



BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT

- BESTANDSANALYSE & SANIERUNG -

Hochschule Augsburg - E2D - Sommersemester 2023 - Energieeffizienz 2 - Leistungsnachweis 2
Florian Eberl - Alisa Rehm

INHALTSVERZEICHNIS

Teil 1: Bestand (LN1)

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Allgemeine Informationen | 4 |
| 1.1 | Lage | 5 |
| 1.2 | Entwurf von 1999 | 7 |
| 2 | Bestandspläne | 10 |
| 2.1 | Ansichten | 11 |
| 2.2 | Grundrisse | 13 |
| 2.3 | Schnitte | 15 |
| 2.4 | Umgriff | 16 |
| 2.5 | 3 Tafel Projektion | 17 |
| 3 | Gebäudetechnik Bestand | 18 |
| 3.1 | Allgemeines | 19 |
| 3.2 | Anschlüsse an die öffentliche Versorgung | 21 |
| 3.3 | Energie Schema | 22 |
| 3.4 | Heizungs- und Lüftungskonzept | 23 |
| 3.5 | Heizungs- und Lüftungskonzept | 24 |
| 3.6 | Trinkwarmwasser | 31 |
| 4 | Energetische Bewertung Bestand | 32 |
| 4.1 | Ergebnisse der Energiebilanzierung | 33 |
| 4.1.1 | Anteilige Wärmeverluste der Außenbauteile | 34 |
| 4.1.2 | Endenergiebedarf | 35 |
| 4.2 | Primärenergiebedarf | 36 |
| 4.3 | Annahmen und Anmerkungen | 37 |
| 4.4 | Sommerlicher Wärmeschutz | 38 |
| 4.5 | Bauteilaufbauten und U-Werte | 39 |
| 4.5.1 | Fenster | 39 |
| 4.5.2 | Türen | 39 |
| 4.5.3 | Boden / Decke nach unten nach Außenluft | 40 |
| 4.5.4 | Dach / Decke nach Oben nach Außenluft | 43 |
| 4.5.5 | Wände | 45 |
| 4.6 | Zonierung und Nutzungsprofile | 49 |
| 4.7 | Wärmebrückenidentifikation | 55 |



Teil 2: Sanierung (LN2)

| | | | |
|---|-----------|--|------------|
| 5 Sanierungskonzept, Ziele | 62 | 8 Energetische Bewertung | 110 |
| 5.1 Ziel der Sanierung | 63 | 8.7.1 Kennzahlen und Vergleich zu Bestand..... | 111 |
| 5.1.1 Identifikation der Hauptenergieverluste-/Verbräuche.. | 64 | 8.1 Ergebnisse der Energiebilanzierung..... | 111 |
| 5.2 Grundrissgestaltung | 65 | 8.1.1 Neudefinition der thermischen Hülle..... | 112 |
| 5.3 Sanierungsvarianten der Fassade | 67 | 8.1.2 Endenergiebedarf..... | 113 |
| 5.4 Sonnenschutz..... | 71 | 8.1.3 Anteilige Wärmeverluste der Gebäudehülle | 114 |
| 6 Pläne Saneirung, Details | 74 | 8.2 Sommerlicher wärmeschutz | 115 |
| 6.1 Ansichten..... | 75 | 8.2.1 Bodenplatte / Kellerinnenwand..... | 117 |
| 6.2 Gurndrisse..... | 77 | 8.3 Wärmebrücken..... | 117 |
| 6.3 Schnitte | 82 | 8.3.1 Attika..... | 119 |
| 6.5 3 Tafel Projektion..... | 83 | 8.3.2 Regenrinne | 121 |
| 6.4 Details..... | 84 | 8.4 Bauteilaufbauten und U-Werte | 123 |
| 7 Energetische Bewertung | 90 | 8.4.1 Fenster..... | 123 |
| 7.1 Wärmeerzeugervarianten | 91 | 8.4.2 Türen..... | 123 |
| 7.2 Lüftung..... | 95 | 8.4.3 Boden / Decke nach unten nach Außenluft | 124 |
| 7.3 Energie Shema..... | 100 | 8.4.4 Dach / Decke nach Oben nach Außenluft | 129 |
| 7.4 Lüftungsplanung | 101 | 8.4.5 Wände..... | 134 |
| 7.5 Heizlast..... | 102 | 8.5 Zonierung und Nutzungsprofile | 141 |
| 7.6 Erneuerbare Energien | 103 | | |
| 7.6.1 Windenergie | 105 | | |
| 7.7 Strom | 105 | | |
| 7.7.1 Solarenergie..... | 107 | | |
| 7.7.2 Vergleich Stromverbrauch- und Erzeugung | 108 | | |

TEIL 1

BESTAND
LN

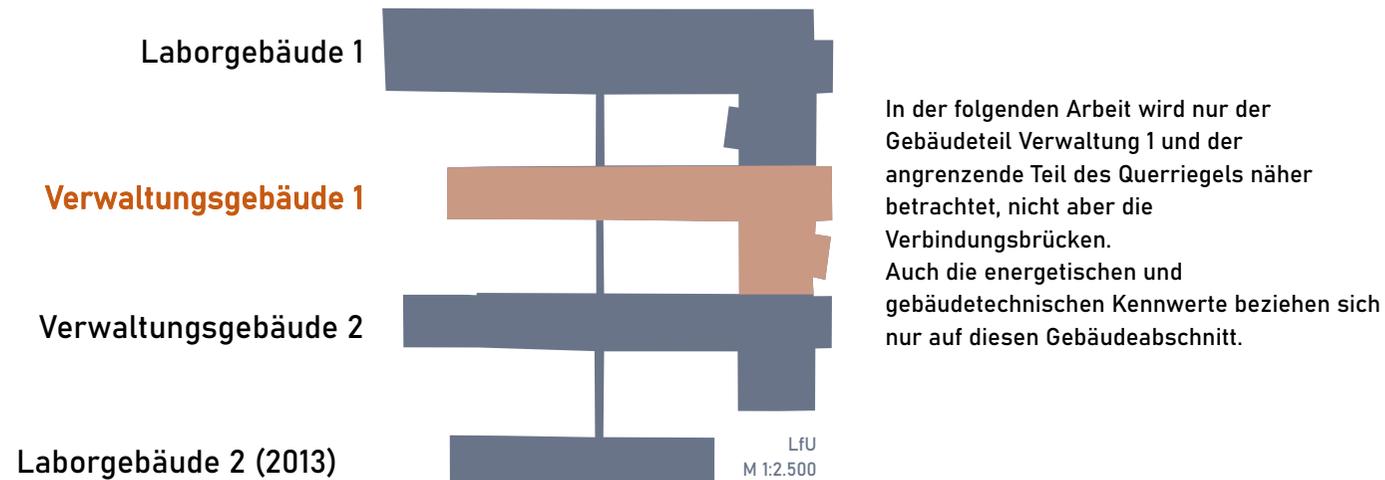


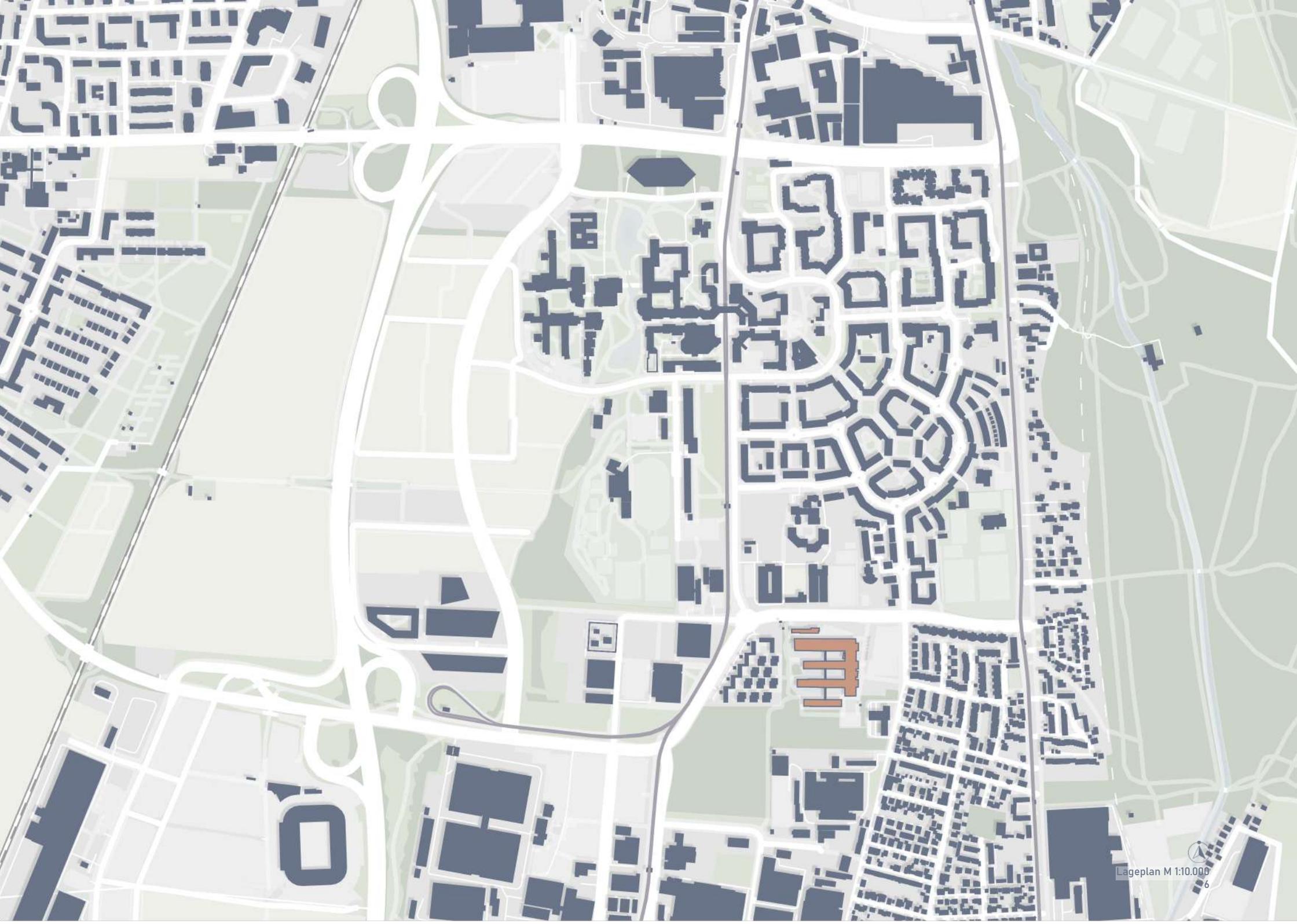
01

ALLGEMEINE INFORMATIONEN

1.1 LAGE

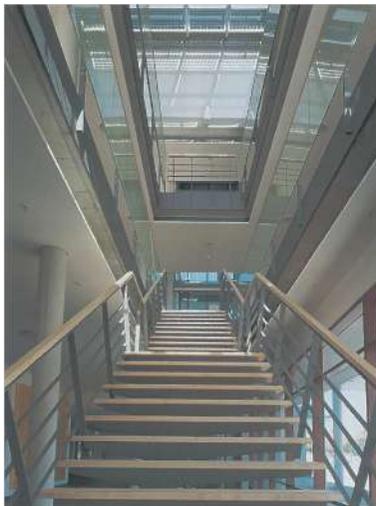
| | |
|------------------------------|---|
| Adresse | Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg |
| Baujahr | 1999 (Laborgebäude 1, Verwaltungsgebäude 1 und 2) |
| geplant von | Architekturbüro Kaup Scholz Jesse |
| Grundstücksgröße | 51 ha |
| Neubau Laborgebäude 2 | 2013 |
| geplant von | Architekturbüro Jesse Hofmayr Werner |
| Fassadensanierung | 2020 |





VISION

Ziel des ursprünglichen Bauvorhabens war es einen ganzheitlichen Entwurfsansatz umzusetzen, der Architektur, technische Gebäudeausstattung, Umweltschutz, sowie Ressourcen- und Energieeffizienz optimal miteinander vereint. Hierbei sollten auch innovative Technologien und Ideen, wie beispielsweise ein Aquiferspeicher zum Einsatz kommen.



BAUKÖRPER

Der Altbau von 1999 besteht aus drei freistehenden dreigeschossigen Gebäudeflügeln, die jeweils ca. 100 m lang sind. Sie haben eine strenge Süd-Nord-Orientierung, wodurch die Sonnenenergie optimal durch Photovoltaik-Anlagen und Solarthermie genutzt werden kann.

Um raumhohe Verglasungen und eine unkomplizierte Leitungsführung zu ermöglichen wurde das Gebäude aus einer Stahlbetonskelettkonstruktion ohne Unterzügen errichtet. Die Masse der Betonkonstruktion dient außerdem als thermischer Speicher, der vor allem im Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz sehr wichtig sind.

Die einzelnen Gebäudeflügel werden durch ein eingeschossigen Riegel verbunden, in dem sich Gemeinschaftseinrichtungen wie die Bibliothek, Kantine und der Vortragssaal befinden. Mittig in diesem Riegel ist auch der Haupteingang mit Pforte platziert. Auch die im ersten Obergeschoss angeordneten Brücken werden als Verbindung der 3 Gebäudeflügel genutzt. Ein weiterer solcher Gang wurde im Zuge des sich im Süden befindenden Neubaus des Laborgebäudes 2 (2014) errichtet und dient nun zur Verbindung zwischen dem Neubau mit dem Verwaltungsflügel zwei.

NUTZUNG

Der nördliche Flügel beinhaltete die Laborräume, dazugehörige Büros und eine Fuhrparkhalle für Nutzfahrzeuge der Behörde.

Die beiden anderen Gebäudeflügel werden für die Verwaltung und als Büroräume genutzt, der nördlicher gelegene hiervon wird in dieser Arbeit näher analysiert.

Um den einzelnen Büros optimale Belichtung und einen guten Ausblick zu gewähren, sind sie an den Fassadenflächen angelagert.

Die dazwischen entstehende Mittelzone wird als Archivflächen, Teeküchen und Druckerinseln genutzt und dient sowohl der Erschließung als auch der Kommunikation. Durch galerieartige Öffnungen in diesem Bereich kann selbst das Erdgeschoss durch das nach Süden geneigte Glasdach belichtet werden und ein dunkler Mittelflur wird vermieden.



MATERIAL UND FARBE

Die Auswahl der Materialien und Farben spiegelt das Spannungsverhältnis zwischen Umweltschutz und Technik wieder.

Von außerhalb des Gebäudes sichtbare, kühl wirkende Materialien wie Aluminium, Glas und Faserzementplatten kontrastieren dem Innenbereich aus warm wirkenden Holzwerkstoffen und dem texturierten Schieferboden des Eingangsbereichs. Reduziert lassen sich jedoch auch im Innenbereich technische Materialien wie sichtbare, glatte Betonoberflächen wiederfinden



FREIFLÄCHEN, REGENWASSER

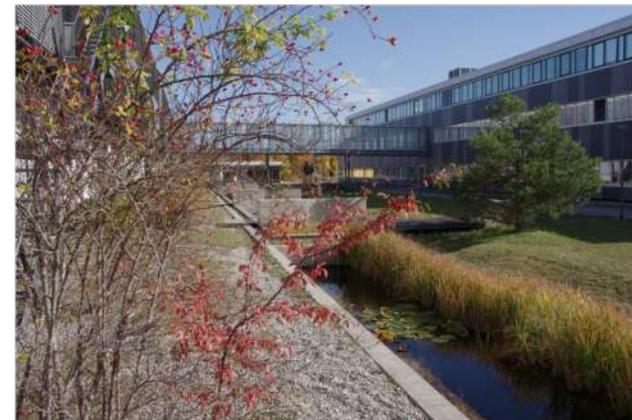
Bei der Planung der Anlagen um das Gebäude wurde darauf geachtet möglichst wenig Fläche zu versiegeln, das anfallende Regenwasser zu versickern und neuen Grünraum zu erschaffen.

Zwischen den Gebäudeflügeln sind ansprechende Aufenthaltsräume geschaffen worden. Jeder der drei Flächen ist individuell gestaltet, jedoch mit dem übergreifenden Thema der Wasserbehandlung.

Im nördlichen Innenhof ist eine 370 m² große Sickermulde angelegt worden, die aus kleinflächigen, nach unten abgedichteten Zonen besteht und Lebensraum für eine wechselfeuchte Vegetation bildet.

Im mittleren Hof befindet sich ein 100 m langer Wasserkanal mit einem Speichervolumen von ca. 190 m³ und einer Wasseroberfläche von 210 m². Dort wurden auch eine Wiese und Apfelbäume angepflanzt.

Der Hof südlich des Verwaltungsgebäudes 2 beherbergt eine komplexe Abfolge verschiedener, untereinander verbundener Wasserbecken mit einem insgesamt Volumen von 90 m³.



Quellen:

Broschüre zur Eröffnung des LfU 1999

https://www.lfu.bayern.de/natur/aussenanlagen_lfu_augsburg/oekoleitidee_planung/index.htm

<https://www.luftbildsuche.de/suche/d/luftbilder/sh-ee883f31439f33711e05abd56c319d9a06320d42/augsburg.html>

9

Allgemeine Informationen



02

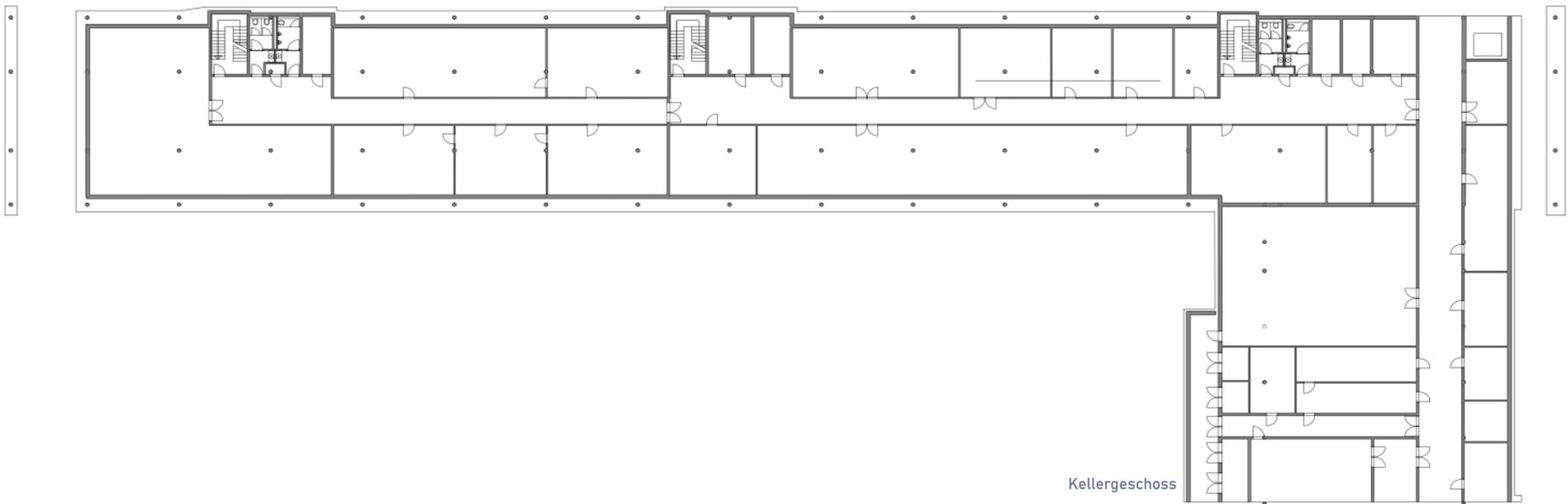
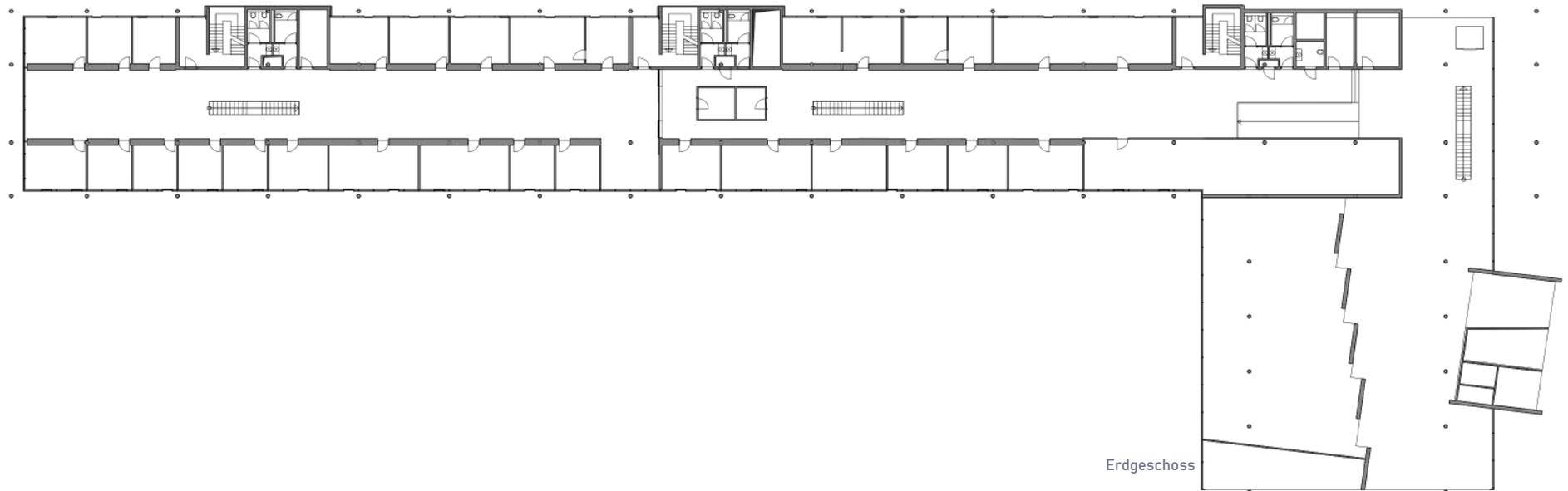
BESTANDSPLÄNE

