Grundriss - Einbau Schiebetür in Wandelement

Ergänzung mit Möbeln im Raumelementesystem

Um eine Zonierung des Raums ohne weitere Wände herzustellen, können mehrere additive Möbel in das System eingeplant werden. Folgende Abbildungen zeigen ein Regal und einen Klapptisch, welcher je nach Bedarf in den Raum hineinragt oder wieder platzsparend in das Regal eingeklappt werden kann. Das Regal wird wie auch die Wandelemente an die zuvor genannten Montagepunkte angeschraubt.

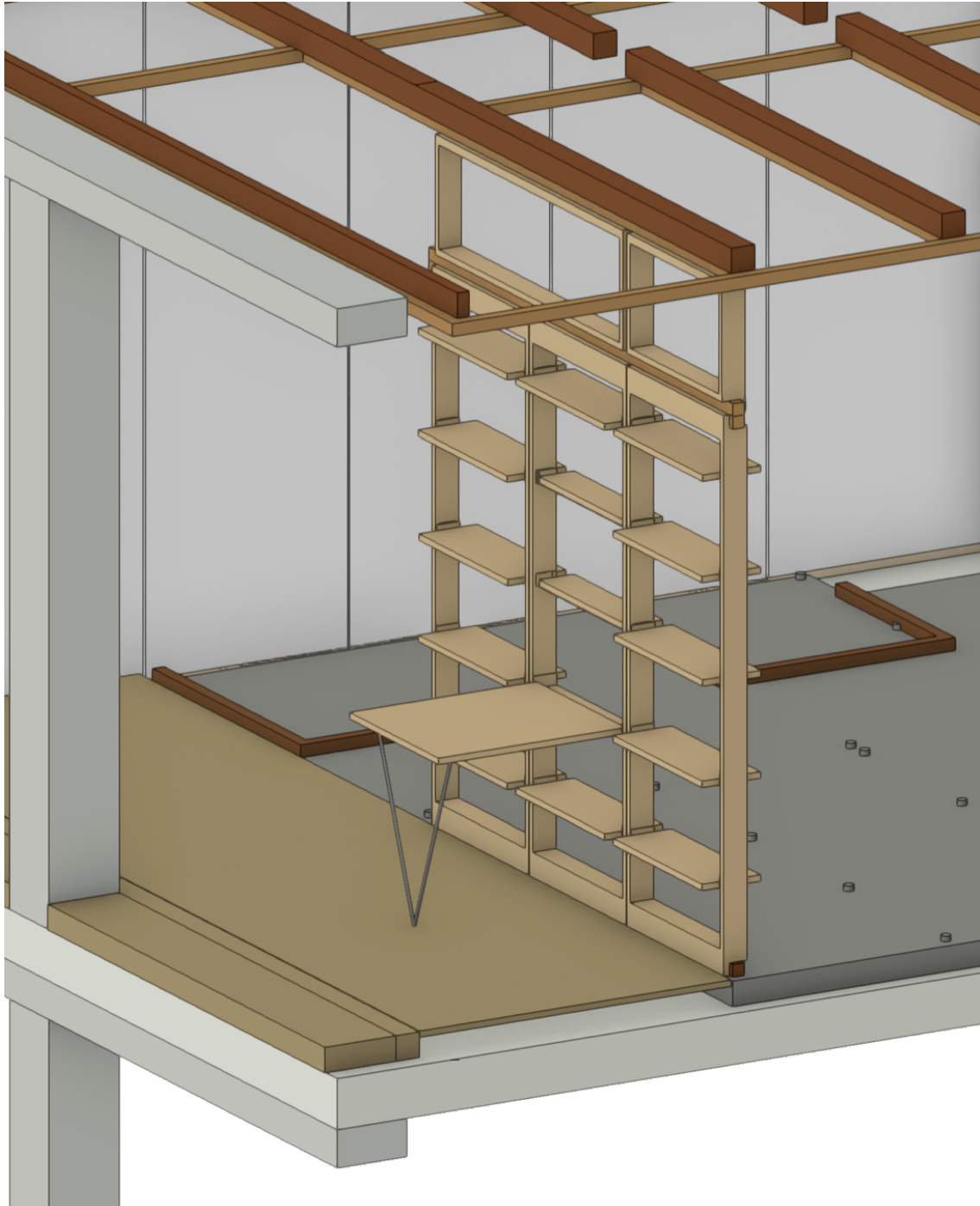


Abbildung 71 3D-Darstellung Ausstattung Regalsystem mit Klapptisch

Ein weiteres Beispiel ist ein entwickelter mobiler Schrank, welcher unten auf Schwerlastrollen und oben über eine Führungsschiene am Kopplungselement in eine Richtung verschoben werden kann.

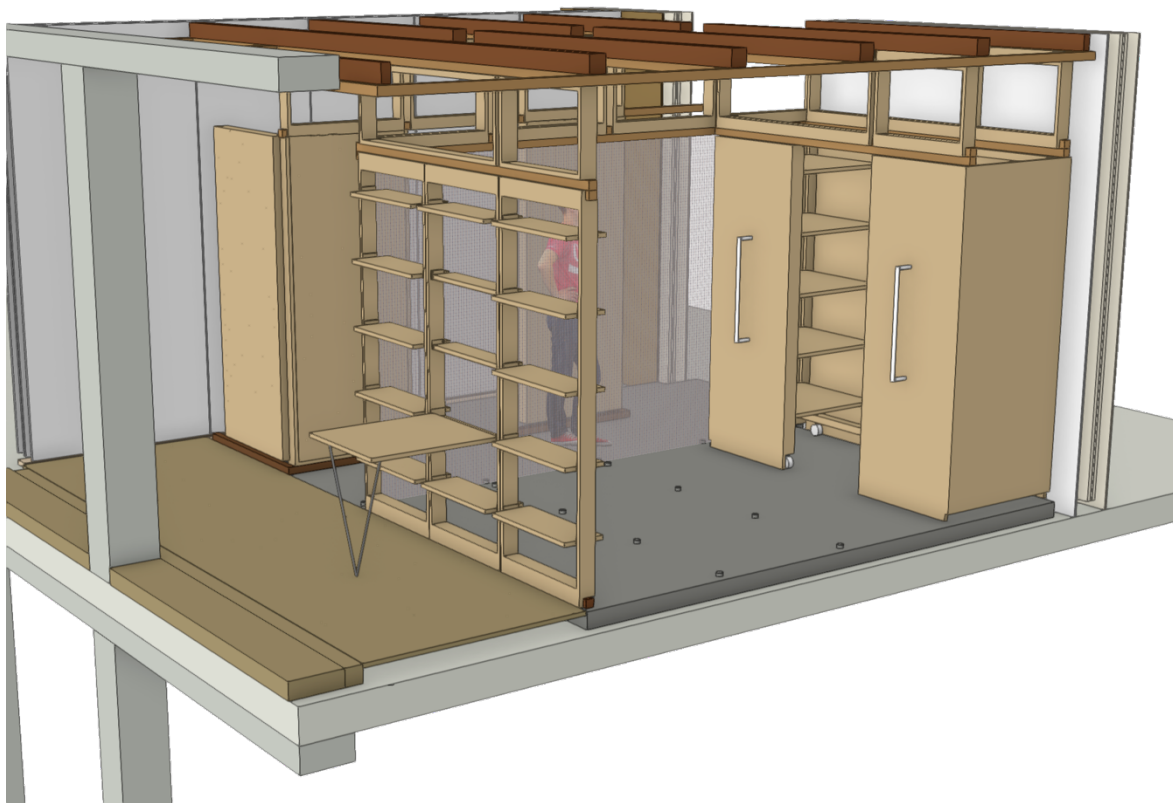


Abbildung 72 3D-Darstellung Raumsystem mit Schrank (aufgeschoben)

Durch das Aufschieben eröffnet sich eine Art temporärer Schrankraum. Dieser kann jederzeit wieder zusammengesoben werden.

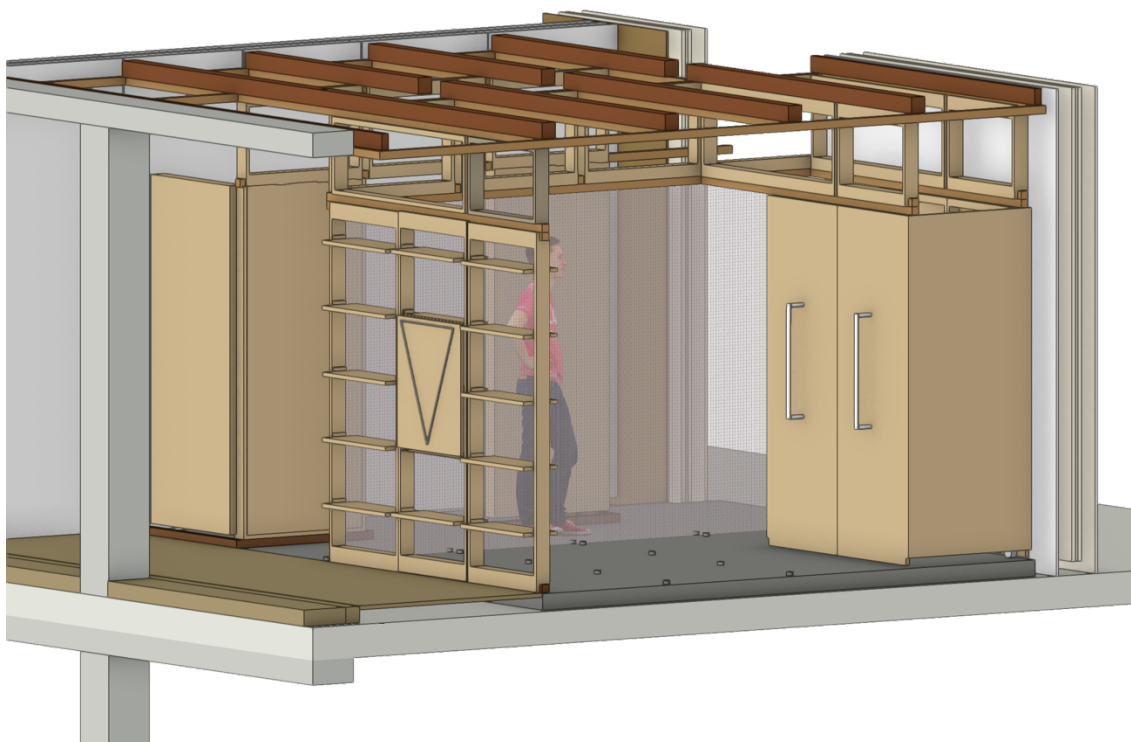


Abbildung 73 3D-Darstellung Raumsystem mit Schrank (zugesoben)

3.9 Speziell wird prinzipiell?

In den letzten vier Kapiteln wurden in einer schrittweisen Fokussierung die Möglichkeiten der Revitalisierung am Beispiel des **Untersuchungsobjekts 2** aufgezeigt. Was kann nun davon in eine prinzipielle Betrachtung überführt werden? Welche Chancen, Schwierigkeiten bzw. Erkenntnisse machen die Erstellung in Form eines Prinzipienkatalogs möglich?

In erster Linie muss betont werden, dass die Untersuchung der Möglichkeiten

- a.) der Veränderung
- b.) der Nutzung
- c.) des Gebrauchs
- d.) der Ausstattung

parallel und nicht nacheinander erfolgen muss. Nach der ersten planungs- und baurechtlichen Untersuchung und der Auslotung der Nutzungs- und Gebrauchsmöglichkeiten, muss zeitnah die «möglichst kleinste Betriebseinheit» untersucht werden. Nur wenn die ermittelte Mikrozelle in ihrer Grundriss- und Belichtungsfläche funktioniert, ist das Planen von möglichen Zusammenschaltungen mehrerer Moduleinheiten sinnvoll.

Es sollten mindesten 4 Regelfelder im Achsabstand von 90cm mit zusätzlichem mind. 1,10m tiefen Restfeld in der Raumtiefe von Flurtrennwand zu Fassade ausbildbar sein. Zudem muss in der Breite überprüft werden, inwieweit eine Sanitärzellenmindestbreite von 1,42m, eine Flurfläche von 80cm die Gesamtbreite des Raumes einnimmt. Die Restbreite sollte dann Mindestens noch 2,15m betragen.

Die Grundfläche einer solchen Mikrozelle sollte mindesten 24qm betragen. Die Raumtiefen können dann in Schichttiefen aufgeteilt werden. Durch das gewählte Ausstattungssystem sind diese variabel, aber trotzdem wird der Raum demnach aufgeteilt werden.

Die an die Flurwand angrenzende erste Schicht sollte auf Grund der Tiefe des Raumes als Lager- und Schrankfläche genutzt werden. Die zweite Schicht als Rückzugsfläche. Die dritte Schicht, die Fensterschicht, definiert eine Art «freien Raum». Hier sollen Innen- und Außenbereich zusammenlaufen. Eine Möglichkeit der Akzentuierung dieser Zone wäre ein Belagswechsel im Bodenbereich.

So wäre ein Holzbelag (im Gegensatz zu einem Linoleumbelag) vor und hinter der Fassade in den beiden hinteren Schichten ein Verbindungselement von innen nach außen.

Um die natürliche Belichtung des gesamten Raums zu gewährleisten, sollten Wände von der Decke in der Höhe abgesetzt werden. Die Höhe der Oberlichter soll mit der Höhe der geplanten Oberlichter in der Fassade korrespondieren.

Die gezeigte Vertiefung im Kapitel Ausstattungsflexibilität soll eine Angebotsauswahl demonstrieren. Jeder Nutzer von der kleinsten Betriebseinheit bis zur Zusammenschließung mehrerer Module zu einer großen Betriebseinheit kann diese Ausstattungswerkzeuge nach Bedarf in Anspruch nehmen.

Im Anhang werden hierzu verschiedene Nutzungszusammenstellungen pro Geschoss gezeigt, wobei im Erdgeschoss und 1.Obergeschoss verschiedene Größen von Büro- und Kleingewerbenutzung gezeigt werden und in den Grundrissen 2. und 3. Obergeschoss Einheiten von Wohnen. Im 2.Obergeschoss wird das kleine und

mittlere Wohnen, im 3. Obergeschoss auch eine große zusammenschaltete Wohnung gezeigt. Dieses Prinzip kann auf alle Gebäude dieser Art transferiert werden.

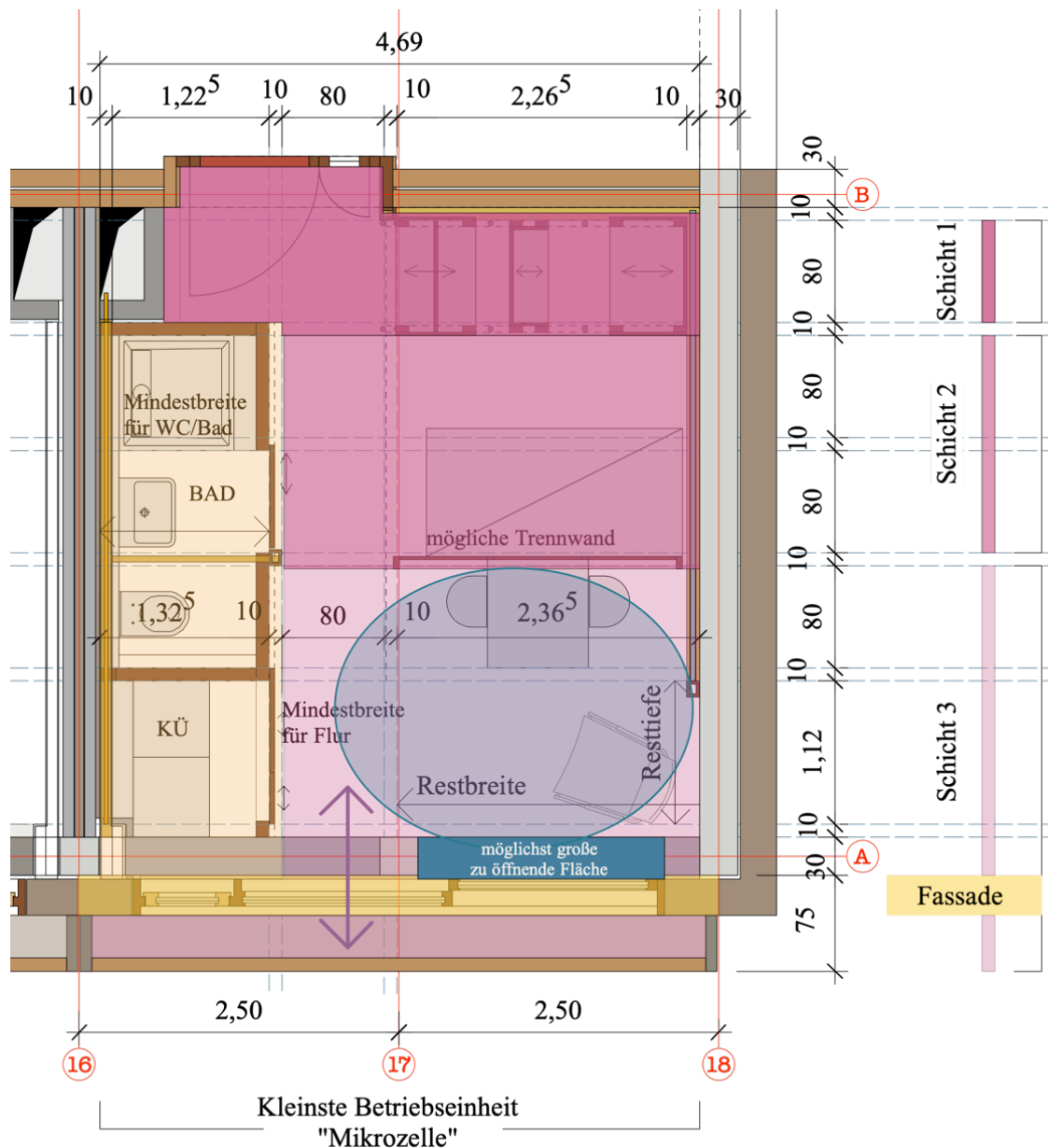


Abbildung 74 Darstellung Grundriss - Raumschichten

Die Fassade ist wie bereits in Kapitel 3.7 (Untersuchung des Gebrauchs) erwähnt von städtebaulichen Rahmenbedingungen abhängig. Dennoch sind auch hier Prinzipien festzuhalten, die immer wieder bei der Planung beachtet werden sollten. Wir gehen bei unserer Betrachtung der Fassadenplanung spiegelbildlich zum Innenraum auch von der kleinsten Betriebseinheit aus. Dieser Fassadenabschnitt soll auf Grund des Architektur- und Technikkonzeptes immer innerhalb der Mikrozelle austauschbar sein. Die Fensterfläche sollte aus gestalterischen Gründen, nämlich der natürlichen Belichtung der Räume, möglichst groß vorgehalten werden. Welche Maßnahmen von Schließungen aus Gründen des Wärme- oder Schallschutzes notwendig werden, muss im Einzelfall entschieden werden. Für die reine Fassadentechnik müssen bestimmte Parameter beachtet werden.

So ist ein bestimmter Raumbedarf für die Befestigungstechnik in der Planung zu berücksichtigen. Weitere Parameter sind die bestehende Mittelstütze und die Vorzonierung des Raumes mit Einplanung von Küchen- und Flurflächen. Somit bleibt eine Aufenthaltsfläche an der Fassade übrig. Hier kann das Ineinanderfließen von Außen und Innen gut stattfinden.

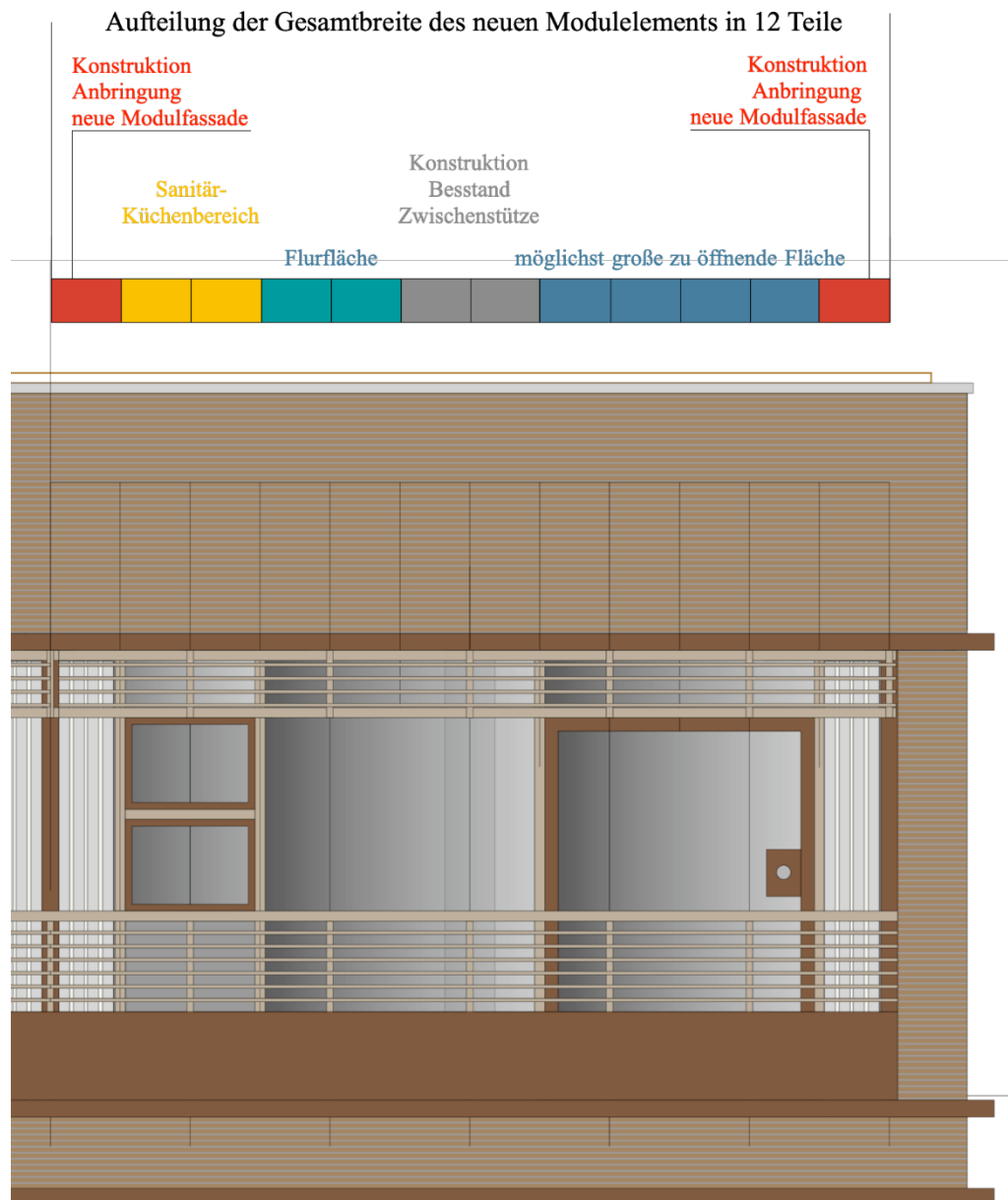


Abbildung 75 Darstellung Fassadenansicht - Studie der Aufteilung

Bei der Überprüfung durch Übereinanderlegen dieser Parameter ergab sich eine Aufteilung der Gesamtbreite des Moduls in 12 gleiche Fassadenabschnitte. Sie können für die weitere Fassadenaufteilung eine Anleitung für das Einsetzen der Gestaltungselemente geben.

Die Parameter der Mikrozeile sind festgelegt. Sowohl für das Innenfutter mit all seinen Ausstattungsmöglichkeiten, als auch für das Außenfutter mit seinem Fassadenelement.

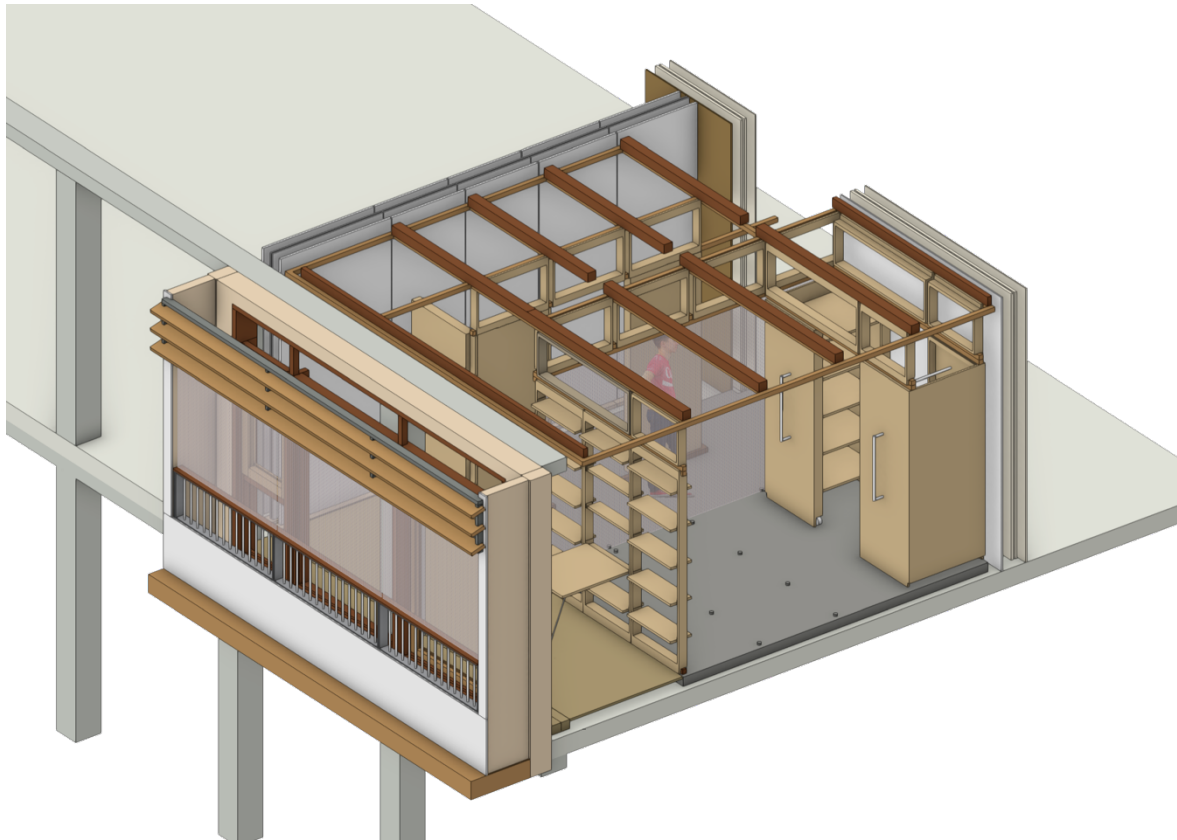


Abbildung 76 3D-Darstellung Außen- und Innenfutter

Im nächsten Schritt dieser Masterarbeit geht es um die prinzipielle technische Ausarbeitung des Fassadenmoduls.

Dies wird die Grundvoraussetzung um ein großformatiges neues Gesamtbild für das bestehende Gebäude zu erzielen.

4 TECHNISCHE AUSARBEITUNG UND ANALYSE DER FASSADE

Die ausgearbeitete Planung lt. Kapitel 3 **Architektur** bietet die Grundlage für die technische Ausarbeitung der Holzbauelemente im Außenbereich.

Die Anforderungen aus dieser Planung sind Grundlage für die Bauteilauswahl – dadurch soll die Wirtschaftlichkeit verschiedener Holzbausysteme im Außenbereich verglichen und analysiert werden.

Vorab werden die wichtigsten allgemeinen Punkte im Zusammenhang mit Bestandsobjekten und vorgefertigten Holzriegelelementen zusammengefasst.

Im ersten Schritt der technischen Ausarbeitung werden anhand der geforderten Schall- Wärme und Brandschutzwerte die anforderungsgerechten Bauteilaufbauten ermittelt.

Diese Ermittlung erfolgt in manchen Bereichen näherungsweise anhand von Erfahrungswerten beziehungsweise anhand von Vergleichstabellen. Detaillierte Berechnungen für alle ausführungsrelevanten Bereiche würden den Rahmen dieser Arbeit übersteigen, beziehungsweise soll die Nachvollziehbarkeit der resultierenden Ergebnisse nicht unter zu detaillierten Berechnungen leiden.

Zudem werden bei den Verankerungs- und Elementierungssystemen auch die Vorgaben in Bezug auf die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit berücksichtigt.

Im zweiten Schritt werden die gewählten Bauteile analysiert und in kostenrelevante Abschnitte unterteilt.

Durch diese Analyse soll herausgefunden werden wo sich die Systeme am gravierendsten unterscheiden um mögliches Optimierungspotential aufzuspüren und somit die wirtschaftlichsten Bauteilaufbauten einsetzen zu können.

4.1 Grundlagen

Als Grundlage werden die wichtigsten Gesichtspunkte, die man im Zusammenhang mit Bestandsgebäuden und einer Revitalisierung von Gebäuden mit vorgefertigten Holzbau-elementen berücksichtigen muss, allgemein beschrieben. Alle nachfolgenden Parameter greifen ineinander. Entscheidungen auf der einen Seite haben Auswirkungen auf der anderen Seite. Das macht es nahezu unmöglich ein wirtschaftliches Patentrezept für die Revitalisierung von Bestandsgebäuden zu entwickeln.

Diese Übersichten sollen eine grobe Aufstellung von häufig im modernen Holzbau, eingesetzten Materialien geben. Dabei wird versucht, diese Materialien so eindeutig wie möglich den Funktionen der Bauteilschichten zuzuweisen. Zudem werden die Einflüsse in Bezug auf die Elementierung und auf die Verankerung, sowie der Einsatz von zusätzlichen Maßnahmen für Flexibilität und Updatemöglichkeit, dargestellt und erläutert.

4.1.1 Gebäudetypen

Die Gebäudestruktur bzw. die Beschaffenheit der bestehend bleibenden Bauteile bestimmen die Anforderung an die neuen Bauteile.

Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Bautypen, siehe dazu nachfolgende Abbildung.

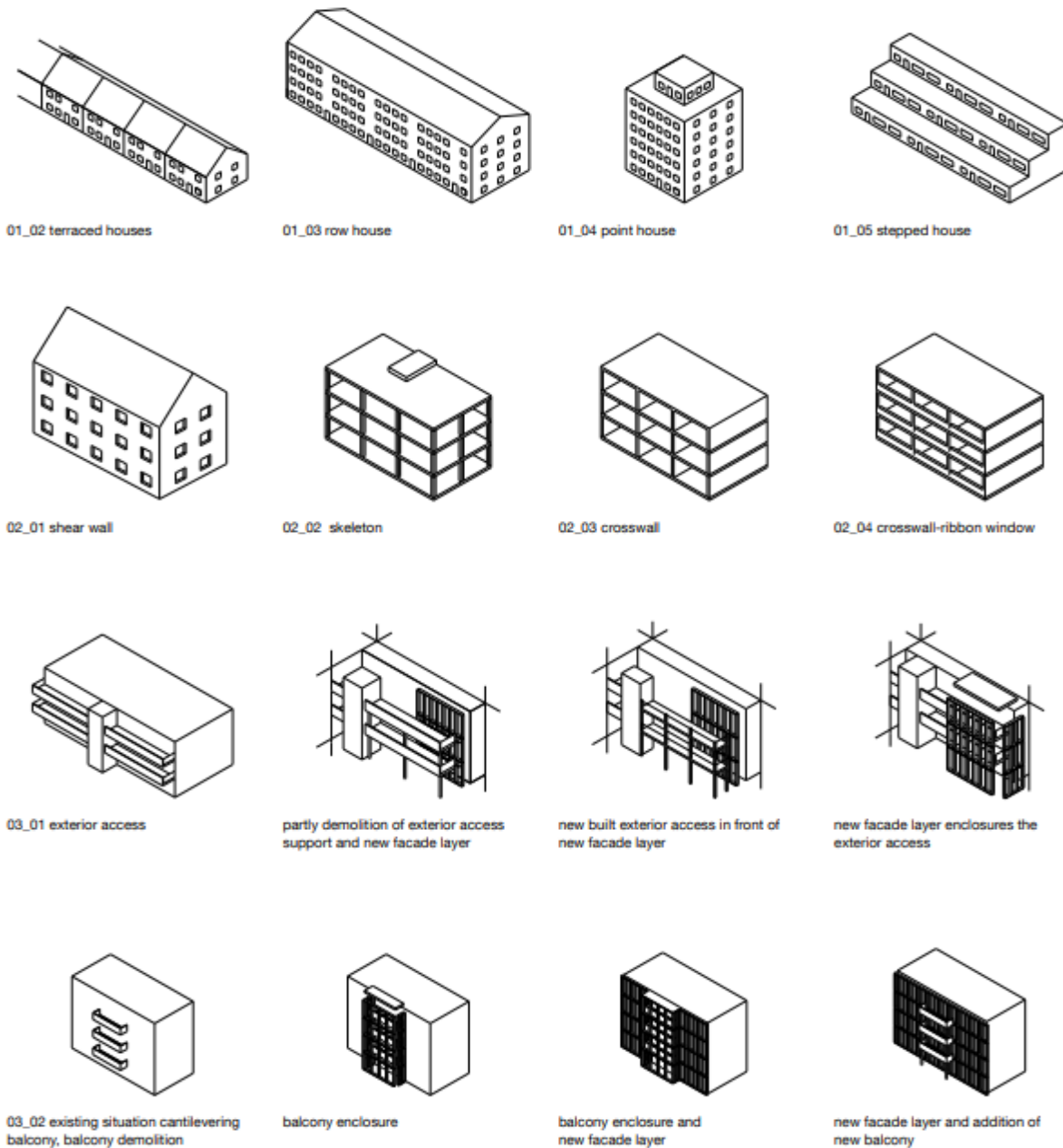


Abbildung 77 / TES EnergyFaçade Planungshandbuch 03_31- Gebäudetypen

Auch wenn die Gebäudetypen lt. **Abbildung 77 / TES EnergyFaçade Planungshandbuch 03_31- Gebäudetypen** sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, sind die Auswirkungen auf das zu verwendende Fassadensystem in Bezug auf die konstruktiven Eigenschaften meist in zwei Typen, oder einer Kombination dieser, einteilbar.

- **«Lochfassade»**
 Fensteranteil gering, tragende Wände und Decken
 Einzelne Fenster und Türelemente
- **«Skelettfassade»**
 Hoher Öffnungsanteil, die Tragstruktur besteht aus Träger, Stützen und Decken.

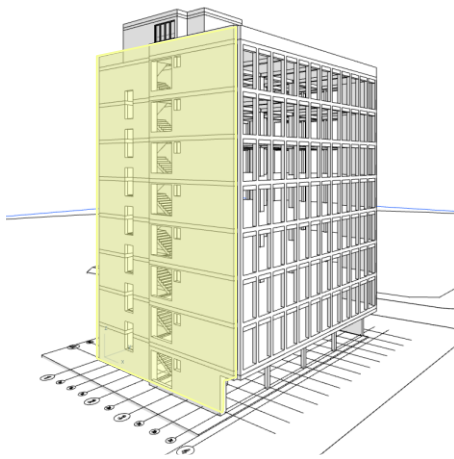


Abbildung 79 / Lochfassade

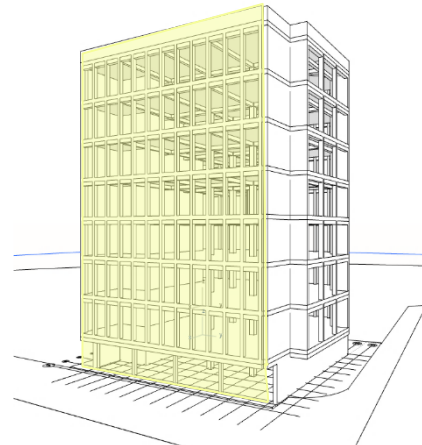


Abbildung 78 / Skelettfassade

Es muss überprüft werden welche Funktionen von den bestehend bleibenden Bauteilen erfüllt werden können und welche die neuen Bauelemente übernehmen müssen.

Bei Stahlbetonskelettbauten muss die Fassade freitragend über die großteils offenen Fassadenflächen geführt werden. Zudem muss das neue System, bis auf die Gebäudeaussteifung und die Lastabtragung der Decken, alle Anforderungen einer Außenwand erfüllen. Siehe Tabelle **Anforderungen an die Bauteile Übersicht inkl. Beschreibung [Allgemein]**

Bei Lochfassaden können in den meisten Fällen die bestehenden Bauteile die Anforderungen der Statik und des Schall- und Brandschutzes übernehmen.

Bei den Innenbauteilen können zum Beispiel massive Trennbauteile mit Vorsatzwänden adaptiert werden. Dabei ist zu unterscheiden ob Elemente für die flexible Nutzung eine entscheidende Rolle spielen.

Massive Stahlbetondecken erfüllen zumeist den geforderten Schallschutz, die Anforderung an den Ausbau bleibt relativ gering.

Ob ein Kellergeschoß oder nur eine Bodenplatte besteht spielt eine untergeordnete Rolle.

4.1.2 Gebäudegeometrie

Die Analyse der Gebäudegeometrie ergibt viele wichtige Aufschlüsse an die Montierbarkeit des Fassadensystems beziehungsweise stellt sie weitere Anforderungen an die Planung.

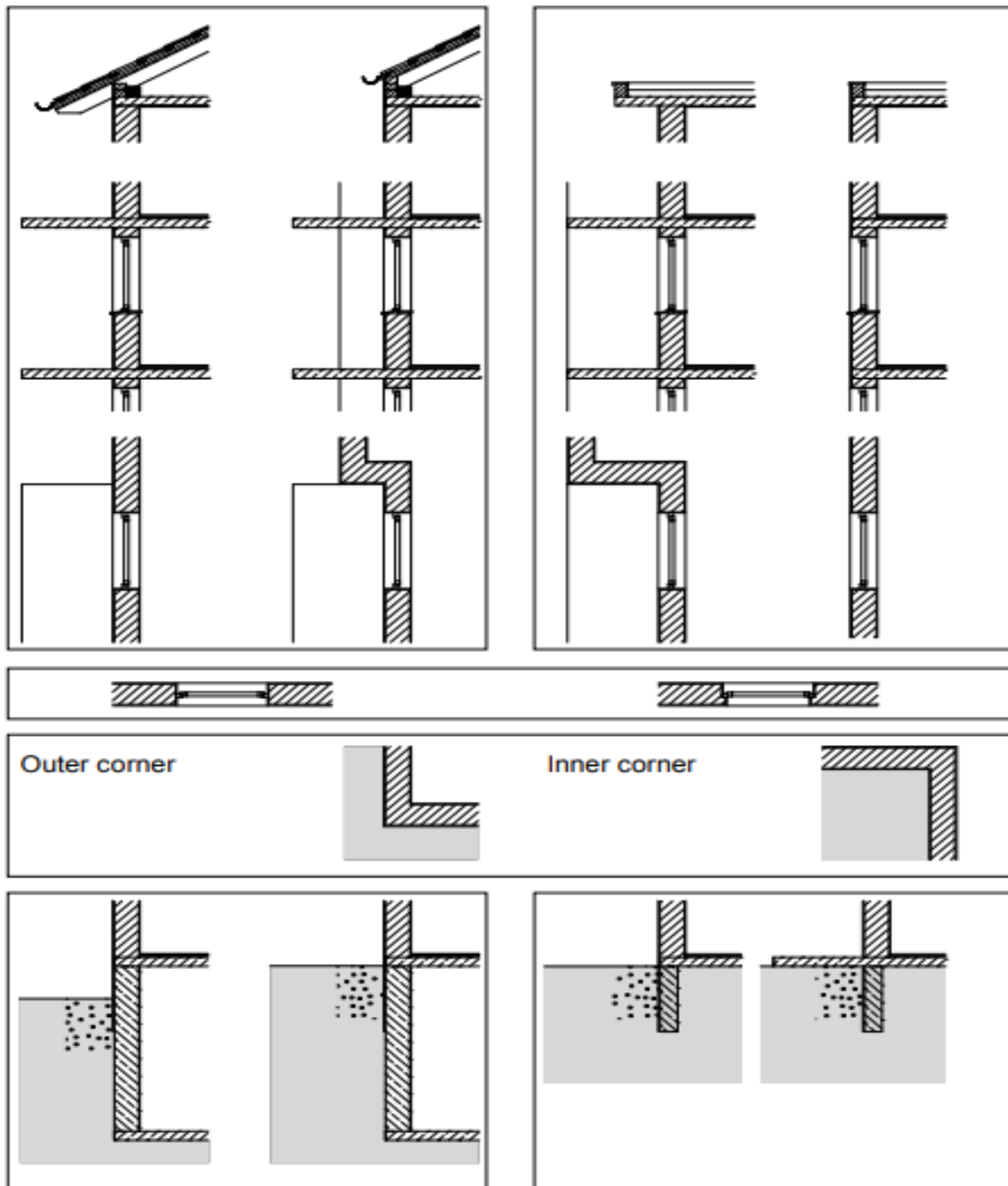


Abbildung 80 / TES EnergyFaçade Planungshandbuch 03_31- Gebäudegeometrie

Auskragende Bauteile stellen eine große Herausforderung an die neuen Fassadensysteme dar.

Eine Montage von Elementen unterhalb auskragender Bauteile kann nur mit erhöhtem Aufwand erfolgen und führt somit zu einer Erhöhung der Kosten.

Das betrifft sämtliche Bauteile in allen Geschossen unter der Auskragung.

Auskragend bleibende STB Bauteile müssen thermisch getrennt oder zusätzlich gedämmt werden.

Aus diesen Gründen ist es empfehlenswert, eine möglichst plane Fassadengeometrie anzustreben. Bestehende Balkone können zum Beispiel als Wohnraum adaptiert werden, damit können Themen rund um die Wärmebrücken und Dampf- und Winddichtheit am einfachsten gelöst werden.

Die Montage der vorgefertigten Holzbaulemente kann ohne Hindernisse erfolgen.

Siehe Abbildung 81 / Balkone

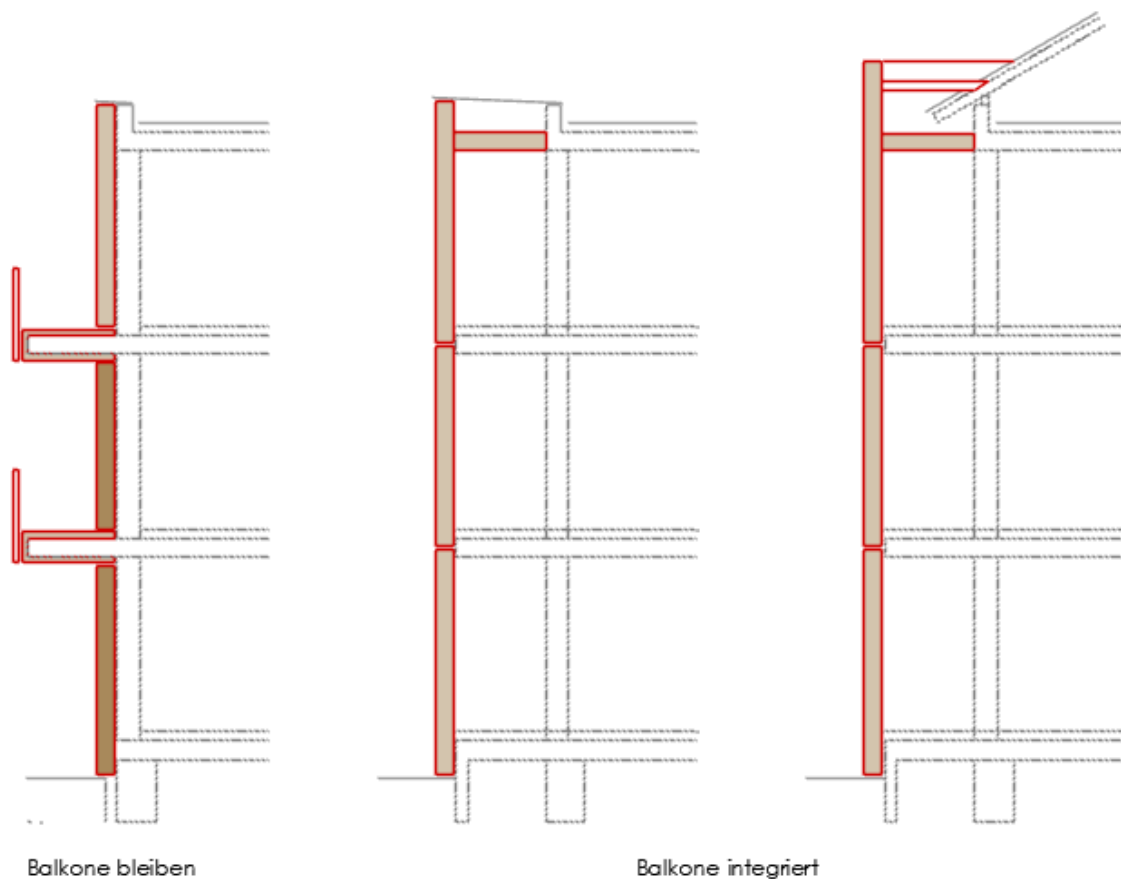


Abbildung 81 / Balkone

4.1.3 Bauteile

4.1.3.1 Bauteilaufbauten

Die Bauteilaufbauten resultieren aus den Anforderungen lt. **Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen | Referenzprojekt.**

Je nach Anforderung werden die Bauteile unterschiedlich aufgebaut. Es wird zwischen homogenen und inhomogenen Bauteilen unterschieden.

Inhomogene Bauteile bestehen aus mehreren Schichten. Der größte Vorteil der mehrschichtigen Bauteile liegt in der exakten Anpassbarkeit an die jeweilige Anforderung. Schichten bestehen aus unterschiedlichen Materialien und können dadurch verschiedene Aufgaben übernehmen.

Jedes Bauteil soll aus so wenig Schichten wie möglich bestehen. Jede einzelne Schicht kostet Geld, muss auf die Baustelle transportiert werden, benötigt Rohstoff- und Energieressourcen bei der Produktion und beim Einbau.

Zudem ist ein vielschichtiger Aufbau komplexer und benötigt mehr Aufmerksamkeit bei der Planung und Verarbeitung.

Die nachfolgenden Tabellen geben eine Übersicht welche Funktionen die Schichten im Gesamtbauteil übernehmen müssen und aus welchen Materialien diese üblicherweise bestehen.

Die Grundlagen für die Inhalte der Zusammenfassungen in den Tabellen lt. den Punkten **4.1.3.2 bis 4.1.3.5** basieren auf nachfolgender Literatur und auf berufliche Erfahrung:

(Holz im Hochbau, Theorie und Praxis) (Pech, et al., 2016)

(Planungshandbuch Holzwerkstoffe) (Geza Ambrozy & Giertlova', 2005)

(tes EnergyFacade Sanieren Seite 22-23) (Lattke, Kaufmann, & Winter, 2011)

(Technische Universität München D-80333 München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, Dipl.-Ing. Stephan Ott www.hb.bv.tum.de, 2009)

(Holzbau mit System) (Kolb, 2008)

4.1.3.2 Anforderungen an die Bauteile Übersicht inkl. Beschreibung [Allgemein]

	ALLGEMEIN	BESCHREIBUNG
1)	WÄRMESCHUTZ	
a)	Winterlicher Wärmeschutz	Verringern von Energieverlusten durch Abfluss von Wärme nach außen.
b)	Sommerlicher Wärmeschutz	Verringern von Wärmeeintrag von außen
2)	SCHALLSCHUTZ	Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen Referenzprojekt Spalte Schallschutz
a)	Luftschall zwischen Einheiten im gleichen Geschloß	Hauptsächlich für Innenwände bzw. Flankenübertragung bei Aussenwänden
b)	Luftschall zwischen Einheiten zu anderen Geschloßen	Flankenübertragung über Außenwände die geschloßübergreifende Formate aufweisen
c)	Körperschall zwischen Einheiten im gleichen Geschloß	Wohnungstrennwände
d)	Trittschall zu anderen Geschloßen	Geschoßdecken
3)	BRANDSCHUTZ	Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen Referenzprojekt Spalte Brandschutz
a)	R, E, I, W, M, C, S, tt ³⁰	Klassifizierung nach DIN EN 13501-2 R...Tragfähigkeit E...Raumabschluss I...Wärmedämmung W...Strahlung M...Stoßbeanspruchung auf Wände C...Selbstschließende Eigenschaft S...Rauchdichtheit tt... Klassifizierungsperioden in Minuten
b)	(Abschottung)	Schachtwände
c)	K (Kapselung)	Verkleidung von tragenden Bauteilen zur Erreichung des geforderten Brandwiderstandes
4)	LASTABTRAGUNG STANDSICHERHEIT	
a)	Eigengewicht Bauteil	Eigengewicht des neu eingebauten Bauteiles
b)	Geschoßdecken	Auflager für Geschoßdecken? Geschoßdecken neu?
c)	Einbauteile	Fenster, Türen, Haustechnik
d)	Schnee	Lasten aus Schnee
e)	Wind	Gebäudeaussteifung Örtliche Lastabtragung z.B Wände zu Stützen
5)	ZUSÄTZLICHE OPTIONEN	
a)	Raum für Installationen	Leitungsführung, Schächte, Leerverrohrungen
b)	Updatefähigkeit	z.B. Nachtäglicher Einbau von Haustechnik
c)	Wiederverwendbarkeit	Cradle to Cradle
d)	

Tabelle 1 / Bauteilanforderungen [Allgemein]

³⁰ (Önorm EN 13501-2: 2016 11 01, 2016)

4.1.3.3 Funktionen von Schichten [Allgemein]

In den häufigsten Fällen lassen sich die Funktionen der Schichten nach den Anforderungen der Bauteile Untergliedern. Siehe **Tabelle 1** / Spalte Allgemein.

	ALLGEMEIN	DETAIL	LAGE
1.	WÄRMESCHUTZ [WS]		
	Luftdichtheit [L]	Verhinderung bzw. Regelung der Wasserdampfdiffusion und Wasserdampfkvektion	Raumseitig (warme Seite) maximal ein Drittel der Dämmstoffdicke in Richtung außen
	Winddichtheit [WB]	Verhinderung Durchströmung (Abkühlung) von Dämmebenen durch Außenluft	Außerhalb der Dämmung
	Wärmedämmung [D]	Verringerung der Wärmeleitung	
2.	SCHALLSCHUTZ [SA]		
	Masse Feder Luftraum Absorption Luftdichtheit		
3.	BRANDSCHUTZ³¹ [BS]		
	Brandwiderstand Brennbarkeit Rauchentwicklung [s] Tropfenbildung [d] Kapselung [k] Brandriegel	REI30; R30; ... A1; A2, B; C; D; E; F s1; s2; s3 d0; d1; d2	Gesamtbauteil Klassifizierung Beitrag zum Brand Anteil der Rauchentwicklung Wird ein Baustoff im Brandfall flüssig?
4.	LASTABTRAGUNG [STA] STANDSICHERHEIT		
	Aussteifung [Ast] Lastabtragung [La] Lastverteilung [Lv] Stabilisierung vorgefertigter Elemente [E_Ast]		
5.	ZUSÄTZLICHE OPTIONEN		
	Spritzwasserschutz [Z_sp]		

Tabelle 2 / Funktionen von Schichten

³¹ (Önorm EN 13501-1: 2020 01 15, 2020)

4.1.3.4 Häufig verwendete Materialien im Holzbau (Vorfertigung)^{32,33}

BEZEICHNUNG	TYPEN	LAGE IM BAUTEIL LT.		FUNKTION LT.	PRODUKTBEISPIEL PRODUZENT
		4.1.3.5 EINTEILUNG DER SCHICHTEN IN ABSCHNITTE (EXEMPLARISCHE DARSTELLUNGEN)			
Vollholz					
Bauholz	MH	iB, iE, ev. T, Q FUK, FB		Konstruktive Elemente und Hobelware sowie Latten und Bretter	Sägewerke
Keilgezinktes Konstruktionsvollholz	KVH	T, Q		Rahmen von vorgefertigten Holzriegeelementen	
Balkenschichtholz Duo / Trio / Quattro Balken		T, iB (Lamellenverkleidung)		Für formstabile Konstruktionselemente und Sichtelemente	Hasslacher Norica Timber, Holz Reisecker
Brettschichtholz	BSH	T		Für hochbelastete formstabile Konstruktionselemente	Wiehag, Mayr Melnhof Holz
Kreuzholz		T		Eher selten	
Brettsperrholz	BSP	T		STA, Ast, La, Lv	
Furnierschichtholz	LVL	T		Für hochbelastete formstabile Konstruktionselemente	
Holzwerkstoffe					
Oriented Strand Board Platten	OSB/1 bis OSB/4	iB, B, L (min OSB/3), Ast (min. OSB/3)		Ast, Lv	Beplankung von vorgefertigten Holzriegeelementen
Mehrschichtplatte	3-Schicht 5-Schicht	iB, FB; Ast		Lv, Ast	Innenverkleidung oder Unterkonstruktionen für Verblechungen

³² (Pech, et al., 2016)

³³ (Holzforschung, 2020)

LAGE IM BAUTEIL LT.
 4.1.3.5EINTEILUNG DER SCHICHTEN IN
 ABSCHNITTE
 (EXEMPLARISCHE DARSTELLUNGEN)

BEZEICHNUNG	TYPEN	LAGE IM BAUTEIL LT. 4.1.3.5EINTEILUNG DER SCHICHTEN IN ABSCHNITTE (EXEMPLARISCHE DARSTELLUNGEN)	FUNKTION LT. <i>Tabelle 2 / Funktionen von Schichten</i>	PRODUKTBEISPIEL PRODUZENT	
Spanplatten V100, V20	P1 bis P7	B, L, Ast (min. P4)	LV	Ähnlich OSB	Kronospan
Zementgebundene Spanplatten		FB, Ast, BS,	Lv, Ast		CETRIS® Basic
Mitteldichte Faserplatte	MDF	WB	Lv	WD	Egger DHF, Agepan DWD
Poröse (weiche) Faserplatte		iE, FB, WB; D	EK, SA		Steico universal
Holzweichfaserplatte		D			
Holzwole Leichtbauplatten		iB, SA, BS			Knauf Insulation - Herak- lith®
Gipswerkstoffe					
Gipskarton-Bauplatte	GKB ³⁴ GKB-i	iB, B, SA			
Gipskarton-Feuerschutzplatte	GKF ³⁵ GKF-i	iB, B, SA, BS			
Gipsfaserplatte		iB, B, SA, BS			
Folien Abdichtungen					
Dampfbremsen			L		
Windbremsen			WB		
Mineralwolle					

³⁴ (ÖNORM B 3410: 2016 04 01, 2016)

³⁵ (ÖNORM B 3410: 2016 04 01, 2016)

LAGE IM BAUTEIL LT.

