



B2R - TREIBHAUSGASNEUTRALE SANIERUNG EINER WOHNANLAGE

- GENTNERSTR., AUGSBURG -

Technische Hochschule Augsburg - E2D - Wintersemester 2023/24 - Bachelor-Thesis: Bauen im Bestand - Alisa Rehm

INHALTSVERZEICHNIS

Teil 1: Bestand

1 Allgemeine Informationen, Standortanalyse

1.1	Allgemeine Informationen.....	5
1.2	Lärm / Schallschutz.....	7

2 Bestandspläne, Bestandsanalyse

2.1	Bestandsunterlagen.....	11
2.2	Bestandspläne.....	13
	2.2.1 Ansichten.....	13
	2.2.2 Grundrisse.....	17
	2.2.3 Schnitt.....	21
2.3	Lastabtrag.....	22
2.4	Bauteile - Restlebensdauer, Abnutzungsvorrat.....	23
2.5	Energieverbrauchswerte.....	43
2.6	Potentialschätzung.....	44

Teil 2: Sanierung (LN2)

3 Sanierungskonzept, Ziele

3.1	Ziele der Sanierung.....	47
3.2	Pläne Sanierung.....	49
3.2.1	Ansichten.....	49
3.2.2	Grundrisse.....	51
3.2.3	Schnitte.....	57
3.2.4	3 Tafel Projektion.....	59
3.2.5	Details.....	61
3.2.6	Außenperspektive.....	64
3.2.7	Innenraumperspektiven.....	65
3.3	Wohnungsgrößen.....	67
3.4	Mobilität.....	68
3.5	Klimafolgenanpassung.....	69
3.5.1	Retentionsdach.....	72
3.5.2	Klimastein.....	72
3.6	Lichtführung.....	73
3.7	Begrünung, Garten.....	75
3.8	Nachverdichtung, Abstandsflächen.....	77
3.9	Kellersanierung.....	80
3.10	Schallschutz.....	81
3.10.1	Schallschutz am Gebäude.....	81
3.10.2	Schallschutz im Gebäude.....	85
3.11	Brandschutz.....	90
3.11.1	Gebäudeklasse.....	90
3.11.2	Stahltragwerk.....	91
3.11.3	Decken/Trennwände.....	91
3.11.4	Laubengang.....	92
3.12	Lastabtrag, Aussteifung.....	93
3.12.1	Sanierung des Bestands.....	93
3.12.2	Aufstockung.....	94
3.12.3	Anbau.....	96
3.13	Bestandsänderungen.....	97
3.13.1	Holzbalken der Decke.....	97
3.13.2	Fassadenöffnungen.....	97
3.14	Badmodule.....	98

4 Lebenszyklusanalyse

4.1	Bilanzrahmen / Randbedingungen der Ökobilanz	101
4.2	Ergebnisse.....	102
4.3	Betrachtungen außerhalb des Bilanzrahmens.....	105
4.3.1	Fall 1: Vergleich GWP Gebäude mit PV-Strom und Recyclingpotential.....	105
4.3.2	Fall 2: Vergleich GWP Gebäude mit selbst genutztem PV-Strom und Recyclingpotential.....	106
4.4	Anmerkungen.....	109

5 Energetische Betrachtung Sanierung

5.1	Energiekonzept.....	113
5.1.1	PVT.....	115
5.1.2	Eisspeicher.....	116
5.1.3	Fußbodenheizung.....	117
5.1.4	Lüftung.....	119
5.1.5	Nutzerinterface.....	120
5.2	Verschattungsstudie.....	121
5.3	Energiebilanz.....	123
5.4	Sommerlicher Wärmeschutz.....	124
5.5	Wärmebrücken.....	125
5.5.1	Sockel.....	125
5.5.2	Traufe.....	126
5.5.3	Fenster.....	127
5.6	Bauteilaufbauten.....	129
5.6.1	Dach.....	130
5.6.2	Decken / Geschossdecken / Boden.....	133
5.6.3	Außenwände.....	140
5.6.4	innenwände.....	145

TEIL 1

BESTAND



01

ALLGEMEINE
INFORMATIONEN,
STANDORTANALYSE

1.1 ALLGEMEINE INFORMATIONEN



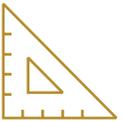
Gentnerstraße 71 -77, 86161 Augsburg



Baujahr: 1936



Besitzer: Wohnbaugruppe Augsburg



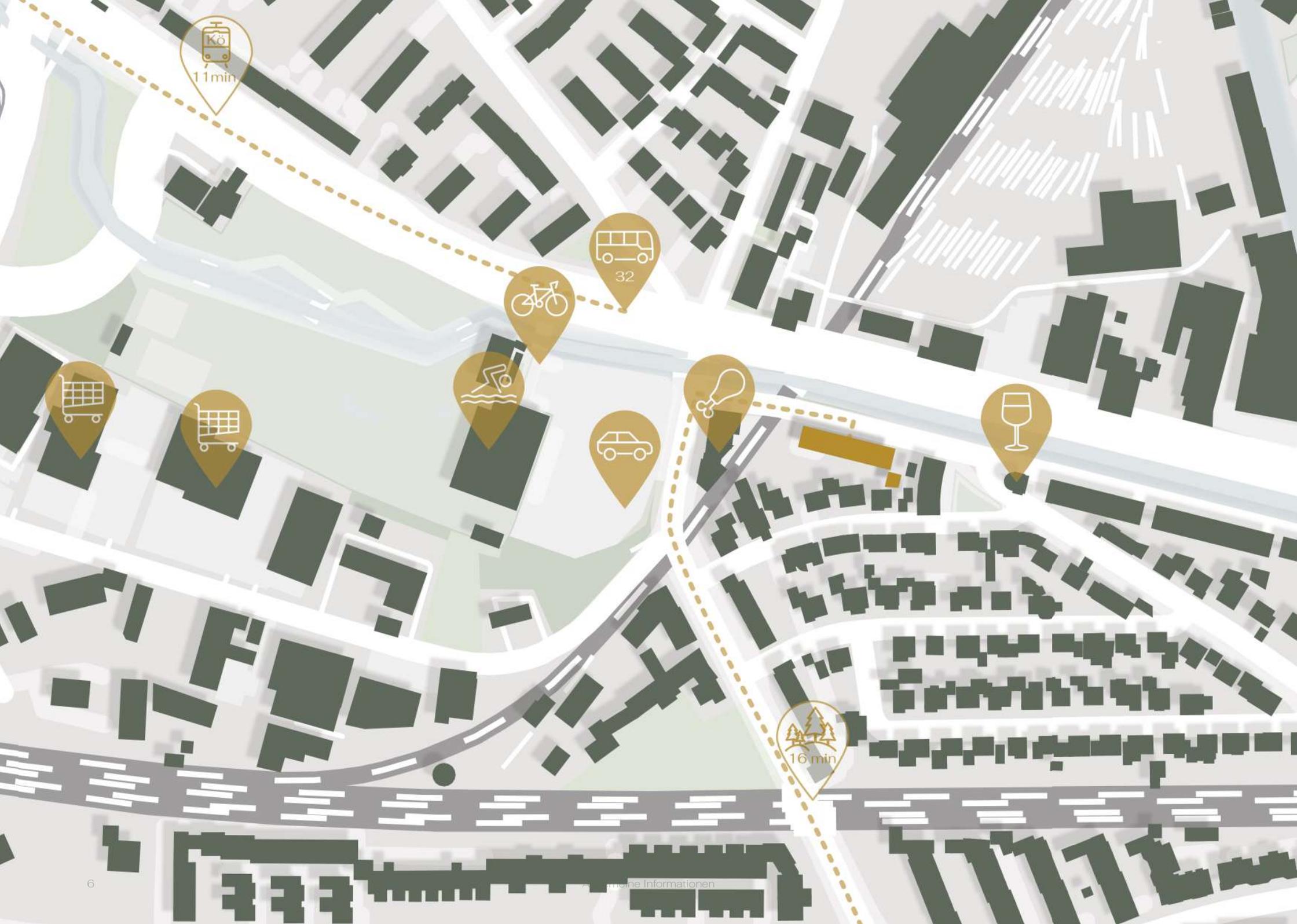
Grundstücksgröße: ca. 2700 m²



3 Geschosse (+ KG + DG)
b 10 m
l 53,85 m
h 14,25 m



24 Wohneinheiten



11min

32

16min

1.2 LÄRM / SCHALLSCHUTZ

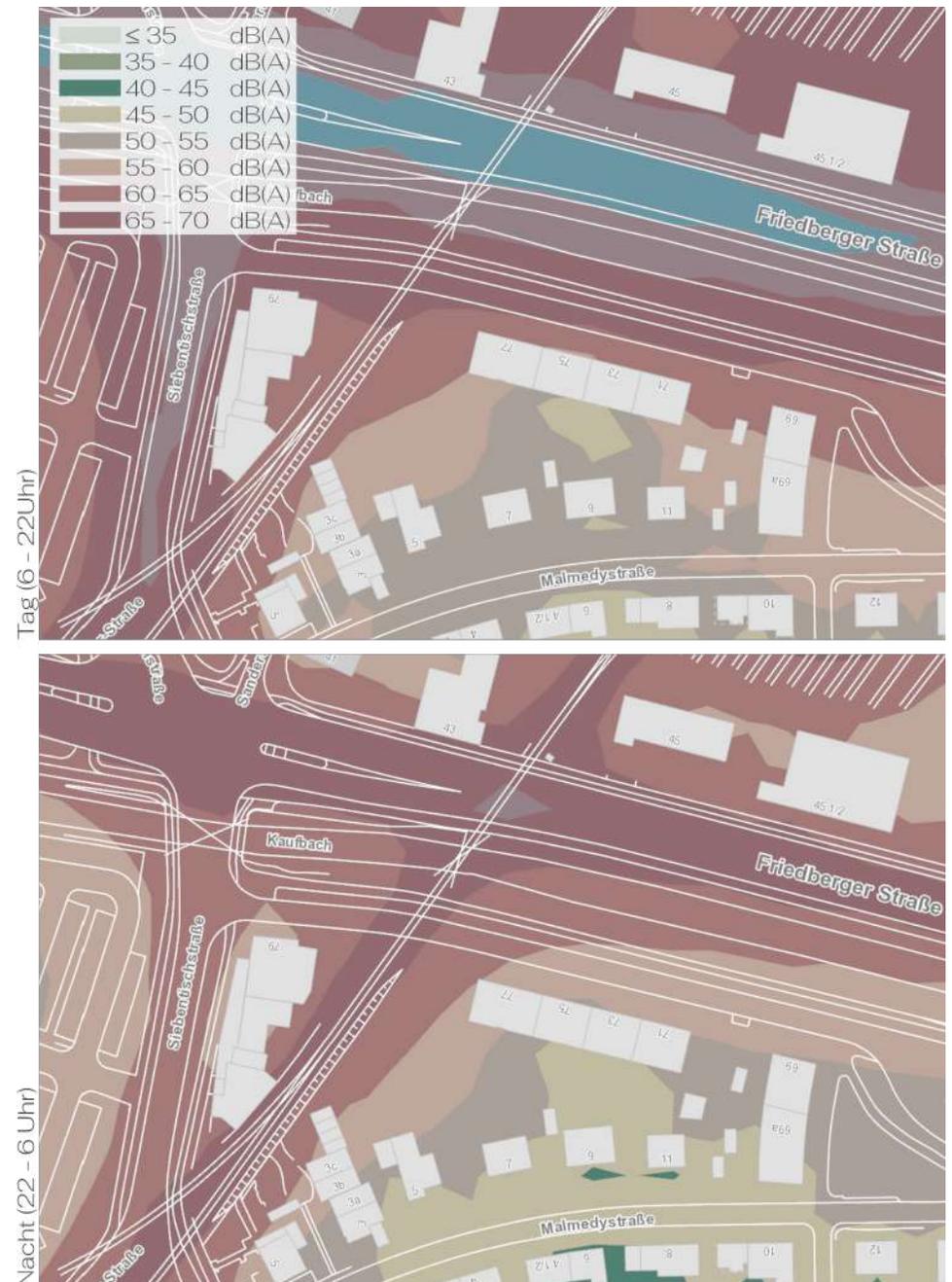
Das betrachtete Gebäude liegt nahe der viel befahrenen, vierspurigen Friedberger Straße, und an einer Bahnstrecke, die für Gütertransport verwendet wird.

Laut Angaben der Bewohner des Gebäudes ist der Lärm sehr störend und beeinflusst sogar ihre Schlafqualität. Als besonders störend wurde das Hupen der Güterzüge vor den unbeschränkten Bahnübergängen (laut der Bewohner alle zwei Stunden) über die Gentnerstraße und die Siebentischstraße hervorgehoben.

Schalldruckpegel

Wie auf den Lärmkarten der Stadt Augsburg erkennbar ist, liegt der gesamte Schalldruckpegel tagüber bei 60 - 65 dB(A) und nachts bei 55 - 60 dB(A). Beide Werte liegen nahe beisammen und entsprechen ungefähr der Lautstärke einer normalen Konversation.

Vergleicht man diese Werte mit Empfehlungswerten, lässt sich schnell herausfinden, dass es am Gebäude zu laut ist. Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt einen maximalen Tageswert von 53 dB(A), nachts 45 dB(A). Die Orientierungswerte nach DIN 1805 Teil 1 Beiblatt 1 „Schallschutz im Städtebau“ sind sogar noch geringer und liegen tags bei 50 dB(A) und nachts bei 40 dB(A).



Gesundheitliche Folgen

Der Lärm hat nicht nur einen negativen Einfluss auf das subjektive Wohnbefinden und die Lebensqualität, durch ihn werden auch Stresshormone ausgeschüttet, die Kreislauf- und Stoffwechelvorgänge stören können. Manche dieser Folgen sind nur temporär, jedoch hat vor allem dauerhafte Lärmbelästigung wie sie bei den Bewohnern des Wohnblocks an der Gentnerstraße vorliegt, erst zu nehmende gesundheitliche Folgen.

Es können sowohl körperliche Beschwerden, wie Gehörschäfen, Herz-Kreislaufkrankungen, Bluthochdruck und Herzkrankheiten (z.B. Herzinfarkt) als auch psychische Krankheiten auftreten, unter anderem Depressionen und Angststörungen.

Ab einem Dauerschallpegel von 59,3 dB(A) wird laut der WHO das relative Risiko von 5% an einer ischämischen Herzerkrankung zu erkranken überschritten.

Lösungsansatz

Allgemein gilt der Ansatz den Lärm am besten direkt an der Quelle zu reduzieren. Dies könnte durch den Einsatz von lärmindernden Reifen oder/und Fahrbahnbelägen erfolgen, jedoch wäre auch eine Reduktion des Verkehrs an sich sehr sinnvoll.

Ein weiterer Ansatz wäre Schallschirmung, bei dem die Ausbreitung des Schalls durch massive Hindernisse beeinflusst wird und ein Schallschatten dahinter entsteht. Am besten wirkt sie, wenn sie möglichst nah an der Lärmquelle errichtet wird.

Die Bäume und Bepflanzung des Ufers des Kaufbachs zwischen der Friedberger Straße und der Gentnerstraße bringen leider kaum eine Minderung des Schalldruckpegels,

erst bei einem 100m dicken, dichten Wandstreifen mit dichtem Unterholz kann eine Minderung um 5-10 dB erreicht werden. Dies jedoch auch nur, wenn die Pflanzen ihr Laub tragen, also nicht im Herbst, Winter und Frühling.

Eine Schallschutzwand kann ohne Fällen der Bäume am Kaufbach nicht errichtet werden. Eine weitere Möglichkeit zur Schallschirmung wäre ein Wall, jedoch hat dieser noch mehr Flächenverbrauch als eine Wand und kann somit sofort ausgeschlossen werden.

Die Lärmbelästigung durch das Hupen des Schienenverkehrs könnte durch eine Beschränkung der Übergänge reduziert werden, dafür sind Bahn, Straßenbaulastträger und Bund gemeinsam verantwortlich.

Quellen

- <https://geoportal.augsburg.de/WebDaten/synserver?client=core&project=llis> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- https://www.deutschebahn.com/resource/blob/1173478/a757432042a02482d4c66fcbec61e5bf/FAQ_bahnuebergang-data.pdf (Aufgerufen am 18.12.2023)
- https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190805_uba_pos_who_umgebungslarm_bf_0.pdf (Aufgerufen am 18.12.2023)
- https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_37_laerm_wohnen_arbeit_freizeit.pdf (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=71&p2=7.1.6> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://www.akustikform.ch/raumakustik/dezibel-skala> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://www.health.belgium.be/de/erlaeuterungen-zu-technischen-begriffen-ueber-schall> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://de.blog.echobarrier.com/blog/the-decibel-scale-explained> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://www.akustikwissen.ch/raumakustik/dezibel-skala> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://de.dreamstime.com/die-dezibel-skala-image102089548> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://www.umweltbundesamt.de/themen/laerm/laermwirkungen#larmwirkungen-auf-tiere> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/verkehrslaerm-kann-risiko-fuer-depressionen> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://www.umweltbundesamt.de/themen/laerm/laermwirkungen/laermbelaestigung> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Akustik> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://www.baunetzwissen.de/bauphysik/fachwissen/schallschutz/akustische-begriffe-frequenz-und-schallwellenlaenge-6433010> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Stra%C3%9Fenverkehrs%C3%A4rm#Antriebsger%C3%A4usche> (Aufgerufen am 18.12.2023)
- https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_37_laerm_wohnen_arbeit_freizeit.pdf (Aufgerufen am 18.12.2023)



02

BESTANDSPLÄNE,
BESTANDSANALYSE

2.1 BESTANDSUNTERLAGEN

Die Bestandspläne sind aus den Jahren 1935 und 1936. Sie sind von Hand gezeichnet, wodurch die Ermittlung fehlender Maße durch Herausschneiden aus den Plänen erschwert wurde.

Maßunstimmigkeiten

In den Maßketten herrschen Unstimmigkeiten, die Innenmaßketten ergeben teils nicht das Außenmaß. Bei der Aufbereitung der Pläne wurde versucht, die angegebenen Maße so gut wie möglich einzuhalten, hierbei wurden vor allem die Außenmaße des Gebäudes (Länge 53,85m, Breite 10m) eingehalten. Vor der Sanierung müssen jedoch alle Maße und deren Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Gebäude geprüft werden, um einen reibungsfreien Bauablauf garantieren zu können.

Bauteilaufbauten

Auch die Bauteilaufbauten müssen detailliert geprüft und dokumentiert werden, vor allem betrifft dies die Deckenkonstruktionen und -aufbauten.

Die Deckenbalken der Holzbalkendecken sind im Erdgeschoss und 1. Obergeschoss nicht sichtbar, da sie sich über einer abgehängten Decke befinden. Die konkrete Lage der Balken muss vor dem Baubeginn durch Öffnen der Decke geprüft werden, da sie auch nach der Sanierung ihre tragende Funktion behalten, jedoch in manchen Bereichen verändert werden sollen, um weitere Deckendurchbrüche zu ermöglichen.

Auch die Deckenbeläge und -bekleidungen sollten durch Öffnen dieser korrekt festgestellt werden. Sie sind nicht in den Bestandsplänen verzeichnet, da sie wahrscheinlich erst in den Jahren nach dem Bau des Gebäudes hinzugefügt wurden, das konkrete Datum hierfür ist unbekannt. Da die

Deckenbeläge und -bekleidungen während der Sanierung ausgetauscht und erneuert werden, sind diese Angaben vor allem für die Ökobilanz wichtig.

Zu den Deckenkonstruktionen der Kellerdecke und der Decke des 2. Obergeschosses gibt es keine weiteren Angaben, außer dass sie aus Beton bestehen. Es wird angenommen, dass es sich bei beiden um Stahlsteindecken mit Hohlsteinen handelt, sie sehen von Außen wie eine massive Stahlbetondecke aus, sodass auch der korrekte Aufbau dieser Decken erst durch eine Öffnung bestätigt werden kann.

Grund für diese Vermutung ist das Baualter des Gebäudes. Da die Deckenkonstruktionen auch nur eine geringe Höhe von ca. 15cm und 20cm (Dicke aus den Bestandsplänen geschätzt) haben, können manche Stahlsteindeckenarten ausgeschlossen werden. Eine Auswahl möglicher Konstruktionen stellen die Abbildungen rechts dar.

Von den Kellerwänden und der Bodenplatte wird vermutet, dass diese unbewehrt sind.

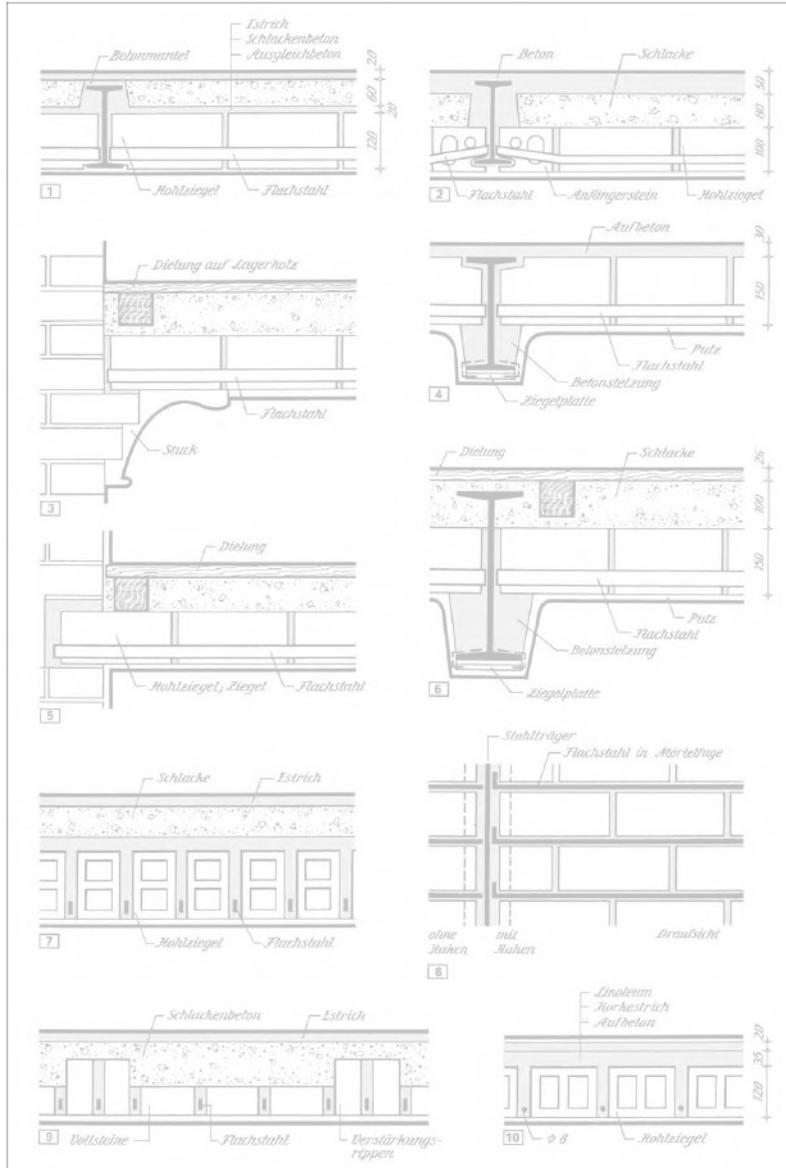
Das Vorhandensein, die Lage und Größe der Fundamente muss überprüft werden, da dies für die Standsicherheit des Bestandgebäudes relevant ist.

Zu nicht aus den Plänen ablesbaren Aufbauten wurden Annahmen getroffen.



IFC Modell Bestand

<https://service.usbim.com/link/goZCQi5fhmk96ijlydlyKCZJ2>

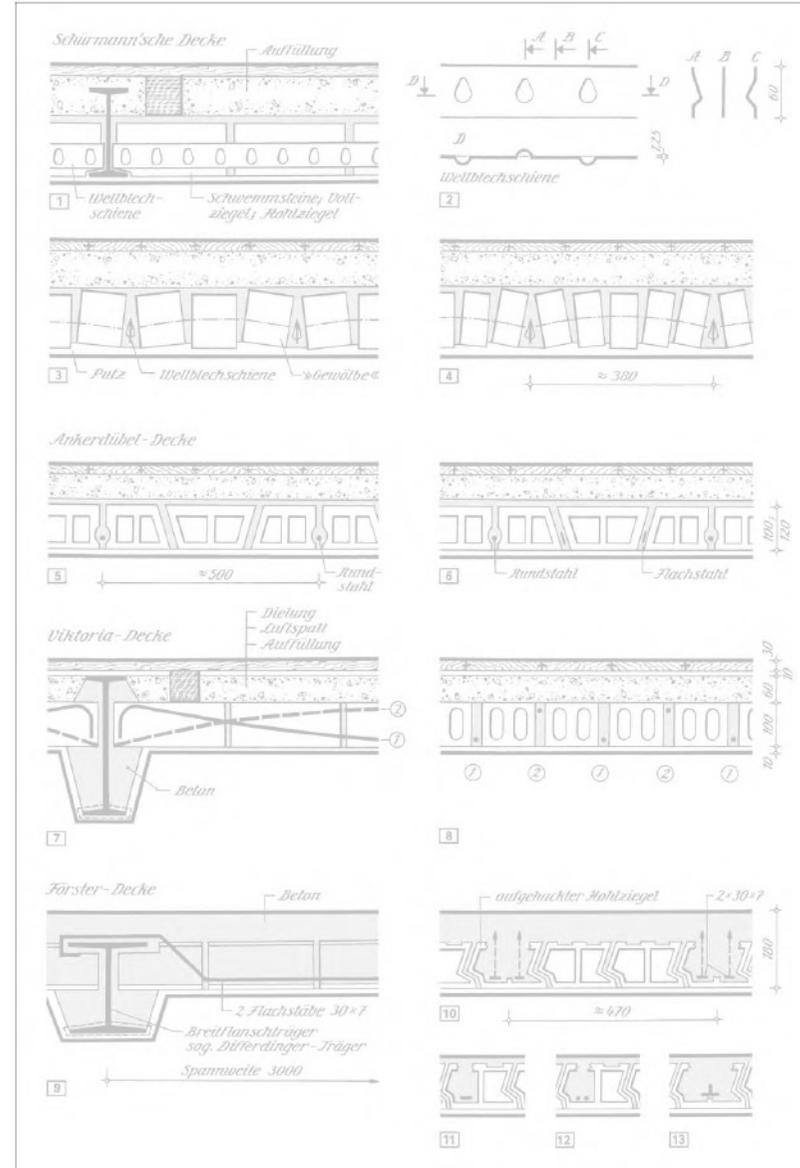


Tafel 24

ANKER/KRAUSSE
Typ Bauwerkszeichnungen

Kleine'sche Decken

Dieses eBook ist lizenziert für HS Augsburg
Alle Rechte vorbehalten. © Beuth Verlag, Download vom 17.09.2012 15:27, www.wiso-net.de



Tafel 25

ANKER/KRAUSSE
Typ Bauwerkszeichnungen

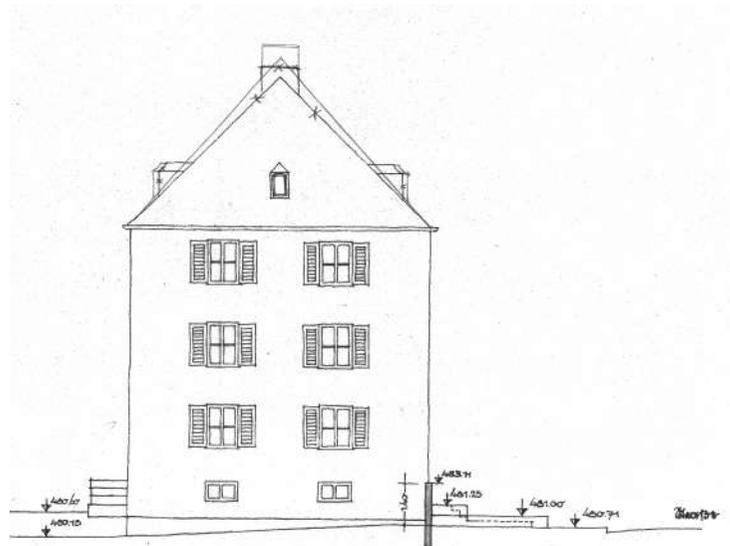
Eisensteindecken vor 1936 I

Dieses eBook ist lizenziert für HS Augsburg
Alle Rechte vorbehalten. © Beuth Verlag, Download vom 17.09.2012 15:27, www.wiso-net.de

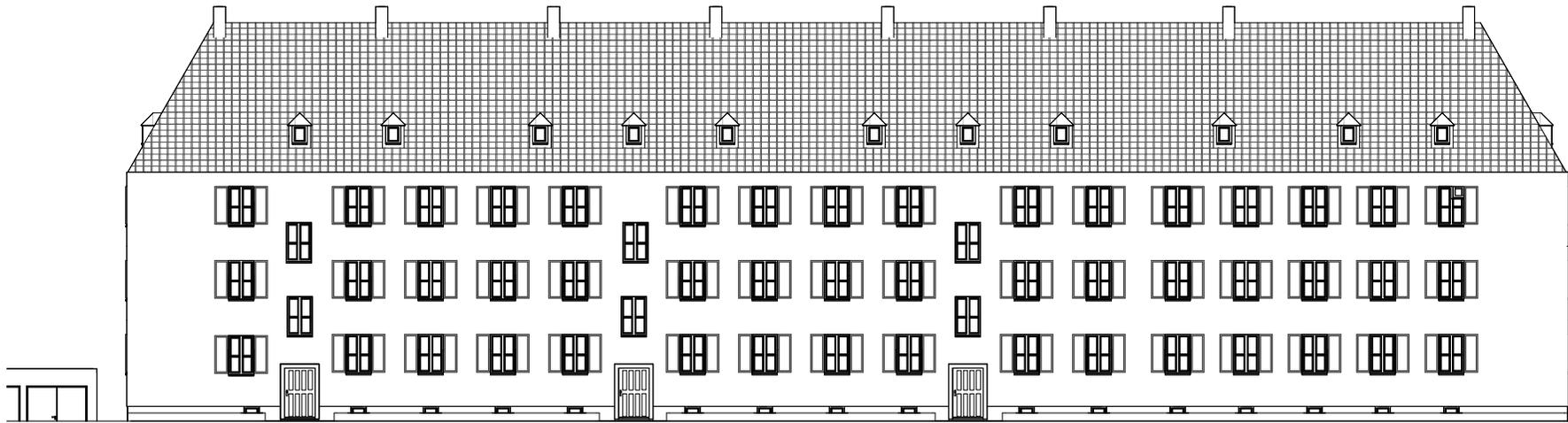
2.2 BESTANDSPLÄNE

2.2.1 ANSICHTEN

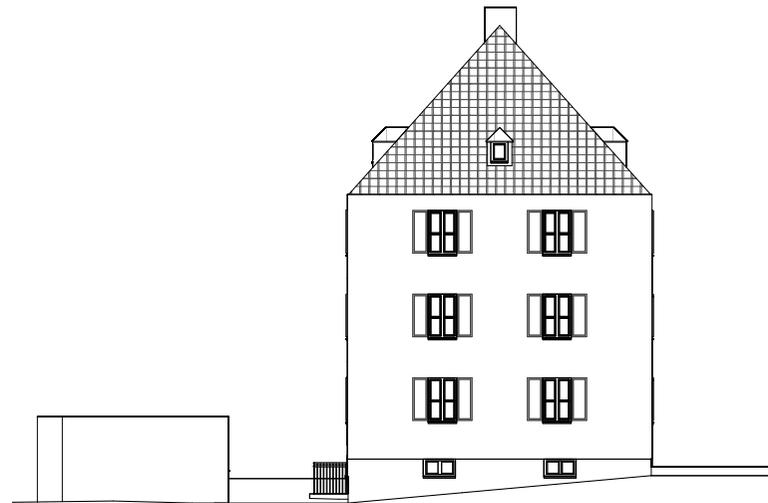
Keine Nord-Ansicht von 1936 vorhanden.