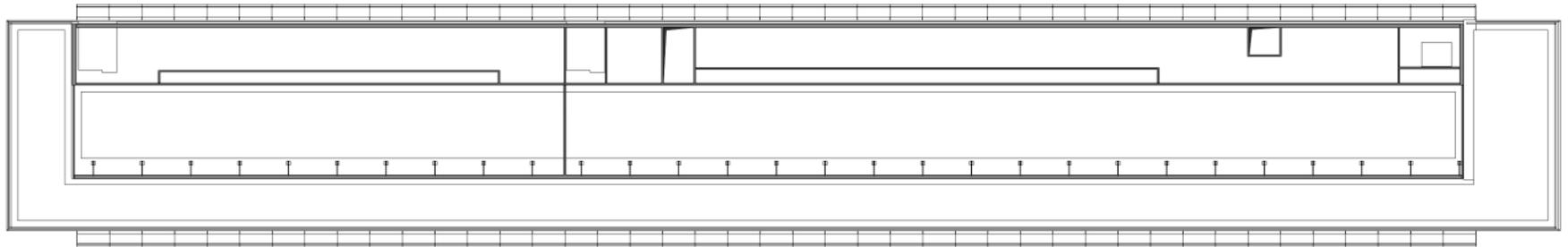
2.1 ANSICHTEN



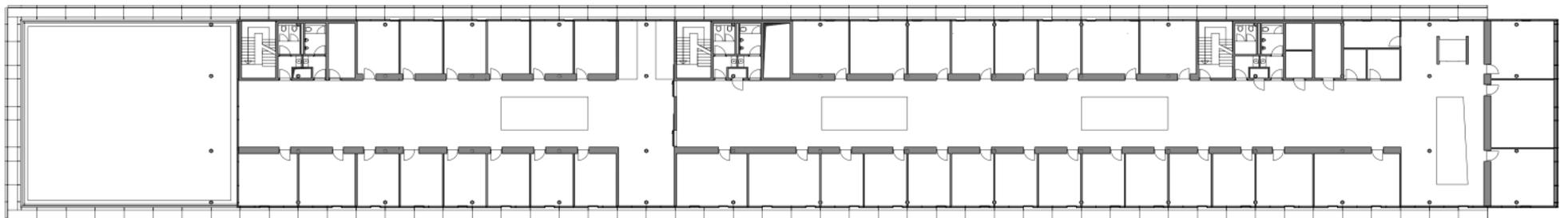


2.2 GRUNDRISSSE

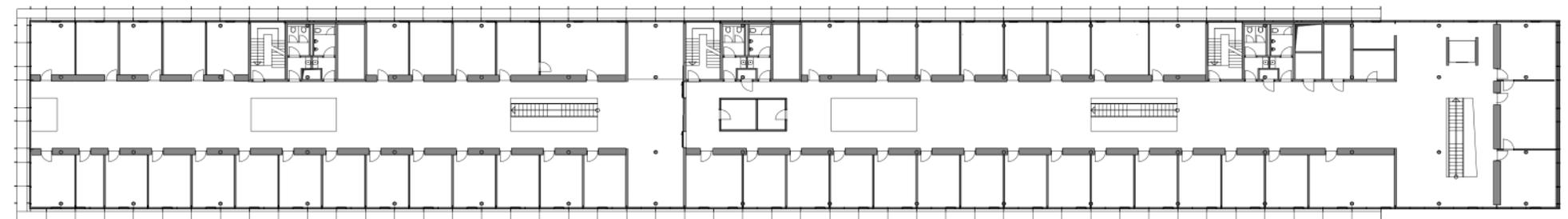




Dachgeschoss



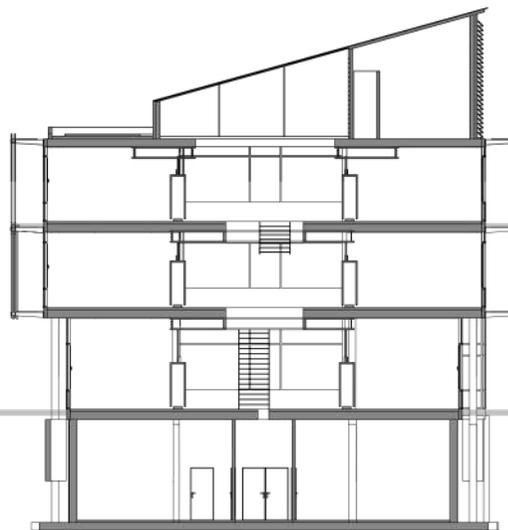
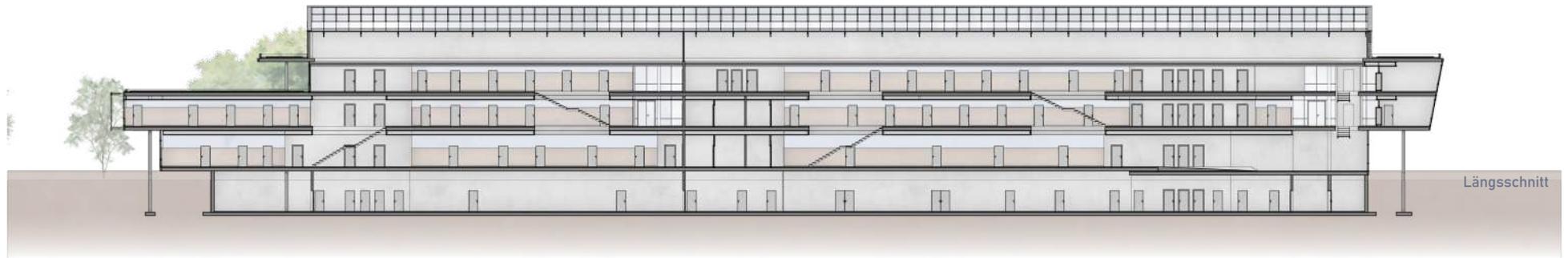
2. Obergeschoss



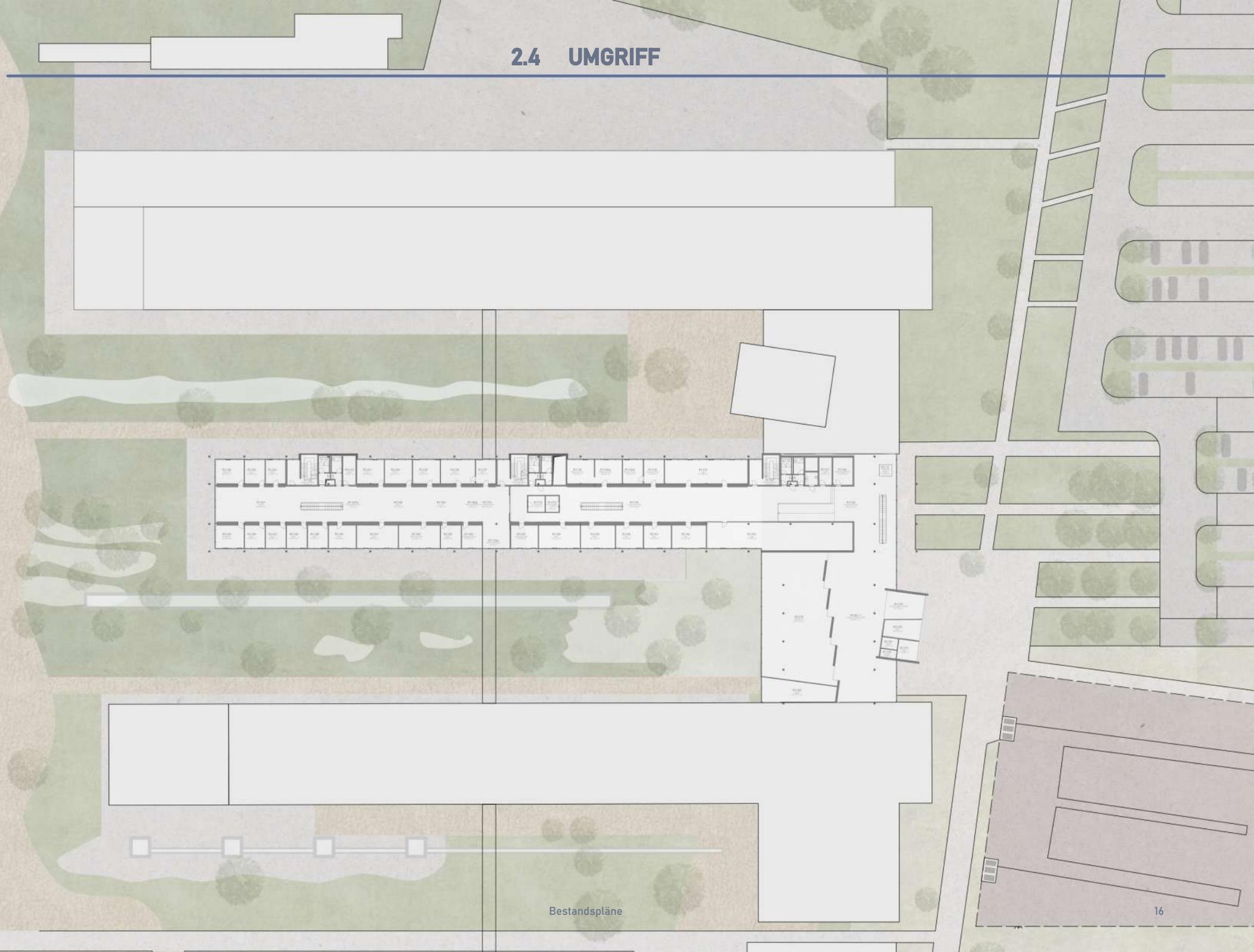
1.

1. Obergeschoss

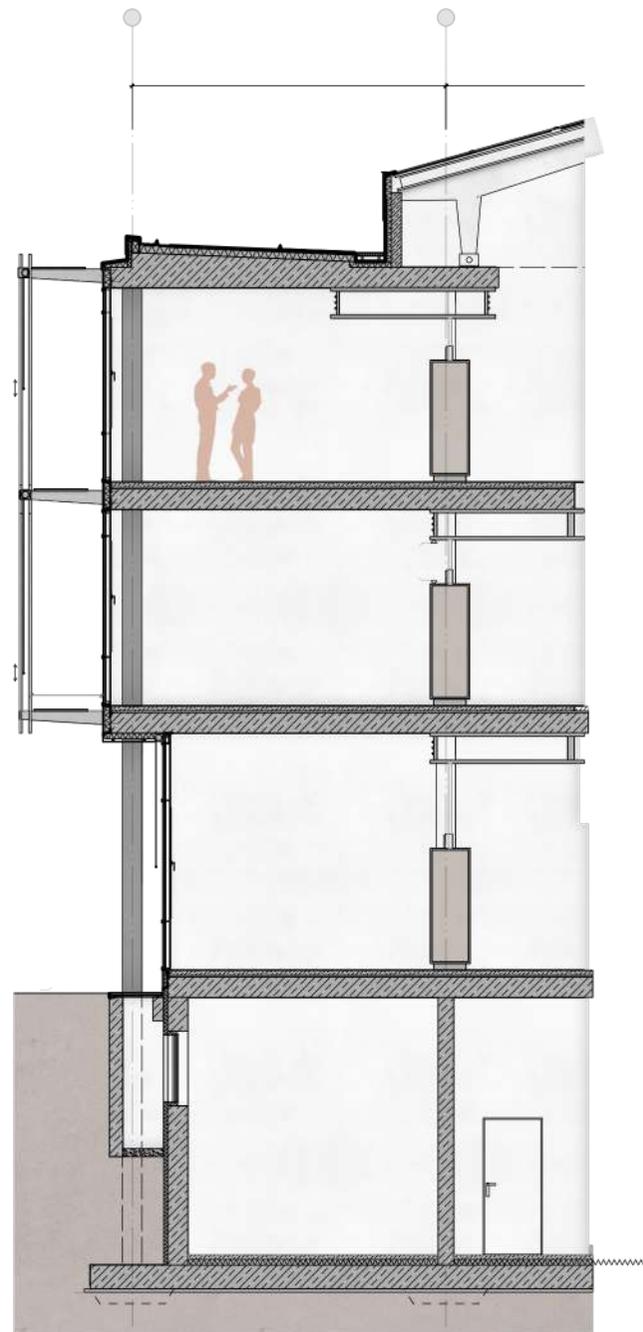
2.3 SCHNITTE



2.4 UMGRIFF



2.5 3 TAFEL PROJEKTION





03

**GEBÄUDETECHNIK
BESTAND**

SOLARTHERMIE

In den opaken, um 15° nach Süden geneigten Pultdächern der drei im Jahre 1999 errichteten Gebäudeflügeln sind Flachkollektoren mit Titan-Oxid-Absorbern in die Dachfläche integriert.

Die großflächigen Module (Bürogebäude: 5,60 m x 4,20 m, Laborgebäude: 8,00 m x 2,40 m) ersetzen die Dachhaut, somit kann die ganze Dachfläche (ca. 2.000 m²) effektiv ausgenutzt werden.

AQUIFERSPEICHER

Da ursprünglich angestrebt wurde den Heizenergiebedarf des ganzen Gebäudes zu 60% durch Solarenergie zu decken musste die Wärme saisonal gespeichert werden.

Dafür war ein Kies-Wasser-Speicher (ca. 6.000 m³) vorgesehen, wodurch der vor Ort im Boden vorhandene Kies genutzt wurde. Der Kies wurde ausgehoben, die Wände abgebösch, die Grube gedämmt, abgedichtet, wieder verfüllt und mit Wasser gefüllt. Bei der Abdichtung sind jedoch Fehler unterlaufen, sodass die Grube undicht ist und das (erwärmte) Wasser teils versickert, wodurch Wärmeenergie verloren geht.

Es wird vermutet, dass der Aquiferspeicher heutzutage nur noch ein drittel der geplante Wärme speichern kann. Außerdem wird die gespeicherte Wärme nur durch einen Wärmetauscher wieder in den Kreislauf des Gebäudes eingebracht, sodass das Ziel 60% der Heizenergie durch Solarthermie zu decken momentan unmöglich ist.

FERNWÄRME

Ursprüngliche war geplant die restliche Wärmeenergie durch den Einsatz von Rapsöl zu erzeugen, jedoch wurde das Gebäude wegen technischen Problemen bei der Verfeuerung des Öls im November 2002 an das Augsburger Fernwärmenetz angeschlossen.

Nach Angaben eines Mitarbeiters des Landratsamts für Umweltschutz wird der Wärmebedarf nun zu 90% von Fernwärme und nur zu 10% von Solarthermie gedeckt.



PHOTOVOLTAIK

In die Glaspulldächer der Mittelzonen der beiden Verwaltungsriegeln sind ca. 54,700 einzelne polykristalline PV-Zellen aus integriert.

Auf den Dächer der Verbindungsbrücken zwischen den drei Gebäudeflügeln wurden amorphe Module installiert.

Die insgesamte Nennleistung der Anlagen beträgt 80kW.



3.2 ANSCHLÜSSE AN DIE ÖFFENTLICHE VERSORGUNG

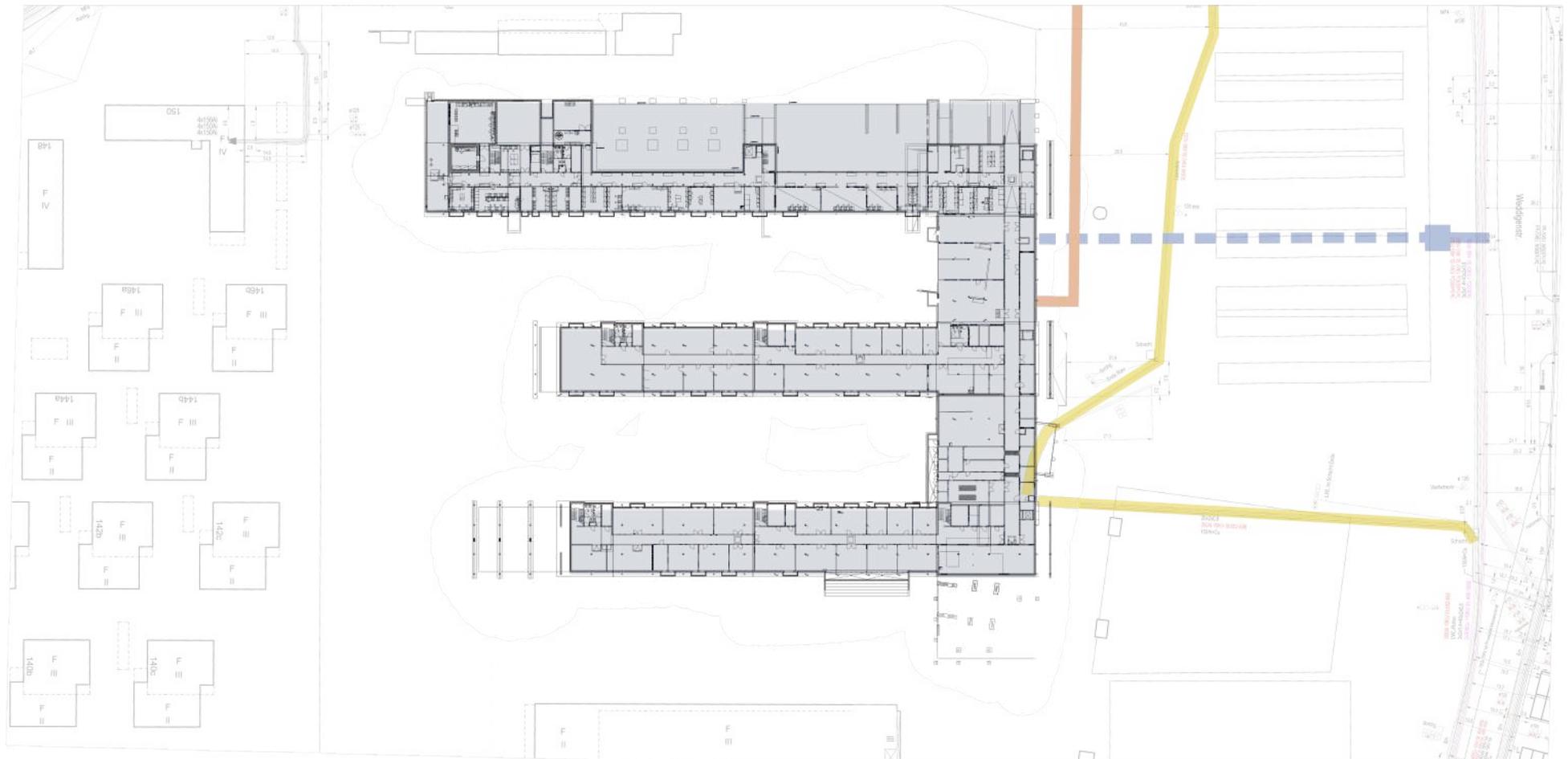
Die Anschlüsse an die öffentliche Versorgung finden alle im Kellergeschoss des Gebäudes statt.

Vermutlich befindet sich der Wasseranschluss (blau) im oberen Abschnitt des Verbindungsriegels, auf den Plänen der Stadtwerke Augsburg enden die Leitungen in einem Schacht, der vermutlich orthogonal vom Gebäude erschlossen wird.