4.1.3.5EINTEILUNG DER SCHICHTEN IN
ABSCHNITTE
(EXEMPLARISCHE DARSTELLUNGEN)

BEZEICHNUNG	TYPEN	FUNKTION LT. <i>Tabelle 2 / Funktionen von Schichten</i>		PRODUKTBEISPIEL PRODUZENT	
Steinwolle Glaswolle	MW-WL ³⁶ MW-W MW-WF MW-WV MW-WD MW-T MW-PT	D, EK		Wärmedämmung	Rockwool®, Saint-Gobai ISOVER, Knauf Insulation
Sonstige					
Faserzementplatten	FZ	Fassade, Innenverkleidung	FB,iB		Eternit®
Aluverbundplatten	AluV		FB		Alucobond®
High Pressure Laminate	HPL		FB, iB		Fundermax®
gepresste Steinwollplatten	HPST		FB		Rockpanel®

Tabelle 3 / Häufig verwendete Materialien im Holzbau (Vorfertigung)

iB	Innenbekleidung	L	Luftdichtheit	Ast	Aussteifung
iE	Installationsebene	WB	Windbremse	T	Konstruktion
FB	Außenbekleidung	(D)	Dämmung	B	Bekleidung
TL	Traglattung	Q	Querlage	EK	Entkopplung
SA	Schallschutz	HL	Hinterlüftung	BS	Brandschutz

³⁶ (Önorm B 6000: 2018 08 01, 2018)

4.1.3.5 Einteilung der Schichten in Abschnitte (Exemplarische Darstellungen)

Diese schematische Darstellung gibt einen Überblick der wichtigsten «Funktionsgruppen» von Bauteilen.

Die linke Textspalte erklärt die Abkürzungen der Untergruppen.

Die Übergruppen sind in der Grafik mit Pfeil gekennzeichnet. (z.B. Innenverkleidung)

In diesen Darstellungen sind die gängigsten Materialien zeichnerisch dargestellt.

Für einen funktionierenden Aufbau sind nicht alle Schichten erforderlich, sondern Sie können vielmehr individuell, je nach Anforderung, verwendet werden oder entfallen.

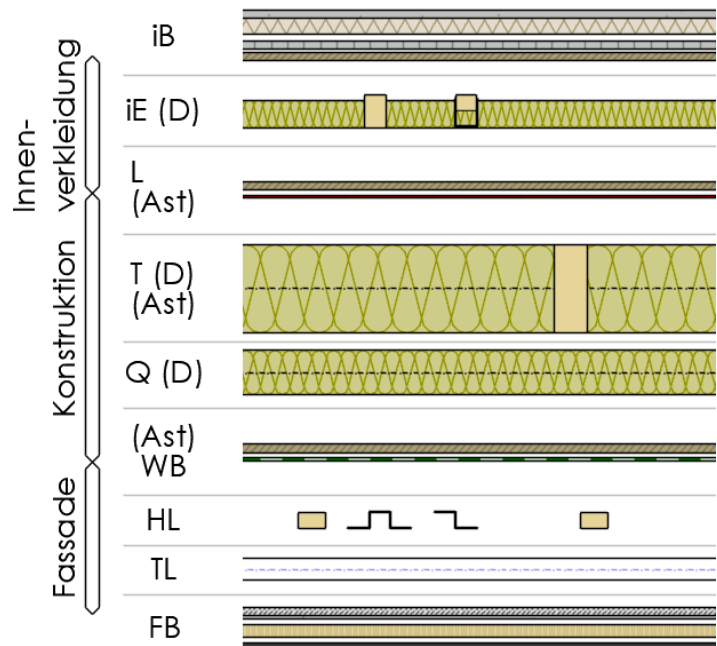
So kann beispielsweise eine OSB-Platte im Bereich der Innenverkleidung die Funktion der Luftdichtheit sowie die der Aussteifung übernehmen.

▮ **Außenwand** **Beispiel Holzbau Neu**

Diese Variante wird sowohl beim Neubau als auch bei Sanierungen von Bauteilen ohne Bestandsmauerwerk verwendet.

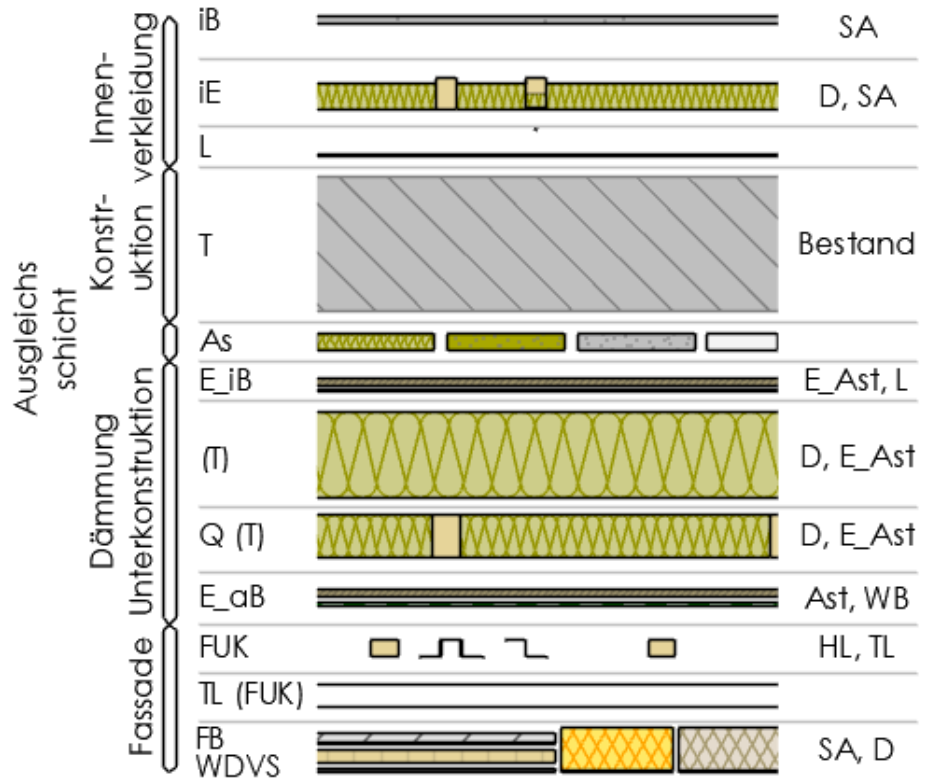
Zum Beispiel bei Stahlbetonskelettbauweisen.

iB	Innenbekleidung
iE	Installationsebene
L	Luftdichtheit
(Ast)	Aussteifung
T	Konstruktion
(D)	Dämmung
(Ast)	Aussteifung
Q	Querlage
(D)	Dämmung
WB	Windbremse
(Ast)	Aussteifung
FUK	Unterkonstruktion Fassade
(HL)	Hinterlüftung
TL	Traglattung
FB	Außenbekleidung



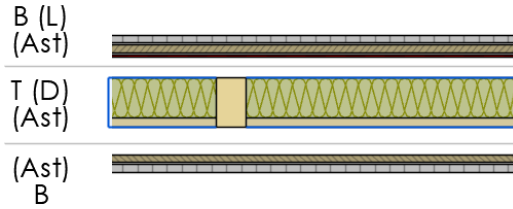
▫ **Außenwand**
Beispiel Mauerwerk saniert

- iB Innenbekleidung
- iE Installationsebene
- L Luftdichtheit
- T Konstruktion (Bestand)
- (D) Dämmung
- AS Ausgleichsschicht
- Q Querlage
- (D) Dämmung
- WB Windbremse
- FUK Unterkonstruktion Fassade
- (HL) Hinterlüftung
- TL Traglattung
- FB Außenbekleidung



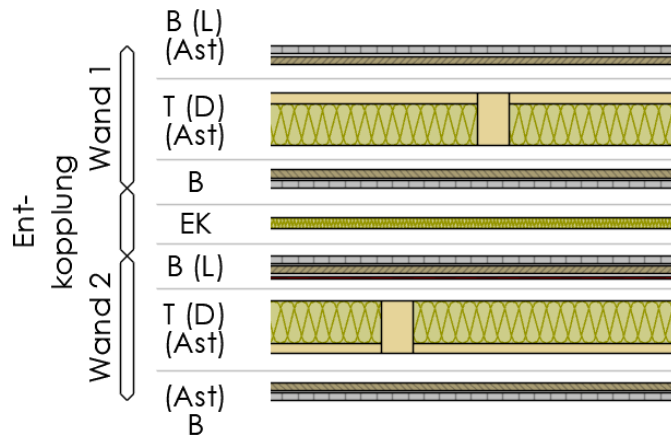
□ **Innenwand Beispiel**
Innenwand ohne spezielle Anforderung

- B Bekleidung
- L Luftdichtheit
- (Ast) Aussteifung
- T Konstruktion
- (D) Dämmung
- (Ast) Aussteifung
- B Bekleidung
- (Ast) Aussteifung



□ **Innenwand Beispiel**
Wohnungstrennwand

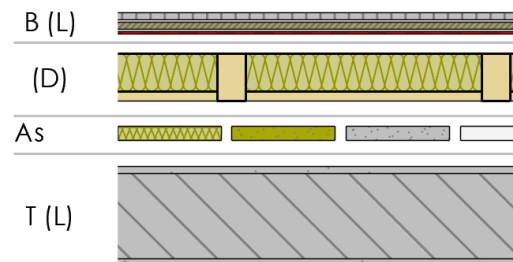
- B Bekleidung
- L Luftdichtheit
- (Ast) Aussteifung
- T Konstruktion
- (D) Dämmung
- (Ast) Aussteifung
- B Bekleidung
- L Luftdichtheit
- (Ast) Aussteifung
- EK Entkopplung



Spiegelgleich

□ **Innenwand Beispiel**
Mauerwerk saniert

- B Bekleidung
- L Luftdichtheit
- (D) Dämmung
- AS Ausgleichsschicht
- T Konstruktionsbestand
- L Verputz



4.1.4 Elementierung

Um Bauteile vorfertigen zu können, müssen diese in transportfähige Größen konfektioniert werden. Große Elemente können wirtschaftlicher produziert werden, sind aber aufwändiger zu transportieren und in den meisten Fällen komplizierter zu montieren.

Eine auf das Bauwerk abgestimmte Elementierung ist essenziell für die Wirtschaftlichkeit von vorgefertigten Bauteilen. Dabei ist auch die örtliche Situation der Baustelleneinrichtung in Bezug auf Lagermöglichkeiten und Zufahrtswege zu beachten.

Auch aufgrund der gewählten Bauteilaufbauten ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten zur Elementierung.

Ausschlaggebend für die Anordnung der Elemente und die daraus resultierenden Elementgrößen sind neben den Transportmöglichkeiten vor allem die Anforderungen an den Schallschutz zu den unterschiedlichen Nutzungseinheiten.

Je nach Anforderung lt. **Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen | Referenzprojekt** bzw. je nach gewünschter Flexibilität lt. Punkt **4.11 Update- und Servicefähigkeit der Fassadenelemente** müssen die Elemente unterschiedlich entkoppelt und somit unterschiedlich konfektioniert werden.

Sollen die Elemente einheitenübergreifend geführt werden, müssen zum Beispiel bei der Skelettbauweise zur Verbesserung der Flankenübertragung innenseitige Installationsebenen angebracht werden. Werden die Elemente an die Größe der Einheiten angepasst, können diese Vorsatzschalen in der Regel entfallen. Die Anpassung muss horizontal im Bereich der Einheitentrennwände und vertikal im Bereich der Geschoßdecken erfolgen. Bei Lochfassaden kann durch Entkopplung der Fensterelemente diese Installationsebene ebenfalls entfallen.

Grundsätzlich sind größere Elemente in der Produktion kostengünstiger, dem gegenüber stehen der größere Manipulations- und Transportaufwand und gegebenenfalls zusätzlich erforderliche Bauteilschichten.

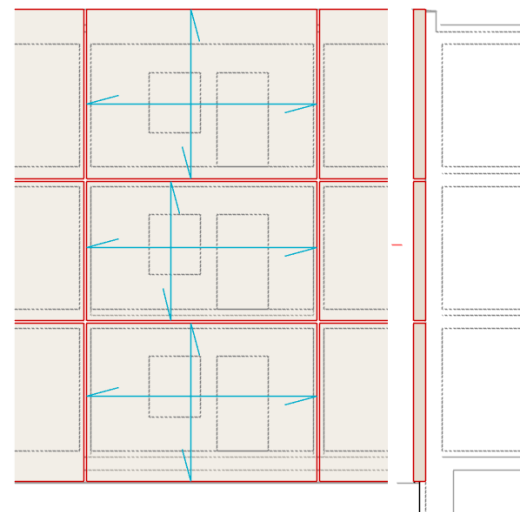


Abbildung 82 / Einheitengetrent

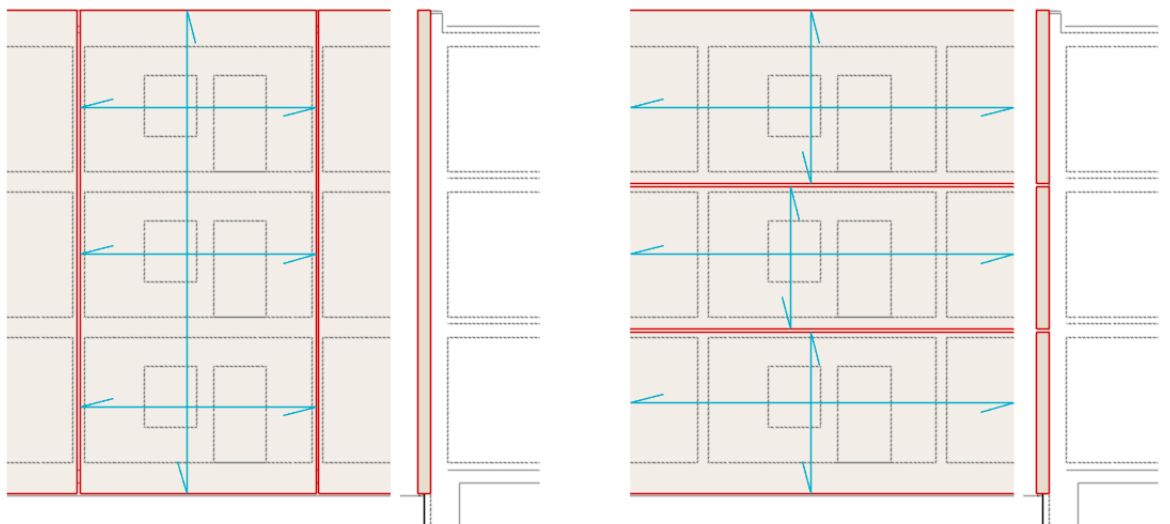


Abbildung 83 / Einheitenübergreifend

4.1.5 Lage der Außenwände im Bezug zum Bestand

In der Publikationen des Forschungsprojektes an der TU München « **TES EnergyFacade Sanieren mit vorgefertigten Holzrahmenelementen** »³⁷ unterscheidet man zwischen vier verschiedenen Möglichkeiten die Außenwandelemente zu platzieren, beziehungsweise beschreibt man die Ableitungsmöglichkeiten der Horizontal- und Vertikallasten.

Die Befestigungspunkte beschränken sich auf den Bereich der Geschoßdecken sowie den Sockel- und Attikabereich.

Bei Fassaden mit Lochfassade lt. **Abbildung 79 / Lochfassade** ist eine weitere Variante denkbar. Siehe **Abbildung 85 / Durchgehend angehängt**

Die Elemente können ähnlich wie bei einem Wärmedämmverbundsystem, mehrfach am bestehenden Mauerwerk flächig befestigt werden.

Diese Befestigungsvariante stellt besonders bei Gebäuden mit geringem Fensteranteil und soliden Bestandswänden, eine besonders wirtschaftliche Variante dar.

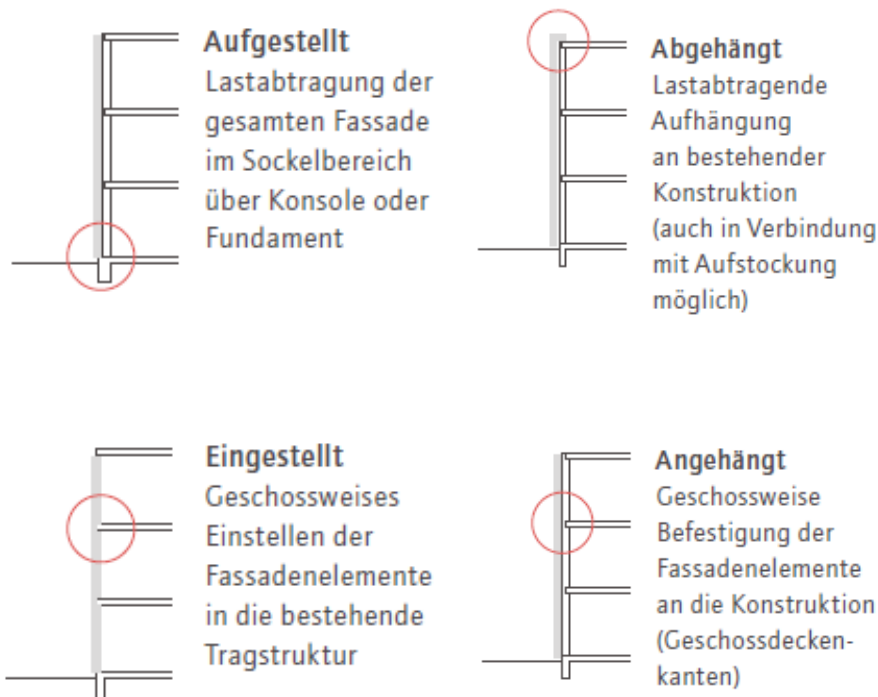


Abbildung 84 / TES EnergyFacade

1 Abgehängt	4 Eingestellt
2 Angehängt	5 Durchgehend angehängt
3 Aufgestellt	

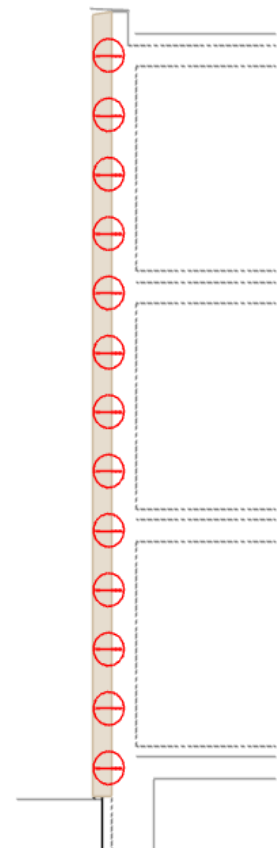


Abbildung 85 / Durchgehend angehängt

³⁷ (Lattke, Kaufmann, & Winter, 2011)

1. Abgehängt

Abgehängte Elemente werden am obersten Punkt der Fassade am Bestand verankert. Das bedeutet, die Elemente sind von unten bis oben durchgehend elementiert. Durch die großen Elementabmessungen der Einzelemente gibt es insgesamt weniger Elemente zu versetzen und zu manipulieren. Dadurch bietet diese Variante in puncto Versetz- und Montageaufwand große Vorteile. Die großen Elementabmessungen stellen allerdings hohe Anforderungen an die Naturmaßaufnahme und an die exakte Übertragung an die Elementplanung. Da die Bauteile über mehrere Geschoße und Einheiten führen, müssen diese entsprechend exakt an den Bestand angepasst werden. Ungenauigkeiten der Bestandsbauteile können nur im Bereich der Element-Vertikalstöße kompensiert werden. Deshalb kann es sein, dass es nur wenige identische Elementabmessungen gibt. Sind in den Geschoßen unterschiedliche Einheiten untergebracht, ist zur vertikalen Schallentkopplung die Anordnung von Vorsatzschalen unumgänglich. Das bedeutet, aus durchgehend vorgesetzten Bauteilen werden teilweise eingestellte Elemente, was zusätzliche Schichten und Anpassungen an die bestehende Bausubstanz erfordert.

2. Angehängt

Die Elemente werden geschoßweise – häufig an der Geschoßdecke – verankert und können deshalb sehr unabhängig von der bestehenden Gebäudestruktur elementiert werden.

3. Aufgestellt

Diese Variante stellt von der Art der Verankerung die angenehmste Variante dar. Hier können die erforderlichen Verankerungsbauteile vom Boden aus vorbereitet werden. Ansonsten gelten ähnliche Rahmenbedingungen wie bei Variante 1.

4. Eingestellt

Die Elementierung kann wie bei Variante 2 sehr unabhängig von der bestehenden Gebäudestruktur erfolgen. Durch die Einstellung in die Bestandsebene kann die vertikale Lastabtragung je nach Einstelltiefe großteils ohne zusätzliche Stahlteile erfolgen. Das erfordert aber sehr hohe Anforderungen an die Naturmaßnahme und an das Anpassen an den Bestand. (ähnlich Variante 1)

5. Durchgehend angehängt

Die durchgehend angehängte Variante erfordert eine statisch wirksame Bestandswand und kann somit nur im Bereich von Lochfassaden ausgeführt werden. An dieser Wand können die Elemente im Prinzip durchgehend verankert werden. Wie oft das sinnvoll oder erforderlich ist liegt am Elementaufbau. In häufigen Fällen kann die Bestandswand neben den statischen Anforderungen auch einen großen Teil des Schall- und Brandschutzes übernehmen. Dadurch kann man bei diesen Bauteilaufbauten viele Schichten einsparen.

4.1.6 Verankerung

Bei der Wahl der Verankerungsmethode entscheiden die Gesichtspunkte aus den Punkten **4.1.4 Elementierung**, **4.1.5 Lage der Außenwände im Bezug zum Bestand** und **4.11 Update- und Servicefähigkeit der Fassadenelemente**

In vielen Fällen wird durch diese Entscheidungen die Anordnung der Verankerungen vorgegeben.

4.1.6.1 Anordnung der Verankerung

Bei der Anordnung der Verankerung kann von folgenden Varianten ausgegangen werden.

1. Punktuell
2. Linear
3. Flächig

Bei Variante 1 erfolgt die Verankerung an den Schnittpunkten der bestehenden Wand-, Decken- und Stützelemente, bei Variante 2 im Bereich der Zwischendecke.

Bei Variante 3 ist ein bestehendes vollflächiges Mauerwerk erforderlich. Die Verankerung erfolgt „vollflächig“ an der bestehenden Wand.

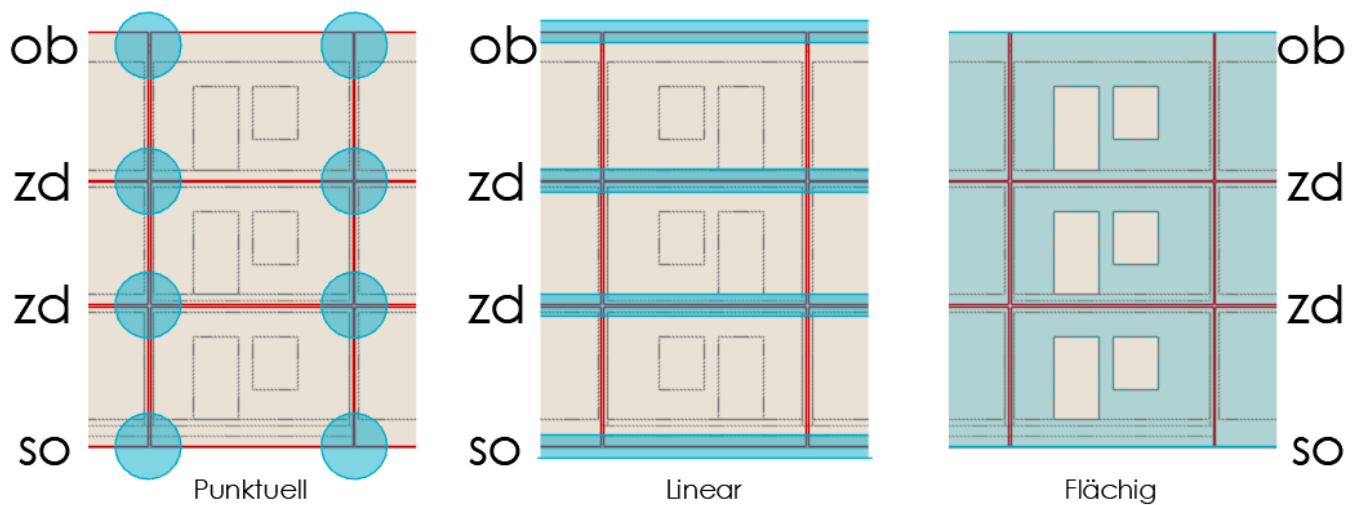


Abbildung 86 / Anordnung Verankerung

so...Sockel | zd...Zwischendecke | ob...Oberste Decke

Die Verankerungsmöglichkeiten sind vielfältig.

Einige Verankerungsmöglichkeiten sind in **Abbildung 87 / Verankerungsmöglichkeiten** dargestellt. Diese lassen sich kombinieren und an die notwendigen Anforderungen anpassen. Wie unter Punkt **4.11 Update- und Servicefähigkeit der Fassadenelemente** erläutert, ist auch bei der Wahl der Verankerungsmethode die Zugänglichkeit der Bauteile wichtig. Sollen die Bauteile je Einheit unabhängig voneinander veränderbar sein, müssen diese auch unabhängig voneinander verankert und unabhängig voneinander montierbar und demon- tierbar sein.

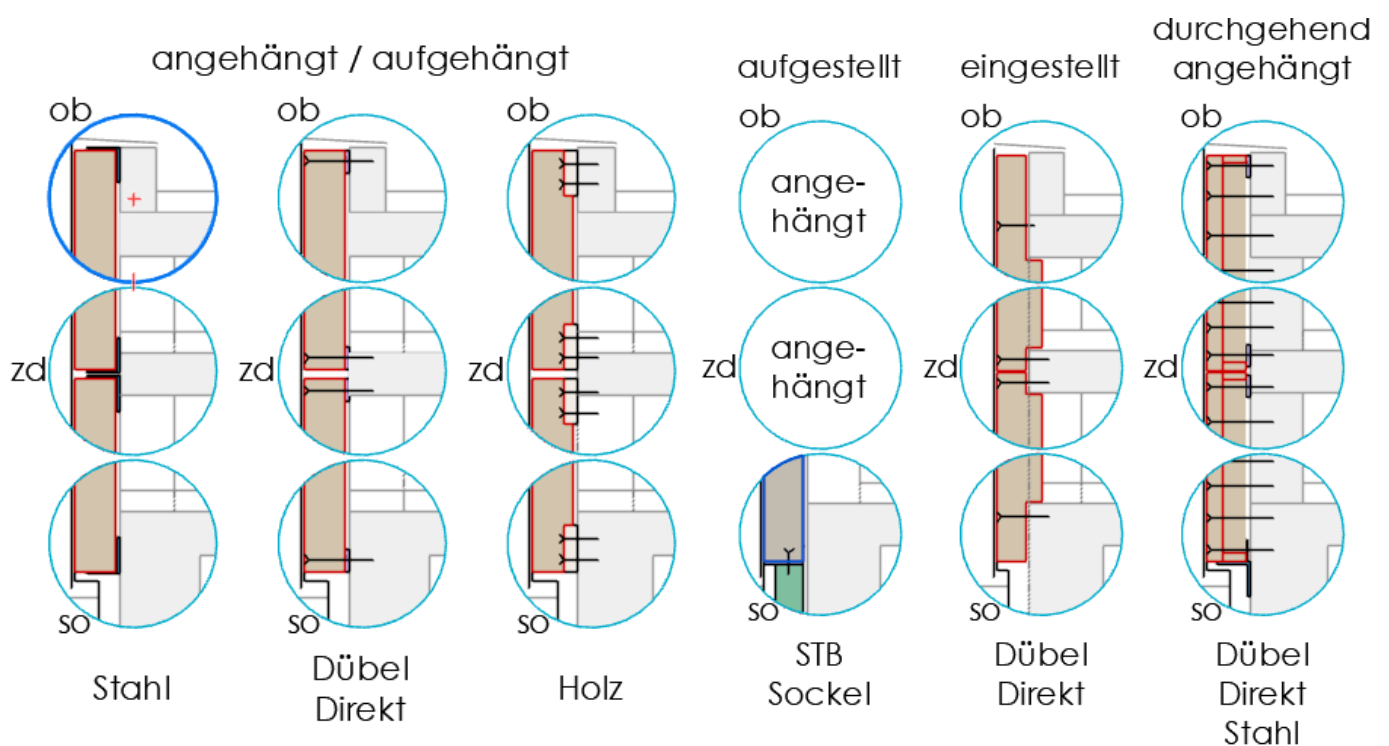


Abbildung 87 / Verankerungsmöglichkeiten

4.1.7 Grundlagen Flexibilität und Updatefähigkeit

Im Sinne der Update- und Anpassungsfähigkeit müssen Überlegungen angestellt werden ob die Bauteile einzeln, für jede Einheit oder einheitenübergreifend upgedatet oder ergänzt werden sollen.

Es kann sein, dass Bauteile hochwertiger gebaut werden müssen, um Flexibilität und Updates zu ermöglichen.

Das betrifft die Bauteile sowie die Installationen die in den Bauteilen, Aufbauten und Verkleidungen verlegt werden, bzw. auch gesamte Baugruppen wie z.B. Heizungsanlagen.

Es stellt sich die Frage: Investiert man in hochwertige Systeme, die nicht erneuert werden müssen, oder schafft man Möglichkeiten um Systeme einfach tauschen zu können? Dabei muss abgeschätzt werden welchen Zeitraum ein System überdauern kann, um nach dieser vergangenen Zeit im funktionsfähigen Zustand noch eine Einsatzberechtigung zu haben

In welcher Weise die Elemente bzw. die gesamte Fassade im Nachhinein geupdatet werden kann, hängt sehr stark von der Verankerung und der Elementkonfektionierung ab.

Mögliche Szenarien wären zum Beispiel ein Ergänzen der Wärmedämmung oder die Instandsetzung der Fassadenverkleidung. Dabei ist es unumgänglich, dass jede einzelne Schicht zerstörungsfrei demontiert werden kann, somit kommen zur Verbindung nur mechanische Verbindungsmittel wie Schrauben bzw. Schraubnägel zum Einsatz. Ein Verkleben oder Vernageln der Schichten muss vermieden werden.

Die Fassadenelemente können somit je Einheit demontiert und im Werk geupdatet oder repariert werden. Bis zur Wiedermontage der Fassadenteile stellen Dummies den provisorischen Bauwerksverschluss her.

Sollen die Bauteile später einheitenunabhängig sein, müssen diese auch unabhängig voneinander verankert und unabhängig voneinander montierbar und demontierbar sein. Siehe **Abbildung 88 / Updatefähigkeit Einheitenunabhängig**.

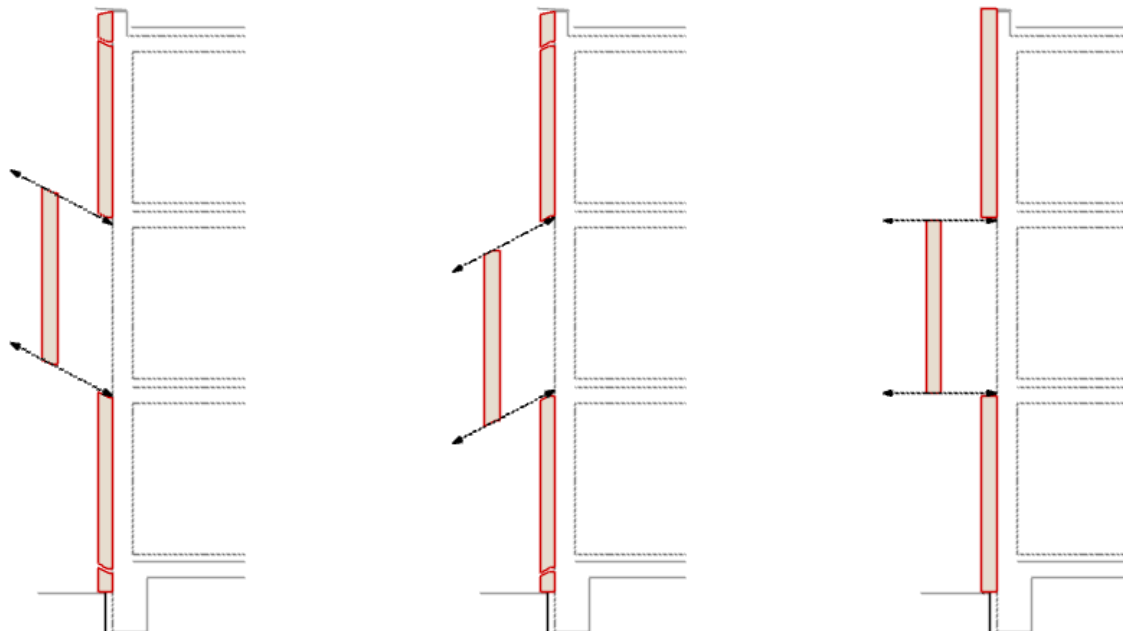


Abbildung 88 / Updatefähigkeit Einheitenunabhängig

4.2 Ausarbeitung Referenzprojekt

Das Gebäude weist eine Außenabmessung inkl. der bestehenden Fassade von 43,10 x 13,18 m auf und besteht aus vier Vollgeschoßen und einem Untergeschoß.

Für die Analyse der Holzbausysteme werden die Bauteile der Außenfassade betrachtet. Da es um die Vergleichbarkeit der grundlegenden Holzbausysteme geht, bleiben Sonderbauteile wie der Vorbau im Erdgeschoß, Außentreppen, Brandriegel und die Einbauteile wie Fenster- und Türelemente, bei der Analyse und der detaillierten Ermittlung zur Bauteilauswahl, unberücksichtigt

4.3 Bestand

4.3.1 Grundriss Regelgeschoß

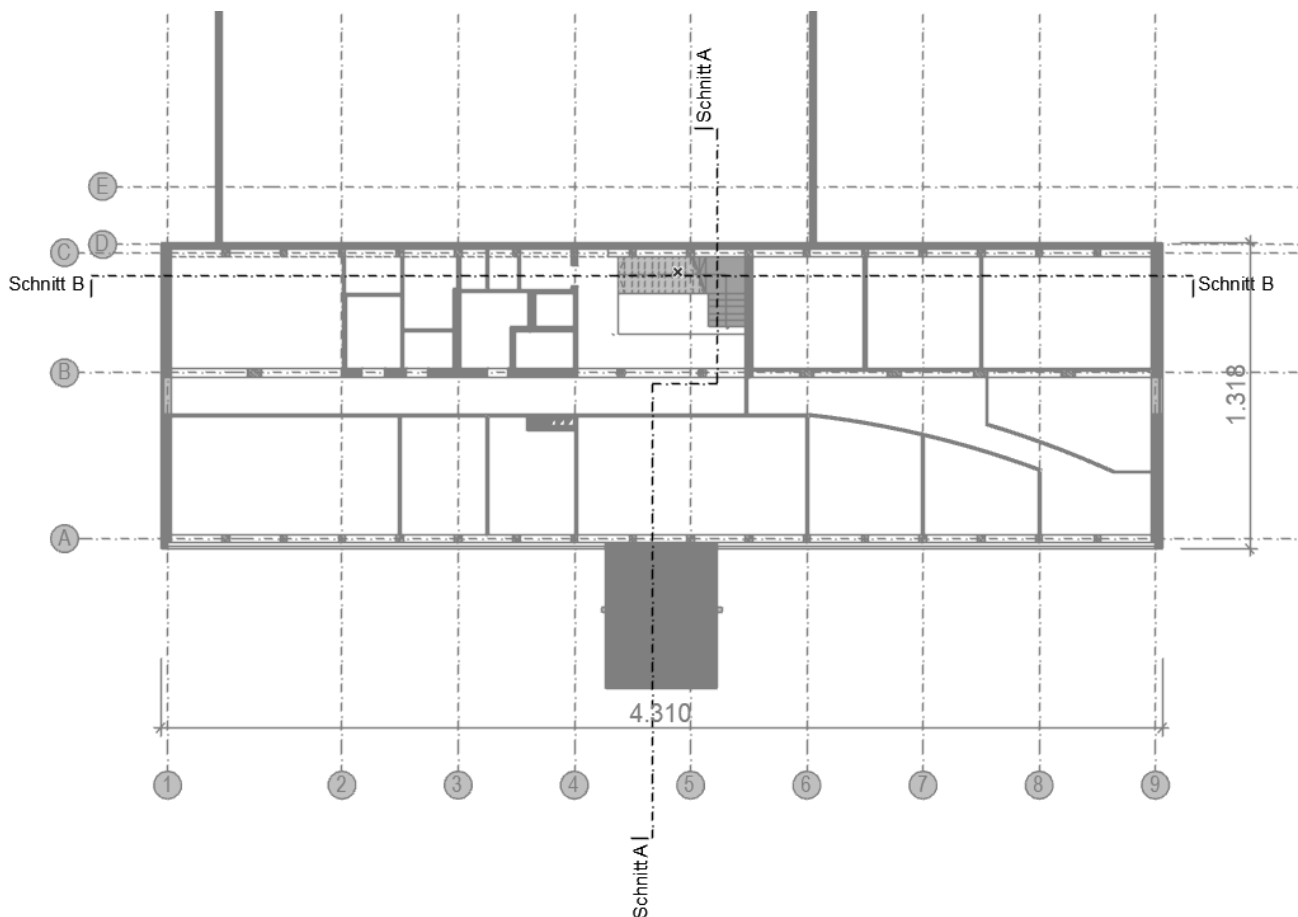


Abbildung 89 / Grundriss Regelgeschoß

4.3.2 Schnitt A-A

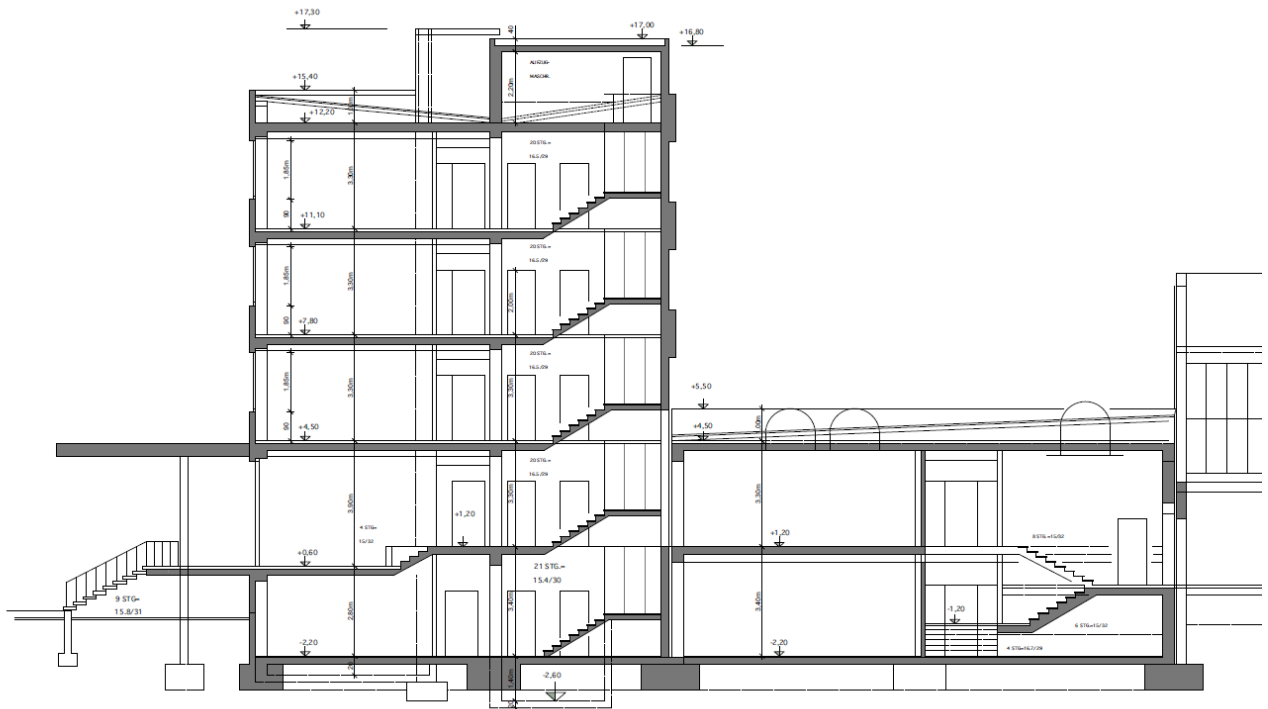


Abbildung 90 / Schnitt A-A

4.3.3 Ansicht Nordost und Südwest

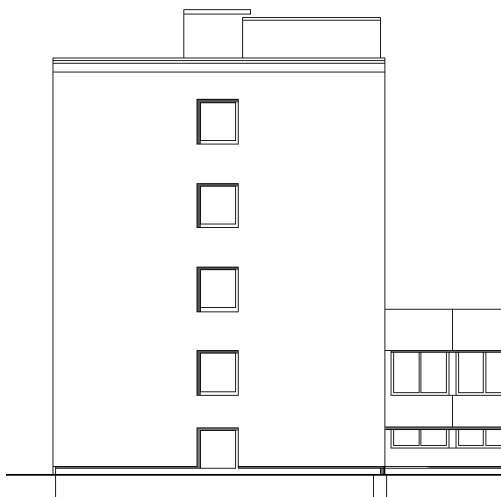


Abbildung 91 / Ansicht Nordost



Abbildung 92 / Ansicht Südwest

4.3.4 Ansicht Nordwest und Südost

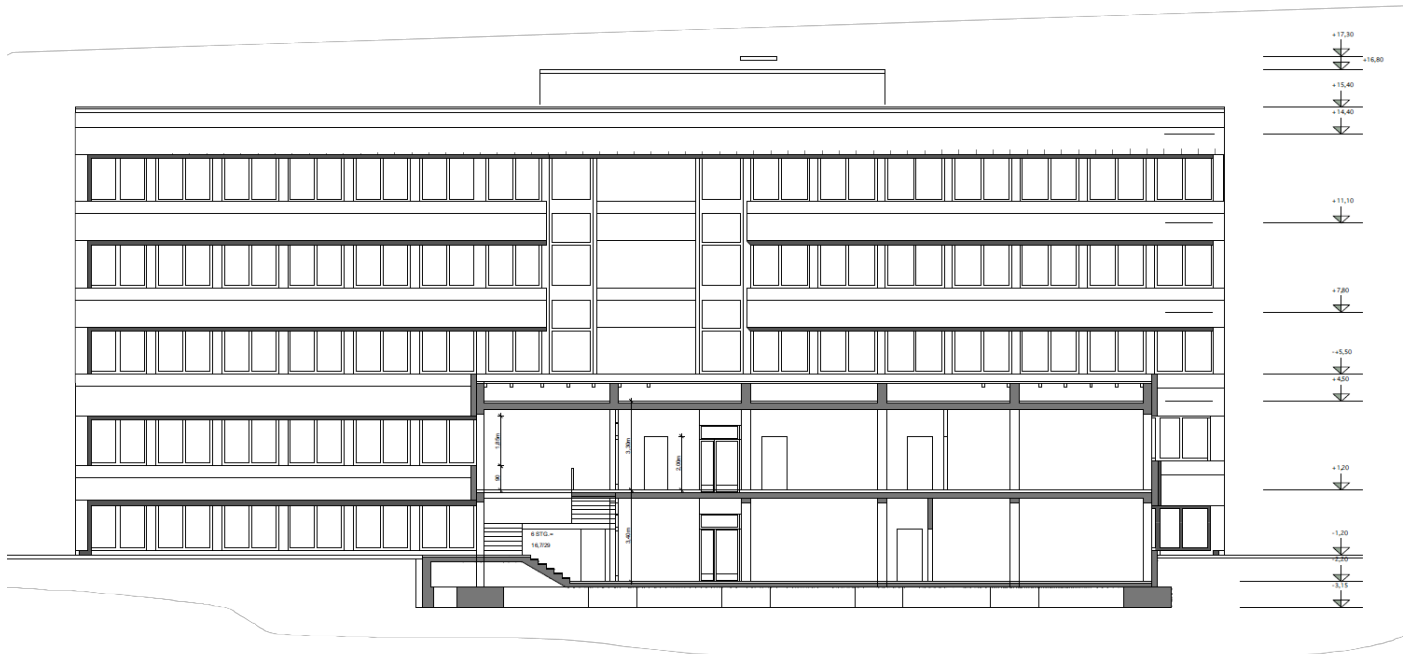


Abbildung 93 / Ansicht Nordwest



Abbildung 94 / Ansicht Südost

4.4 Planung Revitalisierung

Planung lt. Kapitel 3 Architektur

4.4.1 Grundrisse Erdgeschoß bis 3.Obergeschoß, Ansicht Südost und Nordost

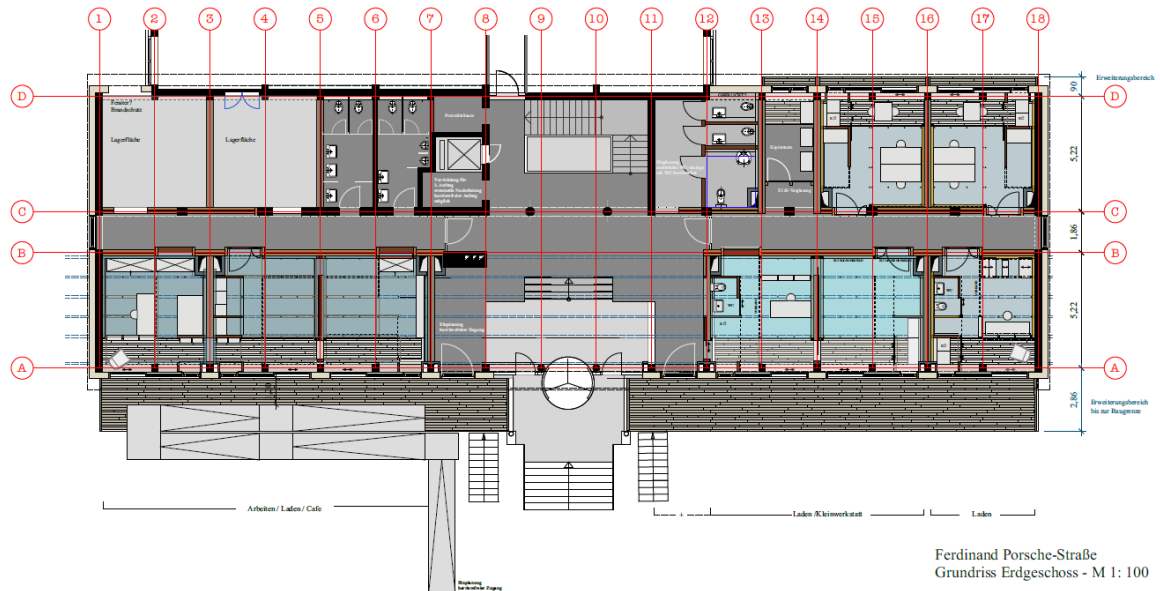


Abbildung 95 / Neuplanung Grundriss Erdgeschoß

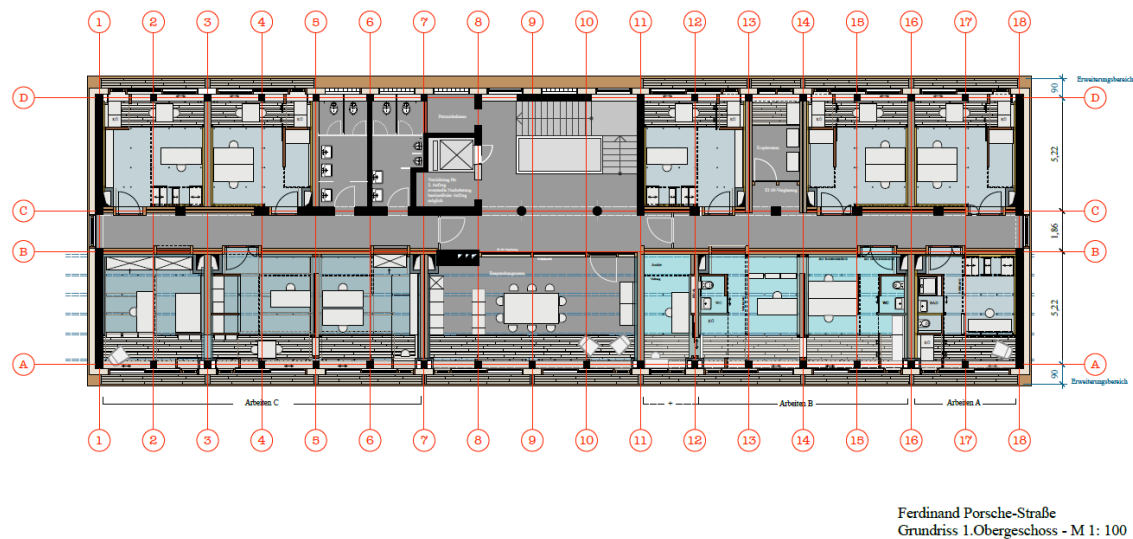
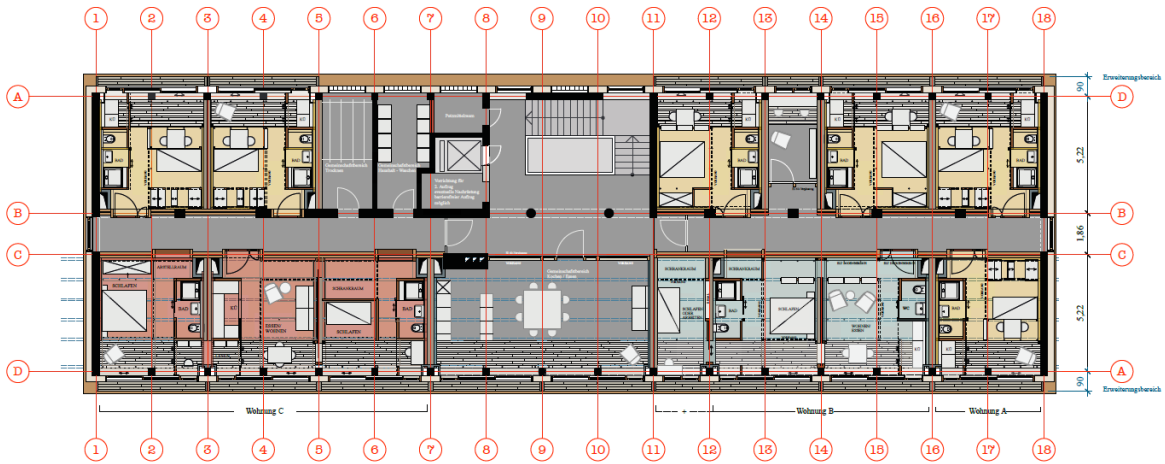
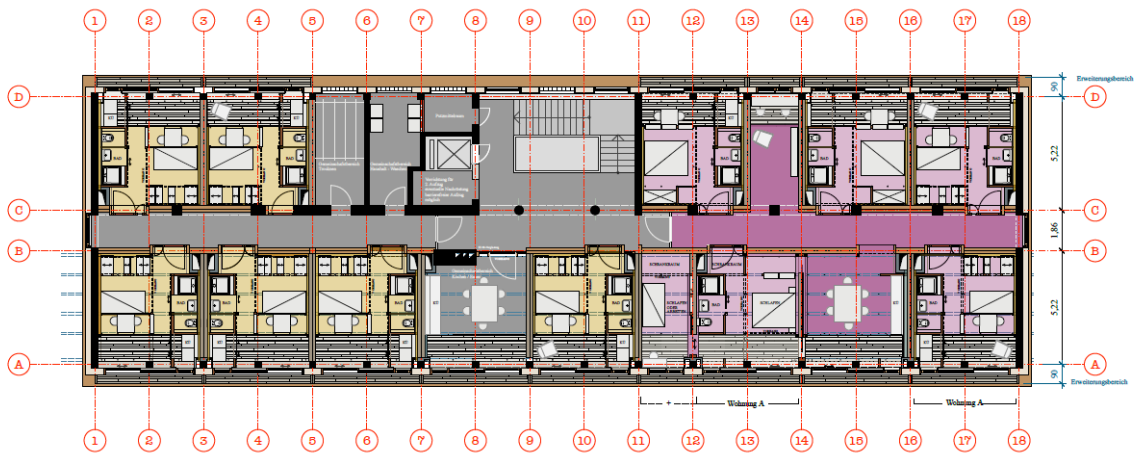


Abbildung 96 / Neuplanung Grundriss 1.Obergeschoß



Ferdinand Porsche-Straße
Grundriss 2. Obergeschoss - M. 1: 100

Abbildung 97 / Neuplanung Grundriss 2.Obergeschoß



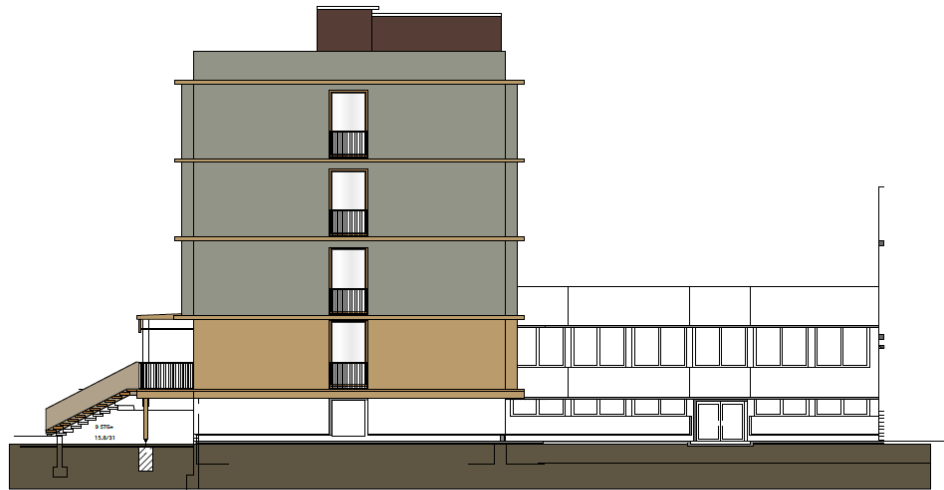
Ferdinand Porsche-Straße
Grundriss 3. Obergeschoss - M 1: 100

Abbildung 98 / Neuplanung Grundriss 3.Obergeschoß



Ferdinand Porsche-Straße
Ansicht Süd-Ost - M. 1: 100

Abbildung 99 / Neuplanung Ansicht Südost



Ferdinand Porsche-Straße
Ansicht Nord-Ost - M. 1: 100

Abbildung 100 / Neuplanung Ansicht Nordost

4.5 Grundlagen zur Planung

4.5.1 Festlegen der Einheitentrennwände [TW] (Haupttraster)

Das Gebäude wird in Einheiten eingeteilt. In der Mittelachse dieser Einheitentrennwände verläuft der Haupttraster. Dieser definiert die zukünftigen Teilungsmöglichkeiten des aktuellen Geschosses. In diesen Bereichen entstehen die größten Anforderungen an den Schallschutz, sie müssen daher frei von Störungen, wie zum Beispiel durch Leitungen der Haustechnik, sein. Die Einheitentrennwände bilden gemeinsam mit den Außenwänden die Abgrenzung der Einheiten, dadurch ist die Lage der Einheitentrennwände auch für die Strukturierung der äußeren Fassadenelemente maßgebend. Siehe **4.1.4 Elementierung**

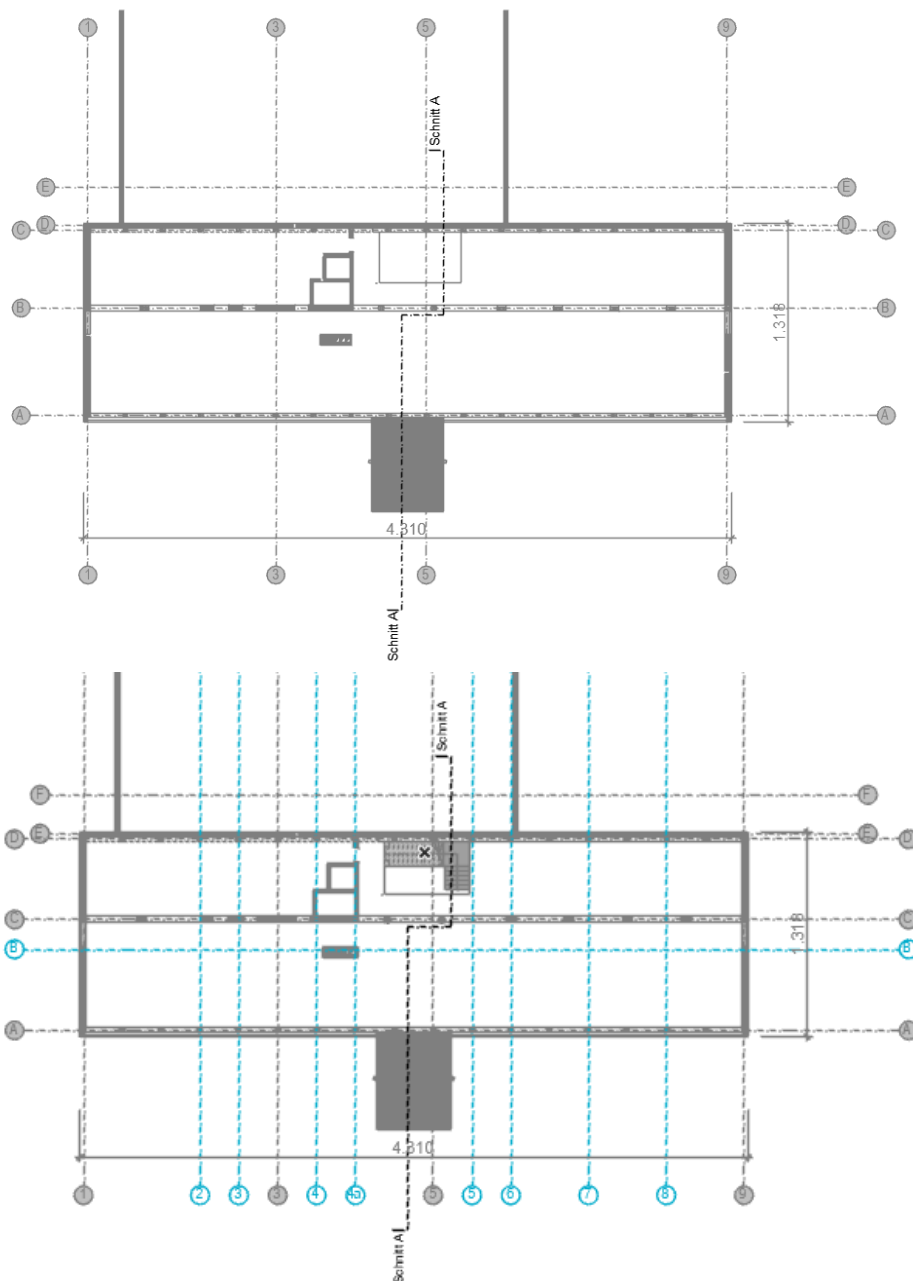


Abbildung 101 / Festlegung Haupttraster Vorher-Nachher

4.6 Anforderungen

4.6.1 Aus der bestehenden Gebäudestruktur

Die Tragstruktur des Gebäudes besteht aus Stahlbetonstützen und massiven Decken. Damit ist die Gebäudeaussteifung und die Lastabtragung der Geschoßdecken und des Eigengewichtes der Bestandsbauteile gewährleistet.