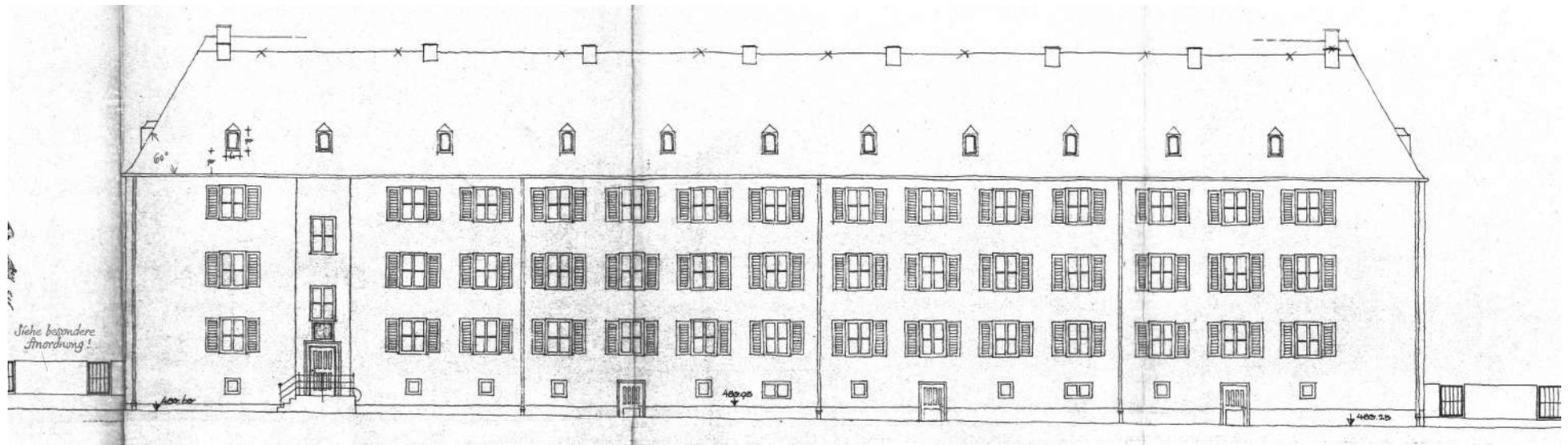
Ansicht Ost, Original Bestandsplan 1936, M 1:250



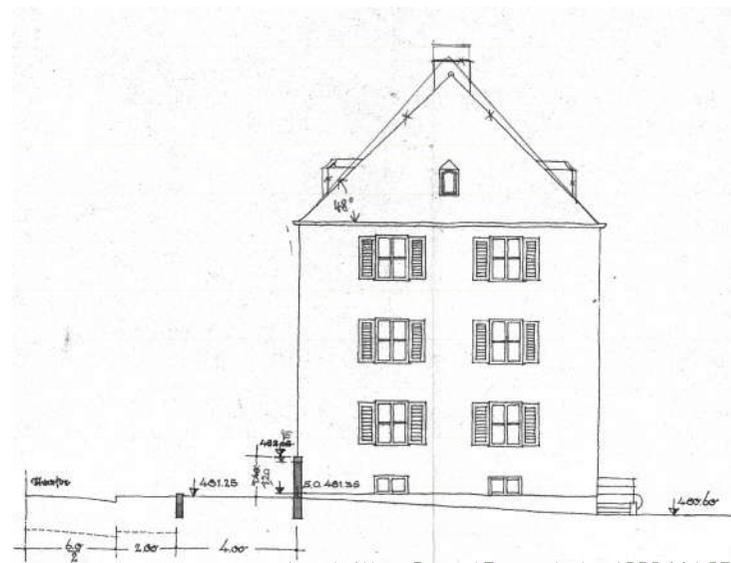
Ansicht Nord, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:250



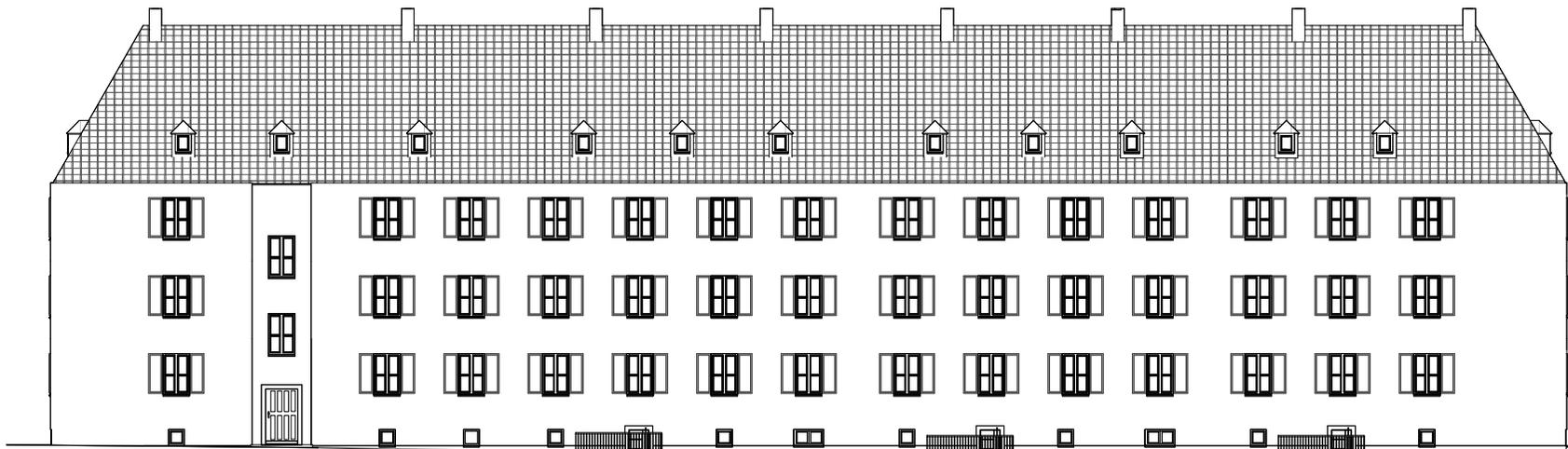
Ansicht Ost, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:250



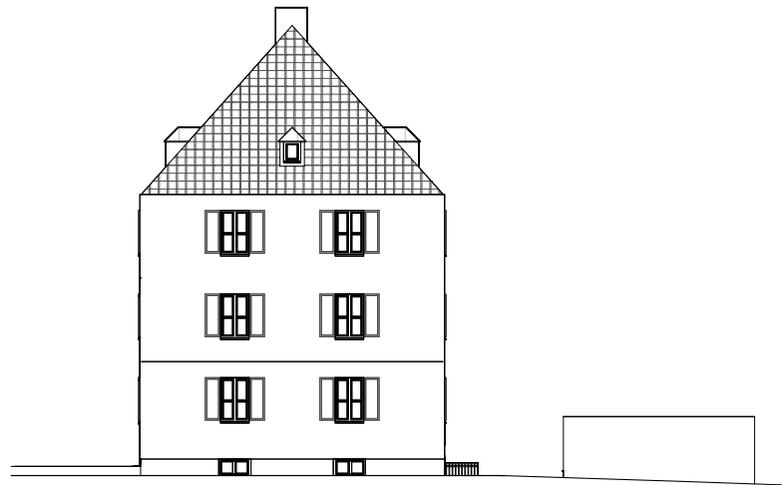
Ansicht Nord, Original Bestandsplan 1936, M 1:250



Ansicht West, Original Bestandsplan 1936, M 1:250

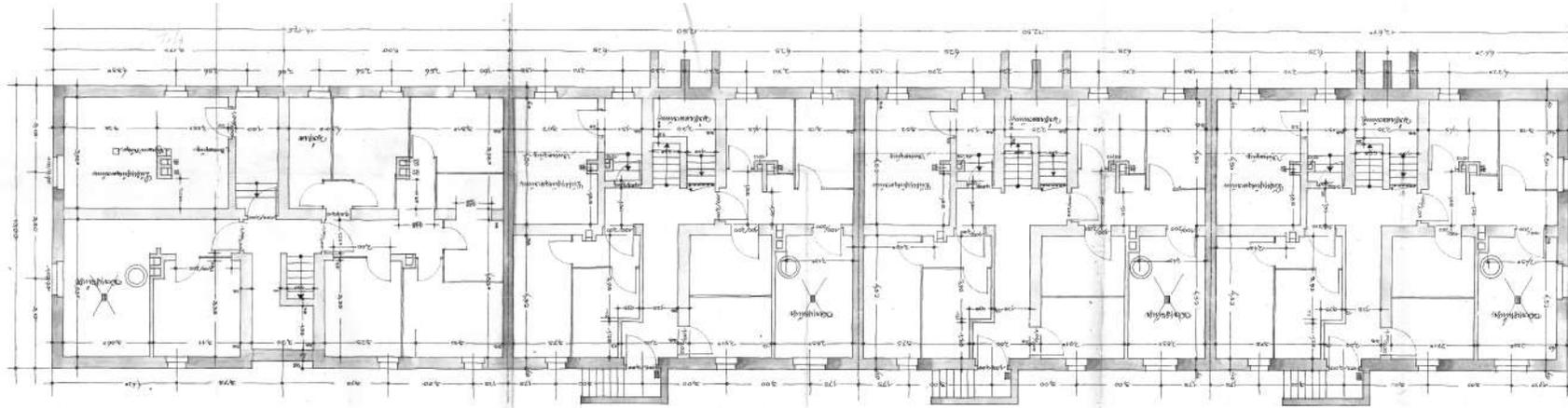


Ansicht Süd, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:250

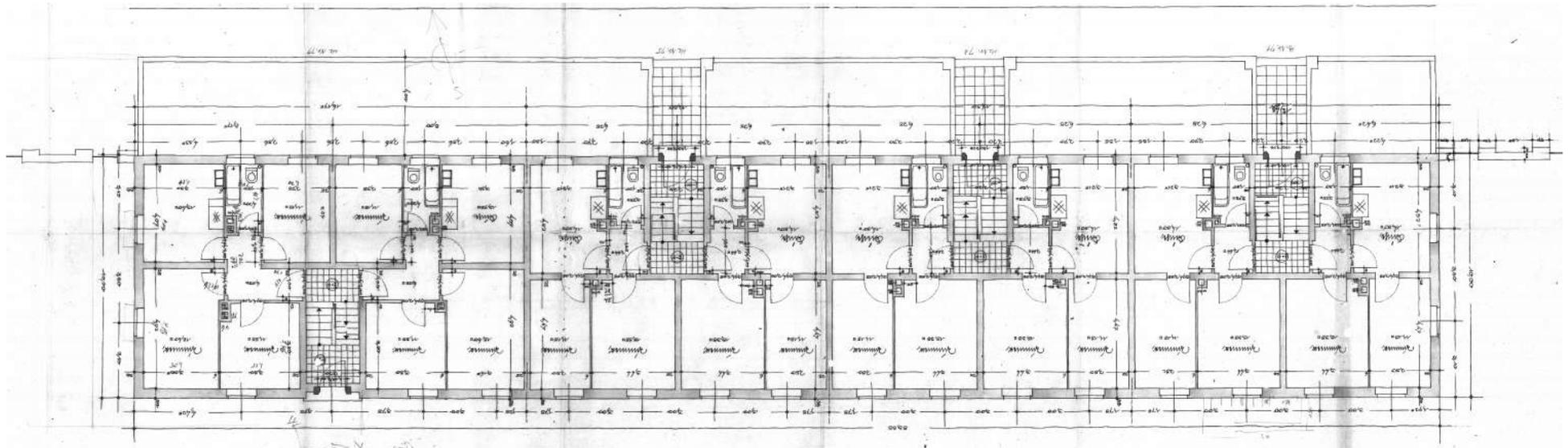


Ansicht West, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:250

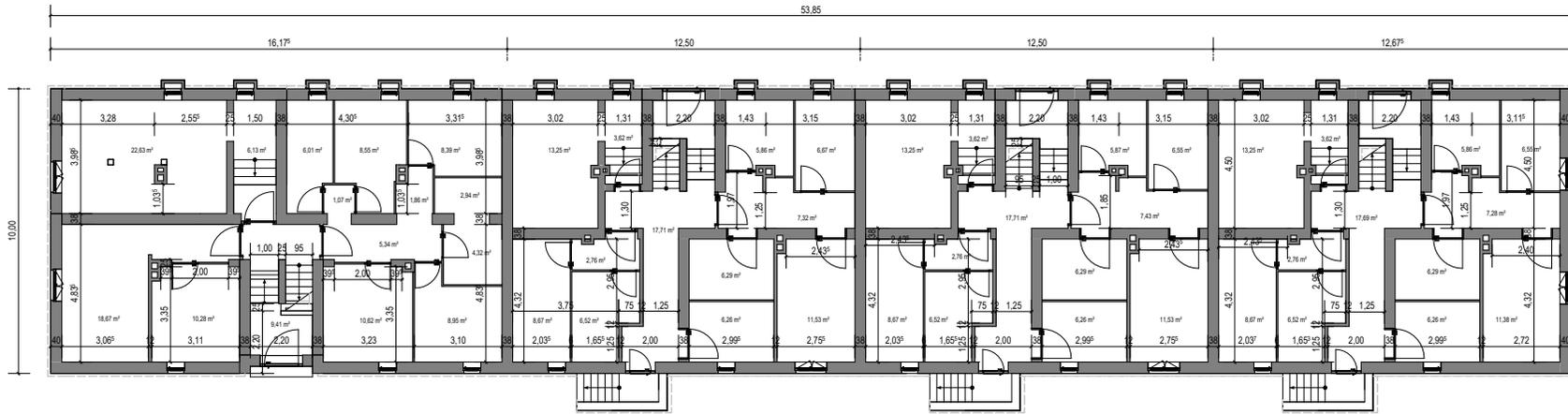
2.2.2 GRUNDRISSSE



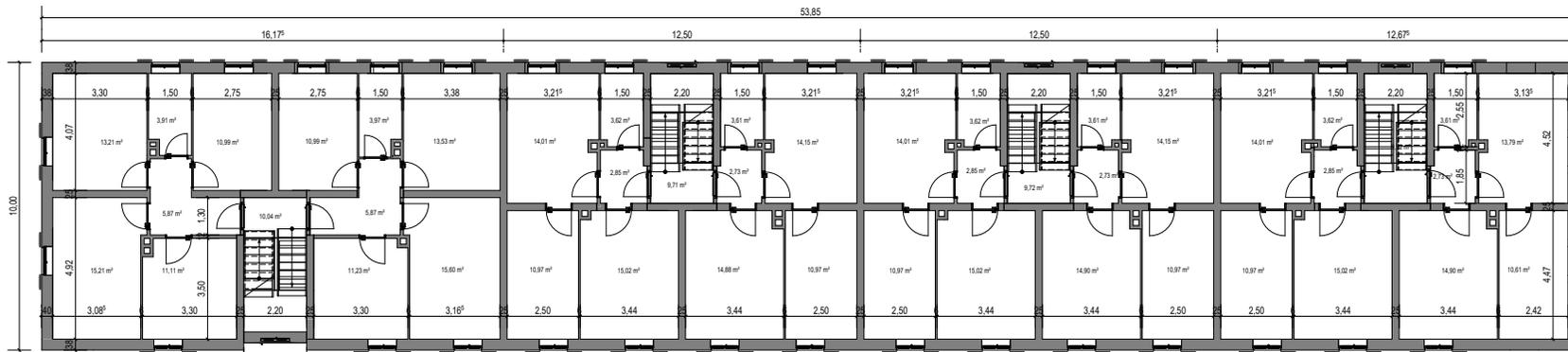
Grundriss KG, Original Bestandsplan 1936, M 1:250



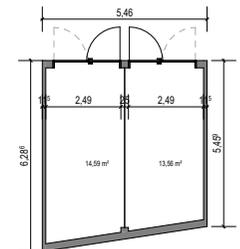
Grundriss EG, Original Bestandsplan 1936, M 1:250

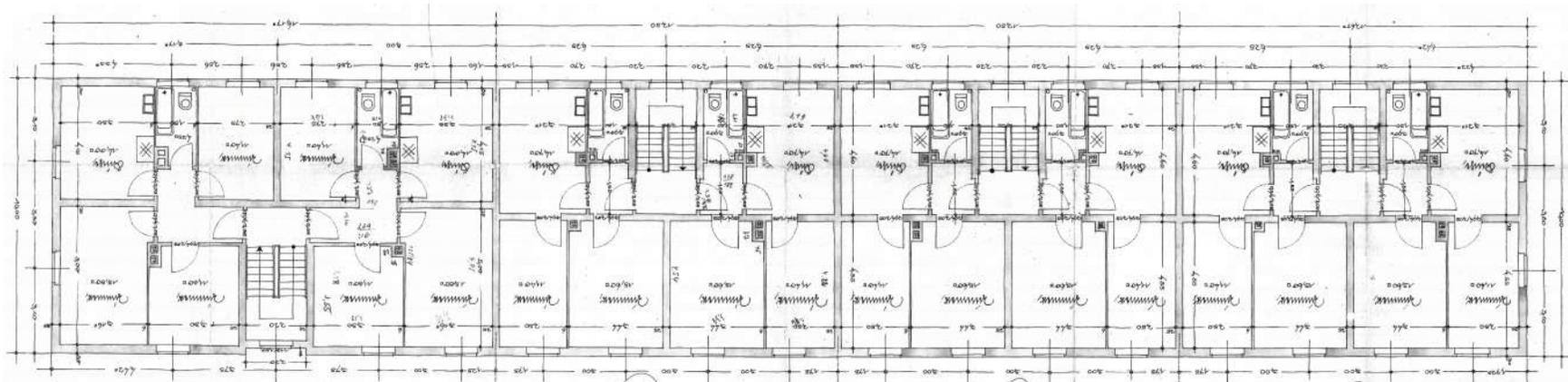


Grundriss KG, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:250

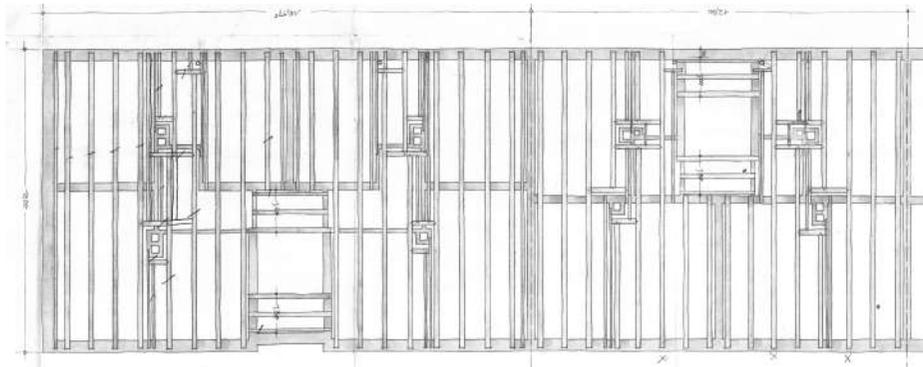


Grundriss EG + Garage, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:250

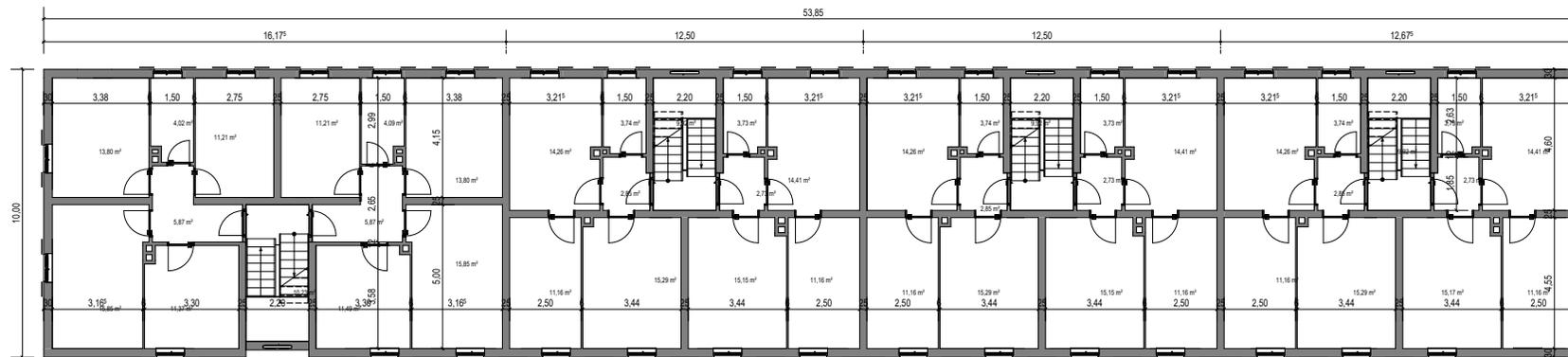




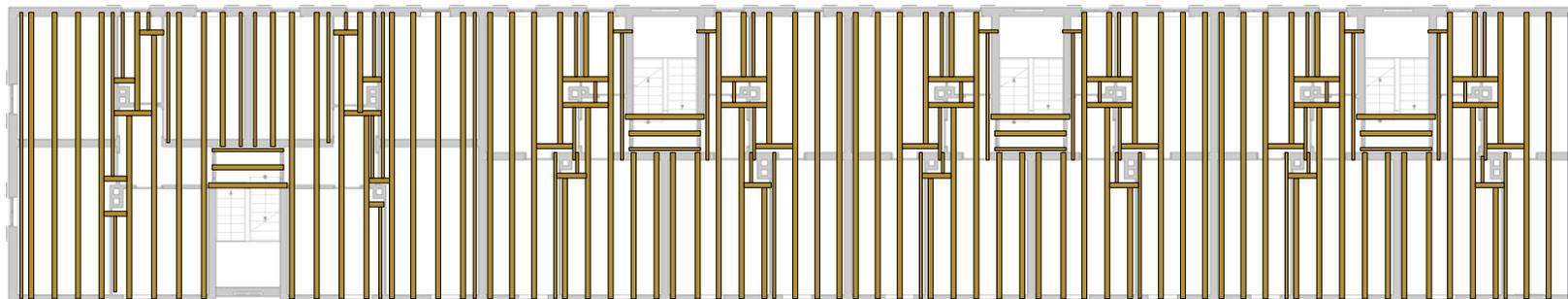
Grundriss 1. & 2. OG, Original Bestandsplan 1936, M 1:250



Grundriss Balkenlage, Original Bestandsplan 1936, M 1:250

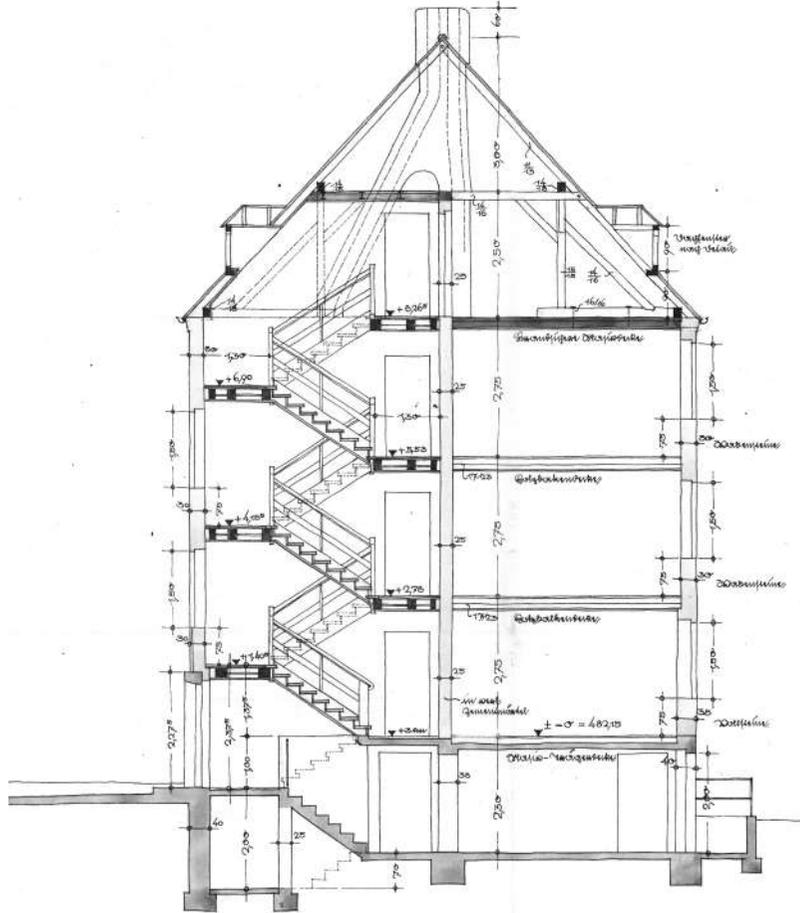


Grundriss 1. & 2. OG, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:250

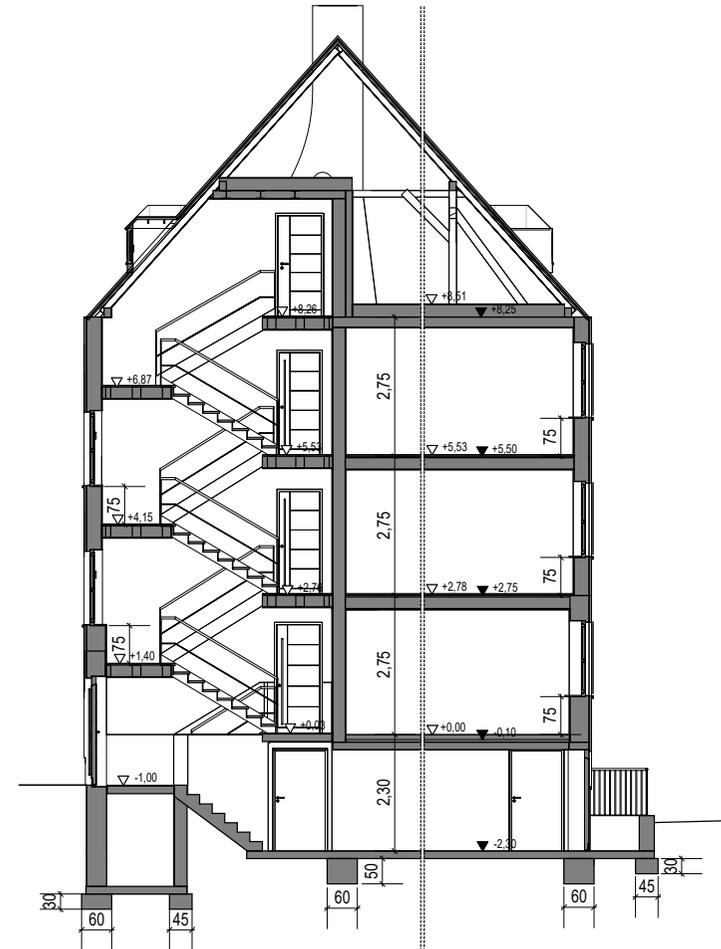


Grundriss Balkenlage, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:250

2.2.3 SCHNITT



Schnitt quer, Original Bestandsplan 1936, M 1:150

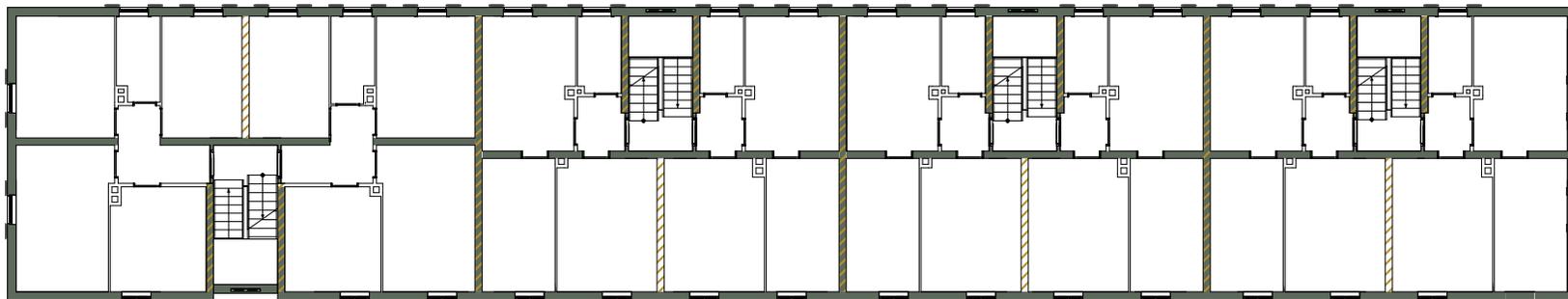


Schnitt quer, Digitalisierter Bestandsplan, M 1:150

2.3 LASTABTRAG

Bei möglichen Umbaumaßnahmen des Bestands muss der Lastabtrag und die Aussteifung des Bestands weiterhin sichergestellt werden. Deshalb wurde zunächst ermittelt welche Wände davon betroffen sind und dahernicht ohne Schwierigkeiten entfernt werden können.

■ Tragende Wände // Innere aussteifende Wände



Lastabtrag anhand des OGs, M 1:250

2.4 BAUTEILE - RESTLEBENSDAUER, ABNUTZUNGSVORRAT

Vorgehensweise

Im ersten Schritt wurde eine Bewertung der Restlebensdauer anhand der Mittelwerte der „Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen der Kostengruppe 300, 400 und 500 nach Din 276-1“ (Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), 2009-10-20) vorgenommen.

Da die meisten Bauteile ihre berechnete Lebensdauer überschritten haben, jedoch ihr Abnutzungsvorrat (Bewertungssystem von IP Bau, beschrieben in „Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten“, 1994-12-01) noch nicht aufgebraucht ist, wurde er in einem weiteren Schritt durch optische Begutachtung beurteilt.

Anhand dieser Informationen wurde entschieden, ob ein Austausch des betrachteten Bauteils notwendig ist. Somit kann verhindert werden, dass noch leistungsfähige Bauteile ersetzt werden müssen, wodurch graue Energie eingespart werden kann. Die Beurteilung bezieht sich allein auf den Zustand der Bauteile und beachtet keine energetischen Aspekte.

Um die Funktionstüchtigkeit tragender Bauteile sicher nachweisen zu können, wäre im weiteren Schritt die Erstellung eines statischen Gutachtens empfehlenswert.

Es wurden nur die Bauteile betrachtet, die im Dokument des IP Bau empfohlen werden.

Übersicht über die betrachteten Bauteile

2.4.1	Fundamente.....	24
2.4.2	Kellerboden.....	25
2.4.3	Außenwand Ziegel.....	26
2.4.4	Außenwand Beton.....	27
2.4.5	Fenster - EG, OG.....	28
2.4.6	Fenster - KG.....	31
2.4.7	Außentür.....	32
2.4.8	Außenputz.....	33
2.4.9	Fensterläden.....	34
2.4.10	Tragende Innenwände Ziegel.....	35
2.4.11	Holzbalkendecke.....	36
2.4.12	Betondecke.....	37
2.4.13	Deckenbelag Linoleum.....	38
2.4.14	Dachstuhl.....	39
2.4.15	Dachabdichtung.....	40
2.4.16	Dachziegel.....	41
2.4.17	Regenrinne, Regenfallrohr.....	42

Quellen

- Impulsprogramm IP Bau - Bundesamt für Konjunkturfragen (1994). Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten - Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2009). Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen der Kostengruppen 300, 400 und 500 nach DIN 276-1.

2.4.1 FUNDAMENTE

<i>Kostengruppe</i>	322 Flachgründungen - Einzel- und Streifenfundament, Beton, Stahlbeton
<i>Funktion</i>	Tragwerk
<i>Lebensdauer</i>	Min 80 Mittel 100 Max 150
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	13 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	Keine Aussage treffbar
<i>Austausch</i>	Keine Aussage treffbar

Erläuterung

Laut einem Bestandsschnitt von 1936 sind Fundamente vorhanden, die Breite ist dort auch angegeben. Ob diese Angaben stimmen, muss durch Abgrabungen geprüft werden. Erst dann können Aussagen über den Zustand und eine möglicherweise notwendige Ertüchtigung der Fundamente getroffen werden.

2.4.2 KELLERBODEN

<i>Kostengruppe</i>	331 Unterböden und Bodenplatten - Betondecke
<i>Funktion</i>	Gebäudeabschluss
<i>Lebensdauer</i>	Min 80 Mittel 100 Max 120
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	13 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	Keine Aussage treffbar
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Der Beton ist wahrscheinlich unbewehrt und weist teils starkt Wasserschäden auf, die daher kommen, dass unter der Bodenplatte sehr wahrscheinlich keine Abdichtung vorhanden ist. Dies ist ein hauptsächlich optischer Mangel. Die Schäden treten vor allem in den tiefer gelegenen Kellerräumen auf, da besonders dort das Wasser bei Starkregenereignissen steht.

Im Rahmen der Kellersanierung und Abdichtung muss die Bodenoberfläche abgeschliffen werden, um eine Kunststoffabdichtung anbringen zu können. Die optisch beschädigte Oberfläche wird somit überdeckt.



25



Bestandspläne, Bestandsanalyse

2.4.3 AUSSENWAND ZIEGEL

<i>Kostengruppe</i>	331 Tragende Außenwände - monolithisch Wandaufbau, Hochlochziegel
<i>Funktion</i>	Tragwerk, Wärmeschutz
<i>Lebensdauer</i>	Min 50 Mittel 90 Max 150
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	3 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	Keine Aussage treffbar
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Es wird davon ausgegangen, dass die Ziegel-Außenwände keine maßgeblichen Schäden aufweisen, da auch der Außenputz kaum Schäden aufweist. Jedoch muss diese Vermutung bestätigt werden, da der Zustand der Wände maßgebend für die Standsicherheit des Gebäudes ist.

An der nord-westlichen Gebäudeecke ist der Putz abgeplatzt und Moosbildung erkennbar, was darauf schließen lässt, dass die angrenzende Gartenwand einen Feuchtigkeitsantrieb in diesem Bereich bewirkt und es eine kapillare Feuchtigkeitsleitung nach oben gibt. Da unter der abgeplatzten Putzschicht eine weitere unbeschädigte Schicht zu sehen ist, wird davon ausgegangen, dass es sich nur um oberflächliche Schäden handelt.

Auf der Südseite des Gebäudes, relativ mittig, befindet sich ein Loch, dessen Tiefe darauf schließen lässt, dass es nicht nur im Verputz ist, sondern auch die tragende Ziegelwand betrifft. Hier könnte Feuchte in die Wand eindringen.

Es wird jedoch angenommen, dass das Loch die Funktion der Wand in keiner Form schädigt. Für die Sanierung würde es sich jedoch empfehlen es zu schließen.



Bestandspläne, Bestandsanalyse



2.4.4 AUSSENWAND BETON

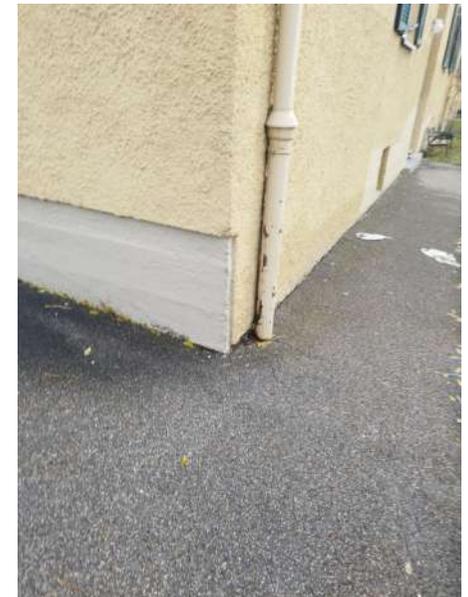
<i>Kostengruppe</i>	331 Tragende Außenwände - monolithischer Wandaufbau, Leichtbeton
<i>Funktion</i>	Tragwerk, Wärmeschutz
<i>Lebensdauer</i>	Min 50 Mittel 80 Max 100
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	-7 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.7
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Die Außenwände aus Beton sind vor allem vom Kellergeschoss auch sichtbar, teils sind hier deutliche Wasserschäden erkennbar, teils löst sich der Innenputz von der Wand.

Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Tragfähigkeit der Wände nicht beeinträchtigt wurde und die Schäden hauptsächlich den Verputz betreffen.

Von Außen können keine erheblichen Schäden festgestellt werden.



2.4.5 FENSTER - EG, OG

Kostengruppe	334 Außentüren und -fenster - Beschläge, Dehkippsbeschläge
Funktion	Öffnung
Lebensdauer	Min 20 Mittel 25 Max 35
Einbaujahr	2008
Restlebensdauer	10 Jahre
Abnutzungsvorrat	0.8
Austausch	Nein

Kostengruppe	334 Außentüren und -fenster - Dichtungen, Flügeldichtungsprofile
Funktion	Witterungsschutz, Wärmeschutz
Lebensdauer	Min 15 Mittel 18 Max 25
Einbaujahr	2008
Restlebensdauer	3 Jahre
Abnutzungsvorrat	0.8
Austausch	Nein

Kostengruppe	334 Außentüren und -fenster - Dichtungen, Glasabdichtung durch Dichtprofile
Funktion	Witterungsschutz, Wärmeschutz
Lebensdauer	Min 15 Mittel 20 Max 30
Einbaujahr	2008
Restlebensdauer	5 Jahre
Abnutzungsvorrat	0.8
Austausch	Nein

Kostengruppe	334 Außentüren und -fenster - Fensterbänke, außen, Aluminium
Funktion	Witterungsschutz, Feuchteschutz
Lebensdauer	Min 35 Mittel 50 Max 60
Einbaujahr	2008
Restlebensdauer	35 Jahre
Abnutzungsvorrat	0.8
Austausch	Nein

Kostengruppe	334 Außentüren und -fenster - Fensterbänke, innen, Naturstein
Funktion	Bauteilabschluss
Lebensdauer	Min 80 Mittel 100 Max 150
Einbaujahr	2008
Restlebensdauer	85 Jahre
Abnutzungsvorrat	0.8
Austausch	Nein

Kostengruppe	334 Außentüren und -fenster - Rahmen und Flügel, Kunststoff
Funktion	Witterungsschutz, Wärmeschutz
Lebensdauer	Min 30 Mittel 40 Max 50
Einbaujahr	2008
Restlebensdauer	25 Jahre
Abnutzungsvorrat	0.8
Austausch	Nein

Kostengruppe	334 Außentüren und -fenster - Verglasung, 2-Scheiben-Wärmeschutz-Isolierglas
Funktion	Witterungsschutz, Wärmeschutz, Ausblick
Lebensdauer	Min 20 Mittel 30 Max 40
Einbaujahr	2008
Restlebensdauer	15 Jahre
Abnutzungsvorrat	0.8
Austausch	Nein

Erläuterung

Die Fenster im Erdgeschoss und in den Obergeschossen sind offensichtlich nicht mehr die, die 1936 eingebaut wurden. Eine Bewohnerin des Wohnblocks, die seit 13 Jahre dort lebt, berichtete, dass während dieser Zeit keine Fenster ausgetauscht wurden. Für die Bewertung des Bauteils wird vermutet, dass die Fenster ca. 2008 ausgetauscht wurden. Alle Fensterkomponenten sind in einem sehr guten Zustand und müssten nicht ausgetauscht werden. Im Rahmen der Sanierung und der seriellen Fassadensanierung werden sie jedoch durch 3 Scheiben-Fenster ersetzt.



2.4.6 FENSTER - KG

<i>Kostengruppe</i>	334 Außentüren und -fenster - Rahmen und Flügel, Hartholz, behandelt
<i>Funktion</i>	Witterungsschutz, Wärmeschutz
<i>Lebensdauer</i>	Min 30 Mittel 50 Max 60
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	-37 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.3
<i>Austausch</i>	Ja



<i>Kostengruppe</i>	334 Außentüren und -fenster - Verglasung, Einfachverglasung
<i>Funktion</i>	Witterungsschutz, Wärmeschutz, Ausblick
<i>Lebensdauer</i>	Min 60 Mittel 80 Max 100
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	-7 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.5
<i>Austausch</i>	Ja



Erläuterung

Die Kellerfenster sind soweit beurteilbar voll funktionstüchtig, jedoch weisen sie für die Einbaudauer normale Gebrauchsspuren auf. Die Glasscheiben sind nicht beschädigt. Die Rahmen sind teils mit Wandfarbe übermalt.

Da die Fenster jedoch in jedem Fall (Keller innerhalb oder außerhalb der thermischen Hülle) die Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle beeinflussen (direkt, oder bei der unterseitigen Dämmung der Kellerdecke als Wärmebrücke), wird dringend geraten, sie durch solche mit einem besseren Wärmedurchgangskoeffizient zu ersetzen.

2.4.7 AUSSENTÜR

<i>Kostengruppe</i>	334 Außentüren und -fenster - Standardtüren Hartholz
<i>Funktion</i>	Witterungsschutz, Wärmeschutz
<i>Lebensdauer</i>	Min 30 Mittel 50 Max 70
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	-37 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.6
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Es wurde die Annahme getroffen, dass die Türen nicht ausgetauscht wurden, was jedoch nicht sicher gegeben ist. Die Eingangstüren zu den Treppenhäusern sind in einem guten Zustand, die Gasscheiben unbeschädigt, allein das Holz weist kleine Schäden im unteren Bereich auf.



2.4.8 AUSSENPUTZ

<i>Kostengruppe</i>	335 Außenwandbekleidungen, außen - Putz auf monolithischer Tragschicht, Kalkzementmörtel
<i>Funktion</i>	Witterungsschutz
<i>Lebensdauer</i>	Min 30 Mittel 45 Max 60
<i>Einbaujahr</i>	2008
<i>Restlebensdauer</i>	30 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.8
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

An einer Stelle, wo der Putz abgeplatzt ist, lässt sich eine weitere Schicht eines Verputzes erkennen, wodurch deutlich wird, dass es sich bei der sichtbaren Putzschicht nicht um die ca. 1936 aufgetragene handelt.

Das Jahr, in dem die neuste Putzschicht aufgetragen wurde ist unbekannt. Es wird vermutet, dass es gleichzeitig mit dem Austausch der Fenster stattfand, somit wird das Jahr 2008 angenommen.

An der südlichen Fassade befindet sich ein Loch im Putz und an der nord-westlichen Gebäudeecke ist Moosbildung erkennbar.



2.4.9 FENSTERLÄDEN

<i>Kostengruppe</i>	338 Außenwände, sonstiges - Sonnenschutz, außen, beweglich, Kunststoff
<i>Funktion</i>	Sonnenschutz
<i>Lebensdauer</i>	Min 20 Mittel 25 Max 30
<i>Einbaujahr</i>	2008
<i>Restlebensdauer</i>	10 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.9
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Es wird angenommen, dass die Fensterläden im Zuge des Fensteraustausches ersetzt wurden, hierfür spricht auch, dass die Fensterläden am Fensterrahmen befestigt sind.