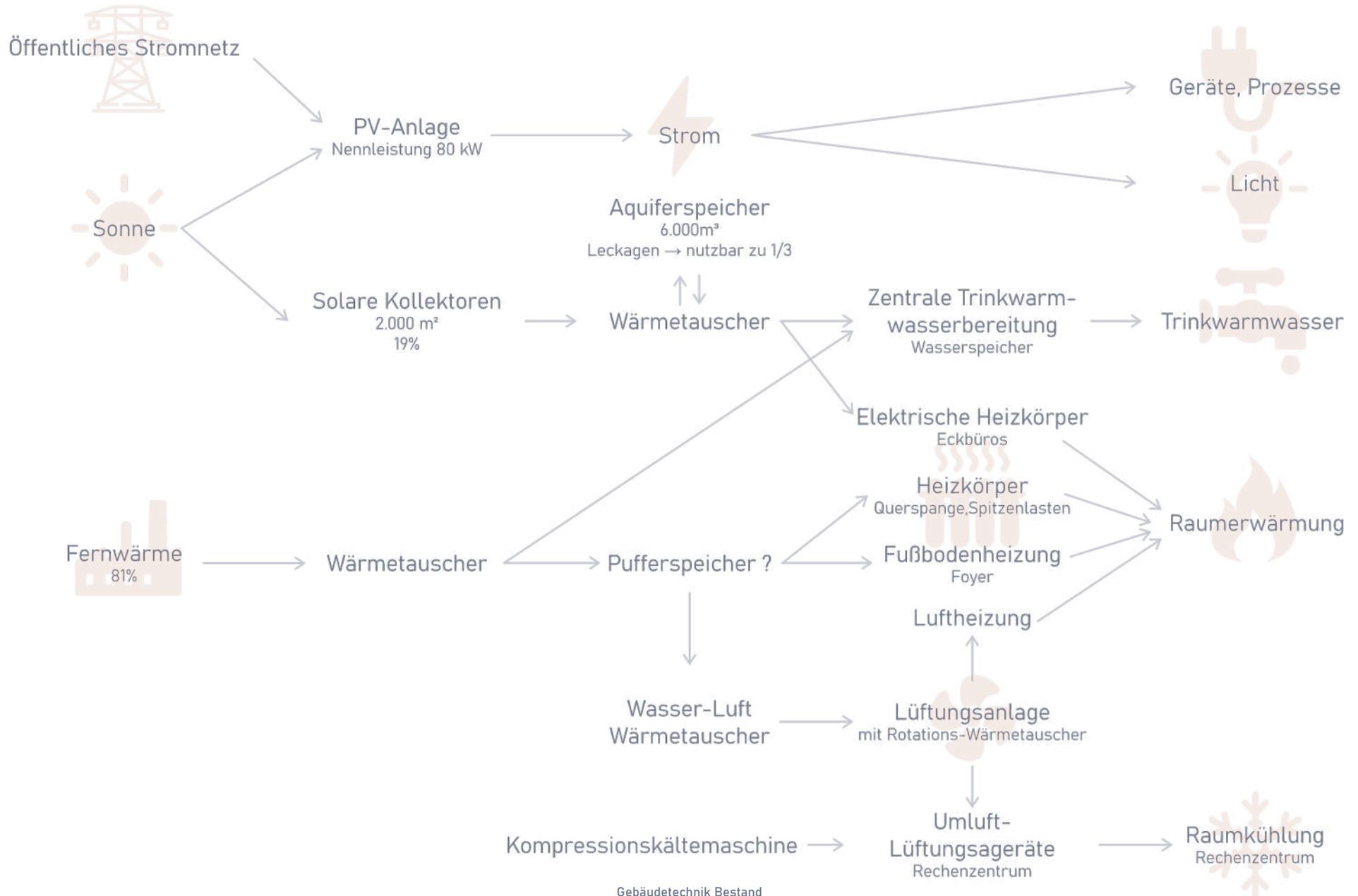
Der Fernwärmeanschluss (rot) befindet sich ebenfalls in diesem Teil des Gebäudes.

Im, in diesem Projekt näher betrachteten, mittleren Abschnitt des Gebäudes befindet sich der Stromanschluss (gelb).

Im Gebäude werden die jeweiligen Leitungen vertikal durch Schächte und horizontal geschossweise in Unterdecken geführt.



3.3 ENERGIE SCHEMA



HEIZUNG

Der Wärmebedarf des Gebäudes wird durch Solarthermie (19 %) und Fernwärme (81 %) gedeckt.

Die Deckungsanteile sind Mittelwerte des Wärmeverbrauchs aus den Jahren 2014 bis 2021 aus der Umwelterklärung 2022 des Bayerischen Landesamts für Umwelt.

Im Regelfall wird das Gebäude durch die Luft geheizt, jedoch gibt es auch Ausnahmen für Bereiche in denen, die durch diese Weise eingebrachte Wärme nicht zur Beheizung ausreicht.

Da die Eckräume des Riegel zweiseitig an Außenluft grenzen und durch die Pfosten-Riegel-Fassade große Wärmeverluste entstehen, wird in diesen Räumen bei Bedarf mit elektrischen Heizkörpern zugeheizt um die vorgesehene Innenraumtemperatur zu erreichen.

Da auch im Eingangs- und Foyerbereich große Wärmeverluste entstehen ist hier die zusätzliche Beheizung durch eine Fußbodenheizung vorgesehen. Um Spitzenlasten an kalten Wintertagen decken zu können, können hier Konvektoren angeschaltet werden.

Laut dem Schaltschema der Heizung von 1998 wurde kein Pufferspeicher für die Heizung eingebaut, jedoch wäre es möglich dass dies beim Umstieg vom Rapsölkessel auf Fernwärme nachgerüstet wurde.

3.5 HEIZUNGS- UND LÜFTUNGSKONZEPT

ALLGEMEINES, LÜFTUNGSGERÄTE, WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Der Gebäudeteil „Verwaltung 1“ wird zentral durch Lüftungsgeräte im Dachgeschoss belüftet.

Die Aussagen über die Volumenströme und Geräte zur Belüftung in der schematischen Darstellung (1998) unterscheiden sich von denen der Übersichtstabelle über die Lüftungsgeräte (aktueller, genauer Zeitpunkt der Erstellung unbekannt) unterscheiden, werden im Folgenden hauptsächlich die Aussagen des neueren Dokuments abgebildet.

Da das Lüftungskonzept (1998) sehr komplex und verschachtelt ist und sich die Volumenströme der Lüftungsgeräte zu denen der Tabelle unterscheiden, werden die Angaben zur Wärmerückgewinnung (mit Rotationswärmetauscher) über die Volumenströme der Geräte der Tabelle gemittelt.

Aus den Luftmengen lässt sich erkennen, dass die Lüftungsgeräte für die Luftheizung der Büroräume 1, 2 und 3 mehr Zuluft als Abluft fördern. Dies könnte daran liegen, dass die Sanitäreinrichtungen eigene Abluftanlagen haben (siehe Schema 1998), wodurch die Wärme der Sanitäräume nicht wiedergewonnen wird.

Das Rechenzentrum wird zusätzlich durch Präzisionsklimageräte mit Entfeuchtungsfunktion gekühlt. Diese sind wahrscheinlich an die Kompressionskältemaschine, die zur Kühlung der Laborräume im nördlichsten Gebäudeteil verwendet wird, angeschlossen und funktionieren mit Umluftbetrieb.

| | Nennluftmenge | | WRG % |
|---|-------------------|--------|----------|
| | m ³ /h | | |
| | Zuluft | Abluft | |
| Luftheizung 1 | 4860 | 3860 | 69,4% |
| Luftheizung 2 | 8390 | 7070 | 66,7% |
| Luftheizung 3 | 6740 | 5360 | 70,2% |
| Rechenzentrum | 2850 | 2850 | 60,9% |
| Nachtabkühlung 1 | 21105 | | |
| Nachtabkühlung 2 | 6030 | | |
| Summe | 49975 | 19140 | |
| gemittelte Wärmerückgewinnung nach Abluftvolumenstrommenge | | | 67,4% |

| | |
|---------------------------------|--------------------------|
| R 2151 Zuluft Nachts von Schema | 160,00 m ³ /h |
| Raumvolmen | 52,11 m ³ |
| b | 3,63 m |
| l | 4,95 m |
| h | 2,90 m |
| Luftwechselrate | 3,07 |

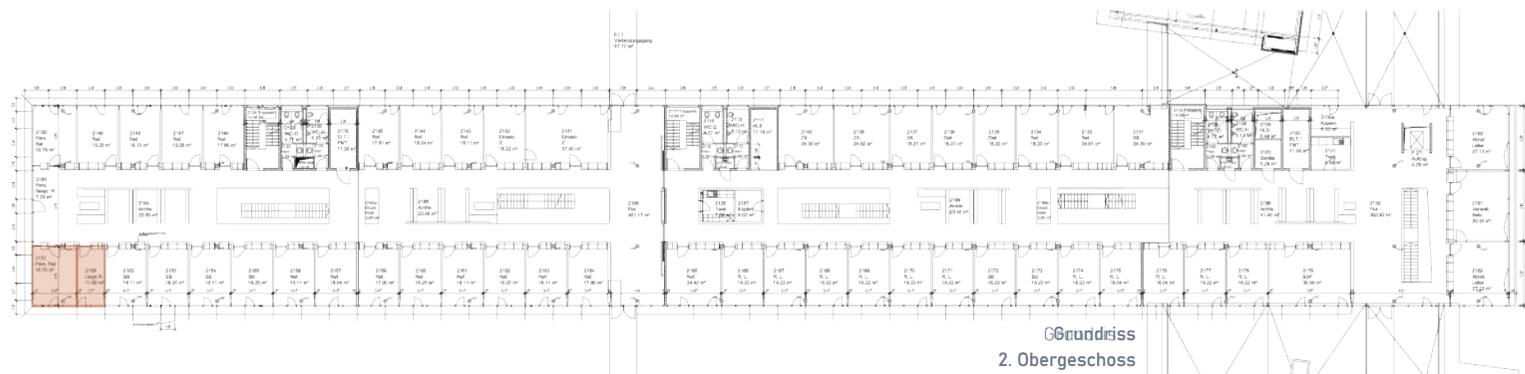
| | |
|---------------------------------|--------------------------|
| R 2158 Zuluft Nachts von Schema | 130,00 m ³ /h |
| Raumvolmen | 32,59 m ³ |
| b | 2,28 m |
| l | 4,94 m |
| h | 2,90 m |
| Luftwechselrate | 3,99 |

händliche Berechnung des benötigten Volumenstroms

| | |
|--|--------------------------------------|
| Grundfläche | 17,97 |
| Personen | 2 |
| DIN EN 15251 | |
| Lüftungsrate für Gebäudeemissionen (schadstoffarm) | 2,52 m ³ /hm ² |
| Erforderliche Lüftungsrate für die Abschwächung von Emissionen (Kat 2) | 25,20 m ³ /hPerson |
| erforderlicher Zuluftvolumenstrom | 95,68 m ³ /h |
| ≙ Luftwechselrate | 1,84 |

händliche Berechnung des benötigten Volumenstroms

| | |
|--|--------------------------------------|
| Grundfläche | 11,24 |
| Personen | 1 |
| DIN EN 15251 | |
| Lüftungsrate für Gebäudeemissionen (schadstoffarm) | 2,52 m ³ /hm ² |
| Erforderliche Lüftungsrate für die Abschwächung von Emissionen (Kat 2) | 25,20 m ³ /hPerson |



VOLUMENSTRÖME

In der Schemazeichnung von 1998 sind raumweise die Volumenströme für die Nachtlüftung angegeben. Im Folgenden werden zwei Räume im 1. Obergeschoss näher betrachtet.

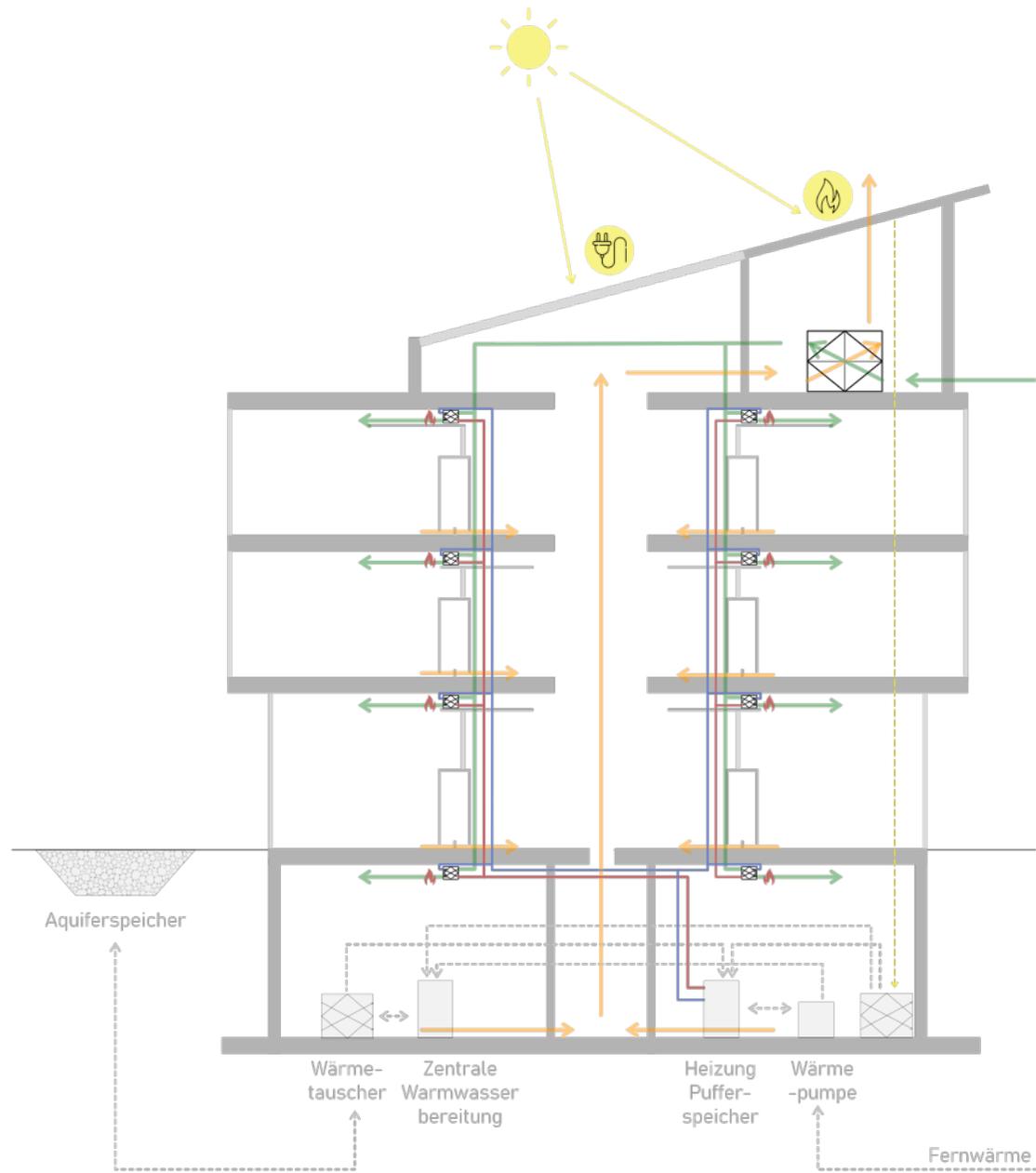
Der Eckraum (R 2151) hat laut dem Schema einen Zuluftvolumenstrom von $160 \text{ m}^3/\text{h}$, bei einem Raumvolumen von 52 m^3 ergibt das eine Luftwechselrate von 3. Bei der Begehung des Landesamts für Umweltschutz berichtete uns jedoch ein Mitarbeiter, dass die Luftwechselrate bei der Nachtlüftung circa zweifach ist. Ein zweifacher Luftwechsel in diesem Raum würde einen Volumenstrom von ca. $104 \text{ m}^3/\text{h}$ bedeuten.

Um die zugeführten Luftmengen weiter zu untersuchen, wurde der benötigte Volumenstrom händisch (DIN EN 15251) über die Gesamtgrundfläche und Personenanzahl berechnet.

Da sich es sich bei R 2151 um ein Büro des Personalrats handelt, wird vermutet, dass es sich grundsätzlich um ein Einzelbüro handelt, jedoch wurde aufgrund der großen Raumfläche von zwei Personen im Raum ausgegangen. Dadurch wird ein 1,8-facher Luftwechsel errechnet, laut Angaben des Mitarbeiters ist der Luftwechseln in den Büroräumen 1- bis 1,5-fach.

Die gleichen Berechnungen wurden für den rechts daneben liegenden Raum (R 2158) vorgenommen.

Als Fazit kann gesagt werden, dass die ausgelegten Volumenströme des Schemas höher sind, als nach heutigen Rechnungen (und den getroffenen Annahmen).



WINTERTAG/HEIZFALL

Um Wärmeverluste zu vermeiden wurde der Anteil der individuell zu öffnenden Fenstern minimiert und die Raumheizung wird bei geöffnetem Fenster ausgeschaltet.

Auf den südlich ausgerichteten Pultdach wird sowohl Strom durch ins Glasdach integrierte Photovoltaikzellen als auch Wärme durch Flachkollektoren gewonnen. Die Solarthermie wird zusammen mit Fernwärme zur Beheizung des Gebäudes genutzt.

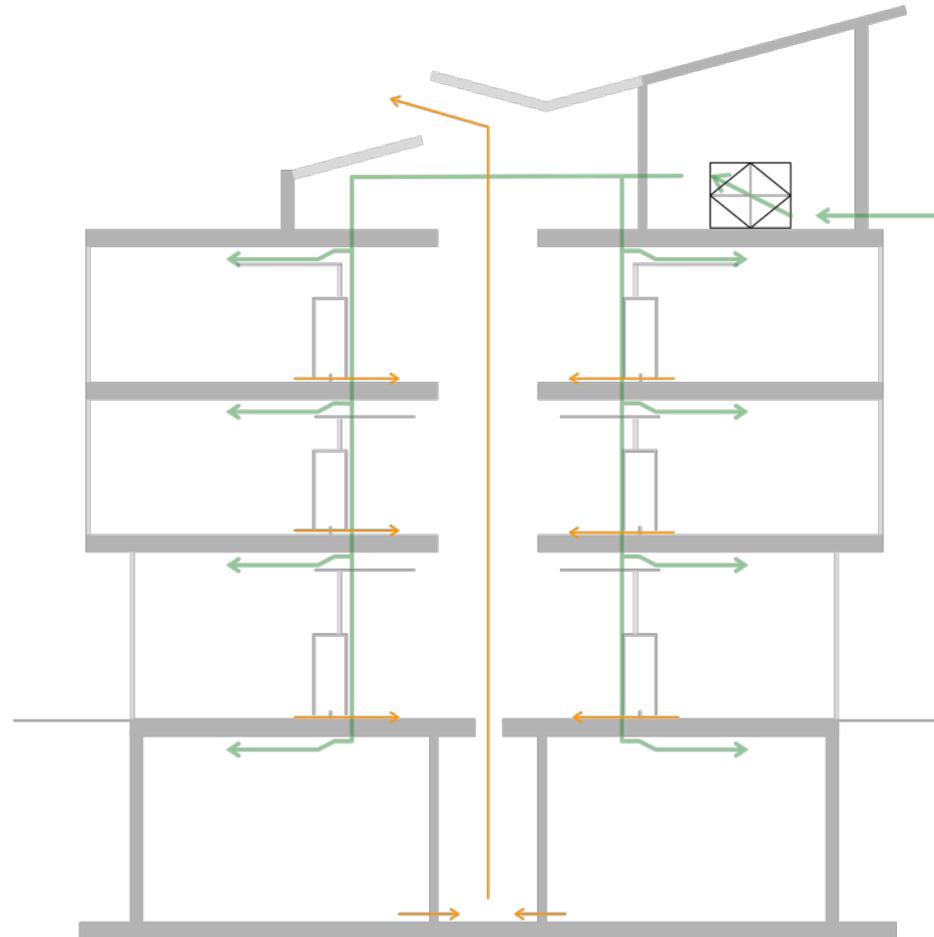
Die **Frischluft** wird im Dachgeschoss angesaugt und durch einen Plattenwärmetauscher im Lüftungsgerät vorgewärmt.

Die **Zuluft** wird durch eine teils abgehängte Decke durch ein Lüftungsgitter in die einzelnen Büroräumen eingebracht (1- bis 1,5-facher Luftwechsel). Dort kann die Raumtemperatur durch

ein Thermometer (versteckt in der Schrankzone) abgelesen werden und falls nötig kann die Zuluft durch die Nutzer individuell für jeden Raum durch einen Warmwasserheizungskreislauf (55/35 °C) und einen **Wasser-Luft-Wärmetauscher** auf die gewünschte Temperatur erwärmt werden.

Die **Abluft** strömt in den Büros durch den unteren Bereich der Schrankzone in die Mittelzone und durch die Lufträume nach oben ins Dachgeschoss, wo sie abgesaugt wird.

Die **Fortluft** wird nach den Wärmetauscher über das Dach herausgeleitet.



SOMMERTAG/NACHTLÜFTUNG

An heißen Sommertagen wird der Wärmetauscher der Lüftungsanlage nicht genutzt.

Um einen höheren Luftwechsel und damit einer stärkeren Abkühlung der Innenluft und der massiven Bauteile zu ermöglichen, werden im Glasdach Fenster geöffnet, wodurch die Abluft durch einen Kamineffekt nach draußen strömt.

Dadurch kann ein zweifacher Luftwechsel erreicht werden, der vor allem für den sommerlichen Wärmeschutz und die Nachtlüftung relevant ist.

AUSNAHMEN

Der Foyerbereich wird durch eine Fußbodenheizung geheizt., Spitzenlasten im Winter werden in der Querspange mit Heizkörpern abgedeckt.

In den Eckbüros sind zusätzliche elektrische Heizkörper installiert, da durch die großen Fassadenflächen mehr Wärme verloren wird als durch die Luftheizung geheizt werden kann.

Das Rechenzentrum wird durch ein Umluftlüftungsgerät, das an die Kompressionskältemaschine angeschlossen ist, gekühlt um die hohen thermischen Lasten der Geräte auszugleichen.

Die sanitären Anlagen haben eigene Abluftventilatoren und sind nicht Teil des Überströmkonzepts um die Verbreitung unangenehmer Gerüche vorzubeugen.

3.6 TRINKWARMWASSER

Das Trinkwarmwasser wird zentral bereitete und hat einen Speicher.

Da es laut Angaben eines Mitarbeiters des Landratsamts für Umwelt ca. 150 Warmwasserzapfstellen in den beiden Verwaltungsgebäuden gibt, wird davon ausgegangen dass die Waschbecken in den Sanitärräumen und die Teeküchen an das zentrale Trinkwarmwassersystem angeschlossen sind. Dies hat große Wärmeverluste über das Verteilersystem zur Folge. Eine übliche Lösung wäre die Erwärmung des Warmwassers in Teeküchen und Putzräumen durch Durchlauferhitzer und nur Kaltwasser in den Sanitärräumen.



04

**ENERGETISCHE
BEWERTUNG
BESTAND**

4.1 ERGEBNISSE DER ENERGIEBILANZIERUNG

Der Primärenergiebedarf des Gebäudes des Landesamts für Umwelt beträgt $49,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und unterschreitet damit die Anforderung des GEGs um mehr als die Hälfte.