Die Fassaden an den Längsseiten sind als Skelettbau ausgeführt, der Abstand der Stahlbetonstützen liegt bei 2,50m.

Die restlichen Fassadenbereiche sind als Lochfassade ausgebildet, die geschlossenen Fassadenteile bestehen aus Ziegelmauerwerk bzw. Stahlbeton.

Für die Erneuerung der Fassaden ergibt das zwei unterschiedliche Fassaden- bzw. Außenwandtypen.

Im Bereich der Lochfassade können die Bestandselemente die Windkräfte sowie einen großen Teil der Brand- und Schallschutzanforderung übernehmen.

Im Bereich der Skelettbau-Struktur muss die neue Außenwand auch die Windlasten und den größten Teil der Schallschutzanforderungen erfüllen.

Die Exakten Anforderungen werden in der **Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen | Referenzprojekt** definiert.

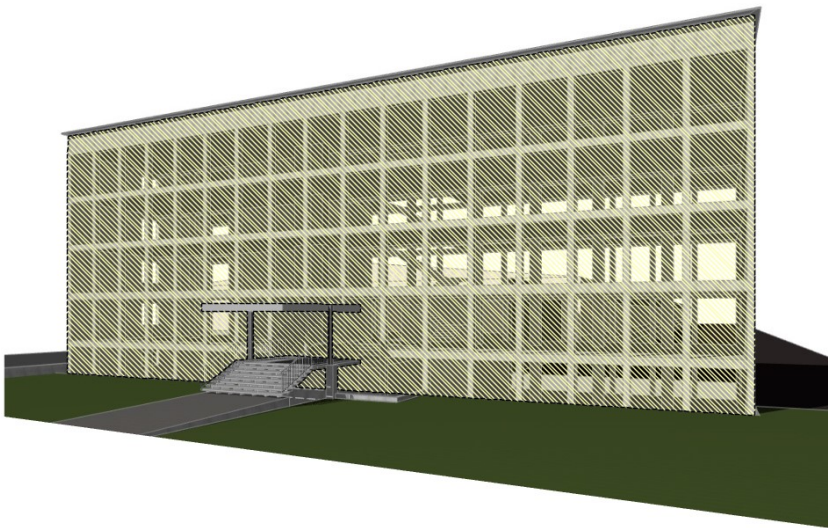


Abbildung 102 / Skelettbauweise

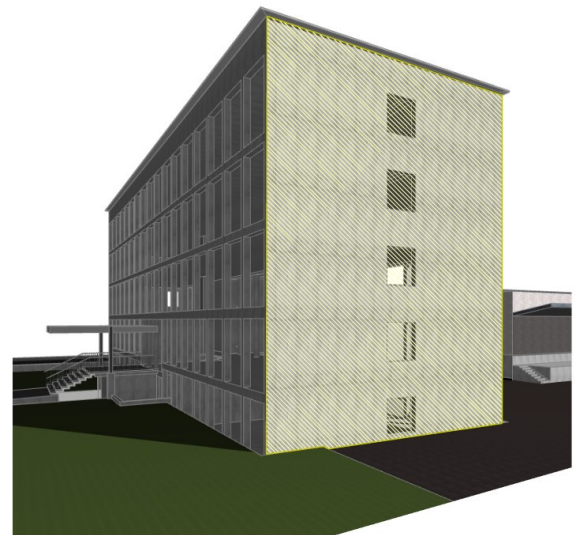


Abbildung 103 / Lochfassade

4.6.2 Aus der Planung

Der architektonische Grundentwurf und die baurechtlichen Bestimmungen sind ausschlaggebend für die Anforderung an die einzusetzenden Bauteile.

Der Anteil von Fenster und Türen in den Bauteilen hat Auswirkungen an die Anforderung der Bauteilaufbauten. Die Wärme- und Schalldämmeigenschaften von Fenster und Türelementen sind in der Regel geringer als die von Holzbauteilen. Diese Differenz muss, um die geforderten Wärme- und Schalldämmwerte erreichen zu können, durch die Bauteile kompensiert werden.

Die Einteilung der Nutzungseinheiten, und in weiterer Folge die Anordnung der Einheitentrennwände, kann je nach Aufbau der Außenwand und der Ermöglichung einer späteren Adaptier- und Anpassungsfähigkeit auch Auswirkungen auf die Elementierung der Außenwände haben.

Die Einheitentrennwände werden im Bodenaufbau versenkt und an den umlaufenden Anschlussbauteilen mit speziell angefertigten Bauteiladaptern verankert.

Deshalb sind die Einheitentrennwände bei späterer Umnutzung nicht verschiebbar, sie können lediglich durch den Einbau von Öffnungen, wie Türen oder durch offene Durchgänge, überbrückt werden.

Trennwände im Inneren der Einheiten können hingegen im Rahmen des Gebäuderasters verschoben oder angepasst werden. Diese Wände stehen auf dem Bodenaufbau.

Die Qualität der Bauteile muss zumindest den aktuell gültigen baurechtlichen Anforderungen genügen.

Darüber hinaus ist es sinnvoll diese Qualitäten in einem Bauteilkatalog, gemeinsam mit dem Auftraggeber, zu definieren und zu fixieren.

Durch die Ermöglichung von flexiblen Nutzungen und räumlicher Umorganisation können zusätzliche Anforderungen an Bauteile entstehen, siehe Punkt **4.11 Update- und Servicefähigkeit der Fassadenelemente**

4.7 Bauteile

4.7.1 Bauteilübersicht Grundriss

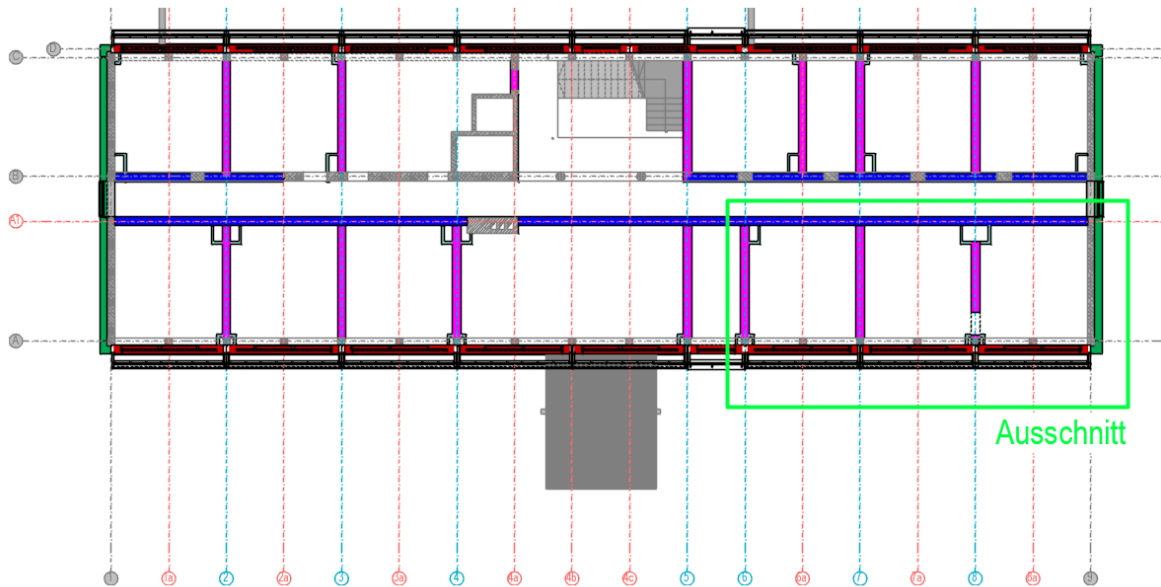


Abbildung 104 / Übersicht Bauteilaufbauten Regelgeschöß

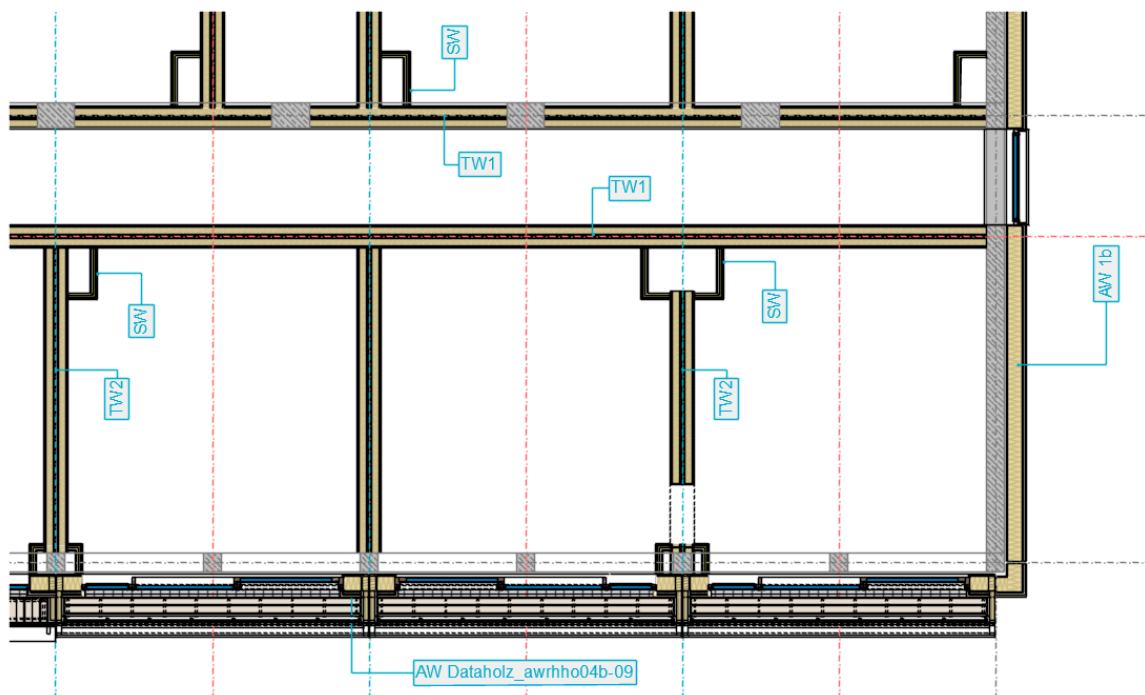


Abbildung 105 / Ausschnitt Bauteilübersicht Regelgeschöß

4.7.2 Bauteilübersicht und Anforderung Tabelle

Standort	Deutschland, Frankfurt am Main
Gebäudeklasse	GK 4
Brandschutzkonzept / Norm	Erforderlich (Abweichung HBO) / DIN EN 13501-2, Hessische Bauordnung HBO
Schallschutzgutachten / Norm	Berechnung R_w erforderlich- / DIN 4109
Wärmeschutz	DIN 4108-2

Updatefähigkeit und Flexibilität

Innenwände [IW]: Flexibel

Trennwände [TW 2]: Fixiert – Öffnungen können in definierten Bereichen geöffnet oder geschlossen werden (Zusammenschließen oder Trennen von Einheiten).

Außenwände [AW 1a]: Im Bereich der Skelettfassade soll die Möglichkeit bestehen, die Bauteile einheitenunabhängig zu entnehmen.

Außenwände [AW 1b]: Keine Anforderung

Schachtwände [SW]: Keine Anforderung an die Wände, jedoch bleiben die Schächte durch Revisionsöffnungen für den späteren Einbau von zusätzlichen Leitungen bzw. für Servicearbeiten je Einheit zugänglich.

BAUTEIL	SCHALLSCHUTZ	BRANDSCHUTZ	WÄRMESCHUTZ
Trennwände [TW]	[dB]		
TW 1 Trennwand zum Treppenhaus	$R'_{,w} \geq 52^* 59^{**}$ $L'_{n,w} \leq 58^* 46^{**}$	EI 60 A2 ¹	$R_{min} 0,07 \text{ m}^2\text{k/W}$ $U_{max} 14,29 \text{ W/m}^2\text{k}$
TW 2 Einheitentrennwand	$R'_{,w} \geq 53^* 59^{**}$ $L'_{n,w} \leq 53^* 39^{**}$	EI 60 A2 ^{1*}	$R_{min} 0,07 \text{ m}^2\text{k/W}$ $U_{max} 14,29 \text{ W/m}^2\text{k}$
Türelement in TW 1	$R'_{,w} \geq 37^* 42^{**}$	EI ₂ 30 C	Keine Anforderung
Innenwände [IW]			
Wände und Decken innerhalb der Nutzungseinheiten	Keine Anforderung	Keine Anforderung	Keine Anforderung
Schachtwände [SW]			
Schachtwände zur Verkleidung der Steigschächte	$R'_{,w} \geq 54^* 54^{**}$ $R_w \geq 61 \text{ dB}$	EI 60 A2 ¹	$R_{min} 0,25 \text{ m}^2\text{k/W}$ $U_{max} 4,00 \text{ W/m}^2\text{k}$
Decken [DE]			
DE 1 Trenndecken zu fremden Einheiten	$R'_{,w} \geq 54^* 60^{**}$ $L'_{n,w} \leq 53^* 39^{**}$	REI 60 A2 ¹	$R_{min} 0,35 \text{ m}^2\text{k/W}$ $U_{max} 2,86 \text{ W/m}^2\text{k}$
DE 2 Trenndecken zu unbeheizten Einheiten nach unten	$R'_{,w} \geq 52^* 59^{**}$ $L'_{n,w} \leq 58^* 46^{**}$	REI 60 A2 ¹	$R_{min} 0,9 \text{ m}^2\text{k/W}$ $U_{max} 1,11 \text{ W/m}^2\text{k}$
BD 1 Boden zu Erdreich	Keine Anforderung	EI 60 A2 ¹	$R_{min} 0,9 \text{ m}^2\text{k/W}$ $U_{max} 1,11 \text{ W/m}^2\text{k}$

Dächer [DA]			
Maßgeblicher Außenlärmpegel Tag Nacht [dB]	61-65* 51-55* auch zukünftig**		
Dächer oder Decke zur Außenluft	$R'_{,w} \geq 40^*$ 45**	REI 60 A2 ¹	$R_{\min} 1,2 \text{ m}^2\text{/k/W}$ $U_{\max} 0,83 \text{ W/m}^2\text{/k}$
Außenwände [AW]			
Maßgeblicher Außenlärmpegel Tag Nacht [dB]	66-70* 56-60* auch zukünftig**		
AW 1a Außenwände $R'_{w \text{ ges}}$ [dB]	$R'_{,w} \geq 40^*$ 42**	REI 60 A2 ¹ (tra- gend) EI 60 A2 ¹ (n. tra- gend)	$R_{\min} 1,2 \text{ m}^2\text{/k/W}$ $U_{\max} 0,83 \text{ W/m}^2\text{/k}$
AW 2 Wände erdberührend $R'_{\text{res,w}}$ [dB]	Keine Anforderung	REI 60 ¹	$R_{\min} 1,2 \text{ m}^2\text{/k/W}$ $U_{\max} 0,83 \text{ W/m}^2\text{/k}$
Fenster in Außenwand $R'_{\text{res,w}}$ [dB]	$R'_{,w} \geq 38^*$ 38**	Keine Anforde- rung	$R_{\min} 1,2 \text{ m}^2\text{/k/W}$ $U_{\max} 0,83 \text{ W/m}^2\text{/k}$

*BAURECHTLICH bzw. AKTUELL | ** VEREINABRT/ZUKÜNFTIG?

1...Anforderung lt. Bauordnung für das Referenzprojekt: Hochfeuerhemmend \cong 60min Brandwiderstand
Äussere- und innere Bekleidung A1 oder A2

Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen | Referenzprojekt

4.7.3 Ermitteln der erforderlichen Bauteilaufbauten

Die erforderlichen Bauteilaufbauten werden nachfolgend lt. **Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen | Referenzprojekt** ermittelt.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Holzbauteilen der Sanierung, deshalb werden auch nur diese Bauteile im Detail betrachtet. Bei den restlichen Bauteilen werden allein die Anforderungen definiert.

Die Reihenfolge der Ermittlung wird wie folgt gewählt:

1. **Schallschutz**
2. **Brandschutz**
3. **Wärmeschutz, Feuchteschutz, Sommertauglichkeit**

Der Grund dafür liegt in den Überschneidungen der einzelnen Anforderungen. Je nach Anforderungsbereich werden ähnliche Schichten und Materialien eingesetzt. Im Fall des Referenzprojektes wird angenommen, dass der Schallschutz die größten Anforderungen an die Bauteilaufbauten stellt. Somit ist es sinnvoll die Bauteilaufbauten anhand der Schallschutzanforderungen auszuwählen, die Bauteile werden dann in den meisten Fällen auch die Anforderungen an den **Brand- und Wärmeschutz erfüllen können**.

Die ermittelten Werte werden in **Tabelle 7 / Bauteilkatalog** eingetragen. Diese Tabelle liefert die Grundlage für die detaillierte Ausarbeitung.

4.7.3.1 Schallschutz

Um die korrekten Bauteilaufbauten ermitteln zu können, bedarf es, nach Grundlage der Anforderungen lt. **Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen | Referenzprojekt**, weiterführende Berechnungen. Die Anforderung R'_w = Bewertetes Bauschalldämm-Maß bedeutet, dass auch die Einbausituation berücksichtigt werden muss. Das heißt der Wert R_w = Schalldämm-Maß muss höher sein als das geforderte bewertete Bauschalldämm-Maß R'_w .

Zudem muss der Öffnungsanteil von Fenster und Türen und das Raumtiefenverhältnis berücksichtigt werden. Eine exakte Ermittlung der erforderlichen Schalldämm-Maße kann nur durch ein Schallschutzgutachten erfolgen. Mit der 2019 erschienenen Publikation

| REIHE 3 | TEIL 3 | FOLGE 1 (SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU | BAUAKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN)

steht eine Möglichkeit zur Verfügung, diese Ermittlungen näherungsweise betrachten zu können.

Darin heißt es:

Vor dem Hintergrund der sich fortwährend entwickelnden DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" mit den darin festgelegten Mindestanforderungen, dem neuen Prognoseverfahren und dem für den Holzbau wichtigen Teil 33 "Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Holz-, Leicht- und Trockenbau" sahen die Herausgeber und Autoren es an der Zeit, einen ergänzenden Leitfaden für die Praxis im Holzbau zu entwickeln.

Mit dieser Schrift werden neben den schallschutztechnischen Grundlagen die konkrete Beschreibung der konstruktiven Einflüsse, Hinweise für die Ausführung, orientierende Vorbemessungstabellen und ein ausführlicher Bauteilkatalog, der neben eigenen Bauteilprüfungen auch Ergebnisse aus begleitenden Forschungsprojekten zu Flachdächern und Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen berücksichtigt, geboten.

Ferner wurde erstmalig ein eigenes Schallschutzklassensystem im Holzbau für die vertragliche Vereinbarung mit Bauherren erstellt, das empfohlene Zielwerte für einen erhöhten und einen Komfortschallschutz enthält. Hierfür wurden u. a. die tiefen Frequenzbereiche beim Tritt- und Luftschall von Wohnungstrenndecken und Reihenhaustrennwänden über Spektrumanpassungswerte berücksichtigt.

Für das Referenzprojekt kann dadurch näherungsweise wie folgt vorgegangen werden:

Außenbauteile

Näherungsweise Ermittlung nach (SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU | BAUAKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN, 2019)

Siehe Abbildung 106 / Vorgehensweise Vorbemessung -

Bereich Skelettfassade Aw 1a

1. Außenlärmpegel lt. **Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen | Referenzprojekt = 70 dB**
2. Raumgröße
 $B \times H \times T \text{ [m]} = 5,00 \times 3,09 \times 5,20$
 Verhältnis $T/H = 5,20 / 3,09 = 1,68$
3. erf $R'_{w,ges} = 40,5 \text{ dB}$ --> **gewählt 42dB**
4. Vorauswahl Fassadenaufbau:
 - a. $R_w \text{ Fenster} = 43 \text{ dB}$ →
 $R_w \text{ Wandbauteil min } 53 \text{ dB}$
 → gewählt **awrrhho04b-09**
 $R_w = 53 \text{ dB}$ (dataholz.eu)
 = Differenz Fenster/Wand 10 dB
 - b. -
 - c. -
5. Ab Punkt Fünf ist für das Referenzprojekt dieses näherungsweise Verfahren nicht mehr anwendbar da der Fensteranteil lt. **Abbildung 108** mit maximal 40% der betrachteten Fassadenfläche beschränkt ist. Im Fall des Referenzprojektes liegt dieser Anteil bei ca. 70%. Das resultierende Schalldämm-Maß $R'_{w \text{ res}}$ für das Bauteil wird anhand der Annahmen unter Punkt 4 und nachfolgender Formel berechnet.

Vorgehensweise bei der Vorbemessung:

1. Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels für die am stärksten lärmbelastete Fassade.
2. Ermittlung der Geometrie und der Verhältniszahlen (Raumtiefenverhältnis $\frac{T}{H}$ und Fensterflächenanteil) für einen kritischen Raum.
3. Ableitung des Anforderungsniveaus erf. $R'_{w,ges}$ mit Hilfe von Diagramm 1.
4. Vorauswahl der Fassadenbauteile:
 - a) $R_{w, \text{Fenster}}$ für Fenster wählen.
 - b) Verschattungselemente und ggf. Lüftungselemente durch Aufschlag der Werte in der Legende von Diagramm 2.
 - c) Ermitteln des erforderlichen Schalldämmmaßes für die Wand aus der Legende in Diagramm 2.
5. Aus dem Fensterflächenanteil wird in Diagramm 2 K_{aprox} ermittelt.
6. Nachweisführung
 $R_{w, \text{Fenster}} + K_{\text{aprox}} \geq \text{erf. } R'_{w, \text{ges}}$
7. Abgleich des Kriteriums $R_w + C_{tr, 50-5000}$ falls das Schallschutzniveau KOMFORT angestrebt wird.

Abbildung 106 / Vorgehensweise Vorbemessung - (SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU | BAUAKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN, 2019)

$$R'_{w \text{ res}} = -10 * \lg \left(\frac{1}{A_{ges}} \left(A_1 * 10^{-\frac{R'_{w1}}{10}} + A_2 * 10^{-\frac{R'_{w2}}{10}} + \dots + A_n * 10^{-\frac{R'_{wn}}{10}} \right) \right) \text{ [dB]}$$

³⁸ (SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU | BAUAKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN, 2019)

Flächenanteile Skelettfassade	[m ²]	Bauteil	Schalldämm-Maß [dB]	Resultieren-des Schalldämm-Maß [dB]
Fläche Total 5,0 x 3,09	15,5			
Fläche Wand	4,3	Wand	53,0	
Fläche Öffnung 4,0 x 2,8	11,2	Fenster	41,0	42,3

Tabelle 5 / Aw 1a - Berechnung $R'_{w, res}$

Die Berechnung bestätigt die Annahmen lt. Punkt 1-4 der vorangegangenen näherungsweise Vorgehensweise. Das ergibt die untenstehenden Anforderungen an den R_w der Fenster und Holzbauteile von:

- R_w , AW 1a Fenster 41 dB
- R_w , AW1a Wandaufbau min. 53 dB

Diese Werte gelten als Anforderung für die Bauteile im Bereich der Skelettfassade

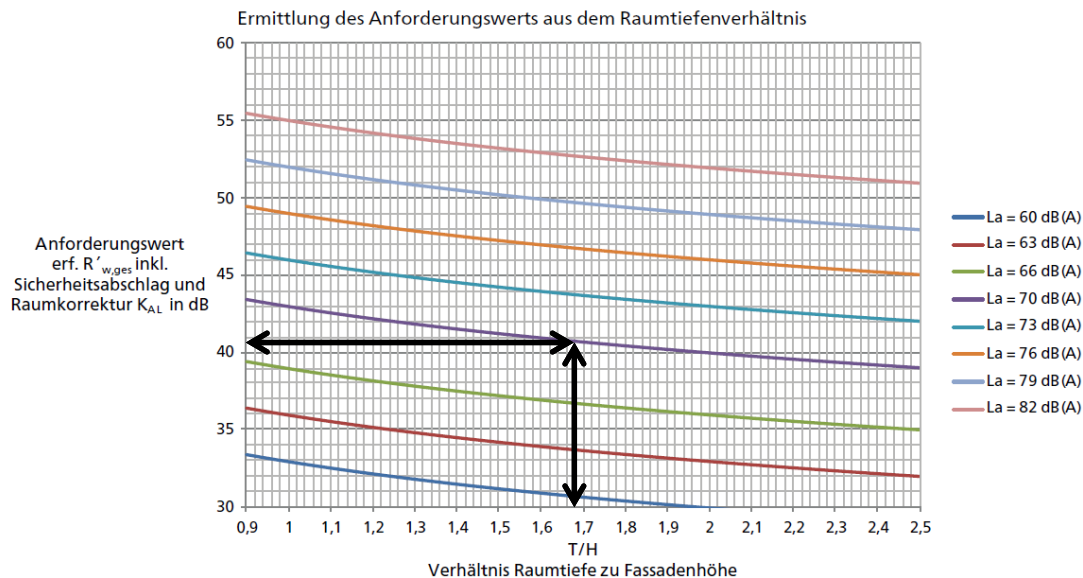


Diagramm 1:

Vereinfachte Ermittlung der Anforderungswerte für Außenlärm bei Räumen mit einer lärmbelasteten Fassade. Ablesewerte an der Ordinate sind Anforderungswerte an das resultierende Gesamtschalldämmmaß der Fassade mit Raumkorrekturfaktor und Sicherheitsabschlägen.

Abbildung 107 / Diagramm 1 - SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU | BAUKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN

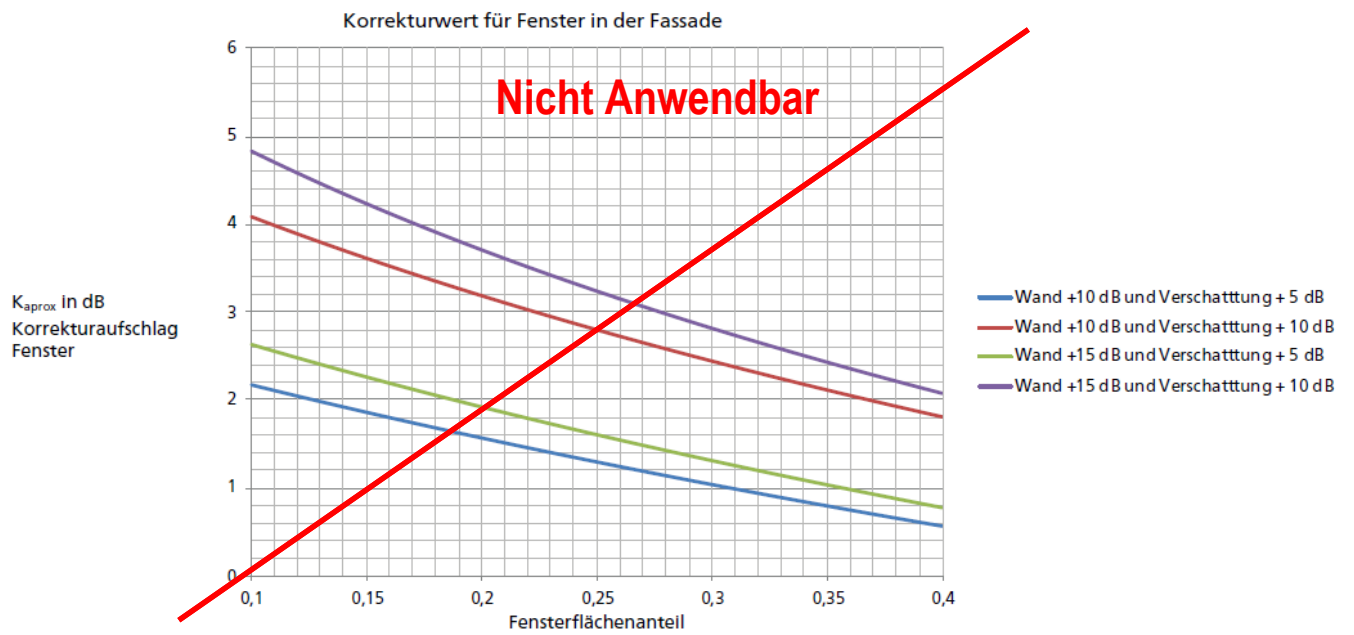


Diagramm 2:

Korrekturaufschlag K_{approx} auf die Fensterwerte in Abhängigkeit des Fensteranteils

Abbildung 108 / Diagramm 2 - SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU | BAUKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZ-BAUTEILEN

Bereich Lochfassade Aw 1b

Im Bereich der Lochfassade kann von den gleichen Anforderungen an das Bauschalldämm-Maß ausgegangen werden wie im Bereich der Skelettfassade. Das Fassadenflächen/Raumflächenverhältnis ist annähernd gleich, allerdings ist der Fensteranteil weitaus geringer.

Flächenanteile			Schalldämm- Maß [dB]	Resultieren- des Schall- dämm-Maß [dB]
Lochfassade	[m²]	Bauteil		
Fläche Total	40,5			
Fläche Wand	37,8	Wand	46,0	
Fläche Öffnung 1,56 x 1,70	2,7	Fenster	36,0	44,0

Tabelle 6 / Aw 1b - Berechnung R_w res

Die Berechnung ergibt folgende Anforderungen an den R_w der Fenster- und Holzbauteile von:

→ R_w , AW 1b Fenster 36 dB

→ R_w , AW1b Wandaufbau min. 46 dB

Diese Werte gelten als Anforderung für die Bauteile im Bereich der Lochfassade

4.7.3.2 Brandschutz

Liegt ein bewertetes Bauteil vor ist zumeist auch der Brandwiderstand definiert. Diese Werte können anders als beim Schallschutz direkt übernommen werden.

Bauteile ohne Definition zum Brandverhalten können durch Brandversuche einer zertifizierten Prüfstelle klassifiziert werden.

Zudem gibt es die Möglichkeit, unter definierten Bedingungen anhand von Referenzbauteilen oder Referenzprodukten, projektbezogene Bewertungen einzelner Bauteile auch ohne Brandversuch zu bestimmen.

Wichtig ist neben den Anforderungen an den Brandwiderstand nach EN 13501-2 auch die Brandverhaltensklasse gemäß EN 13501-1 der Gesamtbauteile bzw. einzelner Schichten.

Siehe Punkt 4.1.3.3 Funktionen von Schichten [Allgemein]

Bei den Brandverhaltensklassen nach EN 13501-1 kann man aus planerischer Sicht nicht entgegenwirken. Weichholz wird immer die Brandklasse D aufweisen und kann nur durch Kapselung mit Baustoffen besserer Brandklasse verbessert werden.

Lt. Planung des Referenzprojektes soll die Fassadenbekleidung mit Lärchenholz (Brandklasse D) ausgeführt werden. Die Anforderungen lt. Bauordnung lauten hochfeuerhemmend. Die Definition von hochfeuerhemmenden Bauteilen lautet wie folgt:

***hochfeuerhemmend** Ein Bauteil wird als hochfeuerhemmend bezeichnet, wenn es bei der Beanspruchung nach der ETK seine Tragfähigkeit (R) und/oder den Raumabschluß (E) und das Temperaturkriterium (I) mindestens 60 Minuten beibehält. Hochfeuerhemmende Bauteile können in den wesentlichen Teilen aus brennbaren Baustoffen bestehen, dürfen jedoch ausschließlich Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen aufweisen und müssen eine **brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus ebenfalls nichtbrennbaren Baustoffen** haben.³⁹*

Das bedeutet, die äußere und innere Bekleidung muss in A1 oder A2 (nicht brennbar) ausgeführt werden. Es gibt somit eine Abweichung zur baurechtlichen Anforderung, ein Brandschutzkonzept ist erforderlich.

Im Brandschutzkonzept werden alle Abweichungen bewertet und durch definierte Maßnahmen kompensiert, um das baurechtlich definierte Schutzziel einhalten zu können.

Übersetzt auf die aktuell gültigen Normen ergibt das die Anforderungen lt. **Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen | Referenzprojekt – Brandschutz**

³⁹ (Hessische Bauordnung [HBO])

4.7.3.3 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Sommertauglichkeit

Die Grundlagen für ein funktionierendes Gebäude in Hinsicht dieser Punkte werden bereits bei der Auswahl der Bauteile gelegt. Dazu kommen die technisch korrekte Umsetzung und fachmännische Verarbeitung.

Aus beruflicher Erfahrung kann man feststellen, dass die Umsetzung dieser Themen in den standardisierten Abläufen des Planungs- sowie Verarbeitungsprozesses, sehr gut integriert sind.

Die Berechnung der U- und R-Werte erfolgt nach EN ISO 6946. Liegen durch die BauteilAuswahl Daten zum Wärmeschutz vor, können diese, ähnlich wie beim Brandschutz, direkt aus den Datenblättern der Bauteile übernommen werden.

Wärmebrücken können je nach den geltenden behördlichen und ev. förderungsrelevanten Vorschriften pauschal, oder durch einen detaillierten Nachweis berücksichtigt werden.

Die vergleichsweise geringe Wärmeleitfähigkeit von Holz und die träge Wärmespeicherung entschärfen konstruktive Wärmebrücken (*Schimmelbildung*, Wärmeverluste). Zunehmender Wärmeschutz (Niedrig- und Niedrigstenergiehaus) erfordert die Minimierung des Einflusses von Wärmebrücken auch im Holzbau.⁴⁰

Die Auswirkungen der Wärmebrücken auf den Gesamtenergiebedarf von Gebäuden, sind speziell im Holzbau relativ gering, erfordern aber trotzdem ein gutes Maß an Aufmerksamkeit.

Das Minimalziel ist es, ein hygienisches Innenklima zu gewährleisten und die Bausubstanz durch das Vermeiden von Kondensatbildung langfristig zu schützen.

⁴⁰ (Zuschnitt 30 - Holz bauen Energie sparen, 2008)

4.7.3.4 Aw 1a Gewählter Bauteilaufbau

Aw 1a - Bereich Skelettfassade

1. Schallschutz: R_w 53dB * siehe Punkt 4.7.3.1 Schallschutz - Bereich Skelettfassade Aw 1a
2. Brandschutz: REI 60**
3. Wärmeschutz: U 0,18 W/m²k = R 5,56 m²k/W

Das gewählte Bauteil lt. **Abbildung 109 / Gewählter Bauteilaufbau AW 1a – Quelle: Dataholz.eu** - Spalte Brandverhaltensklasse, weist einen Brandwiderstand von REI 60 auf und wäre somit hinsichtlich des Brandwiderstandes für den Einsatz im Referenzprojekt geeignet. Bezüglich der Brandverhaltensklasse gibt es aber Abweichungen die berücksichtigt werden müssen.

Innen: **A2** → Entspricht den baurechtlichen Anforderungen.

Aussen: **D** → Abweichung zur Bauordnung – Brandschutzkonzept bzw. Kompensationsmaßnahmen erforderlich.

Aussenwand - awrhho04b-09

Aussenwand, Holzrahmen/Holztafel, hinterlüftet/belüftet, ohne Installationsebene, geschalt, andere Oberfläche

Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz	REI von innen	60/K ₂ 60
	REI von außen	60/K ₂ 60

REI90 (von innen/von außen); max. Wandhöhe = 3 m; max. Last $E_{d,fi}$ = 19 kN/m
 Klassifizierung durch HFA
 Klassifizierung durch HFA

Deutschland

herstellerspezifisch

Last $E_{d,fi}$ gemäß des deutschen Verwendbarkeitsnachweises

Wärmeschutz	U	0,18 W/(m ² K)
	Diffusionsverhalten	geeignet

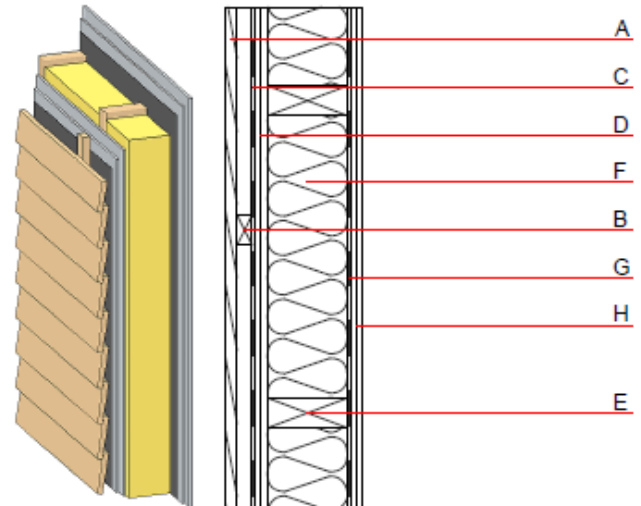
Berechnung durch TUM

Schallschutz	R_w (C;C _{tr})	53(-4;-10) dB
	$L_{n,w}$ (C)	

Beurteilung durch Müller-BBM

Flächenbezogene Masse	m	97,20 kg/m ²
------------------------------	---	-------------------------

Berechnet mit GKF



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brandverhaltensklasse EN
			λ	μ min – max	ρ	c	
A	24,0	Holz Lärche Aussenwandverkleidung	0,155	150	600	1,600	D
B	30,0	Holz Fichte Lattung versetzt (30/50; 30/80)-Hinterlüftung	0,120	50	450	1,600	D
C		Windbremse $s_d \leq 0,3m$			1000		
D	36,0	Gipsfaserplatte (2x.. mm)	0,320	21	1000	1,100	A2
E	240,0	Konstruktionsholz (60/...; e=625)	0,120	50	450	1,600	D
F	240,0	Mineralfolle [040; 30; $\geq 1000^\circ C$]	0,040	1	30	1,030	A1
G		Dampfbremse $s_d \geq 2m$			1000		
H	36,0	Gipsfaserplatte (2x.. mm) oder	0,320	21	1000	1,100	A2
H	36,0	Gipsplatte Typ DF (GKF) (2x.. mm)	0,250	10	800	1,050	A2

Abbildung 109 / Gewählter Bauteil Aufbau AW 1a – Quelle: Dataholz.eu

4.7.3.5 Aw 1b - Gewähltes Bauteil

Aw 1b - Bereich Lochfassade

1. Schallschutz: $> R_w$ 46dB
2. Brandschutz: REI 60**
3. Wärmeschutz: U 0,15 W/m²k = R 6,54 m²k/W*

Gesamtbauteil siehe

Abbildung 112 / Gewählter Bauteilaufbau AW 2_Gesamt

AW1b : Aussenwand - Eigenberechnung (Zusammengesetzter Bauteil)

Für kombinierte Bauteile aus mineralischen Komponenten und Holzbauerelementen gibt es keine fertigen Bauteile.

Solche Bauteile müssen aus mehreren Elementen kombiniert werden.

Die Bestandwand besteht aus einem beidseitig verputzten 30cm Vollziegelmauerwerk und bietet ohne zusätzliche Ertüchtigung ein Schalldämm-Maß R_w von 52dB. Siehe **Abbildung 110 / AW 1b - Bestand**
Das heißt, es gibt keine zusätzliche Schallschutzanforderung an das Sanierungsbauteil.

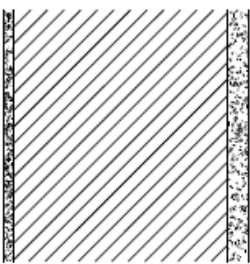
Der gewählte Bauteilaufbau lt. **Abbildung 111 / Gewählter Bauteilaufbau AW 1b_Sanierungsbauteil – Quelle: Dataholz.eu** weist bessere Brandschutzeigenschaften auf als gefordert. Dieser war aber, aus Mangel an Alternativen, der am besten geeignete Bauteilaufbau mit 60 min Brandwiderstand von aussen.

*Das gewählte Bauteil wird mit einer Konstruktions- und Dämmungsstärke von 24cm ausgeführt.

** Lt. **Abbildung 111 / Gewählter Bauteilaufbau AW 1b_Sanierungsbauteil – Quelle: Dataholz.eu**- Spalte Brandverhaltensklasse:

Innen: **A2** → Entspricht den Anforderungen der Bauordnung.

Aussen: **D** → Abweichung zur Bauordnung - Brandschutzkonzept - Kompensationsmaßnahmen erforderlich

Bauteilbezeichnung: AW 1b_Außenwand Bestand	Kurzbezeichnung: AW 2_Best.	
Bauteiltyp: Außenwand		
bewertetes Schalldämm-Maß ÖNORM B 8115-4:2003 R_w 52 [dB]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung						
	Baustoffschichten	Typ	d	ρ	$\rho \cdot d$	s'
Nr	von innen nach außen Bezeichnung		Dicke [m]	Dichte [kg/m ³]	Flächengew. [kg/m ²]	dyn. Steifigkeit [MN/m ³]
1	Innenputz	M	0,015	1150	17,25	
2	Mauerwerk	M	0,300	738	221,40	
3	Außenputz	*	0,030	400	12,00	
Dicke des Bauteils [m]			0,345			
Flächenbezogene Masse des Bauteils					250,65	[kg/m ²]
Flächenbezogene Masse der innenliegenden Vorsatzschale						[kg/m ²]
Flächenbezogene Masse der außenliegenden Vorsatzschale						[kg/m ²]
Resonanzfrequenz f_0 , innen						[Hz]
Resonanzfrequenz f_0 , außen						[Hz]
Bewertetes Schalldämm-Maß der Masseschicht $R_w = 32,4 \cdot \log(m^2) - 26$					51,0	[dB]
Bewertetes Luftschallverbesserungsmaß ΔR_w						[dB]
Gesamtes bewertetes Schalldämm-Maß $R_{w,ges} = R_w + \Delta R_w$ freie Eingabe					52	[dB]

Anmerkung Schalldämm-Maß:

ONV32, 1.1.16, Wand aus 25 cm dicken Hochlochziegeln, beidseitig verputzt

Abbildung 110 / AW 1b - Bestand

Aussenwand - awrhh013a-00

Aussenwand, Holzrahmen/Holztafel, hinterlüftet/belüftet, ohne Installationsebene, geschalt, andere Oberfläche

Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz	REI von innen	90
	REI von außen	90

max. Wandhöhe = 3 m; max. Last $E_{2,0}$ = 27,0 kN/m
 Klassifizierung durch HFA

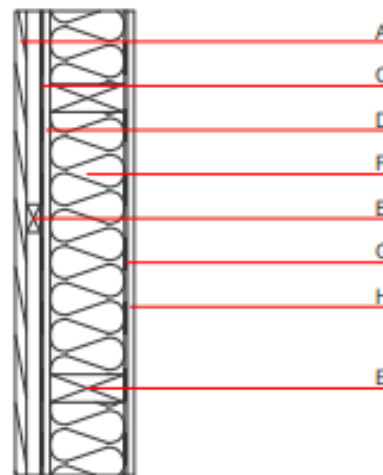
Wärmeschutz	U	0,22 W/(m ² K)
	Diffusionsverhalten	geeignet

Berechnung durch IBO

Schallschutz	R_w (C,C _{tr})	43 dB
	$L_{w,sk}$ (C)	

Die schallschutztechnische Beurteilung beruht auf einem längenbezogenen Strömungswiderstand von ≥ 5 kPa.s/m². Sollte beim eingesetzten Dämmstoff dieser Wert darunter liegen, verringert sich der R_w -Wert um 3dB.
 Beurteilung durch TGM

Flächenbezogene Masse	m	54,90 kg/m ²
------------------------------	----------	-------------------------



Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

	Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brandverhaltensklasse EN
			λ	μ min - max	ρ	c	
A	24,0	Holz Lärche Aussenwandverkleidung	0,155	150	600	1,600	D
B	30,0	Holz Fichte Lattung versetzt (30/50; 30/80)-Hinterlüftung	0,120	50	450	1,600	D
C		Windbremse $s_d \leq 0,3m$			1000		
D	15,0	Rigips Riduro	0,250	4 - 10	1000	1,050	A2
E	160,0	Konstruktionsholz (60/.; e=625)	0,120	50	450	1,600	D
F	160,0	ISOVER Ultimate	0,035	1	20	1,030	A1
G		Dampfbremse $s_d \geq 2m$			1000		
H	15,0	Rigips Riduro	0,250	4 - 10	1000	1,050	A2

Abbildung 111 / Gewählter Bauteilaufbau AW 1b_Sanierungsbauteil – Quelle: Dataholz.eu

Bauteilbezeichnung: Außenwand hinterlüftet - Standard	Kurzbezeichnung: AW 2	
Bauteiltyp: renoviert Außenwand hinterlüftet		
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,15 [W/m²K]		

Konstruktionsaufbau und Berechnung				
	Baustoffschichten	d	λ	Anteil
Nr	von innen nach außen Bezeichnung	Dicke [m]	Leitfähigkeit [W/mK]	[%]
1	Innenputz B	0,015	0,470	
2	Mauerwerk B	0,400	0,700	
3	Außenputz B	0,030	0,130	
4	Luft steh., W-Fluss n. oben 11 < d <= 15 mm	0,015	0,103	
5	Riduro Holzbauplatte 15 AK	0,015	0,250	
6	Dampfbremse	0,0006	0,330	
	Riegel dazw.		0,120	8,6
7	Steinwolle MW(SW)-W (60 kg/m³)	0,240	0,040	77,1
8	Riduro Holzbauplatte 15 AK	0,015	0,250	
9	Fassadenbahn	0,0005	0,230	
	Riegel dazw.		0,120	1,4
10	Luft	0,040	10,00	12,9
11	Bekleidung *	0,021	0,130	
wämetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]		0,771		
Dicke des Bauteils [m]		0,792		
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach ONORM EN ISO 6946)				
Riegel: Achsabstand [m]: 0,600 Breite [m]: 0,060		$R_{si} + R_{se} = 0,260$		
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 6,7023$ Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,3682$			$R_T = 6,5352 [m^2K/W]$	
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$			0,15 [W/m²K]	

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Abbildung 112 / Gewählter Bauteilaufbau AW 2_Gesamt

4.7.4 Bauteilkatalog

BAUTEIL		SCHALLSCHUTZ	BRANDSCHUTZ	WÄRMESCHUTZ
PROJEKT BAUTEIL- NUMMER				
	REFERENZ	VORHANDEN	VORHANDEN	VORHANDEN
Trennwände [TW]		[dB]		
TW 1 Trennwand zum Treppenhaus	TW 1 LIGNUMDATA LIGNUM ID-Nr B0033 Lignum Katalognummer B.1.01.X0	$R'_{w} \leq 66$ $L'_{n,w} \geq 42$	EI60	R= 6,66 m ² /k/W U= 0,15 W/m ² k
TW 2 Einheitentrennwand	TW 2 LIGNUMDATA LIGNUM ID-Nr B0033 Lignum Katalognummer B.1.01.X0	$R'_{w} \leq 66$ $L'_{n,w} \geq 42$	EI60	R= 6,66 m ² /k/W U= 0,15 W/m ² k
Innenwände [IW]				
Wände und Decken innerhalb der Nut- zungseinheiten	Keine			
Schachtwände [SW]				
SW	Sw W635.at	$R'_{w} \leq 54$	EI90	R= 1,43 m ² /k/W U= 0,70 W/m ² k
Decken [DE]				
DE 1 Trenndecken zu fremden Einheiten	Bestand Bodenaufbau			
DE 2 Trenndecken zu un- beheizten Einheiten nach unten				
BD 1 Boden zu Erdreich				
Dächer [DA]				
Maßgeblicher Au- ßenlärmpegel Tag Nacht [dB]				
Dächer oder Decke zur Außenluft				
Außenwände [AW]			Innen Aussen	
AW 1 Außenwände $R'_{w ges}$ [dB]	AW 1a Dataholz.eu awrhho04b-09	$R'_{w} \leq 53^{**}$	REI 60/K ₂ 60 REI 60/K ₂ 60	R= 5,55 m ² /k/W U= 0,18 W/m ² k

BAUTEIL

SCHALLSCHUTZ

BRANDSCHUTZ

WÄRMESCHUTZ

	PROJEKT BAUTEIL- NUMMER REFERENZ	VORHANDEN	VORHANDEN	VORHANDEN
	AW 1b Eigenberechnung	$R'_{,w} \leq 65^{**}$	REI 90 (Best.) REI 60	$R = 6,25 \text{ m}^2\text{k/W}$ $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{k}$
AW 2 Wände Erdberüh- rend $R'_{\text{res},w}$ [dB]				
Fenster in Außen- wand $R'_{\text{res},w}$ [dB]		$R'_{,w} \leq 38$		

Tabelle 7 / Bauteilkatalog

4.8 Analyse und Optimierung

Bei der Analyse sollen, ähnlich wie bei vielen Entscheidungsträgern, die Kosten das Kriterium sein. Es werden die zwei wesentlichen Fassadensysteme Aw1a und Aw1b detailliert aufgeschlüsselt, um eventuell mögliche Optimierungspotentiale aufzuzeigen.