Die Läden befinden sich in einem sehr guten Zustand



2.4.10 TRAGENDE INNENWÄNDE ZIEGEL

<i>Kostengruppe</i>	341 Tragende Innenwände - Massivbauweise, Hochlochziegel
<i>Funktion</i>	Tragwerk
<i>Lebensdauer</i>	Min 100 Mittel 120 Max 150
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	33 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	Keine Aussage treffbar
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Die tragenden Innenwände sind nur im Keller sichtbar, wo im Bodenbereich der Putz wegen Feuchtigkeit abgeplatzt ist. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Wände in einem guten Zustand befinden, jedoch sollte dies im Rahmen der Sanierung überprüft werden, da sie wichtig für die Statik des Gebäudes sind.



2.4.11 HOLZBALKENDECKE

<i>Kostengruppe</i>	351 Deckenkonstruktionen - Geschossdecken, leichte Konstruktion, Holz-Balkendecke
<i>Funktion</i>	Tragwerk
<i>Lebensdauer</i>	Min 80 Mittel 100 Max 120
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	13 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	Keine Aussage treffbar
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Da die Holzbalkendecken nicht sichtbar sind, kann keine konkrete Aussage über ihren Zustand getroffen werden. Bei der Sanierung müssen die Balken freigelegt und auf mögliche Schäden überprüft werden, jedoch wird davon ausgegangen, dass sie weiter verwendbar sind und notfalls nur einzelne Balken ausgetauscht werden müssen.

2.4.12 BETONDECKE

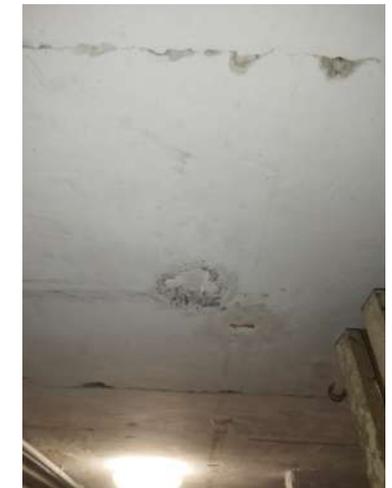
<i>Kostengruppe</i>	351 Deckenkonstruktionen - massive Konstruktion, Stahlsteindecke
<i>Funktion</i>	Tragwerk
<i>Lebensdauer</i>	Min 80 Mittel 100 Max 150
<i>Einbaujahr</i>	2008
<i>Restlebensdauer</i>	13 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	Keine Aussage treffbar
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Wie bereits in Kapitel 2.1 *Bestandsunterlagen* beschrieben, wird vermutet, dass es sich bei der Kellerdecke und der Decke des obersten Geschosses nicht um massive Stahlbetondecken handelt, sondern um Stahlsteindecken. Diese Vermutung konnte jedoch weder aus den Bestandsplänen, noch bei der Bestandsbegehung be- oder widerlegt werden. Die Decken sind im Bestand nicht unbedeckt sichtbar und selbst dann würden sie sich optisch wahrscheinlich nicht von einer massiven Stahlbetondecke unterscheiden.

Die Decke im Kellergeschoss ist an manchen Stellen beschädigt und ausgebessert worden, hier scheinen ebenfalls Feuchteschäden aufgetreten zu sein. Auch Risse sind in der Decke erkennbar. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass sie keine gravierenden Schäden ausweist, weiterhin tragfähig ist und nicht ausgetauscht werden muss.

Die Art der Deckenkonstruktion und ihr Zustand sollte vor /während der Sanierung überprüft werden, um Probleme bzgl. der Tragfähigkeit auszuschließen..



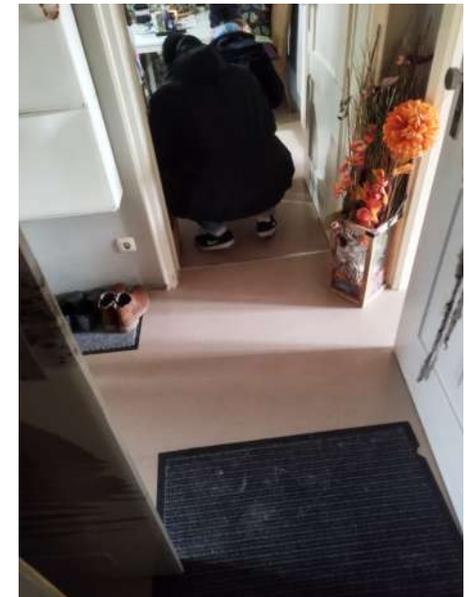
2.4.13 DECKENBELAG LINOLEUM

<i>Kostengruppe</i>	351 Deckenkonstruktionen - Linoleum
<i>Funktion</i>	Bodenbelag
<i>Lebensdauer</i>	Min 10 Mittel 20 Max 25
<i>Einbaujahr</i>	2008
<i>Restlebensdauer</i>	5 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.6
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Es wird vermutet, dass der Bodenbelag vermutlich ebenfalls in dem Jahr in dem auch die Fenster ausgetauscht wurden, erneuert wurde.

Der Bodenbelag befindet sich in einem guten Zustand und weist keine offensichtlichen, großen Mängel auf, außer den für die Nutzungsdauer typischen Gebrauchsspuren, wie beispielsweise Kartzer.



2.4.14 DACHSTUHL

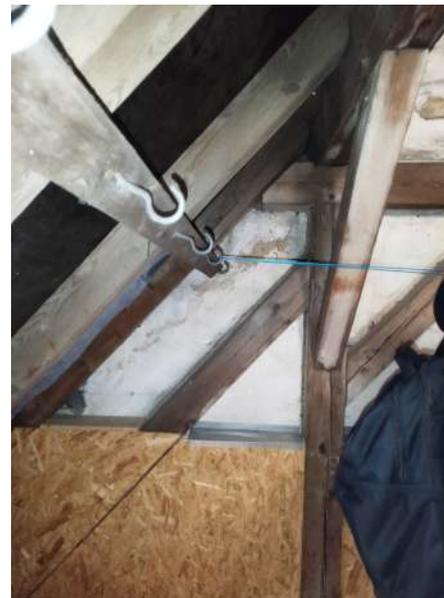
<i>Kostengruppe</i>	361 Dachkonstruktion - Schrägdach-Tragwerk, Holzkonstruktion, Zimmermannsmäßige Dachstühle
<i>Funktion</i>	Tragwerk
<i>Lebensdauer</i>	Min 60 Mittel 80 Max 100
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	-7 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.5
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

Der Dachstuhl befindet sich in einem passablen Zustand, jedoch muss bei einer weiteren Nutzung geprüft werden, ob er die steigenden Lasten durch z.B. Schneelast abtragen kann.

Teilweise sind Feuchteschäden erkennbar, bei denen geprüft werden muss, ob es zu Schimmelpilzbildung und somit einer Schwächung der Konstruktion kam.

In manchen Stützen und Balken sind Risse erkennbar, die jedoch grundsätzlich als unbedenklich beurteilt werden. Für eine genaue Beurteilung muss jeder Balken einzeln überprüft werden.



2.4.15 DACHABDICHTUNG

<i>Kostengruppe</i>	363 Dachbeläge - Abdichtung außen, Abdichtungsbahnen, Kunststoffbahnen oberhalb Dämmung mit leichter Schutzschicht
<i>Funktion</i>	Witterungsschutz
<i>Lebensdauer</i>	Min 15 Mittel 20 Max 30
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	-57 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0
<i>Austausch</i>	Ja

Erläuterung

Die Dichtungsbahn wurde stellenweise ausgebessert, jedoch sind eindeutige Beschädigungen erkennbar, wodurch Regenwasser in den Dachboden eindringen kann. Auch im Bereich der Kamine sind an den Wänden und auf dem Boden Feuchteschäden durch eindringendes Wasser erkennbar.

Die Abdichtung sollte unbedingt ersetzt werden und Durchdringungen der Dachhaut sauber angeschlossen werden.



2.4.16 DACHZIEGEL

<i>Kostengruppe</i>	363 Dachbeläge - Deckschicht außen, Deckungen, Ziegel
<i>Funktion</i>	Witterungsschutz
<i>Lebensdauer</i>	Min 40 Mittel 60 Max 80
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	-27 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	Keine Aussage treffbar
<i>Austausch</i>	Keine Aussage treffbar

Erläuterung

Der Zustand der Dachziegel kann nicht beurteilt werden, da sie von außerhalb des Gebäudes nicht zu erkennen waren und auch über die Google-Earth-Aufnahme keine Aussage getroffen werden kann.

2.4.17 REGENRINNE, REGENFALLROHR

<i>Kostengruppe</i>	363 Dachbeläge - Entwässerung, Dachrinnen/Regenfallrohre, außen liegend, Aluminium
<i>Funktion</i>	Entwässerung
<i>Lebensdauer</i>	Min 30 Mittel 40 Max 50
<i>Einbaujahr</i>	1936
<i>Restlebensdauer</i>	-47 Jahre
<i>Abnutzungsvorrat</i>	0.4
<i>Austausch</i>	Nein

Erläuterung

An den Fallrohren lässt sich starke Rostbildung erkennen, vor allem in Bodennähe. Da nicht verifizierbar ist, wie stark der Rost das Rohr beschädigt hat, ist eine weitere Untersuchung nötig, bei der entschieden werden muss, ob ein neuer Anstrich reicht, oder ob das Rohr ersetzt werden muss.



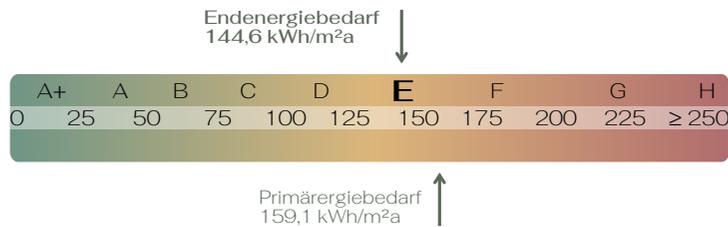
2.5 ENERGIEVERBRAUCHSWERTE

Wärme

Vom Bestandsgebäude liegt nur ein Energieausweis vom 16.04.2018 vor, in dem der Endenergiebedarf des gesamten Mehrfamilienhauses dargestellt ist.

Dieser beträgt 144,6 kWh/m²a und wurde aus Verbrauchswerten über 4 Jahre ermittelt.

Die Wärme wird im Bestand durch Gas-Einzelöfen bereitgestellt.



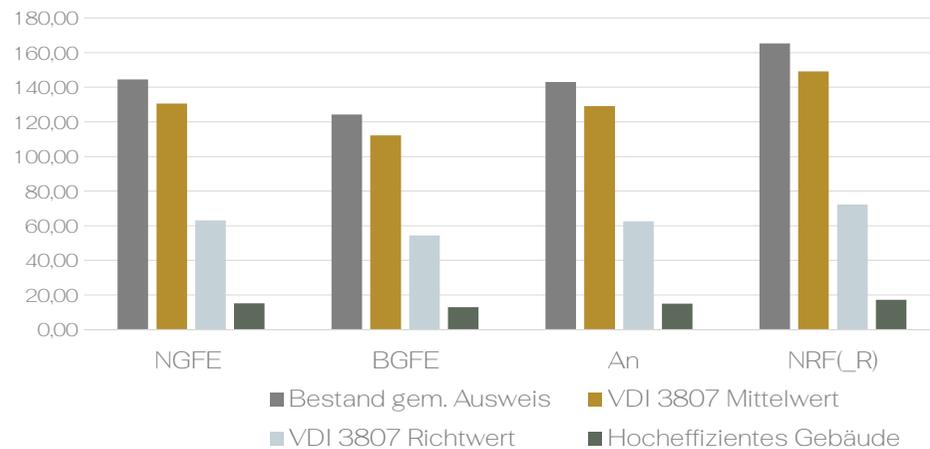
Strom

Zum Stromverbrauch liegen keine Messwerte vor, weshalb dieser über Kennwerte ermittelt wurde.

Als Mietererstrom wurde der QNG-Kennwert 20 kWh Endenergie/m²_{NRF(E)}a verwendet und für den Vermieterstrom der Kennwert der VDI 3807 (Mittelwert) 4 kWh/m²_{Wohnfläche}a.

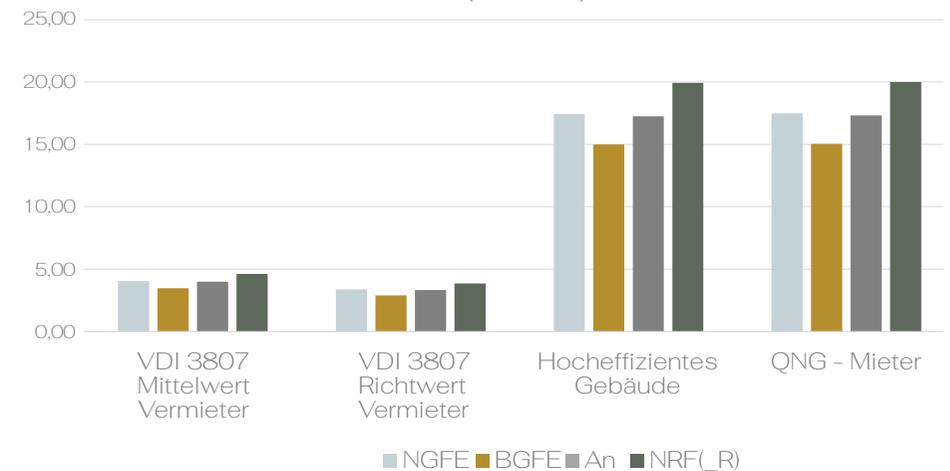
Energieeinsatz Wärme

(kWh/m²a)



Energieeinsatz Strom

(kWh/m²a)



Quellen

- Verein Deutscher Ingenieure - Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG). (2014). VDI 2807 Blatt 2
- Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse m.b.H. (2015). Energieverbrauchskennwerten von hocheffizienten Gebäuden.
- Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. (01.03.2023). Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude, Anhang 3.1.1 zur Anlage 3

2.6 POTENTIALSCHÄTZUNG

Damit das Gebäude (im Betrieb) klimaneutral werden kann, muss der Wärmebedarf durch erneuerbare Energien gedeckt werden.

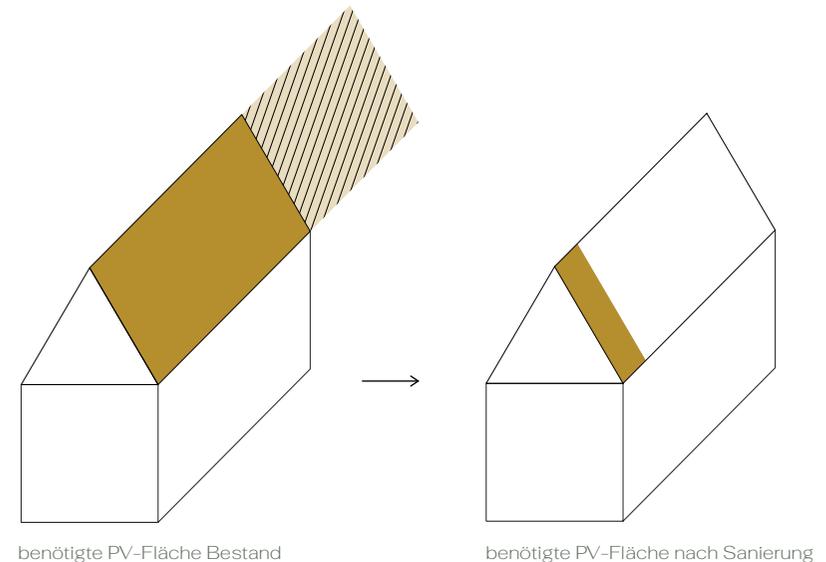
Um dies überhaupt erreichen zu können, muss der Gebäudewärmeverbrauch reduziert werden.

Ziel der Sanierung ist es, die Qualität eines Passivhauses zu erreichen (oder, falls dies nicht erreichbar ist, ein Wert in der Nähe dieses Kennwerts), wodurch der Endenergiebedarf laut Kennwerten um 90% gesenkt werden könnte.

Um zu verdeutlichen, wie wichtig es ist, zuerst den Endenergieverbrauch zu minimieren, wurde jeweils (Bestand und Sanierung auf Passivhausniveau) der Anteil an der südlichen Dachfläche ermittelt, die benötigt würde um den Energiebedarf durch PV-Strom zu decken.

Folgende Annahmen liegen dem Vergleich zugrunde:

- Keine Änderung der Flächen durch eine Sanierung
- Bereitstellung der Wärme durch eine Wärmepumpe (Jahresarbeitszahl 4)
- Dachneigung 45°
- Südliche Dachfläche des Bestands: 403 m² (fälschliche Annahme der komplette Belegbarkeit mit PV)



	Bestand	Sanierung
Benötigte Dachfläche	689 m ²	61 m ²
Anteil an südlicher Dachfläche	171%	15%

TEIL 2

SANIERUNG



03

SANIERUNGS-
KONZEPT,
ZIELE

3.1 ZIELE DER SANIERUNG

Durch die Sanierung will die Wohnbaugruppe Augsburg den Endenergiebedarf des Gebäudes und somit die Höhe der CO₂-Steuer, die sie zahlen müssen, senken.

Ziel der Sanierung ist es, den Wohnblock in ein klimneutrales Gebäude zu verwandeln, das mindestens im Betrieb treibhausgasneutral ist, jedoch wird auch versucht, die graue Energie der Bauteile zu kompensieren. Hierfür wird eine Ökobilanz erstellt.

Dieses Gebäude soll als Vorbild dienen und zeigen dass das Ziel bis 2040/50 nur noch klimaneutrale Gebäude zu haben, auch im Bestand möglich und umsetzbar ist.

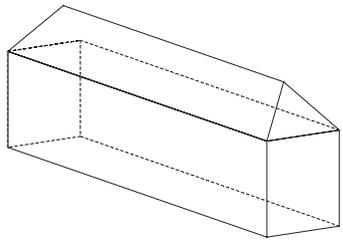
Außerdem soll die Behaglichkeit des Gebäudes sowohl im Winter als auch im Sommer gesteigert sowie der Garten zu einem biodiversen, multifunktionellen Erholungsort umgestaltet werden; die Wohnungsgrundrisse sollten geöffnet und modernisiert werden.

Um das Grundstück maximal ausnutzen zu können soll nachverdichtet werden. Die Mehreinnahmen aus der neugeschaffenen Wohnfläche ist auch relevant für die Finanzierung der Sanierung. Hierfür ebenfalls relevant ist die Bauzeit, die durch vorgefertigte Elemente (Fassade, Bäder, Raummodule) maximal beschleunigt werden soll.

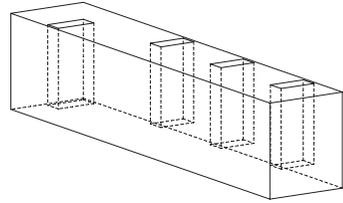


IFC Modell nach der Sanierung

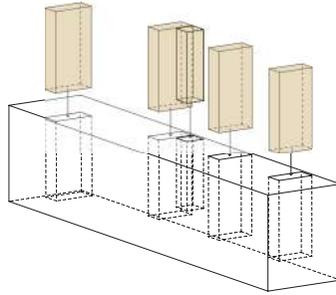
<https://service.usbim.com/link/IQqaH8WhMkoHjfhRUedAmW4r>



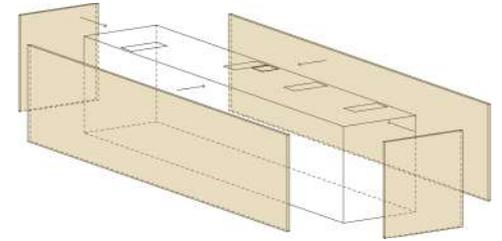
1 Bestandsgebäude



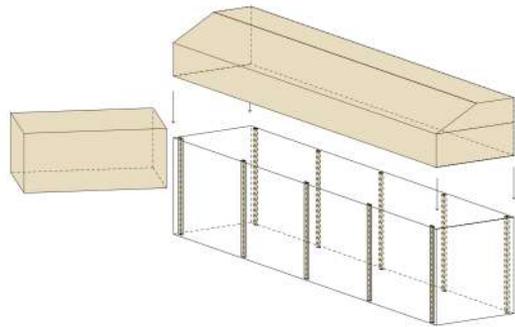
2 Abriss des Daches,
Entkernen der Treppenhäuser



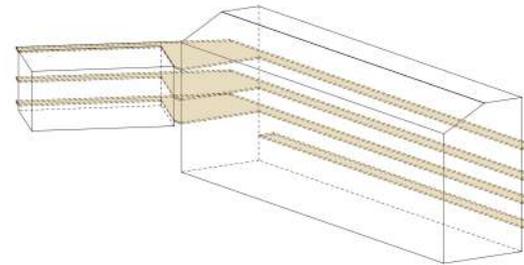
3 Einführen von Badmodulen in
die ehemaligen
Treppenschächte



4 Dämmen des Bestands mit
vorgefertigten Elementen



5 Nachverdichtung durch Aufstockung und
Anbau



6 Laubengänge als Erschließung,
Barrierefrei durch Aufzug

3.2 PLÄNE SANIERUNG

3.2.1 ANSICHTEN



Ansicht Nord, M 1:500



Ansicht Ost, M 1:500

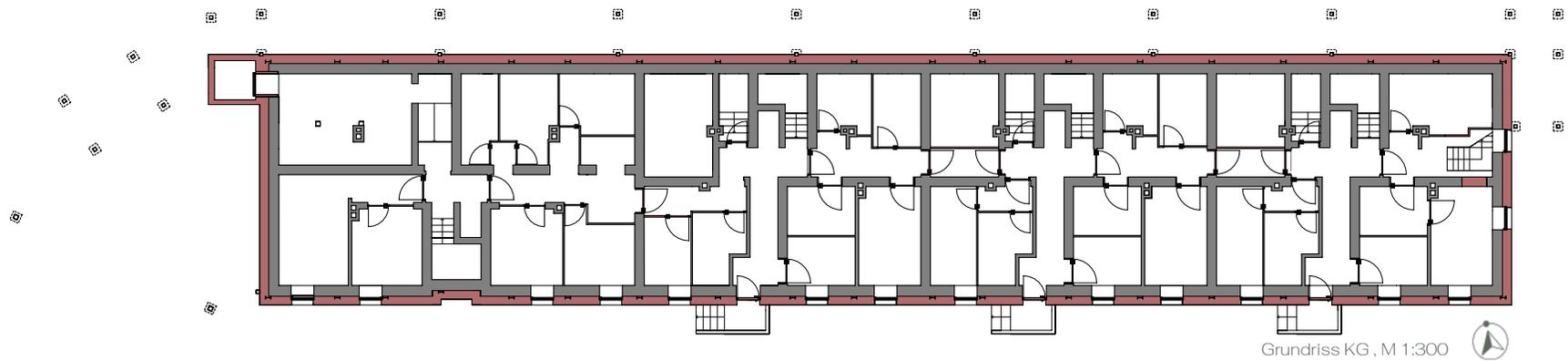


Ansicht Süd, M 1:500



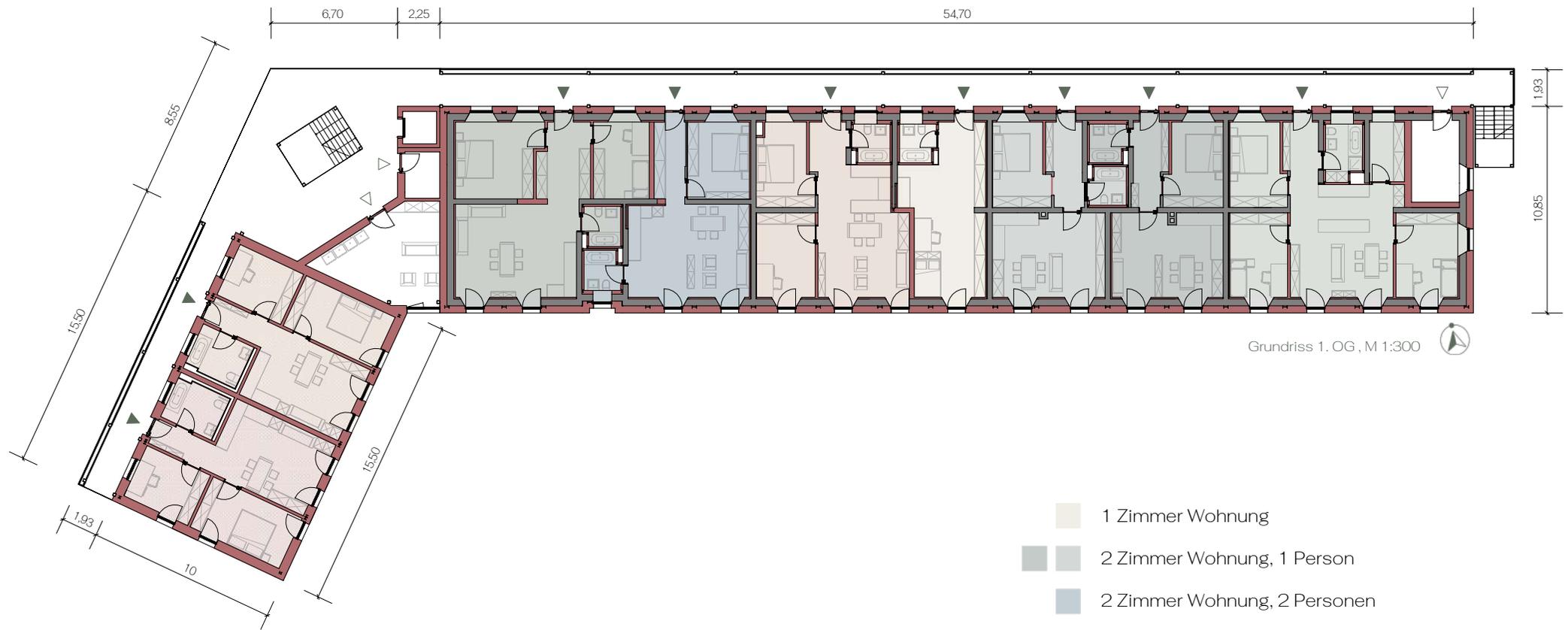
Ansicht West, M 1:500

3.2.2 GRUNDRISSE



-  1 Zimmer Wohnung
-  2 Zimmer Wohnung, 1 Person
-  2 Zimmer Wohnung, 2 Personen
-  3 Zimmer Wohnung, 2 Personen
-  3 Zimmer Wohnung, 3 Personen
-  4 Zimmer Wohnung, 4 Personen
-  5 Zimmer Wohnung, 5 Personen
-  Rollstuhlgerechte Wohnung





- 1 Zimmer Wohnung
- 2 Zimmer Wohnung, 1 Person
- 2 Zimmer Wohnung, 2 Personen
- 3 Zimmer Wohnung, 2 Personen
- 3 Zimmer Wohnung, 3 Personen
- 4 Zimmer Wohnung, 4 Personen
- 5 Zimmer Wohnung, 5 Personen
- Rollstuhlgerechte Wohnung



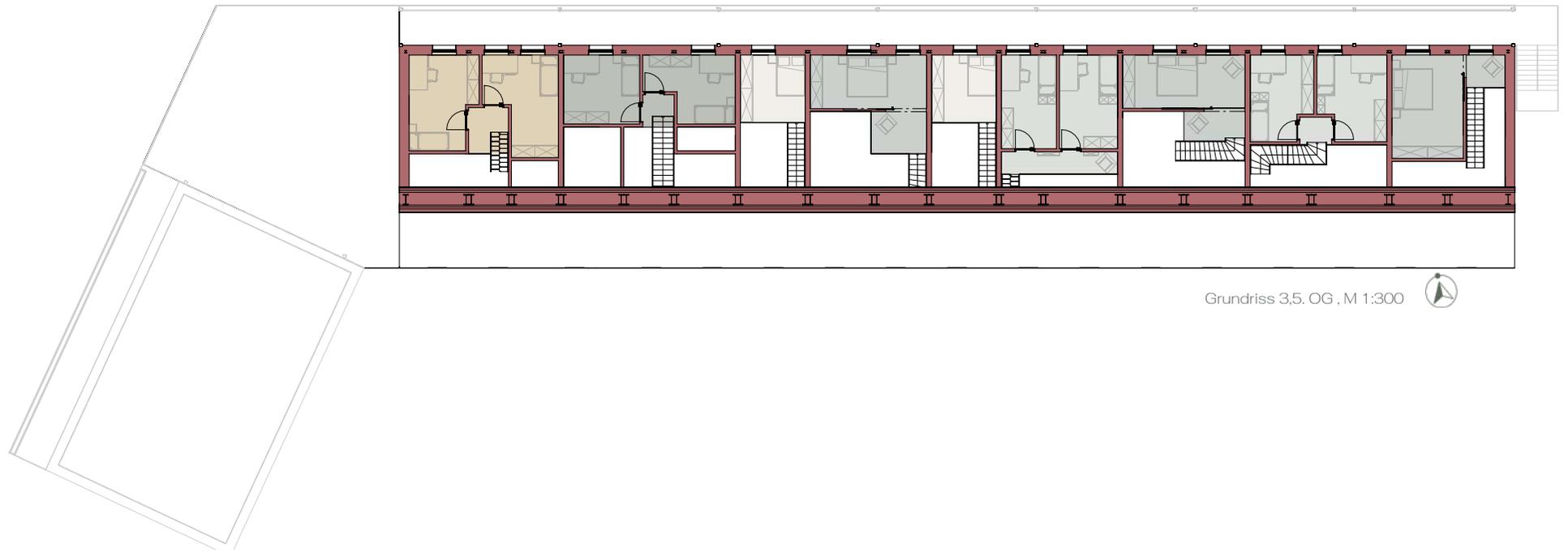
Grundriss 2. OG, M 1:300





Grundriss 3. OG , M 1:300

- 1 Zimmer Wohnung
- 2 Zimmer Wohnung, 1 Person
- 2 Zimmer Wohnung, 2 Personen
- 3 Zimmer Wohnung, 2 Personen
- 3 Zimmer Wohnung, 3 Personen
- 4 Zimmer Wohnung, 4 Personen
- 5 Zimmer Wohnung, 5 Personen
- Rollstuhlgerechte Wohnung