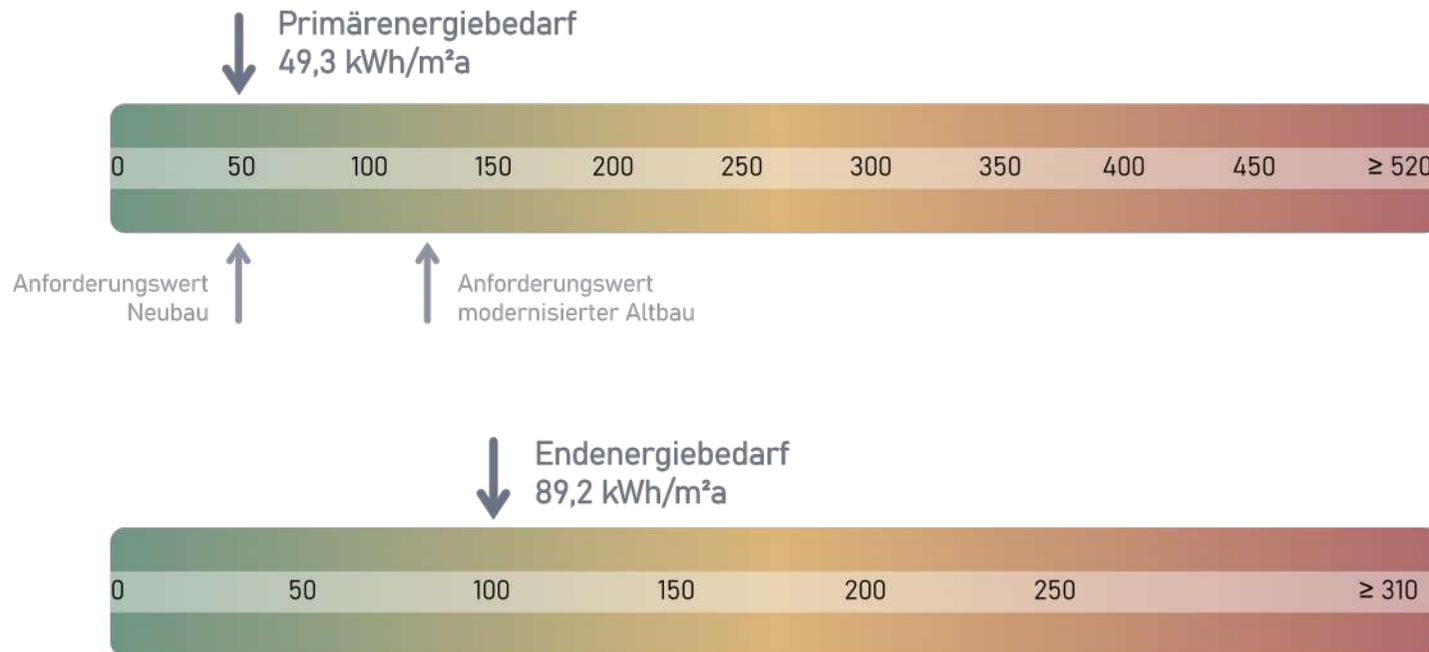
Der Endenergiebedarf des Gebäudes des Landesamts für Umwelt beträgt $89,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Um diesen Wert besser einordnen zu können wird der Endenergiebedarf Wärme (heizwertbezogen) ($75,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) mit einem Vergleichswert für Bürogebäude ($57,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)

(Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand 2021) verglichen. Hierbei kann man erkennen, dass Das LfU mehr Wärmeenergie als andere gleichartige Gebäude verbraucht.

Da dem Gebäude Fernwärme, die nur einen Primärenergiefaktor von 0,25 hat, als Energieträger dient, ist der Primärenergiebedarf geringer als der Endenergiebedarf.

Zudem werden die Werte durch die Stromproduktion über die Photovoltaikanlagen auf den Pultdächern geringer.



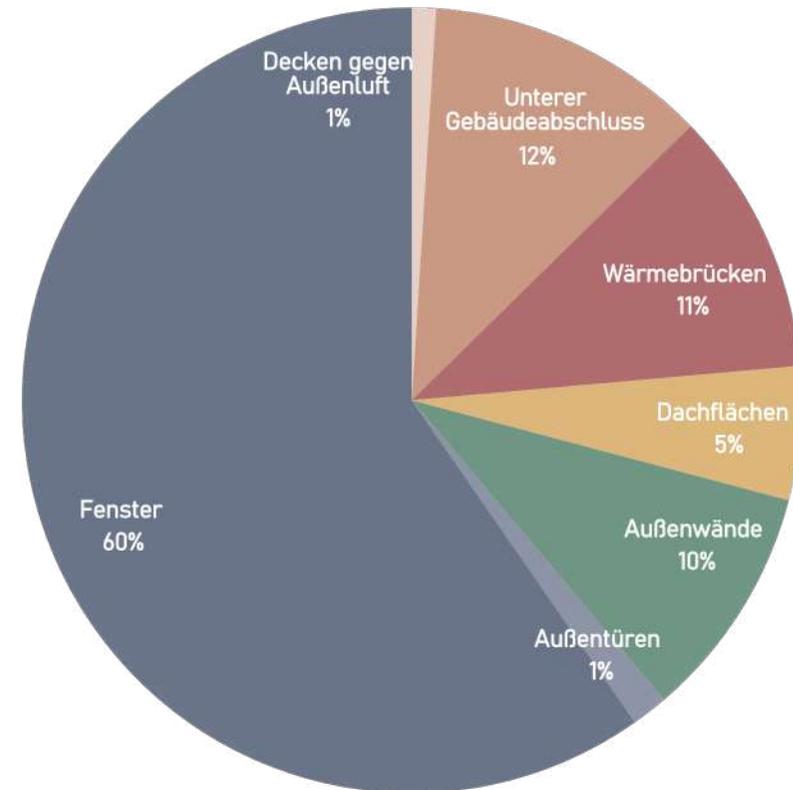
Quelle:

https://www.bbsr-geg.bund.de/GEGPortal/DE/Rechtsgrundlage/Bekanntmachungen/Verbrauchsausweise/Download/NWGEnergieverbrauchswerteGEG.pdf?__blob=publicationFile&v=1

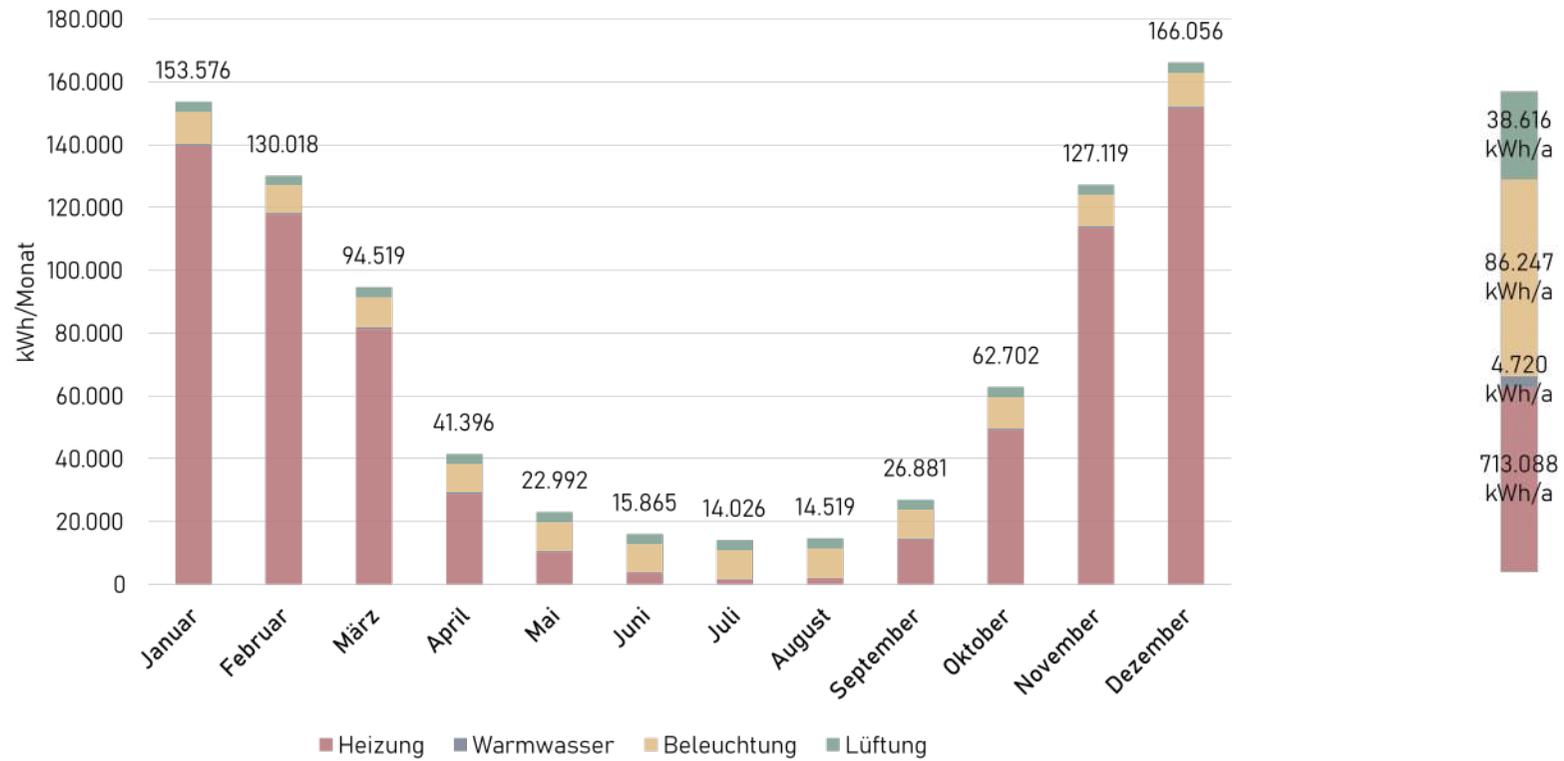
4.1.1 ANTEILIGE WÄRMEVERLUSTE DER AUSSENBAUTEILE

Da die Pfosten-Riegelfassade einen großen Teil der wärmeübertragenden Hülle darstellt, werden durch sie auch die meisten Wärmeverluste (60%) erzeugt. In diesem Anteil befinden sich auch die meisten Türen nach draußen, da diese Teil der Pfosten-Riegelfassade sind. Deshalb ist der Wärmeverlust durch die Türen nur gering. Auch das Photovoltaik-Dach ist in diesem Wert enthalten, wodurch die Wärmeverluste der Dachflächen verhältnismäßig gering erscheinen.

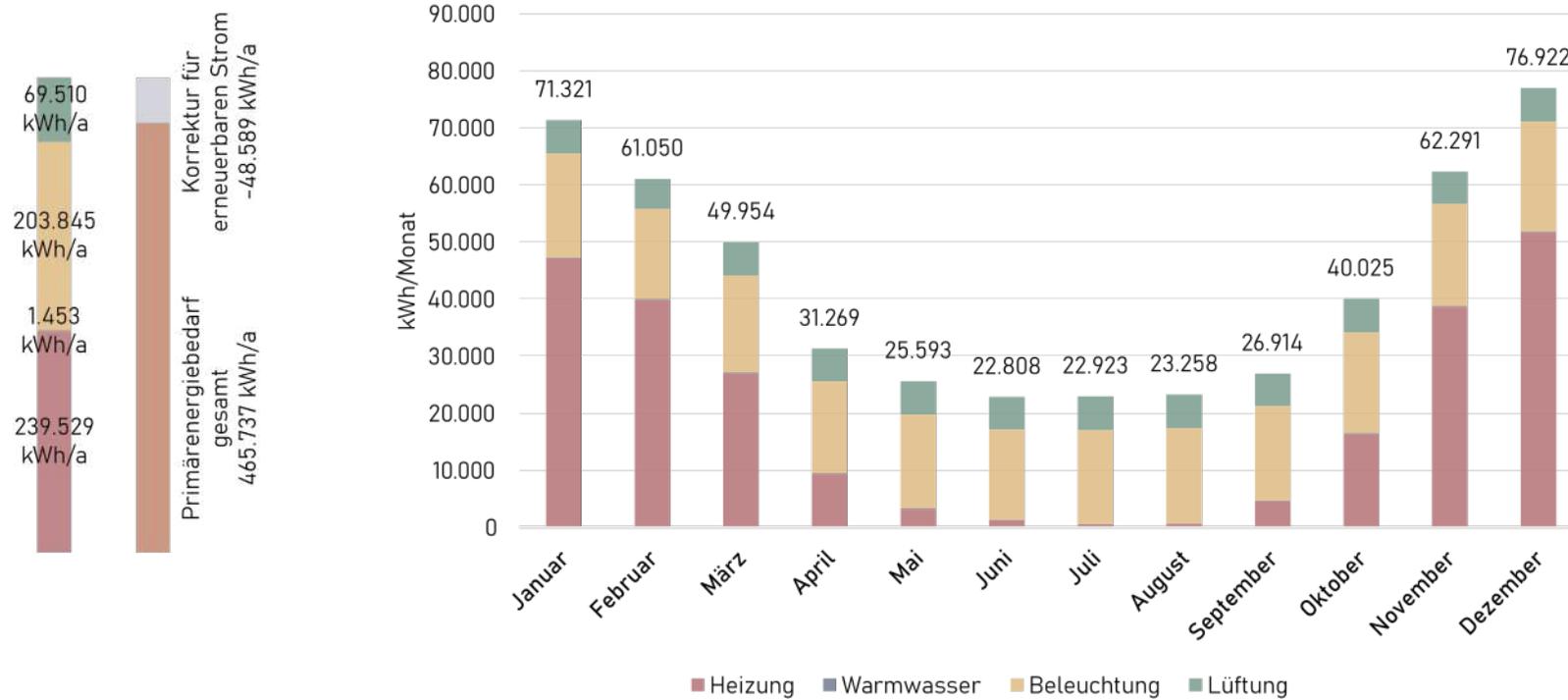
Ein weiterer großer Anteil an den Wärmeverlusten sind die Wärmebrücken, die mit einem Wärmebrückenzuschlag von $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ in die Bilanzierung eingehen. Dieser Wert wurde angesetzt, da die Wärmebrücken nicht gleichwertig zu den Details in der DIN 4108 Bbl. 2 sind und somit nicht der geringerer Wärmebrückenzuschlag für den Gleichwertigkeitsnachweis angesetzt werden kann.



4.1.2 ENDENERGIEBEDARF



4.2 PRIMÄRENERGIEBEDARF



4.3 ANNAHMEN UND ANMERKUNGEN

Im Folgenden sind Anmerkungen und Annahmen zur Eingabe und Erstellung der Energiebilanz aufgelistet:

Lüftung

- Erwärmung der Zuluft vor den Zuluftauslässen des jeweiligen Raums, nicht zentral im Lüftungsgerät
- Sanitäranlagen: eigene Zu- und Abluftanlage
- Rechenzentrum: Kühlung der Luft über Umluftgerät mit Kühlfunktion (von Kompressionskältemaschine) ist Prozessenergie und somit nicht in der Energiebilanz berücksichtigt

Wärmeerzeuger

- Deckung des Wärmebedarfs
 - Angenommen: 81% Fernwärme und 19% Solarthermie (Mittelwert (2014-2021) der Umwelterklärung des LfUs von 2022), anrechenbare Fläche: gedrittete Gesamtfläche
 - Konnte in diesem Verhältnis nicht in der Energiebilanz berücksichtigt werden (Solarthermie nur zu 3,63%)
- Keine Berücksichtigung des Aquiferspeichers in der Bilanzierung (nicht möglich mit ZUB-Helena)
- Annahme der Stomerzeugung durch Photovoltaik: Drittelung der gesamten PV-Fläche

Bauteilaufbauten

- Begrüntes Fachdach hat Gefällebeton → Verwendung der dünnsten Stelle für U-Wert-Berechnung
- Korrektur des U-Werts der Wand vor der Deckenkante zur Berücksichtigung der Befestigung der Fassadenbekleidung
- Das Dämmpaneel wurde als Teil der Fassade (Fenster) eingegeben, hierbei wurde der kleinstmögliche g-Wert angesetzt (0,001)

Sonstiges

- Für die Energiebilanzierung wurde der pauschale Wärmebrückenkorrekturfaktor $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ angesetzt, da keine Gleichwertigkeit zu den Ausführungen nach im Beiblatt 2

4.4 SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

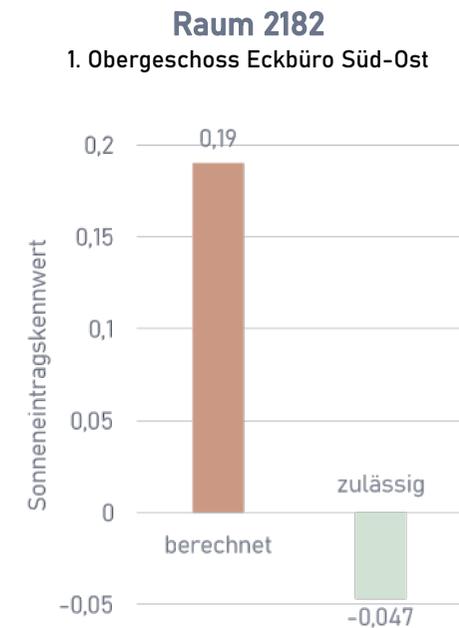
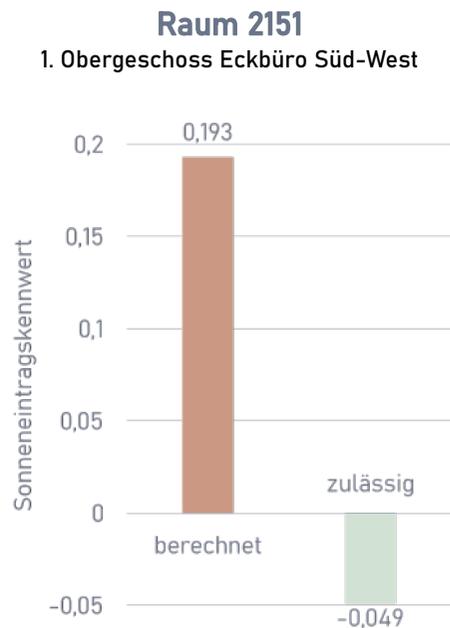
Vor allem in den Eckbüros, die auf zwei Seiten des Raumes Fensterflächen haben, wird es im Sommer sehr heiß.

Vor der Südfassade ist ein textiler Sonnenschutz angebracht und innenseitig gibt es eine Blendschutz, welcher jedoch nicht für den sommerlichen Wärmeschutz angerechnet werden kann.

Um zu überprüfen, ob mit dem bestehenden Sonnenschutz der sommerliche Wärmeschutz eingehalten werden kann, wurde der Sonneneintragskennwert nach DIN 4108-2 berechnet.

Dies wurde für 2 Eckräume durchgeführt.

Wie zu erwarten werden bei beiden Räumen die jeweiligen Höchstwerte trotz erhöhter Nachtlüftung überschritten. Gründe hierfür sind das schlechte Verhältnis von Fassaden- zu Raumfläche und die geringe Speichermasse (leichte Bauart) des Gebäudes.



4.5 BAUTEILAUFBAUTEN UND U-WERTE

4.5.1 FENSTER

| | |
|---|---|
| Kellerfenster: $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Vgl. Pauschalwert Kunststofffenster Isolierverglasung |
| Pfosten-Riegel-Fassade: $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Daten vorhanden von Transsolar, gleicher Wert für Dämmpaneele |
| Glasdach: $U = 2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Vgl. Pauschalwert Alu- oder Stahlfenster Isolierverglasung |
| WC Fenster: $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Vgl. Pauschalwert Kunststofffenster Isolierverglasung |
| Lichtkuppel Bibliothek: $U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Vgl. Energieinstitut Hessen - Historischer Wärmeschutz: Fenster |

Um die angenommen Bauteilaufbauten bezüglich ihres errechneten Wärmedurchgangskoeffizienten bewerten zu können, wurden sie mit zur Errichtungszeit üblichen Pauschalwerten für Bauteilaufbauten von Nichtwohngebäuden (von Fraunhofer IRB) verglichen.

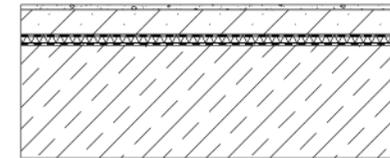
4.5.2 TÜREN

| | |
|--|----------------------------|
| Außentüren DG: $U = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ | im Wesentlichen aus Metall |
| Kellertür: $U = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ | im Wesentlichen aus Metall |

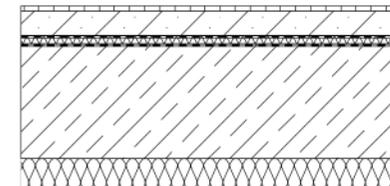
Da sich die meisten Außentüren in der Pfosten-Riegel-Fassade befinden und somit Teil dieser sind, werden sie hier nicht unter „Türen“ aufgeführt, sondern sind im U-Wert der Pfosten-Riegel-Fassade enthalten.