Die Kostenanalyse erfolgt mit marktüblichen Preisen und Kalkulationsansätzen. Da in diesem Fall keine Preisliste erstellt werden soll, sondern die Vergleichbarkeit der Systeme im Vordergrund steht, werden die Werte nicht in Euro, sondern als Vergleichseinheit [VE] angegeben. Diese Werte werden mit einem Faktor „x“ verfälscht, die Vergleichbarkeit bleibt aber erhalten.

Um abschließend die Kostenanalyse auf das Gesamtprojekt umlegen und auswerten zu können, müssen vorab die flächenmäßigen Anteile der Fassadensysteme ausgewertet werden.

4.8.1 Einfluss der wesentlichen Fassadensysteme

Nachfolgend wird der flächen- und kostenmäßige Einfluss der zwei wesentlichen Fassadensysteme, im Bereich der Skelett- und Lochfassade ermittelt.

Dazu werden die Flächenanteile der Holzbauteile ermittelt. Die repräsentative Fläche als Grundlage für den Kostenvergleich stellt die Abrechnungsfläche dar. Lt. Abrechnungsregeln nach (DIN 18299, 2019); (DIN 18351, 2019) werden die Öffnungen mit einer Fläche über 2,5m² abgezogen. Das bedeutet, dass im Bereich der Skelettfassade die Flächen der Öffnungen abgezogen werden. Bei der Lochfassade hingegen werden die Öffnungsflächen übermessen. Die Kostenanteile für die Leibungsverkleidungen sind in den Vergleichseinheiten der Bauteile eingerechnet.

	Bruttofläche [m ²]	Fenster/Türanteil [m ²]	Nettofläche [m ²]
Skelettfassade Front	720	252	468
Skelettfassade Rückseite	600	201	399
Skelettfassade	1.320	453	867
Lochfassade	448	27	421
Gesamt	1.768	480	1.288

Tabelle 8 / Flächenanteil Fassadensysteme

Fassadenbereich	Abrechnungsfläche [m ²]	Fenster/Türanteil [m ²]	Anteil der Abrechnungsflächen [%]
Skelettfassade	867	453	66
Lochfassade	448	27	34
Gesamt	1.315	480	

Tabelle 9 / prozentueller Anteil der Abrechnungsflächen

Die Flächenanteile lt. **Tabelle 8** und die daraus resultierenden Anteile lt. **Tabelle 9** ergeben ungefähr einen gedrittelten Anteil der Abrechnungsflächen.

	Abrechnungsfläche [m ²]	Kostenanteil [VE] / m ²	Gesamt [VE]	Kostenanteil [%]
Skelettfassade Aw 1a	867	339	293.653	71
Lochfassade Aw 1b	448	270	120.986	29
Gesamt	1.315		414.638	

Tabelle 10 / Anteil Fassadentypen inkl. Kostenanteile Fassadenbauteile

Durch den höheren Einheitspreis der Außenwand im Bereich der Skelettfassade Aw 1a, verschieben sich die Anteile nach Einrechnung der Kosten um ca. 5% in Richtung Skelettfassade, wobei der Bereich Lochfassade immer noch einen Anteil von 29% aufweist. Siehe **Tabelle 10**.

	Nettofläche [m ²]	Kostenanteil Wand/Fenster [VE]	Gesamt [VE]	Kostenanteil [%]
Skelettfassade Aw 1a	867	339	293653	43
Fensteranteil	453	543	246034	36
Skelettfassade Aw 1a	1.320	882	539.686	80
Lochfassade Aw 1b	448	270	120986	18
Fensteranteil	27	543	14397	2
Lochfassade Aw 1b	475	813	135.382	20

Tabelle 11 / Anteil Fassadentypen inkl. Kostenanteile Fassadenbauteile und Einbauteile

Betrachtet man die fertige Fassade, müssen auch die Einbauteile wie Fenster, Türen und dergleichen berücksichtigt werden. Diese Bereiche wurden mit einem Durchschnittswert von 543 VE/m² berechnet.

Im Gesamtergebnis lt. **Tabelle 11** bedeutet dies eine weitere Verschiebung der Kostenanteile in Richtung Skelettfassade.

Der Fensteranteil im Bereich Skelettfassade erreicht dabei einen Kostenanteil von 36% und stellt somit die zweitwichtigste Komponente in der Gesamtbetrachtung dar.

4.8.2 Analyse und Optimierung der Bauteile

Die Bauteilanalyse soll Aufschluss über die (kostenmäßig) wichtigsten Komponenten der Holzbauelemente geben und werden in die dafür wesentlichsten Abschnitte unterteilt.

Es werden Produktionsanteile, die Anteile auf der Baustelle, sowie die dafür erforderlichen Transport- und Vorbereitungsmaßnahmen aufgeschlüsselt.

Danach werden die wesentlichsten Positionen anhand des Kalkulationsblattes im Detail betrachtet und sämtliche Betriebsmittel, wie Lohn- Material- und Geräteanteile, kostenmäßig ausgewertet um Optimierungspotentiale aufzuspüren.

In den Übersichtstabellen werden die Material- und Geräteanteile als Sonstigen Anteil zusammengefasst.

Bereich Skelettfassade

AW 1a	Lohnanteil [VE] / m²	Sonstigen Anteil [VE] / m²	Summe Kostenanteil [VE] / m²	Kostenanteil [%]
Naturmaß	6,4	0,0	6,4	1,9
Arbeitsvorbereitung	8,6	0,0	8,6	2,5
Vorgefertigtes Element ab Werk	48,2	110,7	158,9	46,9
Montage Vorbereitung inkl. Gerüst	8,7	12,4	21,0	6,2
Transport	0,0	13,7	13,7	4,0
Montage	16,0	19,2	35,2	10,4
Lärchenfassade	43,4	51,8	95,2	28,1
Gesamt	131,3	207,8	339,1	

Tabelle 12 / Auswertung Bauteil Aw 1a

Bei der Betrachtung der einzelnen Abschnitte lt. **Tabelle 12 / Auswertung Bauteil Aw 1a** bilden die Bereiche *Vorgefertigtes Element ab Werk* und die *Lärchenfassade* die maßgebenden Grössen.

Nachfolgend werden die Betriebsmittelanteile dieser beiden Abschnitte im Detail betrachtet.

Analyse Abschnitt Lärchenfassade

Lärchenfassade - Betriebsmittelanteile	Kostenanteil [VE] / m²	Kostenanteil [%]
LÄRCHE Glattkant A/B 19m	39,6	41,6
Lohn Fassade Bekleidung	30,3	31,9
Lohn Fassade Unterkonstruktion	13,0	13,7
L-GOFIX 5x70MM/28	10,2	10,7
Latten Fichte gehobelt	1,7	1,7
Holzbauschraube 5x90	0,3	0,3
Gesamt	95,2	

Tabelle 13 / Betriebsmittelanteile Lärchenfassade

Bei der näheren Betrachtung dieser Auswertung nimmt das Material der Fassadenbekleidung und dessen Verarbeitung rund 75% der gesamten Positionskosten ein.

In diesen Bereichen kann man nur durch einen Materialtausch oder durch eine differenzierte Verarbeitung der Materialien eine Optimierung erreichen. Beide Optimierungsmöglichkeiten sind für den Systemvergleich nicht relevant und werden somit nicht weiterverfolgt. Für den Bauteilvergleich gibt es demnach kein Optimierungspotential.

Analyse Abschnitt Vorgefertigtes Element ab Werk

AW 1a		
Vorgefertigtes Element ab Werk –	Kostenanteil	Kostenanteil
Betriebsmittelanteile	[VE] / m²	[%]
Gipsfaserplatte 18mm	33,9	21,3
Konstruktionsvollholz C24	31,4	19,8
Lohn Produktion Fertigteile Beplankung	26,1	26,1
Dämmung Steinwolle	19,0	12,0
Gipskartonfeuerschutzplatte 18m	14,7	14,7
Lohn Produktion Fertigteile Konstruktion	9,1	9,1
Lohn Produktion Fertigteile Folien	6,5	6,5
Lohn Produktion Fertigteile Dämmung	6,5	6,5
Fassadenbahn	4,3	2,7
Dampfbremse	2,4	1,5
Klebeband	1,2	0,8
Sonst. Folie	1,1	0,7
Holzbauschraube 8x140	0,7	0,7
Fixanker 12x255/160MM	0,6	0,6
Einweg-Hebegurt 1400kg-1000mm	0,5	0,5
Klammern KG755	0,3	0,2
Tackerklammern	0,2	0,1
Klammern KG735	0,2	0,1
Holzbauschraube 5x90	0,1	0,0
Gesamt	158,9	

Tabelle 14 / Aw 1b Analyse Abschnitt vorgefertigtes Element - Betriebsmittelanteil

Bei näherer Betrachtung der Betriebsmittelanteile nehmen die ersten fünf Betriebsmittelpositionen ca. 80% der Gesamtkosten der Position ein. Die maßgebenden Betriebsmittel sind die Materialien der Schichten und deren Verarbeitung sowie der Holzanteil für das konstruktive Grundgerüst, an fünfter Stelle folgt die Dämmung.

Der Holzanteil ist aufgrund der statischen Berechnung vorgegeben und kann nicht weiter optimiert werden.

Im Bereich der Dämmung sind die Möglichkeiten ebenfalls sehr eingeschränkt. Obwohl der baurechtlich geforderte R- bzw. U- Wert hier noch ausreichend Spielraum zur Optimierung ließe, gibt die erforderliche Dämmungsstärke die Konstruktionsstärke der Wand vor. Diese Stärke wird aufgrund der eingebauten Schiebetürelemente benötigt. Subjektiv betrachtet sollte unabhängig von diesen Gesichtspunkten, ein modernisiertes Gebäude wesentlich bessere U-Werte aufweisen, als hier baurechtlich gefordert werden.

Die Anteile der Schichten mit Gipsfaserplatte inklusive Verarbeitung machen rund 37 Prozent der gesamten Positionskosten aus. Nach Vergleich mit anderen zertifizierten Bauteilaufbauten resultiert der Einsatz dieser Schichten zum Großteil aus den Schallschutzanforderungen.

Diese doch sehr hohen Schallschutzanforderungen sind bedingt durch den Außenlärm lt. Tabelle **4.7.2 Bauteilübersicht und Anforderung Tabelle**, aber auch durch den sehr hohen Fensteranteil. Bleibt dieser Fensteranteil in diesem Ausmaß bestehen, müssen diese Schichten eingebaut werden, eine Optimierung wäre somit nicht möglich.

Anpassungs- bzw. Optimierungsmöglichkeiten Bereich Skelettfassade

Wie in der Analyse beschrieben, hat der große Fensteranteil eine hohe Auswirkung auf die Schallschutzanforderung der Holzbauteile.

Passt man den Fensteranteil nur geringfügig an, so ergeben sich weitaus geringere Anforderungen an das Holzbauelement.

In **Tabelle 5 / Aw 1a - Berechnung $R'_{w, res}$** ist lt. Planung des Referenzprojektes die Berechnung des resultierenden Schalldämm-Maßes angeführt. Hier muss die Wand ein Schalldämm-Maß von 53 dB aufweisen um ein resultierendes Schalldämm-Maß von 42,3dB zu erreichen.

Bei den Berechnungen lt. **Tabelle 15** wurde der Anteil der Öffnungsfläche um die Fläche des Oberlichtes verringert. Nach dieser Anpassung muss das Holzbauelement lediglich ein Schalldämm-Maß von 45 dB aufweisen um ein resultierendes Schalldämm-Maß $R_{w, Res}$ von 42,3 dB zu erreichen.

Mit dieser Änderung wäre ein wirtschaftlicherer Bauteilaufbau einsetzbar.

Siehe **Abbildung 113 / Aw 1a - Angepasster Bauteilaufbau**.

Flächenanteile Skelettfassade optimiert	[m²]	Bauteil	Schalldämm-Maß [dB]	Resultierendes Schalldämm-Maß [dB]
Fläche Total 5,0 x 3,09	15,5			
Fläche Wand	6,7	Wand	45,0	
Fläche Öffnung 4,0 x 2,2	8,8	Fenster	41,0	42,3

Tabelle 15 / $R_{w, Res}$ - Fensteranteil angepasst

Aw 1a angepasst - Gewählter Bauteilaufbau

1. Schallschutz: R_w 51dB *
2. Brandschutz: REI 60**
3. Wärmeschutz: U 0,18 W/m²k = R 5,56 m²k/W

Dieses Bauteil weist immer noch ein Schalldämm-Maß von 51 dB auf. Die Wahl eines Bauteiles mit einem Schalldämm-Maß von ~45 dB scheitert am Brandschutz. Die in den Datenbanken enthaltenen Bauteile mit einem R_w von 47 dB weisen zumeist einen Brandwiderstand von REI30 auf. Aus beruflicher Erfahrung ist eine weitere Optimierung durch eine projektbezogene Bauteilklassifizierung möglich.

*/ ** Siehe Aw 1a Gewählter Bauteilaufbau

dataholz.eu

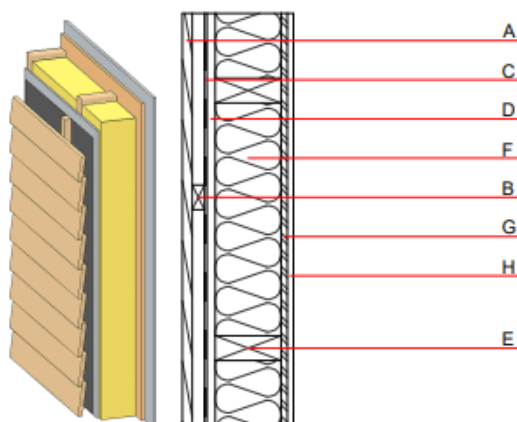
Bezeichnung: awrhh08b-03
 Stand: 03.08.20
 Quelle: Holzforschung Austria
 Bearbeiter: HFA, SP

Aussenwand - awrhh08b-03

Aussenwand, Holzrahmen/Holztafel, hinterlüftet/belüftet, ohne Installationsebene, geschalt, andere Oberfläche

Bauphysikalische Bewertung

Brandschutz	REI von innen	60
	REI von außen	60
max. Wandhöhe = 3 m; max. Last $E_{d,fl}$ = 32,0 kN/m Klassifizierung durch MA39		
Wärmeschutz	U	0,18 W/(m ² k)
	Diffusionsverhalten	geeignet
Berechnung durch HFA		
Schallschutz	R_w (C,C _v)	51(-2;-7) dB
	$L_{w,av}$ (C ₁)	
Wird die Lattung der Hinterlüftungsebene mit dem Konstruktionsholz verschraubt so ergibt sich $R_w(C,C_{tr})=47(-1;-6)$ dB Beurteilung durch MA39		
Flächenbezogene Masse	m	59,90 kg/m ²
Berechnet mit GF		



Bemerkung: e=625

Baustoffangaben zur Konstruktion, Schichtaufbau (von außen nach innen, Maße in mm)

Dicke	Baustoff	Wärmeschutz				Brandverhaltensklasse EN
		λ	μ min - max	ρ	c	
A	24,0 Holz Lärche Aussenwandverkleidung	0,155	150	600	1,600	D
B	30,0 Holz Fichte Lattung versetzt (30/50; 30/80)-Hinterlüftung	0,120	50	450	1,600	D
C	Windbremse $s_d \leq 0,3m$			1000		
D	20,0 Gipsfaserplatte (2x10 mm)	0,320	21	1000	1,100	A2
E	240,0 Konstruktionsholz (60/...; e=*)	0,120	50	450	1,600	D
F	240,0 Mineralwolle [040; ≥ 16 ; <1000°C]	0,040	1	16	1,030	A1
G	15,0 OSB (luftdicht verklebt)	0,130	200	600	1,700	D
H	15,0 Gipsfaserplatte oder	0,320	21	1000	1,100	A2
H	15,0 Gipsplatte Typ DF (GKF)	0,250	10	800	1,050	A2

Abbildung 113 / Aw 1a - Angepasster Bauteilaufbau Quelle: Dataholz.eu

AW 1a angepasst	Lohnanteil [VE] / m²	Sonstigen Anteil [VE] / m²	Summe Kostenanteil [VE] / m²	Kostenanteil [%]
Naturmaß	6,4	0,0	6,4	2,1
Arbeitsvorbereitung	8,6	0,0	8,6	2,8
Vorgefertigtes Element ab Werk	38,5	92,1	130,6	42,0
Montage Vorbereitung inkl. Gerüst	8,7	12,4	21,0	6,8
Transport	0,0	13,7	13,7	4,4
Montage	16,0	19,2	35,2	11,3
Lärchenfassade	43,4	51,8	95,2	30,6
Gesamt	121,6	189,3	310,8	

Tabelle 16 / Auswertung Bauteil Aw 1a angepasst

Der Bereich *Vorgefertigtes Element ab Werk* hat bei diesem angepassten Bauteilaufbau einen Kostenanteil an der Gesamtposition von 42%, bei der ursprünglichen Variante waren dies 47%. Siehe **Tabelle 17 / Aw 1a angepasst - Vorgefertigtes Element ab Werk – Betriebsmittelanteile**

AW 1a angepasst Vorgefertigtes Element ab Werk – Betriebsmittelanteile	Kostenanteil [VE] / m²	Kostenanteil [%]
Konstruktionsvollholz C24	31,4	24,1
Dämmung Steinwolle	19,0	14,6
Gipsfaserplatte 1500x1000x10	14,5	11,1
Lohn Produktion Fertigteil Konstruktion	14,3	11,0
Lohn Produktion Fertigteil Beplankung	11,1	8,5
OSB 3 15mm N+F	8,0	6,2
Gipskartonfeuerschutzplatte 18m	7,4	5,6
Lohn Produktion Fertigteil Folien	6,5	5,0
Lohn Produktion Fertigteil Dämmung	6,5	5,0
Fassadenbahn	4,3	3,3
Dampfbremse	2,4	1,8
Klebeband	1,2	0,9
Sonst. Folie	1,1	0,8
Holzbauschraube 8x140	0,7	0,5
Fixanker 12x255/160MM	0,6	0,5
Einweg-Hebegurt 1400kg-1000mm	0,5	0,4
Klammern KG755	0,3	0,3
Tackerklammern	0,2	0,2
KG 750	0,2	0,1
Gesamt	130,5	

Tabelle 17 / Aw 1a angepasst - Vorgefertigtes Element ab Werk – Betriebsmittelanteile

Vergleicht man nach der Anpassung die Anteile der Betriebsmittel, verschieben sich die Anteile der Schichten an die dritte und an die fünfte Stelle, beziehungsweise noch weiter nach hinten. Bei dieser Variante nehmen die ersten sieben Positionen ca. 80% der Gesamtkosten der Position ein, bei der ursprünglichen Variante waren es die ersten fünf. Die Kostenaufteilung erfolgt gleichmäßiger als bei der Variante Aw 1a.

Abschnitte	AW 1a	AW 1a angepasst	Differenz Kostenanteil [VE]	Abweichung [%]
Naturmaß	6,4	6,4	0,0	0,0
Arbeitsvorbereitung	8,6	8,6	0,0	0,0
Vorgefertigtes Element ab Werk	158,9	130,6	28,3	17,8
Montage Vorbereitung inkl. Gerüst	21,0	21,0	0,0	0,0
Transport	13,7	13,7	0,0	0,0
Montage	35,2	35,2	0,0	0,0
Lärchenfassade	95,2	95,2	0,0	0,0
	339,1	310,8	28,3	8,3

Tabelle 18 / Vergleich Bauteile Aw 1a zu Aw1a angepasst

Im Vergleich der beiden Bauteile ergibt die Anpassung eine Ersparnis des Abschnittes *Vorgefertigtes Element ab Werk* von 17,8% und auf die Gesamtkosten der Position von ca.8,3%.

Siehe **Tabelle 18 / Vergleich Bauteile Aw 1a zu Aw1a angepasst**

4.8.3 Bereich Lochfassade

AW 1b	Lohnanteil [VE] / m²	Sonstigen Anteil [VE] / m²	Summe Kostenanteil [VE] / m²	Kostenanteil [%]
Naturmaß	3,7	0,0	3,7	1,4
Arbeitsvorbereitung	2,7	0,0	2,7	1,0
Vorgefertigtes Element ab Werk	35,2	75,2	110,4	40,9
Montage Vorbereitung inkl. Gerüst	8,1	5,6	13,7	5,1
Transport	0,0	5,5	5,5	2,0
Montage	19,4	19,6	39,0	14,4
Lärchenfassade	43,4	51,8	95,2	35,2
Gesamt	112,5	157,8	270,3	

Tabelle 19 / Auswertung Bauteil Aw 1b

Bei der Betrachtung der einzelnen Abschnitte lt. **Tabelle 19** bilden die Bereiche *Vorgefertigtes Element ab Werk* und die *Lärchenfassade* ebenso wie beim Bauteil Aw 1a die Maßgebenden Grössen.

Die Ausführung der *Lärchenfassade* wurde bereits im Zuge der Auswertung AW 1a im Detail betrachtet.

Die nachfolgende Auswertung der Betriebsmittelanteile beschränkt sich deshalb auf den Bereich *vorgefertigtes Element ab Werk*.

Analyse Abschnitt vorgefertigtes Element ab Werk

AW 1b		
Vorgefertigtes Element ab Werk –		
Betriebsmittelanteile	Kostenanteil	Kostenanteil
	[VE] / m²	[%]
Rigips Riduro 15mm	30,1	27,3
Dämmung Steinwolle	19,0	17,2
Konstruktionsvollholz C24	17,5	15,9
Lohn Produktion Fertigteile Beplankung	13,0	11,8
Lohn Produktion Fertigteile Konstruktion	9,1	8,3
Lohn Produktion Fertigteile Folien	6,5	5,9
Lohn Produktion Fertigteile Dämmung	6,5	5,9
Fassadenbahn	2,7	2,4
Dampfbremse	2,4	2,2
Sonst. Folie	1,1	1,0
Klebeband	0,8	0,7
Schnellbauschraube TN 35	0,6	0,6
Holzbauschraube 8x140	0,5	0,5
Einweg-Hebegurt 1400kg-1000mm	0,2	0,2
Tackerklammern	0,2	0,2
Gesamt	110,4	

Tabelle 20 / Aw 1b Analyse Abschnitt vorgefertigtes Element - Betriebsmittelanteil

Die Auswertung lt. **Tabelle 20** zeigt ein ähnliches Bild wie bei der Analyse von Bauteil Aw 1a. Die ersten fünf Betriebsmittelpositionen nehmen rund 80% der Gesamtkosten der Position ein. Die maßgebenden Betriebsmittel sind die Materialien der Schichten und deren Verarbeitung, sowie der Holzanteil für das konstruktive Grundgerüst und die Dämmung.

Anders als im Bereich Skelettfassade ist ein nahezu vollflächiges Mauerwerk als Bestandselement vorhanden. Das bedeutet, dass man das neue Element auch vollflächig am Bestand verankern könnte.

Siehe **4.1.6 Anordnung der Verankerung**.

Optimierungsmöglichkeiten Bereich Lochfassade

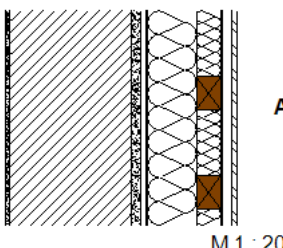
Durch eine vollflächige Verankerung am Bestand könnte man den Anteil der Schichten sowie den Bereich des Holzanteiles für das konstruktive Grundgerüst verringern.

Derartige Bauteilaufbauten findet man nicht in den Datenbanken für zertifizierte Bauteilaufbauten. Diese müssen eigens berechnet und geprüft werden.

Nachfolgend eine mögliche Variante dieses Bauteilaufbaus. Die statische Funktion der Holzbauteile beschränkt sich auf die vertikale Lastableitung des Eigengewichtes der neuen Bauteilschichten und auf die Stabilisierung des Elementes bis zur Montage. Die Konstruktionsstärke beträgt dabei nur 8cm. Diese Stärke ist vollständig gedämmt, die restliche Dämmung zum Erreichen der Gesamtdämmstärke wird auf den Konstruktionsrahmen aufkaschiert und von einer Dampf- bzw. Windbremse eingehüllt.

Eventuelle Einbauelemente wie Fenster und Türen werden als eigenständige Elemente inklusive aller zeitaufwendigen und technisch anspruchsvollen Anschlüsse als extra Element vorgefertigt. Diese Elemente werden unabhängig von den großformatigen Fassadenelementen direkt am Bestandsmauerwerk verankert. Die Konstruktionsstärke dieser Elemente beträgt die volle Dämmungsdicke.

Bauteilaufbau siehe **Abbildung 114 / Aw 1b optimierter Bauteilaufbau**

Bauteilbezeichnung: Aw 1b optimiert		Kurzbezeichnung: AW02		
Bauteiltyp: renoviert Außenwand hinterlüftet				
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORMEN ISO 6946 U - Wert 0,13 [W/m²K]				
Konstruktionsaufbau und Berechnung				
Nr	Baustoffschichten	d	λ	Anteil
	von innen nach außen	Dicke	Leitfähigkeit	
	Bezeichnung	[m]	[W/mK]	[%]
1	Innenputz B	0,015	0,470	
2	Mauerwerk B	0,400	0,700	
3	Außenputz B	0,030	0,130	
4	Luft steh., W-Fluss horizontal 15 < d <= 20 mm	0,020	0,118	
5	Dampfbremse	0,0006	0,330	
6	ROCKWOOL Fixrock 035 VS Austria	0,160	0,034	
7	Querlage dazw. ROCKWOOL Flexirock	0,080	0,120	7,1
			0,039	92,9
8	Fassadenbahn	0,0005	0,230	
9	Hinterlüftung dazw.	* 0,030	0,120	7,1
	Luft steh., W-Fluss horizontal 30 < d <= 35 mm	*	0,194	92,9
10	Bekleidung *	0,021	0,130	
wärmetechnisch relevante Dicke des Bauteils [m]		0,706		
Dicke des Bauteils [m]		0,757		
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach ONORM EN ISO 6946)				
Querlage:	Achsabstand [m]: 0,700	Breite [m]: 0,050	$R_{si} + R_{se} = 0,260$	
Hinterlüftung:	Achsabstand [m]: 0,700	Breite [m]: 0,050		
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 7,9070$			Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 7,7598$	
			$R_T = 7,8334 [m^2K/W]$	
Wärmedurchgangskoeffizient			U = 1 / R_T	
			0,13 [W/m²K]	

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Abbildung 114 / Aw 1b optimierter Bauteilaufbau

AW 1b optimiert	Lohnanteil [VE] / m²	Sonstigen Anteil [VE] / m²	Summe Kostenanteil [VE] / m²	Kostenanteil [%]
Naturmaß	1,9	0,0	1,9	0,9
Arbeitsvorbereitung	2,2	0,0	2,2	1,0
Vorgefertigtes Element ab Werk	26,1	44,8	70,8	32,6
Montage Vorbereitung inkl. Gerüst	1,4	1,5	2,9	1,3
Transport	0,0	5,5	5,5	2,5
Montage	19,4	19,6	39,0	17,9
Lärchenfassade	43,4	51,8	95,2	43,8
Gesamt	94,3	123,2	217,5	

Tabelle 21 / Auswertung Bauteil Aw 1b optimiert

Das optimierte Bauteil lt. **Tabelle 21 / Auswertung Bauteil Aw 1b optimiert** weist einen Vergleichseinheitswert von 217,5 VE/m² auf. Die wesentlichste Veränderung liegt im Abschnitt *vorgefertigtes Element ab Werk*, aber auch beim Abschnitt *Montage Vorbereitung inkl. Gerüst*.

Die Einsparung im Bereich *Montage Vorbereitung inkl. Gerüst* liegt an der Eigengewichtseinsparung durch den Entfall von Schichten und durch die Reduzierung des Holzanteiles. Siehe **Tabelle 22 / Aw 1b optimiert - Vorgefertigtes Element ab Werk - Betriebsmittelanteile**

Dadurch kann man mit zehn Stück Auflagerwinkel je Fassadenseite die gesamte vertikale Lastabtragung des Bauteileigengewichtes bewerkstelligen. Diese Auflagerwinkel befinden sich ausschließlich im Sockelbereich und können somit ohne Gerüst oder Arbeitsbühnen im Vorfeld montiert werden.

AW 1b optimiert Vorgefertigtes Element ab Werk – Betriebsmittelanteile	Kostenanteil [VE] / m²	Kostenanteil [%]
Fixrock VS 0035 1000X625X160MM	22,9	32,4
Konstruktionsvollholz C24	6,5	9,2
Lohn Produktion Fertigteil Folien	6,5	9,2
Lohn Produktion Fertigteil Beplankung	6,5	9,2
Lohn Produktion Fertigteil Dämmung	6,5	9,2
Lohn Produktion Fertigteil Konstruktion	6,5	9,2
Flexirock 80mm 0039	6,4	9,0
Fassadenbahn	2,7	3,8
Dampfbremse	2,4	3,4
Sonst. Folie	1,1	1,5
HBS Senkkopf 6x200	1,1	1,5
Klebeband	0,8	1,2
Holzbauschraube 8x140	0,4	0,6
Einweg-Hebegurt 1400kg-1000mm	0,2	0,3
Tackerklammern	0,2	0,3
Gesamt	70,8	

Tabelle 22 / Aw 1b optimiert - Vorgefertigtes Element ab Werk - Betriebsmittelanteile

Wie schon bei der Analyse des Positionsabschnittes *Montage Vorbereitung inkl. Gerüst* erklärt, liegt die größte Einsparung im Anteil des Konstruktionsvollholzes und dessen Verarbeitung und im Entfall der Rigidur Materialschichten inklusive Verarbeitung.

Der Bereich der Dämmung steigt um 3,9 VE/m² an. Das liegt am Einbau einer stabileren Wärmedämmung an der aufkaschierten Seite.

Abschnitte	AW 1b	AW 1b optimiert	Differenz Kostenanteil [VE]	Abweichung [%]
Naturmaß	3,7	1,9	1,9	49,8
Arbeitsvorbereitung	2,7	2,2	0,5	20,0
Vorgefertigtes Element ab Werk	110,4	70,8	39,6	35,9
Montage Vorbereitung inkl. Gerüst	13,7	2,9	10,8	78,9
Transport	5,5	5,5	0,0	0,0
Montage	39,0	39,0	0,0	0,0
Lärchenfassade	95,2	95,2	0,0	0,0
Gesamt	270,3	217,5	52,8	19,5

Tabelle 23 / Vergleich Bauteile Aw 1b zu Aw 1b optimiert

Im Bauteilvergleich bedeutet das eine Kosteneinsparung von 19,5% auf die Gesamtposition.

4.8.4 Gesamtbetrachtung Optimierung

Gegenüberstellung Anpassung Bauteil Aw 1a	AW 1a	AW 1a ange- passt	Differenz Kostenanteil [VE]	Abweichung [%]
Kostenanteil [VE] / m ²	339	311	28	-8
Gesamt [VE] / Bauteilbezogen	293.946	306.889	-12.942	+4
Gesamtkosten [VE]	415.053	427.995		+3
Gesamtkosten [VE] inkl. Einbauteile	675.744	623.478		-8

Tabelle 24 / Gegenüberstellung Anpassung Bauteil Aw 1a

Gegenüberstellung Optimierung Bauteil Aw 1b	AW 1b	AW 1b opti- miert	Differenz Kostenanteil [VE]	Abweichung [%]
Kostenanteil [VE] / m ²	270	218	53	-20
Gesamt [VE] / Bauteilbezogen	121.107	97.448	23.659	-20
Gesamtkosten [VE]	415.053	391.610		-6
Gesamtkosten [VE] inkl. Einbauteile	675.744	652.301		-4

Tabelle 25 / Gegenüberstellung Anpassung Bauteil Aw 1b

Einsparmöglichkeit mit beiden Maßnahmen	original	angepasst	Differenz	Abweichung [%]
Gesamtkosten [VE]	415.053	404.337	10.716	-3
Gesamtkosten [VE] inkl. Einbauteile	675.744	599.686	76.058	-11

Tabelle 26 / Einsparmöglichkeiten gesamt

Die Auswertung lt. **Tabelle 24** ergibt im bauteilbezogenen Vergleich eine Erhöhung um 4%. Das liegt an der größeren Bauteilfläche, resultierend aus dem Entfall des Oberlichts. Die Betrachtung der Gesamtkosten inkl. Einbauteile ist hier, bezugnehmend auf die Einsparung, der repräsentativere Wert.

Zwar werden die Bauteilkosten in Summe mehr, es gibt aber insgesamt durch den geringeren Einheitspreis des Holzbauteiles trotzdem eine Ersparnis. Diese Ersparnis liegt dabei bei 8% der Gesamtkosten inkl. Einbauteile.

Kann man die Anpassung am Bauteil Aw 1a (Entfall des Oberlichtes) nicht vertreten, so bleiben durch die Optimierung des Bauteiles Aw 1b immerhin noch 6% Kostenreduktion in Bezug auf die Gesamtkosten der Holzbauteile. Siehe **Tabelle 25**

In der Gesamtbetrachtung lt. **Tabelle 26** erreicht man eine Reduktion der Gesamtkosten inkl. Einbauteile von 11%.

4.9 Ausführungsdetails

4.9.1 Grundlagen

Wie unter Punkt 4.1 **Grundlagen** erläutert, haben verschiedene Entscheidungen im Planungsprozess, die bestehende Gebäudestruktur und Anforderungen durch die Entscheidungsträger Einfluss auf die Ausführung der vorgefertigten Holzbaulemente. Die wichtigsten Entscheidungen sind in **Tabelle 27 / Grundlagen Ausführungsdetails** zusammengefasst.

ANFORDERUNG LT. PUNKT 4.1 GRUNDLAGEN	SKELETTFASSADE	LOCHFASSADE
4.1.1 Gebäudetypen	Längsseitig Skelettfassade – Stahlbetonstützen Abstand 2,50m	Querseite Lochfassade – Mauerwerk / Stahlbeton 30cm
4.1.2 Gebäudegeometrie	Es gibt keine auskragenden Bestandsbauteile, die Montage der Holzbaulemente ist von oben ungestört möglich	Wie Skelettfassade
4.1.4 Elementierung – Anpassung an die Einheiten	Die Anforderung Lt. 4.1.7 gibt eine einheitengetrennte Elementierung vor. Zudem müssen im Elementverband einzelne Elemente entnommen und wieder montiert werden können.	Die massive Bestandswand kann den größten Teil der Schallschutzanforderung erfüllen. Die Holzbaulemente können einheitenübergreifend ausgebildet werden.
4.1.4 Elementierung – Lage der Außenwände im Bezug zum Bestand	2 - Angehängt	2 - Angehängt
4.1.6 Verankerung	[so + zd + od] punktuell - Einheitengetrennt	[so + zd + od] flächig - Einheitenunabhängig
4.1.7 Grundlagen Flexibilität und Updatefähigkeit	Im Bereich der Skelettfassade soll die Möglichkeit bestehen die Bauteile einheitenunabhängig zu entnehmen.	Keine Anforderung

Tabelle 27 / Grundlagen Ausführungsdetails

4.9.2 Statische Bemessung

Die statische Berechnung wurde nach den am Standort gültigen Normen und Regelwerken erstellt. Berechnungsansätze siehe Anhang unter Punkt **6.2 Statische Bemessung Grundlagen**.

4.9.2.1 Bereich Skelettfassade

Da die Elemente einheitenunabhängig de- und wiedermontiert werden sollen, erfolgt die Verankerung ohne Einfluss auf die angrenzenden Elemente.

Die Regelrippen und der Obergurt bestehen aus Konstruktionsvollholz C24 und haben eine Dimension von 80x240mm.

Diese Rippen, sowie die Einbauteile, sind auf einen 2-Feld Untergurt, der auf drei Stahlwinkel aufgelagert ist und eine Dimension von 120/240mm aufweist, aufgestellt und verschraubt. Eine zusätzliche Verbindung der Gurte mit den Rippen erfolgt mit der Befestigung der Beplankung.

Die Verteilung der Windlasten zu den Verankerungspunkten erfolgt über die Ober- und Untergurte.

Die Stahlwinkel, auf denen das Element aufgelagert ist, dienen ausschließlich zur Abtragung der Vertikallasten und sind mit jeweils zwei Stück Hinterschnittanker am bestehenden Stahlbetonbau verankert.

Die Druck- und Sogverankerung erfolgt an den Elementecken. Die vertikalen Endrippen 100x240mm werden mittels Bolzenanker M12 an den bestehenden Stahlbetonstützen befestigt.

An der Mutter der Bolzenanker werden Stahlscheiben mit einem Durchmesser von 65mm und einer Stärke von 4mm geschweißt. Durch diese Stahlscheiben wird das Element gegen Winddruck, mit jeweils 4 Stk Holzbauschrauben 5,0x90mm, an den vertikalen Holzrippen verschraubt.

Die Wandscheiben der Erweiterungsbereiche (Balkone) sind an den vertikalen Anfangs- und Endrippen mittels Schraub- / Stabdübelverbindung befestigt. An diesen Wandscheiben sind die Bodenelemente mit kreuzweise angeordneten Vollgewindeschrauben angehängt.

Balkongeländer und Sonnenschutz sind am Handlauf beziehungsweise an den Horizontalträgern, sowie an den Seitenwänden befestigt. Wobei der obere horizontale Träger des Sonnenschutzes auch als Montagehilfe der Balkonelemente dient.

4.9.2.2 Bereich Lochfassade optimiert

Für die detaillierte Ausarbeitung soll die **lt. Abbildung 114 / Aw 1b optimierter Bauteilaufbau** optimierte Variante für die Lochfassade herangezogen werden.

Die Verankerung der Bauteile erfolgt einheitenunabhängig. Die Bauteile müssen nicht einzeln de- und wiedermontiert werden.

Sämtliche Holzbauteile weisen eine Dimension von 60x80mm auf. Die Konstruktionsstärke der Wand beträgt 80mm. Die vertikale Lastableitung erfolgt über, im Abstand von ca. 120cm angebrachte, Stahlwinkel im Sockelbereich. Die restlichen Elemente können ohne separate Stahlwinkel auf die jeweils darunterliegenden Bauteile aufgelagert werden. Die Druck- und Zugverankerung erfolgt analog zum Bauteil Aw 1a, jedoch nicht nur an den Bauteilrändern, sondern auch in der Bauteilfläche am Bestandsmauerwerk.

Nähere Beschreibung siehe Punkt **Optimierungsmöglichkeiten Bereich Lochfassade**.
Zeichnungen zur Erklärung siehe **4.9.3 Details**.

4.9.3 Details

4.9.3.1 Details Bereich Skelettfassade

Gebäude/Fassadentyp:	Skelettfassade
Gebäudegeometrie:	Glatt ohne Vorsprünge
Verankerung:	Punktweise, angehängt
Elementierung:	Einheitengetrennt
Updatefähigkeit:	Einheitenunabhängige De- und Wiedermontage der Elemente