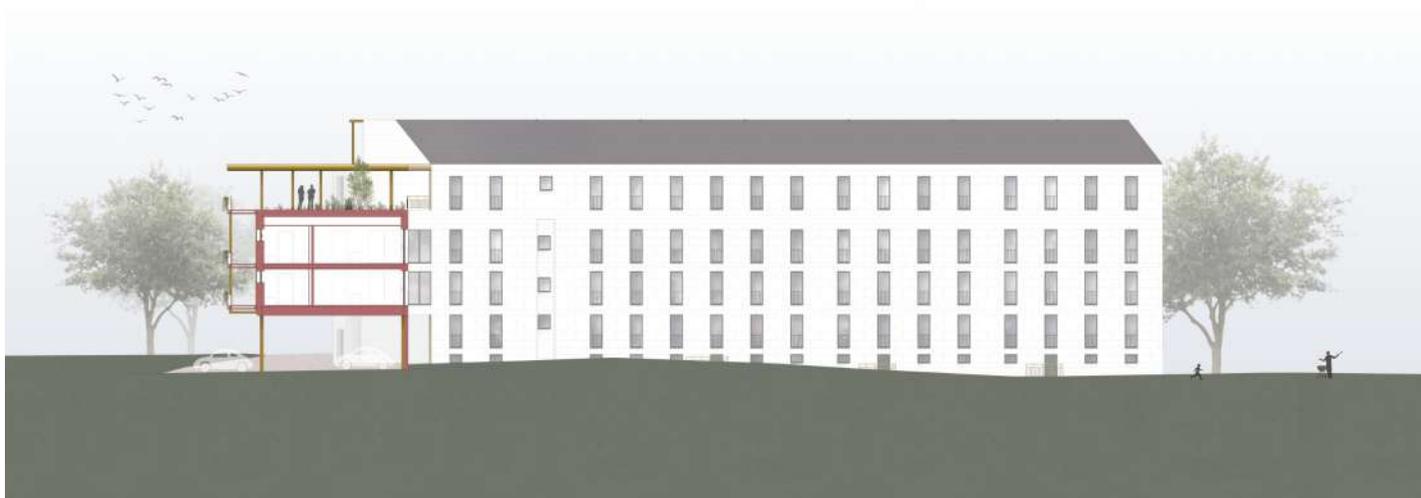
Grundriss 3.5. OG , M 1:300



3.2.3 SCHNITTE

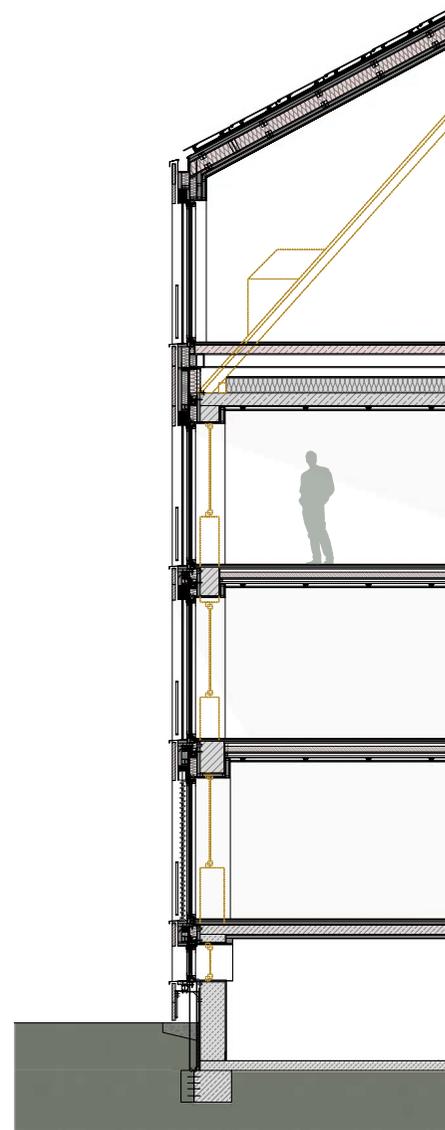


Schnitt durch saniertes Bestandsgebäude, M 1:500



Schnitt durch Anbau, M 1:500

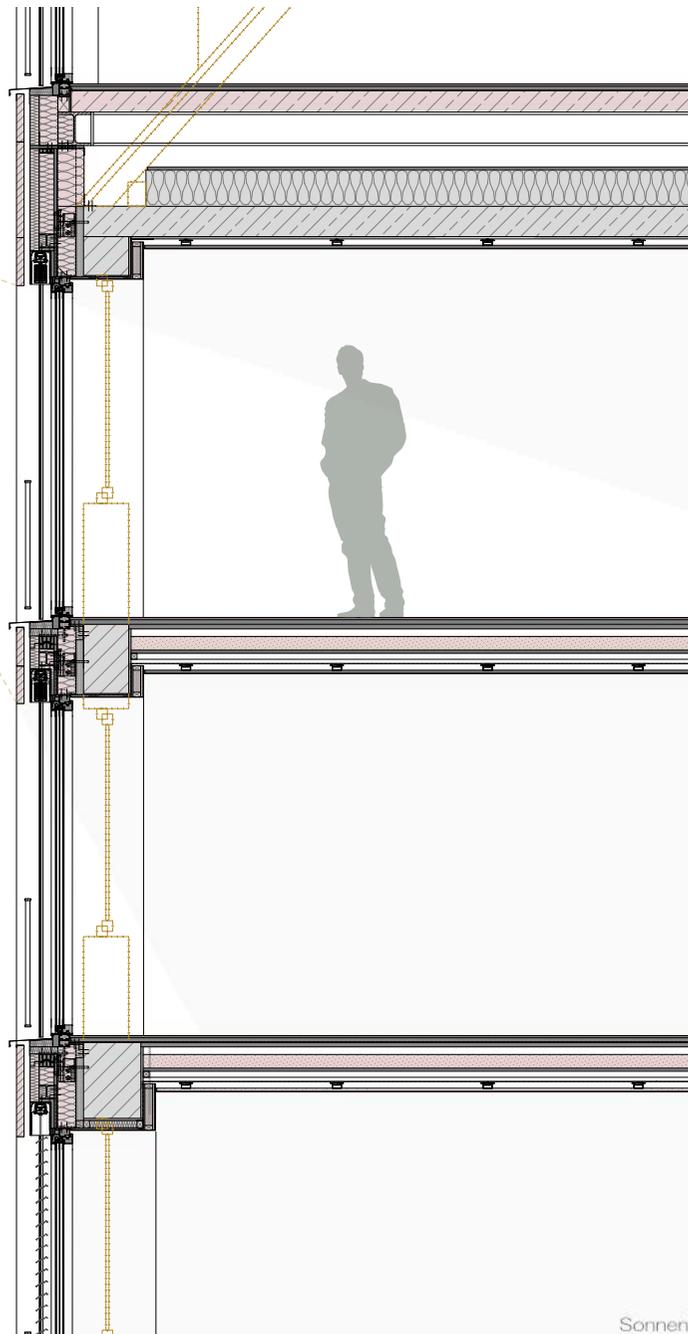
3.2.4 3 TAFEL PROJEKTION



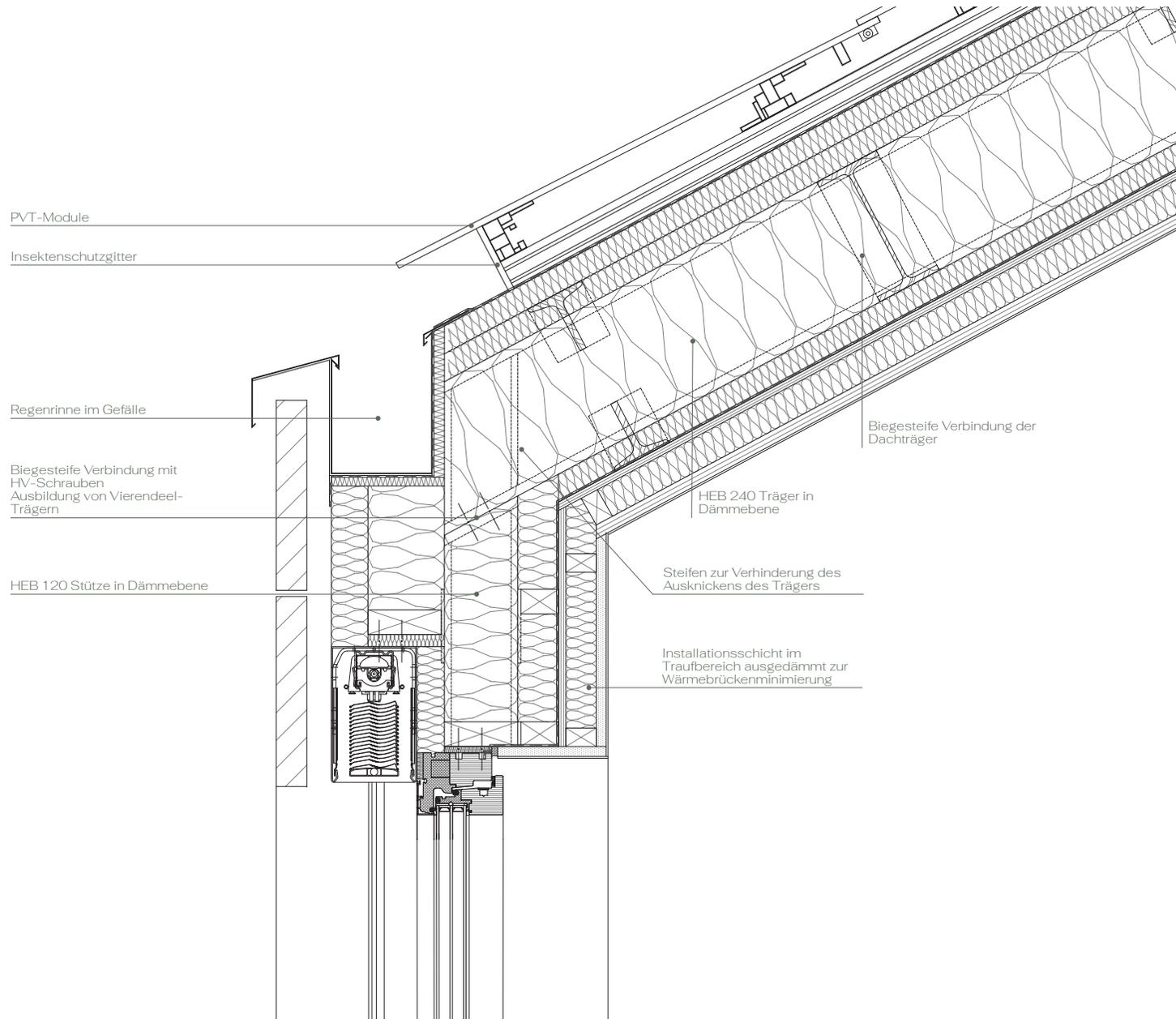
Winter
21.12.
12:00 Uhr

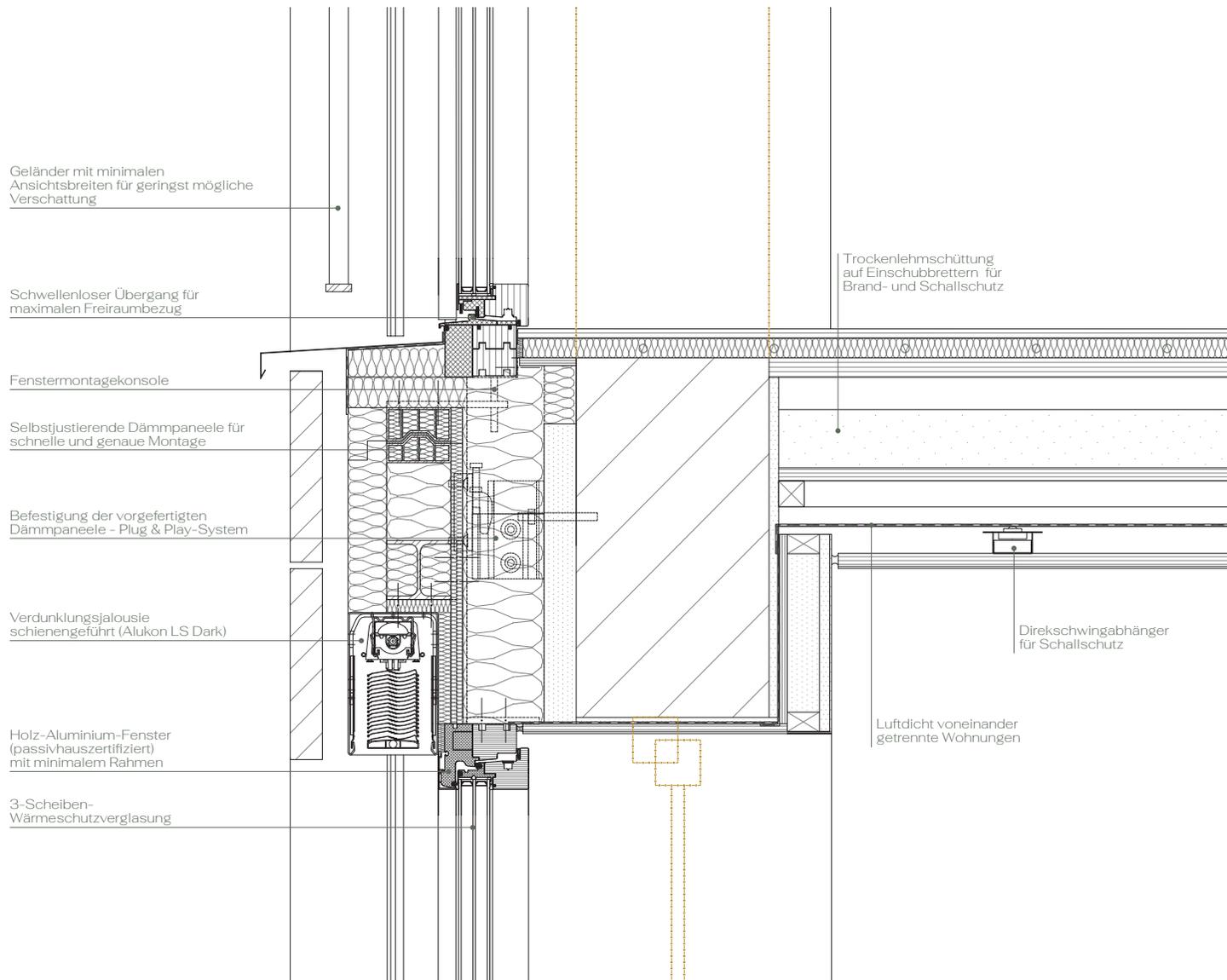


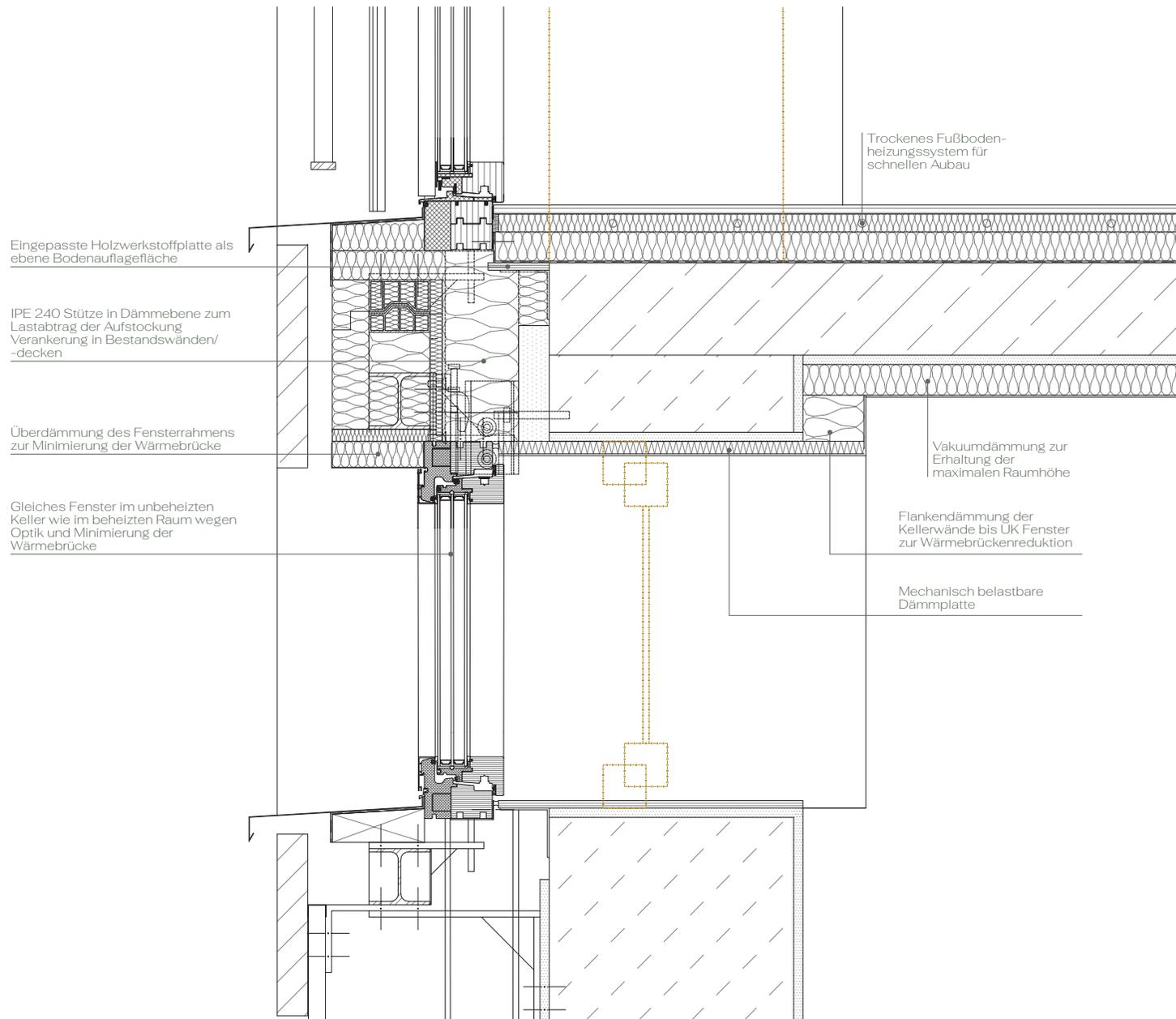
Sommer
21.06.
12:00 Uhr



3.2.5 DETAILS







3.2.6 AUSSENPERSPEKTIVE



Außenperspektive, Sommermorgen

3.2.7 INNENRAUMPERSPEKTIVEN



Innenraumperspektive bei Tag



Innenraumperspektive bei Nacht

3.3 WOHNUNGSGRÖSSEN

Bei der Grundrissgestaltung wurde versucht die vorgegebenen Wohnungsgrößen für die soziale Förderung einzuhalten und eine ausgeglichene Mischung an Wohnungsgrößen herzustellen.

Durch die Sanierung entstehen insgesamt 34 Wohneinheiten.

1 Zimmer	x 5		3 Zimmer	x 6	
	37,02 m ² EG 37,52 m ² 1.OG 37,52 m ² 2.OG 39,55 m ² 3. OG 39,55 m ² 3. OG			74,06 m ² EG 76,07 m ² 1.OG 76,07 m ² 2.OG 74,54 m ² 3.OG 73,15 m ² 3.OG 75,20 m ² 3.OG	
2 Zimmer	x 6		4 Zimmer	x 5	
	49,55 m ² EG 50,02 m ² EG 50,47 m ² 1.OG 50,87 m ² 1.OG 50,39 m ² 2.OG 47,25 m ² 2.OG			89,04 m ² EG 90,84 m ² 1.OG 90,84 m ² 2.OG 85,36 m ² 3.OG 89,98 m ² 3.OG	
2 Zimmer	x 3		5 Zimmer	x 2	
	54,50 m ² EG 55,36 m ² 1.OG 55,36 m ² 2.OG			104,69 m ² 3.OG 101,62 m ² 3.OG	
3 Zimmer	x 7				
	64,78 m ² EG 65,78 m ² 1.OG 65,78 m ² 2.OG				
	61,00 m ² 1.OG, Anbau 61,00 m ² 1.OG, Anbau 61,00 m ² 2.OG, Anbau 61,00 m ² 2.OG, Anbau				

3.4 MOBILITÄT

Im Eingangsbereich können durch das Doppelstock-Parksystem 48 Fahrräder, unter der Haupttreppe 9 Lastenfahrräder abgestellt werden.

Unterhalb des Anbaus werden 15 Auto-Stellplätze geschaffen, 10 weitere Autos könnten neben dem Grundstück auf der Straße parken.

Die Überlegung an diesem Gebäude einen Car-Sharing - Standpunkt einzurichten wurde nicht umgesetzt, da es dies bereits auf dem Parkplatz des Spickel-Hallenbads gibt (190 m Entfernung).

Ein paar der neu geschaffenen Parkplätze sollen für E-Autos reserviert werden, die dort PV-Strom tanken können.

Wenn die Stellplätze unter dem Anbau nicht mehr benötigt werden, kann die Fläche andersweitig als überdachte Außenfläche genutzt, oder durch Einschieben von Modulen zu Wohnungen umfunktioniert werden.



Doppelstockparker
<https://www.apsedertechnik24.de/p/doppelstockparker-optimus-einseitig-400-mm-radabstand-und-gasdruckfedern>

3.5 KLIMAFOLGENANPASSUNG

Wetterextreme

Wegen des Klimawandels nehmen Wetterextreme in Zukunft zu, besonders betrifft dies Hitze-, Starkregen- und Hagelereignisse.

Der Entwurf der Sanierung des Wohnblocks in der Gentnerstraße muss auf diese Klimafolgen eingehen und durch Konzepte versuchen, die Folgen abzumindern bzw gut mit ihnen umzugehen.

Hitze

Hitzeinseln in Städten können die Sterberate vor allem von alten Menschen erhöhen. Um dem entgegenzuwirken eignen sich vor allem Retentionsfläche.

Das Dach des Anbaus soll als Retentionsdach mit 0° Neigung ausgeführt werden, sodass es Regenwasser speichert und langsam durch Verdunstung an die Luft abgibt. Dadurch entsteht ein Kühleffekt, die Temperatur wird gesenkt und im Sommer wird der Entstehung von Hitzeinseln entgegengewirkt.

Auch die Begrünung des Laubengangs und die Gartengestaltung sollen mehr Verdunstungsflächen schaffen. Bei der Sanierung des Wohnblocks wurde eine helle/weiße Fassade gewählt um ein starkes Aufheizen der Gebäudeoberfläche zu verhindern.

Starkregen

Bei Starkregenereignissen sind meistens die Abwasserkanäle überlastet, da der Regen der Dachflächen oftmals dorthinein geleitet wird. Das hat Überschwemmungen zur Folge, teils stehen ganze Straßenzüge unter Wasser und es kann ein hoher Schaden entstehen.

Durch den Einsatz eines Retentionsdachs wird ein großer Teil des Regens erstmals auf dem Dach zurückgehalten. Wenn das abfließende Wasser in eine Zisterne mit Überlauf in eine Versickerungsfläche geleitet wird, wird der Kanal nicht zusätzlich beansprucht und Überschwemmungen werden verhindert.

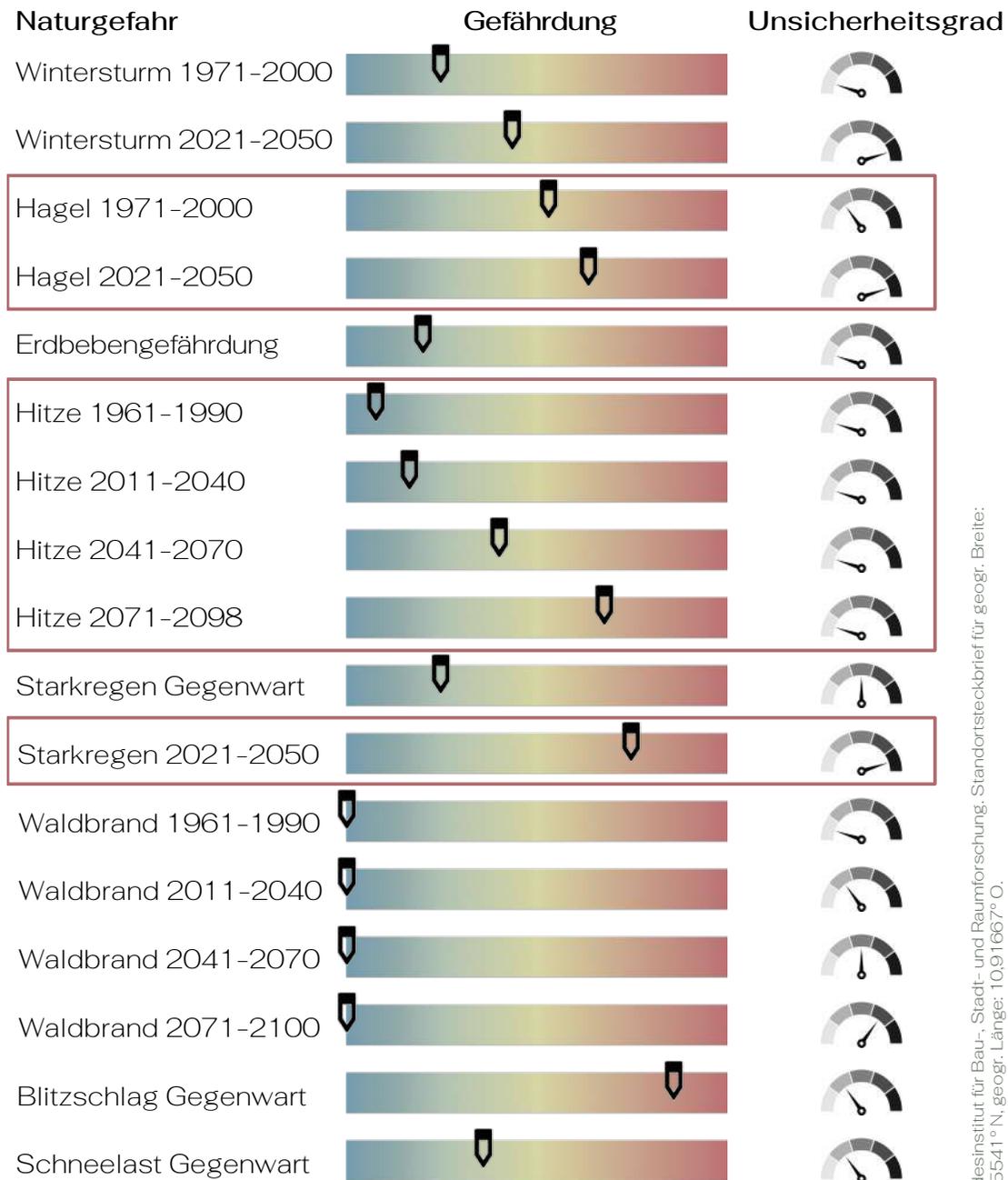
Durch den Einsatz von Klimasteinen, die Regenwasser speichern und durchsickern lassen, kann Überschwemmungen vorgebeugt werden.

Hagel

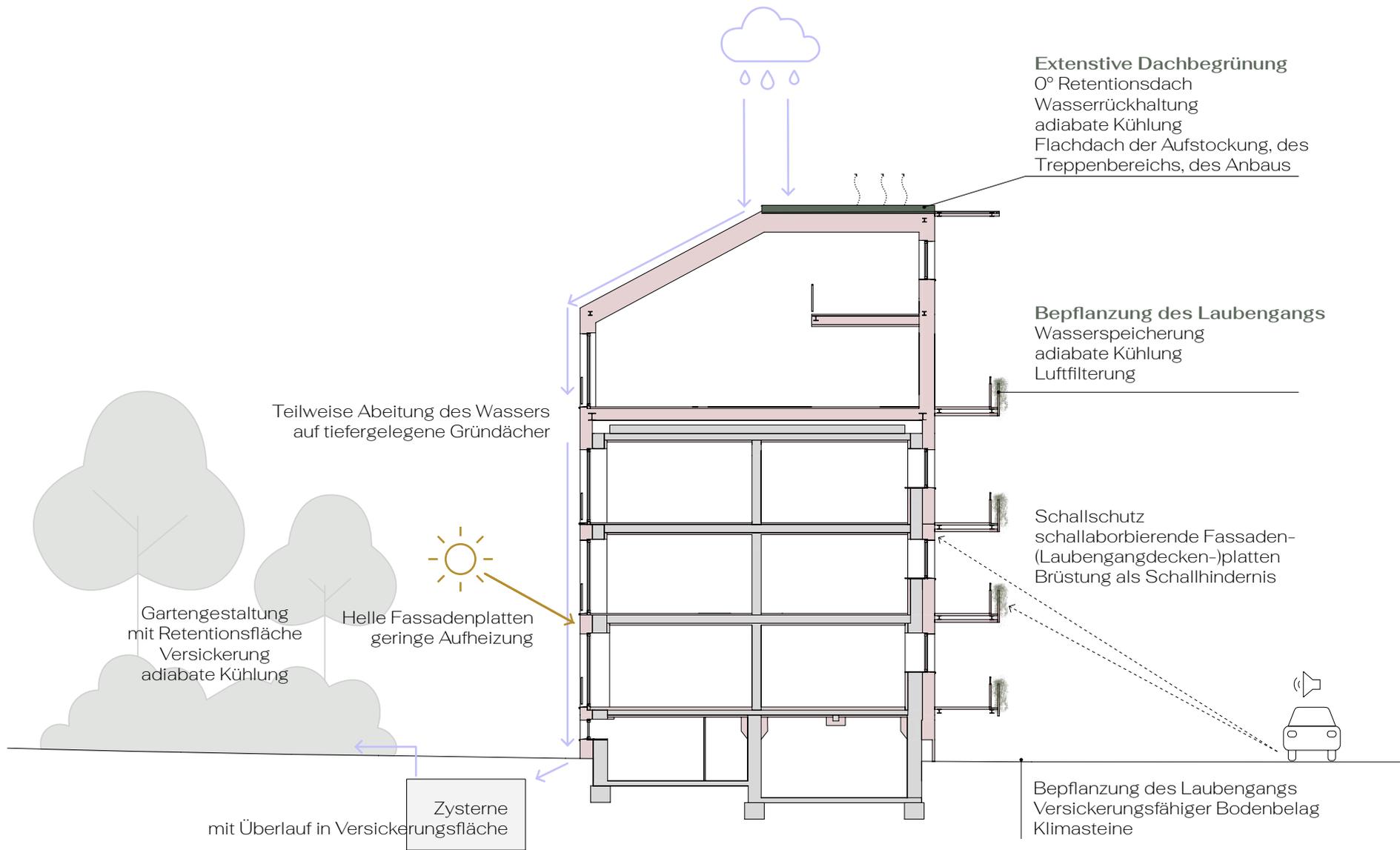
Das Risiko eines starken Hagelereignisses wird in Zukunft ansteigen.

Um Hagelschäden vorzubeugen wird keine Dachverglasung eingesetzt.

Bei der Auswahl der Fassadenplatten wurde darauf geachtet, dass kleinere Schäden/Dellen durch Abschleifen beseitigt werden können. Die Befestigung der Platten ist so zu wählen, dass einzelne, irreparabel beschädigte einfach ausgetauscht werden können.



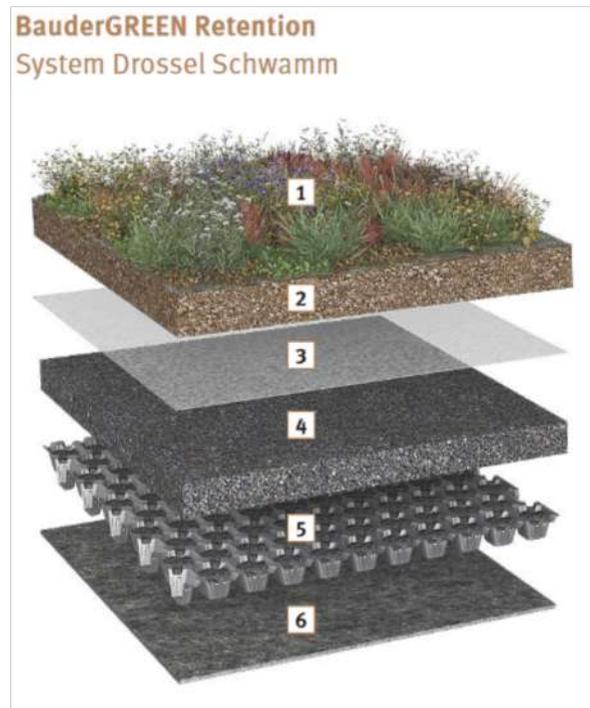
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Standortsteckbrief für geogr. Breite: 48,35541°N, geogr. Länge: 10,91667°O, Daten von 2016



3.5.1 RETENTIONSdach

Alle Flachdächer sollen als 0° Retentionsdächer ausgeführt werden.
Dadurch kann Regenwasser auch bei Starkregenereignissen zurückgehalten werden und mittels die Verdunstung zur Kühlung der Stadt beitragen.

Als Systemaufbau wurde BauderGREEN Retention System Drossel Schwamm gewählt.



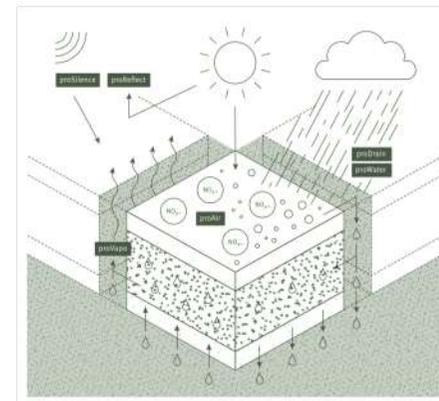
Quellen
- https://www.bauder.de/fileadmin/bauder.de/DOWNLOADS/PRINT/Broschueren/Flachdach/FD_Gruendach/0157BR_0922_DE-FD_Retentionsdach.pdf (Aufgerufen am 22.01.2024)

3.5.2 KLIMASTEIN

Als Flächenbelag für den Eingangsbereich und die Parkfläche wurde der GDM.Klimastein der Firma Godelmann gewählt.

Der Pflasterstein schützt vor Lärm, ein Kernthema am Standpunkt des Wohnblocks . Auch in den Bereichen Schadstofffilterung, Versickerung, Feuchtigkeitsspeicherung, Grundwasserschutz und Stadtkühlung leistet er einen wertvollen Beitrag.

Die Firma wirbt außerdem damit, dass sie kreislauffähig nach dem Prinzip Cradle to Cradle produziert.



Quellen
- <file:///C:/Users/fieps/Downloads/GDM.KLIMASTEIN-Wassersensible-Stadtplanung.pdf> (Aufgerufen am 22.01.2024)

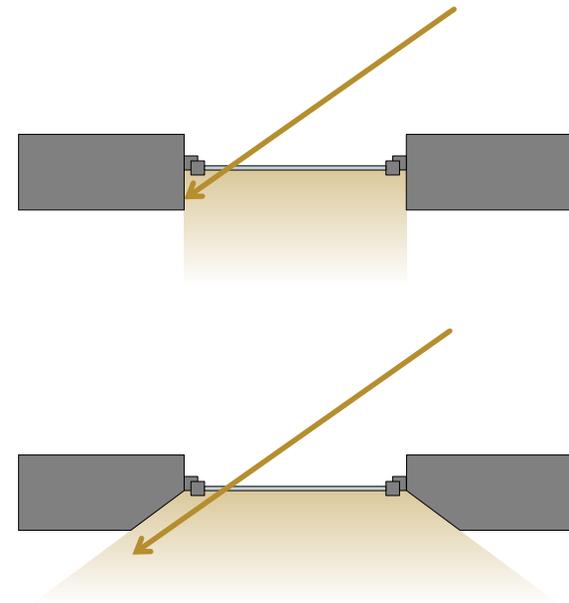
3.6 LICHTFÜHRUNG

Wegen der energetischen Anforderungen und der 30/36 cm dicken Bestandsaußenmauern sind die Außenwände nach der Sanierung etwas über 80cm dick.

Um trotzdem eine gute Belichtung durch Tageslicht in den Räumen erzielen zu können, soll der innere Laibungsbereich der Fenster abgeschrägt werden. Somit kann das Licht, vor allem bei schrägem Einfallswinkel besser in die Räume gelangen.

Durch das Abschrägen, wirken die Fenster außerdem größer, die Wände nicht so dick und die Bewohner fühlen sich weniger beengt.

Um die Öffnungsflächen optimal ausnutzen zu können, werden Fenster mit einem minimalen Rahmenanteil gewählt.



3.7 BEGRÜNUNG, GARTEN

Laubengang

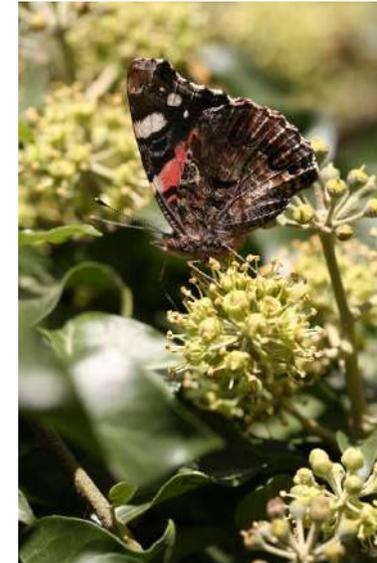
Die Brüstung des Laubengangs ist in Form von Pflanzkästen ausgebildet. Diese sollen durch ein Bewässerungssystem versorgt werden, sodass der Pflegeaufwand möglichst gering ist. Die Wahl der Bepflanzung sollte auf winterfeste und immergrüne Pflanzen, die auch im Schatten gedeihen fallen. Für den Entwurf wurden Hängepflanzen (Efeu) gewählt, jedoch wären auch Blumen, oder kleine Stauden denkbar.

Ein weiteres Kriterium für die Wahl der Pflanzen sollte die Auswirkung auf die Fauna sein. Die Blüten des Efeu dienen als Nahrungsquelle für Insekten wie Wildbienen, Tagfalter und Schwebfliegen. Diese bieten wiederum Nahrung für räuberische Insekten und insektenfressende Vögel. Auch die Früchte des Efeus finden in der Tierwelt, beispielsweise der Drossel und dem Star, Anklang.

Der bepflanzte Laubengang ist jedoch nicht nur für die Tierwelt ein Bonus, sondern auch Menschen profitieren. Der Efeu filtert Feinstaub aus der Luft, dies ist besonders bei der Nähe des Wohnblocks zur vielbefahrenen Straße wichtig. Durch Verdunstung trägt die Befplazung vor allem im Hochsommer zur Kühlung der Stadt bei. Auch beim Schallschutz kann die Bepflanzung einen positiven beitrage leisten.

Ein nicht zu unterschätzender Aspekt ist, dass die Bepflanzung und somit die Nähe zur Natur einen positiven Effekt auf die Psyche haben kann.

Auf eine wandgebundenen Fassadenbegrünung wurde bewusst verzichtet, da diese meist wartungsintensiver sind und meist eine Hubarbeitsbühne benötigt wird, weshalb hierfür Flächen auf dem Boden an der Fassade vorgesehen werden müssten.



Efeu Blüte (Helge May)
<https://berlin.nabu.de/tiere-und-pflanzen/pflanzen/arten/30291.html>



<https://www.fassadengruen.de/uw/kletterpflanzen/uw/efeu/efeu.html>

Quellen

- <https://berlin.nabu.de/tiere-und-pflanzen/pflanzen/arten/30291.html> (Aufgerufen am 02.01.2024)
- <https://www.fassadengruen.de/uw/kletterpflanzen/uw/efeu/efeu.html> (Aufgerufen am 02.01.2024)

Garten

Die Fläche des Gartens soll als Nutz- und Erholungsfläche gestaltet werden.

Den Bewohnern der Wohnanlage sollen Beete zum eigene Anbau zur Verfügung stehen. Dies war ein ausdrücklicher Wunsch einer jetzigen Bewohnerin.

Wildblumenbeete und die sonstige Flora soll Nahrung für Tiere bieten und somit dem Insektensterben zum kleinen Teil entgegenwirken.

Ausreichend Sitzmöglichkeiten laden zum Verweilen und Entspannen ein. Sie sollen so angeordnet werden, dass es sowohl Bereiche für einen solzialen Rückzug als auch für geselliges Beisammensein gibt.

Für letzteres ist auch der Grillplatz geeignet, der auf der Bodenplatte der Bestandsgarage eingerichtet werden soll. Der Wunsch nach einem Platz, an dem sicher gegrillt werden kann, wurde ebenso von den Bestandsbewohnern ausgesprochen.

Um zusätzlich Platz für Aktivitäten, Sport und Spiel zu haben, wird eine Fläche des Gartens frei von Beeten und Bänken gehalten. Hier kann beispielsweise Badminton oder Ballspiele gespielt werden. Dies soll vor allem den jüngeren Bewohnern die Möglichkeit zur Bewegung und zum Auspowern geben.

Um weitere Tiere in den Garten zu locken und eine diverse Gartengestaltung zu erhalten, soll ein Teich eingerichtet werden. Das Gelände ist so zu modellieren, dass die umgebende Fläche bei Starkregen und teilweisen Überschwemmungen als Retentionsfläche nutzbar wird und

sich das Oberflächenwasser dort gezielt sammelt. Um einen geringen Wartungsaufwand des Teichs zu erreichen soll eine wasserreinigende Bepflanzung wie z.B. mit Wasserlilien integriert werden.



Gartenteichgestaltung
<https://www.naturimgarten.ch/pflanzen/sumpfpflanzen.html>



Gartenteichgestaltung
<https://www.schoenesleben.ch/wohnen-design/garten-balkon/biotop-im-garten-anlegen-umfassende-tipps-fuer-das-natur-gewaesser-457>

Quellen

- <https://www.naturimgarten.ch/pflanzen/sumpfpflanzen.html> (Aufgerufen am 23.01.2024)
- <https://www.schoenesleben.ch/wohnen-design/garten-balkon/biotop-im-garten-anlegen-umfassende-tipps-fuer-das-natur-gewaesser-457> (Aufgerufen am 23.01.2024)

3.8 NACHVERDICHTUNG, ABSTANDSFLÄCHEN

Die Sanierung des Wohnblocks soll auch eine Nachverdichtung beinhalten, um mehr Wohnfläche vermieten und somit die Sanierung finanzieren zu können. Ein großes Problem hierbei ist die Einhaltung der geforderten Abstandsflächen.

Da Augsburg über 250 000 Einwohner hat beträgt die Abstandsfläche 1 H. (s. rechts)

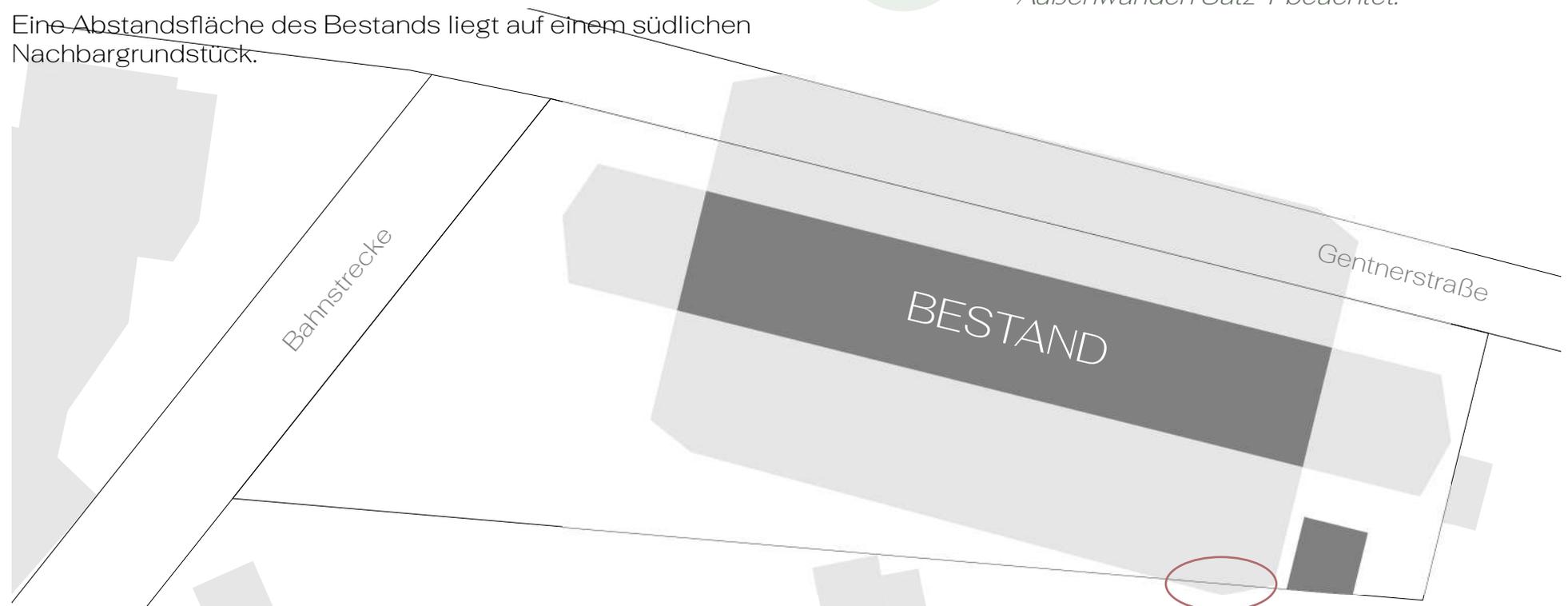
Die nördlichen Abstandsflächen werden nicht detailliert betrachtet, da dort aufgrund eines breiten Streifens öffentlicher Verkehrs-, Grün- und Wasserflächen keine Probleme auftreten.