4.5.3 BODEN / DECKE NACH UNTEN NACH AUSSENLUFT

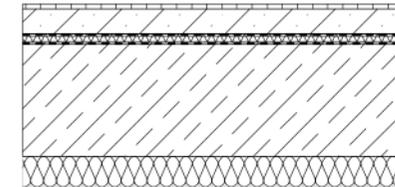
| | Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl | |
|--|----------------------------|--|---|---|---|
| Bodenplatte Keller: U = 0,42 W/m²K | | | | | |
| | | | R _{si} | 0,17 | |
| Bodenaufbau 15 cm | | | | | |
| | Linoleum | 0,003 | 0,170 | 0,015 | DIN EN ISO 10456; Annahme anhand von Begehung (Fotos) |
| | Estrich | 0,068 | 1,400 | 0,048 | DIN 1408-4 Zementestrich |
| | Trennlage | | | | |
| | Dämmung EPS | 0,080 | 0,040 | 2,000 | DIN 1408-4 |
| Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit | | | | | |
| | Stahlbeton | 0,350 | 2,300 | 0,152 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl; Annahme, dass Bodenplatte im Gebäudeteil Verwaltung 1 und Riegel gleiche Dicke haben |
| | | | R _{se} | 0 | |
| | | | R _T = | 2,385 | |
| | | | U= | 0,419 | W/m ² K |



| | | | | | |
|--|-----------------------|-------|------------------|--------------------------------|---|
| Bodenplatte EG Eingang: U = 1,11 W/m²K | | | | | |
| | | | R _{si} | 0,17 | |
| Fußbodenaufbau 10 cm | | | | | |
| | Steinfliesen Schiefer | 0,013 | 2,200 | 0,006 | DIN EN ISO 10456; Annahme anhand von Begehung (Fotos) |
| | Estrich | 0,065 | 1,400 | 0,046 | DIN 1408-4 Zementestrich |
| | Trennlage | | | | |
| | Dämmung EPS | 0,022 | 0,040 | 0,550 | DIN 1408-4 |
| Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit | | | | | |
| | Stahlbeton | 0,3 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl; Annahme, dass Bodenplatte EG in Riegel genausodick ist wie in Gebäudeteil Verwaltung 1 Boden EG |
| | | | R _{se} | 0 | |
| | | | R _T = | 0,903 | |
| | | | U= | 1,108 | W/m ² K |
| | | | | Energetische Bewertung Bestand | |



| | Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl | |
|---|----------------------------|--|---|---|--|
| Bodenplatte EG Westen: U = 1,00 W/m²K | | | | | |
| | R_{si} | | 0,17 | Vgl. Pauschalwert: 0,6 W/m ² K | |
| Fußbodenaufbau 10 cm | | | | | |
| | Parkett | 0,013 | 0,130 | 0,100 | DIN EN ISO 10456 Nutzholz; Annahme anhand von Begehung (Fotos) |
| | Estrich | 0,065 | 1,400 | 0,046 | DIN 1408-4 Zementestrich |
| | Trennlage | | | | |
| | Dämmung EPS | 0,022 | 0,040 | 0,550 | DIN 1408-4 |
| Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit | | | | | |
| Stahlbeton | 0,3 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl | |
| | R_{se} | | 0,00 | | |
| | | $R_T=$ | 0,997 | | |
| | | $U=$ | 1,003 | W/m ² K | |

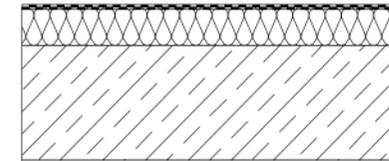


| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
|----------------------------|--|---|---|

Decke nach unten Außenluft: U = 0,29 W/m²K

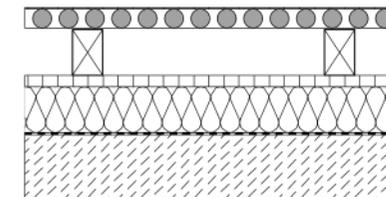
Vgl. Pauschalwert: 0,3 W/m²K

| | R_{si} | | | | |
|-------------------------------|----------|--------|-------|--------------------|--|
| Bodenaufbau 10cm | | | 0,17 | | |
| | | | | | |
| Parkett (Teppich) | 0,013 | 0,13 | 0,100 | | DIN EN ISO 10456 Nutzholz; Annahme anhand von Begehung (Fotos); zur Vereinfachung, gleicher Belag für Flure (Parkett) und Büros (Teppich) angenommen --> Wert mit schlechterer Wärmeleitfähigkeit: Parkett |
| Estrich | 0,065 | 1,4 | 0,046 | | DIN 1408-4 Zementestrich |
| Trennlage | | | | | |
| Trittschalldämmung EPS | 0,022 | 0,035 | 0,629 | | DIN 1408-4 |
| Stahlbeton | 0,300 | 2,300 | 0,130 | | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl gleicher Dämmstoff wie bei Wandsanierung, Dicke nicht angepasst, da sonst möglicherweise Probleme mit Anschluss an PR-Fassade im Geschoss drunter |
| Dämmung Mineralwolle | 0,08 | 0,035 | 2,286 | | |
| Hinterlüftung | | | | | |
| Bekleidung Faserzementplatten | 0,045 | | | | |
| | R_{se} | | 0,04 | | |
| | | $R_T=$ | 3,401 | | |
| | | $U=$ | 0,294 | W/m ² K | |

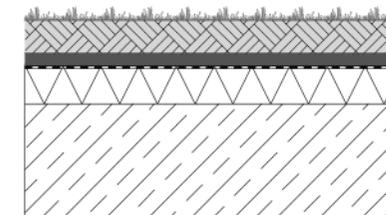


4.5.4 DACH / DECKE NACH OBEN NACH AUSSENLUFT

| Schicht- | Wärme- | Durchgangs- | Annahme, Kommentar, Quelle der | |
|---|------------------|------------------------|---|---|
| dicke | leitzahl | widerstand | verwendeten Wärmeleitzahl | |
| d (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) | | |
| Pultdach Solarthermie: U = 0,29 W/m²K | | | | |
| | R_{si} | 0,10 | Vgl. Pauschalwert: 0,3 W/m ² K | |
| Porenbetontafeln | 0,175 | 0,290 | 0,603 | DIN 1408-4, schlechtester Wert |
| Bitumenabdichtung, Dampfsperre V60 S4 | | | | |
| MF Dachdämmung | 0,120 | 0,035 | 3,429 | Mineralfaser, gleiche Wärmeleitgruppe wie Dämmpaneel der PR-Fassade |
| Sparren 8/12 | 0,120 | 0,130 | 0,923 | DIN EN ISO 10456 Nutzholz |
| Baufunierplatte | 0,030 | 0,130 | 0,231 | DIN EN ISO 10456 Nutzholz |
| Kollektordämmung | 0,070 | | | |
| Solarabsorber | | | | |
| Solarsicherheitsglas | 0,004 | | | |
| | R_{se} | 0,04 | | |
| | | $R_T =$ 3,410 | | |
| | | $U =$ 0,293 | W/m ² K | |



| | | | | |
|--|----------|---------------|---|---|
| Flachdach begrünt Büro: U = 0,36 W/m²K | | | | |
| | R_{si} | 0,10 | Vgl. Pauschalwert: 0,3 W/m ² K | |
| Putz/Glattstrich | | | Gefällebeton → Verwendung der dünnsten Stelle von Beton und Dämmung für U-Wert-Berechnung | |
| Stahlbeton | 0,300 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Dämmung EPS | 0,100 | 0,040 | 2,500 | DIN 1408-4 |
| Bitumenabdichtung | | | | |
| Gründachaufbau | | | | |
| | R_{se} | 0,04 | | |
| | | $R_T =$ 2,770 | | |
| | | $U =$ 0,361 | W/m ² K | |

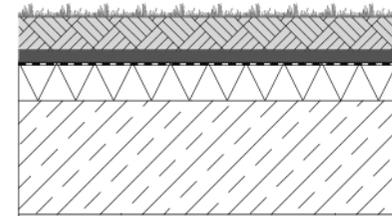


| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
|----------------------------|--|---|---|

Flachdach Verbindungsriegel: U = 0,36 W/m²K

Vgl. Pauschalwert: 0,3 W/m²K

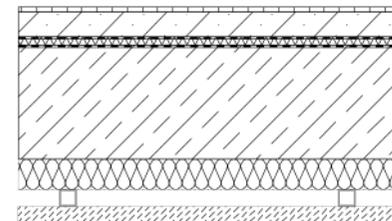
| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
| | | R_{si} 0,10 | |
| Putz/Glattstrich | | | Annahme (keine Berücksichtigung für U-Wert-Berechnung) |
| Stahlbeton | 0,300 | 2,300 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Dämmung EPS | 0,100 | 0,040 | DIN 1408-4 |
| Bitumenabdichtung | | | |
| Gründachaufbau | | | |
| | | R_{se} 0,04 | |
| | | R_T 2,770 | |
| | | U= 0,361 | W/m ² K |



Auskragung Decke: U = 0,39 W/m²K

Vgl. Pauschalwert: 0,3 W/m²K

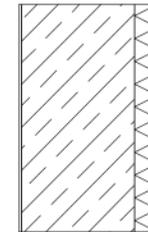
| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
| | | R_{si} 0,10 | |
| Putz/Glattstrich | | | Annahme (keine Berücksichtigung für U-Wert-Berechnung) |
| Stahlbeton | 0,300 | 2,300 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Dämmung alt Mineralfaser | 0,080 | 0,035 | Mineralfaser, gleiche Wärmeleitgruppe wie Dämmpaneel der PR-Fassade |
| Abdichtung | | | |
| | | R_{se} 0,04 | |
| | | R_T 2,556 | |
| | | U= 0,391 | W/m ² K |



4.5.5 WÄNDE

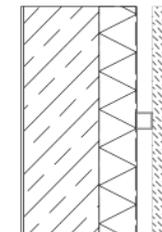
Kellerwand: $U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$

| Schicht- | Wärme- | Durchgangs- | Annahme, Kommentar, Quelle der |
|----------------------|------------------|------------------------------|--|
| dicke | leitzahl | widerstand | verwendeten Wärmeleitzahl |
| d (m) | λ (W/mK) | R ($\text{m}^2\text{K/W}$) | |
| | | R_{si} | Vgl. Pauschalwert: $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| | | | |
| Putz/Glattstrich | | 0,13 | Annahme (keine Berücksichtigung für U-Wert-Berechnung) |
| Stahlbeton | 0,300 | 2,300 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Perimeterdämmung XPS | 0,060 | 0,035 | DIN 4108-4 mittlerer Wert |
| | | R_{se} | |
| | | | |
| | | $R_T =$ | |
| | | 1,975 | |
| | | $U =$ | $0,506 \text{ W/m}^2\text{K}$ |



Betonwand saniert: $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$

| Schicht- | Wärme- | Durchgangs- | Annahme, Kommentar, Quelle der |
|----------------------------------|------------------|------------------------------|--|
| dicke | leitzahl | widerstand | verwendeten Wärmeleitzahl |
| d (m) | λ (W/mK) | R ($\text{m}^2\text{K/W}$) | |
| | | R_{si} | Vgl. Pauschalwert: $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ |
| | | | |
| Putz/Glattstrich | | 0,13 | Annahme (keine Berücksichtigung für U-Wert-Berechnung) |
| Stahlbeton | 0,200 | 2,300 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Fassadendämmung neu Mineralfaser | 0,100 | 0,035 | Wärmeleitgruppe gegeben |
| Haltekonstruktion/Hinterlüftung | | | |
| Faserzementplatte | | | |
| | | R_{se} | |
| | | | |
| | | $R_T =$ | |
| | | 3,204 | |
| | | $U =$ | $0,312 \text{ W/m}^2\text{K}$ |

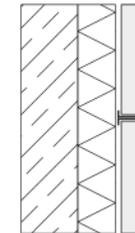


| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
|----------------------------|--|---|---|

Wand Beton Dachgeschoss: U = 0,32 W/m²K

Vgl. Pauschalwert: 0,5 W/m²K

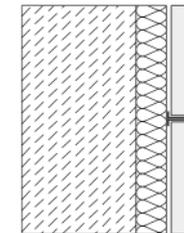
| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
| | | R_{si} 0,13 | |
| Glattstrich/Putz | | | Annahme (keine Berücksichtigung für U-Wert-Berechnung) |
| Stahlbeton | 0,15 | 2,300 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Dämmung | 0,1 | 0,035 | Mineralfaser, gleiche Wärmeleitgruppe wie Dämmpaneel der PR-Fassade |
| Alulamellen | | | |
| | | R_{se} 0,04 | |
| | | $R_T=$ 3,092 | |



Wand DG Porenbeton: U = 0,29 W/m²K

Vgl. Pauschalwert: 0,5 W/m²K

| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|-----------------------------------|--|---|---|
| | | R_{si} 0,13 | |
| Porenbetonfertigteile | 0,300 | 0,290 | DIN 1408-4, schlechtester Wert |
| Dämmung alt | 0,080 | 0,035 | Mineralfaser, gleiche Wärmeleitgruppe wie Dämmpaneel der PR-Fassade |
| Haltekonstruktion (Hinterlüftung) | | | |
| Alulamelle | | | |
| | | R_{se} 0,04 | |
| | | $R_T=$ 3,490 | |
| | | $U=$ 0,287 | W/m ² K |

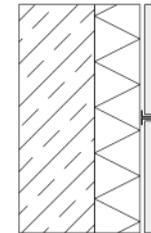


| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
|----------------------------|--|---|---|

Wand vor Deckenkanten: U = 0,27 W/m²K

Vgl. Pauschalwert: 0,5 W/m²K

| | | | | |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-------|--|
| | R _{si} | | 0,13 | |
| Stahlbeton | 0,200 | 2,300 | 0,087 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Wärmedämmung neu | 0,12 | 0,035 | 3,429 | Mineralfaser, gleiche Wärmeleitgruppe wie Dämmung der Sanierung |
| Haltekonstruktion/Hinterlüftung | 0,06 | | | |
| Aluminium Blechpaneele | | | | |
| | R _{se} | | 0,04 | |
| | | R _{T=} | 3,686 | |
| | | U= | 0,271 | W/m ² K |



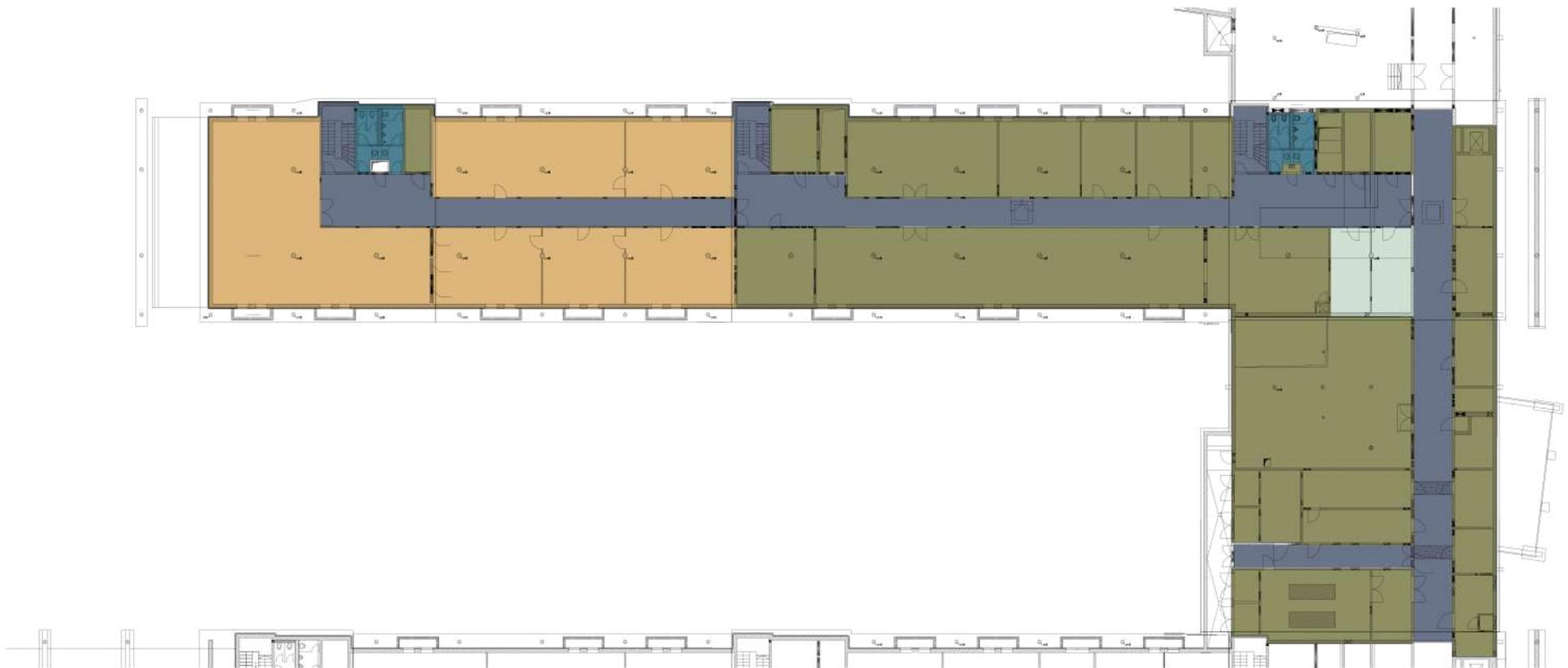
4.6 ZONIERUNG UND NUTZUNGSPROFILE

Auf den folgenden Seiten ist die Zonierung nach den Nutzungsprofilen DIN 18599-10 in den Grundrissen abgebildet. Sie dient als Grundlage für die Energiebilanz.

Da selbst die kleinsten Büros (ca. 18 m²) größer sind als ein Einzelbüro sein muss und somit mehr als eine Person darin arbeiten könnte, werden alle Büros der Zone „Gruppenbüro“ der DIN 18599-10 zugeordnet. Diese Vereinfachung dient auch der Reduzierung der verschiedenen Bilanzierungszonen.

| Zonenbezeichnung | Zonenbezeichnung nach 18599-10 |
|--|--|
|  Büro | Gruppenbüro (2 bis 6 Arbeitsplätze) |
|  Eckbüro mit elektrischer Zusatzheizung | Gruppenbüro (2 bis 6 Arbeitsplätze) |
|  Besprechungsraum | Besprechung, Sitzung, Seminar |
|  Verkehrsfläche | Verkehrsflächen |
|  Verkehrsfläche Konvektoren | Verkehrsflächen |
|  Verkehrsfläche Fußbodenheizung | Verkehrsflächen |
|  Teeküche | Sonstige Aufenthaltsraum |
|  Sonstige Aufenthaltsraum | Sonstige Aufenthaltsraum |
|  Sonstige Aufenthaltsraum Überströmung | Sonstige Aufenthaltsraum |
|  Technik, Lager, Archiv | Technik, Lager, Archiv |
|  Technik, Lager, Archiv Überströmung | Technik, Lager, Archiv |
|  Sanitär | WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden |
|  Bibliothek | Bibliothek - Freihandbereich |
|  Rechenzentrum | Rechenzentrum |