Erklärung siehe Punkt 4.1 Grundlagen

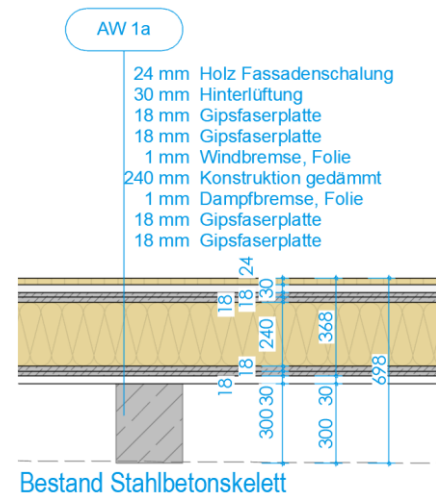


Abbildung 115 / Bauteilaufbau Aw 1a

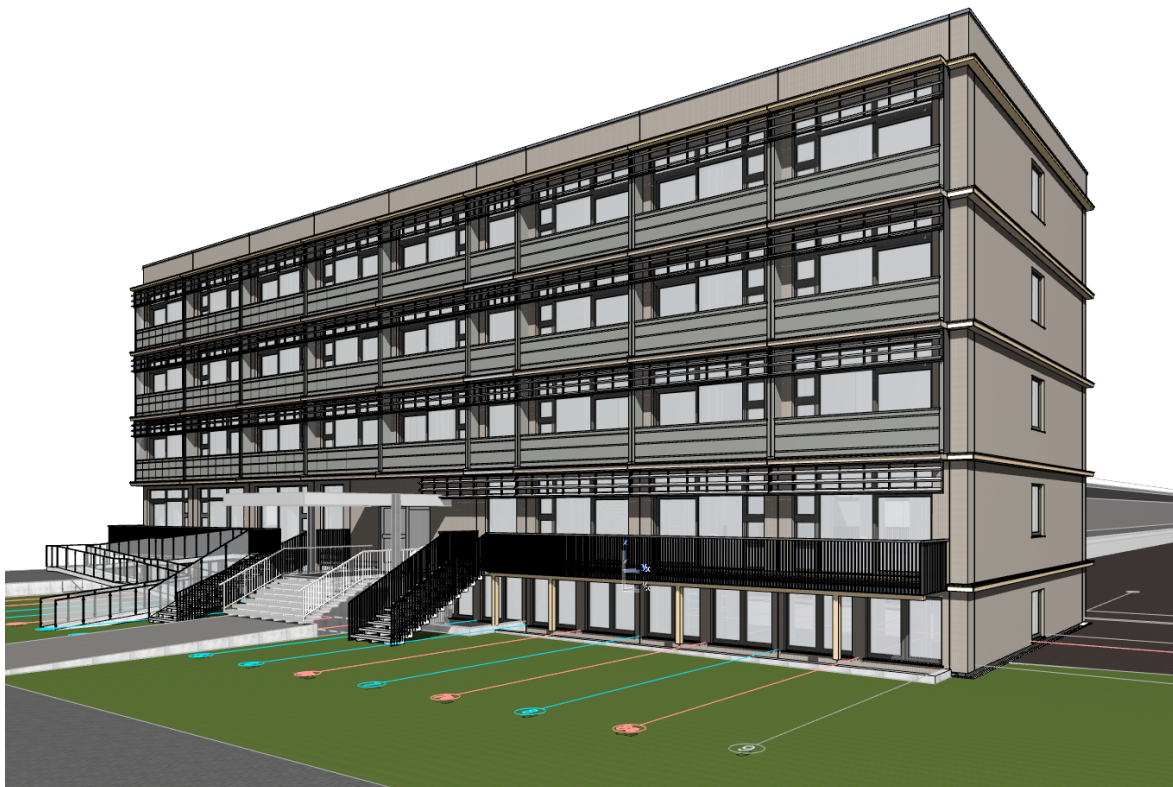


Abbildung 116 / Bereich Skelettfassade Axonometrie

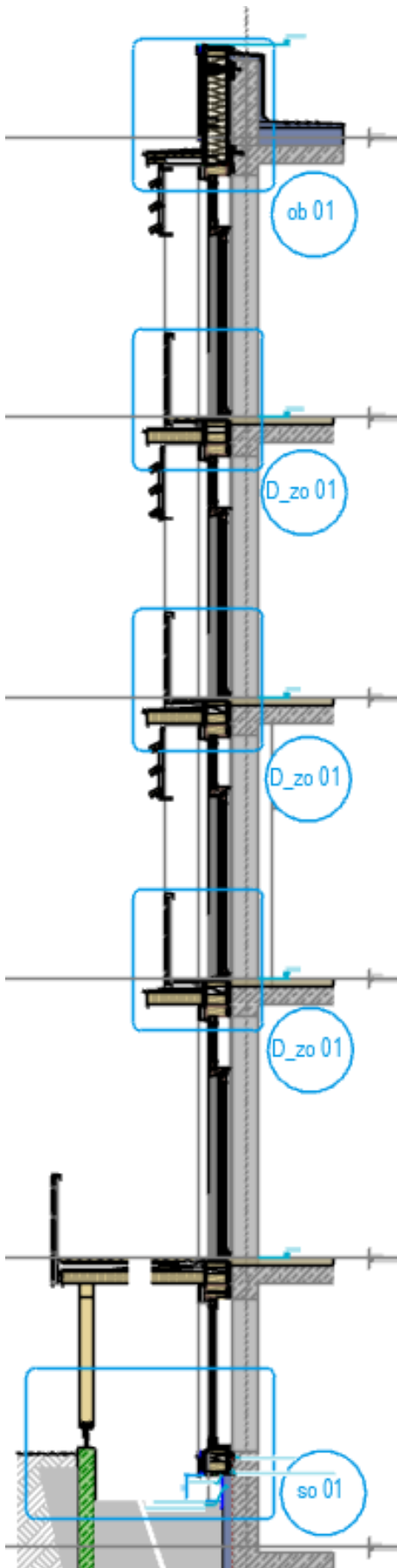


Abbildung 117 / Aw 1a Fassaden-
schnitt Bereich Skelettfassade

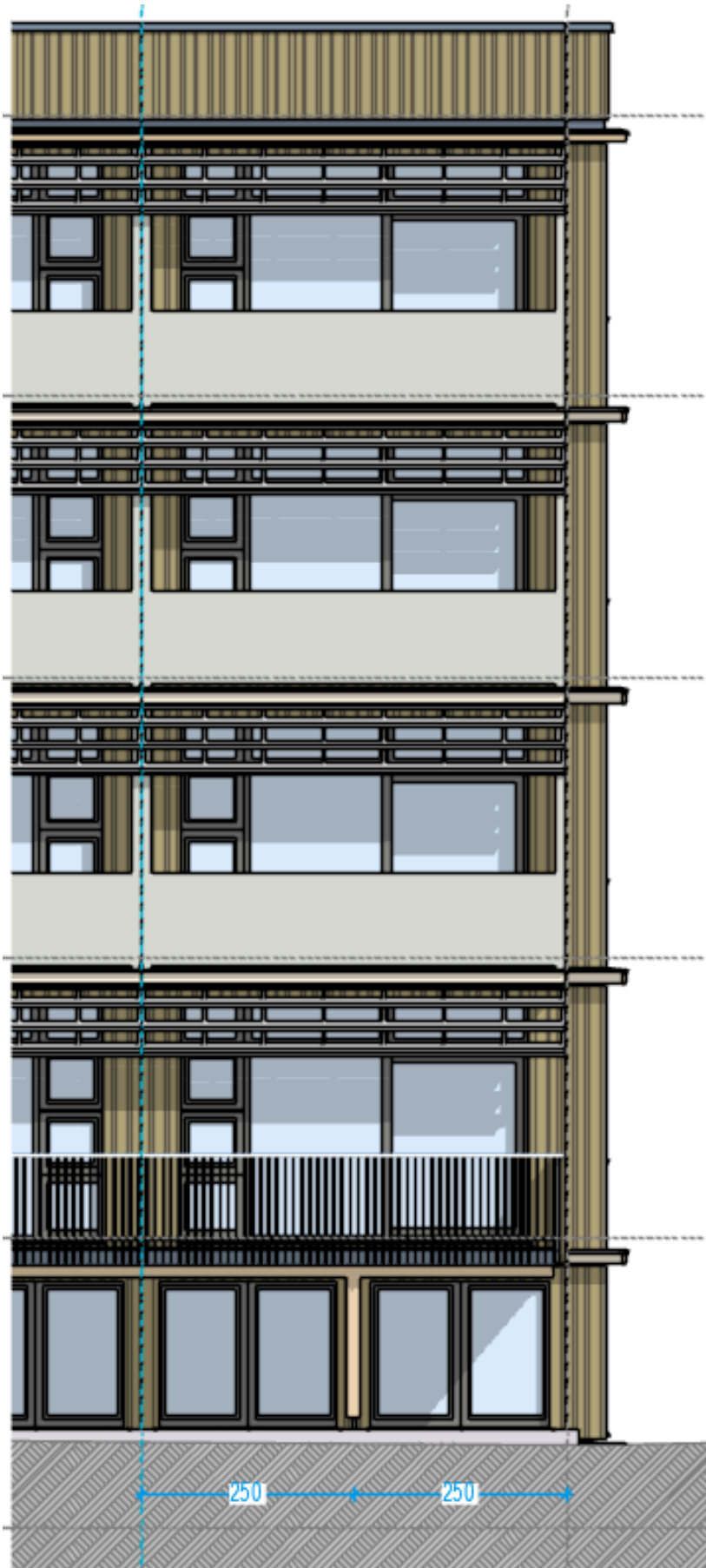


Abbildung 118 / Aw 1a Teilausschnitt Ansicht Südost

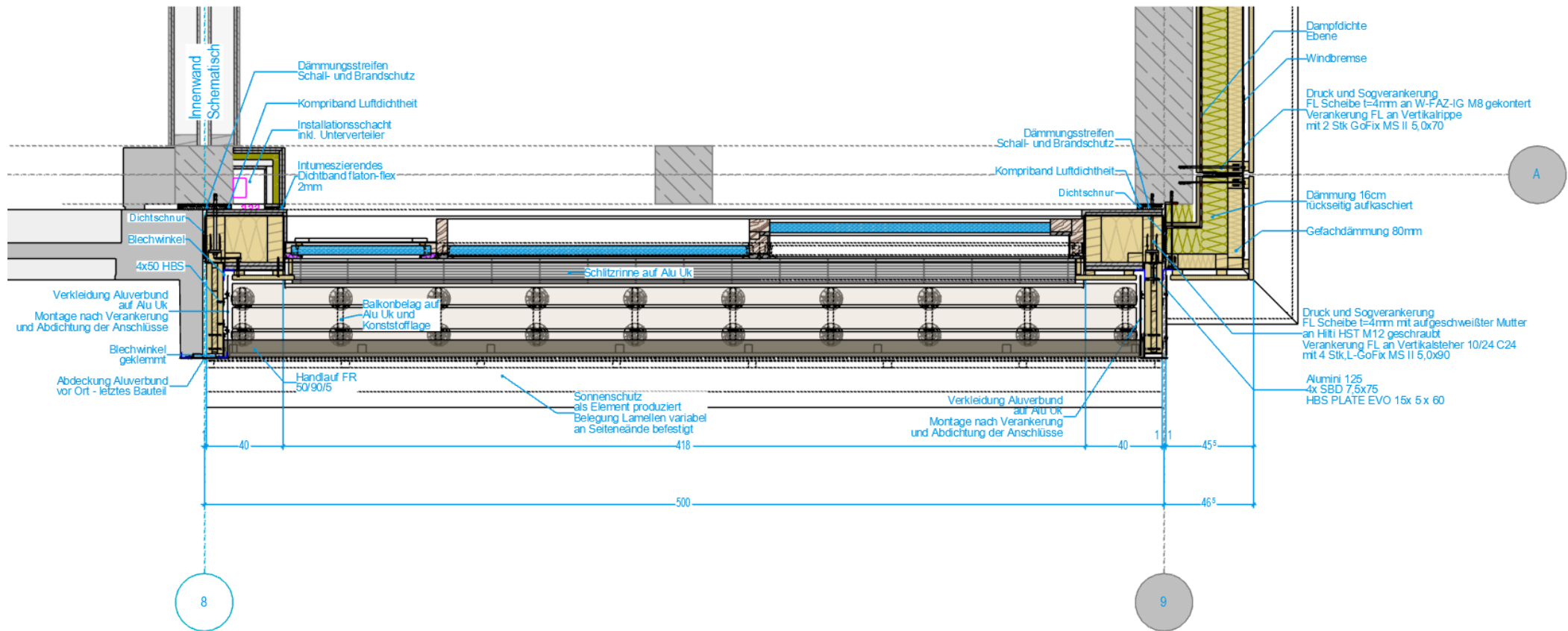


Abbildung 119 / Aw 1a -Regelement inkl. Eckausbildung, Übergang zu Bauteil Aw 1b

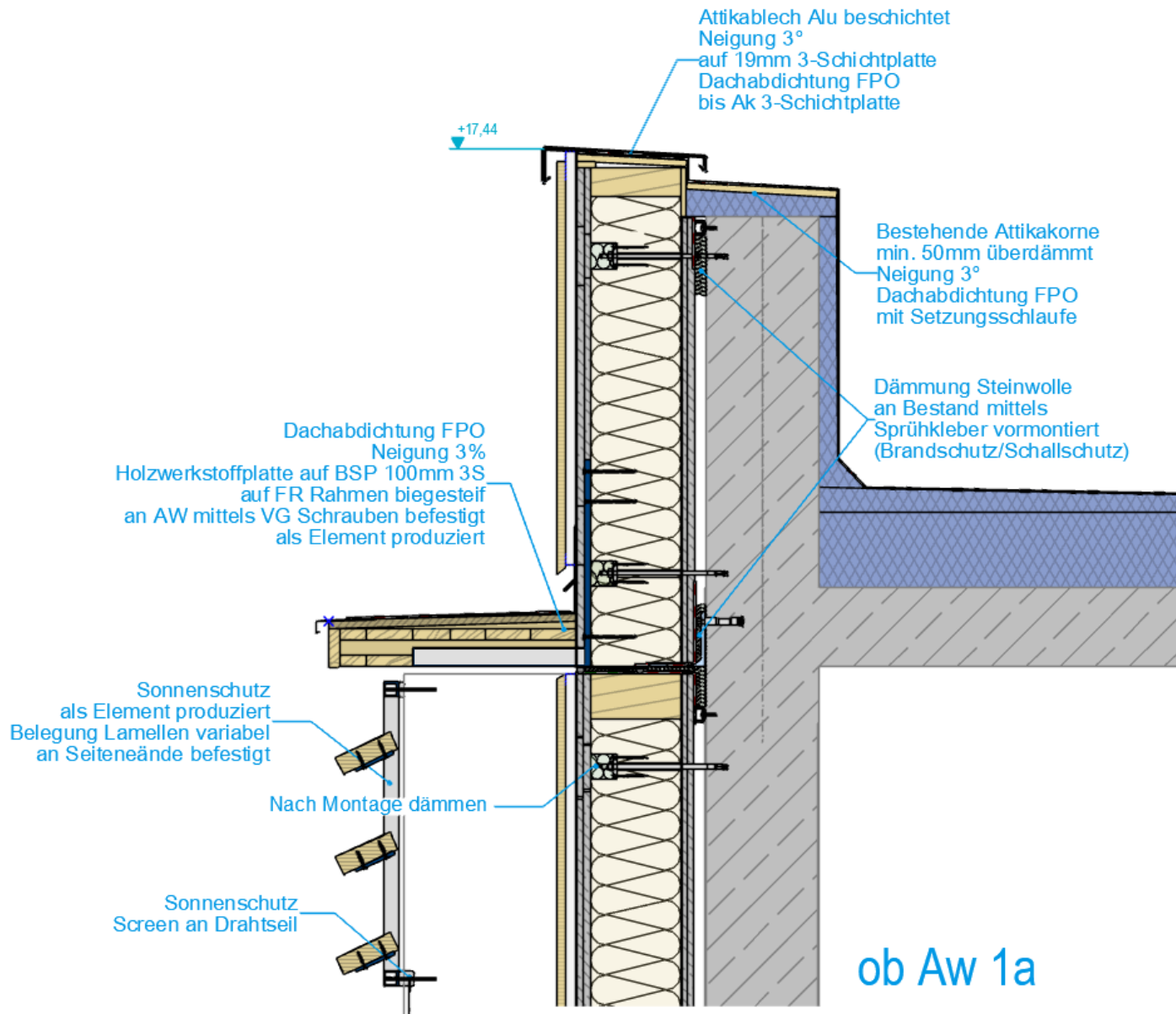


Abbildung 120 / Aw 1a - ob - Detail Attika

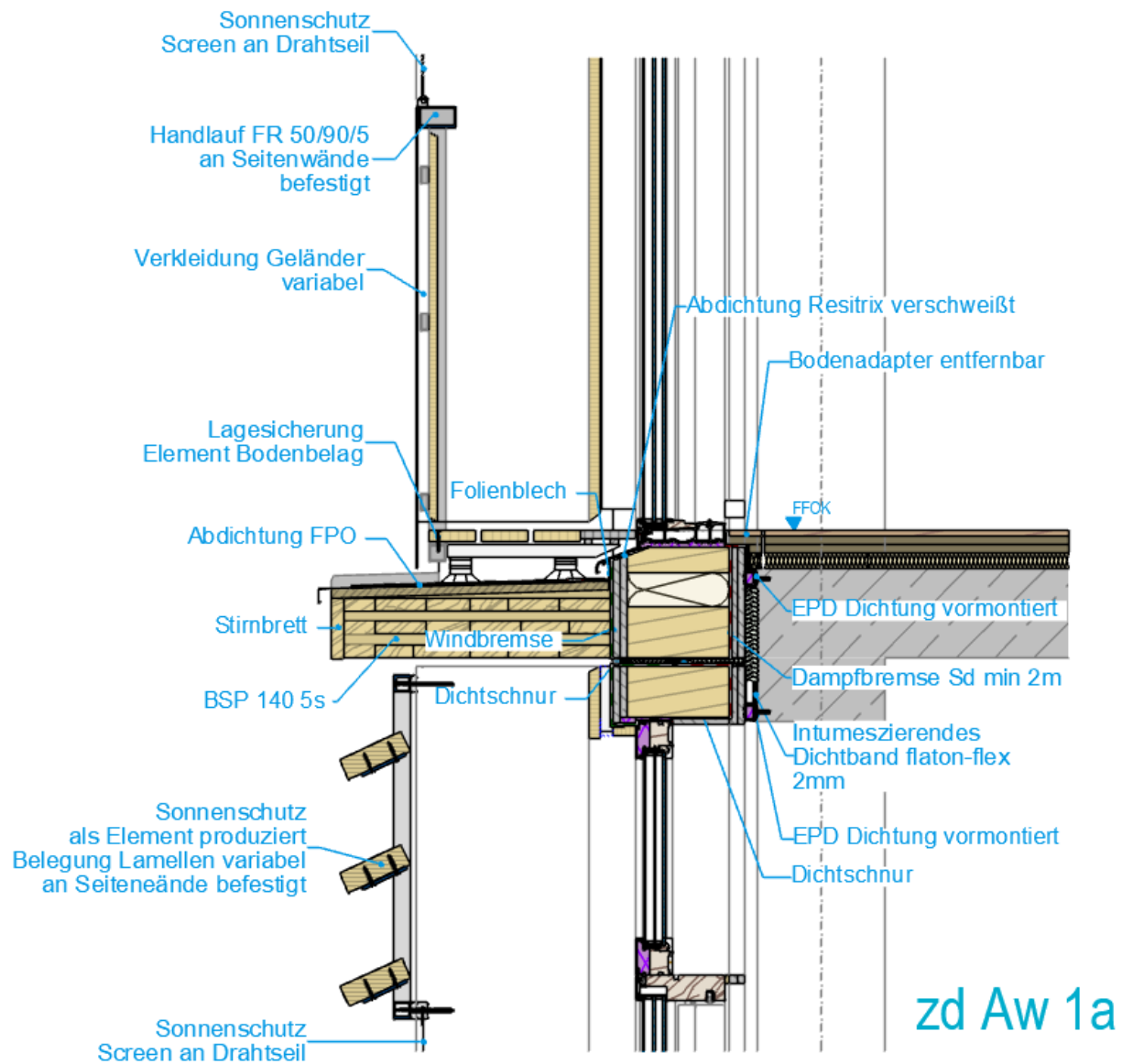


Abbildung 121 / Aw 1a – zd - Detail Fensteranschlüsse

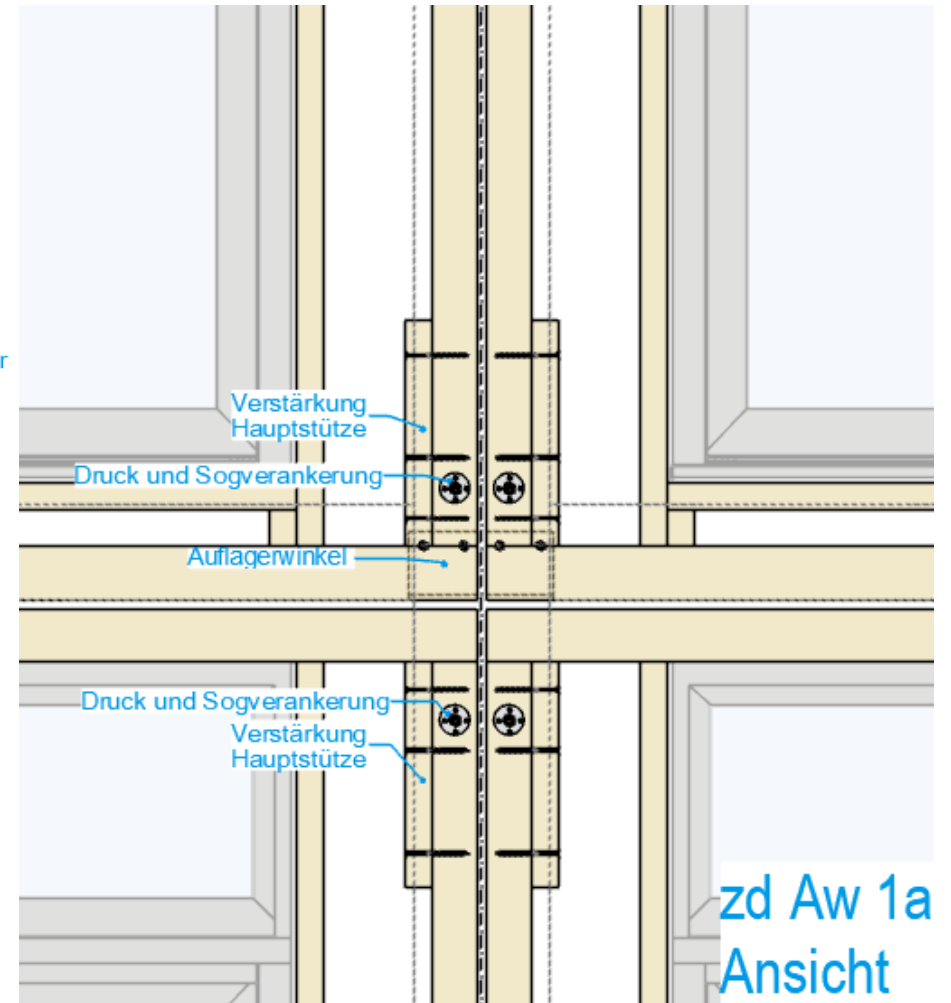
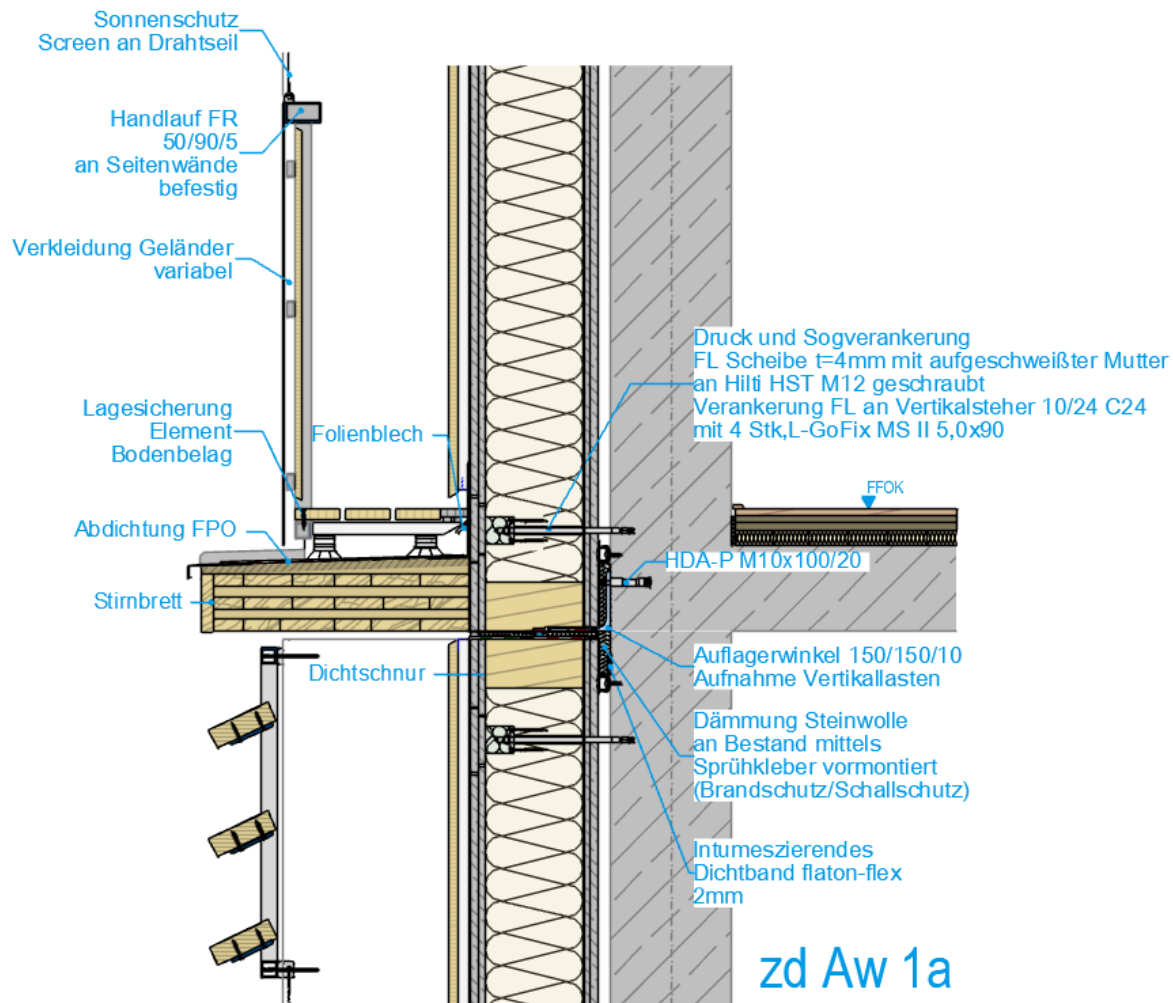


Abbildung 122 / Aw 1a – zd - Detail Elementübergang

Abbildung 123 / Aw 1a - zd - Anordnung Verankerung

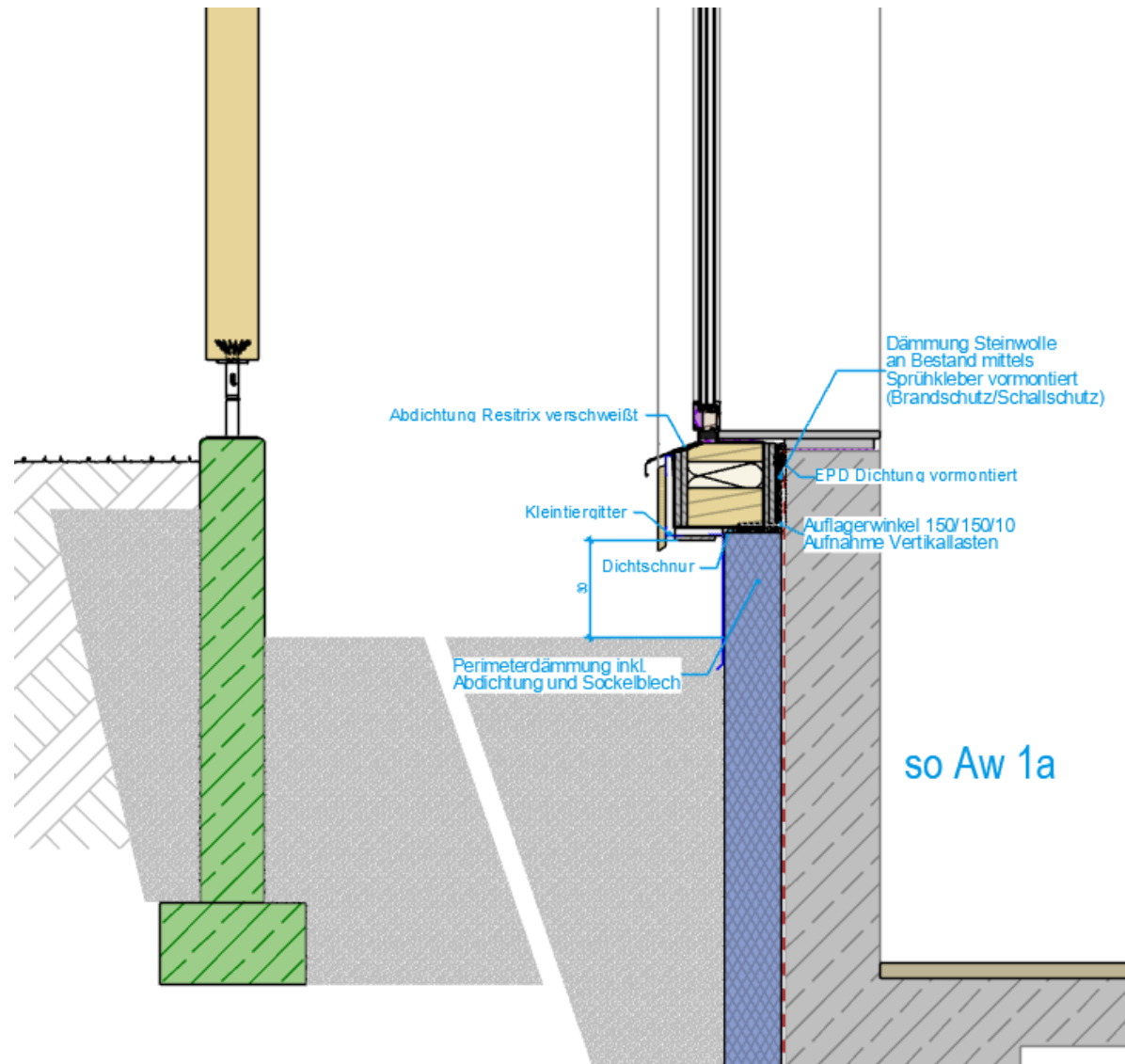


Abbildung 124 / Aw 1a -so - Detail Sockelbereich

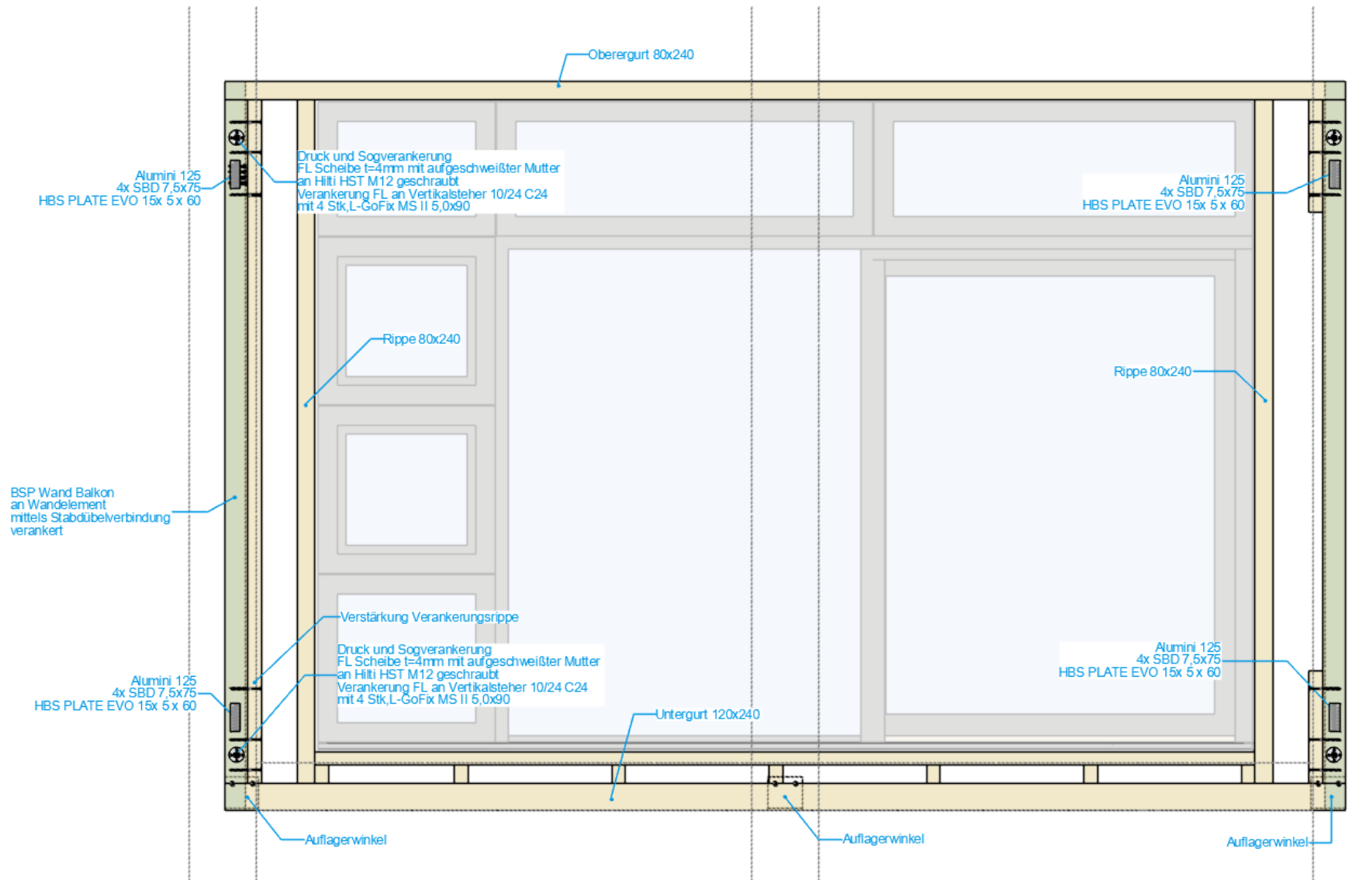


Abbildung 125 / Aw 1a - Konstruktionsaufbau Regelement

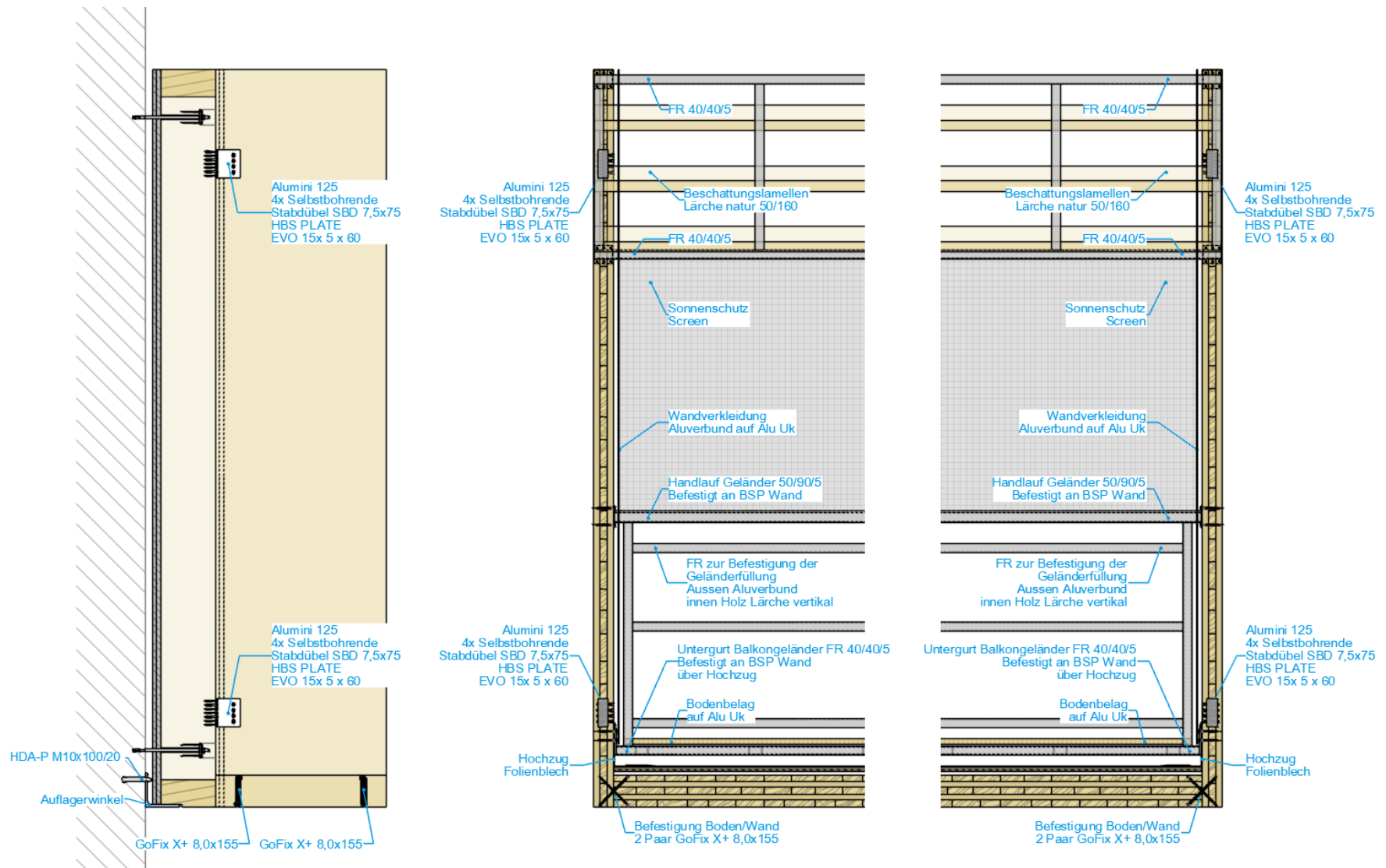


Abbildung 126 / Aw 1a - Konstruktionsaufbau Erweiterungselement

4.9.3.2 Details Bereich Lochfassade

- Gebäude/Fassadentyp:** Lochfassade
Gebäudegeometrie: Glatt ohne Vorsprünge
Verankerung: Punktweise, angehängt + flächig
Elementierung: Einheitenunabhängig
Updatefähigkeit: keine Anforderung

Erklärung siehe Punkt 4.1 Grundlagen

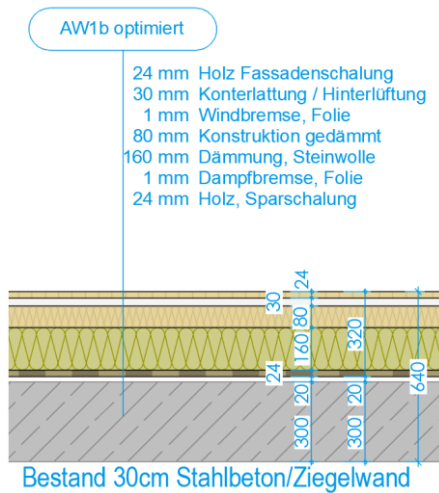


Abbildung 127 / Bauteilaufbau Aw 1b



Abbildung 128 / Bereich Lochfassade Axonometrie

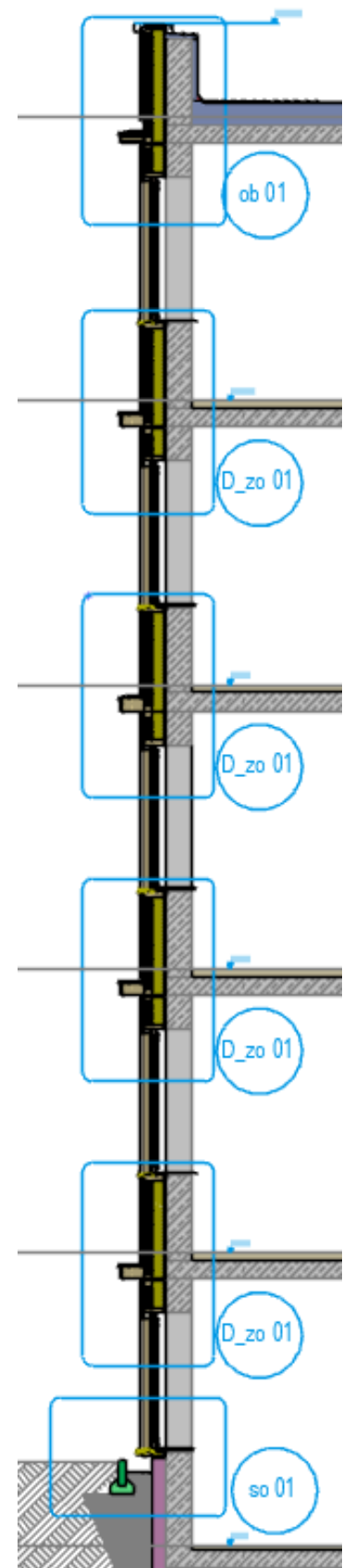


Abbildung 129 / Fassadenschnitt Lochfassade

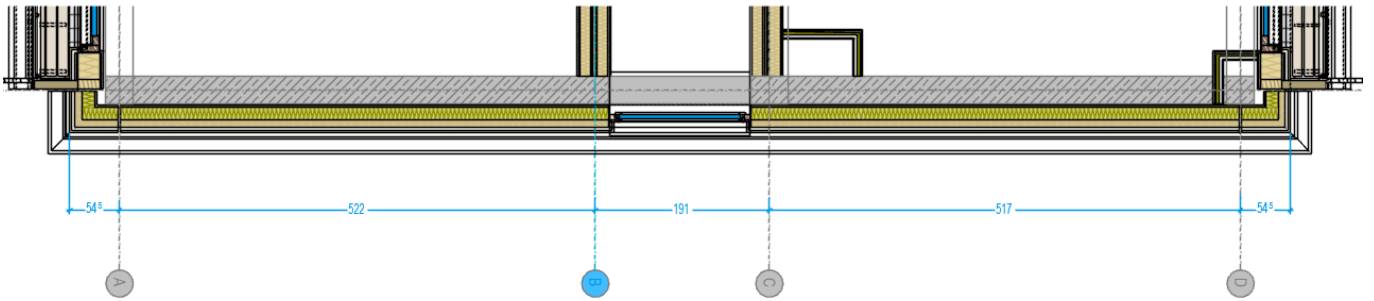


Abbildung 130 / Grundriss Aw 1b

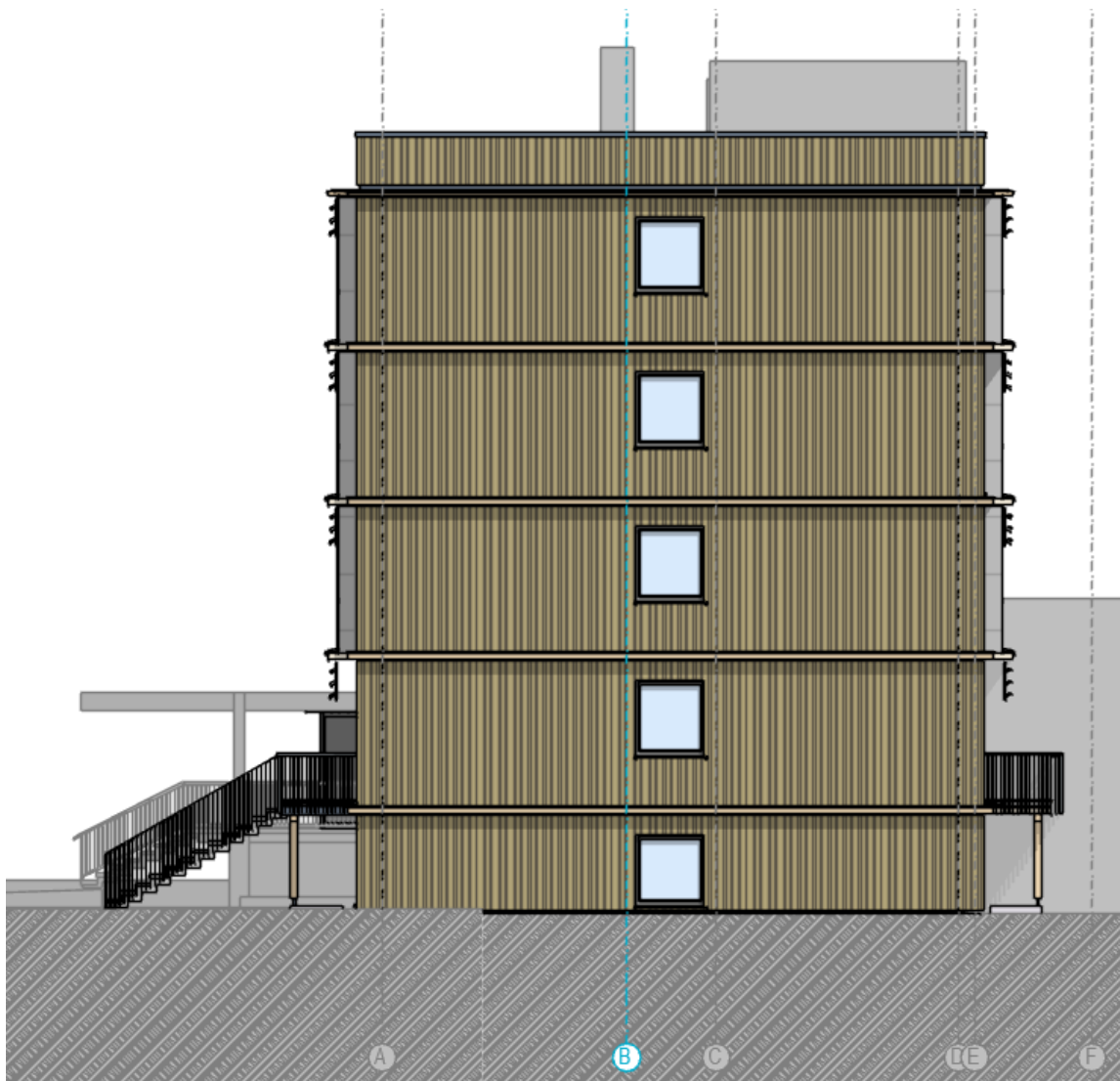


Abbildung 131 / Aw 1b - Ansicht Nordost

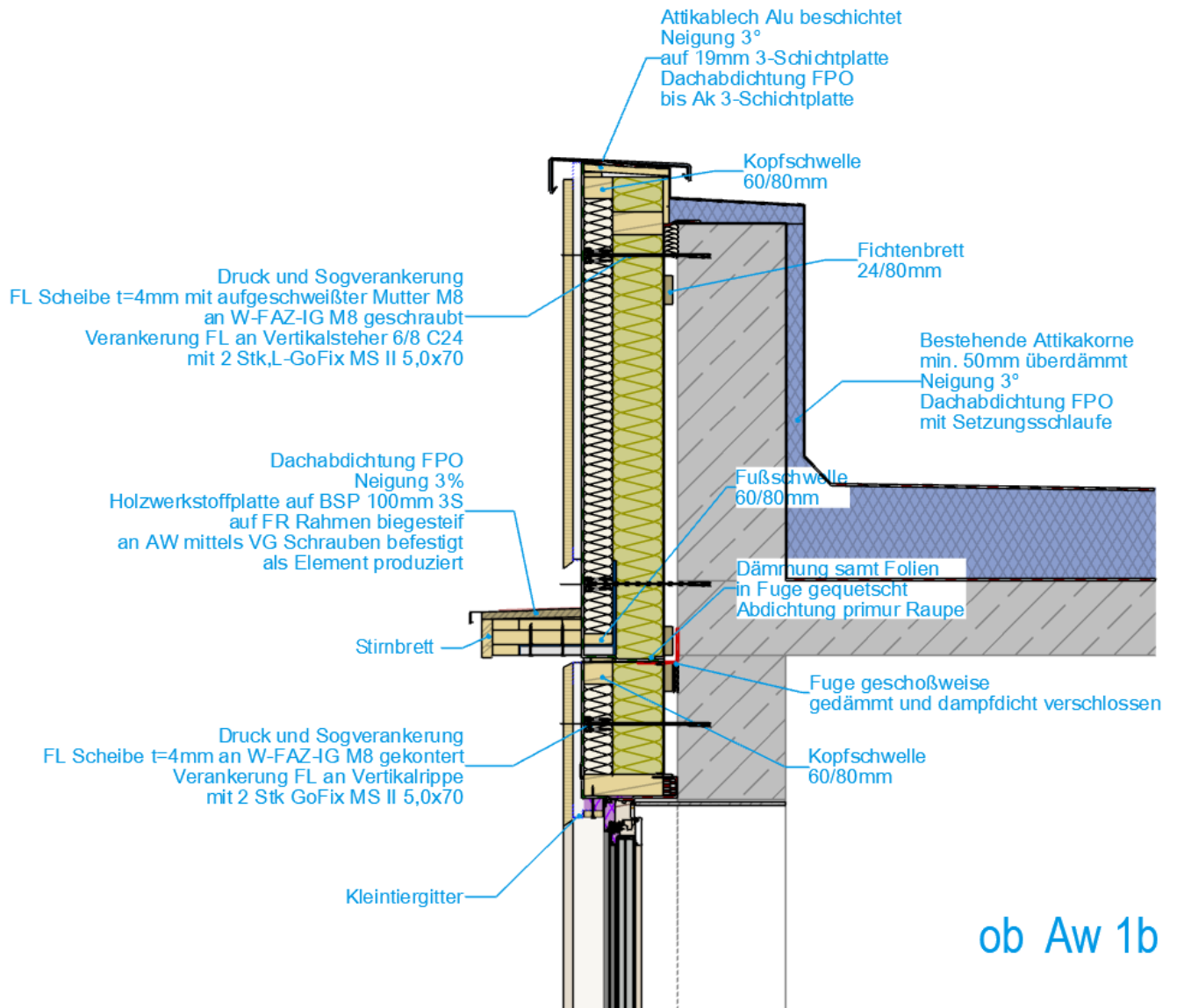


Abbildung 132 / Aw 1b -ob - Detail Attika

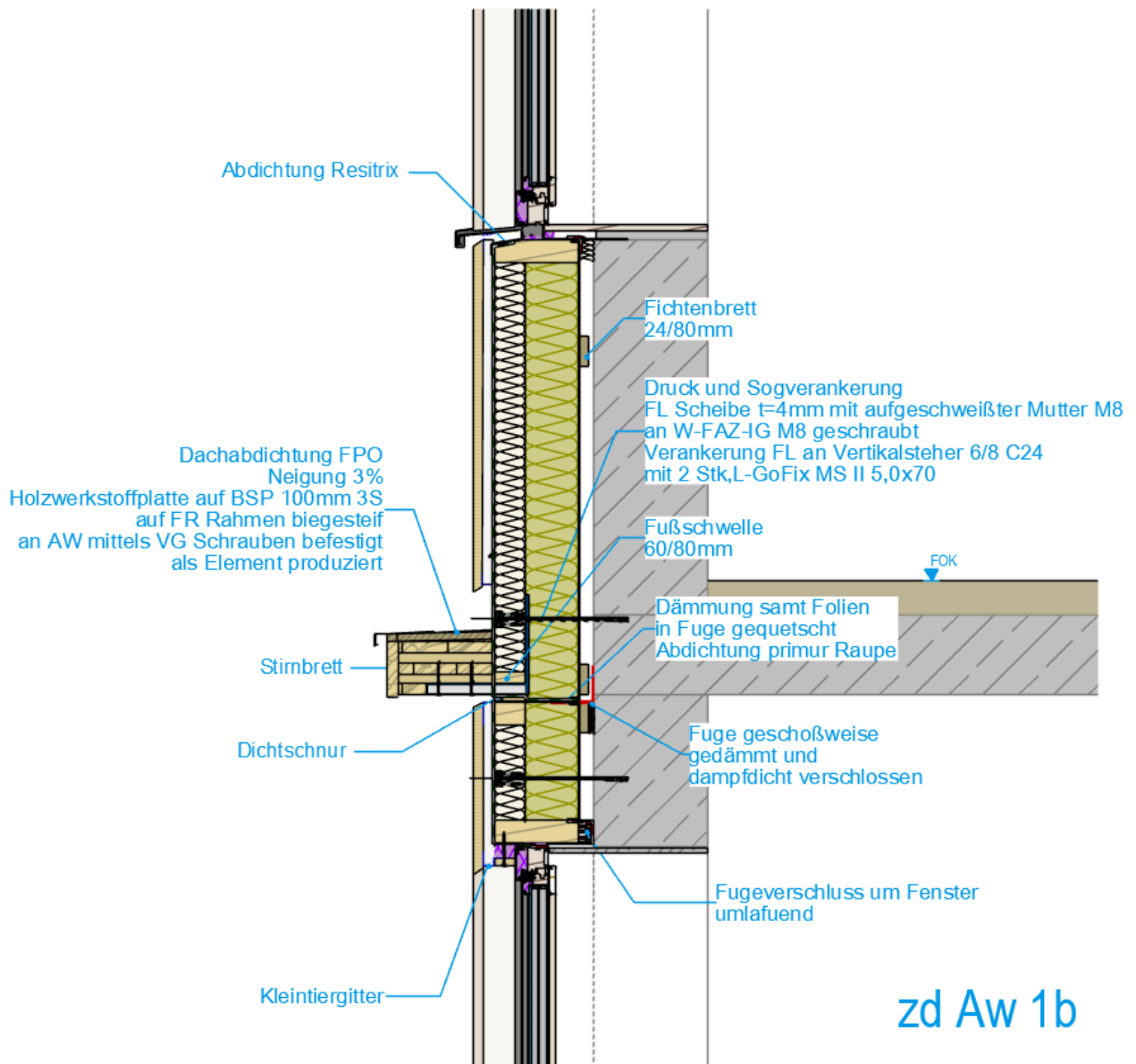


Abbildung 133 / Aw 1b - zd – Detail Elementübergang

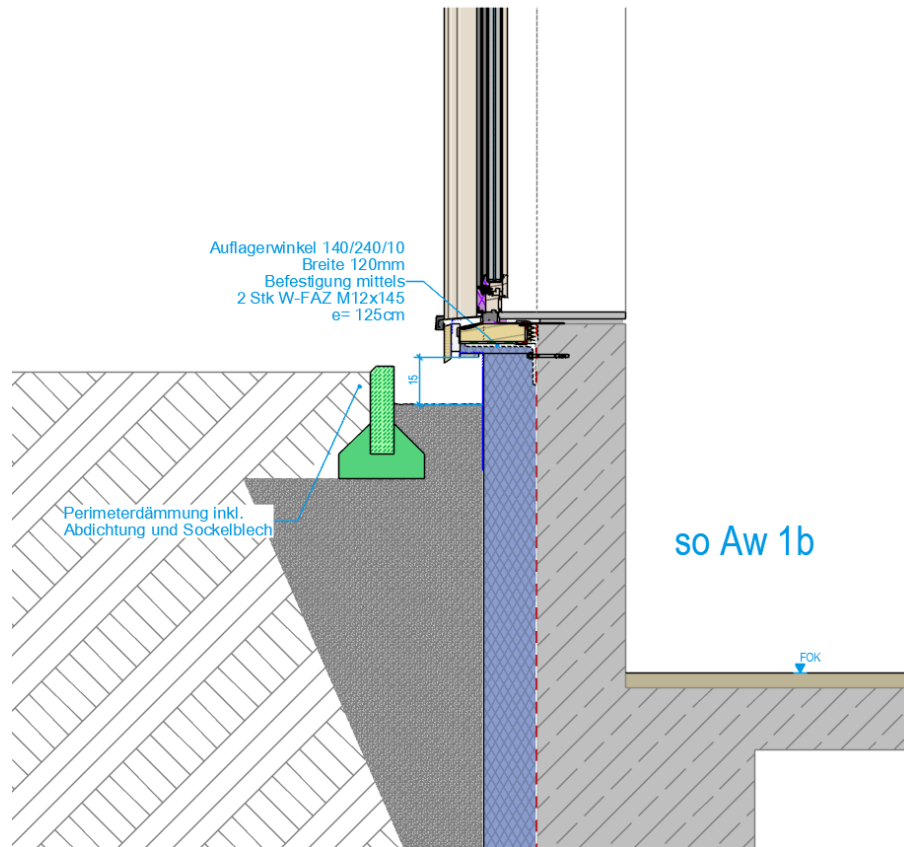


Abbildung 134 / Aw 1b - so - Detail Sockel Fensterbereich

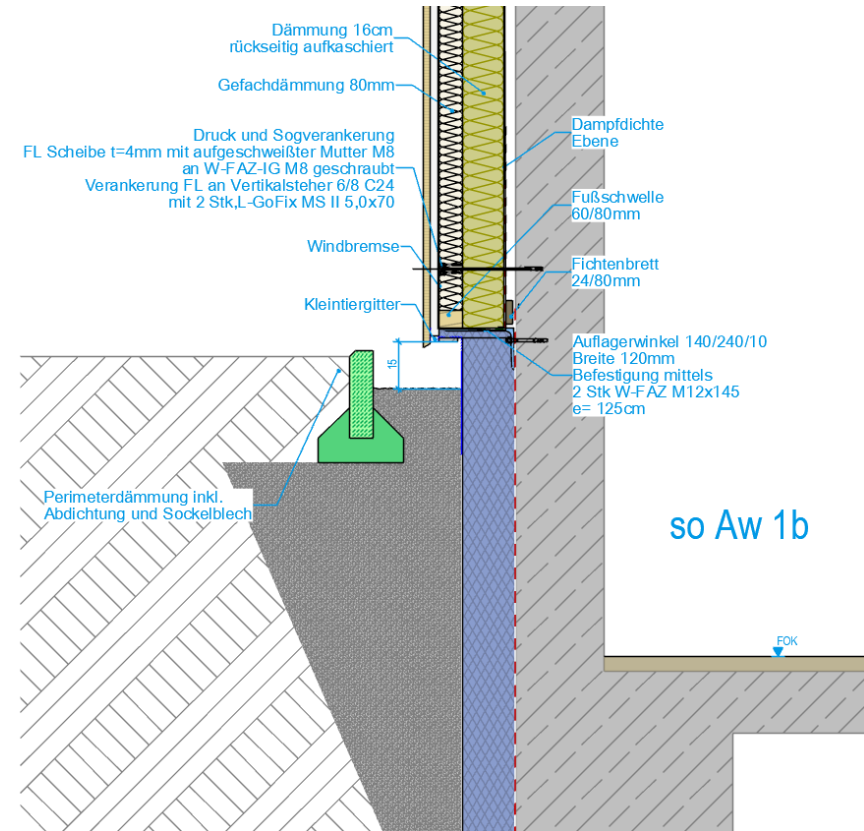


Abbildung 135 / Aw 1b - so - Detail Sockel

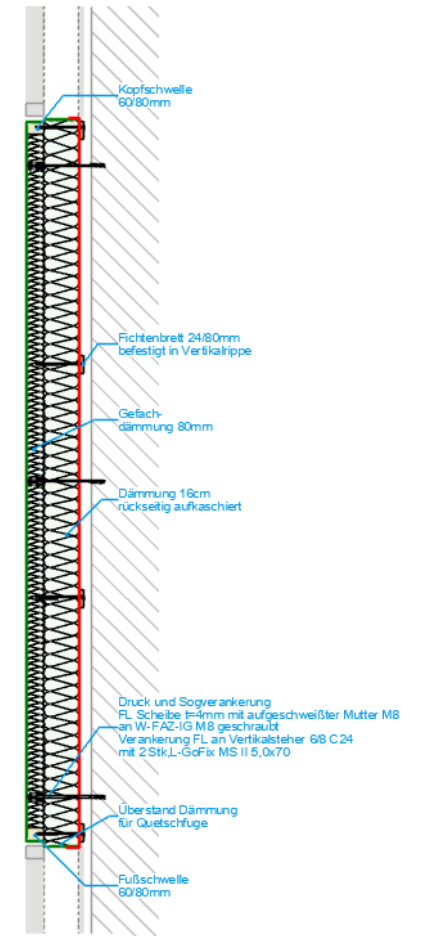
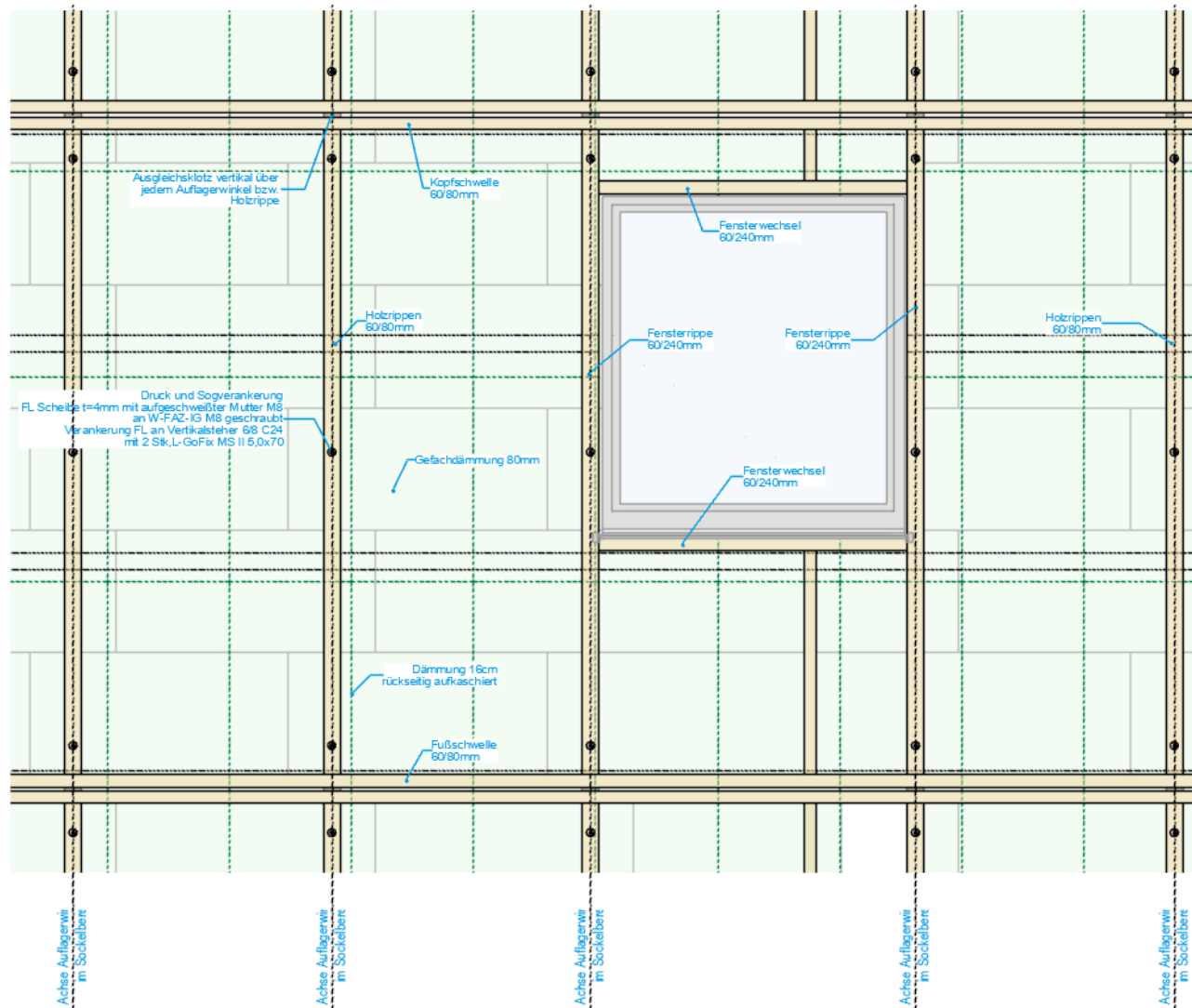


Abbildung 136 / Aw 1b - so - Aw 1b - Schema Wandsystem

4.10 Montageablauf

Die Grundlage für beide Fassadenbereiche ist im Kapitel **4.3 Bestand** dargestellt. Es wurden die ursprünglichen Fassadenbauteile entfernt. Übrig bleibt die statisch wirksame Stahlbetonskelettstruktur sowie die Stahlbetonmauer im Bereich der Lochfassade.