Eine Abstandsfläche des Bestands liegt auf einem südlichen Nachbargrundstück.



BayBO, Art 6

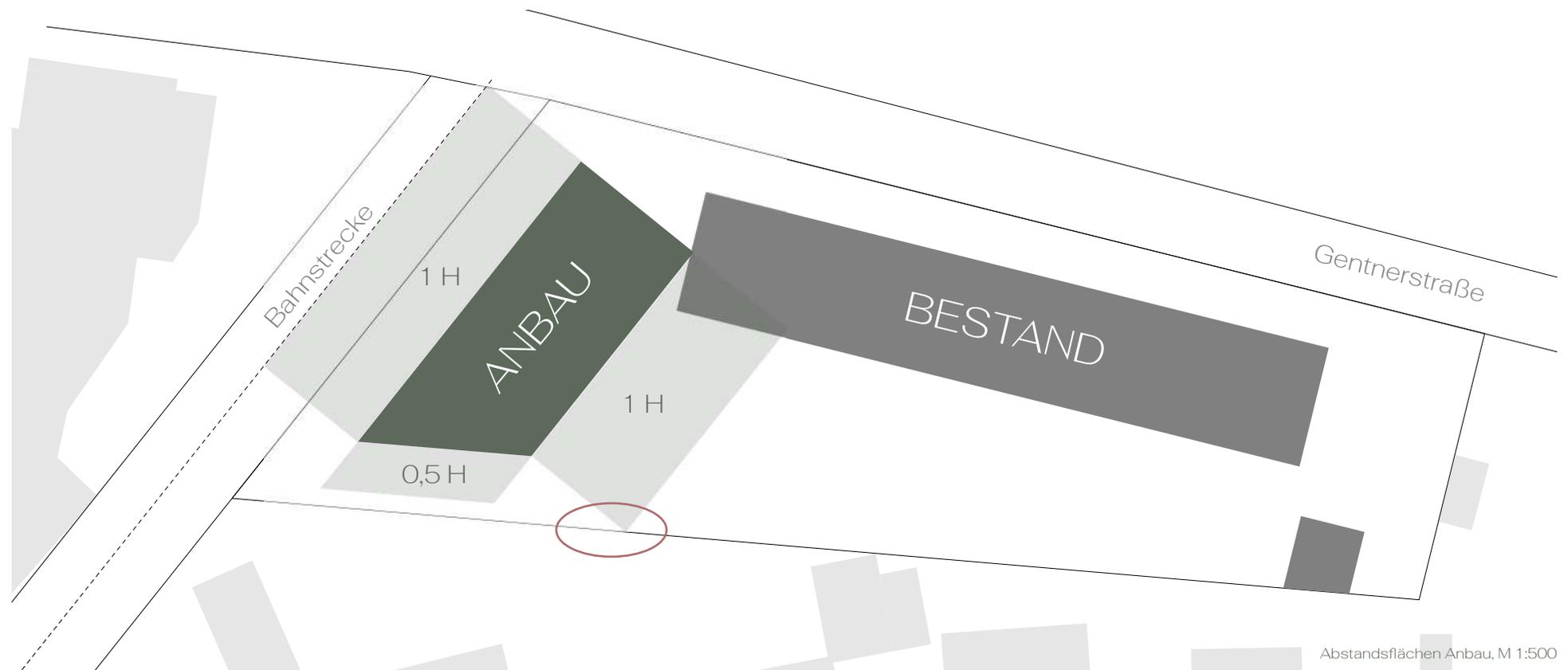
5a) ¹ Abweichend von Abs. 5 Satz 1 beträgt die Abstandsfläche in Gemeinden mit mehr als 250 000 Einwohnern außerhalb von Gewerbe-, Kern- und Industriegebieten sowie festgesetzten urbanen Gebieten 1 H, mindestens jedoch 3 m. ² Vor bis zu zwei Außenwänden von nicht mehr als 16 m Länge genügen in diesen Fällen 0,5 H, mindestens jedoch 3 m, wenn das Gebäude an mindestens zwei Außenwänden Satz 1 beachtet.



Die Errichtung eines Anbaus ist nur im westlichen Bereich des Grundstücks parallel zur Bahnstrecke sinnvoll. Das neue Gebäude wurde überschlägig als Kubus mit 10 m Höhe betrachtet. Die dargestellte Grundfläche ist die maximal Überbaubare.

Da der Winkel der östlichen Wand des Anbaus und der südlichen Wand des Bestands größer als 75 Grad ist, dürfen sich diese Abstandsflächen überlappen.

Die südliche Abstandsfläche kann mit $0,5 H$ gerechnet werden, da der Anbau schmaler als 16 m sein wird. Die Reduktion der Abstandsfläche kann jedoch nicht komplett ausgenutzt werden, da sonst die Abstandsfläche der östlichen Gebäudeseite auf ein anderes Grundstück fallen würde (siehe rote Markierung).



Problematisch sieht es mit einer Aufstockung des Bestandsgebäudes aus, da die südliche Abstandsfläche in das Nachbargrundstück fallen würde.

Für die Aufstockung wurde angenommen, dass das Bestandsdach rückgebaut und überschlägig pro weiteres Geschoss mit einer Höhe von 3 m gerechnet wird.

Für die östliche Abstandsfläche kann wieder 0,5 H angesetzt werden.

Um trotzdem maximal nachverdichten zu können wird eine Aufstockung im Entwurf berücksichtigt, obwohl dies bei der genehmigung problematisch werden könnte.

Es wird darauf spekuliert, dass ein Antrag auf Abweichung stattgegeben wird, da der Wohnblock nördlich der anderen Wohngebäude liegt und sie somit nicht verschattet. Vor einer detaillierten Planung sollte dies jedoch mit der Stadt Augsburg abgeklärt werden.



3.9 KELLERSANIERUNG

Da der Bestandskeller nicht dicht ist, Feuchte eindringt und die Flächen somit nicht als Lagerfläche nutzbar sind, ist angedacht, ihn im Rahmen der Sanierung abzudichten.

Dies soll mit einer Flüssigkunststoffabdichtung mit Vlieseinlage geschehen, da der getrocknete Kunststoff als Bodenbelag nutzbar ist und somit kein zusätzlicher Fußbodenaufbau zum Schutz benötigt wird. Besonders vorteilhaft ist die geringe Höhe (ca. 3 mm) der Abdichtung, da das Kellergeschoss im Bestand nur eine geringe Raumhöhe aufweist und während der Sanierung die Kellerdecke gedämmt werden muss. Um hier möglichst viel Raumhöhe erhalten zu können kommt eine Vakuumdämmung zum Einsatz, wodurch mit einer geringen Stärke ein guter U-Wert erreicht werden kann.

Die Außen- und Innenwände werden unten mit dem Injektionsverfahren gegen aufsteigende Feuchte, die Kellerwände außen mit Abdichtungsbahnen abgedichtet.

Da der Keller somit komplett dicht wird, werden sehr wahrscheinlich Feuchteprobleme auftreten, da der Feuchtetransport durch Leckagen nicht mehr möglich ist. Um dieses Problem in den Griff zu bekommen, soll eine taupunktgesteuerte Lüftung installiert werden, die automatisch in Abhängigkeit von Luftfeuchte und -temperatur den Keller belüftet und dafür sorgt, dass keine weiteren Feuchteschäden entstehen. Der Keller kann danach auch wieder als Lagerfläche genutzt werden.

Quellen

- <https://www.dime-fluessigkunststoffe.de> Aufgerufen am 22.01.2024)

- <https://www.taupunkt-lueftung.de/unsere-produkte-entfeuchten-raeume-automatisch-und-effektiv/kellerlueftung-gegen-nasse-waende-und-feuchte-keller/> (Aufgerufen am 22.01.2024)

3.10 SCHALLSCHUTZ

Ziel der Sanierung ist es die Lebensqualität der Bewohner zu steigern, weswegen Schallschutz im und am Gebäude sehr wichtig ist.

3.10.1 SCHALLSCHUTZ AM GEBÄUDE

Wie bereits in Kapitel *1.2 Lärm, Schallschutz* beschrieben gestaltet sich eine Schallabschirmung des Gebäudes durch die Errichtung einer Schallschutzwand an der Friedberger Straße als schwierig. Mit der Annahme und Umsetzung eines solchen Vorschlags durch die Stadt Augsburg ist nicht von vornherein zu rechnen.

Deswegen muss die Reduktion des Straßen- und Schienenlärms bei der Sanierung zu einem zentralen Thema werden.

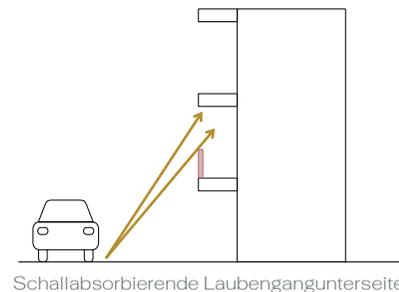
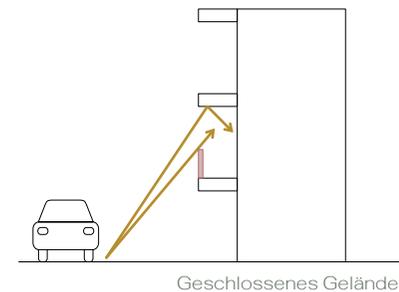
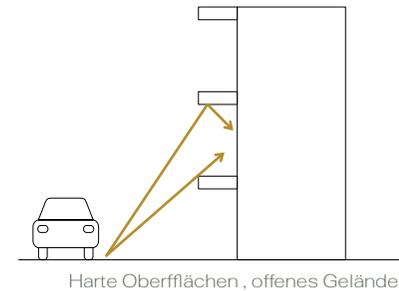
Laubengang

Die Anordnung der Laubengänge im Norden und Westen ist nicht nur im Sonnenverlauf und in der Erschließungsstraße begründet, sondern dient auch zum Schutz vor dem Straßen- und Schienenverkehrslärms.

Wichtig hierbei ist, dass keine schallharten Oberflächen eingesetzt werden, die durch Reflexion der Schallwellen den Lärm in diesem Bereich verstärken könnten, sondern die Verwendung schallweicher, schallabsorbierender Oberflächen, wie beispielsweise *REAPOR*.

Durch die geschlossene Brüstung können weniger Schallwellen in den Laubengang eindringen wodurch die Lautstärke gesenkt wird. Auch die Begrünung bricht die Schallwellen und trägt zur Minderung der Lautstärke bei.

Die Decke des obersten Laubengangs (auf Höhe des Flachdachs der Aufstockung) wurde zwischenzeitlich als Glasdach geplant um eine schmale Ansichtskante zu ermöglichen und die Fenster nicht zu verschatten. Hier müsste im Detail geprüft werden, wie stark das Glas den Schallschutz durch Reflexion der Schallwellen zu den Fenstern verschlechtern würde. Da anzunehmen ist, dass das Glasdach eine Erhöhung der Lautstärke bedeutet, wurde es jedoch wieder verworfen und eine schallabsorbierende Oberfläche bündig mit den Trägern gewählt.



Fassadenbekleidugn REAPOR

Ein entscheidender Aspekt für die Wahl der neuen Fassadenbekleidung war die akustische Wirksamkeit.

Die *REAPOR*-Platten bestehen aus Blähglasgranulat, das aus Recyclingglas hergestellt ist. Dadurch dass das Granulat pur, ohne Bindemittel verwendet wird, lassen sich die Platten optimal recyceln.

Das Produkt ist nach DIN 4102 nicht brennbar (A1), wodurch es auch im Bereich der Laubengänge problemlos eingesetzt werden kann.

Weitere Vorteile des Produkts sind die UV-Stabilität, Feuchtigkeitsunempfindlichkeit, Pilzbeständigkeit und Frostsicherheit. Somit kann die Fassadenbekleidung auch im Sockelbereich eingesetzt werden um ein einheitliches Fassadenbild zu erzeugen.

Das geringe Gewicht (270 kg/m^3) der Platten ist eine weitere positive Eigenschaft, da dies die Befestigung der Fassadenpaneele an der Bestandsaußenwand ermöglicht und so kein weiteres Fundament benötigt wird.

Im Vergleich haben Faserzementplatten eine deutlich höhere Rohdichte von 1580 kg/m^3 (stellvertretend wurde hier das Produkt *EQUITONE Linea / Lunara* gewählt). Obwohl die Faserzementplatten in einer geringeren Stärke (1 cm) verbaut werden, ist das flächenbezogene Gewicht der REAPOR-Platten sowohl bei einer Stärke von 3 als auch 5 cm geringer.



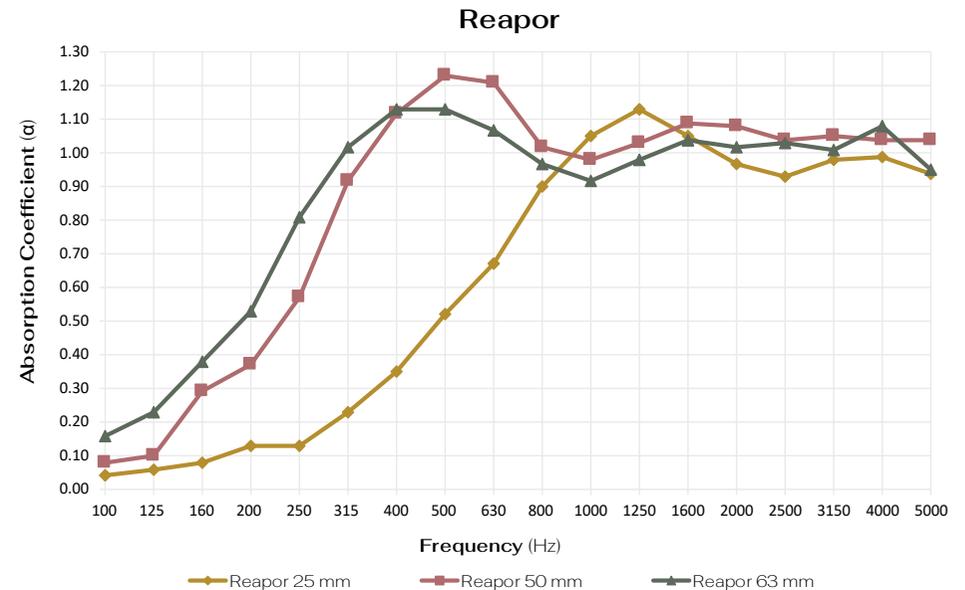
REAPOR Optik wie Stein
<https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/208/Pyrotek-WP-Acoustic-Comfort-Urban-Design.pdf>

Vergleich des flächenbezogenen Gewichts

Produkt	Rohdichte (kg/m^3)	Plattenstärke (m)	Gewicht (kg/m^2)
REAPOR	270	0,03 0,05	8,1 13,5
Faserzement EQUITONE	1580	0,02	16,5

Wie im nebenstehenden Diagramm aufgezeigt wird, ist der Schallabsorptionsgrad von *REAPOR* ab einer Frequenz von ca. 500 Herz am höchsten. In diesem Frequenzbereich liegt auch Straßenverkehrslärm (500 bis 1000 Hz), wodurch sich *REAPOR* für die Schallminderung des dadurch entstehenden Lärms eignet.

Bei einer Plattendicke von 5 cm und einer Hinterlüftungsebene von 5 cm kann nach DIN EN 20354 ein Schallabsorptionsgrad (NRC) von 1 erreicht werden. Dies bedeutet eine durchschnittliche Schallabsorption von 100% in den Frequenzen 250, 500, 1000 und 2000 Herz.



<https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf>

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 24.12.2023)
- <http://www.liaver.com/reapor/reapor-absorberplatte/> (Aufgerufen am 24.12.2023)
- https://www.laermorama.ch/m5_krachmacher/strassenlaerm_w.html (Aufgerufen am 24.12.2023)
- http://www.liaver.com/fileadmin/user_upload/pdf/TechDatblatt_Reapor_2014.pdf (Aufgerufen am 24.12.2023)
- <http://www.liaver.com/liaver/index.html> (Aufgerufen am 24.12.2023)
- https://media.equitone.com/pd24811/original/2003788950/equitone-linea-lunara-epd-ete_20190128_cca1_de.pdf (Aufgerufen am 24.12.2023)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 24.12.2023)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/225/Pyrotek-Reapor-Viterolite-900-Decidamp-RTD-Summary-FINAL2020.pdf> (Aufgerufen am 24.12.2023)
- https://www.liapor.com/medien/liapor_downloads/datei/86_liapor_reapor.pdf (Aufgerufen am 24.12.2023)
- <https://trikustik.at/knowledge/acoustic-dictionary/> (Aufgerufen am 24.12.2023)

3.10.2 SCHALLSCHUTZ IM GEBÄUDE

Die Bewohner des Bestandsgebäudes fühlen sich durch die Geräusche gestört, die sie aus den angrenzenden Wohnungen, sowohl im gleichen Stockwerk als auch aus der darüber- und darunterliegenden Wohnung hören.

In den Sanierungsmaßnahmen sollen mindestens die rechts aufgeführten Anforderungswerte der *DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau* eingehalten werden.

Bewertet wird hierbei die

- Luftschalldämm-Maß R'_{w} (je kleiner desto besser)
- Trittschalldämm-Maß $L'_{n,w}$ (je größer desto besser).

Da kein Schallschutznachweis für die gewählten Aufbauten vorhanden ist, müssen die Nachweise durch Testaufbauten und Messungen nachgewiesen werden.

Um ohne Messung jedoch einen Orientierungswert zu haben, wurden vergleichbare Aufbauten mit Nachweis gesucht.

Besonders wurden die Holzbalkendecken und die massiven Wohnungstrennwände des Bestands untersucht.

Alle Wohneinheiten sollen luftdicht voneinander getrennt werden, um den Schallschutz zu verbessern.

Bauteil	Anforderungen	
	R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB
Wohnungstrenndecken	≥ 54	≤ 50
Wohnungstrennwände und Wände neben Hausfluren	≥ 53	-

Anforderungswerte der DIN 4109-1:2018-01:
Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen

Neue Wohnungstrennwand

Die neuen Wohnungstrennwände, sowohl im Bestand als auch in den neu errichteten Gebäudeteilen, sollen als zweischalige Holzständerwände ausgeführt werden.

Als grobe Orientierung für den Aufbau diene der Aufbau *Trennwand twrxo02b* von *dataholz.eu*, jedoch wurden einige Schichten des Aufbaus verändert. (Alle verwendeten Lehmprodukte wurden von Hersteller Claytec gewählt)

Für diesen Aufbau wurde die flächenbezogene Masse aufgrund begrenzter Arbeitszeit nicht mit dem Vergleichsaufbau verglichen.

Da die Rohdichte der Lehmschüttung wesentlich höher ist als die von Mineralwolle, wird jedoch davon ausgegangen, dass die Schichtdicke reduziert werden kann und trotzdem ein insgesamt höheres, flächenbezogenes Gewicht erreicht wird. Die Gefachschicht könnte auch als Installationsschicht verwendet werden, jedoch müsste geprüft werden, ob dies einen negativen Einfluss auf die Schalldämmwerte hat.

Die Wahl der Beplankung fiel auf eine Lehmbauplatte, da diese gut recycelbar und feuchteregulierend ist, somit einen positiven Einfluss auf das Raumklima hat. In Verbindung mit der Lehmschüttung hilft die Wand Temperaturschwankungen im Raum auszugleichen und trägt zum sommerlichen Wärmeschutz bei.

Die jeweils dem Raum zugewandte OSB-Platte wurde für den Aufbau der Sanierung entfernt, da die Lehmbauplatte die aussteifende Wirkung übernehmen kann und der luftdichte Abschluss durch die innere OSB-Platte übernommen wird. Diese wird durch die Gefachschicht vor mechanischer Beschädigung geschützt.

Aufbau <i>twrxo02b-00</i> von <i>dataholz.eu</i>		Aufbau Vorschlag der Sanierung	
Baustoff	Dicke (mm)	Ersatz durch	Dicke (mm)
A Gips-/Gipsfaserplatte	25	} Lehmbauplatte	25
B OSB	15		
C Konstruktionsholz	100	-	70
D Mineralwolle	100	Lehmschüttung	70
E OSB	15	-	
H Konstruktionsholz	100	-	70
F Dämmstoff	20	Steinwolle	50
G OSB	15	-	
I Mineralwolle	100	Lehmschüttung	70
J OSB	15	} Lehmbauplatte	25
K Gips-/Gipsfaserplatte	25		

Quellen

- <https://www.dataholz.eu/bauteile/bauteil-trennwand/detail/kz/twrxo02b.htm> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.lehm-laden.de/shop/claytec-lehmbauplatte-d-25-mm-ganze-palette-60-platten-10903> (Aufgerufen am 25.12.2023)

Holzbalkendecke

Die Herausforderung bei der Sanierung der Holzbalkendecke ist es die Aufbauhöhe möglichst gering zu halten um eine maximale Raumhöhe zu erzielen.

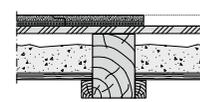
Außerdem soll auf Baustoffe verzichtet werden, die Feuchtigkeit ins Gebäude einbringen, eine Trocknungszeit haben und somit den Bauablauf verzögern. So schließt sich eine Standardlösung mit Zementfließestich oder Holzbetonverbunddecke aus.

Für die Sanierung wird die Holzbalkendecke bis auf die tragenden Balken rückgebaut.

Um einen Anhaltspunkt für die Schallschutzwerte der Decke zu haben, wurde ein geprüfter Aufbau des Herstellers *knauf*, der die erforderlichen Werte der *DIN 4109-1* einhält, bezüglich der flächenbezogenen Masse untersucht und versucht, diese Werte indem geplanten Aufbau der Sanierung zu erreichen.

Hierfür wurden zuerst die Rohdichten der in den knauf-Aufbauten verwendeten Baustoffe herausgesucht um sie mit den Daten der gewünschten Baustoffe in der Sanierung zu vergleichen.

Prüfaufbau – Holzbalkendecke C – Schwere Einschub – Z. B. teilentkernte Altbaudecke

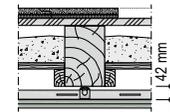


Fußbodenaufbau:	Ohne Fußbodenaufbau bzw. Brio WF
Spanplatte:	24 mm
Holzbalken:	120 x 180 mm, Achsabstand 500 mm
Dämmung / Einschub zwischen den Balken:	Deckeneinschub aus 24 mm Spanplatte mit 100 kg/m ² Auflast aus Sand
Abhänger / Art der Unterkonstruktion:	Siehe Tabelle
Abhängehöhe:	Siehe Tabelle

Bewertetes Luftschalldämm-Maß und Norm-Trittschallpegel (ohne Nebenwege)

Deckenbekleidung/ Unterdecke	Unterkonstruktion	Beplankung	Fußbodenaufbau Ohne		Mit Brio WF	
			R _w (C C _w) dB	L _{n,w} (C ₁ C _{1,50-2500}) dB	R _w (C C _w) dB	L _{n,w} (C ₁ C _{1,50-2500}) dB

D152.de Metall-Unterkonstruktion



	Fußbodenaufbau Ohne		Mit Brio WF	
	R _w (-6 -12) dB	L _{n,w} (0 1) dB	R _w (-5 -11) dB	L _{n,w} (3 5) dB
12,5 mm Knauf Bauplatte	56 (-6 -12)	62 (0 1)	61 (-5 -11)	55 (3 5)
12,5 mm Diamant	-	59 (-1 -)	-	52 (-1 -)
2x 12,5 mm Knauf Bauplatte	60 (-5 -11)	57 (0 4)	64 (-4 -9)	49 (11 7)
2x 12,5 mm Diamant	-	53 (-1 -)	-	45 (-1 -)
25 mm Massivbauplatte	-	-	58 ¹⁾ (-3 -10)	47 ¹⁾ (2 10)
25 mm Massivbauplatte +	-	-	60 ¹⁾ (-2 -6)	41 ¹⁾ (1 10)
18 mm Knauf Feuerschutzplatte	-	-	-	-

<https://www.knauf.de/wmw/?id=1007>

Aufbauposition	Produkt	Hersteller	Dichte /Gewicht
Beplankung	Lehmbauplatte D20	Claytec	1450 kg/m ³
	Lehmbauplatte schwer Lemix	Claytec	700 kg/m ³
	Bauplatte GKB 12.5	knauf	680 kg/m ³
	Diamant GKFI 12.5	knauf	1000 kg/m ³
	Massivbauplatte GKF 25	knauf	800 kg/m ³
Belag/Fußboden	Brio 18 WF	knauf	24,8 kg/m ²
	Fußbodenheizungssystem IDEAL BASIC ÖKO 30	CompactFloor	230 kg/m ³
Auflast	Sand	-	1000 kg/m ²
	Lehm Trockenschüttung Granulat	Claytec	1350 kg/m ³

Für die Bewertung des Gewichts wurde der Aufbau in zwei Teile aufgeteilt – den oberen Teil des Deckenaufbaus (Belag und Auflast) und die abgehängte Decke (Beplankung). Hierbei wurde die benötigte Dicke der Produkte von Claytec so gewählt, dass die Masse möglichst nah am Gewicht des geprüften Aufbaus ist.

Die abgehängte Decke soll mit Direktschwingabhängern befestigt werden. Direktabhängiger würden eine Erhöhung des Trittschallpegels um 4–6 dB bewirken (Quelle: *knauf*).

Gewicht des Belags und der Auflast

Aufbau	Produkt	Dicke (m)	Gewicht (kg/m ²)	Dichte (kg/m ³)
knauf	Brio 18 WF Sand	0,028	24,8	
			100,0	
		Gesamt	124,8 kg/m ²	
Vorschlag	FB Heizung	0,030	24,8	230
		0,087	117,9	1350
			Gesamt	124,8 kg/m ²

→ **Gewählte Schüttungsdicke: 9cm**

Gewicht der abgehängten Decke

Aufbau	Produkt	Dicke (m)	Gewicht (kg/m ²)	Dichte (kg/m ³)
knauf	Massivbauplatte	0,025	20,2	
Vorschlag	Lehmbauplatte schwer	0,014	20,2	1450

→ **Gewählte Plattenstärke: 16mm**
(Mögliche Stärken :16 und 22mm)

Quellen

- <https://www.knauf.de/wmv/?id=1007> (Aufgerufen am 21.12.2023)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 21.12.2023)
- <https://www.akustik-raumklima.de/media/d6/94/c9/1632224955/Lehmbauplatten.pdf> (Aufgerufen am 21.12.2023)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/claytec-lehmbauplatte-d20_pid205 (Aufgerufen am 21.12.2023)
- <https://www.knauf.de/wmv/?id=2894> (Aufgerufen am 21.12.2023)
- https://www.knauf.de/profi/sortiment/produkte/diamant-gkfi.html#showtab-tab_153_4 (Aufgerufen am 21.12.2023)
- https://www.knauf.de/profi/sortiment/produkte/massivbauplatte-gkf.html#showtab-tab_997_4 (Aufgerufen am 21.12.2023)
- <https://www.knauf.de/profi/sortiment/produkte/brio-wf.html> (Aufgerufen am 21.12.2023)
- https://www.claytec.de/de/produkte/fachwerksanierung/lehm-trockenschuettung-granulat_pid2815 (Aufgerufen am 21.12.2023)
- https://www.compact-floor.com/media/pdf/4b/ee/e3/produktdaten_cf_basic-oeko_072017_DE.pdf (Aufgerufen am 21.12.2023)

Innere Brandwand als Wohnungstrennwand

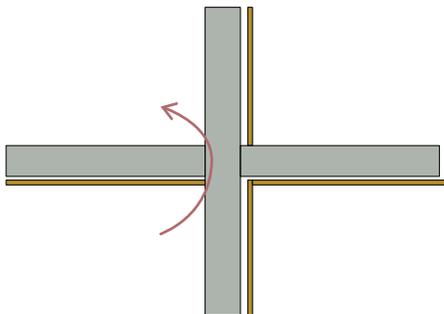
Um zu bestimmen, ob die 25cm dicke innere Brandwand aus Ziegel die Anforderung an den Schallschutz erfüllt, wurde zunächst der Luftschalldämmmaß berechnet.

Die Berechnungen wurden nach DIN 4109 Teil 2 und Teil 32 durchgeführt (als Orientierung diene das Dokument „Schallschutz mit Knauf - Ermittlung der Schalldämmung im eingebauten Zustand“ (01/2019)). Die Rohdichten sind anhand der Tabellen in diesem Dokument ausgewählt und geschätzt.

Der errechnete Wert liegt über der Mindestanforderung der *DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau* von 53 dB und gilt damit als Erfüllung der Anforderung.

Da durch die Sanierung jedoch eine maximale Wohnqualität erreicht werden soll, wird durch eine Vorsatzschale versucht, der Höchstklasse A* (≥ 53 dB) der GEGA-Empfehlung (01/2018) für Luftschall gerecht zu werden. Dies kann durch eine biegeeweiche Vorsatzschale (Bepankung: Lehmbauplatte schwer Lemix von Claytec) erreicht werden.

Problematisch könnte die Schallbrücke zwischen den Stockwerken sein. Näheres muss untersucht werden.



Luftschalldämm-Maß der Mauer

Schicht	Dicke (m)	Rohdichte (kg/m ³)	flächenbezogene Masse (kg/m ²)
Ziegelmauer	0,25	2000	500
Putz	0,03	1600	48
m'_{ges}			548

$$R_w = 30,9 \times \lg(m'_{\text{ges}}/m'_0) - 20,2 \quad \text{mit } m'_0 = 1$$

$$= 62,4 \text{ dB} \quad \geq 53 \rightarrow \text{Anforderung erfüllt}$$

	E	E	D	C	B	A	A*
Wände/Decken [R _w] ¹⁾	< 50 dB	≥ 50 dB	≥ 54 ²⁾ dB	≥ 57 ²⁾ dB	≥ 62 dB	≥ 67 dB	≥ 72 dB

Luftschalldämm-Maß der Mauer mit Vorsatzschale

Schicht	Dicke (m)	Rohdichte (kg/m ³)	flächenbezogene Masse (kg/m ²)
Ziegel + Putz (1)			548
Vorsatzschale (2)	0,016	1450	23,2
Hohlraumtiefe d	0,05		

$$f_0 = 160 \times \sqrt{0,08/d \times (1/m'_1 + 1/m'_2)}$$

$$= 42,9 \text{ Hz}$$

$$\Delta R_w = 74,4 - 20 \times \lg(f_0) - 0,5 \times R_w$$

$$= 10,54 \text{ dB}$$

$$R_{w,\text{res}} = R_w + \Delta R_w$$

$$= 72,97 \text{ dB} \quad \geq 53 \rightarrow \text{Anforderung erfüllt}$$

Quellen

- <https://www.knauf.de/wmv/?id=15560> (Aufgerufen am 23.12.2023)

- https://www.dega-akustik.de/fileadmin/dega-akustik.de/publikationen/DEGA_Empfehlung_103.pdf (Aufgerufen am 23.12.2023)

3.11 BRANDSCHUTZ

3.11.1 GEBÄUDEKLASSE

Die Oberkante des obersten Geschosses liegt unter 13m aber höher als 7m über Geländeoberkante, weshalb der Wohnblock der Gebäudeklasse 4 (BayBo2018) zugeordnet werden kann.

Nachfolgend sind alle relevanten, brandschutztechnischen Anforderungen, die auf das Gebäude treffen, aufgelistet.

Tragende und aussteifende Wände und Stützen	F60
tragende und aussteifende Wände und Stützen	F60
im Kellergeschoss	F90
Außenwände	
nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände	nichtbrennbar
Oberflächen von Außenwänden, Außenwandbekleidungen	schwerebftflammbar
hinterlüftete Außenwandbekleidungen	Vorkehrungen gegen Brandausbreitung bei geschossübergreifenden Hohl- und Lufträumen
Trennwände	
Trennwände	F60
Decken	
Decken	F60
Decken im Kellergeschoss	F90
Notwendige Flure	
Flurwände Laubengänge	F30
Bekleidungen in Fluren und Laubengängen	nichtbrennbar
Aufzüge	
Fahrschachtwände	F60

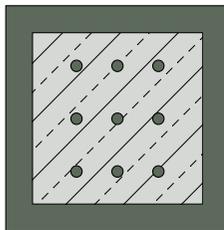


3.11.2 STAHLTRAGWERK

Um bei einem Brand garantieren zu können, dass das Stahltragwerk weiterhin seine statische Aufgabe erfüllt, muss es vor hohen Temperaturen geschützt werden.

Grund hierfür ist, dass Stahl bei Temperaturen von ca. 500 °C beginnt seine Festigkeit zu verlieren und somit die Stabilität des Gebäudes gefährdet ist. Bei Gebäudebränden treten oft Temperaturen von über 800 °C auf.

Bei den Stahlstützen und -trägern, die in einer Dämmebene aus nicht brennbarem Dämmstoff liegen, wird angenommen, dass sie dadurch geschützt sind. Im Detail muss dies jedoch noch überprüft werden. Die frei liegenden, tragenden Stahlbauteile sind aus optischen Gründen Quadratrohre, diese sollen durch ausbetonieren vor zu hohen Temperaturen geschützt werden. Innerhalb des Betonkerns wird für den Brandfall eine Stahlbewehrung parallel zur Trägerrichtung einbetoniert.



3.11.3 DECKEN/TRENNÄNDE

Die Decken- und Trennwandaufbauten müssen bezüglich ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit geprüft werden.

Aufgrund von der begrenzten Bearbeitungszeit der Bachelorarbeit wurde dies nicht durchgeführt und wäre ein nächster Schritt. Möglicherweise müssten die Aufbauten angepasst werden.

Dies betrifft vor allem die Konstruktionen mit Lehmbauplatten, da diese jedoch nach DIN EN 13501-1:2010-01 als nicht brennbar (A1) eingestuft sind, wird angenommen, dass nur geringfügige Anpassungen vorgenommen werden müssen.

Quellen

- <https://www.rockwool.com/de/produkte/brandabschottung-conlit-brandschutz/stahlbau-brandschutz/stahltraeger-daemmen/> (Aufgerufen am 23.12.2023)
- https://bauforumstahl.de/upload/documents/brandschutz/arbeitshilfen/BA_64_2.pdf (Aufgerufen am 23.12.2023)

Quellen

- https://www.baulinks.de/bkd_file/hart-keramik/Hart_Keramik_Lemix_Broschuere_24092020.pdf (Aufgerufen am 23.12.2023)

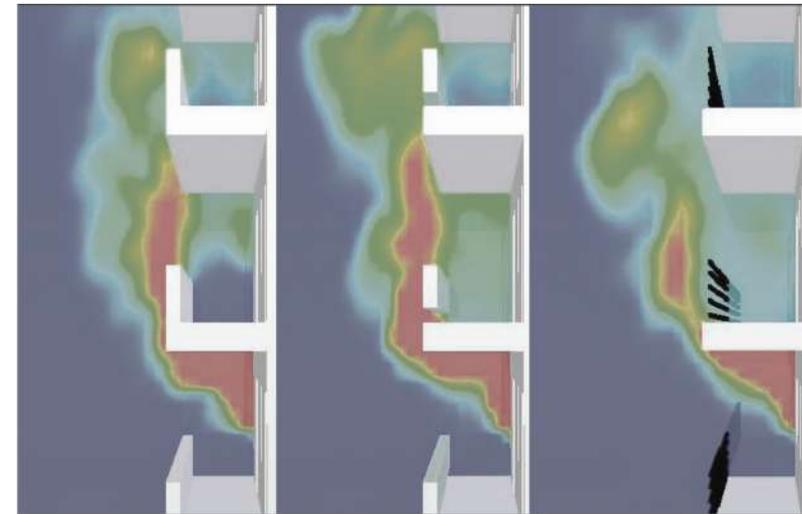
3.11.4 LAUBENGANG

Die Überlegungen zum Brandschutz beim Laubengang beruhen vor allem auf der Masterarbeit „Benutzbarkeit horizontaler außenliegender Rettungswege bei einer Brandbeaufschlagung“ (Martina Schwarz, Dresden 2014).