ZONIERUNG UNTERGESCHOSS



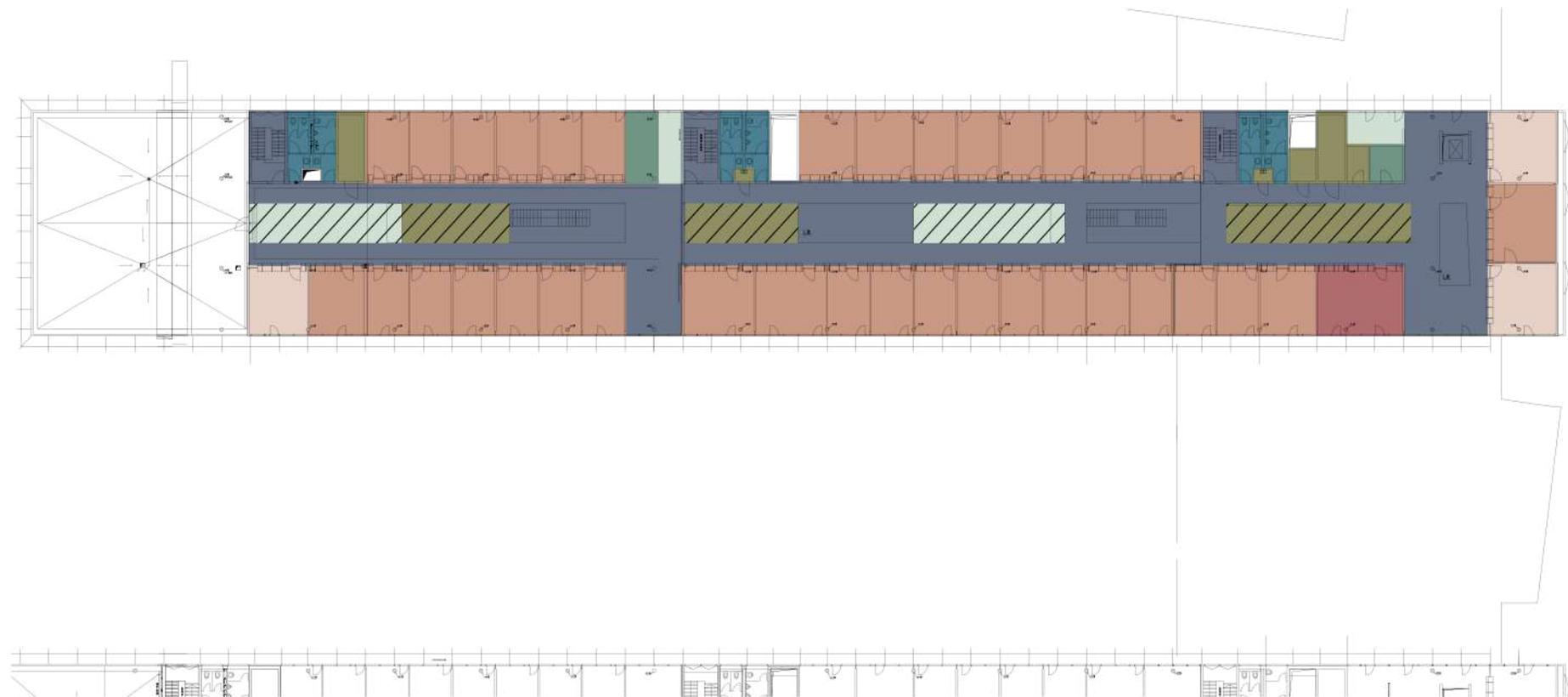
ZONIERUNG ERDGESCHOSS



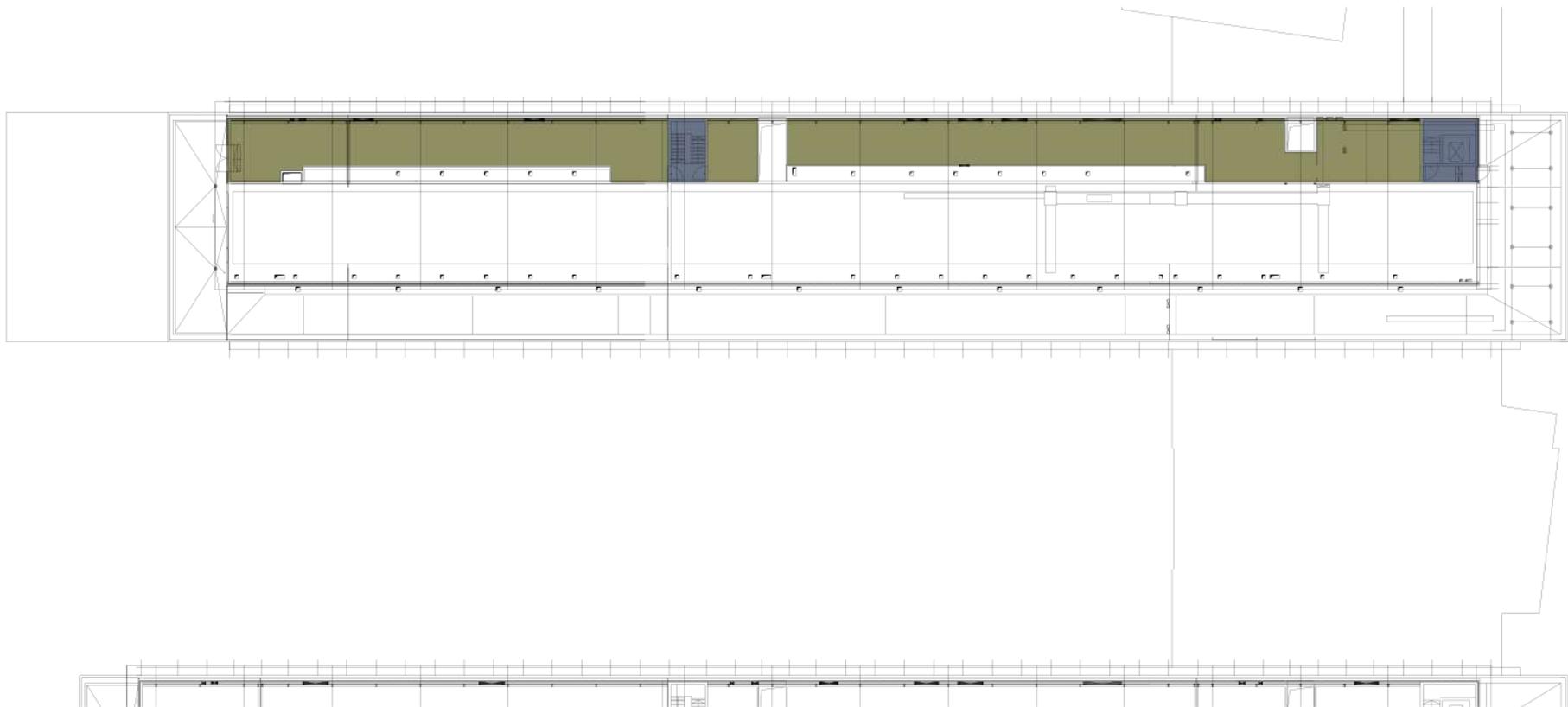
ZONIERUNG 1. OBERGESCHOSS



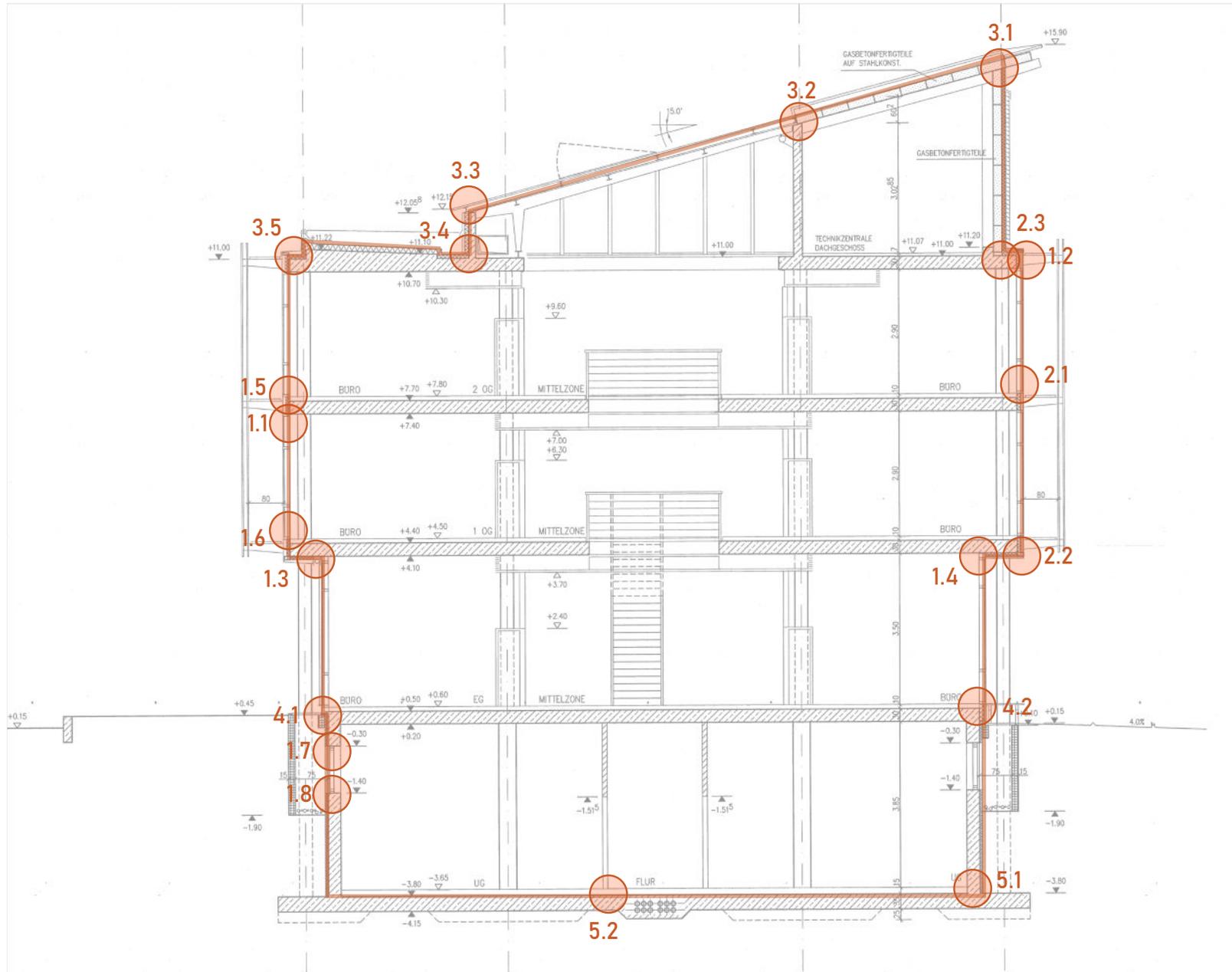
ZONIERUNG 2. OBERGESCHOSS



ZONIERUNG 3. OBERGESCHOSS / DACHGESCHOSS



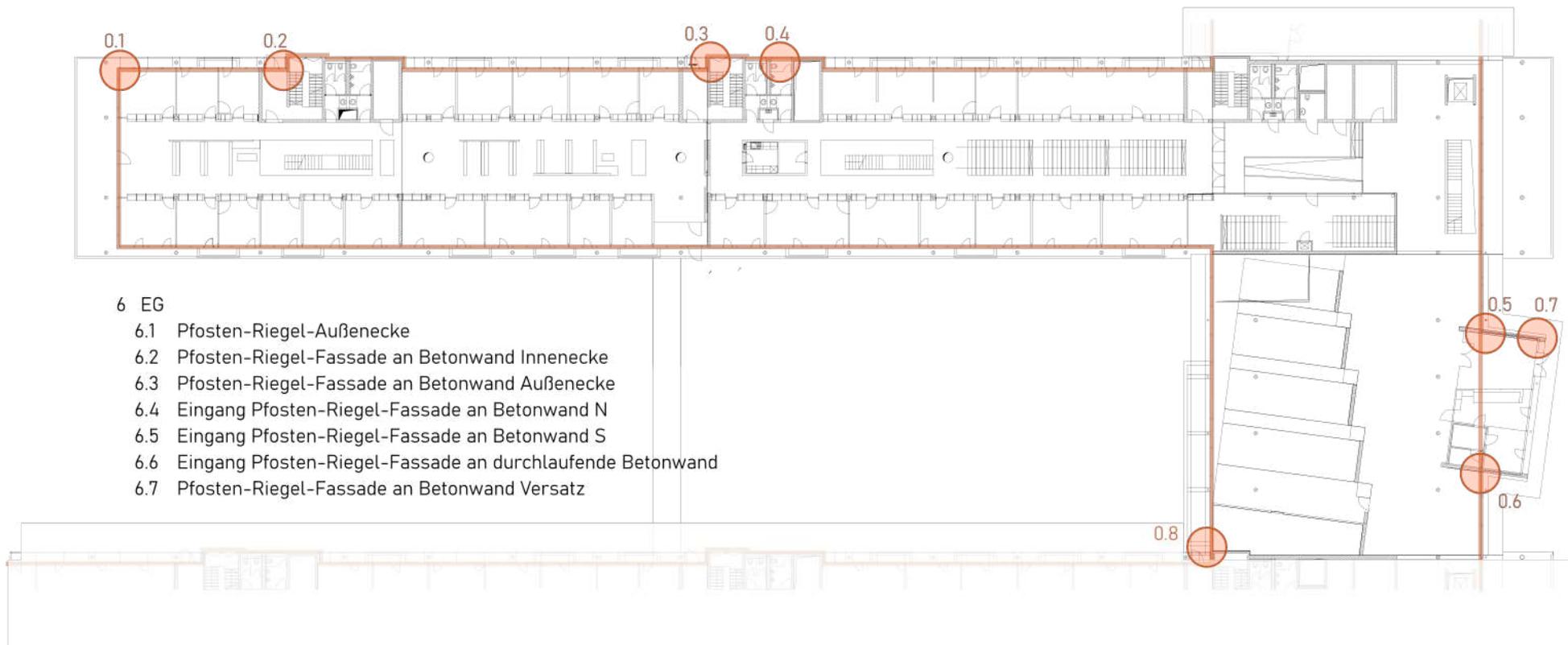
4.7 WÄRMEBRÜCKENIDENTIFIKATION

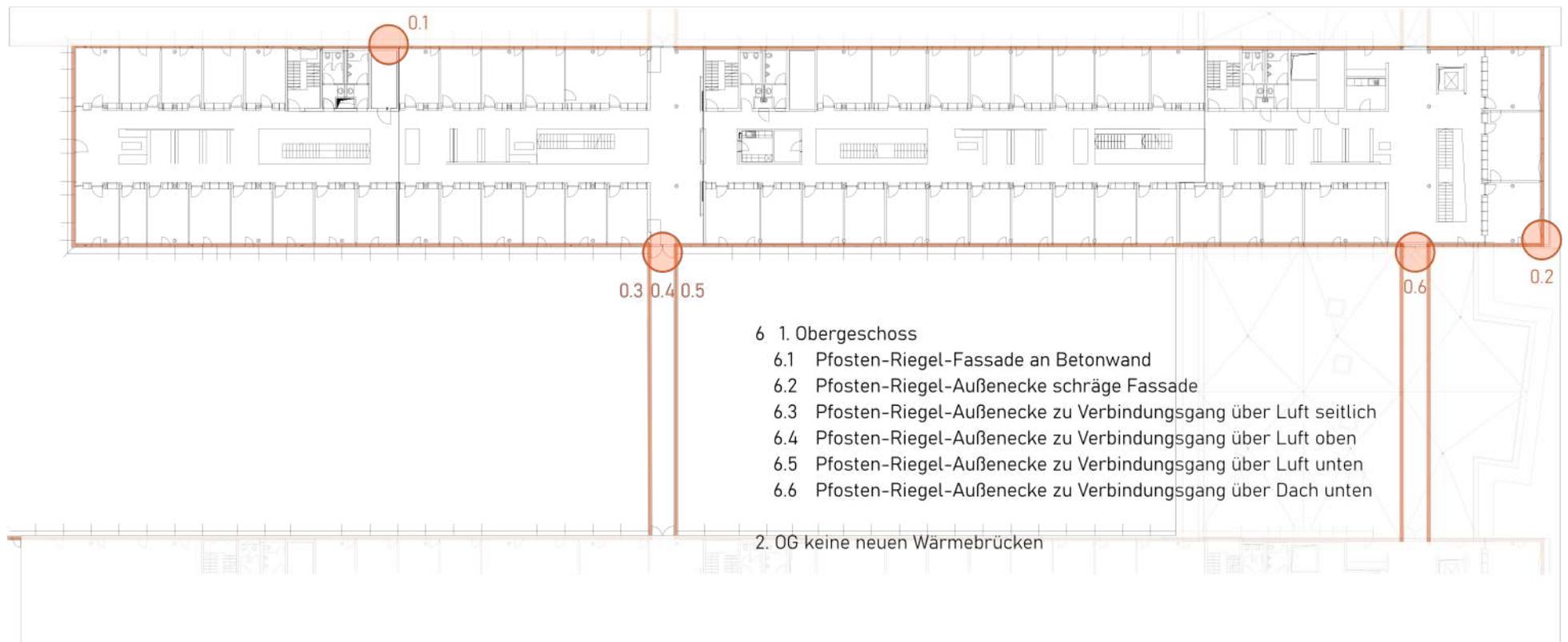


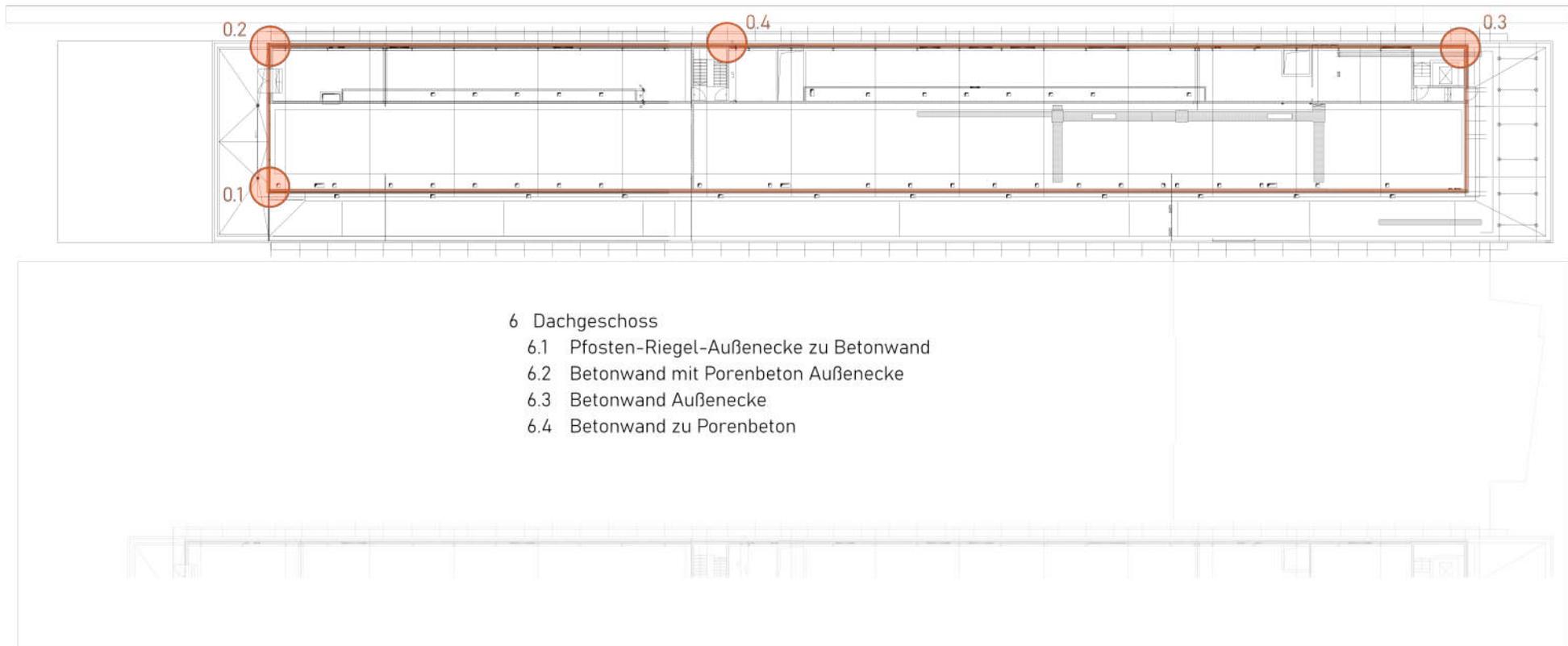
WÄRMEBRÜCKEN

- 1 Fenster/transparente Bauteile vertikal
 - 1.1 Pfosten-Riegel-Fassade oben zu Geschossdecke
 - 1.2 Pfosten-Riegel-Fassade oben zu auskragender Geschossdecke
 - 1.3 Pfosten-Riegel-Fassade oben zu auskragender Geschossdecke Jalousie Süden EG
 - 1.4 Pfosten-Riegel-Fassade oben zu auskragender Geschossdecke Norden EG
 - 1.5 Pfosten-Riegel-Fassade unten zu Geschossdecke
 - 1.6 Pfosten-Riegel-Fassade unten zu auskragender Geschossdecke Süden
 - 1.7 Kellerfenster oben
 - 1.8 Kellerfenster unten
- 2 Opake Fassadenteile
 - 2.1 Gedämmtes Fassadenelement zu Wand vor Deckenkante
 - 2.2 Gedämmtes Fassadenpaneel unten zu auskragender Geschossdecke Norden
 - 2.3 Außenwand DG zu auskragender Decke Norden
- 3 Dach
 - 3.1 Pultdach First zu opaker Außenwand
 - 3.2 Solarthermiedach - Glasdach (PV) - Innenwand
 - 3.3 Pultdach Traufe Glasdach zu opaker Außenwand
 - 3.4 Flachdach zu opaker Außenwand
 - 3.5 Pfosten-Riegel-Fassade oben zu Flachdach
- 4 Sockel
 - 4.1 Pfosten-Riegel-Fassade Sockel Süden
 - 4.2 Pfosten-Riegel-Fassade Dämmpaneel Sockel Norden
- 5 Bodenplatte
 - 5.1 Kelleraußenwand zu Bodenplatte
 - 5.2 Kellerinnenwand zu Bodenplatte



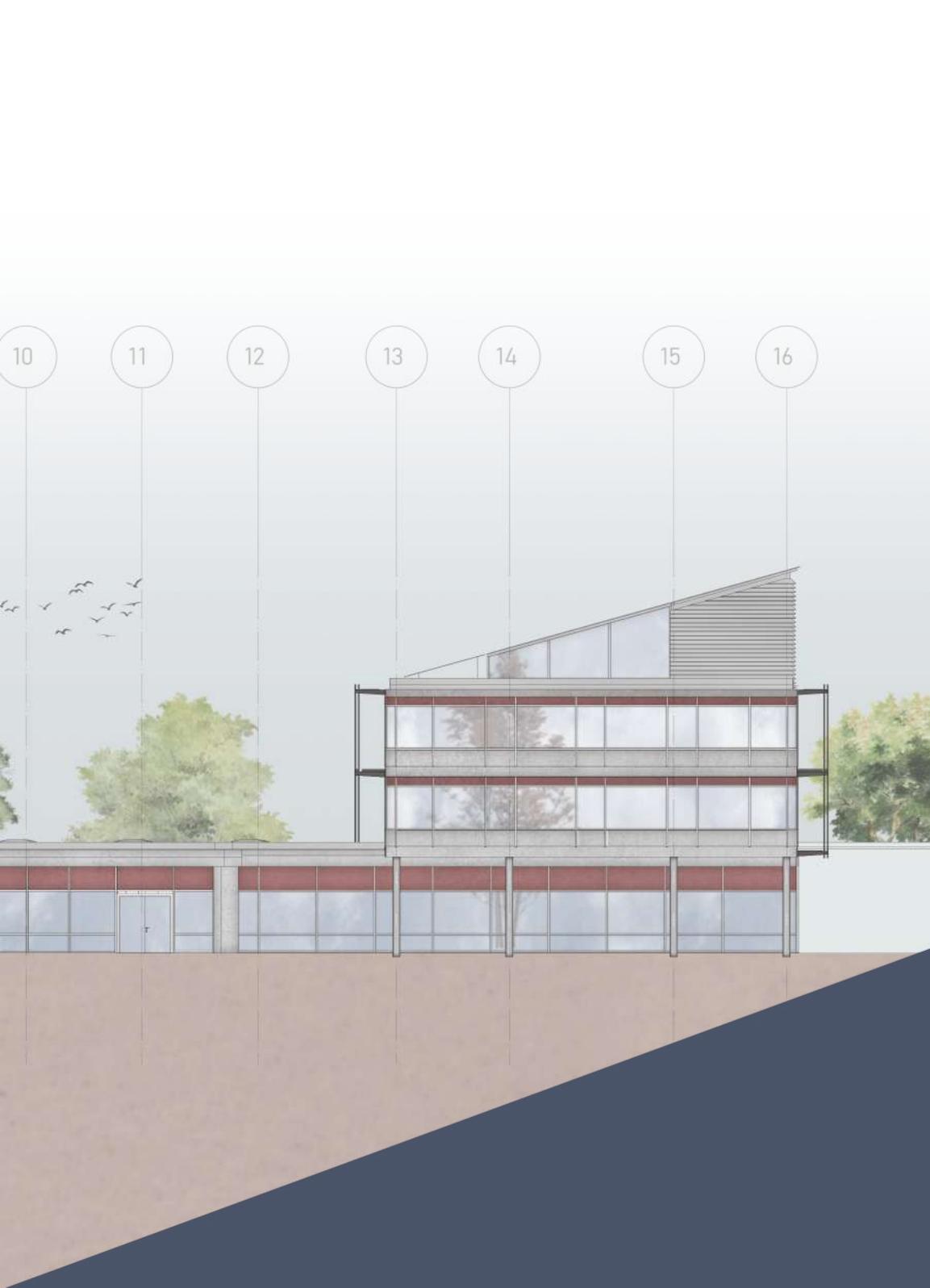






TEIL 2

SANIERUNG
LN2



05

**SANIERUNGSKONZEPT,
ZIELE**

5.1 ZIEL DER SANIERUNG

Um der Aufgabe und dem Namen des Amtes gerecht zu werden, soll durch die Sanierung die Senkung des End- und Primärenergiebedarfs des Landesamts für Umwelt sein. Konkret bedeutet das für dieses Gebäude einen Primärenergiebedarf von 0 im Betrieb, die CO₂-Emissionen für und während der Sanierung werden nicht betrachtet (obwohl dies beim LfU sinnvoll wäre, da viele Bauteile die zugunsten des Erreichens des Ziels ausgetauscht werden müssen, ihre Lebensdauer noch nicht erreicht oder überschritten haben).