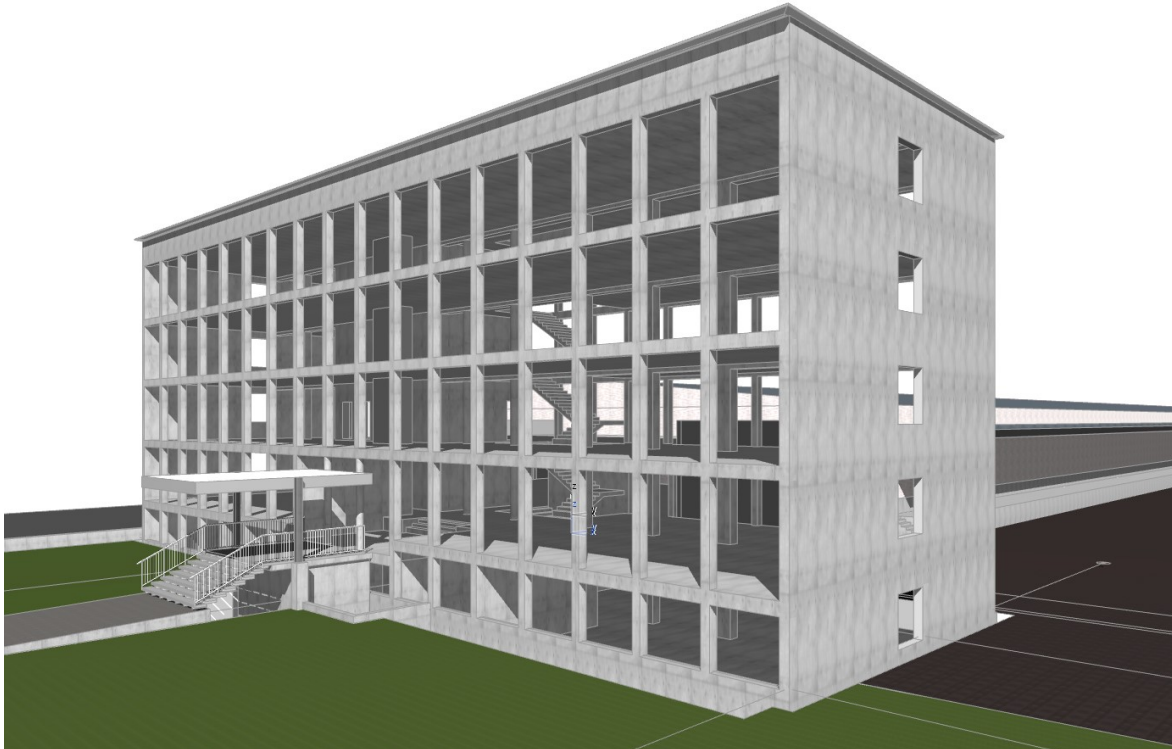


Abbildung 137 / Bestand nach Abbruch Bestandsfassade

4.10.1 Bereich Skelettfassade

- a) Montage der Auflagerwinkel

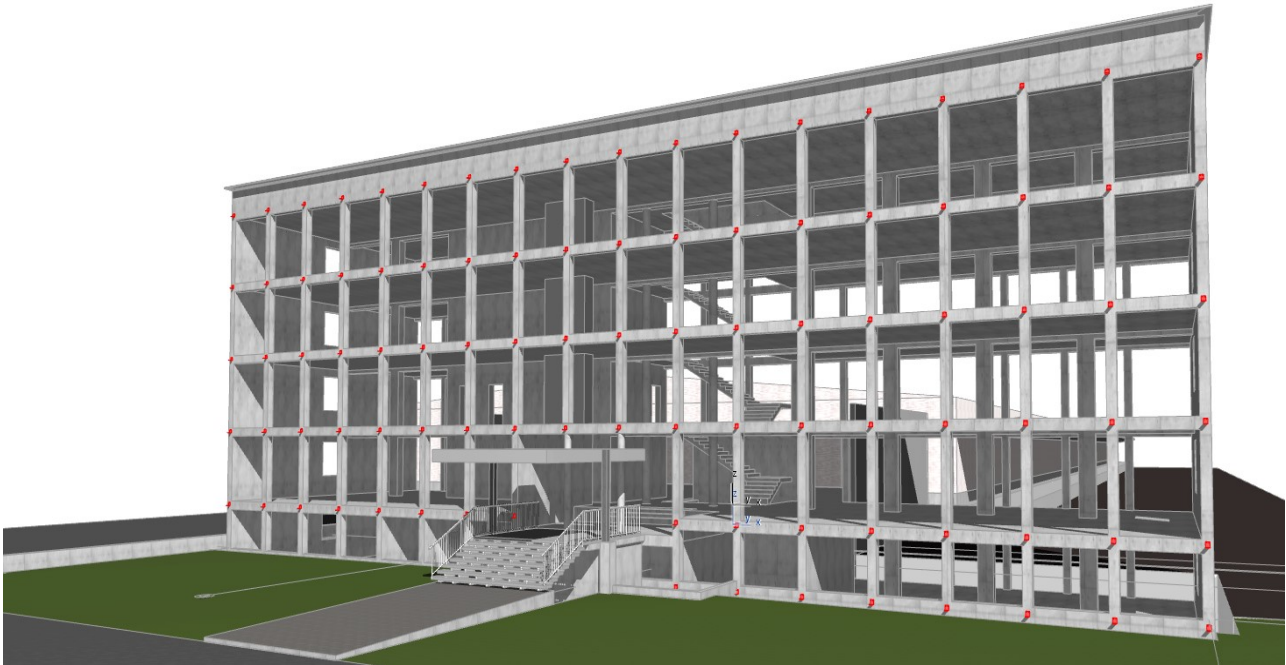


Abbildung 138 / Aw 1a - Montage der Auflagerwinkel

- b) Montage der Dichtungsbänder und der Dämmungstreifen

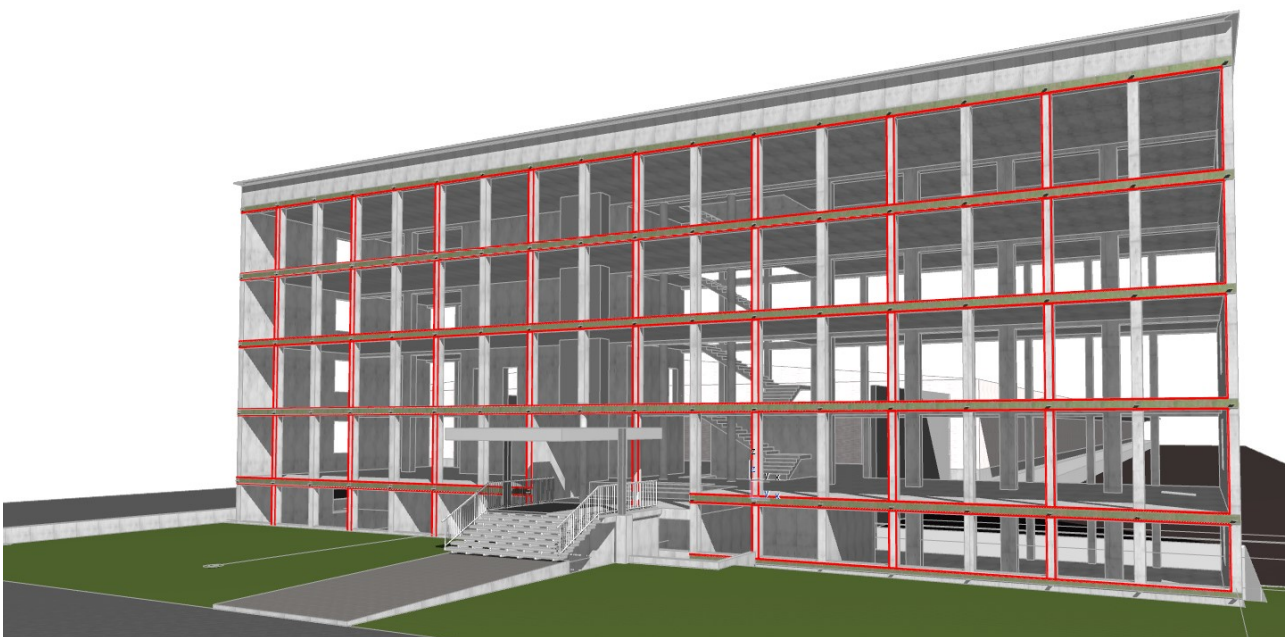


Abbildung 139 / Aw 1a - Montage der Dichtungsbänder und der Dämmungstreifen

- c) Montage der Fassadenelemente mittels Montage- und Serviceplattform.
Dauer für die gesamte Fassadenseite inkl. Attikaelemente ca. eine Arbeitswoche

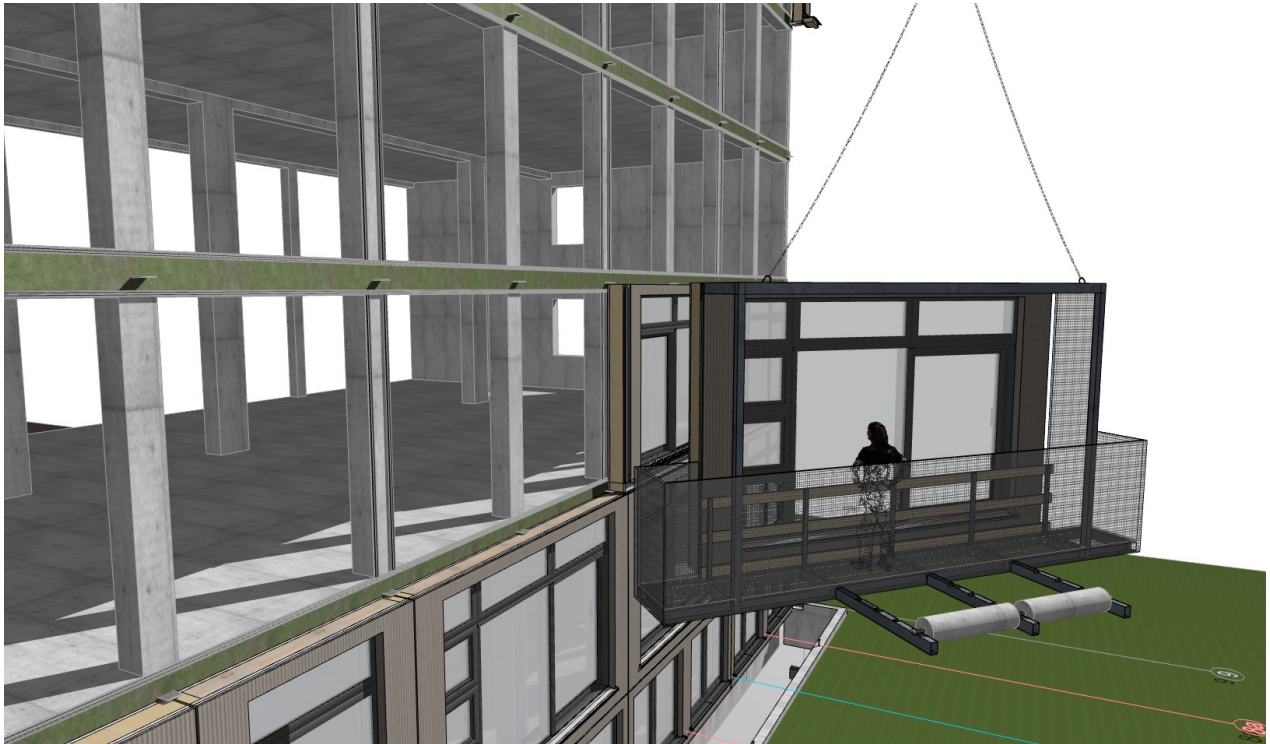


Abbildung 140 / Aw 1a - Montage der Fassadenelemente mittels Montage- und Serviceplattform

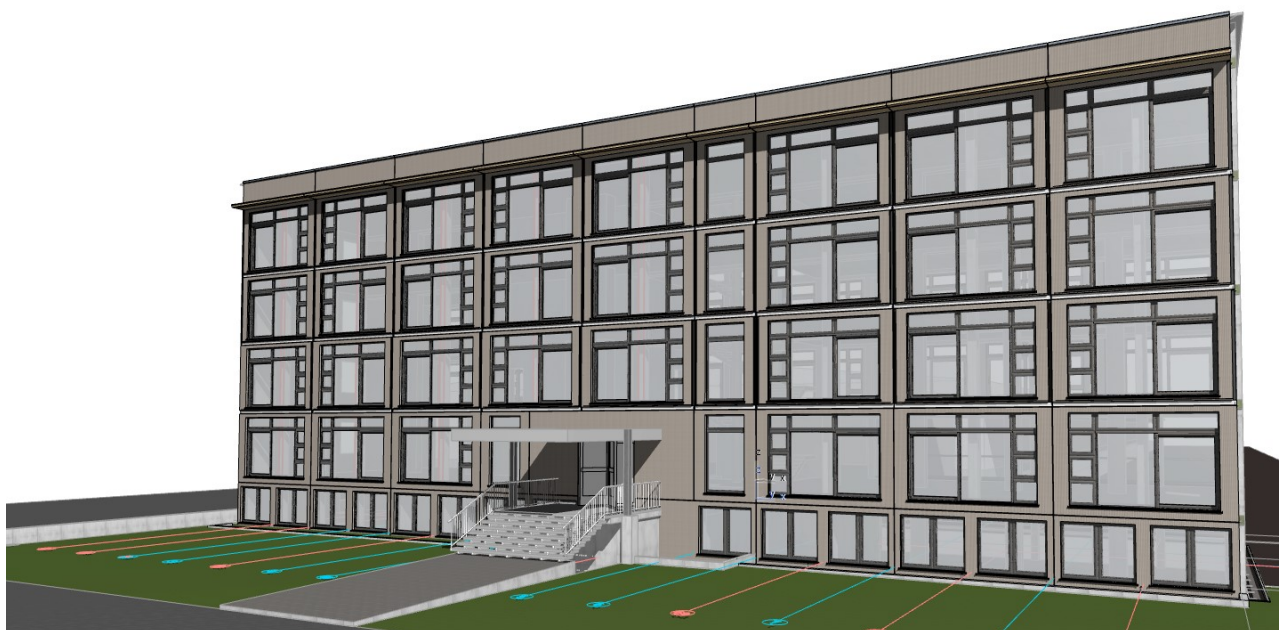


Abbildung 141 / Aw 1a - Montage der Fassadenelemente

d) Montage der Erweiterungsbereiche. Dauer ca. 3 Arbeitstage



Abbildung 142 / Aw 1a - Montage Erweiterungsbereiche

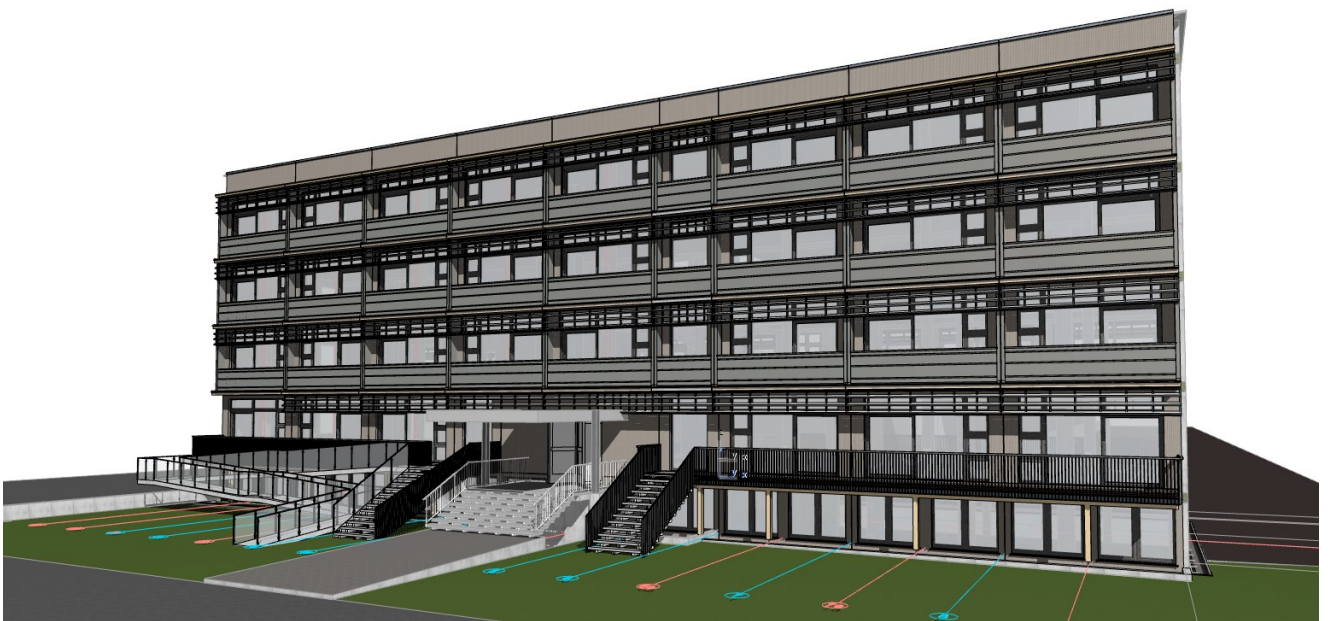


Abbildung 143 / Aw 1a - Montage der restlichen Bauteile

e) Montage der restlichen Bauteile wie Geländer, Treppen, Laubengänge.

4.10.2 Bereich Lochfassade

- a) Montage der Auflagerwinkel im Sockelbereich.

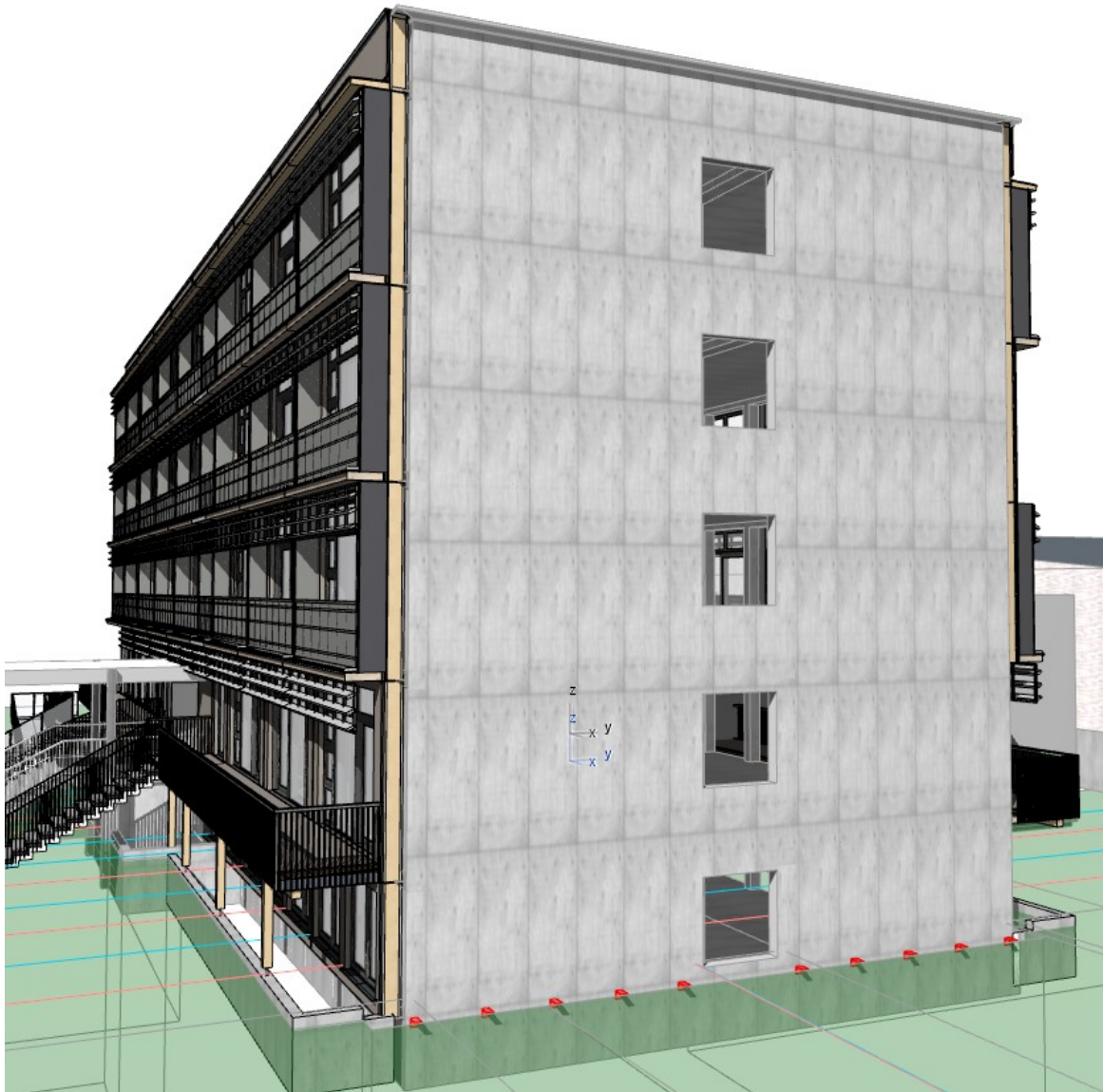


Abbildung 144 / Aw 1b - Montage der Auflagerwinkel

b) Montage der Fassadenelemente

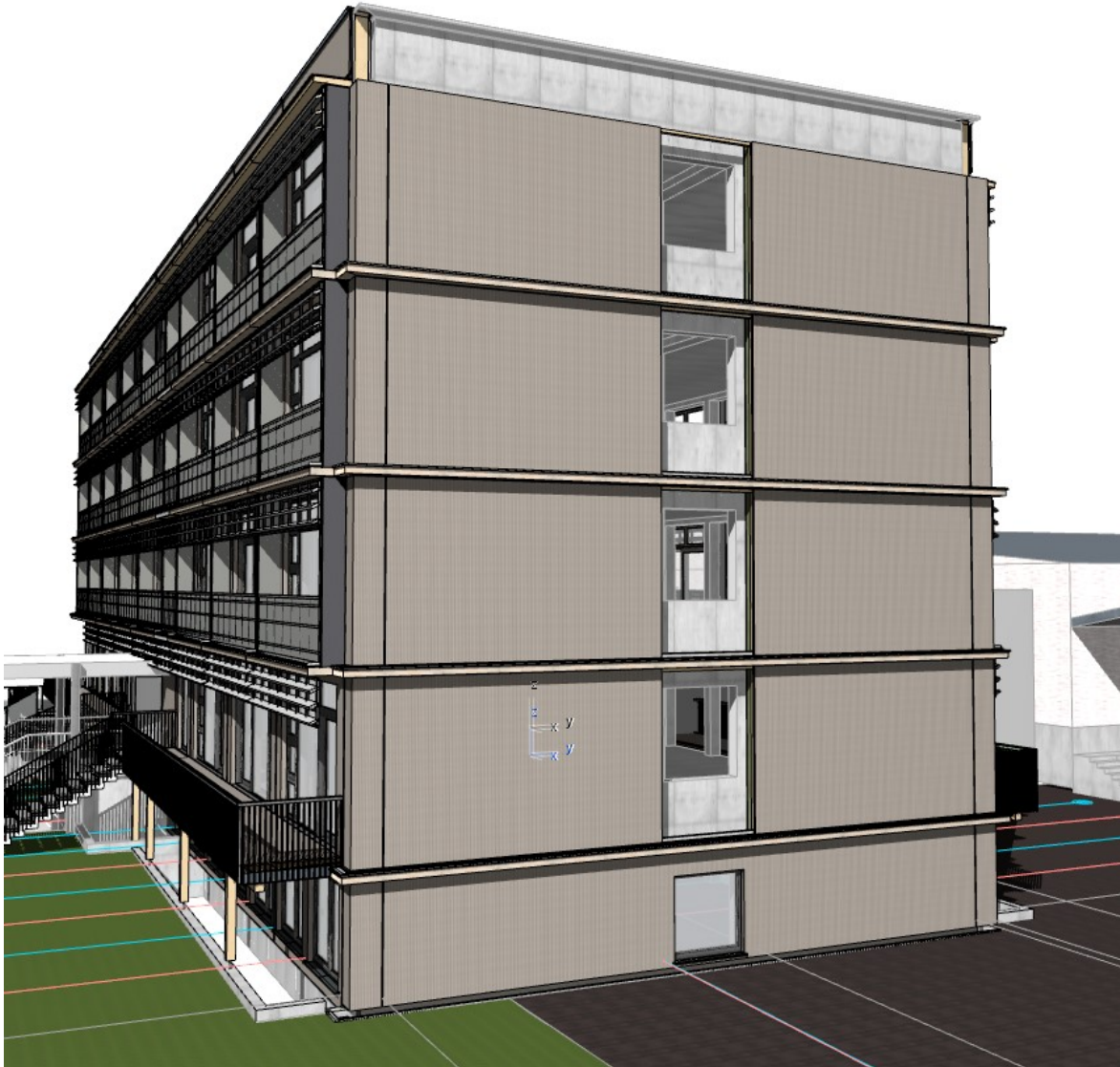


Abbildung 145 / Aw 1b - Montage der Fassadenelemente

c) Montage der Fensterelemente mittels Arbeits- und Serviceplattform.

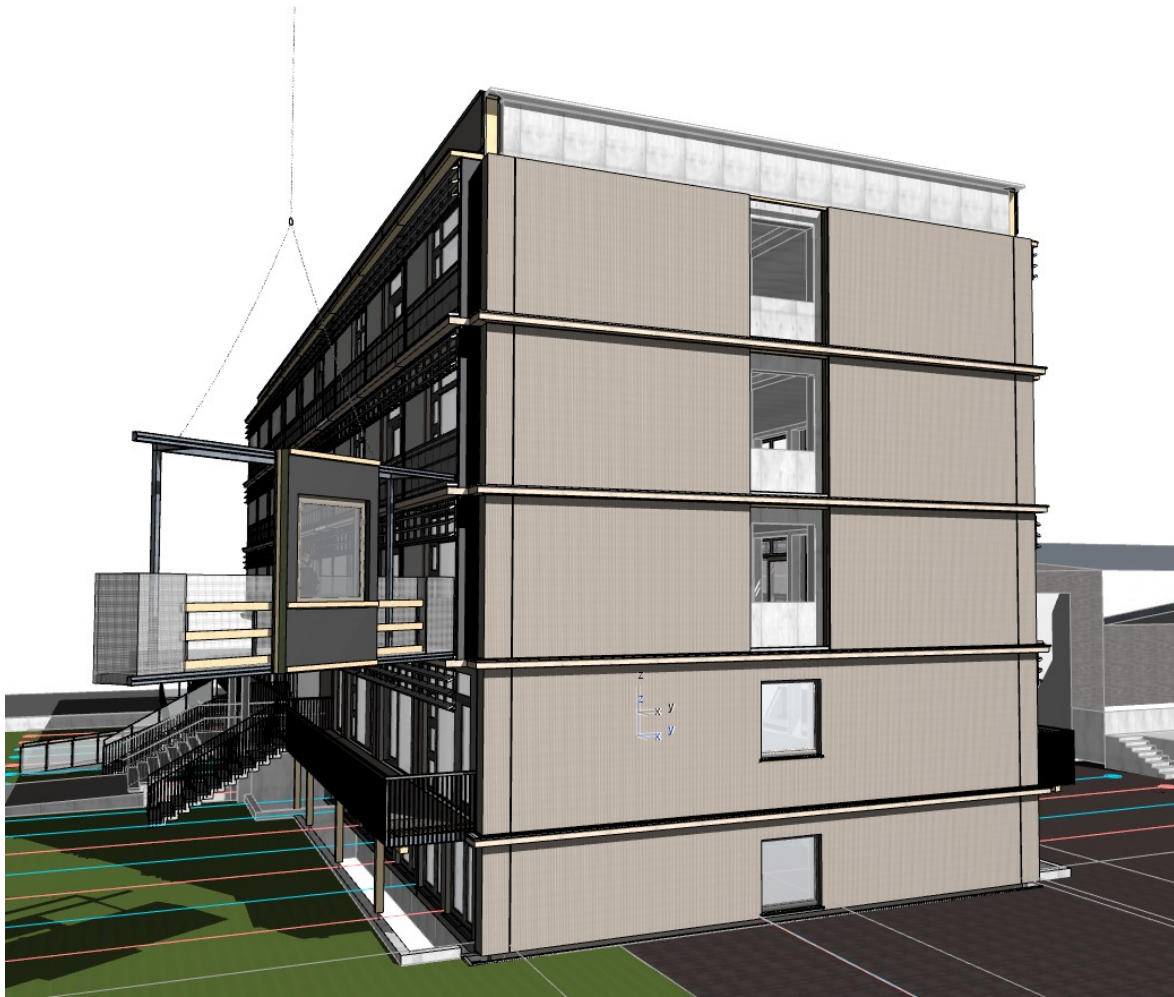


Abbildung 146 / Aw 1b - Montage der Fensterelemente

Die Montage- und Serviceplattform wurde mit wenigen Handgriffen an die geänderten Elementabmessungen angepasst.

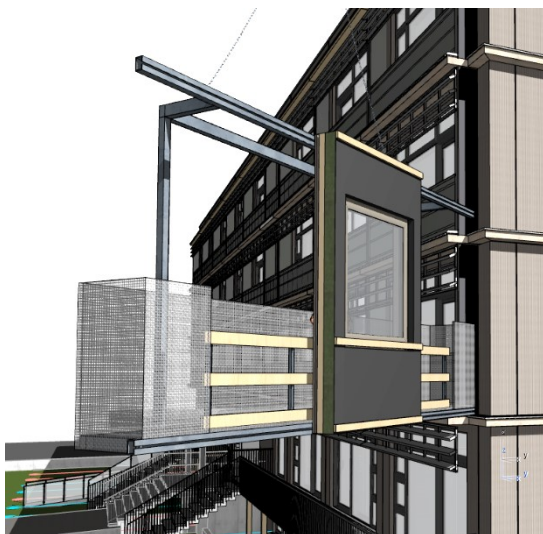


Abbildung 147 / Aw 1b – Montageplattform

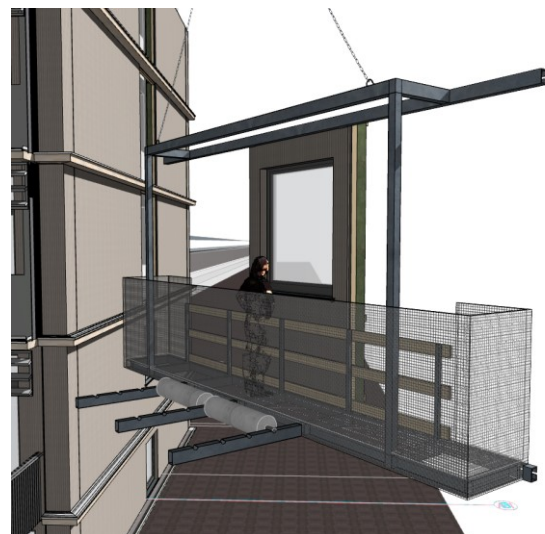


Abbildung 148 / Aw 1b – Montageplattform

d) Montage der Restlichen Bauteile wie, Attika, Sockeldämmung und dergleichen.

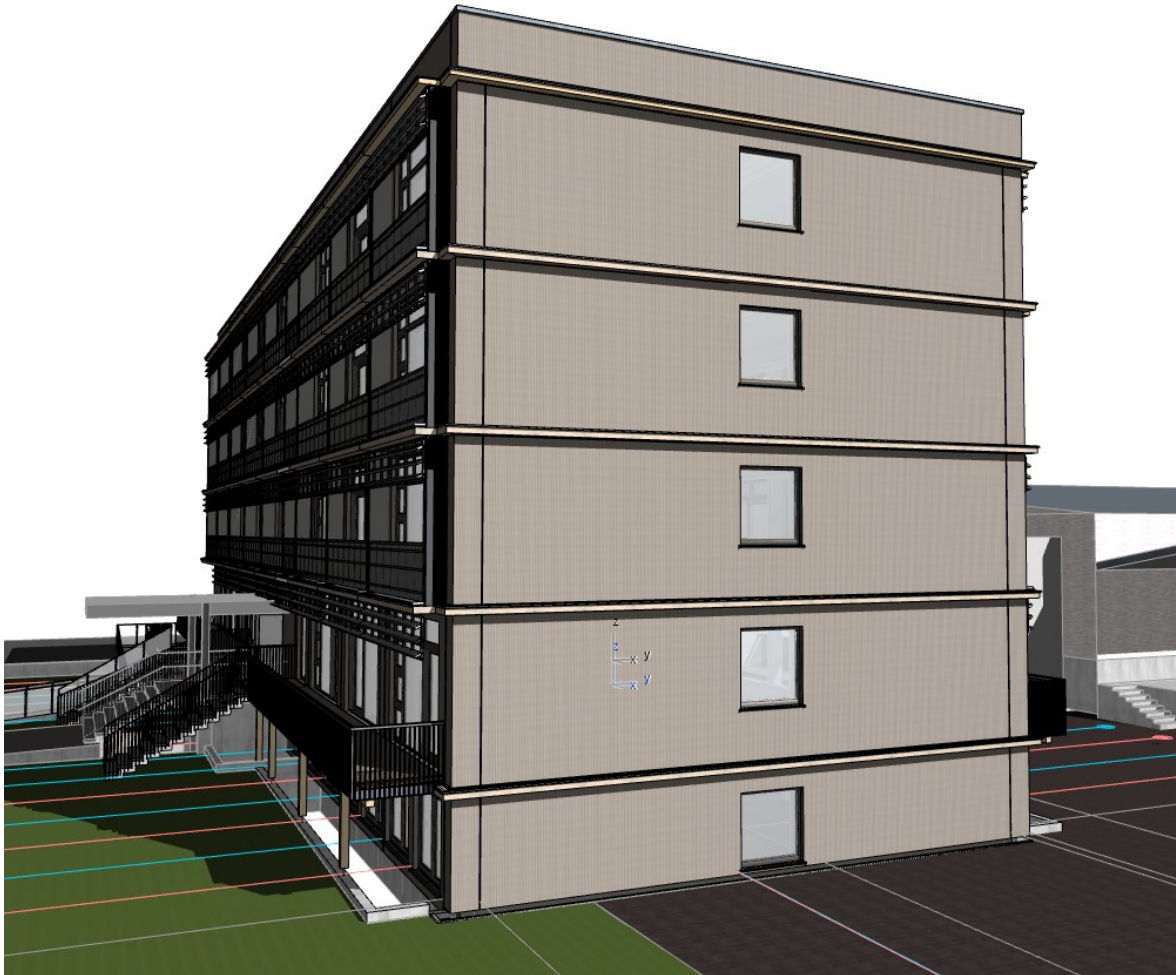


Abbildung 149 / Aw 1b - Montage der restlichen Bauteile

4.11 Update- und Servicefähigkeit der Fassadenelemente

Neben den Überlegungen lt. Punkt 4.1.7 **Grundlagen Flexibilität und Updatefähigkeit** gibt es noch andere Punkte, die die Flexibilität durchdachter Sanierungslösungen mit vorgefertigten Holzbau-elementen erweitern. Die nachfolgenden Skizzen, Leitdetails und Beschreibungen sind teilweise unabhängig zu den Ausführungen des Referenzprojektes, können aber sinngemäß angewandt werden.

4.11.1 Arbeitsplattform für Montage und Service

Die Montage, sowie die spätere Wartung und auch der Tausch kompletter Fassadenelemente, kann im Bereich der Skelettfassade, ausgehend von einer speziell angefertigten Arbeitsplattform geschehen.

Je nach Gebäudegröße kann ein LKW die Plattform und eventuell erforderliche Ersatzteile oder komplette Elemente an- und abtransportieren, so wie mittels aufgebautem Kran direkt versetzen.

Somit kann in einem Arbeitsgang die Fassade einer kompletten Einheit umgebaut, instandgesetzt, getauscht, oder zur Reparatur ins Werk gebracht werden. Siehe **Abbildung 152 / Entnahme eines einzelnen Fassadenelementes**

Die Öffnung kann bis zur Wiedermontage mit einem vorgefertigten Fassadendummy temporär geschlossen werden.

Die Planunterlagen der verbauten Fassadensysteme sind in den Dokumentationsunterlagen des Hausverwalters, beziehungsweise bei den ursprünglich am Bau beteiligten Fachfirmen, hinterlegt. Es gibt eine Art Benutzerhandbuch und einen Ersatzteilkatalog, aus denen sich eventuell erforderliche Umbauten punktgenau planen lassen.

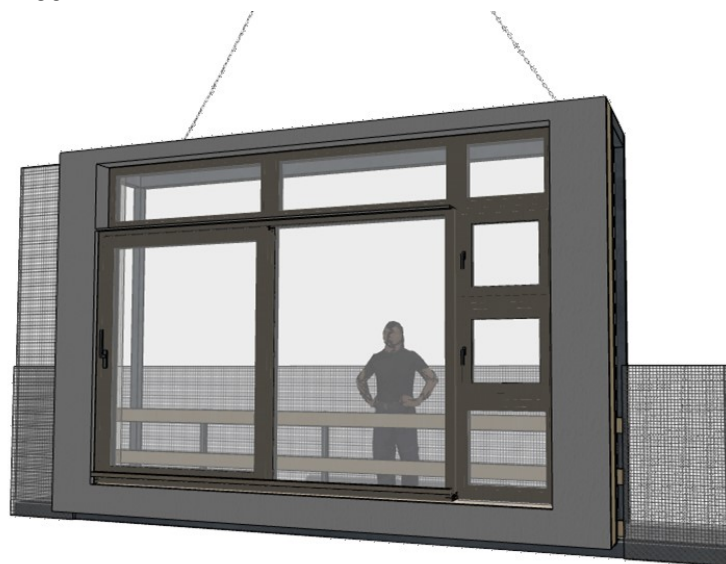


Abbildung 150 / Arbeitsplattform Einzel 1

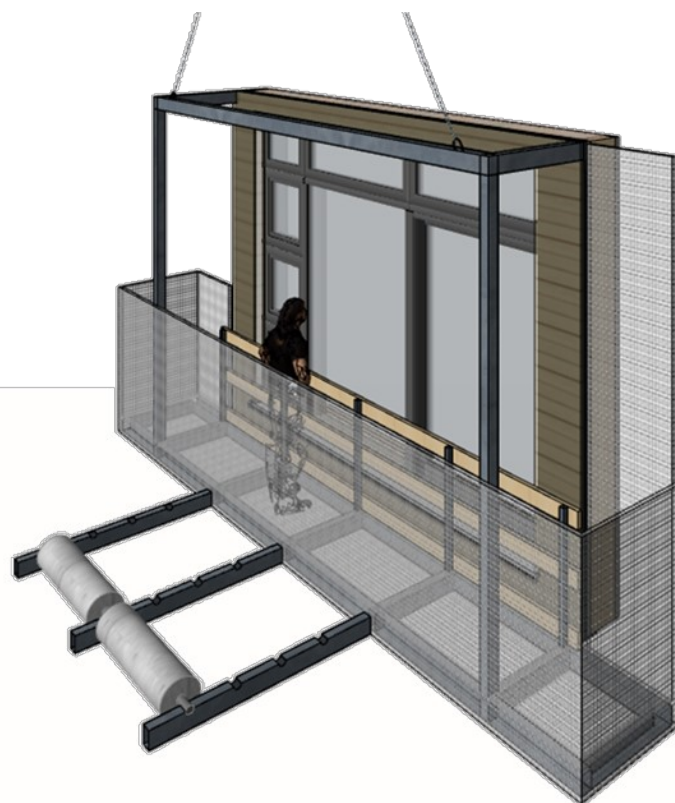


Abbildung 151 / Arbeitsplattform Einzel 2

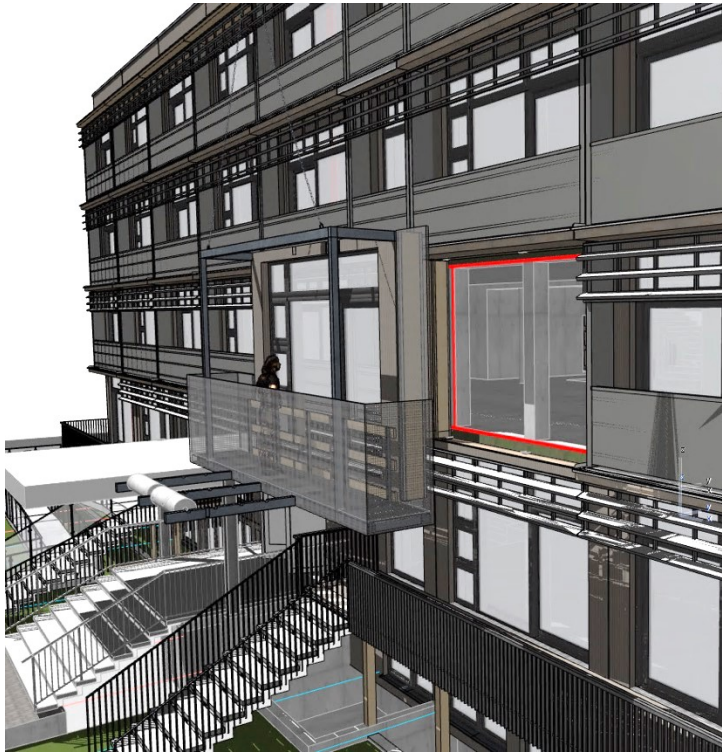


Abbildung 152 / Entnahme eines einzelnen Fassadenelementes



Abbildung 153 / Temporär verschlossene Fassade

4.11.2 Leitungsführung

Raum zur Leitungsführung gibt es (ausreichend?).

Es stellt sich die Frage wo der optimale Platz dafür ist und wie dieser für ein späteres Update, ohne große Baumaßnahmen und ohne zu große Beeinträchtigung der Nutzer zugänglich bleibt.

Aus dieser Überlegung ergeben sich weitere Fragen:

- Sind Leitungen lärm erzeugend, oder nicht lärm erzeugend
- Welches Medium wird von den Leitungen transportiert?
Sind es Flüssigkeiten, Strom, Daten, Luft, ...?
- Welchen Weg nimmt das Medium?
Wird es von der Einheit wegtransportiert, oder kommt es zur Einheit?
Benötigen die Leitungen ein Gefälle oder Revisionsöffnungen?
- Wie wahrscheinlich ist die Notwendigkeit eines Updates?

KATEGORIE	MEDIUM	LÄRMERZEUGEND	GEFÄLLE	LAGE LT. 4.1.3 EINGEILUNG DER SCHICHTEN IN ABSCHNITTE (EXEMPLARISCHE DARSTELLUNGEN)	UPDATE
Heizung/Kühlung					
Warm-/Kaltwasser	Wasser	Ja	Nein	Fba; iE; aD;	Gering Ev. Lageänderung in der Einheit
Wärmeleitung	Wasser/Luft	Nein	Nein	Fba; iE; aD;	
Kälteleitung	Gas/Wasser/Luft	Nein	Nein	Fba; iE; aD;	
Lüftung					
Außenluft	Luft	Ja	Ja	Fba; iE; aD	Mittel Neue Systeme
Fortluft	Luft	Ja	Nein	Fba; iE; aD;	
Zuluft	Luft	Ja	Nein	Fba; iE; aD;	
Abluft	Luft	Ja	Nein	Fba; iE; aD;	
Sanitär					
Gauwasser	Wasser	Ja	Ja	Fba; iE; aD;	Gering Ev. Lageänderung in der Einheit
Schmutzwasser	Wasser	Ja	Ja	Fba; iE; aD;	
Oberflächenwasser	Wasser	Ja	Ja	Fba; iE; aD;	
Elektro					
Leichtstrom	Strom	Nein	Nein	Fba; iE; aD; As	Gering – Ev. Lageänderung in der Einheit
Kraftstrom	Strom	Nein	Nein	Fba; iE; aD; As	
Glasfaser (LWL)	Licht	Nein	Nein	Fba; iE; aD; As	Hoch Technische Innovationen
Telefon	Strom	Nein	Nein	Fba; iE; aD; As	
Netzwerk	Strom	Nein	Nein	Fba; iE; aD; As	
Steuerungsleitungen	Strom	Nein	Nein	Fba; iE; aD; As	

Tabelle 28 / Arten von Leitungen Haustechnik

Wasserführende Leitungen sind lärmproduzierend, durch die unterschiedlichen Temperaturen des Wassers anfällig für Kondensatbildung und stellen ein hohes Schadensrisiko im Falle eines Rohrbruchs dar. Daher sind diese Leitungen eher kompliziert in die Fassadensysteme integrierbar.

Für diese Art der Leitungen ist es sinnvoll, vertikale, geschoßübergreifende Schächte im Gebäudeinneren, meist in den allgemeinen Erschließungszonen, anzuordnen.

Diese Schächte sind jederzeit und ohne die Nutzungseinheiten betreten zu müssen zugänglich, außerdem können in diesen Bereichen auch die Revisionsöffnungen vorgesehen werden.

Die Verteilung zu diesen Schächten erfolgt im Fußbodenaufbau oder in abgehängten Decken oder Verblenden.

Dabei ist zu beachten, dass es zu keiner Schall- oder Brandweiterleitung vom Schacht zu den Einheiten bzw. unter den Einheiten geben kann.

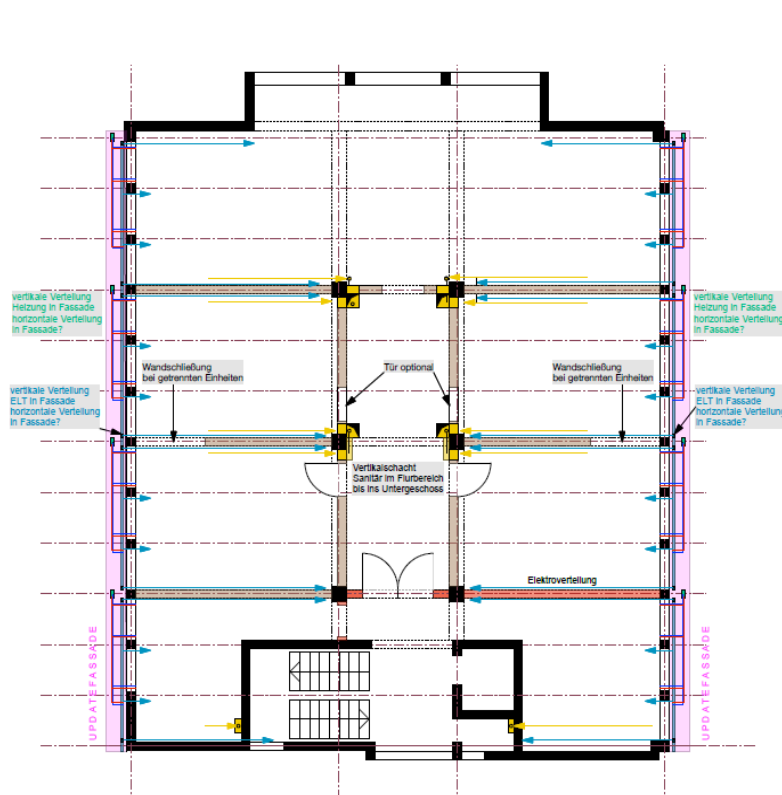


Abbildung 154 /
Grundriss Leitungsverteilung

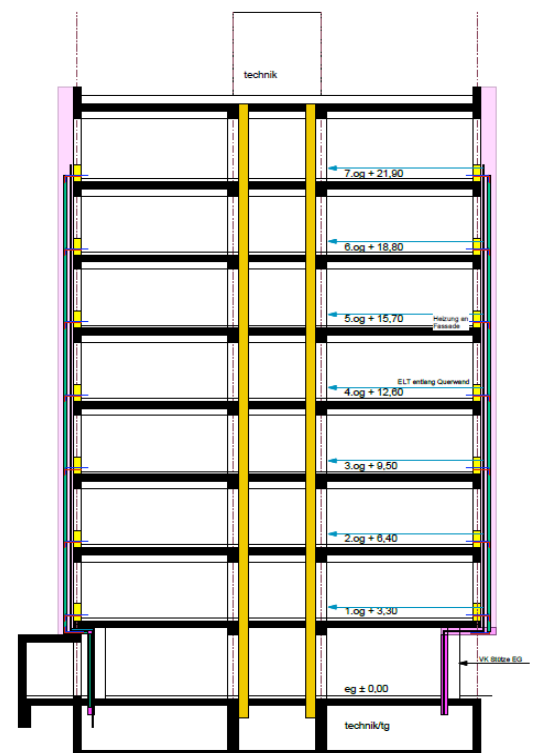


Abbildung 155 /
Schnitt Leitungsverteilung

4.11.3 Details

Abbildung 156 / Leitungsführung Hinterlüftungsebene - Skelett

Der in der Hinterlüftungsebene der Wand befindliche Steigstrang geht über alle Geschoße.

Jeder Einheit wird ein Strang zugewiesen und wird über einen im Bodenaufbau befindlichen Leitungsschacht in das Gebäudeinnere geführt.

Ohne einer geschoßweisen Koppelung der Leitungen können die Fassadenelemente nicht Einheitenunabhängig de- und wiedermontiert werden!

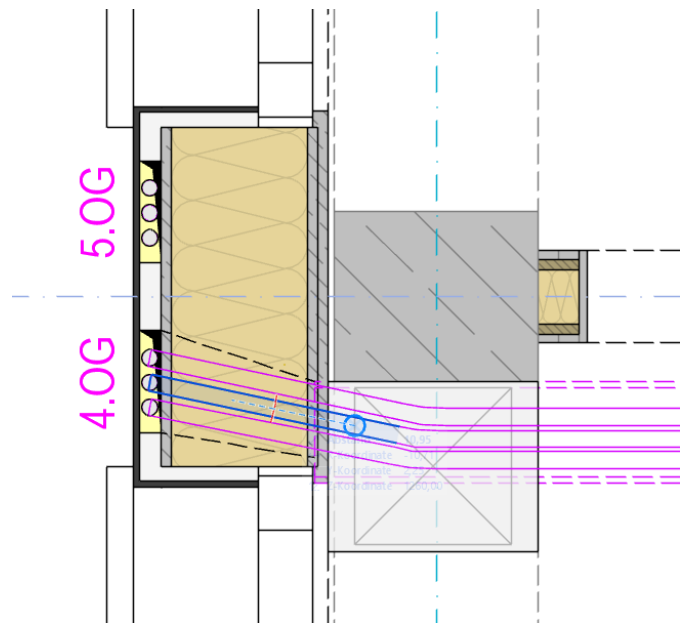


Abbildung 156 / Leitungsführung Hinterlüftungsebene - Skelett

Abbildung 157 / Leitungsführung neben Fenster

Bei dieser Variante befinden sich die Leitungsstränge im Leibungsbereich der Fensterelemente.

Von dort aus kann die Führung ins Gebäudeinnere durch eine seitliche Stockaufdupplung erfolgen. Für ein Update müssen die Leibungsplatte und die Sonnenschutzschiene entfernt werden.

Wie bei Ausführung lt. **Abbildung 156 / Leitungsführung Hinterlüftungsebene - Skelett** müssen auch bei hier die Leitungen geschoßweise getrennt werden um die Elemente einheitenunabhängig behandeln zu können.

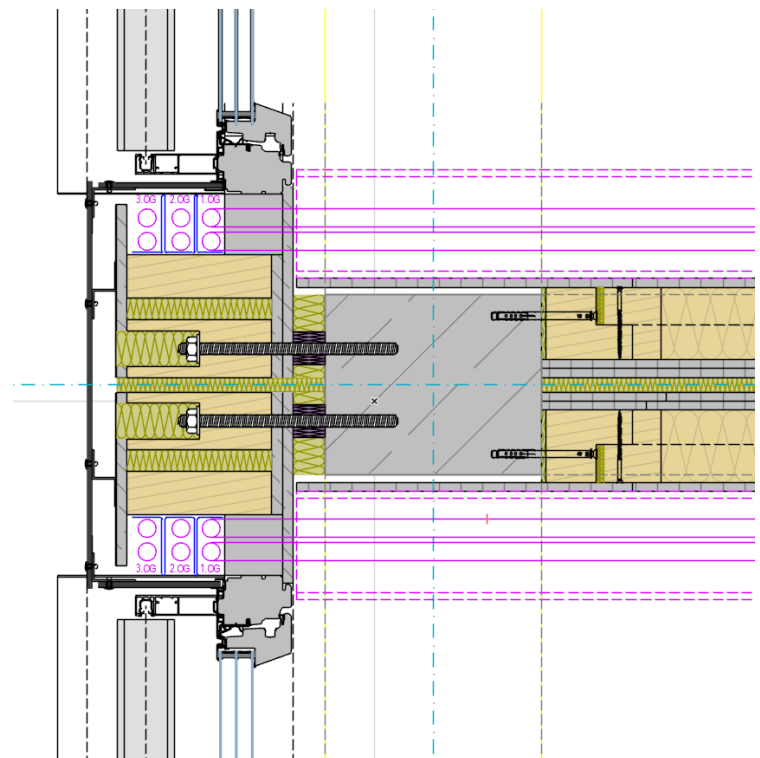


Abbildung 157 / Leitungsführung neben Fenster - Skelett

Abbildung 158 / Leitungsführung im Element

Jeder Schacht wird direkt zur jeweiligen Einheit geführt, muss aber in jedem Element in Anschlussrichtung enthalten sein.

Ein nachträgliches Update von außen ohne Beeinträchtigung der Nutzer ist möglich.