Diese Arbeit hat besonders die Wahl des Geländers beeinflusst. Obwohl ein geschlossenes Gelände eine Anhaftung des Rauches und somit höhere Temperaturen in diesem Bereich bewirken, wurde diese Art gewählt. Gründe hierfür sind gestaltersich, dass die Temperaturen im Laubengangbodenbereich bei einem geschlossenen Gelände niedriger sind als bei einem offenen Gelände, sodass durch eine gebeugte oder kriechende Haltung bei der Flucht keine/kaum Hitze zu spüren ist.

Der Entwurf der Sanierung sieht vor, dass die geschlossene Brüstung als Pflanzentrog ausgebildet wird und somit die Brüstung bepflanzt werden kann. Dabei müsste jedoch der negative Einfluss auf die Brandausbreitung geprüft werden. Falls die Begrünung eine zu große Brandlast darstellt, wird die Ausführung eines offenen Geländers empfohlen.

Der Boden des Laubengangs soll nicht offen ausgeführt werden um zu hohe Temperaturen im Bodenbereich des darüberliegenden Gangs zu verhindern.



Temperatursausbreitung bei verschiedenen Geländern
https://bs-schwarz.de/wp-content/uploads/2019/12/Feuertrutz-Magazin_Masterthese.pdf

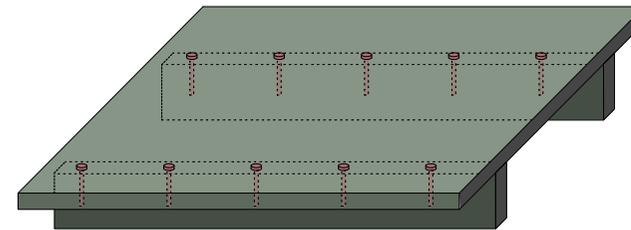
3.12 LASTABTRAG, AUSSTEIFUNG

3.12.1 SANIERUNG DES BESTANDS

Horizontale Aussteifung

Die Holzbalkendecken werden bis auf die Balkenlage rückgebaut, Hierbei kann gleich der Zustand der Balken bewertet werden und ein evtl. beschädigter Balken ausgetauscht werden. Ziel ist jedoch möglichst viele Bestandsbalken erhalten zu können.

Auf den Balken wird eine Holzwerkstoffplatte verschraubt, die kraftschlüssig mit den Wänden verbunden wird, um eine horizontale Aussteifungsebene zu erzeugen.



Horizontale Aussteifung durch Verschraubung einer Holzwerkstoffplatte mit den Bestandsbalken

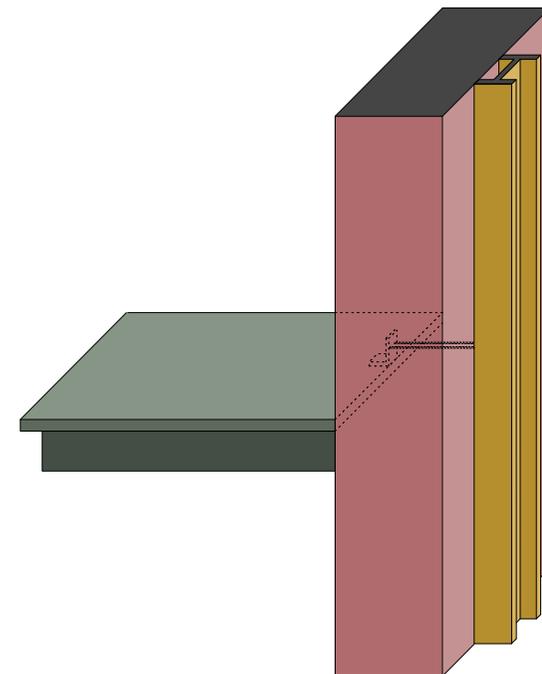
Vertikale Aussteifung

Um eine offene Grundrissgestaltung zu ermöglichen werden manche der aussteifenden Innenwände des Bestands, siehe *2.3 Lastabtrag*, entfernt. Diese Wände verhinderten das Ausknicken der langen Außenwände.

Die Knicklast muss andersweitig abgeleitet werden. Eine Möglichkeit wäre es, einen Rahmen anstelle der Wand einzubauen, die eine offene Nutzung des Raumes ermöglicht, jedoch wäre die Innenraumgestaltung dadurch, dass er sichtbar ist, eingeschränkt.

Eine weitere Möglichkeit ist es, die Außenwände durch das kraftschlüssige Verbinden einer Außenstütze mit der Außenwand und der neuen Deckenscheibe, vor dem Ausknicken zu schützen.

Es wurde die zweite Option gewählt, da diese am meisten Freiheit in der Gestaltung gewährt und die Stützen der Aufstockung verwendet werden können. Diese müssten auch ohne diese Funktion regelmäßig an der Außenwand befestigt werden, um ihre Knicklänge zu verkürzen.



Vertikale Aussteifung durch Verbindung der Bestandsdecke und -wand mit den Stützen der Aufstockung

3.12.2 AUFSTOCKUNG

Fundamente/Stützen

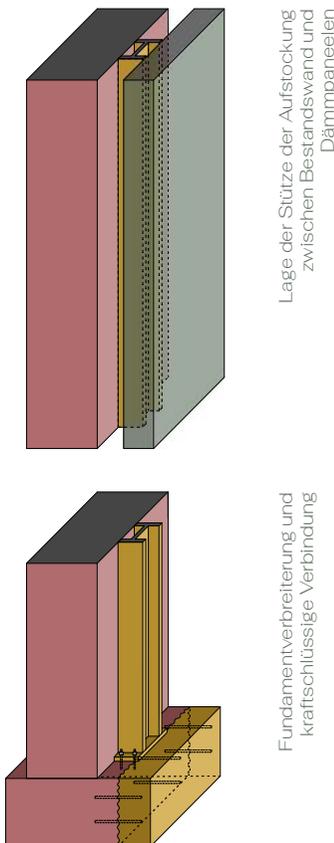
Da vermutet wird, dass die Bestandsfundamente die Lasten eines weiteren Geschosses nicht abtragen können, werden die Module des neuen Obergeschosses auf eigene Stützen gestellt.

Diese Stützen sind zwischen den neuen, vorgefertigten Fassadenpaneelen und der Bestandsaußenwand im 12,5 cm breitem Spalt, der vor Ort mit Einblasdämmung verfüllt wird, angeordnet. Ihre Position ist durch den sich durch die Paneelbefestigung ergebenden Spalt festgelegt und kann nicht weiter von der Bestandswand entfernt werden. Dies hat zur Folge, dass die Stützen zum Teil auf den Bestandsfundamenten stehen müssen. Die Fundamente werden im Bereich der Stützen erweitert. Um eine kraftschlüssige Verbindung herzustellen, müssen die alten Fundamente aufgeraut und durch Bewehrungsstahl mit den neuen Fundamenten verbunden werden.

Um die Last des Laubengangs auf der Nordseite des Wohnblocks über eigene Stützen in den Boden einzuleiten, werden auch hier neue Punktfundamente benötigt. Diese sollen nicht kraftschlüssig (Trennung durch einen Dämmstreifen) mit den Fundamenten der Aufstockung und des Bestands verbunden werden, um ein einseitiges Absinken der nördlichen Gebäudehälfte und somit ein „Kippen“ des Gebäudes zu verhindern. Sollte diese Trennung aus Platzgründen nicht möglich sein, muss darauf geachtet werden, dass die Fundamente der Laubengangstützen so dimensioniert werden, dass die Bodenpressung (Spannung) durch eine Erhöhung der Fundamentfläche klein gehalten wird und somit die Kraft (Auflast) über eine größere Fläche in den Boden eingeleitet wird.

Um die Knicklänge der Stützen zu verkürzen werden sie an mehreren Stellen im Bestand auf Höhe der Decken verankert (siehe 3.12.1 *Sanierung des Bestands - vertikale Aussteifung*).

Dies ermöglicht eine schlankere Dimensionierung der Stützen und somit auch Materialeinsparung.



Module der Aufstockung

Die Module der Aufstockung werden als Stahlrahmenkonstruktion gefertigt und mit Holzständerwänden gefüllt.

Um eine maximal freie Grundrissgestaltung zu erreichen, werden die Stahlrahmen als Vierendeelträger ausgebildet, wodurch keine Aussteifungsebenen benötigt werden, da die Konstruktion biegesteife Ecken hat.

Die Module werden vor Ort auf den Stützen befestigt, wobei die Stütze jeweils unter den Modulstößen steht und somit zwei Module trägt.

Bei der Modulgröße muss auf die maximale Transportgröße geachtet werden, weshalb das Modul in der Höhe in zwei Einheiten geteilt und vor Ort zusammengesetzt werden muss.

Der Boden der Elemente besteht aus einer Stahl-Beton-Verbunddecke.

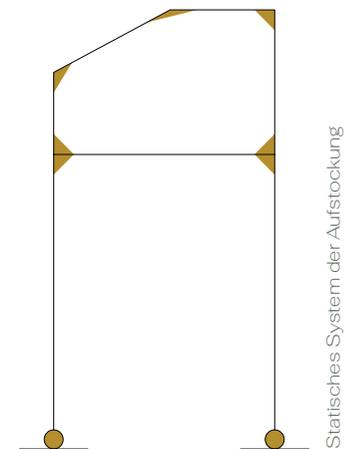
Die Module werden punktuell an den inneren Brandwänden zur Aussteifung befestigt.

Bei einer weiteren Planung der Module muss kritisch betrachtet werden, ob die Vorteile von Modulen gegenüber einer Konstruktion mit vorgefertigten Wand- und Deckenelementen überwiegen oder ob eine andere Konstruktion sinnvoller ist.

Gründe für diese Überlegung sind, dass am Elementstoß immer eine Doppelung der Stahlbauteile auftritt. Besonders in Bezug auf Ressourceneffizienz muss geprüft werden, ob der Stahlanteil durch eine andere Konstruktion verringert werden könnte. Dies hätte auch einen positiven Einfluss auf die Ergebnisse der Ökobilanz.

Der Verzicht auf Module würde eine freiere Grundrissgestaltung ermöglichen.

Es könnte weiter überlegt werden, ob es sinnvoller ist, den Boden der Galerie als Holzbalkendecke auszuführen.



3.12.3 ANBAU

Der Anbau soll als Raummodule ausgeführt werden, die auf einer Stahlgitterkonstruktion (*Tisch*) stehen.

Um Parkplätze zu schaffen, wird der Erdgeschossbereich hier zunächst frei von Wohnungen gehalten. Bei keinem weiteren Bedarf an Parkplätzen kann dieser Bereich zu einem späteren Zeitpunkt mit weiteren Modulen zur Wohnfläche umfunktioniert werden, auch eine Nutzung als überdachte Freifläche wäre eine Option.

Für alle Nutzungsfälle ist es vorteilhaft, eine möglichst freie Fläche zu schaffen, die uneingeschränkt bespielt werden kann. Deshalb wird der Anbau von nur vier Stützen (jeweils an den Eckpunkten) getragen. Die Aussteifung erfolgt über die Ausbildung der Deckenkonstruktion als biegesteifes Gitter. Um auch die störenden Stützen im Erdgeschossbereich für den Lastabtrag des Laubengangs zu vermeiden wird dieser als Auskragung von der Gitterkonstruktion entworfen.

Um den Anbau möglichst schnell errichten zu können und ihn optimal sowie ohne Betonrückstände im Boden rückbauen zu können, werden die Fundamente der Stützen mit Spinnankern ausgebildet.

Das betonlose Fundament benötigt keinen Bodenaushub und kann direkt nach der Installation (Dauer pro Spinnanker ca. eine Stunde) voll belastet werden. Somit kann der Zeitverzug aufgrund der Aushärtungsdauer eines gewöhnlichen Betonfundaments umgangen werden. Da die Gewindestangen des Fundaments - vergleichbar zu den Wurzeln eines Baums - schräg in den Boden eingedreht werden und daher eine bestimmte Fläche benötigen, lässt sich dieses System leider nicht für die Stützen der Aufstockung anwenden, jedoch für die nördlichen Stützen des Laubengangs vor dem Bestandgebäude.



Spinnanker
http://www.spinnanker.com/userfiles/file/Spinnanker_Produnktprospekt_v1.0.pdf

Quellen
- http://www.spinnanker.com/userfiles/file/Spinnanker_Produnktprospekt_v1.0.pdf (Aufgerufen am 24.12.2023)

3.13 BESTANDSÄNDERUNGEN

3.13.1 HOLZBALKEN DER DECKE

Die Holzbalken der Decken sollen weitestgehend so verwendet werden, wie sie im Bestand vorzufinden sind. Die Balken müssen auf ihre Tragfähigkeit und mögliche Schäden überprüft und wenn nötig ersetzt werden.

Durchbiegung

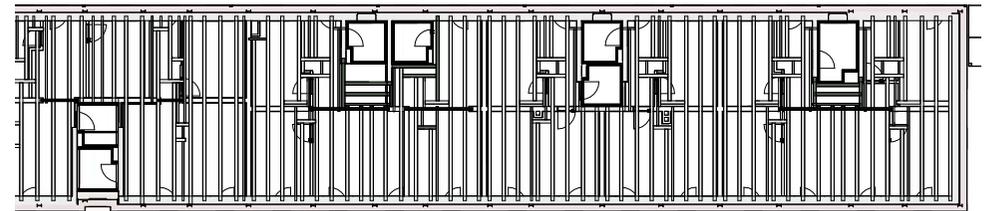
Es ist wahrscheinlich, dass sie sich im Laufe der Zeit durchgebogen haben. Dies wird auch nach der Sanierung noch erkennbar sein, da auf einen Ausgleich der Höhen durch eine Holzbetonverbunddecke verzichtet wird, um einen schnellen Bauablauf ohne Trocknungszeiten ermöglichen zu können. Stattdessen sollen die Balken mit einer Holzwerkstoffplatte beplankt werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die Durchbiegung des Bodens keinen großen, negativen Einfluss auf die Wohnqualität nach der Sanierung hat und nur beim Aufstellen von großen Möbeln (Schränken) ausgeglichen werden muss.

Umstrukturierung, Wechsel, fehlende Auflagerpunkte

In manchen Bereichen der Decke ist es notwendig die Struktur der Balkenlage zu ändern. Beispielsweise müssen teils die Balken der Treppenpodeste im zweiten Bestandsgebäudeabschnitt von Westen etwas nach unten gesetzt werden, um einen ebenen Fußboden zu erreichen, da die Holzbalken der Treppenpodeste laut Bestandsplan etwas höher angeordnet sind als die der dazugehörigen Wohngeschossebene. Außerdem muss ein weiterer Balken hinzugefügt werden. Für die Bäder neben dem ehemaligen Treppenschacht in diesem Gebäudebereich muss ein Wechsel in die Balkenlage integriert werden um einen neuen „Schacht“ zu schaffen, in dem die Badelemente eingestzt werden können.

Wenn durch den für die Grundrissgestaltung gewünschten Abriss von Bestandswänden Auflagerpunkte für die Holzbalken entfernt werden, müssen diese durch Stahlträger (Einsatz vor allem beim mittigen Auflagerpunkt der Balken) oder durch Einfügen eines Wechels aus Holz neu geschaffen werden. Für den Umbau der Balkenlage sollen vorzugsweise ausgebaute Balken (möglichsteweise auch welche vom Dachstuhl) wiederverwendet werden.



Balkenlage 1.OG, M 1:400
grün = neue Balken

3.13.2 FASSADENÖFFNUNGEN

Bei der Sanierung wurde darauf geachtet, dass die Fensteröffnungen möglichst an der Stelle liegen, an der sie auch im Bestand lagen. Die vorhandenen Öffnungen müssen hauptsächlich nur vergrößert werden, somit kann die Bauzeit reduziert und Baumaterial, das zum Verfüllen der Wände nötig wäre, gespart werden.

3.14 BADMODULE

Um den Ausbau zu beschleunigen, sollen bevorzugt die Bestandstreppehäuser zu Schächten rückgebaut werden und in diese von oben Badmodule in das Gebäude eingesetzt werden.

Weil sie somit nicht auf einer Geschossdecke aufliegen und der Großteil der handelsüblichen Badmodule nicht tragend ausgebildet sind, muss hierfür entweder ein Hersteller ausfindig gemacht oder ein Module entworfen werden.

Für die Sanierung wurde eine Rahmenkonstruktion aus Stahl angenommen, die im Kellergeschoss auf Stützen aufgestützt wird.

Ein Problem stellt die innen nicht bündige Außenwand dar. Es besteht ein Versprung von 2cm vom Kellergeschoss ins Erdgeschoss und 8 cm vom Erdgeschoss ins 1. Obergeschoss.

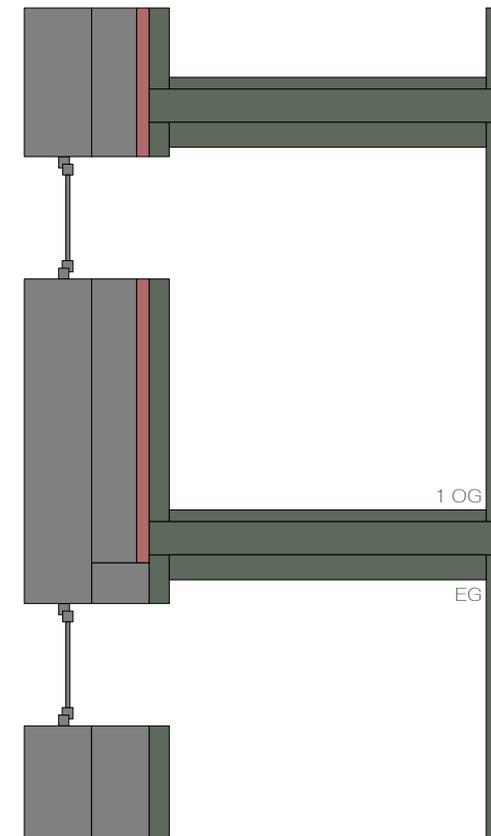
Obergeschoss.

(Genaue Übergangshöhen müssen vorab geprüft werden, sie sind nicht eindeutig aus den Bestandsschnitten ablesbar.)

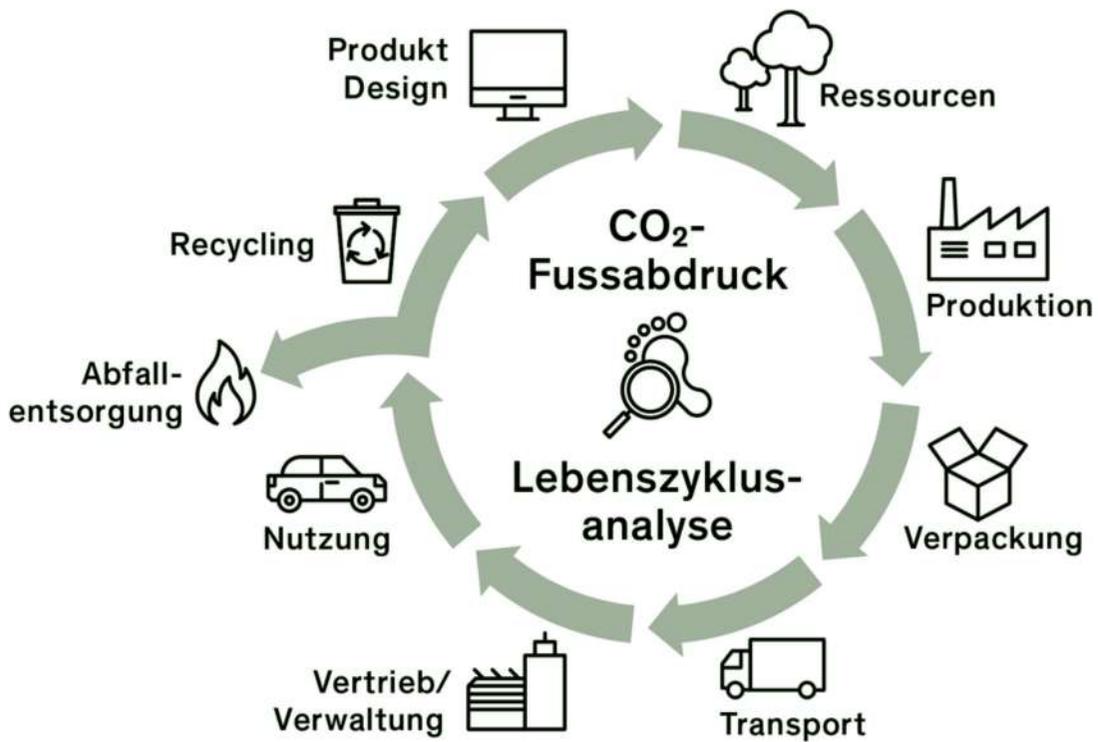
Da die Stützen der Module genau übereinander stehen sollten, um einen geraden Lastabtrag zu garantieren, muss die entstehende Lücke der Module in den oberen Geschossen zur Außenwand entweder mit Dämmstoff ausgefüllt oder das Problem durch ein Herausrücken der Wand aus der Stützebene gelöst werden.

Im Kellergeschoss könnten die störenden 2 cm - falls nötig - von der Bestandswand abgetragen werden.

Für den Entwurf wurde angenommen, dass ein Ausgleich mit Dämmstoff (8cm) hergestellt wird, jedoch hat dies den Nachteil, dass die Außenwand unnötigerweise dicker wird, dies bedeutet einen geringeren Lichteinfall durch das Fenster und eine Verschwendung von nutzbarer Grundfläche.



Problem des Wandversprungs



04

LEBENSZYKLUS-ANALYSE

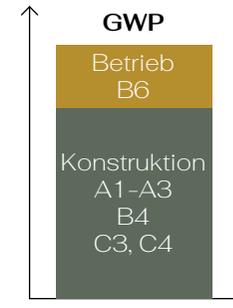
4.1 BILANZRAHMEN / RANDBEDINGUNGEN DER ÖKOBILANZ

Die Ökobilanz wurde nach den Vorgaben des QNG (Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude) erstellt.

Es wurde nur das GWP (Global Warming Potential) betrachtet und andere Umweltauswirkungen vernachlässigt.

Das Gesamt GWP des Gebäudes setzt sich zusammen aus:

- Graue Energie der Konstruktion
 - Module: A1 -A3; B4; C3, C4
- Betrieb (Endenergieverbrauch)
 - Modul B6 (Nur Wärme, Warmwasser, Strom Vermieter)



Zusammensetzung des GWPs der Ökobilanz

Folgende Bezugsgrößen wurden in der Bilanz verwendet:

- Emissionsfaktor für Strom : 0,55 kg CO₂-Äquiv./kWh (QNG Handbuch)
- Flächenbezug: A_{NRF} = 3.464 m²
 - „Systemgrenze ist der komplette Baukörper einschließlich des Kellers“ (QNG Handbuch)
 - „Laubengänge dürfen grundsätzlich nur in der bauordnungsrechtlich geforderten Mindestbreite berücksichtigt werden“ (QNG Handbuch)
Die Laubengänge wurden nur mit einer Breite von 1,5 m (4.3.2 DIN 18040-2) in die NRF eingerechnet.
 - Die Fläche unter dem neuen Anbau wurde nicht mitgerechnet.
- Endenergieverbrauch: 19.202 kWh (eigene Berechnung nach DIN 18599)
- Mieterstrom: 20 kWh/m²A_{NRFE} (QNG Handbuch)

Lebenszyklusphasen	Herstellung	Errichtung	Betrieb und Nutzung	Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung	Vorteile & Belastungen außerhalb Systemgrenze													
Modulgruppen	A 1-3	A 4-5	B 1-7	C 1-4	D													
	Rohstoffbeschaffung	Transport	Produktion	Transport	Errichtung / Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung/Reparaturen	Austausch	Modernisierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau/ Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Entsorgung	Recyclingpotenzial	Effekte exportierter Energie
Module	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D1	D2

Tabelle 2: Darstellung der Lebenszyklusphasen gemäß DIN EN 15643:2021-12

In die Ökobilanz eingehende Module
QNG Handbuch, Anhang 3.1.1 zur ANLAGE 3, Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude,
Stand 01.03.2023

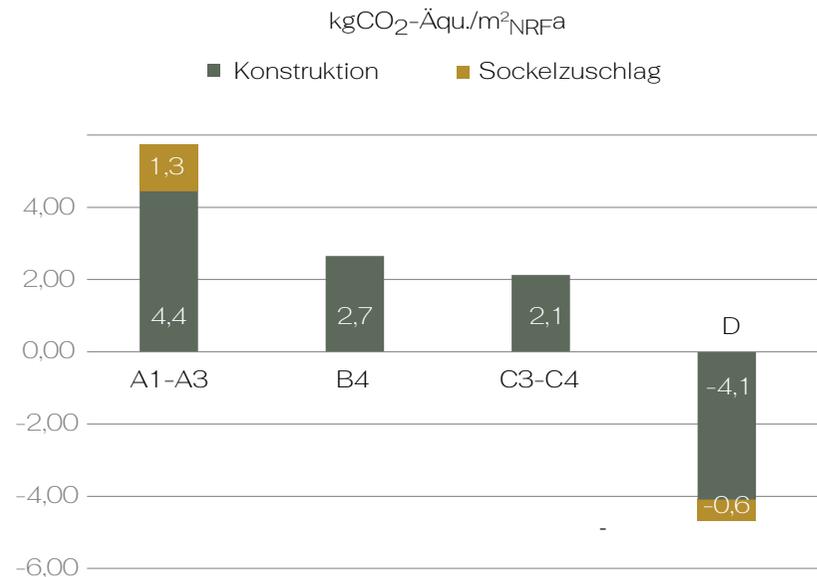
Quellen

- https://www.qng.info/app/uploads/2023/03/QNG_Handbuch_Anlage-3_Anhang-311_LCA_Bilanzregeln-WNG_v1-3.pdf (Aufgerufen am 13.01.2024)
- E DIN 18040-2:2023-02

4.2 ERGEBNISSE

Konstruktion	Summen	A1-A3	B4	C3-C4	D1
KG 300 Bestand	0,43	0,77	0,14	0,43	-0,15
KG 300 Neubau	7,43	4,9	0,87	1,66	-3,24
KG 400 Sockelzuschlag	1,3				-0,61
KG 400 Großgeräte	2,68	0,87	1,78	0,03	-0,11
	11,8				
		kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}			
Wärme	3,05				
Strom Vermieter	2,00				
Strom Mieter	11,00				
Berechnete Umweltauswirkung	16,86	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}			
Bewertung	erfüllt				

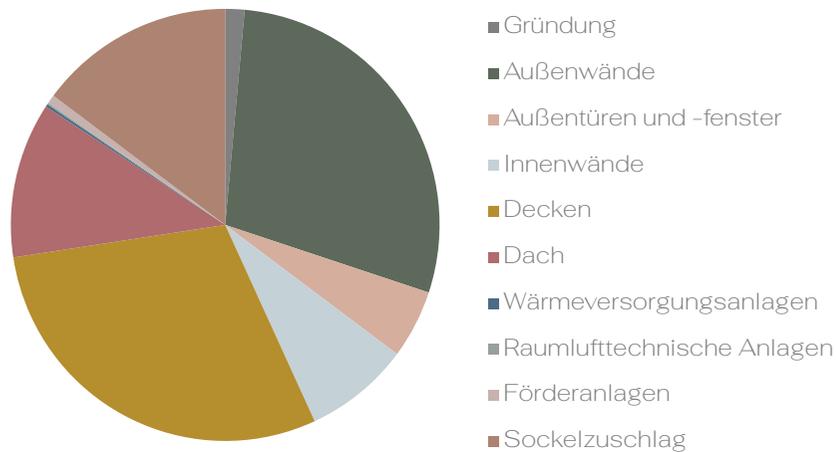
GWP nach Lebenszyklusphasen



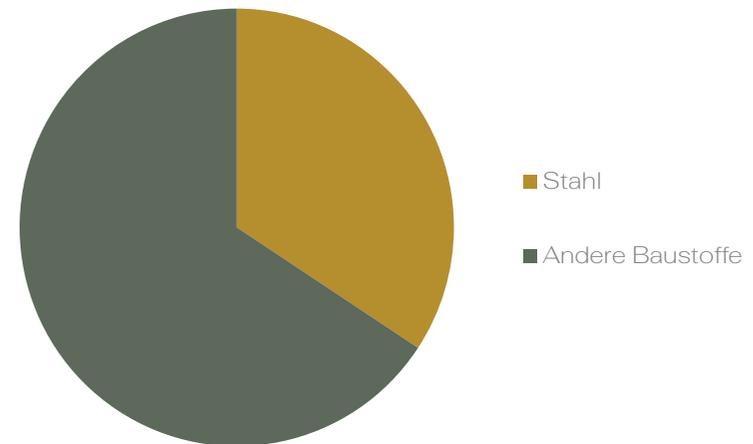
Das berechnete GWP beträgt 16,86 kgCO₂-Äqu./m²_{NRFA}, gemäß dem Steckbrief 3.1.1 S. 117 wurde somit die Bewertungsstufe erfüllt erreicht.

Das GWP ist zum größten Teil der Phase der Herstellung zugeordnet, hier ist auch der Sockelzuschlag eine bedeutende Größe. Das Recyclingpotential ist recht hoch und wird wahrscheinlich durch den Stahlanteil der Konstruktion bestimmt.

GWP nach Kostengruppe



GWP von Baustoffen



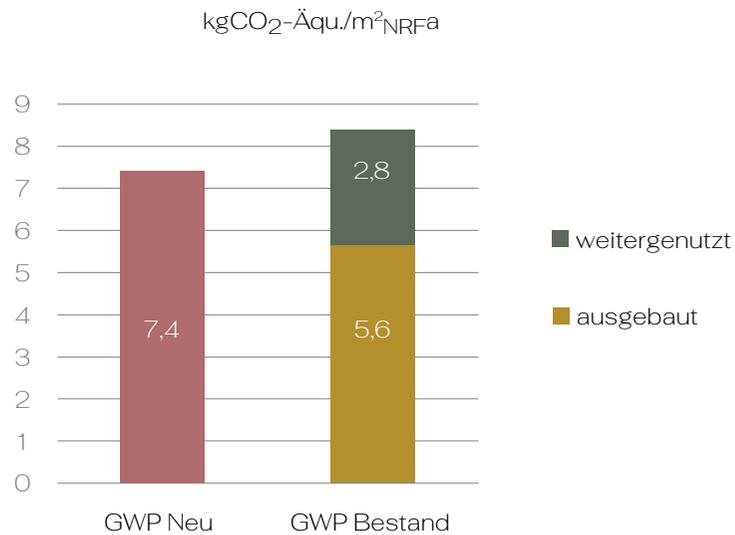
Bei der Aufteilung des GWP der Konstruktion nach Kostengruppen fallen vor allem die Außenwände und Decken ins Auge.

In beiden Gruppen ist Stahl enthalten, was den hohen Anteil am Gesamt-GWP erklärt.

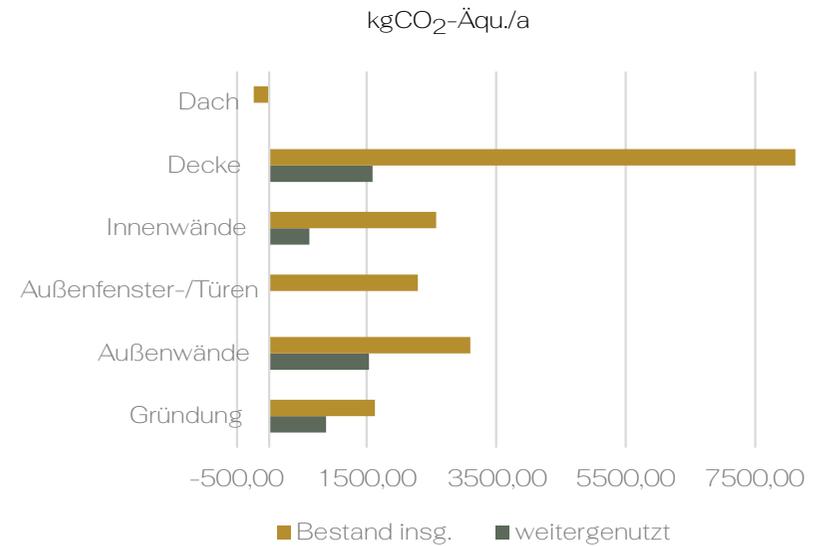
In den Außenwänden trägt wahrscheinlich auch die Steinwolldämmung zu dem hohen Anteil bei. Hier kann in nächsten Schritten geprüft werden, ob sie in bestimmten Bereichen möglicherweise durch Dämmstoffe mit einer geringeren Umweltwirkung ersetzt werden kann, z.B. Holzfaser- oder Zellulosedämmstoff. Besonders der Brandschutz ist hierbei zu berücksichtigen

Wie sich deutlich erkennen lässt, tragen die Stahlbauteile einen großen Beitrag am GWP der Konstruktion. Um das GWP zu senken, muss dringend dieser Baustoff minimiert werden und nur dort eingesetzt, wo er nötig und sinnvoll ist. Eine Dimensionierung der Stahlbauteile nach konkreten Lastfällen ist somit einer Schätzung vorzuziehen, um die Bauteile so schlank wie möglich dimensionieren zu können.

Vergleich Bestand, Neu KG 300



Weitergenutzter Anteil des GWP des Bestands



Die GWPs beziehen sich auf den jeweils relevanten Wert der BGF, die linke Säule auf die BGF nach der Sanierung und die rechte Säule auf die BGF des Bestands.

Um die Werte miteinander vergleichen zu können muss der Flächenbezug herausgenommen werden. Grund hierfür ist, dass sich die Bestands und Sanierungs GWPs auf unterschiedliche Flächen (BGF) beziehen.

4.3 BETRACHTUNGEN AUSSERHALB DES BILANZRAHMENS

4.3.1 FALL 1: VERGLEICH GWP GEBÄUDE MIT PV-STROM UND RECYCLINGPOTENTIAL

Um weiter zu untersuchen, ob das Gebäude nach der Sanierung treibhausgasneutral ist, wurde in einem ersten Ansatz die in der Ökobilanz berechnete Umweltauswirkung des Gebäudes mit dem eigen produzierten PV-Strom und dem Recyclingpotential des Gebäudes verglichen.

Hierfür wurde der gleiche Emissionsfaktor für Strom (0,55 kg CO₂-Äquiv./kWh, Wert aus QNG Handbuch) wie in der Ökobilanz herangezogen.

Nur bei einer Betrachtung ohne Mieterstrom kann eine Treibhausgasneutralität erreicht werden.

Stromerzeugung durch PV

Stromerzeugung	98.674 kWh/a
Einsparung	-54.270 kgCO ₂ -Äqu./a
	-15,67 kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}

GWP

Ohne Mieterstrom	16,86 kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Mit Mieterstrom	27,86 kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}

Kompensation

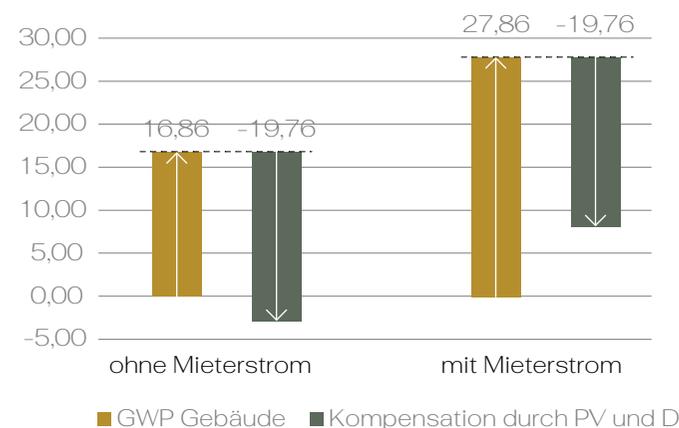
PV-Strom	-15,67 kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Recyclingpotential	-4,1 kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}

Gegenrechnung,

GWP mit Kompensation

Ohne Mieterstrom	-2,9 kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Mit Mieterstrom	8,1 kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}

Kompensation Fall 1



4.3.2 FALL 2: VERGLEICH GWP GEBÄUDE MIT SELBST GENUTZTEM PV-STROM UND RECYCLINGPOTENTIAL

In der ersten Vergleichsvariante wird nicht berücksichtigt, welcher Endenergieanteil durch PV-Strom oder durch Netzstrom gedeckt wird. Dies macht jedoch bezogen auf das GWP des Stroms einen großen Unterschied.

Die produzierte Strommenge ändert sich im Vergleich zu Fall 1 nicht.

Um herauszufinden, ob sich ein Stromspeicher bezüglich der Treibhausgasbilanz lohnt, wurden 2 Szenarien miteinander verglichen:

- Szenario a:
Kein Stromspeicher vorhanden, nur direkt verwendbarer Strom von der PV-Anlage, sonst Netzstrom (Autarkiegrad 85 %, Wert aus der ZUB-Berechnung)
- Szenario b:
Deckung des Strombedarfs zu 96% mit Strom der PV-Anlage durch Einsatz eines Stromspeichers

Da in den GWP des PV-Stroms schon das GWP der Solaranlage miteingerechnet wurde, wurde die Solaranlage für diesen Vergleich nicht in der Ökobilanz berücksichtigt.