Dies soll auch als Vorbild dienen und zeigen dass das Ziel bis 2050 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 werden, wodurch erreicht werden soll, dass die Angestellten des Amtes wieder gerne zur Arbeit in dieses Gebäude gehen und nicht aus Gründen der Unbehaglichkeit Home-Office machen.

5.1.1 IDENTIFIKATION DER HAUPTENERGIEVERLUSTE-/VERBRÄUCHE

Gebäudehülle

Ein großer Bestandteil der Gebäudehülle des Bestands ist die Pfosten-Riegel-Fassade mit großen Glasanteilen. An den anteiligen Transmissionswärmeverlusten lässt sich deutlich erkennen, dass über diese Flächen auch die meiste Energie verloren geht, weshalb es sinnvoll ist, die Fassade auszutauschen und durch eine energetisch Bessere zu ersetzen. Dadurch wird der sommerliche Wärmeschutz durch Verwendung von weniger Glasanteilen und eines niedrigeren g-Wertes verbessert.

Lüftungsanlage

Der Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlagen beträgt nur ca. 67%. Durch Austausch dieser Geräte könnte eine Wärmerückgewinnung von bis zu 93% erreicht werden, wodurch die Lüftungswärmeverluste reduziert werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Energieeinsparung ist eine bedarfsorientierte Ermittlung des Volumenstroms. Durch die genaue Ermittlung des minimalen Volumenstroms, der jedoch trotzdem alle Anforderungen an Behaglichkeit und Hygiene erfüllt ist, sinkt der benötigte Volumenstrom (auch weil kein Belüftung von ungenutzten Räumen stattfinden) und somit die Energie, die benötigt wird, diese Luftmengen zu bewegen. Da die energetische Betrachtung im Falle der Aufgabenstellung jedoch über eine Energiebilanz über ZUB-Helena erfolgen soll und darin keine Eingabe eines bedarfsorientierten Volumenstroms vorgesehen ist, wird diese Einsparungsmaßnahme nicht näher betrachtet.

Heizung

Im Bestand wird über die Lüftungsanlage geheizt, wodurch die benötigte Wärmemenge für die Erwärmung des Raumes immer vom Volumenstrom abhängig ist. Ein Problem hierbei ist, dass teils der benötigte Volumenstrom für die Erwärmung höher als der für die Belüftung ist, jedoch der höhere gefördert werden muss, wodurch Energie verschwendet wird. Außerdem kann durch die Kopplung keine niedrigen Vorlauftemperaturen verwendet werden.

Trinkwarmwasser

Laut Aussagen eines Mitarbeiters des LfUs gibt es eine zentrale Trinkwarmwasserversorgung in den Verwaltungsgebäudeteilen. Jedoch liegt eigentlich kein Bedarf an warmen Trinkwasser vor, da in Teeküchen das benötigte Warmwasser durch einen Wasserkocher oder die Kaffeemaschine bereit wird. Auch in den Toiletten ist es nicht zwingend notwendig, warmes Wasser zum Händewaschen bereit zustellen. Allein in den Putzräumen wird Warmwasser benötigt, dieses kann jedoch durch einen elektrischen Durchlauferhitzer bereit werden, da der Bedarf sehr begrenzt und zeitlich eingeschränkt vorliegt.

Durch den Rückbau des Trinkwarmwassernetzes kann Energie, die durch die Erhitzung benötigt werden würde, komplett eingespart werden und auch die Wärmeverluste der Warmwasserleitungen würden nicht mehr stattfinden.

Beheiztes Volumen

Da sich im Untergeschoss hauptsächlich Technik und Lagerräume befinden, die nicht beheizt und belüftet werden müssten, würde es sich anbieten diese Flächen aus der thermischen Hülle zu entfernen.

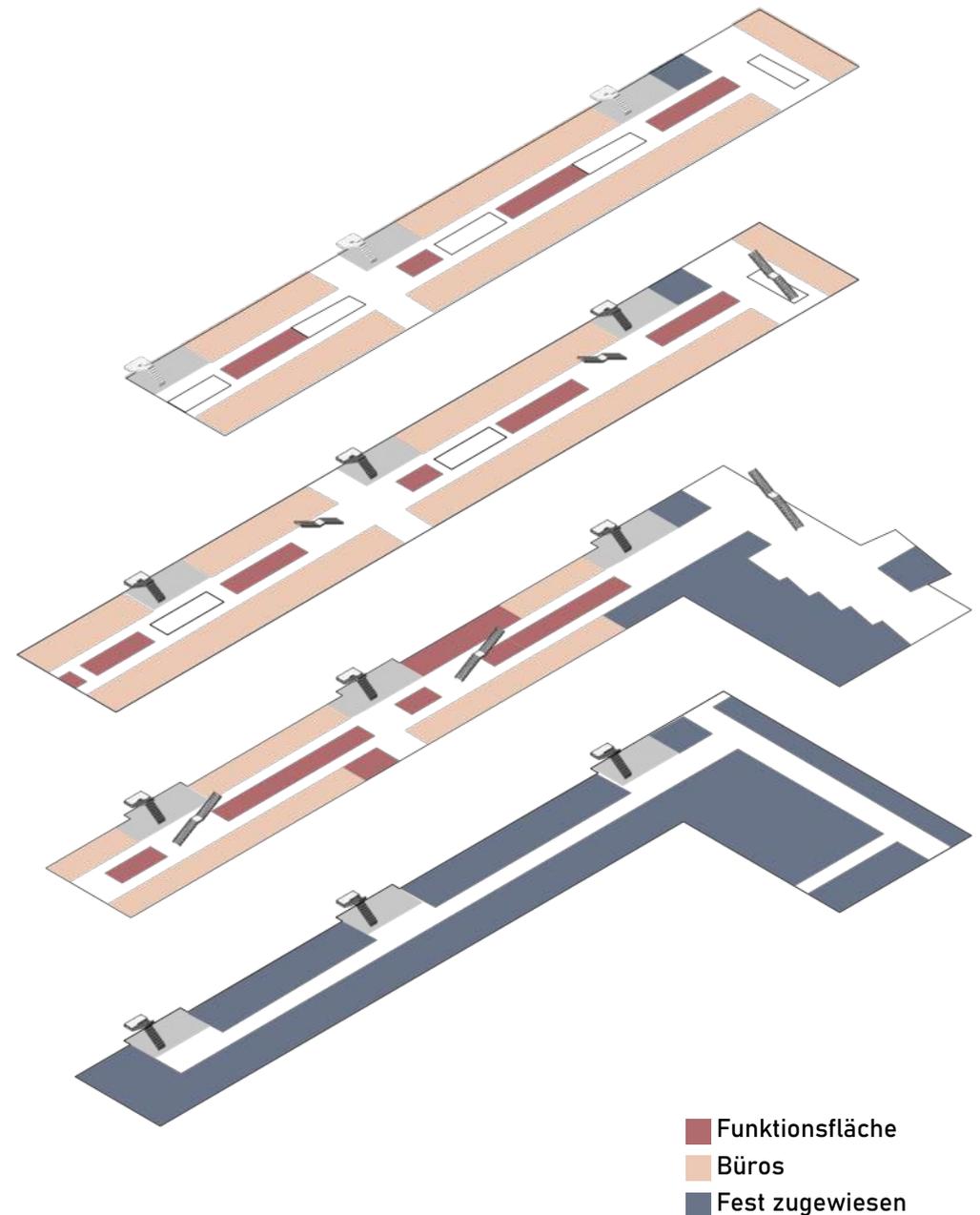
Ist-Zustand und Chancen

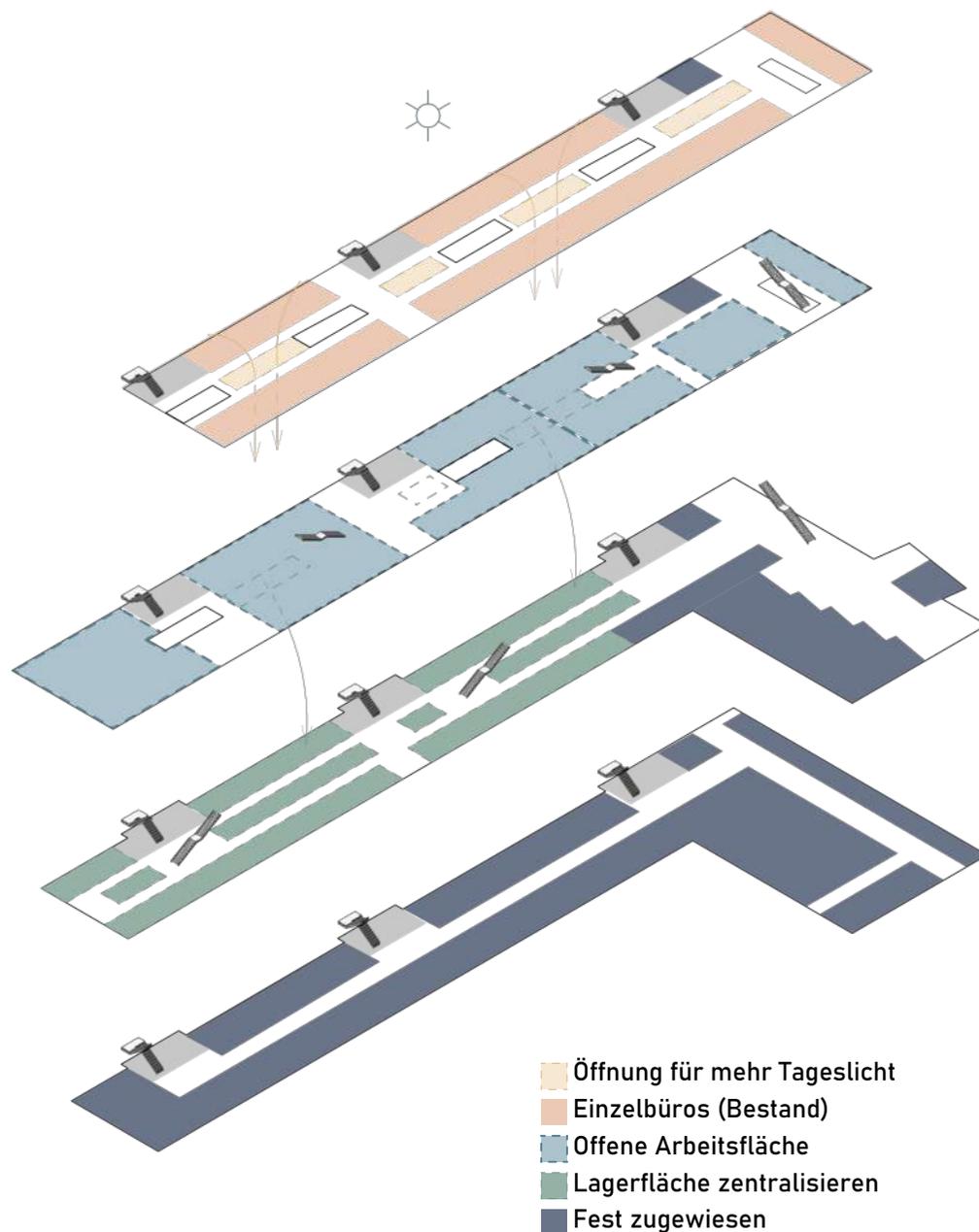
Durch das Zusammenfassen mehrerer Einzelbüros kann mehr Puffervolumen gegen sommerliches Überhitzen geschaffen werden.

Ebenfalls ist die aktuelle Belegung der Raumflächen und die Notwendigkeit dieser in Frage zu stellen.

Trotz des geringen Alters des Komplexes ist das Arbeitsplatzkonzept nicht zeitgemäß und sollte im Rahmen einer Modernisierung in Frage gestellt werden.

↳ **Bedarfsanalyse notwendig!**

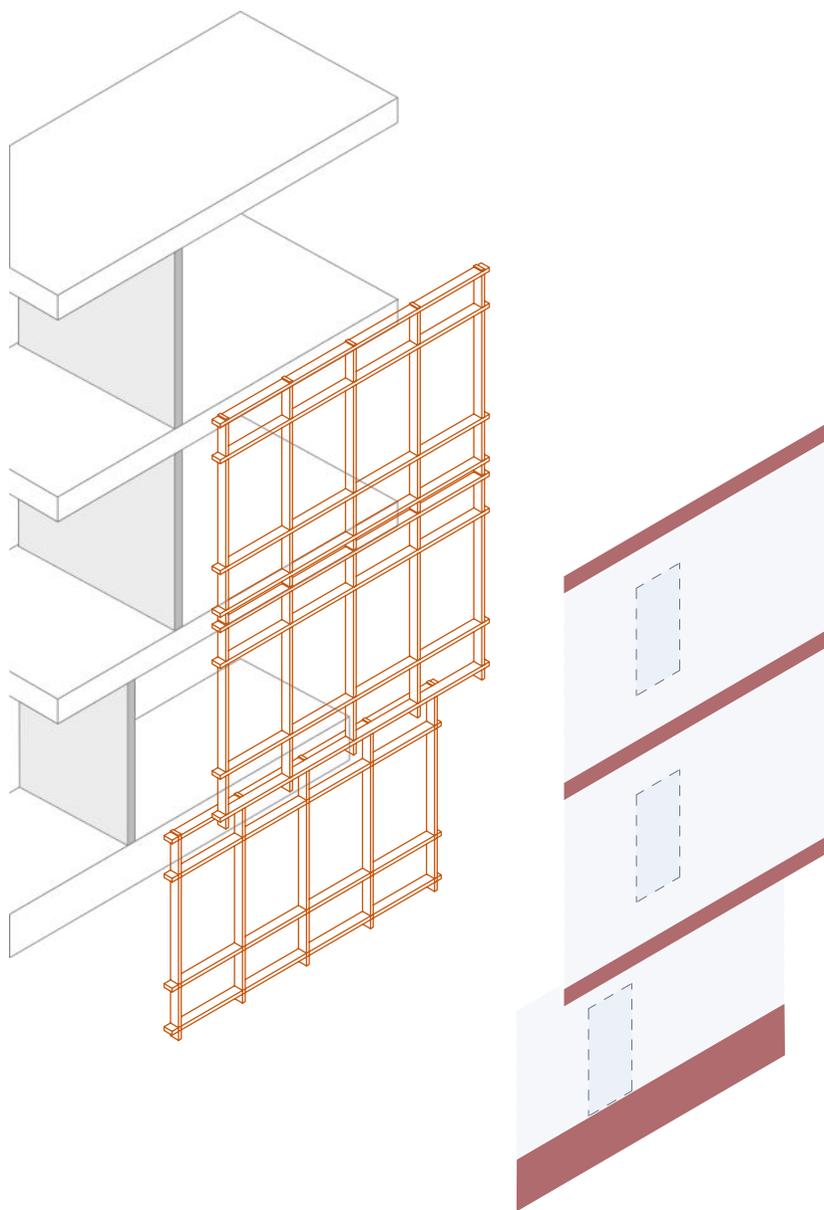




Mögliche Umnutzung

Zentralisieren von Funktionsflächen in weniger gut belichteten Bereichen. Aufbrechen der strikten Büroraumgröße um Austausch und interdisziplinäres Arbeiten zu fördern.

5.3 SANIERUNGSVARIANTEN DER FASSADE

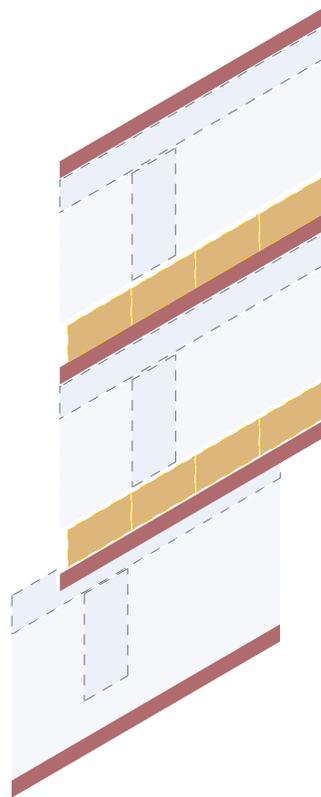
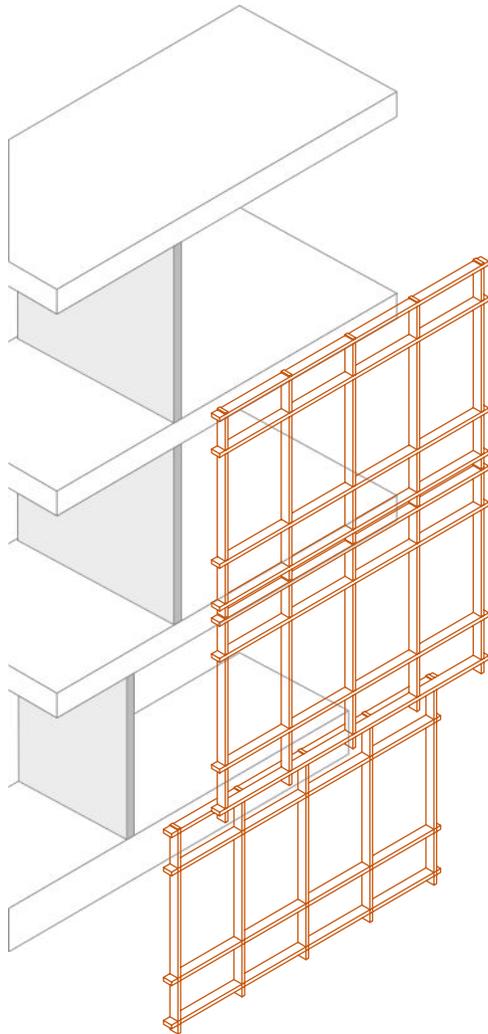


PR-FASSADE / GLEICHER GLASANTEIL

- + allgemein geringster Eingriff
- + Räume können bei gleichem Achsraster erhalten bleiben
- + kaum Optische Veränderungen

- Bestehendes Problem der Überhitzung nicht allein durch Gläser zu beheben
- Sonnenschutz wartungsintensiv