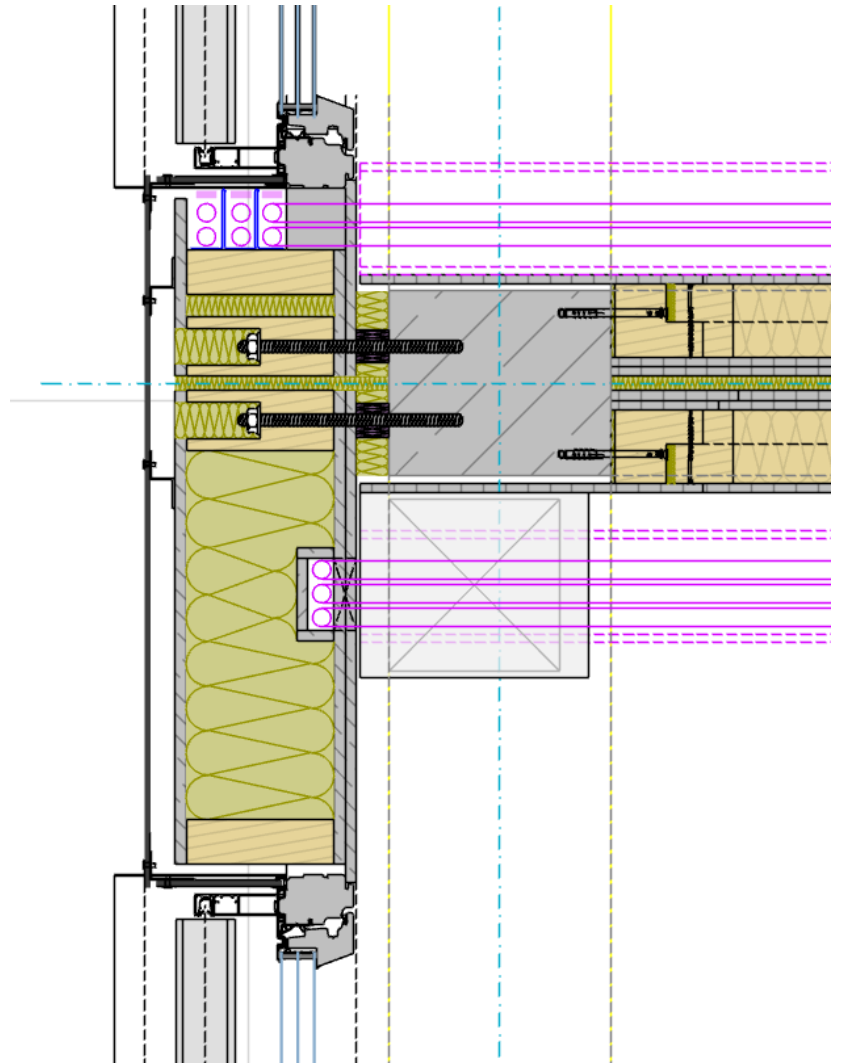


Abbildung 158 / Leitungsführung im Element

Abbildung 159 / Vorgestellte Schächte

Vorgestellte Schächte bieten eine hohe Flexibilität.

Der Schacht wird unabhängig von den Fassadenelementen am Massivbau befestigt.

Beim Update bleibt der Schacht bestehen, auch wenn das Fassadenelement entfernt wird.

Aus brandschutztechnischer Sicht wird der Schacht als eigener Brandabschnitt ausgeführt.

Erfüllt die Schachtwand die geforderten Schallschutzwerte nicht, müssen die Bereiche der Schächte, geschoßweise schallentkoppelt werden.

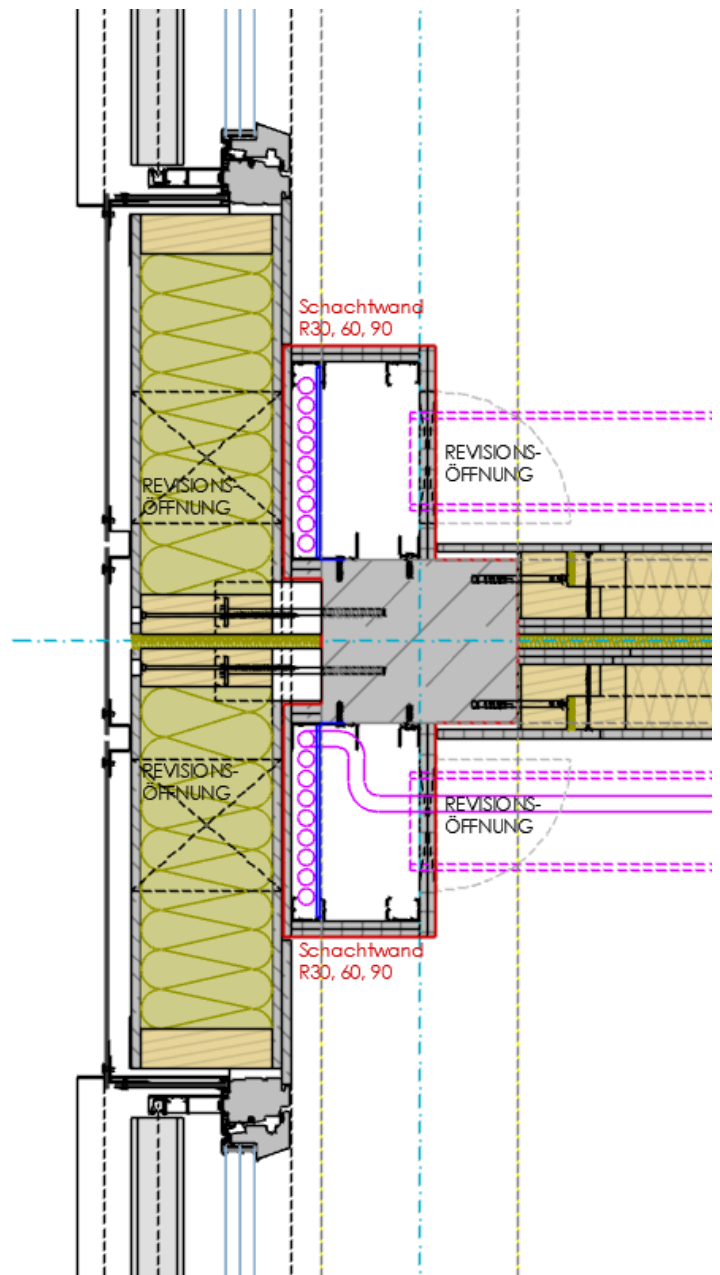


Abbildung 159 / Vorgestellte Schächte

4.12 Gesamtbetrachtung aus Sicht des Holzbauers

Jedes Bestandsgebäude hat seine Eigenheiten. Diese gilt es anhand vorgegebener Abläufe abzuarbeiten und zu bewerten. Bei einer Umplanung gilt es die wichtigsten Punkte dieser Eigenheiten herauszufinden und die Schwerpunkte des Sanierungskonzeptes darauf zu konzentrieren.

Eine wirtschaftliche Optimierung, aus Holzbausicht, ist möglich.

Speziell für den Sanierungsfall ist es aber nötig, fundierte Brand- und Schallschutzkonzepte für die Projekte erstellen zu lassen. Die in Datenbanken wie in www.dataholz.eu enthaltenen Bauteile sind für eine Sanierung nur bedingt geeignet. Für einen wirtschaftlichen Einsatz von vorgefertigten Holzbauteilen ist eine Projekt- oder produktionsbezogenen Bauteilzertifizierung unumgänglich. Durch unkonventionelle Ansätze und speziell geprüfte Bauteile sind beträchtliche Einsparungen möglich. Diese Einsparung ist aber immer auf die verbauten Bauteile beschränkt.

Eine nachdrückliche Optimierung mit positiven Folgen für das Gesamtprojekt ist nicht durch die Optimierung einzelner Gewerke zu erreichen.

Es kann jegliche Anstrengung, das Sanierungskonzept mit vorgefertigten Holzbauelementen so effektiv wie möglich zu gestalten, durch Kleinigkeiten zunichte gemacht werden. Eine erfolgreiche Gebäudesanierung kann nur durch konstruktives Zusammenarbeiten aller beteiligten Gewerke erfolgen.

Diese Zusammenarbeit muss bereits beim Erstellen des Sanierungskonzeptes während der Planungsphase erfolgen. Nur so kann gewährleistet werden, dass all die guten Vorsätze und Anstrengungen, die in bestehende Projekte völlig zurecht investiert werden, auch umgesetzt werden können.

Was nutzen all die guten Pläne und Gedanken zu Umweltschutz und Nachhaltigkeit, wenn durch zu ambitionierte Planungsansätze die Projekte für Entscheidungsträger unwirtschaftlich werden.

Unschlagbar mit und durch Holz(bauweise)

Die planbare Flexibilität und die Updatefähigkeit der Holzbauteile, sowie die großen gestalterischen Möglichkeiten, sind der Trumpf dieser Sanierungsvariante.

Zudem kommt die sehr kurze Bauzeit, die speziell bei der Sanierung von bewohnten Gebäuden schlagend wird. Die Auswirkungen auf die Bewohner können sehr geringgehalten werden.

Die Möglichkeit, nachträglich und ohne großen Aufwand diverse Leitungen nachrüsten zu können, sowie das einheitlichen Tauschen, Updates oder Reparieren von gesamten Fassadenelementen, bieten großes Potential.

Ein gut durchdachtes Sanierungskonzept gibt jedem Gebäude die Möglichkeit weiter zu bestehen und die bereits enthaltenen Arbeits- und Materialleistungen auch für weitere Generationen nutzbar zu machen. Basis dafür ist ein aufeinander abgestimmtes Planungs- und Ausführungskonzept.

5 GESAMTBETRACHTUNG

In dieser Arbeit geht es um die Untersuchung ein bestehendes Stahlbetonskelettgebäude außen wie innen in Holz einzukleiden.

Der Baukörper, in Stützenfelder aufgeteilt und der Grundriss aufgelöst, verspricht ein hohes Maß an gestalterischen Möglichkeiten.

Bei näherer Untersuchung wird jedoch schnell deutlich:

Will man für zukünftige wechselnde und erneuerbare Nutzungen das Gebäude auf lange Sicht revitalisieren, muss die Planung im «Kleinsten Feld» beginnen. Im Kapitel 3 wird dies als Mikrozelle, im Kapitel 4 als Fassadenmodul beschrieben. Vorgegeben wird dieses Feld von dem bestehenden Stützenraster. Nur ein Funktionalisieren dieses Abschnitts in infrastruktureller und gestalterischer Hinsicht ermöglicht das Höchstmaß an Flexibilität für das gesamte Gebäude. Denn somit kann man mehrere Felder aneinanderkoppeln und wieder entkoppeln.

Für den Bereich der Fassadenelemente scheint dies sowohl aus ökologischer, ökonomischer und gestalterischer Sicht evident zu sein. Das Elementieren und Systematisieren von Fassadenelementen nach Klärung der Montage ermöglicht schnelle Erneuerung oder das Austauschen in Abschnitten.

Im Innenbereich hingegen erscheint der Holzausbau für jede Mikrozelle im Vergleich zu alternativen Ausführungen mit Leichtbauwänden zunächst aufwändig. Man systematisiert einen freien Grundriss und begibt sich damit in einzuhaltende Parameter.

Aber nur durch diese Systematisierung der Innenraumstruktur gewährleistet man eine Veränderbarkeit von Größen und Arten von Nutzungen. Der Versuch dieser Arbeit besteht darin dies mit möglichst einfachen Bauteilen zu erwirken. Die Wahl des Baustoffs Holz ist sicherlich aus optischen und atmosphärischen Gründen reizvoll. Daneben sollte hier aber auch gezeigt werden, dass durch möglichst einfache und handhabbare Bauteile in Holz und ihren Verbindungen die Substanz des Gebäudes möglichst wenig angegriffen wird, ein Zusammenspiel von Beton und Holz durch ein «Anschmiegen» an den Bestand erfolgen soll. Beide Baustoffe sollen möglichst roh und sichtbar gehalten sein. Die neuen Bauteile aus Holz sollen wie ein Möbelstück eingestellt und veränderbar bleiben. Somit könnte auf lange Sicht neben den ökologischen und gestalterischen Gesichtspunkten auch ökonomische Aspekte wichtig werden.

Es gilt eine Wertigkeit der Bauteile zu vermitteln, sowohl der bestehenden in Form von Stahlbeton, als auch in den nun erfolgten Additionen in Holz.

6 ANHANG

6.1 Entwurfszeichnungen

6.1a - Grundriss Erdgeschoss M. 1: 150

6.1b - Grundriss 1.Obergeschoss M. 1: 150

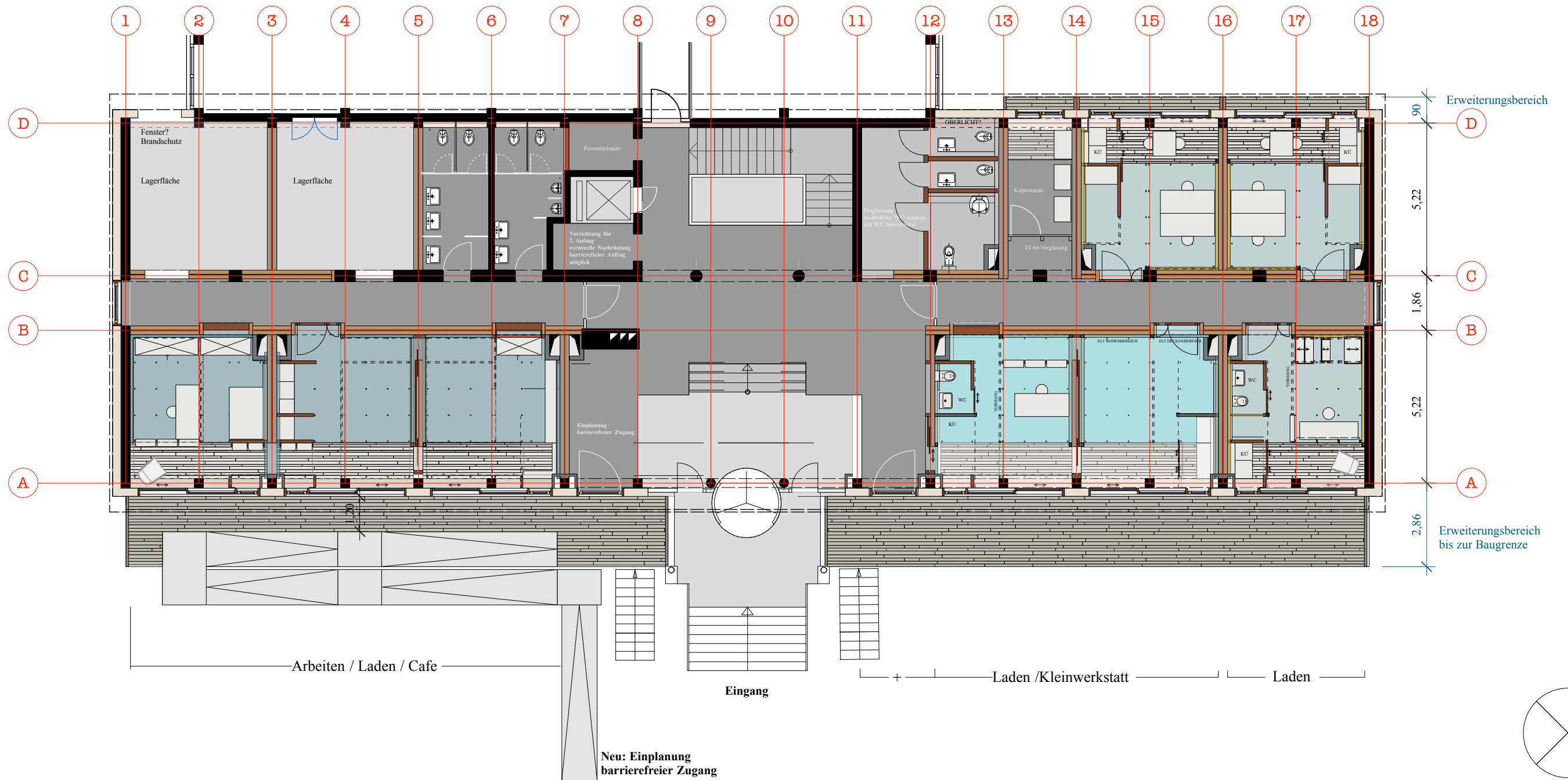
6.1.c - Grundriss 2.Obergeschoss M. 1: 150

6.1.d - Grundriss 3.Obergeschoss M. 1: 150

6.1.e - Ansicht Süd/Ost M. 1: 150

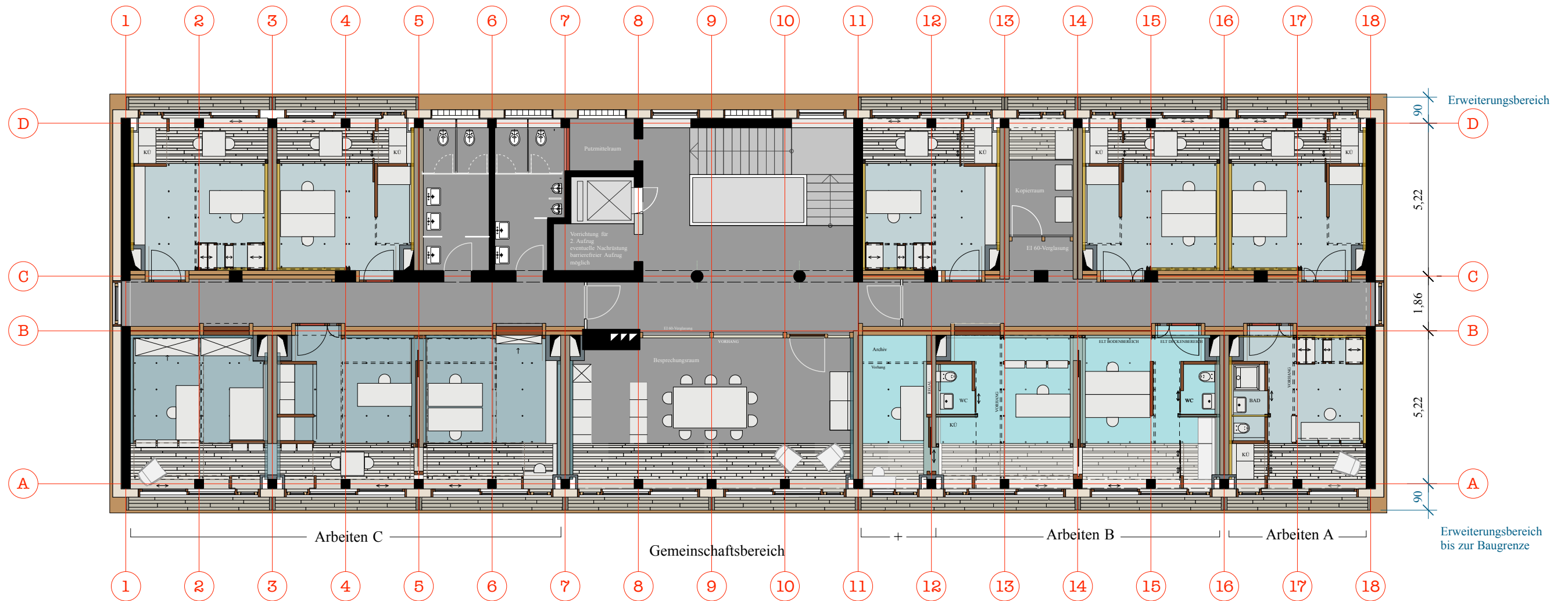
6.1.f - Ansicht Nord/West M. 1:150

6.1.g - Ansicht Nord/Ost M. 1: 150



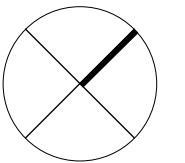
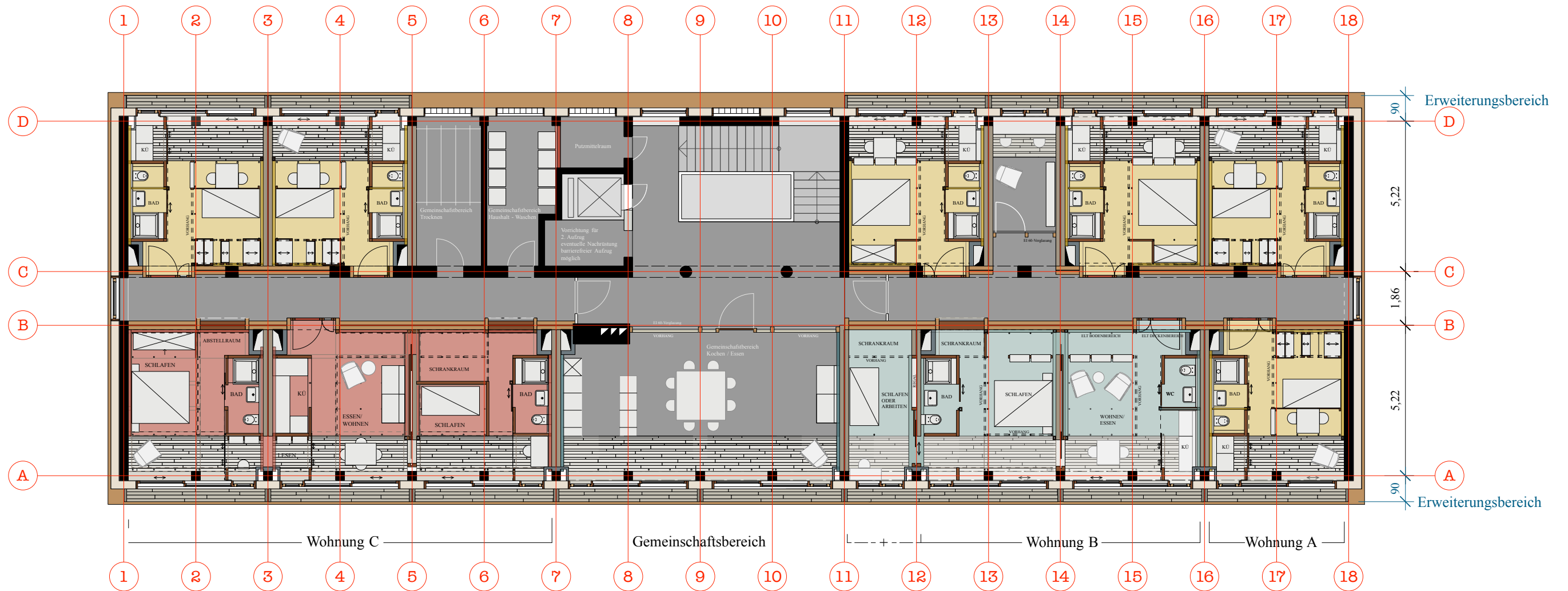
Nutzungsbeispiel:
Läden/Kleinwerkstätten

Ferdinand Porsche-Straße 26
Grundriss Erdgeschoss - M 1: 150



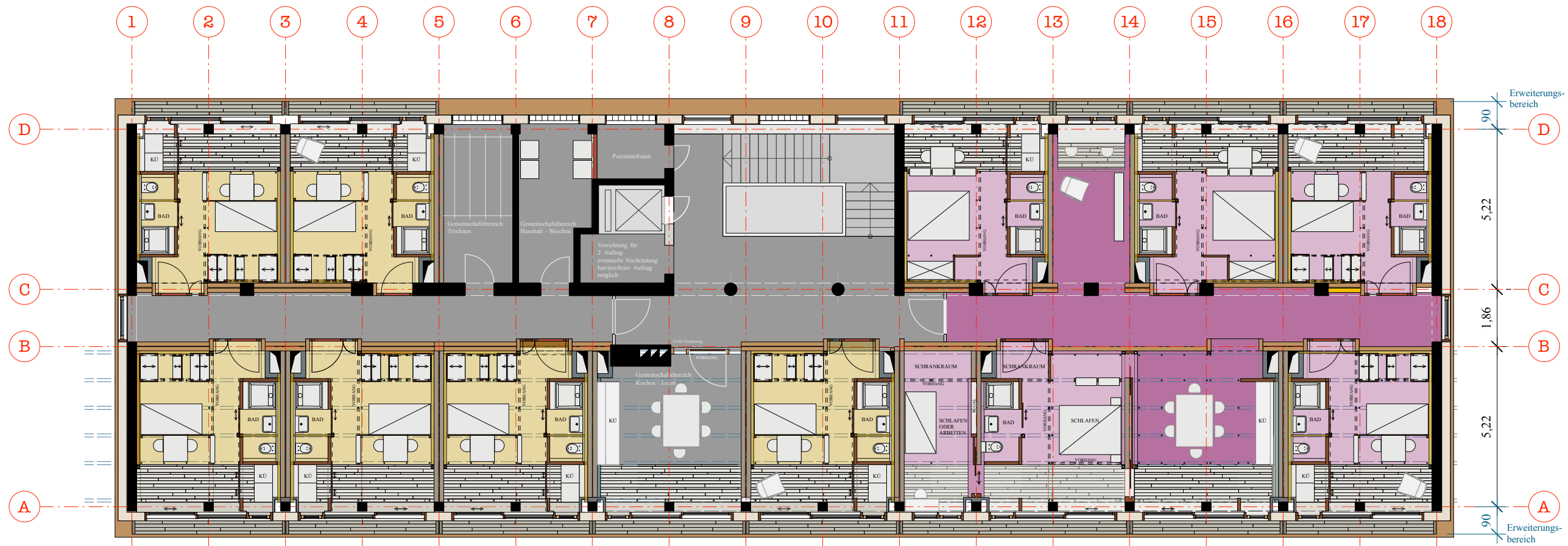
Nutzungsbeispiel:
Varianten **Arbeiten A/B** und **C**
durch Kopplung von Mikrozellen

Ferdinand Porsche-Straße 26
Grundriss 1.Obergeschoss - M 1: 150



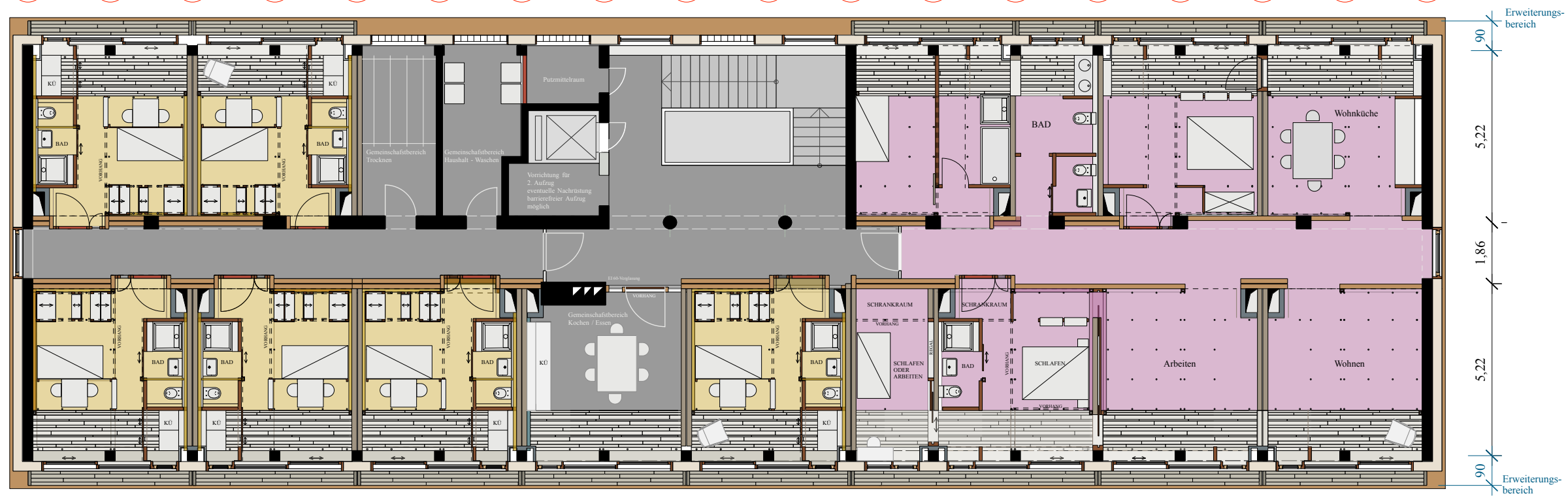
Nutzungsbeispiel:
 Varianten **Wohnen A/B** und **C**
 durch Kopplung von Mikrozellen

Ferdinand Porsche-Straße 26
 Grundriss 1.Obergeschoss - M 1: 150

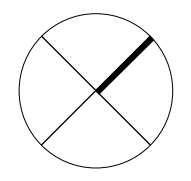


Wohnung A

Gemeinschaftswohnung D.1

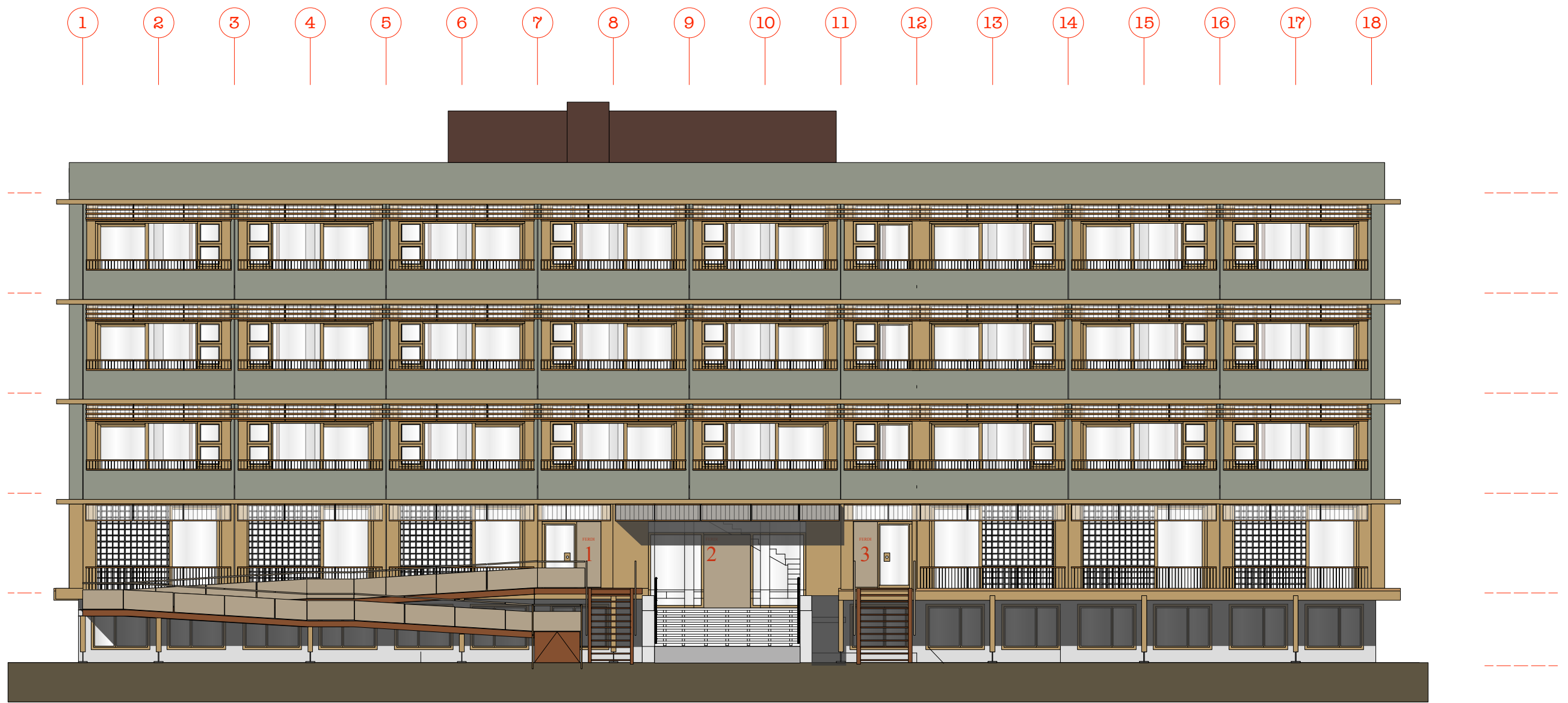


Gemeinschaftswohnung D.2

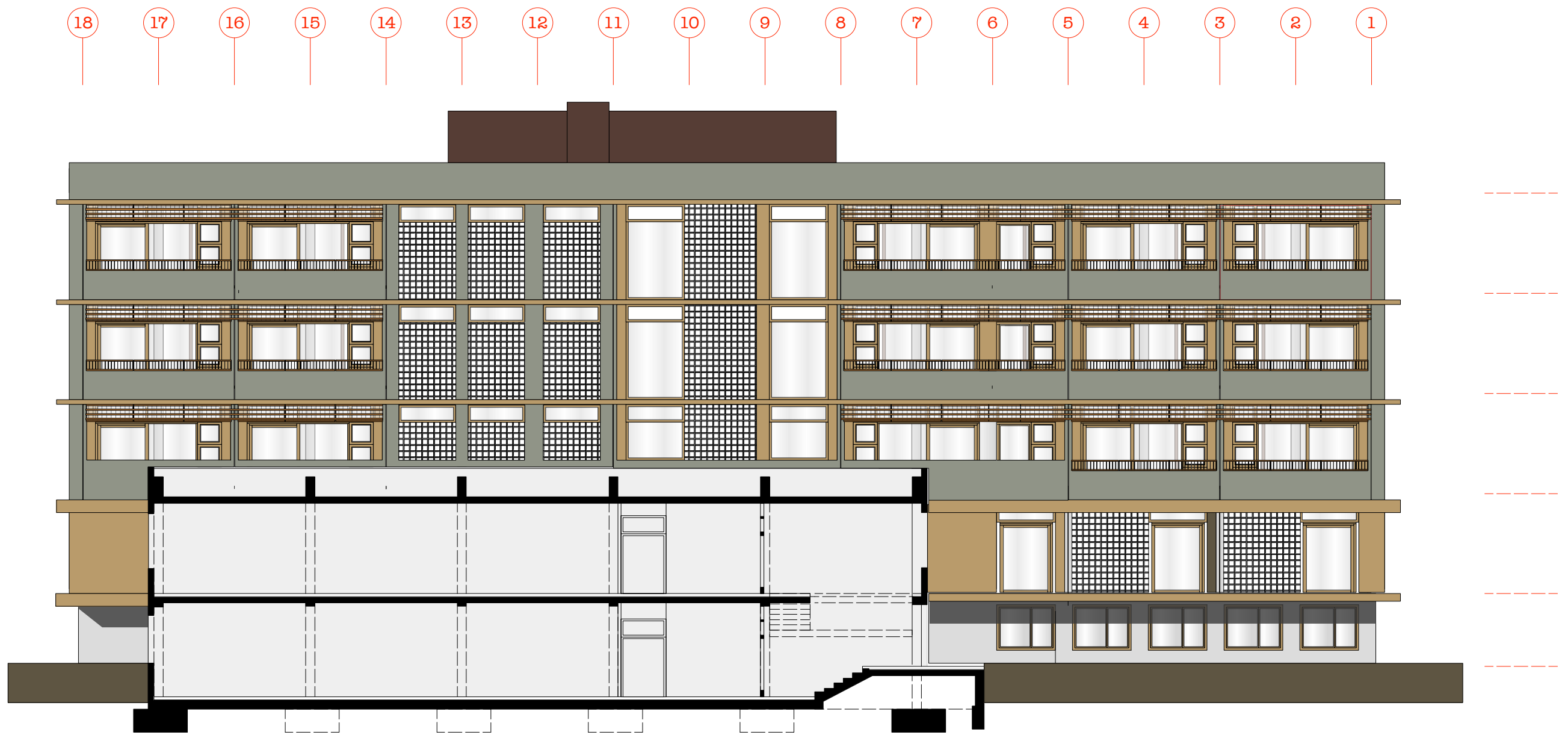


Nutzungsbeispiel:
Varianten **Wohnen** A/D.1 und D.2
durch Kopplung von Mikrozellen

Ferdinand Porsche-Straße 26
Grundriss 1.Obergeschoss - M 1: 150



Eingang





6.2 Statische Bemessung Grundlagen

Nachfolgend werden die grundlegenden Berechnungsansätze und Überlegungen der statischen Bemessung dargestellt. Auf das Einfügen sämtlicher Bemessungsausdrücke wurde verzichtet.

1.) WIND UND SCHNEE

System

Basiswerte

Land	Deutschland	
Schnee-Norm	DIN EN 1991-1-3/NA:2010-12	
Wind-Norm	DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12	
Gemeinde	6**** Frankfurt (Main)	
Geländehöhe	h _{NN} =	114.00 m
Klimaregion		Zentral-Ost
Schneezone		1
Windzone		1
Geländekategorie		Kategorie II

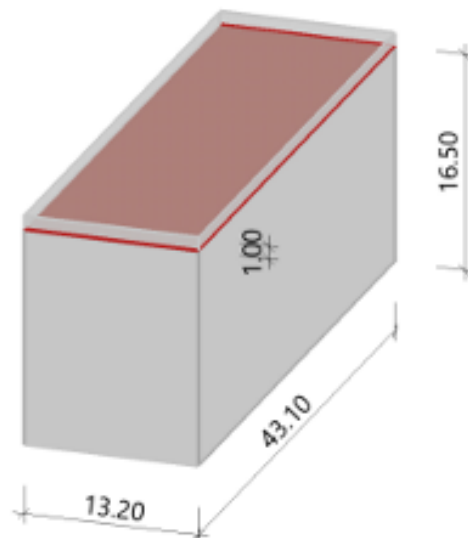
Beiwerte

Faktor für Schneetraulast $k = 0.40$

Geometrie Flachdach

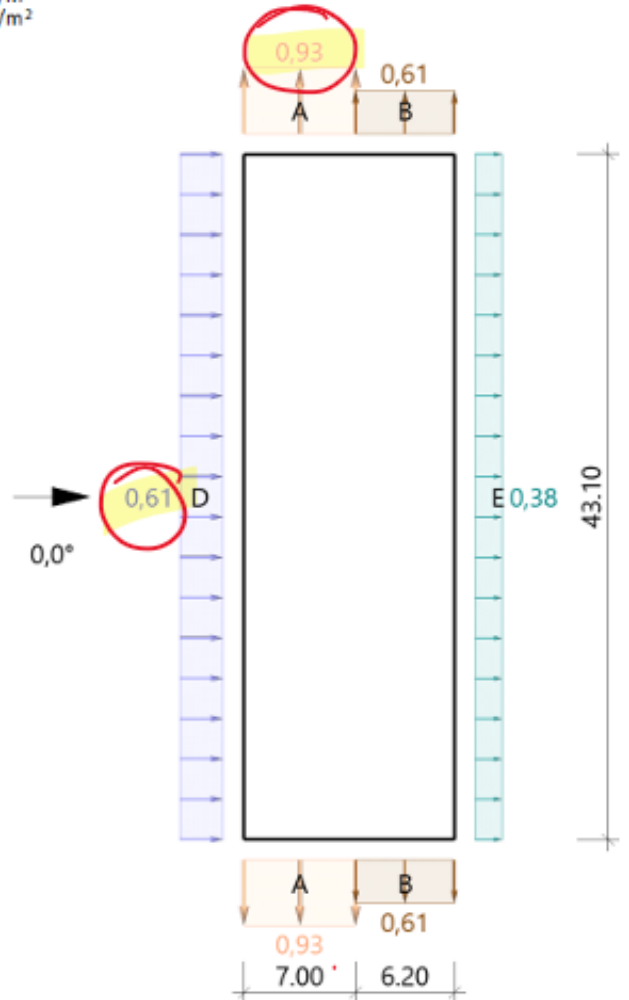
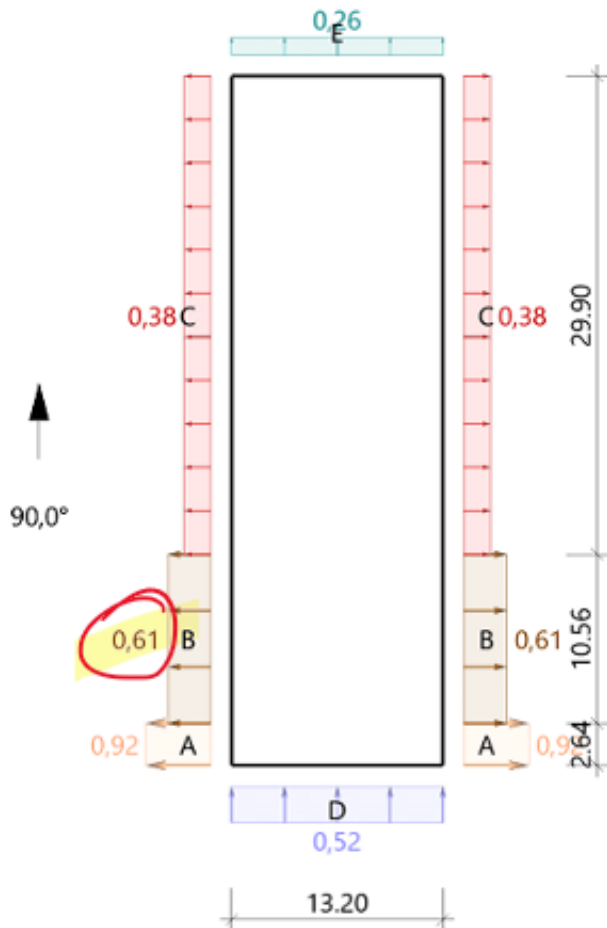
Gebäudehöhe	$h = 16.50$ m	
Gebäuelänge	$l = 43.10$ m	
Gebäudebreite	$b = 13.20$ m	
mit Flachdach - mit Attika umlaufend		
Dachneigung	$\alpha_{si} = 0.0$ °	
Überstand	$\bar{u}_{si} = 0.00$ m	$\bar{u}_{re} = 0.00$ m
Überstand	$\bar{u}_1 = 0.00$ m	$\bar{u}_2 = 0.00$ m
Dachbreite/länge	$dx = 13.20$ m	$dy = 43.10$ m
Attikahöhe	$h_p = 1.00$ m	

Grafik



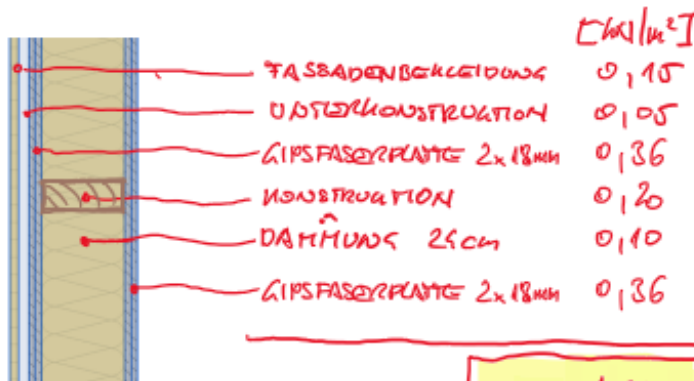
Lasten

Bodenschneelast	$s_k = 0.65 \text{ kN/m}^2$
Basiswindgeschwindigkeit	$v_{b0} = 22.5 \text{ m/s}$
Basisgeschwindigkeitsdruck	$q_{b0} = 0.32 \text{ kN/m}^2$
Referenzhöhe	$z_e = 17.50 \text{ m}$
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_p(h,0) = 0.77 \text{ kN/m}^2$
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_p(h,90) = 0.77 \text{ kN/m}^2$
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_p(b,90) = 0.72 \text{ kN/m}^2$



2) EIGENGEWICHT BAUTEILE + NUTZLASTEN

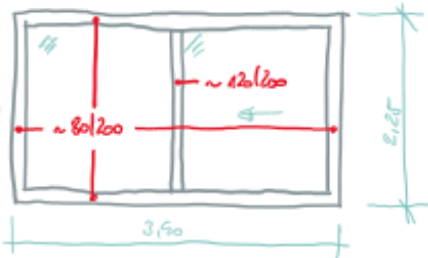
2.1) AU1a AUSSENWAND AXSE A+C



$$g_{w1,k} = 1,22 \text{ kN/m}^2$$

2.1.a) HS Hesseschüßelement

GLASANTEIL $7,1 \text{ m}^2$
 $\sim 2 \text{ kg/m}^2$ / Scheibe
 $\sim 60 \text{ kg/m}^2$ (3-Scheiben)
 GLAS $426 \text{ kg} = 4,26 \text{ kN}$



RAHMEN FICHTE/ALU

$$\rightarrow 50 \text{ kN/m}^2 \quad (3,50 + 2,25) \cdot 2 \cdot 0,08 \cdot 0,2 = 0,18 \text{ m}^3$$

$$2,25 \cdot 0,12 \cdot 0,2 = 0,054 \text{ m}^3$$

$$0,18 + 0,054 = 0,234 \text{ m}^3$$

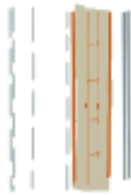
$$0,23 \cdot 5,5 = 1,27 \text{ kN}$$

$$\rightarrow 4,26 + 1,27 = 5,53 \text{ kN} / 7,65 \text{ m}^2$$

$$g_{HS,k} = 0,73 \text{ kN/m}^2$$

→ WANDFLÄCHE WIRD OHNE BERÜCKSICHTIGUNG DER FEUSTERELEMENTE DURCHGERECHNET

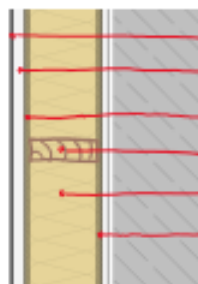
2.3) BK01-SW BALCON SEITENWAND (HALBE WAND)



	[kWh/m ²]
FASSADENBEKLEIDUNG	0,10
UÄUßERKONSTRUKTION	0,05
BSP 30mm 3-SCHICHT	0,93

$$g_{BK01-SW,k} = 0,63 \text{ kWh/m}^2$$

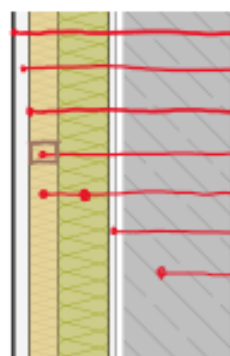
2.4) AW16 AUßENWAND AXSE 1+18



	[kWh/m ²]
FASSADENBEKLEIDUNG	0,10
UÄUßERKONSTRUKTION	0,05
HOLZGERKSTOFFPLATTE	0,11
KONSTRUKTION 6/25/20cm	0,12
DÄMMUNG 240 mm	0,10
HOLZGERKSTOFFPLATTE	0,11

$$g_{AW16,k} = 0,64 \text{ kWh/m}^2$$

2.4) AW16 OPTIMIERT

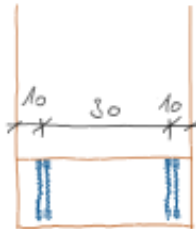
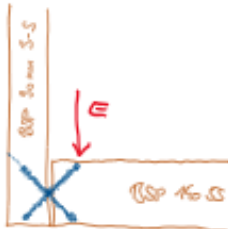


	[kWh/m ²]
FASSADENBEKLEIDUNG	0,10
UÄUßERKONSTRUKTION	0,05
FOLIE DIFF-OPFEN	-
KONSTRUKTION 5/20/25cm	0,05
DÄMMUNG 160+20mm	0,10
SPARSCHÜBLUNG 25/20mm	0,02
BESTÄND	-

$$g_{AW16-20,k} = 0,97 \text{ kWh/m}^2$$

VERANKERUNGEN

1.) BALCON - SEITENWAND



$$L_{\text{ofix}} \times 8,0 \times 105$$

$$2 \times \text{gehört} R_k = 3,54 \text{ kN}$$

$$R_d = \frac{3,54 \cdot 0,8}{1,5} = 1,81 \text{ kN}$$

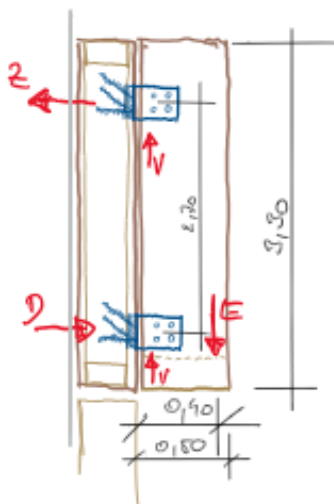
$$\frac{18,42 \cdot 0,5}{5,81 \cdot 2} = 0,78$$

$$E_{gk} = 2,88 \text{ kN/m} \quad E_d = 18,42 \text{ kN/m}$$

$$E_{pk} = 3,60 \text{ kN/m}$$

→ 2 Paare 8,0 × 1,55
VOLLGEWINDE SCHRAUBEN

2.) SEITENWAND



$$\text{Balken-SW } g_k = 0,63 \text{ kN/m}^2$$

$$g_k = 0,63 \cdot 3,30 = 2,08 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 2,08 \cdot 1,35 = 2,81 \text{ kN/m}$$

$$E_d = (18,42 + 2,81) \cdot 0,5 = 10,6 \text{ kN}$$

$$Z_d = D_d = \frac{10,6 \cdot 0,90}{2,10} = 4,58 \text{ kN}$$

$$V_d = \frac{10,6}{2} = 5,30 \text{ kN}$$

$$= 2,15 \text{ kN/Winkel}$$

2x AlumiDi 125

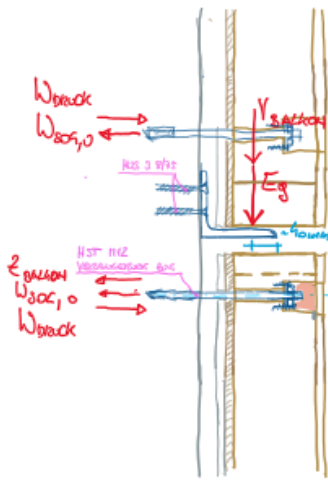
$$R_{Qx,k} = 33,2 \text{ kN (Zug)} \quad R_{Qxd} = 20,93 \text{ kN}$$

4x SBD 7,5 × 55

$$R_{V,k} = 12,5 \text{ kN (Quer)} \quad R_{V,d} = 7,33 \text{ kN}$$

$$NU = \frac{\sqrt{1,58^2 + 5,30^2}}{\sqrt{20,93^2 + 7,33^2}} \approx \frac{5,53}{8,10} = 0,68$$

3.) WANDZEHEMT AN 1a



L 150/150/10

$$W_{soc,k} = 0,61 \text{ kN/m}^2 \quad W_{Druck,k} = 0,61 \text{ kN/m}^2$$

MIN 4 VERANKERUNGSPUNKTE $\rightarrow 3 \times$ Höhe/Seite
 $W_{ik} = 0,61 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 3,05 \text{ kN}$ (MITTLERE VERANKERUNG)

$$W_{0,d} = 6,10 \cdot 1,50 = 3,05 \text{ kN}$$

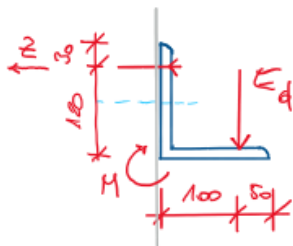
$$W_{0,d} = 3,05 + 1,58 = 4,26 \text{ kN}$$

$$g_{AN1-1,k} = 1,22 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{AN1-1,k} = 1,22 \cdot 3,28 = 4,00 \text{ kN/m}$$

$$E_{g,k} = 4,0 \cdot 5,00 / 2 = 10 \text{ kN}$$

$$E_{g,d} = 10 \cdot 1,35 = 13,5 \text{ kN/WINKEL}$$

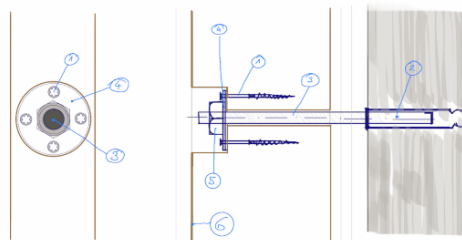


$$E_d = 13,5 + 5,30 = 18,8 \text{ kN} \quad h_{mod} = 98$$

$$Z_d = \frac{18,8 \cdot 9,10}{0,12} = 15,7 \text{ kN}$$

$$M_d = 18,8 \cdot 0,10 = 1,88 \text{ kNm}$$

3.1.) WINDSOG + WINDDRUCK VERANKERUNG

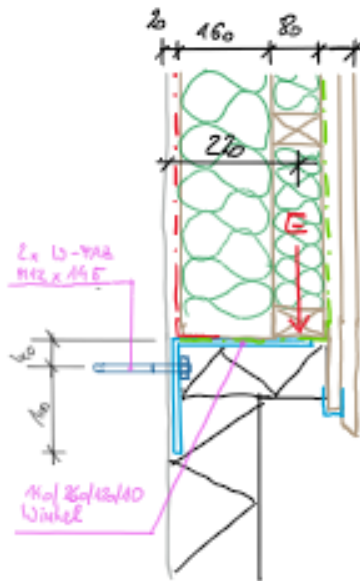


- 1) DRUCKVERSCHNÄUBUNG 4x GoFix HST II 5,0x30
- 2) BOLZANKER HST M12
- 3) — — —
- 4) BEI LAGSCHETZE $t = 4 \text{ mm}$
- 5) ANSCHWEIHMUTTER M12 MIT 4) VERSCHWEIßT
- 6) VERTIKALRIFFE C29 10x25

4.) Wandelement AW 15

4.1) Sochbereich

GESÄNDEHOHE 16,65 m
ABSTAND WINKEL 1,25 m



$$g_{AW150,14} = 0,97 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{gk} = 0,97 \times 16,65 \times 1,25 = 3,78 \text{ kN/WINKEL}$$

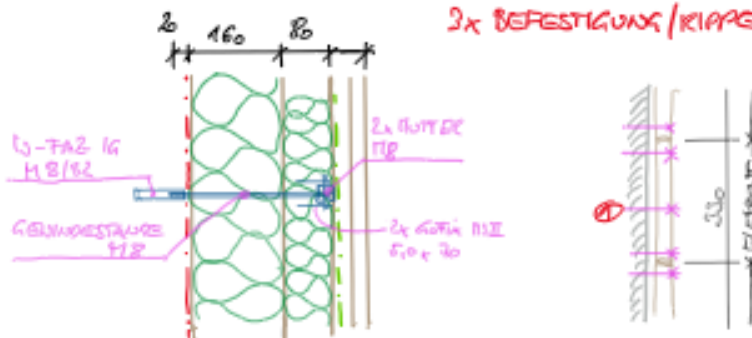
$$E_{gk} \text{ DURCHLAUF} = 3,78 \cdot 1,25 = 4,73 \text{ kN}$$

4.2) Fläche

ABSTAND RIPPEN 1,25 m

$$W_k = 0,93 \text{ kN/m}^2$$

2x BEFESTIGUNG/RIPPE



BEFESTIGUNG MITTE ①

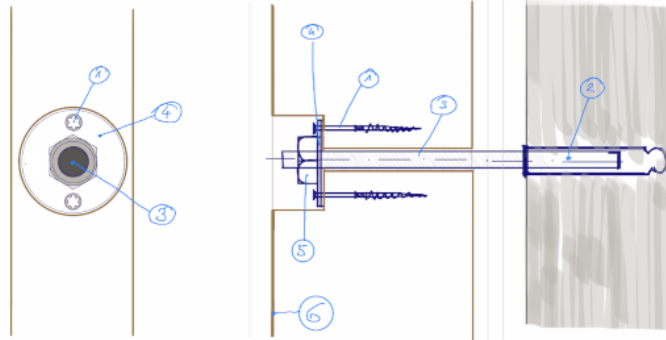
$$W_{k,k} = 0,93 \times 3,30 / 2 \times 1,25 = 1,52 \text{ kN}$$

$$G_{oFix} \text{ M8II } 5,0 \times 70 \quad R_{k,F1} = 1,46 \text{ kN}$$

$$R_d = \frac{1,46 \cdot 1,10}{1,30} = 1,12 \text{ kN} \quad \frac{1,52}{2 \cdot 1,12} = 0,86 < 1$$

$$\leadsto 2 \times G_{oFix} \text{ M8II } 5,0 \times 70$$

4.3) WINDBOG + WINDDRUCKVERANLASSUNG



- 1) DRUCKVERSCHRAUBUNG 2x GoFix HSII 5,0x
- 2) U-FARB-IG M8
- 3) GEBINDESTANGE M8
- 4) BELAGSCHEIBE $t = 4\text{mm}$
- 5) ANSCHWEIHMUTTER M8 MIT ④ VERSCHWEIßT
- 6) VERTIKALRIEPE C29 6x8

6.3 Optimiertes System für Lochfassaden – Auch für kleinere Strukturen

Um ein System für kleinere Strukturen anwenden zu können, muss dies flexibel genug sein um Ungenauigkeiten des Bestandes ohne großen Aufwand bei der Naturmaßnahme und in weiterer Folge bei der Werkplanung aufnehmen zu können. Dabei ist es wichtig einfach bearbeitbare Konstruktionen zu verwenden.