Folgende Annahmen wurden getroffen:

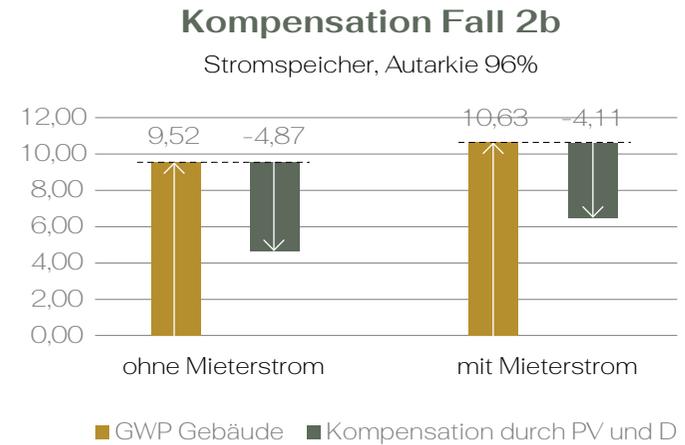
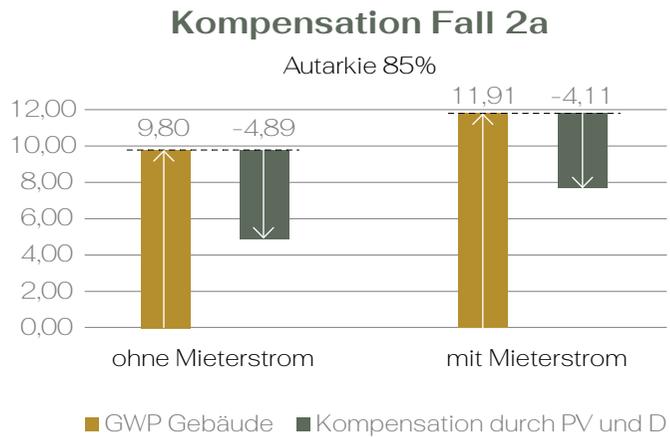
- GWP des Netzstroms: 0,475 kgCO₂-Äquiv./kWh
(Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2022, Seite 11, Tabelle 1, Jahr 2021)
- GWP des PV-Stroms: 0,038 kgCO₂-Äquiv./kWh
(Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen, Seite 188, Abbildung 46, c-Si (Mono) (18%), EU, Szenario AB, Schrägdach)
Dieser Wert wird auch zur Kompensation bei überschüssiger Stromproduktion herangezogen.

Allgemeines

GWP Baukonstruktion ohne PV	9,24	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFa}
Betrieb		
Ohne Mieterstrom	5,54	kWh/m ² _{NRFa}
Mit Mieterstrom	25,54	kWh/m ² _{NRFa}
Stromerzeugung PV	98674	kWh/a
Stromverbrauch		
Ohne Mieterstrom	19202	kWh/a
Mit Mieterstrom	88483	kWh/a
Übriger PV-Strom		
Ohne Mieterstrom	79471	kWh/a
Mit Mieterstrom	10190	kWh/a
Kompensation durch PV-Strom		
Ohne Mieterstrom	-0,9	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFa}
Mit Mieterstrom	-0,1	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFa}
Recyclingpotential ohne PV-Anlage	-4,0	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFa}

Quellen

- https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_05_23_climate_change_20-2023_strommix_bf.pdf (Aufgerufen am 13.01.2024)
- https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf (Aufgerufen am 13.01.2024)
- <https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/> (Aufgerufen am 13.01.2024)
- <https://solarrechner.eternity.io/solarwatt/> (Aufgerufen am 13.01.2024)
- <https://gruenes.haus/photovoltaik-speicher-auslegung-dimensionierung/> (Aufgerufen am 13.01.2024)



Fall 2a: kein Stromspeicher

Autarkiegrad		85 %
GWP Betrieb		
Ohne Mieterstrom	0,6	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
PV-Strom	0,2	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Netzstrom	0,4	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Mit Mieterstrom	2,7	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
PV-Strom	0,8	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Netzstrom	1,9	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Gegenrechnung,		
GWP mit Kompensation		
Ohne Mieterstrom	4,9	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Mit Mieterstrom	7,8	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}

Fall 2b: Stromspeicher

Autarkiegrad		96 %
GWP Betrieb		
Ohne Mieterstrom	0,3	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
PV-Strom	0,2	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Netzstrom	0,1	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Mit Mieterstrom	1,4	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
PV-Strom	0,9	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Netzstrom	0,5	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Gegenrechnung,		
GWP mit Kompensation		
Ohne Mieterstrom	4,6	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}
Mit Mieterstrom	6,5	kgCO ₂ -Äqu./m ² _{NRFA}

Werte des GWPs mit Stromspeicher sind ohne Mieterstrom um 6 % und mit Mieterstrom um 18% geringer als ohne Speicher.

Die Ergebnisse der Berechnung zeigen, dass der Einsatz eines Stromspeichers nur eine sehr geringe Auswirkung auf die Gesamtumweltwirkung des Gebäudes (ohne Mieterstrom) hat. Dies liegt vor allem daran, dass durch die großzügige Dimensionierung der PV-Anlage ein Großteil des benötigten Stroms direkt produziert und ohne Speicherung verwendet werden kann.

Die Werte ohne Mieterstrom liegen sehr nahe zusammen, weshalb sich bei dieser Betrachtung eher kein Stromspeicher lohnen würde. Bei einer Betrachtung mit Mieterstrom könnte sich ein Stromspeicher lohnen, jedoch müssen hierfür genauere Berechnungen bezüglich der Größe des Stromspeichers und somit dem Autarkiegrad durchgeführt werden um eine konkrete Aussage zu treffen.

4.4 ANMERKUNGEN

Keine Berücksichtigung in der Ökobilanz von

- Mörtel im Mauerwerk (Anteil sehr gering)
- Gründachaufbau (keine GWP-Daten vorhanden)
- Befestigungsmittel
- Spinnanker (nur geringer Anteil an Stahl im Vergleich zur Gesamt-Ökobilanz, Stahlmenge unbekannt)
- Detailpunkte (nur Regelaufbauten)
- Beton- und Stahlmengen für die Kammerfüllung der Stahlstützen
- Direktschwingabhängiger der angehängten Decken
- Unterkonstruktion der PV/PVT
- Mooswand im EG beim Parkplatz
- Tonnenhäuschen

Sonstiges

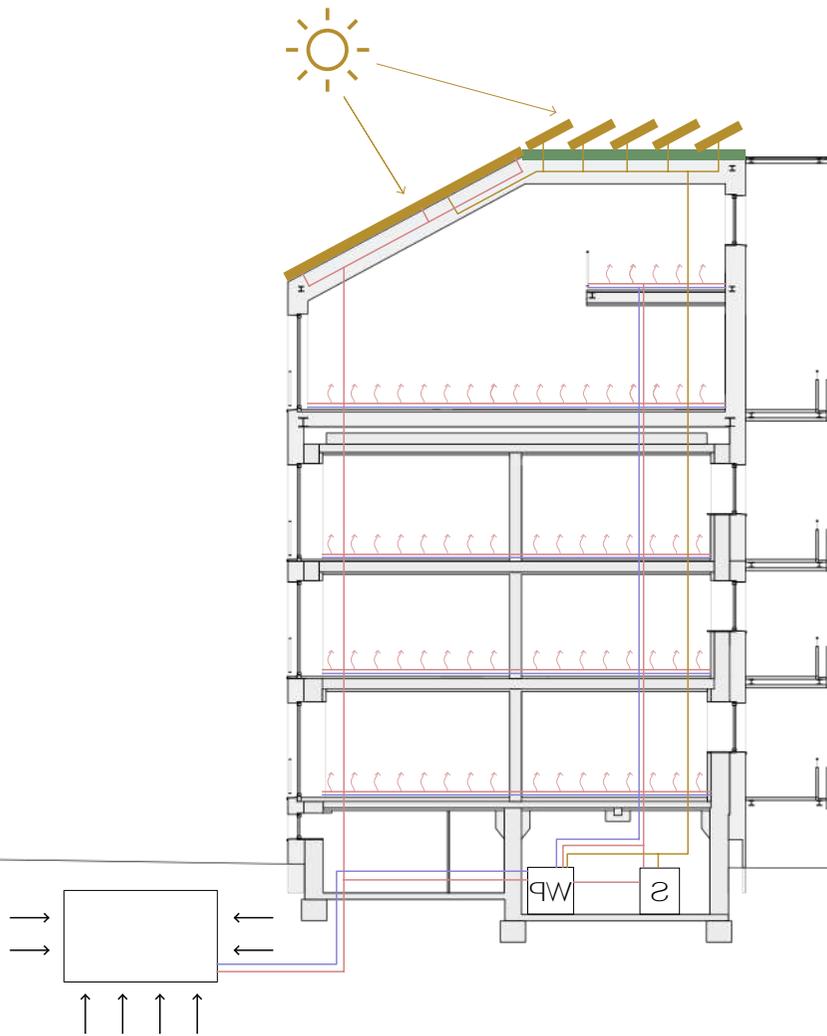
- Die meisten GWP-Werte wurden mithilfe des Bauteileditors eLCA ermittelt.
- Die Bauteilmengen wurden aus dem Autodesk-Revit-Modell entnommen.
Den einzelnen Bauteilen wurden Phasen hinterlegt, sodass das Modell des Bestands und der Sanierung in einer Datei enthalten sind. Durch diese Vorgehensweise kann vor allem bei Wänden, in denen Fenster und Türen entfernt und neuplazierte wurden, nicht genau ermittelt werden, welche Menge hinzugekommen und welche wegggenommen wurde.
Wenn beispielsweise ein Fenster der Bestandswand entfernt wird und die Öffnung für die Sanierung verfüllt wird, wird diese Menge mit der entfernten Wandmenge für die Schaffung eines bodentiefen Fensters gegengerechnet. Die Mengen sind somit nicht ganz korrekt, jedoch sollen abgebrochene Ziegel zum Verfüllen nicht *gewollter* Öffnungen herangezogen werden, wodurch die Mengen aus Revit eher der Realität entsprechen.
- GWP-Werte für Lehmbauplatte für Lehmschüttung hergenommen (keine EPD für Lehmschüttung gefunden)
- Für alle Dämmschichten aus Steinwolle würde das GWP von *ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im niedrigen*

Rohdichtebereich verwendet.

- Die Stahlmengen sind als ungenau zu beurteilen, da wegen berenzter Bearbeitungszeit die Stahlkonstruktion nur groß modelliert wurde.
- Für den GWP-Wert der REAPOR-Fassadenplatten wurde ersatzweise das GWP von *FOAMGLAS T3+* verwendet.
- Da es im Bauteileditor (eLCA) keine Holz-Aluminium Fenster gibt wurden stattdessen Aluminium-Fenster bilanziert. Die Bilanz fällt daher wahrscheinlich etwas schlechter aus als die Wirklichkeit.
- Für die Gefachschichten aus Stahlträger und Dämmung wurde meist 100% der Dämmung gerechnet, da der Abzug der Stahlkonstruktion ungenau und gering ist.
- Für die Kunststoffabdichtung mit Vlieseinlage im Keller wurde der Datensatz *ECB Kunststoff-Dachbahn nach DIN 16729 (mit PES Vlies)* verwendet.
- Für die Vakkumisolierpaneele wurde der Datensatz *Vacupor® NT-B2-S* verwendet. Der Datensatz ist nicht im Bauteileditor vorhanden und wird auch durch eine Suche bei oekobaudat.de nicht gefunden. Über eine Suche mit einer Suchmaschine wird man jedoch auf einen Link von oekobaudat.de weitergeleitet.
- Für die fermacall Platten wurden die *Umweltdaten von Leichtbetonstein aus 100% Naturbims* verwendet.
- Alle ca. 90 cm hohen Geländer wurden nicht getrennt betrachtet.

Quellen

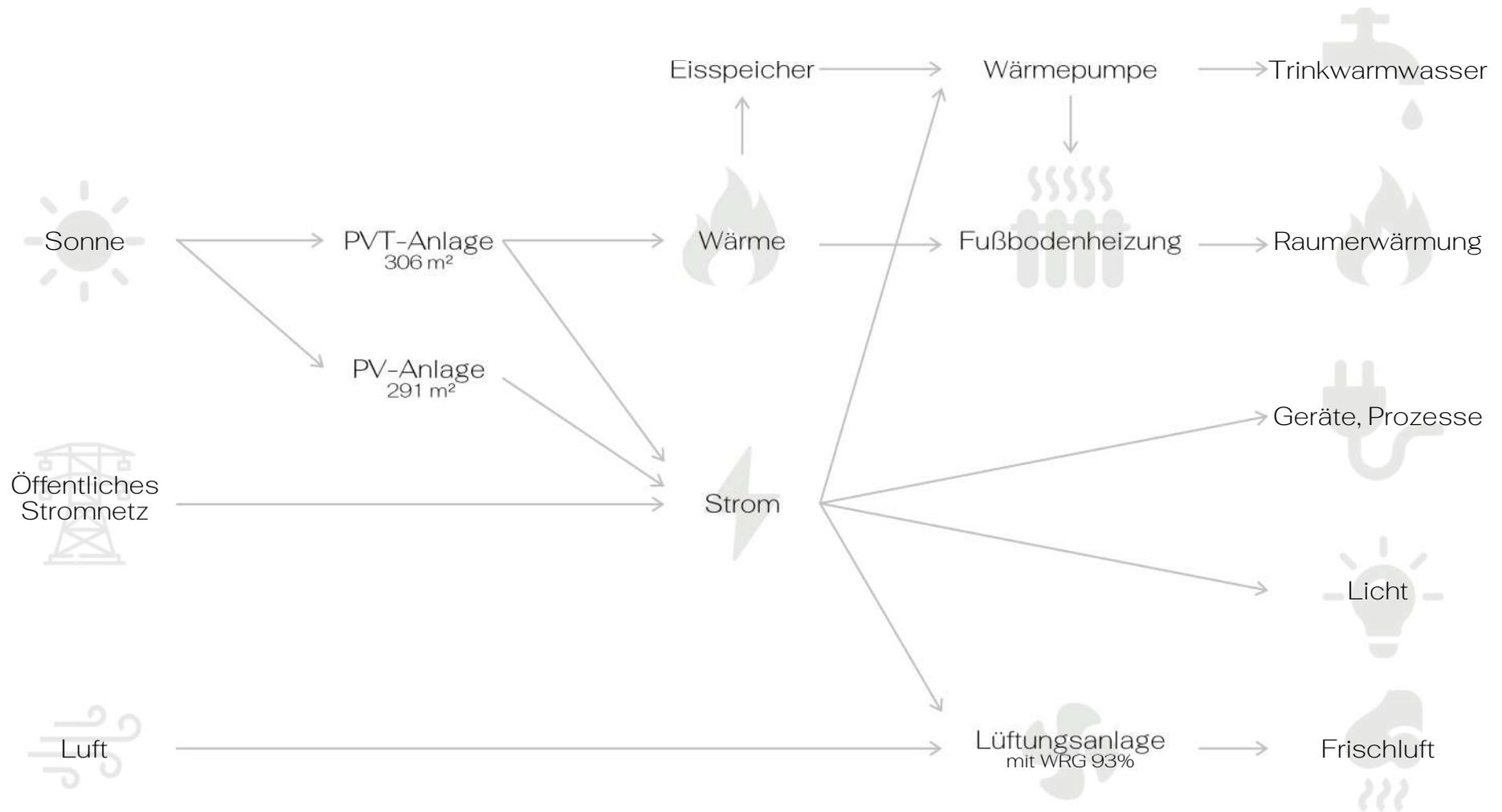
- <https://www.rockwool.com/de/downloads-und-services/downloads/nachhaltigkeit-und-gebaeudezertifizierungen/> (Aufgerufen am 05.01.2024)
- <https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=2f301b5d-917e-4ca8-8f65-cb9f15064541&version=00.01.000> (Aufgerufen am 09.01.2024)

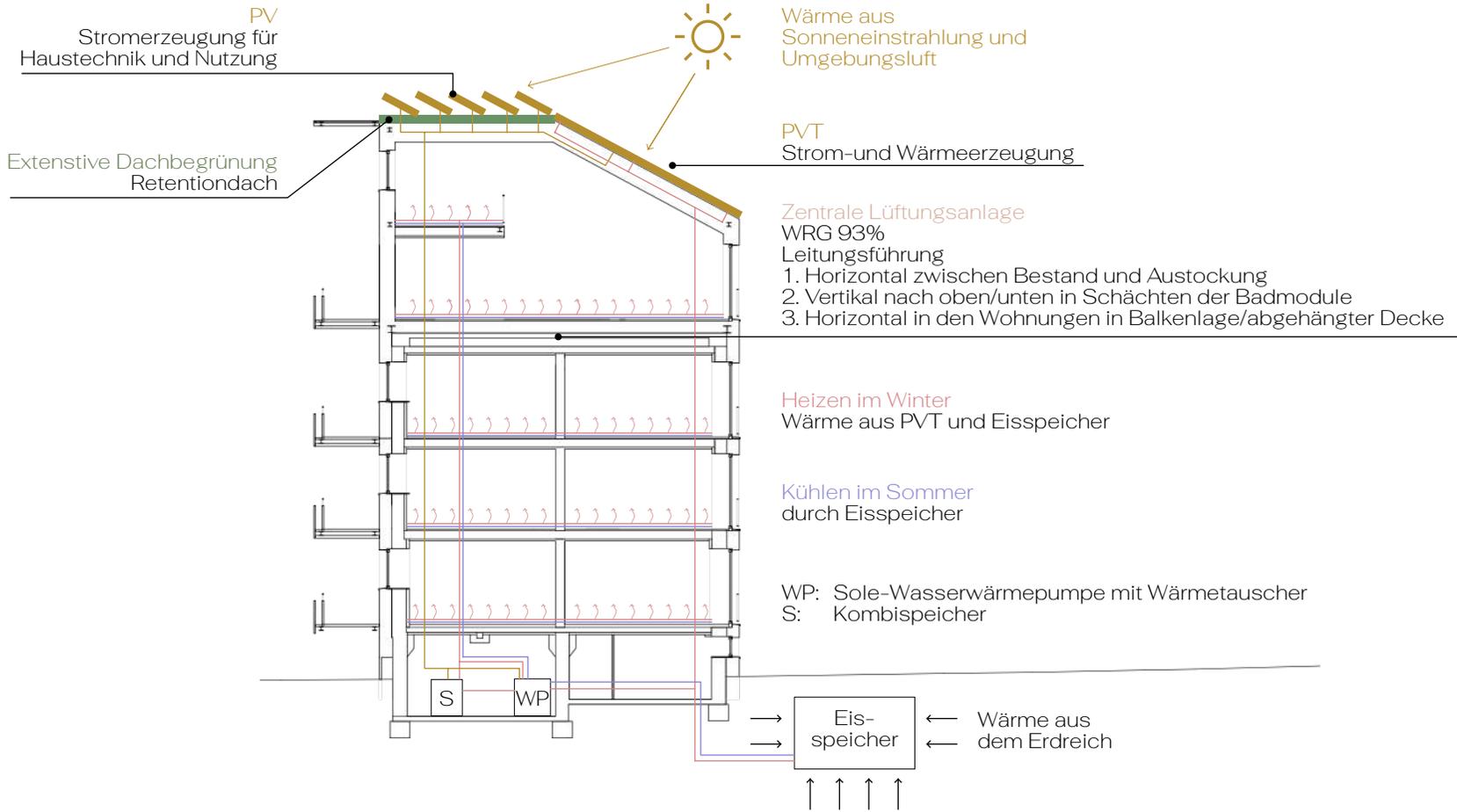


05

ENERGETISCHE
BETRACHTUNG
SANIERUNG

5.1 ENERGIEKONZEPT





5.1.1 PVT

PVT-Kollektoren kombinieren die Technik der Strom- und Wärmeerzeugung.

Die Module wandeln - wie normale PV-Module - einfallende Sonnenstrahlung in Strom um. Auf der Rückseite der Module befindet sich jedoch ein Flüssigkeitenkreislauf, der als Wärmetauscher fungiert, Wärme ableitet und die Module dadurch kühlt. Diese Wärme kann dem Heizkreis des Gebäudes zugeführt oder (im Eisspeicher) gespeichert werden. Durch diese Kühlung kann die Effizienz der PV-Elemente gesteigert werden.

Die Kombination von Strom- und Wärmeerzeugung hat gegenüber PV-Modulen einige Vorteile.

Falls Schnee auf den Modulen zu liegen kommt, kann der Heizkreis kurzfristig umgekehrt werden: Warme Flüssigkeit wird zu den Modulen geleitet und der Schnee schmilzt. Durch weniger Überhitzung und weniger thermische Spannungen steigt die Lebenserwartung verglichen mit normalen PV-Modulen.

Der Hersteller *PVT SOLAR* gibt an, dass die Wärmeleistung mehr als doppelt so hoch ist wie die erzeugte elektrische Leistung.

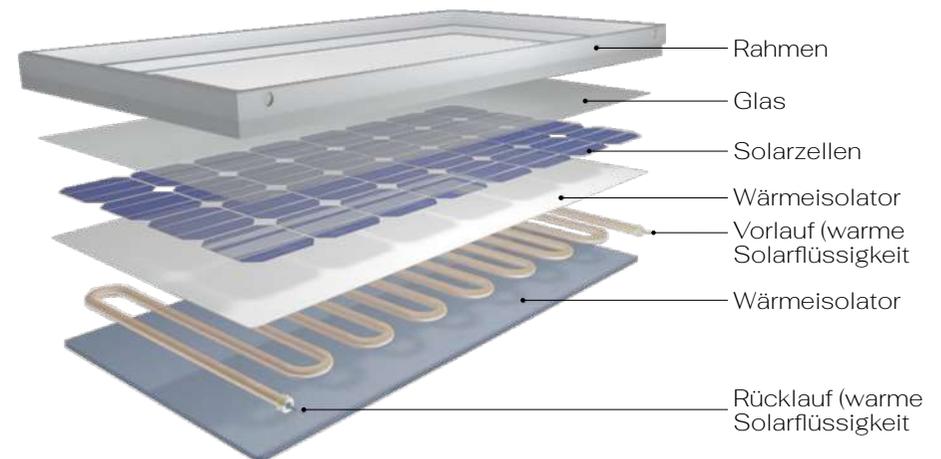
Für die Sanierung wurde das PVT-Modul *Blackpearl FSG-310 i (PVT SOLAR)* gewählt.

Die Solarzellen haben einen Zellwirkungsgrad von 22,5 % und im Hochsommer durch die integrierte, passive Kühlung einen bis zu 20 % höheren Ertrag als ein gewöhnliches PV-Modul gleicher Leistung.

Eingebaute Bypass-Dioden verhindern Verluste durch Verschattung/Verschmutzung einzelner Solarzellen und maximieren die Leistung.

Die elektrische Peak-Power beträgt 310 W (0,186 kW/m²) und die Thermische 750 W für 1,66 m² Modulfläche.

Die Module sind begehbar und können auch als Indach-System installiert werden. Sie sind der Hagelklasse 4 zugeordnet und überstehen somit Hagel mit einer Korngröße von bis zu einem Golfball (43mm).



Aufbau PVT-Modul
<https://sonnenstrom365.de/wp-content/uploads/2021/01/PVT-Explosionszeichnung.jpg>

Quellen

- <https://sonnenstrom365.de/wp-content/uploads/2021/01/PVT-Explosionszeichnung.jpg> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.pvt.solar/> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.pvt.solar/hybridkollektor/uebersicht> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- https://www.pvt.solar/Custom/Data/ckEditorFiles/20230728_DB_Blackpearl_FSG-310i_MG.pdf (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.sky-protect.de/wp-content/uploads/hagelskala.pdf> (Aufgerufen am 25.12.2023)

5.1.2 EISSPEICHER

Ein Eisspeicher ist ein saisonaler Latentspeicher. Der Hauptbestandteil eines Eisspeichers ist eine unterirdische, meist nicht isolierte, wassergefüllte Zisterne (oftmals aus Beton).

Durch eine Wärmepumpe wird in Winter die Wärme – bis zum Gefrierpunkt – aus dem Wasser des Eisspeichers entnommen. Eine Besonderheit hierbei ist, dass beim Phasenübergang von flüssigem Wasser zu gefrorenem Eis Kristallisationsenergie freigesetzt wird (Energie, die reichen würde Wasser von 0°C auf 80°C zu erhitzen). Im Sommer kann der Eisspeicher zur Kühlung (z.B. in Kombination mit Flächenheizungen) verwendet werden. Der Eisspeicher kann beispielsweise mit überschüssiger Solarthermiewärme im Sommer aufgeladen werden.

Vergleich mit Grundwasserwärmepumpen und Geothermie

Durch die Nutzung eines Eisspeichers kann ein Eingriff in den natürlichen Wärmehaushalt umgangen werden. So tritt beispielsweise Abkühlung der Bodentemperatur (durch oberflächennahe Geothermie) auf, die eine Verzögerung des Pflanzenwachstums im Frühling bewirkt.

Ein weiterer Vorteil ist die Unabhängigkeit vom Grundwasserspiegel. Der Eisspeicher wird durch Trockenheit nicht beeinflusst, bei einer Grundwasserwärmepumpe kann das Absinken des Grundwasserspiegels zu einem Ausfall der Wärmepumpe führen.

Eine Erhöhung der Temperatur des Grundwassers (möglich durch Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen) um $\leq 5^\circ\text{C}$ kann die Wasserqualität (Trinkwasser) negativ beeinflussen.

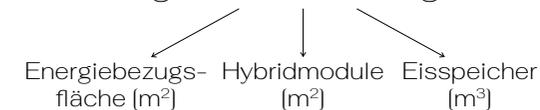
Funktion

Die auf dem Dach erzeugte Energie erwärmt das Wasser des Eisspeichers. Im Eisspeicher entsteht durch die Anomalie des Wassers eine Temperaturschichtung, warmes Wasser steigt auf, kaltes sinkt ab (4°C warmes Wasser weißt die größte Dichte auf und sinkt somit immer zum Grund des Speichers).

Wärmetauscher, die am Boden angebracht sind, entziehen dem Speicher – in Verbindung mit einer Wärmepumpe – Wärme bis das sie berührende Wasser gefriert. Bei einer bestimmten Eisstärke wird der Kreislauf kurzfristig umgekehrt, sodass sich das Eis am Wärmetauscher löst und wegen seiner geringeren Dichte wie Wasser an die Oberfläche des Eisspeichers aufsteigt. Nun kann die Wärmeentnahme erneut beginnen.

Dimensionierung

Um einschätzen zu können, wie groß ein Eisspeicher werden muss, wird die Faustregel 100/10/10 angewendet.



Quellen

- <https://www.b-solartec.com/de/eisspeicher.html> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.pvt.solar/hybridkollektor/anwendungen/eisspeicher> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.fr.de/verbraucher/heizung-energiewende-waermepumpe-ausfall-sinkender-grundwasserspiegel-klimawende-92422893.html> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.umweltbundesamt.de/themen/oberflaechennahe-geothermie-welche-auswirkungen-hat> (Aufgerufen am 25.12.2023)

5.1.3 FUSSBODENHEIZUNG

Fußbodenheizungen können mit einer geringen Vorlauftemperatur von ca. 40 °C (vgl. Altbau mit Heizkörper ca. 90 °C) betrieben werden. Dies ermöglicht den effizienten Einsatz von Wärmepumpen für die Wärmebereitstellung, auch durch die PVT-Module gewonnene Wärme kann so gut direkt genutzt werden.

Eine Fußbodenheizung verteilt die Wärme gleichmäßig im Raum, was als angenehm wahrgenommen wird. Es gibt kein Temperaturgefälle, wie in Räumen, die durch einen Heizkörper erwärmt werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Art der Heizung in den Räumen nicht sichtbar ist, und der Raumeindruck nicht durch Heizkörper gestört wird. Da vor allem auf der dem Garten zugewandten Gebäudeseite bodentiefe Fenster geplant sind, würden Heizkörper auch wertvollen Stellplatz an den Wänden wegnehmen und die Möblierung einschränken.

Es wurde das trockene Fußbodenheizungssystem *IDEAL BASIC ÖKO 30* von *CompactFloor* gewählt.

Die Trägerplatte besteht aus einer 3 cm dicken Holzfaserdämmplatte, die gleichzeitig als Trittschalldämmung fungiert. Besonders vorteilhaft ist die geringe Aufbauhöhe, somit ist das System optimal geeignet, um eine maximale Raumhöhe im Bestand zu erhalten. Durch den trockenen Aufbau kann eine Verzögerung des Bauablaufs, wie es bei einem Fließestrichs wegen der Trocknungszeit nötig wäre, umgangen werden. Außerdem wird keine Feuchte in das Gebäude eingebracht, die durch Energieeinsatz wieder entzogen werden müsste.



Trockenes Fußbodenheizungssystem IDEAL BASIC ÖKO (CompactFloor)
<https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement>

Quellen

- <https://www.vaillant.de/heizung/heizung-verstehen/tipps-rund-um-ihre-heizung/vorlauf-rucklauf-temperatur/> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- https://www.compact-floor.com/media/pdf/4b/ee/e3/produkt-daten_cf_basic-oeko_072017_DE.pdf (Aufgerufen am 25.12.2023)

5.1.4 LÜFTUNG

Das Gebäude soll zentral maschinell belüftet werden. Dadurch können die Lüftungswärmeverluste und somit der Endenergieverbrauch des Gebäudes minimiert werden. Außerdem kann eine bessere Luftqualität in den Wohnungen gewährleistet werden, da oftmals bei Fensterlüftung zu wenig gelüftet wird.

Damit die Energieeinsparung durch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung funktioniert, müssen die Bewohner des Wohnblocks über schädliche Verhaltensweisen aufgeklärt werden.

Die Lüftungsanlage soll CO₂-gesteuert sein und bei Öffnen von Fenstern automatisch abschalten, um Energieverluste zu vermeiden. Trotz dieser Automatismen soll dem Nutzer durch ein Nutzerinterface ermöglicht werden in manche Punkte der Steuerung eingreifen und sie an seine Vorlieben anzupassen zu können, beispielsweise Festlegung von Zeiten, an denen der Nutzer nicht zuhause ist (Arbeit, Urlaub) und die Lüftungsanlage somit nicht in Betrieb sein muss.

Es wurde die Lüftungsgerät- Serie *DUPLEX Multi Eco* des Herstellers *AIRFLOW* ausgewählt, da sie eine sehr hohe Wärmerückgewinnung von 93 % hat.



Quellen

- <https://www.airflow.de/produkte/lueftungsgeraete/zentral/duplex-multi-eco/> (Aufgerufen am 25.12.2023)
- <https://www.airflow.de/produkte/lueftungsgeraet/duplex-4500-multi-eco/> (Aufgerufen am 11.01.2024)

Für die Dimensionierung der Lüftungsanlage wurden die benötigten Luftvolumenströme der einzelnen Wohnungen berechnet.

Hierfür wurde mit folgenden Werten gerechnet:

- Abluftvolumenstrom
- Küche 60 m³/h
- Bad 40 m³/h
- Zuluftvolumenstrom pro Person 30 m³/h
- Mindestluftwechsel 0,5 1/h

Die Werte wurden mit der entsprechenden Bezugszahl multipliziert und der größte der drei Werte bestimmte den benötigten Volumenstrom der Wohnung.

Insgesamt wird ein Luftvolumenstrom von 3.600 m³/h benötigt. Dies würde dem Gerät 4500 Duplex Multi Eco (Airflow) entsprechen. Bei Effizienzeinbußen wäre auch das nächst kleinere Gerät möglich.

Dieses gewählte Gerät hat folgende Abmessungen:

- Höhe 1,8 m
- Breite 0,885m
- Länge 2,5 m

Es soll im 3. Obergeschoss in einem Raum beim Haupttreppenhaus aufgestellt werden.

Die Verteilung der Luft erfolgt im Hauptgebäude horizontal bis zu den jeweiligen Schächten im Bereich zwischen Bestand und Aufstockung. Von dort aus wird die Luft nach oben (Aufstockung) und unten (Bestand) verteilt.

Im Anbau erfolgt die Verteilung horizontal über den abgehängten Deckenbereich unter dem Dach und den vertikalen Schächten in den Bädern.

5.1.5 NUTZERINTERFACE

Jeder Wohneinheit soll ein Nutzerinterface bereitgestellt werden, in dem die aktuellen und vergangenen Verbräuche aufgezeigt werden. Sinnvoll wären durch Analyse der Verbrauchswerte auch individuelle Vorschläge, wie weitere Energie eingespart werden kann.

Ein möglicher Aspekt dieses Interfaces könne eine Übersicht über die Verbräuche der anderen Nutzer im Gebäude sein, so können die eigenen Werte verglichen werden und eine bessere Interpretation der Werte entwickelt werden. Außerdem wird erhofft, dass durch den Vergleich angeregt wird weniger Energie als die IWBewohner verbrauchen zu wollen.

Damit soll die Sensibilität der Nutzer bezüglich ihres Energieverbrauchs gesteigert werden um sie zur Einsparung anzuregen und anzuleiten.

5.2 VERSCHATTUNGSSTUDIE

Um Herauszufinden, ob die PV-Flächen verschattet werden und somit nicht/nur weniger effizient sind, wurde in Autodesk Revit eine Verschattungsstudie durchgeführt. Besonders betrachtet wurden der kürzeste (21.12) und der längste (21.06.) Tag im Jahr.

Verschattungsstudie Sommer, längster Tag

Sonnenaufgang: 05:21 Uhr
Sonnenuntergang: 21:15 Uhr

Nur am Morgen bis ca. 13:06 Uhr wird die PV-Fäche auf dem Dach des Treppenhauses verschattet. Danach liegen alle PV/PVT-Flächen in unbehindert in der Sonne.

Zu einem Video über die Simulierte Verschattung im Sommer gelangen Sie über folgenden Link oder durch Scannen des QR-Codes.



<https://youtu.be/4JG7d2AF6kM>



Verschattung 21.06.2023, 07:06 Uhr



Verschattung 21.06.2023, 13:06 Uhr



Verschattung 21.06.2023, 19:36 Uhr

Verschattungsstudie Winter, kürzester Tag

Sonnenaufgang: 09:11 Uhr
Sonnenuntergang: 17:17 Uhr

Wie auch im Sommer wird das Dach des Treppenaufgangs anfänglich verschattet (bis 13:41 Uhr).
Das Dach der Aufstockung liegt immer in der Sonne.

Zu einem Video über die Simulierte Verschattung im Sommer gelangen Sie über folgenden Link oder durch Scannen des QR-Codes.



<https://youtu.be/oeaSCxtl15M>

Fazit

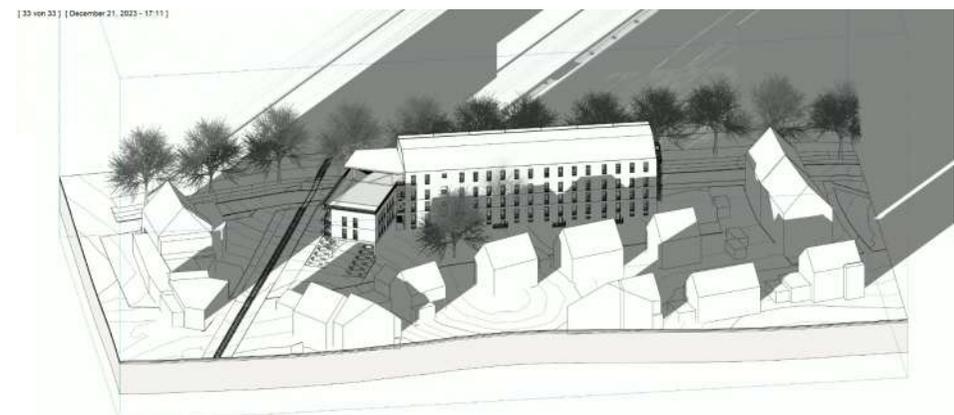
Da das Dach der Aufstockung nie verschattet wird, eignen sie sich optimal für PV/PVT.
Da das Dach des Treppenhauses immer nur zu Beginn des Tages verschattet wird, muss die Aufstellung der Modul optimiert werden und auf die westliche Flächen konzentriert werden. Weiterhin muss durch konkrete Berechnungen überprüft werden, wie viel negativen Einfluss die Verschattung auf die Erträge hat und ob sie wirtschaftlich ist. Es wird angenommen, dass der Einfluss nur geringfügig ist.