Die statischen Anforderungen an das neue Fassadensystem bei Lochfassaden bestehen ausschließlich im Abtragen des eigenen Gewichtes und in der Aufnahme der Windlasten.

Aus diesem Grund kann die Dimensionierung der Konstruktion bei weitem geringer ausfallen als bei einer eigenständigen Wand wie zum Beispiel beim Stahlbetonskelettbau oder beim Neubau.

Holzdimensionen von 5x8cm können dabei schon ausreichen. Durch dieses Abspecken der Konstruktion wird das Fassadenelement automatisch flexibler. Es kann sehr einfach bearbeitet und somit an die Gegebenheiten des Bestandes angepasst werden.

Die konstruktive Ebene ist voll gedämmt, zum Erreichen der nötigen Dämmleistung wird die restliche Dämmung an der Konstruktionsebene aufkaschiert. Umhüllt wird das gesamte Dämmpaket von einer diffusionsoffenen Folie. Diese Folie stabilisiert das Element, verhindert ein Durchfeuchten der Dämmung während der Montage und bildet zugleich die Windbremse.

Durch diesen Schichtaufbau wird das Eigengewicht der Elemente drastisch reduziert – das spart Verankerungs- und Vorbereitungskosten bei der Montage.

Ein 4-geschoßiges Gebäude kann zum Beispiel ausschließlich auf Konsolen im Sockelbereich aufgestellt werden. In der Fläche müssen nur mehr Windsog- und Winddruckdübel gesetzt werden.

Die Konsolen im Sockelbereich sind vom Boden aus montierbar, dazu werden keine Gerüste oder sonstige Montagehilfen benötigt.

Der Einbau von zusätzlichen Installationen kann an der bestehenden Außenwand erfolgen, nötige Revisionsmöglichkeiten werden in der neuen Wand eingebaut.

Bei Fenster und Türeinbauten werden die Grundelemente im Rastermaß der Elementierung freigelassen, die Kopf- und Fußschwelle geht durch.

Fenster- und Türelemente werden als eigenständige Elemente produziert. Diese Elemente werden inklusive aller Leibungsanschlüsse, Beschattungen und dergleichen vorgefertigt.

Die Konstruktion ist dabei so stark wie der gesamte Aufbau der Außenwand. (Stärke der Konstruktionsebene + Stärke der zusätzlichen Dämmung).

Die vertikalen Konstruktionselemente werden dabei mit einem definierten Übermaß gefertigt und bei der Montage an das Naturmaß angepasst. In vertikaler Richtung kann von der Kopf- oder Fußschwelle des bereits versetzten Bauteiles bis zur bestehenden Öffnung gemessen werden.

Die seitliche Toleranz ist im Auslass der freigelassenen Öffnung des Grundelementes enthalten.

Die Fenster- und Türelemente werden unabhängig vom Grundelement am Bestand befestigt und unterbinden somit die Schallübertragung in andere Einheiten.

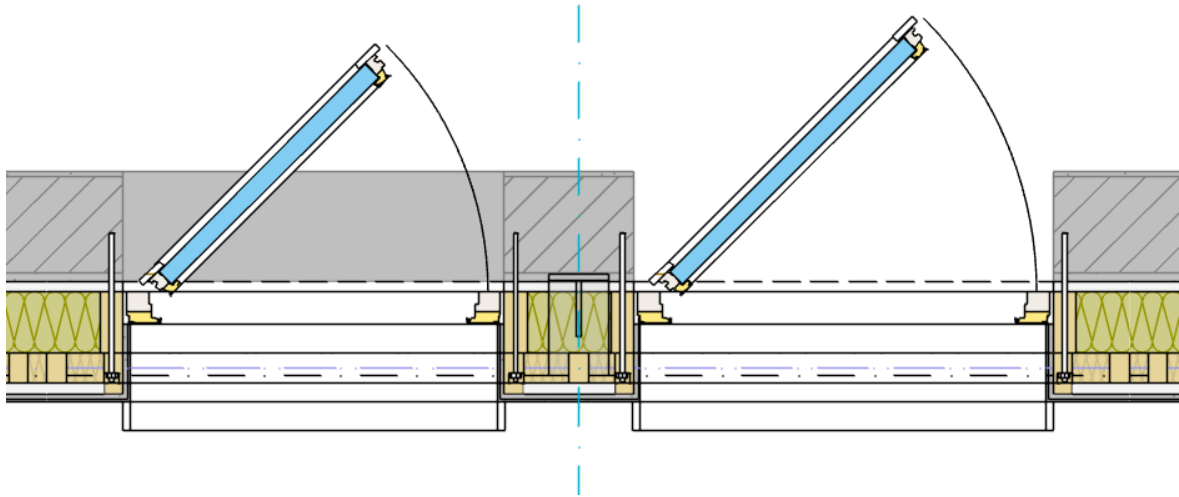


Abbildung 160 / Fenster- Türelemente

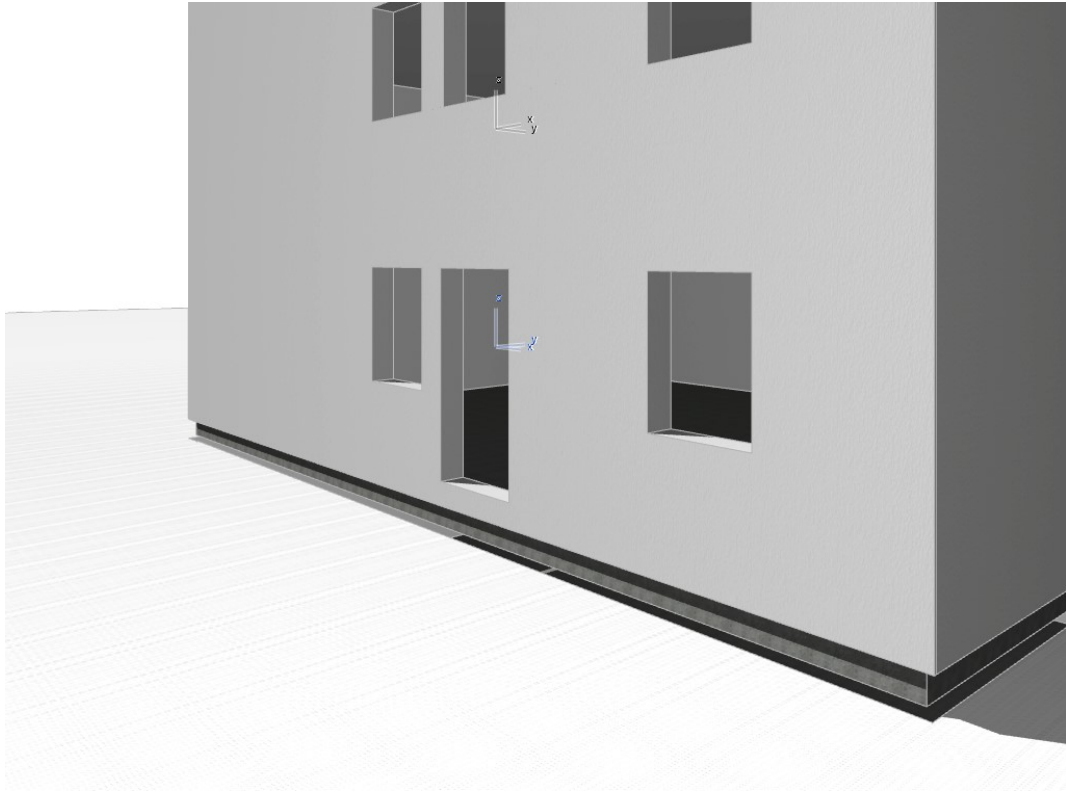


Abbildung 161 / Bestandsobjekt

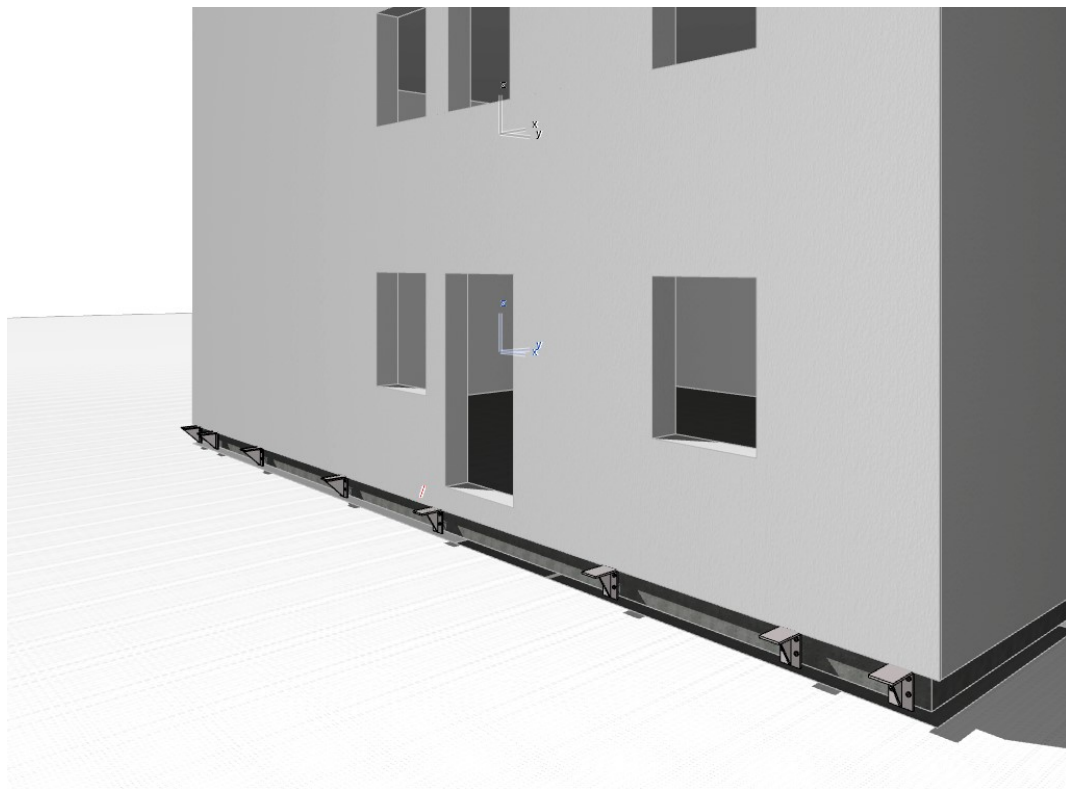


Abbildung 162 / Montage der Konsolen

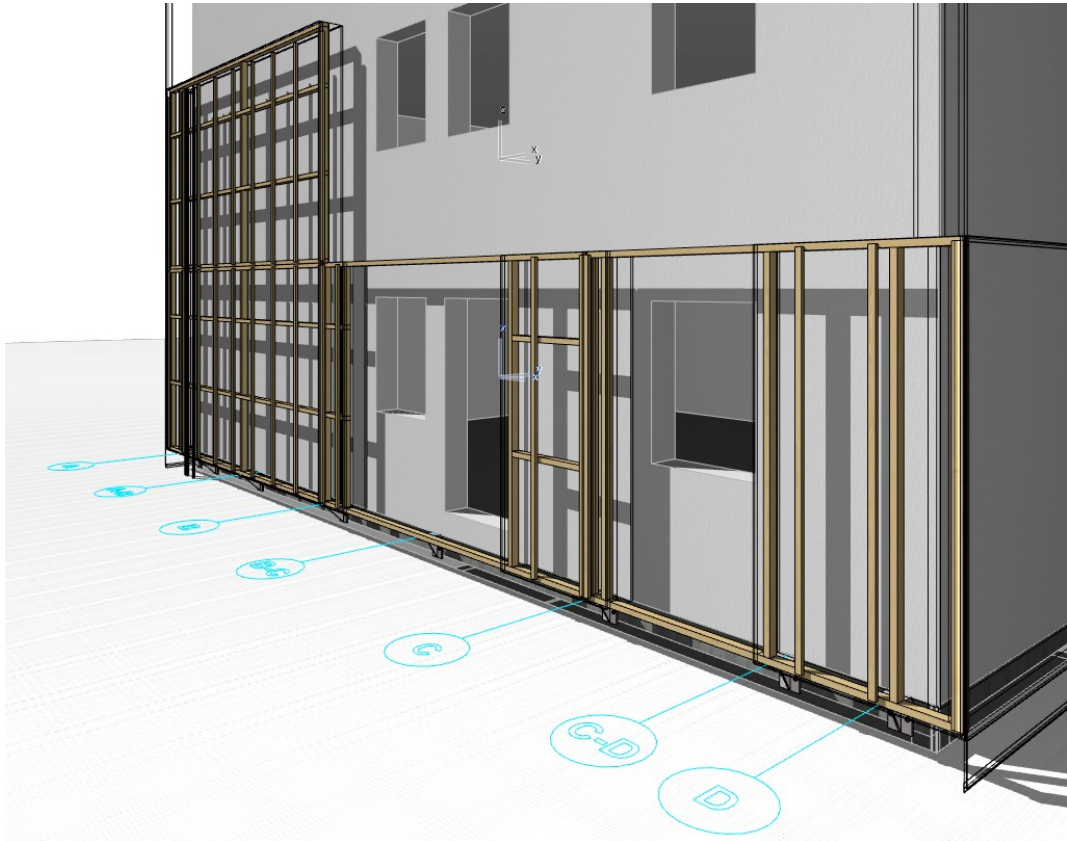


Abbildung 163 / Montage der Grundelemente (Schichten ausgeblendet)

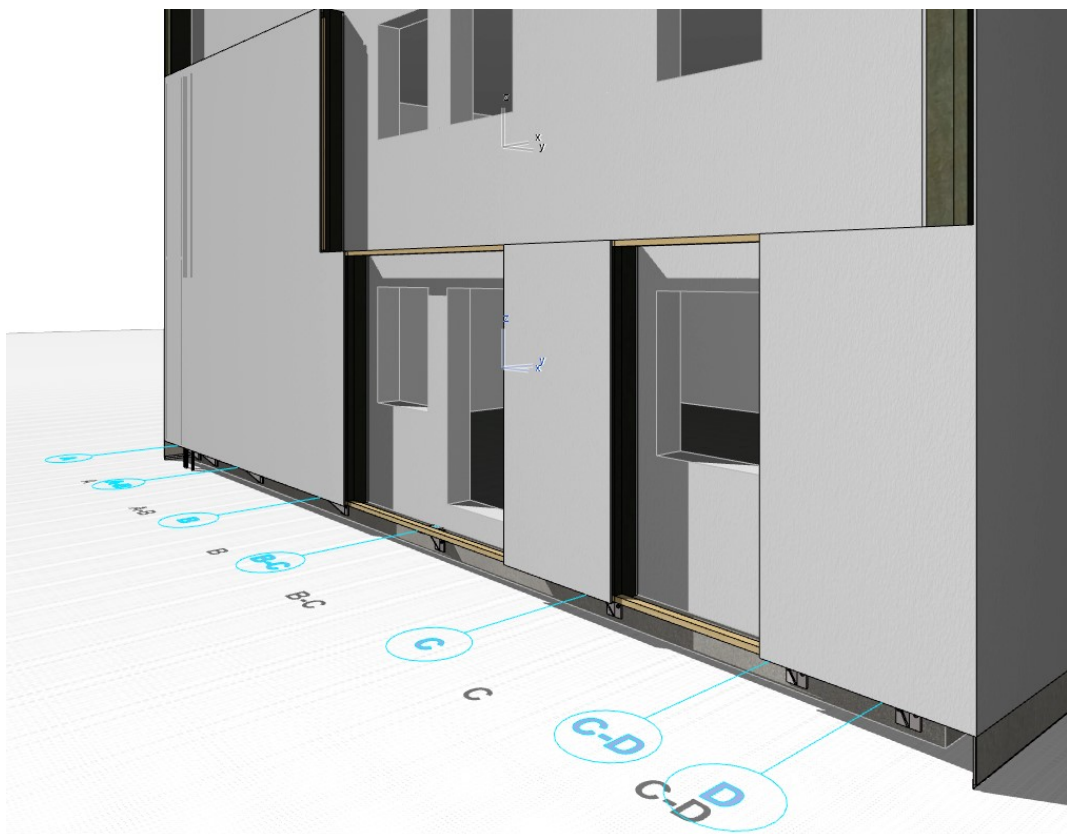


Abbildung 164 / Montage der Grundelemente inkl. Schichten

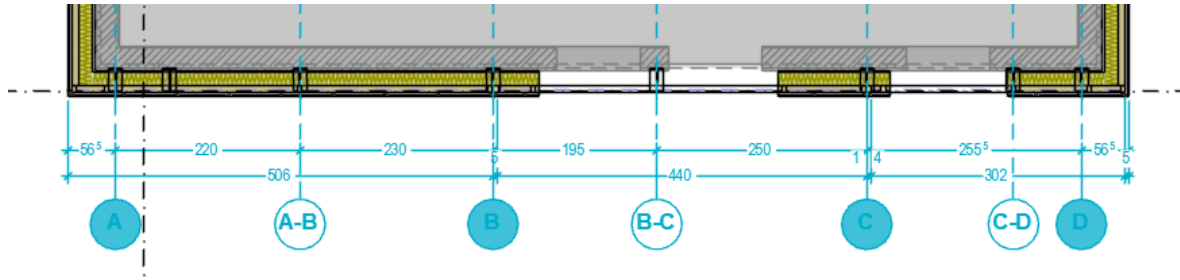


Abbildung 165 / Grundriss vor Montage Fenster- Türelemente

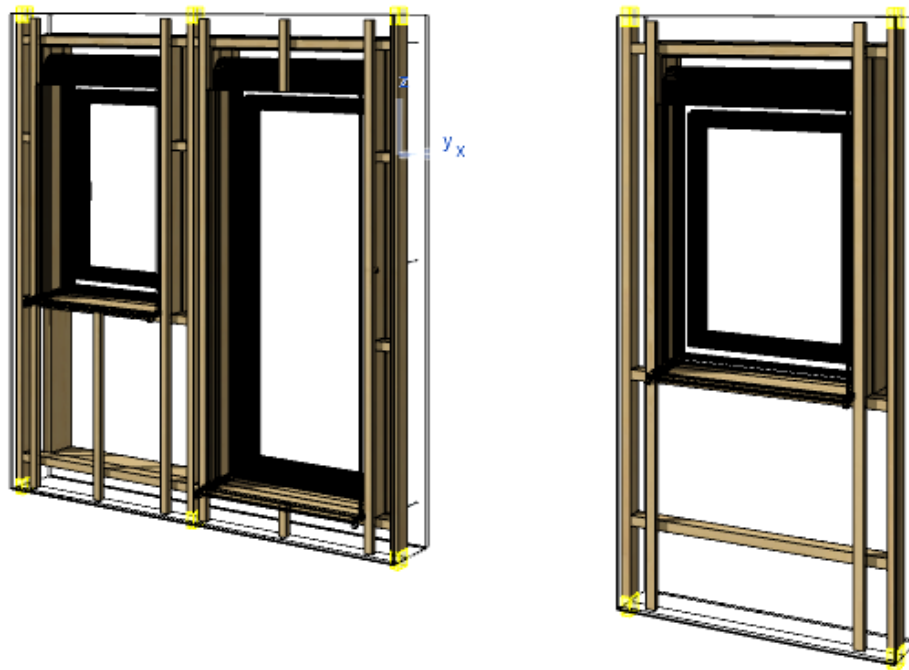


Abbildung 166 / Fenster- und Türelemente (Schichten ausgeblendet) – Übermaß gelb

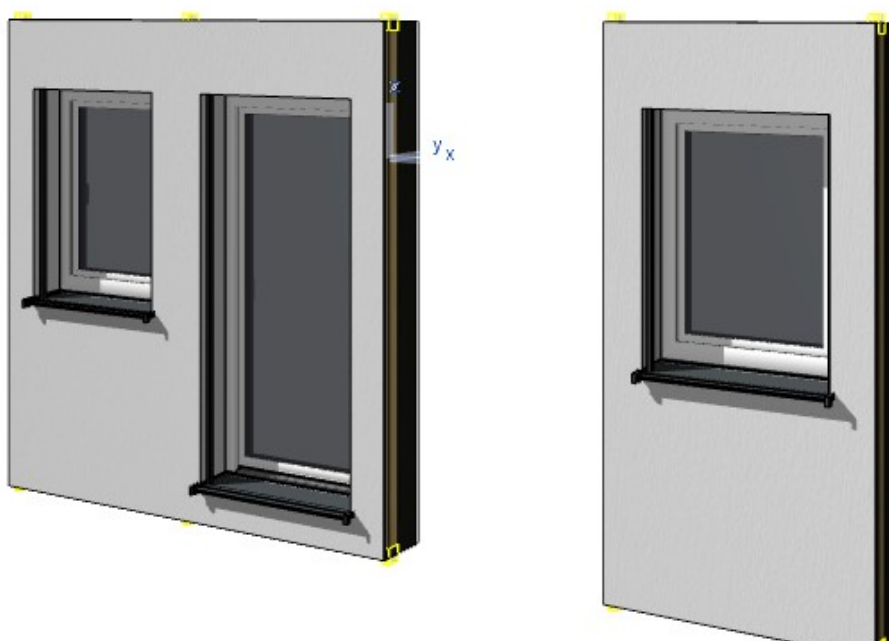


Abbildung 167 / Fenster- und Türelemente inkl. Schichten – Übermaß gelb

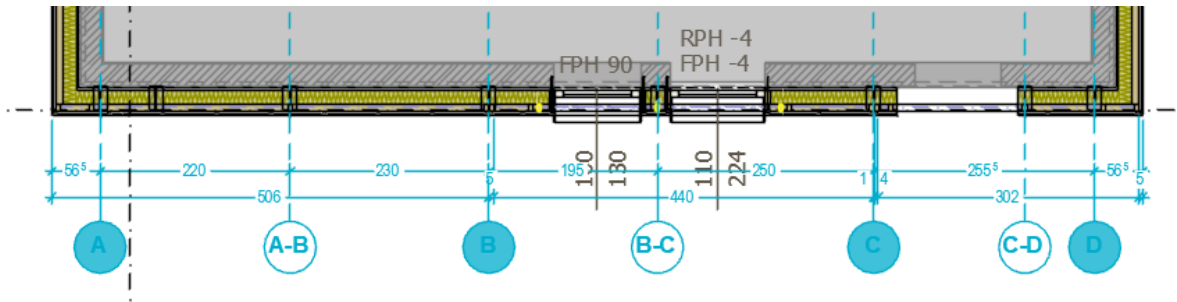


Abbildung 168 / Grundriss nach Montage Fenster- Türelemente



Abbildung 169 / Nach Montage Fenster- Türelemente (Schichten ausgeblendet)



Abbildung 170 / Nach Montage Fenster- Türelemente inkl. Schichten

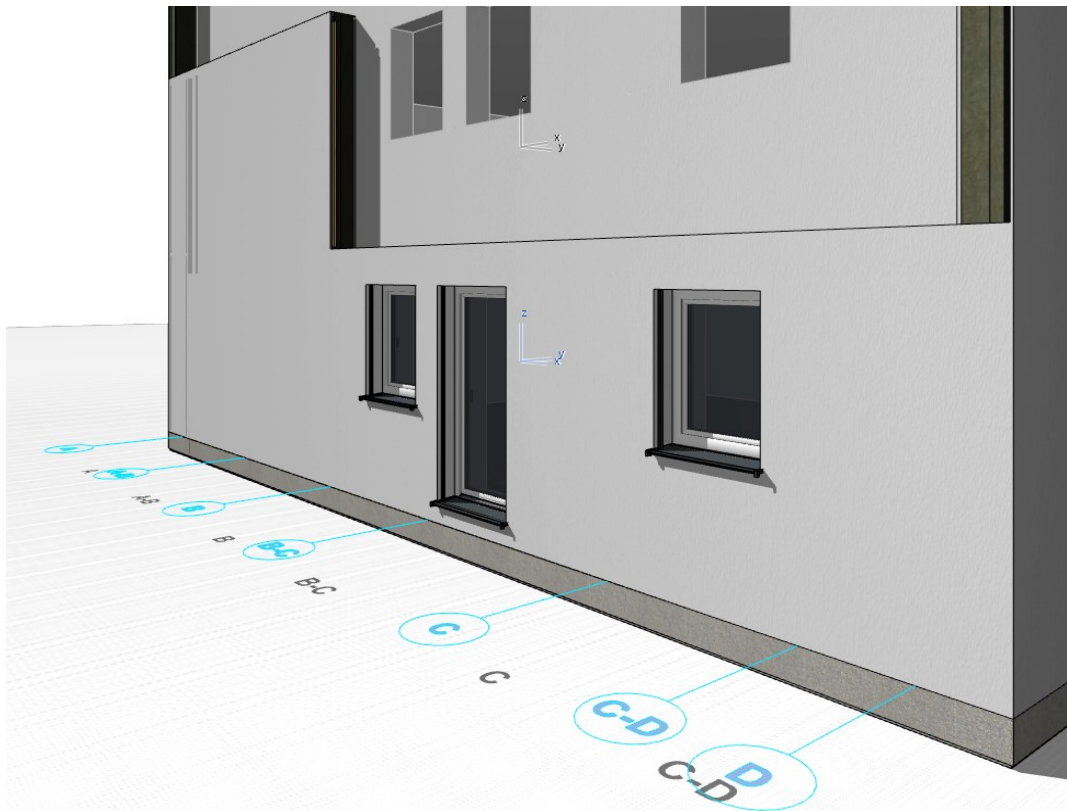


Abbildung 171 / Erdgeschoß fertiggestellt

7 LITERATURVERZEICHNIS

7.1 Literatur und Quellenverzeichnis Kapitel 1-3

- Baasner, Günter u. Schmidt, Volker: „Chancen zur Untersuchung von Büroflächen zu Wohnraum“. In: Baustein 2/07. Hrsg. vom Magistrat der Stadt Frankfurt am Main. Dezernat Planung und Wirtschaft Stadtplanungsamt. Abteilung 61.G1 Stadtentwicklungs- und Flächennutzungsplanung. Frankfurt am Main Januar 2007.
- Bauakte Ferdinand-Porsche-Str.26. Einsicht und Verwendung durch freundliche Genehmigung der Eigentümer über Architekturbüro „re.form-architektur“. Frankfurt am Main 2020.
- Begründung der Erhaltungssatzung -E45-Westend II. Hrsg. von Magistrat-Stadtplanungsamt Frankfurt am Main Datum unbekannt. Link: https://planas.frankfurt.de/planAS_Daten/Staedtebauliche_Satzungen/Erhaltungssatzung/Dokumente/E45/Bgr-E45-Begründung
- Deutschlandstudie 2019. „Wohnraumpotenziale in urbanen Lagen“. Hrsg. von TU Darmstadt und Pestel-Institut Hannover 2019. https://www.tudarmstadt.de/media/daa_responsive_design/01_die_universitaet_medien/aktuelles_6/pressemitteilungen/2019_3/Tichelmann_Deutschlandstudie_2019.pdf, abgerufen 2020.
- Fritz-Ludwig-Architekten: „Grundrisszeichnung als Grundlage für die Grundlagenermittlung des Untersuchungsobjekts 1“. Frankfurt 2019. [PDF]
- Giesberg, Georg: „Nicht nachhaltig? Keine Zukunft! Für den Mittelstand ist Nachhaltigkeit kein neuer Trend sondern DNA“ In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 24.10.2020. [Beilage „Nachhaltig Leben“]
- Habraken, N. J.: „SUPPORTS-an alternative to mass housing“. London 1972.
- Haller, Fritz: System-Design Fritz Haller. Bauten-Möbel-Forschung. Hrsg. von Hans Wichsmann in Zusammenarbeit mit d. Neuen Sammlung, Staatl. Museum für Angewandte Kunst, München 1989.
- Hessische Bauordnung 2018 Hrsg. Hessisches Ministerium Energie, Verkehr und Landesentwicklung, <https://wirtschaft.hessen.de>
- Immordino Vreeland, Lisa: „Art of Style. Dries Van Noten“. Antwerpen 2018. [Film]. Link: <https://www.driesvannoten.com/projects-all.php>, abgerufen September 2020.
- Lärmviewer Frankfurt. Link: www.laerm.hessen.de
- Leitfaden Nachhaltiges Bauen-Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. Hrsg. von Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI). Stand: Januar 2019 Link:https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf

- Luftaufnahme Osthafengebiet/Fechenheim: Link: <https://www.google.de/maps/place/Ferdinand-Porsche-Stra%C3%9F%20119473614d8.7605864>
- Maak, Niklas: „Wohnkomplex-Warum wir andere Häuser brauchen“. München 2014.
- „Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht“. Forschungsprogramm Zukunft Bau. Im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), bearbeitet von Dr. Boris Mahler u.a.. Stuttgart Prospekt 2019
- Netzwerk Frankfurt für gemeinschaftliches Wohnen e.V. Link: <https://www.gemeinschaftliches-wohnen.de>
- Produktdatenblatt für Doppelständerwand aus Holz bei Trennung von Betriebseinheiten. Aus: dataholz.eu. Link: <https://www.dataholz.eu/bauteile/trennwand/detail/kz/twrxxo07a.htm>
- Produktdatenblatt für zweischalige Trennwand einer Betriebseinheit. Aus: «Innen- & Trennwand Massivholzhandbuch 2.0», Hrsg. von Binderholz GmbH und Saint-Gobain Rigips Austria GesmbH, Prospekt 2018.
- Rams, Dieter: «Zehn Thesen für gutes Design», Hrs. Von Cee W. de Jong, Prestel Verlag München 2017
- Rief, Stefanie: «Das Büro der Zukunft». In: „Harvard Business manager-Büros“. Zeitschrift September 2020.
- Saunders, Doug: «Arrival City – Die neue Völkerwanderung«, Hrsg. Karl Blessing Verlag, München 2011
- „Schallschutz im Holzbau - Informationsdienst Holz“. Holzbauhandbuch Reihe 3 | Teil 3 | Folge 1, Hrsg. von Holzbau Deutschland-Institut e.V. in Kooperation dem Informationsverein Holz e.V.. Berlin 2019.
- Schober, Peter u. Koch, Claudia et al.: „ Fassaden aus Holz“, Hrsg. proHolz Austria, 3. überarbeitete Auflage Wien 2018.
- Stadtplanungsamt Frankfurt, Planungsauskunftssystem. Link: www.stadtplanungsamt-frankfurt.de
- Stadtplanungsamt Frankfurt. Link: https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/umnutzung_von_b_rofl_chen_zu_wohnraum_5313.html?psid=ue304rm4vtnee67s6ggdndcns6, abgerufen am 04.09.2020
- Strategiekarte Frankfurt, veröffentlicht vom Stadtplanungsamt Frankfurt am Main; Stadtentwicklungskonzeptes 2030+. Link: https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/frankfurt_2030_integriertes_stadtentwicklungskonzept__18205.html?psid=1ced9ada8b0b7ac3b11ac4f13cf04c27
- „Tokio. Die Stadt bewohnen“, In: Arch+. Zeitschrift für Architektur und Städtebau. Hrsg. von Sabine Kraft, Nikolaus Kuhnert, Günter Uhlig. Jg. 45. Berlin August 2012.
- „Verwaltungsbauten“. Hrsg. von „Deutsche Bauzeitschrift“, ausgewählt und bearbeitet von D. Nagel und S. Linke. Gütersloh 1972.
- Wachsmann, Christiane et al.: «hans gugelot - die architektur des design». Hrsg. von HfG-Archiv/Museum Ulm und Christiane Wachsmann, Katalogbuch zur Ausstellung im HfG-Archiv. Ulm 2020.

7.2 Literaturverzeichnis ab Kapitel 4

- DIN 18299. (09 2019). VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art.
- DIN 18351. (09 2019). VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Betonarbeiten.
- DIN 18351. (09 2019). VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Vorgehängte Hinterlüftete Fassaden.
- Dipl.-Ing. (FH) Jörg , B., Arbeitsgruppe, & Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, D.-I. (2008). *Holzbau Handbuch REIHE 3 I TEIL 2 I FOLGE 7 | WÄRMEBRÜCKEN I*. D-53175 Bonn: HOLZABSATZFONDS Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft.
- Dipl.-Wirtschaftsing. (FH) Adrian Blödt M.Sc., Ingenieurbüro Blödt &, B., Prof. Dr.-Ing. Andreas Rabold, Rosenheim, & RA Michael Halstenberg, Berlin. (2019). *SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU | BAUKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN* (Bde. Reihe 3, Teil 3, Folge 1). (H. D.-I. e.V., Hrsg.)
- Geza Ambrozy, H., & Giertlova´, Z. (2005). *Planungshandbuch Holzwerkstoffe*. Springer Verlag Wien New York.
- Hessische Bauordnung [HBO]. (kein Datum).
- Holz, A. d. (2008). *Zuschnitt 30 - Holz bauen Energie sparen*. proHolz Austria.
- Holzforschung, H. A.–Ö. (14. 02 2020). ©2020, *dataholz.eu*. Von <http://www.dataholz.eu> abgerufen
- Kolb, J. (2008). *Holzbau mit System*. Birkäuser Verlag AG.
- Lattke, F., Kaufmann, H., & Winter, S. (09 2011). *tes EnergyFacade Sanieren Seite 22-23. Zuschnitt 43 Die Außenwand*.
- ÖNORM B 3410: 2016 04 01. (01. 04 2016). *Gipsplatten für Trockenbausysteme - Arten, Anforderungen und Prüfungen*.
- Önorm B 6000: 2018 08 01. (01. 08 2018). *Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau - Produktarten, Leistungsanforderungen und Verwendungsbestimmungen*.
- Önorm EN 13501-1: 2020 01 15. (15. 01 2020). *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*.
- Önorm EN 13501-2: 2016 11 01. (01. 11 2016). *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*.
- Pech, A., Aichholzer, M., Doubek, M., Höfferl, B., Hollinsky, K., Passer, A., . . . Woschitz, R. (2016). *Holz im Hochbau, Theorie und Praxis*. Birkhäuser Verlag GmbH Basel.
- Technische Universität München D-80333 München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, Dipl.-Ing. Stephan Ott www.hb.bv.tum.de. (2009). *TES EnergyFaçade –prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope. TES EnergyFaçade*.

Abbildung 1 Deutschlandstudie 2019. S.55	8
Abbildung 2 «Chancen zur Untersuchung von Büroflächen zu Wohnraum», S.26	9
Abbildung 3 «Nachhaltiges Bauen – Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden». S.15	11
Abbildung 4 ebd., S.19	12
Abbildung 5 Aus «Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung», S.21	14
Abbildung 6 Lehrbuch "Verwaltungsbauten", S.157	17
Abbildung 7 Darstellung Typologien von Verwaltungsbauten	18
Abbildung 8 Darstellung verschiedener Tragstrukturen von Stahlbetonskelettbauten	19
Abbildung 9 «Deutschlandstudie», Abbildung 12 Umnutzung und Flexibilisierung von Nichtwohngebäuden mit einer Primärkonstruktion in Skelettbauweise aus der Studie "Wohnraumpotentiale in urbanen Lagen- Aufstockung und Umnutzung von Nichtwohngebäuden", S.35	21
Abbildung 10 Darstellung der Standorte der beiden Untersuchungsobjekte anhand der Strategiekarte Frankfurt	22
Abbildung 11 Foto der Straßenansicht Eschersheimer Landstraße	23
Abbildung 12 Lageplan Untersuchungsobjekt 1 – Abfrage über das Planauskunftssystem der Stadt Frankfurt	23
Abbildung 13 Foto Straßenansicht Ferdinand-Porsche-Str. 26	24
Abbildung 14 Luftaufnahme google-maps , Untersuchungsobjekt 2 rot markiert	24
Abbildung 15 Darstellung der Tragstruktur Untersuchungsobjekt 1	26
Abbildung 16 Karte aus Erhaltungssatzung Nr. E45 Westend II	27
Abbildung 17 brandschutztechnische Anforderungen Untersuchungsobjekt 1	28
Abbildung 18 Lageplan aus der Baugenehmigungsakte Untersuchungsobjekt 2	30
Abbildung 19 Schnittdarstellung Baugenehmigungsakte Stadt Frankfurt Untersuchungsobjekt 2	31
Abbildung 20 Darstellung der Tragstruktur Untersuchungsobjekt 2	32
Abbildung 21 Ausschnitt aus Bebauungsplan Planauskunft Frankfurt am Main	32
Abbildung 22 Planauskunft Frankfurt am Main Aktiver Kernbereich Fechenheim	33
Abbildung 23 brandschutztechnische Anforderungen Untersuchungsobjekt 2	33
Abbildung 24 Erweiterungsmöglichkeit Untersuchungsobjekt 2 in Schnittdarstellung Bauakte	35
Abbildung 25 Darstellung der bisherigen Nutzung bei Untersuchungsobjekt 1	36
Abbildung 26 Nutzungsverteilung Planung anhand einer 3D-Studie	37
Abbildung 27 Darstellung einer möglichen Verteilung der neuen Infrastruktur in Grundriss und Schnitt	37
Abbildung 28 Darstellung einer möglichen Medienverteilung in einer 3D-Studie für Untersuchungsobjekt 1	38
Abbildung 29 Darstellung Grundriss: mögliche Einteilung von verschiedenen Betriebseinheiten	39
Abbildung 30 3D-Darstellung Bausteine bei austauschbaren Nutzungen von Wohnen und Arbeiten	40
Abbildung 31 Überprüfung der Grundrissgeometrie der kleinstmöglichen Einheit bei Untersuchungsobjekt 1	40

Abbildung 32	Einteilung der bisherigen Nutzung bei Untersuchungsobjekt 2	41
Abbildung 33	Überprüfung der Grundrissgeometrie der kleinsten Einheit Untersuchungsobjekt 2	42
Abbildung 34	3D-Darstellung einer möglichen Nutzungsverteilung	42
Abbildung 35	Darstellung einer möglichen technischen Medienverteilung innerhalb der kleinsten Einheit	43
Abbildung 36	Überprüfung der Grundrissgeometrie der kleinstmöglichen Einheit bei Untersuchungsobjekt 2	44
Abbildung 37	Skizze zu Studie Möglichkeiten des Gebrauchs	45
Abbildung 38	Foto: Arbeitsmodell - Fassadenstudie	46
Abbildung 39	3D-Fassadenstudie: Prinzipien Entwurfsentwicklung spezieller Objekte	47
Abbildung 40	3D-Darstellung der Fassadenentwicklung in 3 Stufen	47
Abbildung 41	Beispiel Material Fassade	48
Abbildung 42	3D-Studie Fassade Variante 1	48
Abbildung 43	3D-Studie Fassade Variante 2	49
Abbildung 44	3D-Studie Fassade Variante 3	49
Abbildung 45	Foto Arbeitsmodell - Grundrissstudie	50
Abbildung 46	3D-Studie Verteilung der Schächte und Festlegung von Trennwänden für Betriebseinheiten	50
Abbildung 47	Tabelle 2 aus "Schallschutz im Holzbau"- Zielwerte im Holzbau - Normative Anforderungen und Empfehlung für wichtige Zielwerte	51
Abbildung 48	Darstellung von unterschiedlichen Trennwandbauteilen	52
Abbildung 49	Darstellung eines Montagehebwerkzeugs – Quelle unbekannt	53
Abbildung 50	Darstellung der Entwicklung eines Adaptersystems für Trennwände von Betriebseinheiten	53
Abbildung 51	gewählter Wandaufbau für Untersuchung des Einsatzes einer Doppelständerwand aus Holz bei Trennung von Betriebseinheiten aus dem Internet von dataholz.eu,	55
Abbildung 52	Produktdatenblatt für zweischalige Trennwand einer Betriebseinheit aus "Innen- & Trennwand Massivholzhandbuch 2.0", Hrsg. Binderholz GmbH und Saint-Gobain Rigips Austria GesmbH, 1.Auflage, Dezember 2018, S.9	57
Abbildung 53	Darstellung Schnitt Trennwand zweischalig BSP mit freistehender Vorsatzschale – Stufe 1 –	58
Abbildung 54	Darstellung Schnitt Trennwand zweischalig BSP mit freistehender Vorsatzschale – Stufe 2 –	59
Abbildung 55	Darstellung Schnitt Trennwand zweischalig BSP mit freistehender Vorsatzschale – Stufe 3 –	60
Abbildung 56	Darstellung Grundriss einer großen Wohneinheit mit sichtbaren Holzflächen	61
Abbildung 57	gleiche Abbildung 48	62
Abbildung 58	Darstellung Grundriss Anschluss zweischalige Trennwand an Fassadenstütze	62
Abbildung 59	Darstellung Grundriss Anschluss zweischalige Trennwand an Fassadenstütze mit Einführung Elektroleitung aus Fassadensystem	63
Abbildung 60	Fotos Arbeitsmodell zu mobilen Möbelsystem	65
Abbildung 61		66
Abbildung 62	Experimentierblock aus einzelnen Hölzern zur Entwicklung von Verbindungspunkten	67

Abbildung 63 Grundrissdarstellung - Entwicklung eines Raumrastersystems innerhalb der kleinsten Betriebseinheit	68
Abbildung 64 3D-Isometriedarstellung - Ausstattung Mikrozelle	69
Abbildung 65 3D-Darstellung - Definierung der verschiedenen Anschlusspunkte für das Wand-/Raumsystem	70
Abbildung 66 Schnitt - Darstellung Entwicklung Deckenanschluss	71
Abbildung 67 Schnitt - Darstellung Entwicklung Kopplungselement	72
Abbildung 68 Schnitt Darstellung Entwicklung Bodenverankerung	73
Abbildung 69 Darstellung Querschnitt/Ansicht/Grundriss - Einbau Drehtür in Wandelement	74
Abbildung 70 Darstellung Querschnitt/Ansicht/Grundriss - Einbau Schiebetür in Wandelement	75
Abbildung 71 3D-Darstellung Ausstattung Regalsystem mit Klapptisch	76
Abbildung 72 3D-Darstellung Raumsystem mit Schrank (aufgeschoben)	77
Abbildung 73 3D-Darstellung Raumsystem mit Schrank (zugeschoben)	77
Abbildung 74 Darstellung Grundriss - Raumschichten	79
Abbildung 75 Darstellung Fassadenansicht - Studie der Aufteilung	80
Abbildung 76 3D-Darstellung Außen- und Innenfutter	81
Abbildung 77 / TES EnergyFaçade Planungshandbuch 03_31- Gebäudetypen	84
Abbildung 78 / Skelettfassade	85
Abbildung 79 / Lochfassade	85
Abbildung 80 / TES EnergyFaçade Planungshandbuch 03_31- Gebäudegeometrie	86
Abbildung 81 / Balkone	87
Abbildung 82 / Einheitengetrennt	97
Abbildung 83 / Einheitenübergreifend	97
Abbildung 84 / TES EnergyFacade	98
Abbildung 85 / Durchgehend angehängt	98
Abbildung 86 / Anordnung Verankerung	100
Abbildung 87 / Verankerungsmöglichkeiten	101
Abbildung 88 / Updatefähigkeit Einheitenunabhängig	102
Abbildung 89 / Grundriss Regelgeschoß	103
Abbildung 90 / Schnitt A-A	104
Abbildung 91 / Ansicht Nordost	104
Abbildung 92 / Ansicht Südwest	104
Abbildung 93 / Ansicht Nordwest	105
Abbildung 94 / Ansicht Südost	105
Abbildung 95 / Neuplanung Grundriss Erdgeschoß	106
Abbildung 96 / Neuplanung Grundriss 1.Obergeschoß	106

Abbildung 97 / Neuplanung Grundriss 2.Obergeschoß	107
Abbildung 98 / Neuplanung Grundriss 3.Obergeschoß	107
Abbildung 99 / Neuplanung Ansicht Südost	108
Abbildung 100 / Neuplanung Ansicht Nordost	108
Abbildung 101 / Festlegung Hauptraster Vorher-Nachher	109
Abbildung 102 / Skelettbauweise	110
Abbildung 103 / Lochfassade	110
Abbildung 104 / Übersicht Bauteilaufbauten Regelgeschoß	112
Abbildung 105 / Ausschnitt Bauteilübersicht Regelgeschoß	112
Abbildung 106 / Vorgehensweise Vorbemessung - (SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU BAUAKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN, 2019)	116
Abbildung 107 / Diagramm 1 - SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU BAUAKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZBAUTEILEN	117
Abbildung 108 / Diagramm 2 - SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU BAUAKUSTISCHE VORBEMESSUNG VON HOLZ-BAUTEILEN	118
Abbildung 109 / Gewählter Bauteilaufbau AW 1a – Quelle: Dataholz.eu	123
Abbildung 110 / AW 1b - Bestand	125
Abbildung 111 / Gewählter Bauteilaufbau AW 1b_Sanierungsbauteil – Quelle: Dataholz.eu	126
Abbildung 112 / Gewählter Bauteilaufbau AW 2_Gesamt	127
Abbildung 113 / Aw 1a - Angepasster Bauteilaufbau Quelle: Dataholz.eu	136
Abbildung 114 / Aw 1b optimierter Bauteilaufbau	141
Abbildung 115 / Bauteilaufbau Aw 1a	148
Abbildung 116 / Bereich Skelettfassade Axonometrie	148
Abbildung 117 / Aw 1a Fassadenschnitt Bereich Skelettfassade	149
Abbildung 118 / Aw 1a Teilausschnitt Ansicht Südost	149
Abbildung 119 / Aw 1a -Regelement inkl. Eckausbildung, Übergang zu Bauteil Aw 1b	150
Abbildung 120 / Aw 1a - ob - Detail Attika	151
Abbildung 121 / Aw 1a – zd - Detail Fensteranschlüsse	152
Abbildung 122 / Aw 1a – zd - Detail Elementübergang	153
Abbildung 123 / Aw 1a - zd - Anordnung Verankerung	153
Abbildung 124 / Aw 1a -so - Detail Sockelbereich	154
Abbildung 125 / Aw 1a - Konstruktionsaufbau Regelement	155
Abbildung 126 / Aw 1a - Konstruktionsaufbau Erweiterungselement	156
Abbildung 127 / Bauteilaufbau Aw 1b	157
Abbildung 128 / Bereich LochfassadeAxonometrie	157
Abbildung 129 / Fassadenschnitt Lochfassade	157

Abbildung 130 / Grundriss Aw 1b	158
Abbildung 131 / Aw 1b - Ansicht Nordost	158
Abbildung 132 / Aw 1b -ob - Detail Attika	159
Abbildung 133 / Aw 1b - zd – Detail Elementübergang	160
Abbildung 134 / Aw 1b - so - Detail Sockel Fensterbereich	161
Abbildung 135 / Aw 1b - so - Detail Sockel	161
Abbildung 136 / Aw 1b - so - Aw 1b - Schema Wandsystem	162
Abbildung 137 / Bestand nach Abbruch Bestandsfassade	163
Abbildung 138 / Aw 1a - Montage der Auflagerwinkel	164
Abbildung 139 / Aw 1a - Montage der Dichtungsbänder und der Dämmungsstreifen	164
Abbildung 140 / Aw 1a - Montage der Fassadenelemente mittels Montage- und Serviceplattform	165
Abbildung 141 / Aw 1a - Montage der Fassadenelemente	165
Abbildung 142 / Aw 1a - Montage Erweiterungsbereiche	166
Abbildung 143 / Aw 1a - Montage der restlichen Bauteile	166
Abbildung 144 / Aw 1b - Montage der Auflagerwinkel	167
Abbildung 145 / Aw 1b - Montage der Fassadenelemente	168
Abbildung 146 / Aw 1b - Montage der Fensterelemente	169
Abbildung 147 / Aw 1b – Montageplattform	169
Abbildung 148 / Aw 1b – Montageplattform	169
Abbildung 149 / Aw 1b - Montage der restlichen Bauteile	170
Abbildung 150 / Arbeitsplattform Einzel 1	171
Abbildung 151 / Arbeitsplattform Einzel 2	171
Abbildung 152 / Entnahme eines einzelnen Fassadenelementes	172
Abbildung 153 / Temporär verschlossene Fassade	172
Abbildung 154 / Grundriss Leitungsverteilung	174
Abbildung 155 / Schnitt Leitungsverteilung	174
Abbildung 156 / Leitungsführung Hinterlüftungsebene - Skelett	175
Abbildung 157 / Leitungsführung neben Fenster - Skelett	175
Abbildung 158 / Leitungsführung im Element	176
Abbildung 159 / Vorgestellte Schächte	177
Abbildung 160 / Fenster- Türelemente	190
Abbildung 161 / Bestandsobjekt	191
Abbildung 162 / Montage der Konsolen	191
Abbildung 163 / Montage der Grundelemente (Schichten ausgeblendet)	192
Abbildung 164 / Montage der Grundelemente inkl. Schichten	192

Abbildung 165 / Grundriss vor Montage Fenster- Türelemente	193
Abbildung 166 / Fenster- und Türelemente (Schichten ausgeblendet) – Übermaß gelb	193
Abbildung 167 / Fenster- und Türelemente inkl. Schichten – Übermaß gelb	193
Abbildung 168 / Grundriss nach Montage Fenster- Türelemente	194
Abbildung 169 / Nach Montage Fenster- Türelemente (Schichten ausgeblendet)	194
Abbildung 170 / Nach Montage Fenster- Türelemente inkl. Schichten	195
Abbildung 171 / Erdgeschoß fertiggestellt	195
Tabelle 1 / Bauteilanforderungen [Allgemein]	89
Tabelle 2 / Funktionen von Schichten	90
Tabelle 3 / Häufig verwendete Materialien im Holzbau (Vorfertigung)	93
Tabelle 4 / Definition der Anforderungen und Vereinbarungen Referenzprojekt	114
Tabelle 5 / Aw 1a - Berechnung $R'_{w, res}$	117
Tabelle 6 / Aw 1b - Berechnung $R'_{w, res}$	119
Tabelle 7 / Bauteilkatalog	129
Tabelle 8 / Flächenanteil Fassadensysteme	130
Tabelle 9 / prozentueller Anteil der Abrechnungsflächen	130
Tabelle 10 / Anteil Fassadentypen inkl. Kostenanteile Fassadenbauteile	131
Tabelle 11 / Anteil Fassadentypen inkl. Kostenanteile Fassadenbauteile und Einbauteile	131
Tabelle 12 / Auswertung Bauteil Aw 1a	132
Tabelle 13 / Betriebsmittelanteile Lärchenfassade	133
Tabelle 14 / Aw 1b Analyse Abschnitt vorgefertigtes Element - Betriebsmittelanteil	134
Tabelle 15 / $R_{w, Res}$ - Fensteranteil angepasst	135
Tabelle 16 / Auswertung Bauteil Aw 1a angepasst	137
Tabelle 17 / Aw 1a angepasst - Vorgefertigtes Element ab Werk – Betriebsmittelanteile	137
Tabelle 18 / Vergleich Bauteile Aw 1a zu Aw1a angepasst	138
Tabelle 19 / Auswertung Bauteil Aw 1b	139
Tabelle 20 / Aw 1b Analyse Abschnitt vorgefertigtes Element - Betriebsmittelanteil	140
Tabelle 21 / Auswertung Bauteil Aw 1b optimiert	142
Tabelle 22 / Aw 1b optimiert - Vorgefertigtes Element ab Werk - Betriebsmittelanteile	143
Tabelle 23 / Vergleich Bauteile Aw 1b zu Aw 1b optimiert	143
Tabelle 24 / Gegenüberstellung Anpassung Bauteil Aw 1a	144
Tabelle 25 / Gegenüberstellung Anpassung Bauteil Aw 1b	144
Tabelle 26 / Einsparmöglichkeiten gesamt	144
Tabelle 27 / Grundlagen Ausführungsdetails	145