Verschattung 21.12.2023, 09:11 Uhr



Verschattung 21.12.2023, 13:41 Uhr

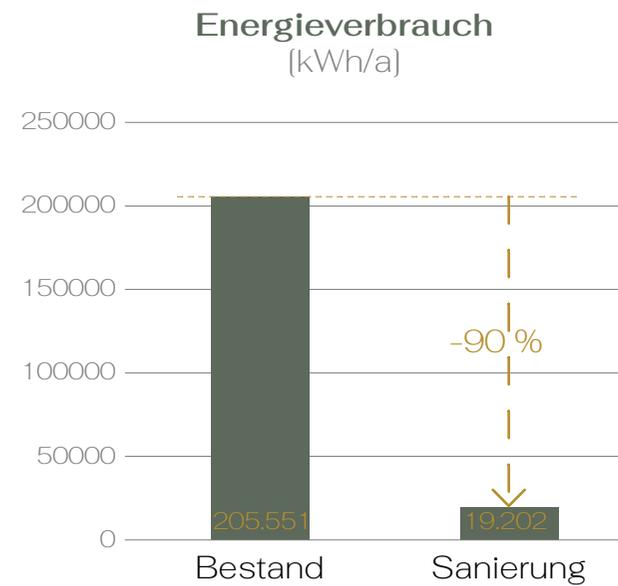
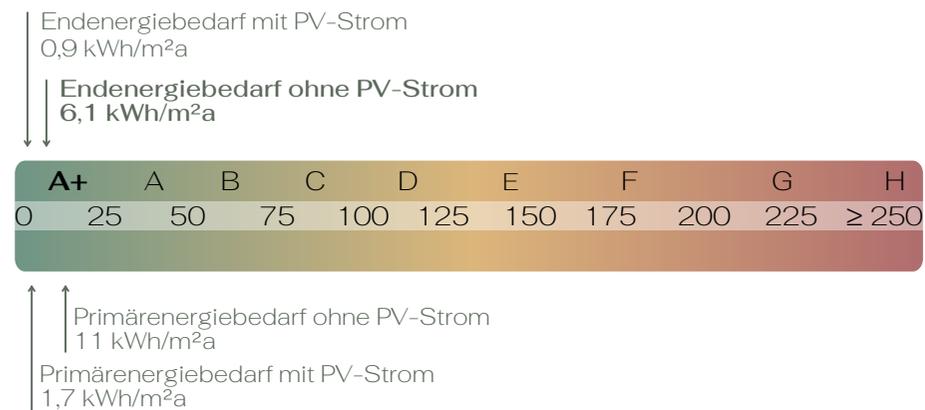


Verschattung 21.12.2023, 17:11 Uhr

5.3 ENERGIEBILANZ

Ziel der Sanierung ist es die energetische Qualität eines Passivhauses zu erreichen.

Da im Energiebilanzierungsprogramm kein Eisspeicher als Wärmequelle auswählbar ist, wurde anstattdessen eine Grundwasserwärmepumpe angesetzt.



5.4 SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

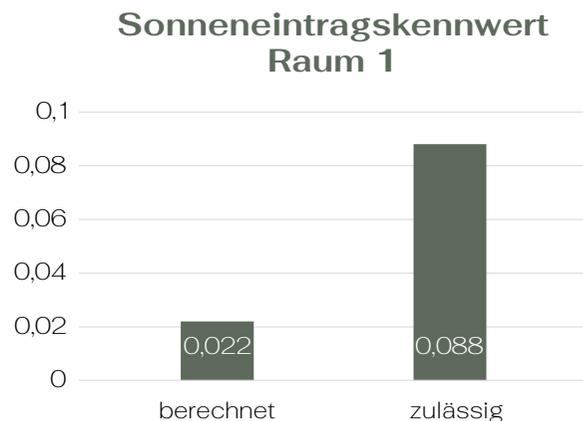
Der sommerlichen Wärmeschutz wurde mit dem Sonneneintragskennwertverfahren nachgewiesen. Da die beiden Räume betrachten Räume den Anforderungswert ohne Nachtlüftung oder/und passive Kühlung einhalten, wurde eine genauere Betrachtung durch die Simulation des sommerlichen Wärmeschutzes nicht durchgeführt.

Für Raum 1 wurde aufgrund der massiven Bestandsaußenwände eine mittelschwere Bauweise angenommen, für Raum 2 eine leichte, da kein Nachweis über C_{wirk}/A_G geführt wurde.

Raum 1

Saniertes Bestandsgebäude, 1. OG, 4 Zimmer Wohnung süd-westliches Zimmer

Sonneneintragskennwert	
berechnet	0,022
zulässig	0,088



Raum 2

Anbau, 1. OG, südliche Wohnung, südlich-westlich orientierter Raum

Sonneneintragskennwert	
berechnet	0,040
zulässig	0,047



5.5 WÄRMEBRÜCKEN

Um zu überprüfen ob der verwendete Wärmebrückenzuschlag von $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Passivhaus) gerechtfertigt ist, wurden – vertretend für alle – drei Wärmebrücken betrachtet.

Ziel ist es möglichst geringe Psi-Werte und somit einen Wärmebrückenzuschlag nahe an $0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu erreichen. Beim f_{Rsi} -Wert wurde auf eine Oberflächentemperatur von über $12,6 \text{ °C}$ ($f_{\text{Rsi}} \geq 0,7$) geachtet um Tauwasserausfall und somit Feuchteschäden an der Oberfläche zu verhindern.

Hierbei wurden jeweils der Psi- und der f_{Rsi} -Wert getrennt berechnet, um die jeweiligen Anforderungen an die verwendeten Wärmeübergangskoeffizienten einzuhalten. Beide Werte sind in einer Zeichnung dargestellt.

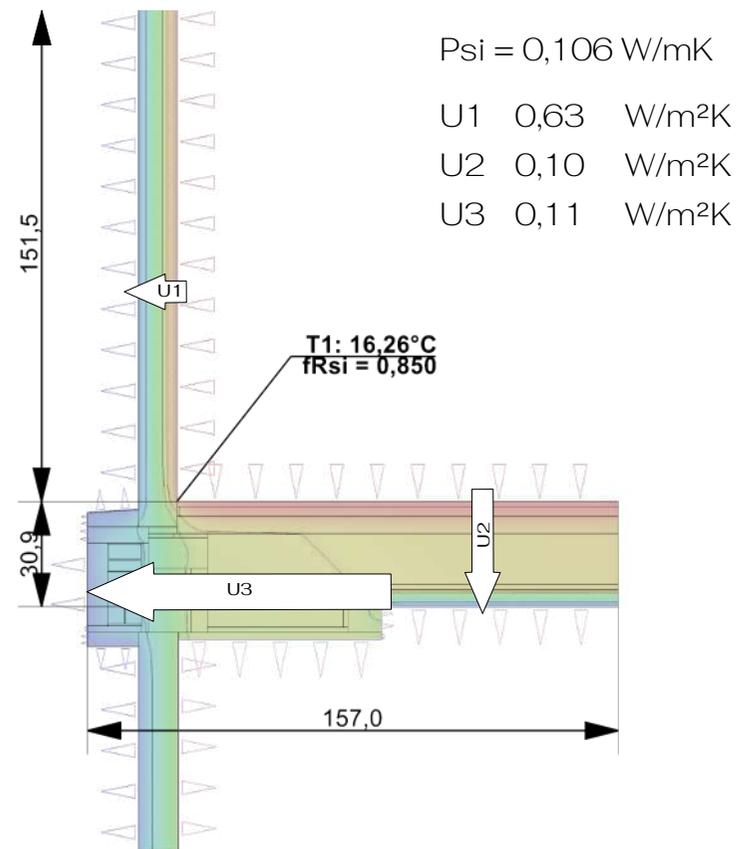
Da in dieser Arbeit nur *problematische* Wärmebrücken näher betrachtet wurden und negative Wärmebrücken, wie beispielsweise Außenecken, nicht, wird geschätzt, dass der Wärmebrückenzuschlag von $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht werden könnte. Dies muss jedoch durch Berechnung aller am Gebäude vorhandenen Wärmebrücken bestätigt werden. Notfalls müssen Details bezüglich der Wärmebrücken optimiert werden. In der Energiebilanz wird mit $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet.

5.5.1 SOCKEL

Da die Bestandskellerfenster die Wärmebrücke zu sehr negativ beeinflussen würden, werden sie entfernt und durch neue, effizientere Fenster in der vorgesetzten Fassade ersetzt.

Bei der Berechnung mit ZUB Argos stimmen bei den Randbedingungen die Korrekturfaktoren nicht mit denen der DIN 4108 Bbl 2 und DIN V 4108.6 überein, da eine solche Eingabe nicht möglich war.

Sockel - Kellerdecke und -Fenster



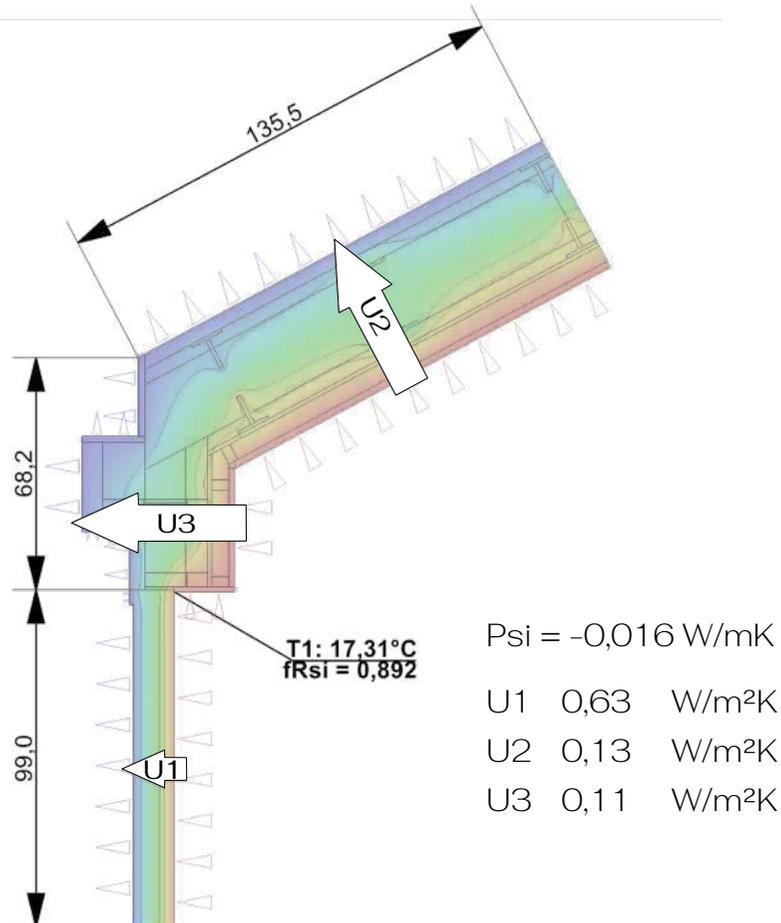
5.5.2 TRAUFE

Da vermutet wurde, dass die Traufe ein kritischer Punkt im Bezug auf Tauwasserausfall sein könnte, wurden zwei Situationen betrachtet - ein Schnitt durch die Dämmschicht (und ein Fenster) und einer durch die Stahlkonstruktion.

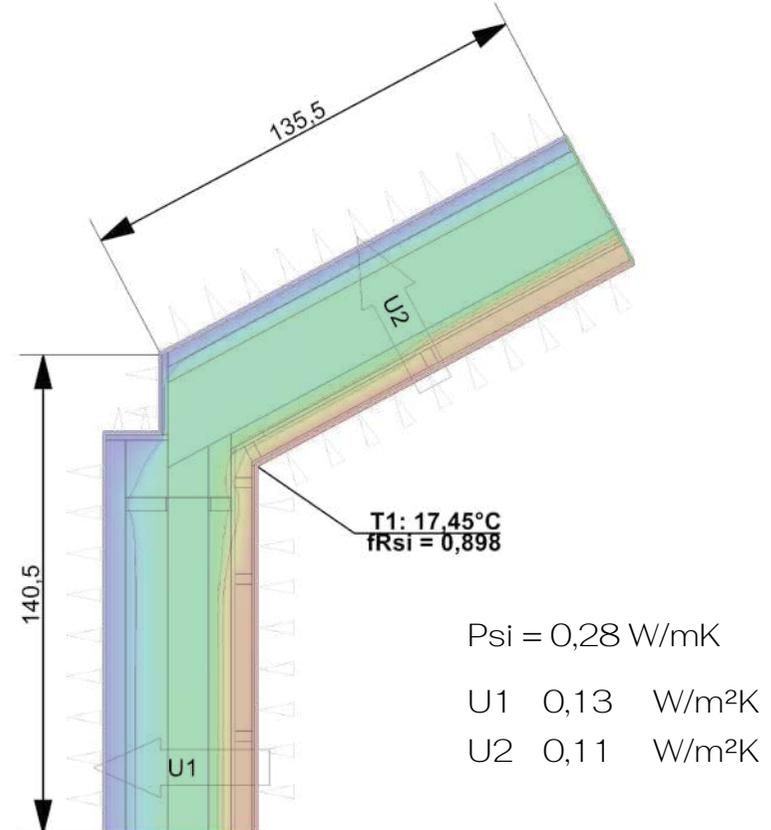
In beiden Fällen ist die Oberflächentemperatur höher als 12,6 °C, wodurch der Feuchteschutz erfüllt ist.

Der Psi-Wert ist nur bei einem Schnitt durch die Stahlkonstruktion hoch (geringe Bezugslänge), durch einen Schnitt durch die Dämmebene ist er sehr gering. Zur genauen Betrachtung dieser Situation ist jedoch eine dreidimensionale Wärmebrückenberechnung empfehlenswert, da hierbei die gegenseitige Beeinflussung von Stahl und Dämmung genauer abgebildet werden kann.

Traufe - Schnitt durch Dämmung und Fenster



Traufe - Schnitt durch Stahlkonstruktion



5.5.3 FENSTER

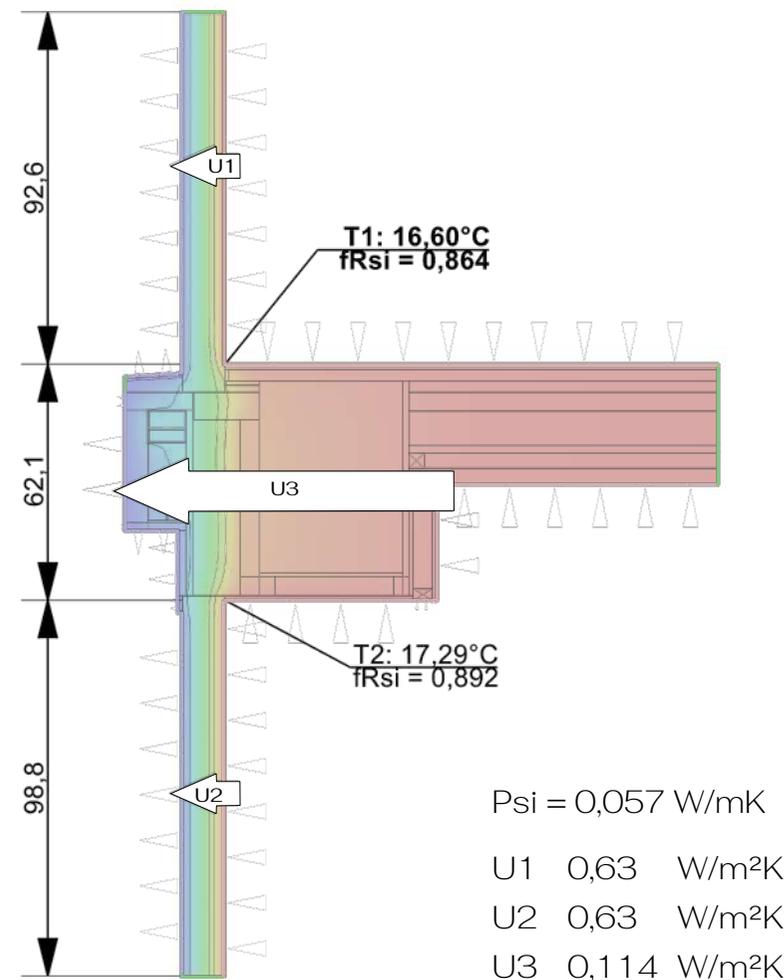
Besonders kritisch zu betrachten sind oftmals die unteren und oberen Anschlüsse bei Fenstern.

Beide sind jedoch, wie in der Wärmebrückenberechnung erkennbar, bezüglich des Tauwassers unbedenklich.

Auch der Psi-Wert ist relativ gering.

Der Einfluss der Wärmebrücke könnte durch eine erhöhte Dämmstärke am äußeren Fensterbereich reduziert werden, jedoch würde, damit der Abstand der Fenster zur Außenkante der Wand vergrößert werden, was einen geringeren Lichteinfall (durch die Laibungsabschrägung) zur Folge hätte. Im Bodenbereich könnte der Wert durch eine höhere Überdeckung des Fensterelements mit Dämmung verkleinert werden, jedoch wäre die Schwelle dann nicht mehr barrierefrei. Um bei offenem bodentiefen Fenster einen maximal fließenden Eindruck nach außen zu erhalten und die Option einer nachträglichen Installation von Balkonen (wenn Wohnungen mit höheren Wohnflächen gewünscht/erlaubt sind) mit barrierefreiem Zugang offen zu halten, wurde auch diese Variante nicht gewählt.

Bodentiefe Fenster - Sturz und Brüstung



5.6 BAUTEILAUFBAUTEN

In diesem Kapitel sind die wesentlichen Bauteilaufbauten nach der Sanierung aufgelistet. Sie sind relevant für die Energiebilanz und die Ökobilanz.

Bei den für die Energiebilanz relevanten Aufbauten wurde darauf geachtet, dass der Wärmedurchgangskoeffizient jeweils unter $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ liegt und somit die Anforderung an ein Passivhauses erfüllt.

Bauteile der Bestands die nach der Sanierung weitergenutzt werden sind gelb markiert.

5.6.1 DACH

PVT-PULTDACH, NEU

$$U = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{si} = 0,10$			
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmbauplatte	0,016	0,13	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Dämmung Steinwolle Holzlattung	0,05	0,56	
		0,13	
Dampfsperre			
Holzwerkstoffplatte	0,022	0,13	
Dämmung Steinwolle T 100	0,05	0,035	
		50	
Dämmung Steinwolle HEB 220	0,22	0,035	
		50	
Dämmung Steinwolle T 100	0,05	0,035	
		50	
Dämmung Steinwolle	0,04	0,035	
Unterspannbahn			
PVT-Aufbau			PVT Solar Hybridkollektor Blackpearl FSG-310 i
Kombiprofil 50mm	0,05		
Kombirail 50/60	0,07		
PVT-Modul	0,01		
$R_{se} = 0,10$			

Quellen

- https://www.pvt.solar/Custom/Data/ckEditorFiles/20230728_DB_Blackpearl_FSG-310i_MG.pdf (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

FLACHDACH AUFSTOCKUNG, NEU

$$U = 0,124 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Si} = 0,10$			
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmbauplatte	0,016	0,13	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Dämmung Steinwolle Holzlattung	0,05	0,56 0,13	
Dampfsperre Holzwerkstoffplatte	0,022	0,13	
Dämmung Steinwolle T 100	0,05	0,035 50	
Dämmung Steinwolle HEB 220	0,22	0,035 50	
Holzwerkstoffplatte Dämmung EPS	0,022	0,13 0,027	BauderECO T
EPDM-Abdichtung Gründachaufbau	0,20		BauderGREEN Retention - System Drossel Schwamm
$R_{Se} = 0,04$			

- Quellen
- https://www.bauder.de/fileadmin/bauder.de/DOWNLOADS/PDB/Flachdach/Daemmstoffe/Dach/BauderECO_T_-_Produktdatenblatt_96110000_-_1023_-_DE.pdf (Aufgerufen am 08.01.2024)
 - https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
 - https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
 - [https://www.bauder.de/de/bauder-gruendach/systeme/audergreen-retentionsdach/audergreen-retention-system-drossel-schwamm.html](https://www.bauder.de/de/bauder-gruendach/systeme/baudergreen-retentionsdach/audergreen-retention-system-drossel-schwamm.html) (Aufgerufen am 08.01.2024)

LAUBENGANG ÜBERDACHUNG AUFSTOCKUNG, NEU

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Fassadenplatten	0,05	REAPOR (Pyrotec)
Hinterlüftung Befestigung	0,03	
Luftschicht HEB 120	0,12	
Holzwerkstoffplatte EPDM-Abdichtung	0,022	

- Quellen
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
 - <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)

FLACHDACH ANBAU, NEU

$$U = 0,115 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Si} = 0,10$			
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmbauplatte	0,016		CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Leitungsführung	0,49		
Holzwerkstoffplatte	0,022	0,13	
Dampfsperre			
Dämmung Steinwolle HEB 220	0,22	0,035 50	
Holzwerkstoffplatte	0,022	0,13	
Dämmung EPS	0,120	0,027	BauderECO T
EPDM-Abdichtung			
Gründachaufbau	0,20		BauderGREEN Retention - System Drossel Schwamm
$R_{Se} = 0,04$			

Quellen

- https://www.bauder.de/fileadmin/bauder.de/DOWNLOADS/PDB/Flachdach/Daemmstoffe/Dach/BauderECO_T_-_Produktdatenblatt_96110000_-_1023_-_DE.pdf (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.bauder.de/de/bauder-gruendach/systeme/baudergreen-retentionsdach/baudergreen-retention-system-drossel-schwamm.html> (Aufgerufen am 08.01.2024)

TREPPENTURM ÜBERDACHUNG, NEU

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Fassadenplatten	0,05	REAPOR (Pyrotec)
Hinterlüftung Befestigung	0,03	
Luftschicht HEB 120	0,12	
Holzwerkstoffplatte	0,022	
EPDM-Abdichtung		
Gründachaufbau	0,20	

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)

5.6.2 DECKEN / GESCHOSSDECKEN / BODEN

LAUBENGANG, NEU

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Fassadenplatten	0,05	REAPOR (Pyrotec)
Hinterlüftung	0,03	
Befestigung		
Luftschicht	0,12	balkoFLOOR (sandmeir GmbH Bausysteme)
HEB 120		
Begehbare Fläche		
Trägerprofil	0,05	
Boden	0,03	

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.sandmeir-bausysteme.de/wp-content/uploads/2023/03/221001_balkofloor_broschuere.pdf (Aufgerufen am 08.01.2024)

HOLZBALKENDECKE, BESTANDSGEBÄUDE

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Parkett	0,014	CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Fußbodenheizung trocken	0,03	
Dampfsperre		
Holzwerkstoffplatte	0,03	
Balkenlage		
Holzbalken	0,23	Lehm-Trockenschüttung Granulat ((CLAYTEC))
Lehmschüttung	0,09	
Einschubbretter	0,022	
Dampfbremse		
Direktschwingabhänger	0,042	
Lehm- bauplatte	0,016	CLAYTEC Lemix Lehm- bauplatte schwer
Lehmputz	0,003	CLAYTEC Lehm- Oberputz fein 06

Quellen

- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/fachwerksanierung/lehm-trockenschuettung-granulat_pid2815 (Aufgerufen am 08.01.2024)

HOLZBALKENDECKE GEGEN KELLERABGANG

$$U = 0,124 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Si} = 0,17$			
Parkett	0,014	0,13	CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Fußbodenheizung trocken	0,03	0,05	
Dampfsperre			
Holzwerkstoffplatte	0,03	0,13	
Balkenlage			
Holzbalken	0,23	0,13	
Dämmung Steinwolle	0,23	0,035	
Direktschwingabhängiger	0,09		
Dämmung Steinwolle		0,035	
Lehmbauplatte	0,016		CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
$R_{Se} = 0,17$			

Quellen

- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

KELLERDECKE, BESTANDSGEBÄUDE

$$U = 0,105 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Si} = 0,17$			
Parkett	0,014	0,13	CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Fußbodenheizung trocken	0,03	0,05	
Dämmung Holzfaser	0,04	0,044	
Dampfsperre			
Stahlsteindecke	0,15		
Beton		1,15	
Luft		0,00	
Putz	0,015	1,00	
Vakuumdämmung	0,05	0,007	Puren VIP (puren)
Putz	0,015		
$R_{Se} = 0,17$			

Quellen

- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.puren.com/fileadmin/user_upload/2_loesungen/2_2_Flachdach/2_2_1_puren_daemmsysteme/2_2_1_9_puren_vip/08-td_puren_vip_2301.pdf (Aufgerufen am 08.01.2024)

BODEN ANBAU, NEU

$U = 0,115 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{si} = 0,17$			
Parkett	0,014	0,13	CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Fußbodenheizung trocken	0,03	0,05	
Dämmung Holzfaser	0,04	0,044	
Dampfsperre			
Holzwerkstoffplatte	0,022	0,13	REAPOR (Pyrotec)
Dämmung Steinwolle HEB 220	0,22	0,035 50	
Dämmung Steinwolle	0,04	0,035	
Dämmung Steinwolle HEB 220	0,10 0,22	0,035 50	
Hinterlüftung	0,04		
Fassadenplatten	0,05		

$R_{se} = 0,04$

Quellen

- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)

GESCHOSSDECKE ANBAU, NEU

Modulboden und -Decke

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Parkett	0,014	CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Fußbodenheizung trocken	0,03	
Dampfsperre		
Holzwerkstoffplatte	0,022	
Dämmung Steinwolle HEB 220	0,22	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Dämmung Steinwolle	0,02	
Holzwerkstoffplatte	0,022	
Dampfsperre		
Direktschwingabhänger	0,042	
Lehmbauplatte	0,016	
Lehmputz	0,003	

Quellen

- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

DECKE BADMODULE, NEU

Modulboden und -Decke

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Fliesen	0,01	
Dünnbettverlegung	0,004	
Trockestrich	0,025	Powerpanel TE (fermacell)
Fußbodenheizung trocken	0,03	CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Dampfsperre		
Holzwerkstoffplatte	0,018	
Luftschicht	0,16	
Stahlträger		
Ausgleichsdämmung Steinwolle	0,02	
Holzwerkstoffplatte	0,018	
Dampfsperre		
Luftschicht	0,13	
Direktschwingabhänger,		CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Leitungsführung		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmbauplatte	0,016	
Lehmputz	0,003	

Quellen

- <https://benz24.de/fermacell-trockenestrich-element-powerpanel-te.html> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

DECKE 2. OG, BESTANDSGEBÄUDE

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
OSB-Platte	0,018	
Dämmung XPS	0,24	
Stahlsteindecke	0,20	
Putz	0,015	
Direktschwingabhänger	0,042	
Lehmbauplatte	0,016	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmputz	0,003	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06

Quellen

- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

BODEN RÄUME BEI TREPPENAUFANG, NEU

$U = 0,124 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
	$R_{si} = 0,17$		
Parkett	0,018		
Fußbodenheizung	0,03		CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Dampfsperre			
Holzwerkstoffplatte	0,022	0,13	
Dämmung Steinwolle HEB 120	0,12	0,05	
Dämmung Steinwolle	0,18	0,13	
Hinterlüftung	0,04	0,035	
Fassadenplatten	0,05	50	
	$R_{se} = 0,04$		
		0,035	REAPOR (Pyrotec)

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)

DECKE RÄUME BEI TREPPENAUFANG, NEU

$U = 0,123 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
	$R_{se} = 0,04$		
Begehbare Fläche			
Boden	0,03		
Trägerprofil	0,05		
EPDM-Abdichtung			
Dämmung Steinwolle HEB 120	0,12	0,035	
		50	
Dämmung Steinwolle Holzlattung	0,24	0,035	
		0,13	
Dampfsperre			
Holzwerkstoffplatte	0,022	0,13	
Leitungsführung Direktschwingabhängiger	0,5		
Lehmbauplatte	0,016		CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
	$R_{si} = 0,10$		

Quellen

- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

DECKE BADMODULE GEGEN KELLER, NEU

$$U = 0,121 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt	Quellen
				- https://benz24.de/fermacell-trockenestrich-element-powerpanel-te.html (Aufgerufen am 08.01.2024)
				- https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement (Aufgerufen am 08.01.2024)
				- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
				- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
$R_{si} = 0,17$				
Fliesen	0,01		Powerpanel TE (fermacell)	
Dünnbettverlegung	0,004		CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement	
Trockestich	0,025	0,173		
Fußbodenheizung trocken	0,03	0,05		
Dampfsperre				
Holzwerkstoffplatte	0,018	0,13		
Dämmung Steinwolle	0,16	0,035		
Stahlträger		50		
Dämmung Steinwolle	0,14	0,035		
				CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
				CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
$R_{se} = 0,17$				

BODEN AUFSTOCKUNG, NEU

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Parkett	0,014	
Fußbodenheizung trocken	0,03	CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Dampfsperre		
Betonfertigteile	0,14	
Luftschicht	0,22	
HEB 220		

Quellen

- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)

BODEN GALERIE AUFSTOCKUNG, NEU

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Parkett	0,014	
Fußbodenheizung trocken	0,03	CompactFloor Ideal Basic Öko 30 Heizelement
Dampfsperre		
Holzwerkstoffplatte	0,018	
Luftschicht	0,24	
HEB 140	0,14	
Direktschwingabhänger	0,042	
Lehmbauplatte	0,016	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmputz	0,003	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06

Quellen

- <https://www.compact-floor.com/de/produkte/flaechenheizung/ideal-basic-oeko-30/19/ideal-basic-oeko-30-heizelement> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

BODENPLATTE, BESTANDSGEBÄUDE

Material	Schichtdicke d (m)
Flüssigkunststoffabdichtung	0,003
Vlieseinlage	
Beton	0,15

5.6.3 AUSSENWÄNDE

AUSSENWAND, BESTANDSGEBÄUDE KG

Dämmung nur bis 0,88 m unter OK Rohdecke EG

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Putz	0,015	
Dämmung Steinwolle	0,10	
Putz	0,015	
Beton	0,40	
Putz	0,05	
Dämmung Steinwolle	0,125	
Paneel		
Dämmung Steinwolle	0,02	
Dämmung Steinwolle	0,10	
Stahl		
Dämmung Steinwolle	0,06	
Hinterlüftung	0,04	
Fassadenplatten	0,05	REAPOR (Pyrotec)

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)

AUSSENWAND RÄUME TREPPENAUFANG, NEU

$U = 0,127 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
	$R_{si} = 0,13$		
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmbauplatte	0,016	0,13	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Dampfsperre			
Dämmung Steinwolle	0,22	0,035	
Holzlattung		0,13	
Dämmung Steinwolle	0,06	0,035	
Hinterlüftung	0,04		
Fassadenplatten	0,05		REAPOR (Pyrotec)
	$R_{si} = 0,13$		

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

AUSSENWAND, BESTANDSGEBÄUDE EG

$U = 0,114 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitzahl λ (W/mK)	Produkt
$R_{Si} = 0,13$			
Lehmputz	0,003		
Lehmbauplatte	0,016	0,13	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmschüttung	0,05	0,56	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Holzlattung		0,13	Lehm-Trockenschüttung Granulat ((CLAYTEC)
Holzwerkstoffplatte	0,012	0,13	
Dampfsperre			
Putz	0,015	1	
Ziegel	0,38	0,58	
Putz	0,05	1	
Dämmung Steinwolle	0,125	0,035	
Paneel			
Dämmung Steinwolle	0,02	0,035	
Dämmung Steinwolle	0,10	0,035	
Stahl		50	
Dämmung Steinwolle	0,06	0,035	
Hinterlüftung	0,04		
Fassadenplatten	0,05		REAPOR (Pyrotec)

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/fachwerksanierung/lehm-trockenschuettung-granulat_pid2815 (Aufgerufen am 08.01.2024)

$R_{Si} = 0,13$

AUSSENWAND, BESTANDSGEBÄUDE OG

$U = 0,116 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Si} = 0,13$			
Lehmputz	0,003		
Lehmputz	0,016	0,13	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmputz	0,05	0,56	CLAYTEC Lemix Lehmputz schwer
Lehmputz		0,13	Lehm-Trockenschüttung Granulat ((CLAYTEC)
Holzwerkstoffplatte	0,012	0,13	
Dampfsperre			
Putz	0,015	1	
Ziegel	0,30	0,58	
Putz	0,05	1	
Dämmung Steinwolle	0,125	0,035	
Paneel			
Dämmung Steinwolle	0,02	0,035	
Dämmung Steinwolle	0,10	0,035	
Stahl		50	
Dämmung Steinwolle	0,06	0,035	
Hinterlüftung	0,04		
Fassadenplatten	0,05		REAPOR (Pyrotec)

$R_{Si} = 0,13$

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/fachwerksanierung/lehm-trockenschuettung-granulat_pid2815 (Aufgerufen am 08.01.2024)

AUSSENWAND, AUFSTOCKUNG NEU

$U = 0,111 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Si} = 0,13$			
Lehmputz	0,003		
Lehmputz	0,016	0,13	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmputz	0,05	0,56	CLAYTEC Lemix Lehmputz schwer
Lehmputz		0,13	Lehm-Trockenschüttung Granulat ((CLAYTEC)
Holzwerkstoffplatte	0,012	0,13	
Dampfsperre			
Dämmung Steinwolle	0,065	0,035	
Dämmung Steinwolle		0,13	
Dämmung Steinwolle	0,12	0,035	
Dämmung Steinwolle		50	
Dämmung Steinwolle	0,125	0,035	
Dämmung Steinwolle		0,13	
Dämmung Steinwolle	0,06	0,035	
Hinterlüftung	0,04		
Fassadenplatten	0,05		REAPOR (Pyrotec)
$R_{Si} = 0,13$			

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/fachwerksanierung/lehm-trockenschuettung-granulat_pid2815 (Aufgerufen am 08.01.2024)

AUSSENWAND, ANBAU NEU

$U = 0,106 \text{ W/m}^2\text{K}$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Si} = 0,13$			
Lehmputz	0,003		
Lehmbohle	0,016	0,13	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Dämmung Steinwolle	0,07	0,56	CLAYTEC Lemix Lehmbohle schwer
Holzlattung		0,13	
Holzwerkstoffplatte	0,012	0,13	
Dampfsperre			
Dämmung Steinwolle	0,12	0,035	
Stahl		50	
Dämmung Steinwolle	0,14	0,035	
Holzlattung		0,13	
Dämmung Steinwolle	0,06	0,035	
Hinterlüftung	0,04		
Fassadenplatten	0,05		REAPOR (Pyrotec)
$R_{Si} = 0,13$			

Quellen

- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/103/Reapor-2023.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- <https://www.pyroteknc.com/dmsdocument/162/REAPOR-TDS-217IP.pdf> (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

5.6.4 INNENWÄNDE

INNENWAND NEU GEGEN KELLERABGANG, BESTANDSGEBÄUDE EG

$$U = 0,118 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Sj} = 0,13$			
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehm-Platte	0,016	0,13	CLAYTEC Lemix Lehm-Platte schwer
Lehmschüttung	0,05	0,56	Lehm-Trockenschüttung Granulat ((CLAYTEC)
Holzlattung		0,13	
Holzwerkstoffplatte	0,012	0,13	
Dampfsperre			
Dämmung Steinwolle	0,24	0,035	
Holzlattung		0,13	
Dämmung Steinwolle	0,04	0,035	
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
$R_{Sj} = 0,13$			

Quellen

- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/fachwerksanierung/lehm-trockenschuettung-granulat_pid2815 (Aufgerufen am 08.01.2024)

INNENWAND BESTAND GEGEN KELLERABGANG, BESTANDSGEBÄUDE EG

$$U = 0,121 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Material	Schichtdicke d (m)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK)	Produkt
$R_{Sj} = 0,13$			
Putz	0,015	1	
Ziegel	0,25	0,58	
Putz	0,105	1	
Dampfsperre			
Holzwerkstoffplatte	0,012	0,13	
Dämmung Steinwolle	0,26	0,035	
Holzlattung		0,13	
Lehm-Platte	0,016	0,13	CLAYTEC Lemix Lehm-Platte schwer
Lehmputz	0,003		CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
$R_{Sj} = 0,13$			

Quellen

- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

WOHNUNGSTRENNWAND, NEU

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Lehmputz	0,003	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmbauplatte	0,016	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmschüttung Holzlattung	0,07	Lehm-Trockenschüttung Granulat ((CLAYTEC)
Holzwerkstoffplatte	0,012	
Dampfsperre		
Dämmung Steinwolle	0,04	
Dampfsperre		
Holzwerkstoffplatte	0,12	
Lehmschüttung Holzlattung	0,07	Lehm-Trockenschüttung Granulat ((CLAYTEC)
Lehmbauplatte	0,016	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmputz	0,003	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06

Quellen

- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/fachwerksanierung/lehm-trockenschuettung-granulat_pid2815 (Aufgerufen am 08.01.2024)

WOHNUNGSWAND, NEU

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Lehmputz	0,003	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06
Lehmbauplatte	0,025	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmschüttung Holzlattung	0,10	Lehm-Trockenschüttung Granulat ((CLAYTEC)
Lehmbauplatte	0,025	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmputz	0,003	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06

Quellen

- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/fachwerksanierung/lehm-trockenschuettung-granulat_pid2815 (Aufgerufen am 08.01.2024)

BADMODULWAND, NEU

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Fliesen	0,01	
Dünnbettverlegung	0,004	
Bauplatte	0,0125	Powerpanel H2O (fermacell)
Dämmung Steinwolle	0,064	
Metallständer, Stütze		
Ausgleichsdämmung Steinwolle	0,02	

Quellen

- <https://www.fermacell.de/de/produkte/zementgebundene-platten/fermacell-powerpanel-h2o> (Aufgerufen am 08.01.2024)

WOHNUNGSTRENNWÄNDE INNERE BRANDWÄNDE, BESTANDSGEBÄUDE

Der Aufbau Vorsatzschale wurde auch bei anderen Wohnungstrennwänden verwendet.

Material	Schichtdicke d (m)	Produkt
Putz	0,015	
Ziegel	0,25	
Putz	0,015	
Dämmung Steinwolle	0,05	
Elastische Entkoppelung		
Lehmbauplatte	0,016	CLAYTEC Lemix Lehmbauplatte schwer
Lehmputz	0,003	CLAYTEC Lehm-Oberputz fein 06

Quellen

- https://www.claytec.de/de/produkte/lehm_trockenbau/lehmplatten-schwer-lemix-d-22-d-16_pid209 (Aufgerufen am 08.01.2024)
- https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/lehm-oberputz-fein-06_pid175 (Aufgerufen am 08.01.2024)