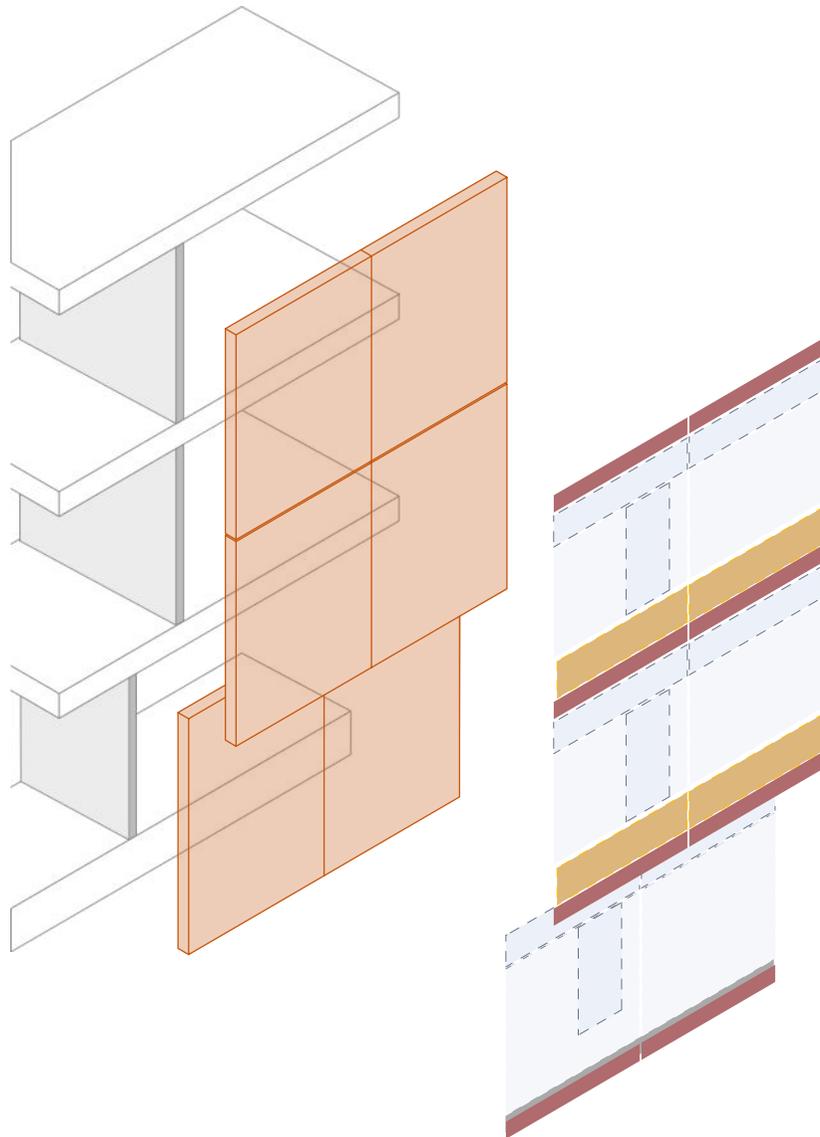
$U_{cw} = 0,93 \text{ W/m}^2\text{K}$



PR-FASSADE / REDUZIERTER GLASANTEIL

- + geringerer Glasanteil ermöglicht Einhalten des sommerlichen Wärmeschutzes
- + Räume können bei gleichem Achsraster erhalten bleiben
- + Brüstungsband wird als PV-Fläche nutzbar
- + Lüftungsklappen für natürliche Nachtlüftung integriert
- moderater Eingriff in Blick von Innen und optisches Erscheinungsbild
- verschiedene Elemente haben unterschiedliche Wartungsintensität

$U_{cw} = 0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$



ELEMENTFASSADE / REDUZIERTER GLASANTEIL

- + geringerer Glasanteil ermöglicht Einhalten des sommerlichen Wärmeschutzes
- + kürzere Umbaudauer durch Vorfertigung
- + PV und Lüftung integrierbar

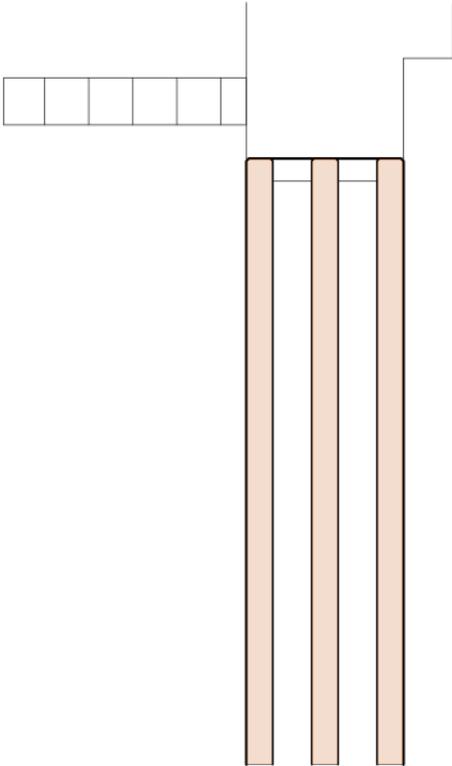
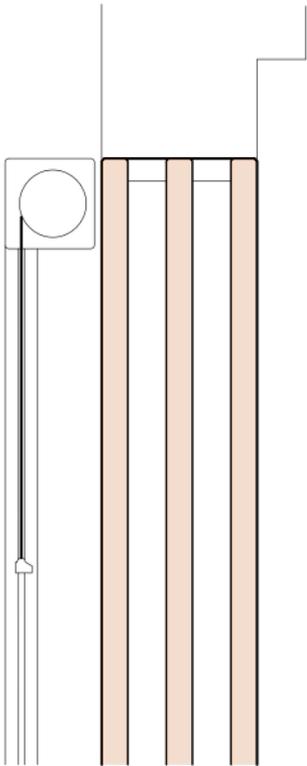
- Veränderung des Achsrasters 1200 auf 2400
- moderater Eingriff in Blick von Innen und optisches Erscheinungsbild
- hohe Kosten für Gesamtsystem
- Eingeschränkte separate Wartung der Komponenten

$U_{cw} = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$

5.4 SONNENSCHUTZ

Außenliegender Textilscreen

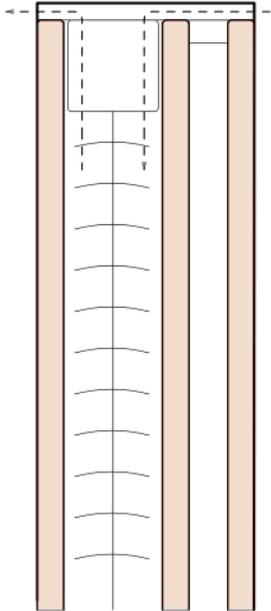
Außenliegender Vorbau



| | | |
|------------------------|--------|-------------|
| Fc | 0,25 | 0,5 |
| g-Wert | 0,38 | 0,38 |
| Individuelle Bedienung | ja | nein |
| Wartung | hoch | sehr gering |
| Kosten | gering | gering |

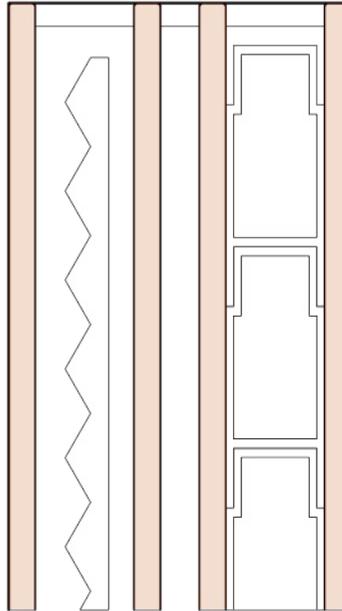
Neben den für den Anwendungsfall passenden Gläsern gibt es diverse bauliche Möglichkeiten, den Sonneneintrag zu vermindern.

Closed Cavity Facade
(CCF)



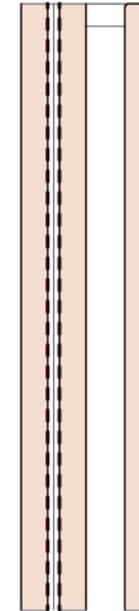
0,15
0,08
ja
mittel
sehr hoch

Phase Change Material
(PCM)



0,2
0,30 - 0,08
nein
gering
sehr hoch

Electrochromes Glass



0,10
0,05
ja
mittel
sehr hoch



06

PLÄNE , DETAILS
SANIERUNG

6.1 ANSICHTEN

NORD



süd



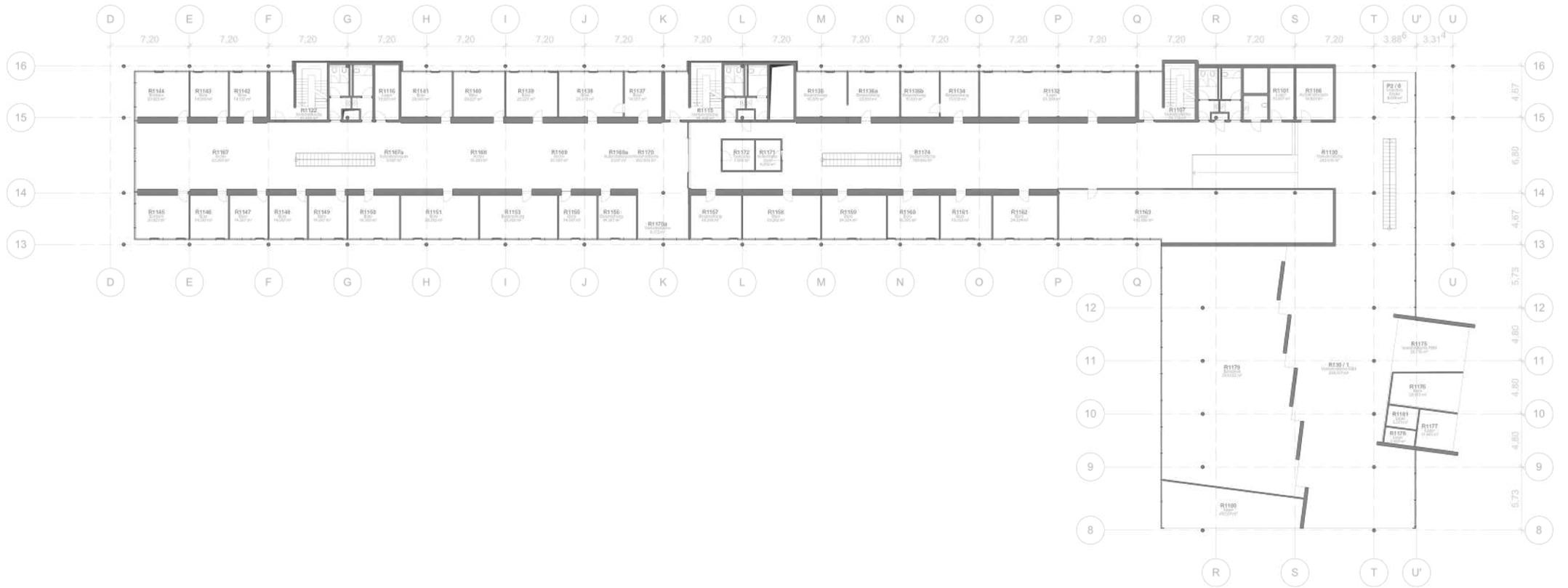
OST



WEST



ERDGESCHOSS



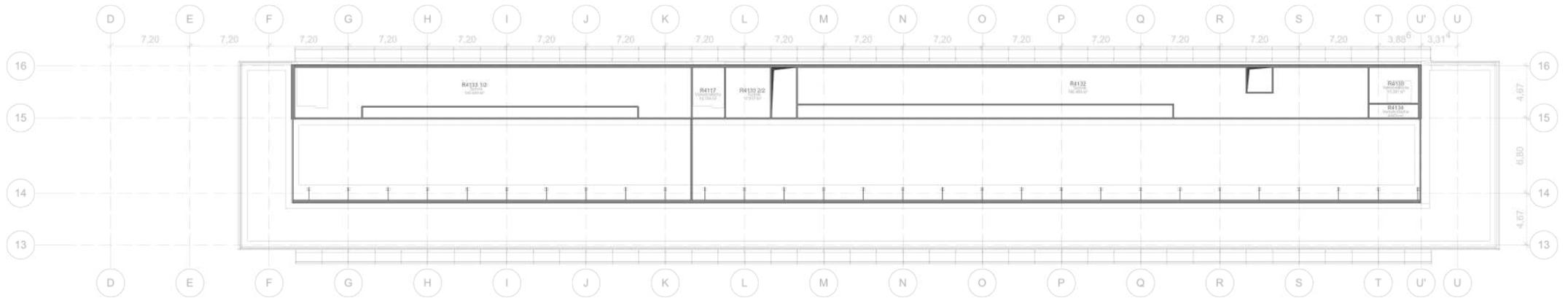
1. OBERGESCHOSS



2. OBERGESCHOSS

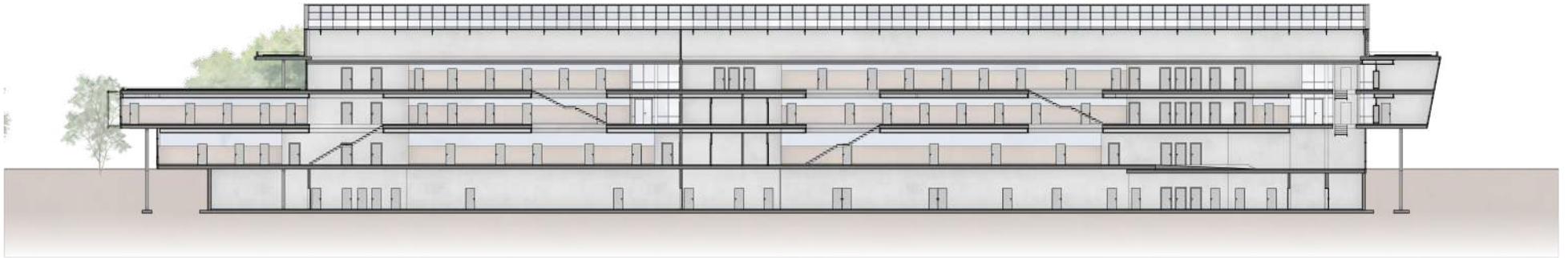


DACHGESCHOSS

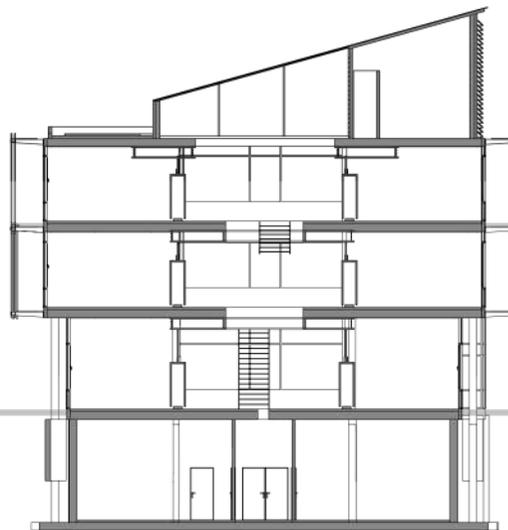


6.3 SCHNITTE

LÄNGSSCHNITT



QUERSCHNITT

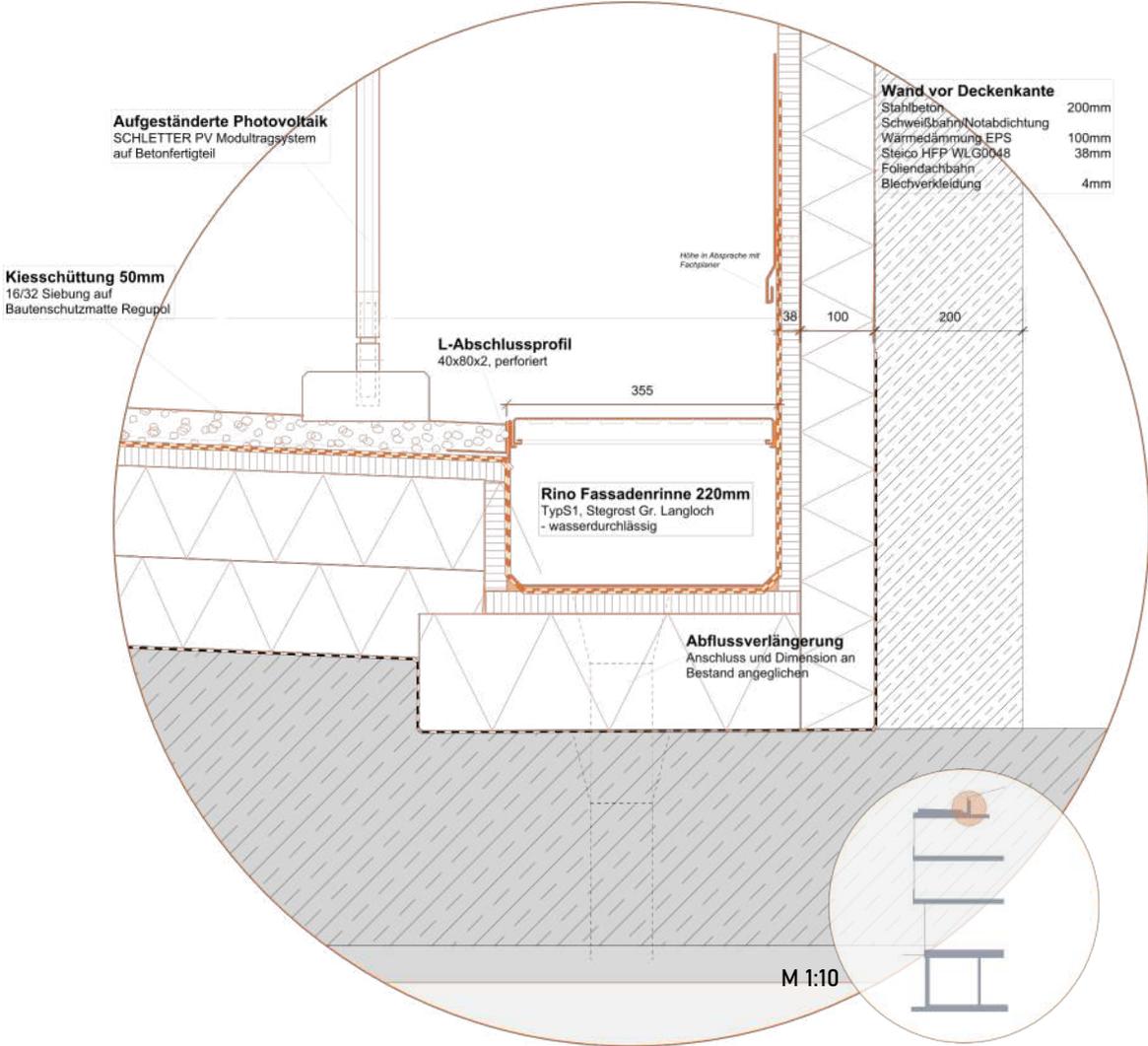


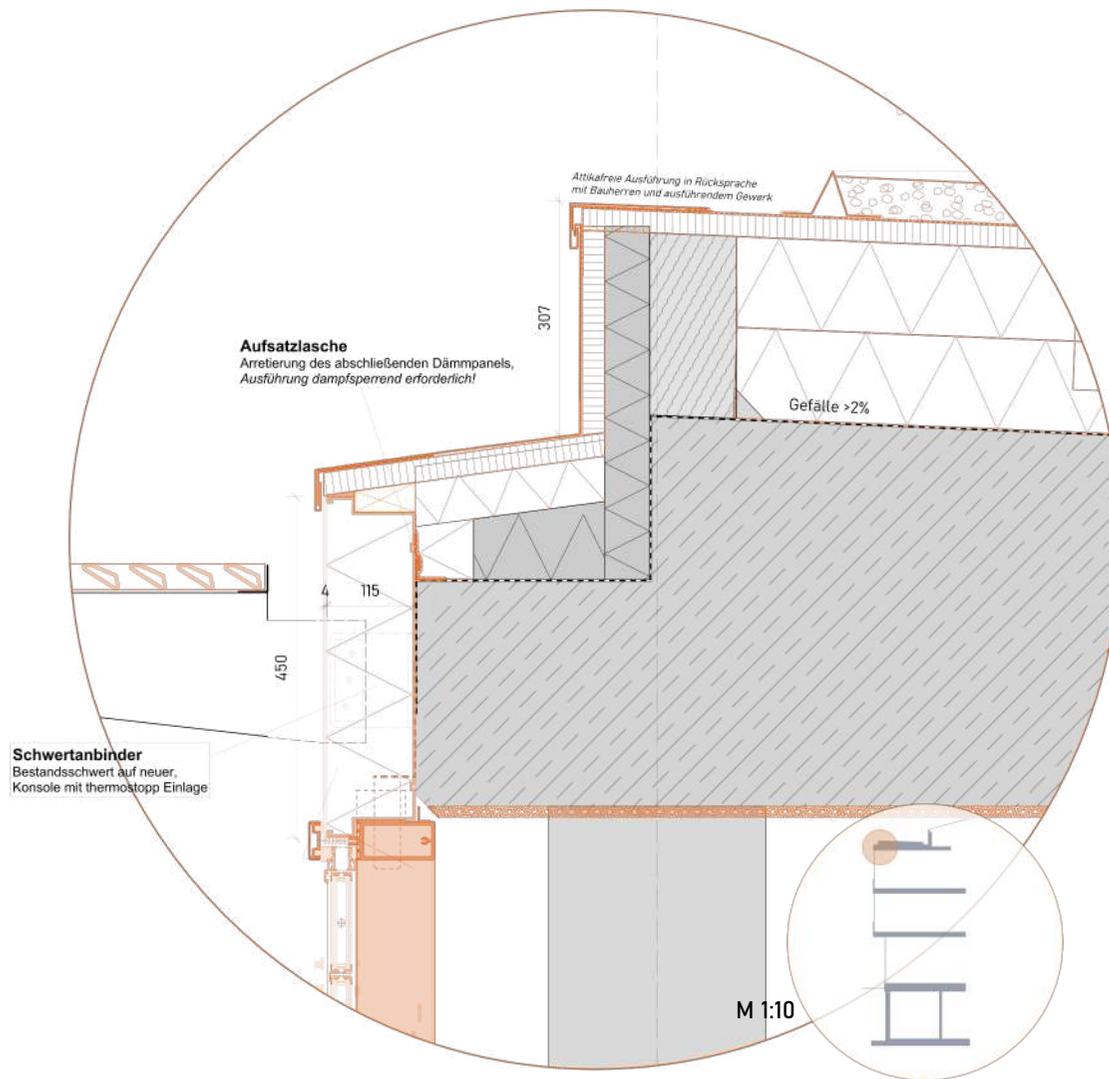
6.4 3 TAFEL PROJEKTION

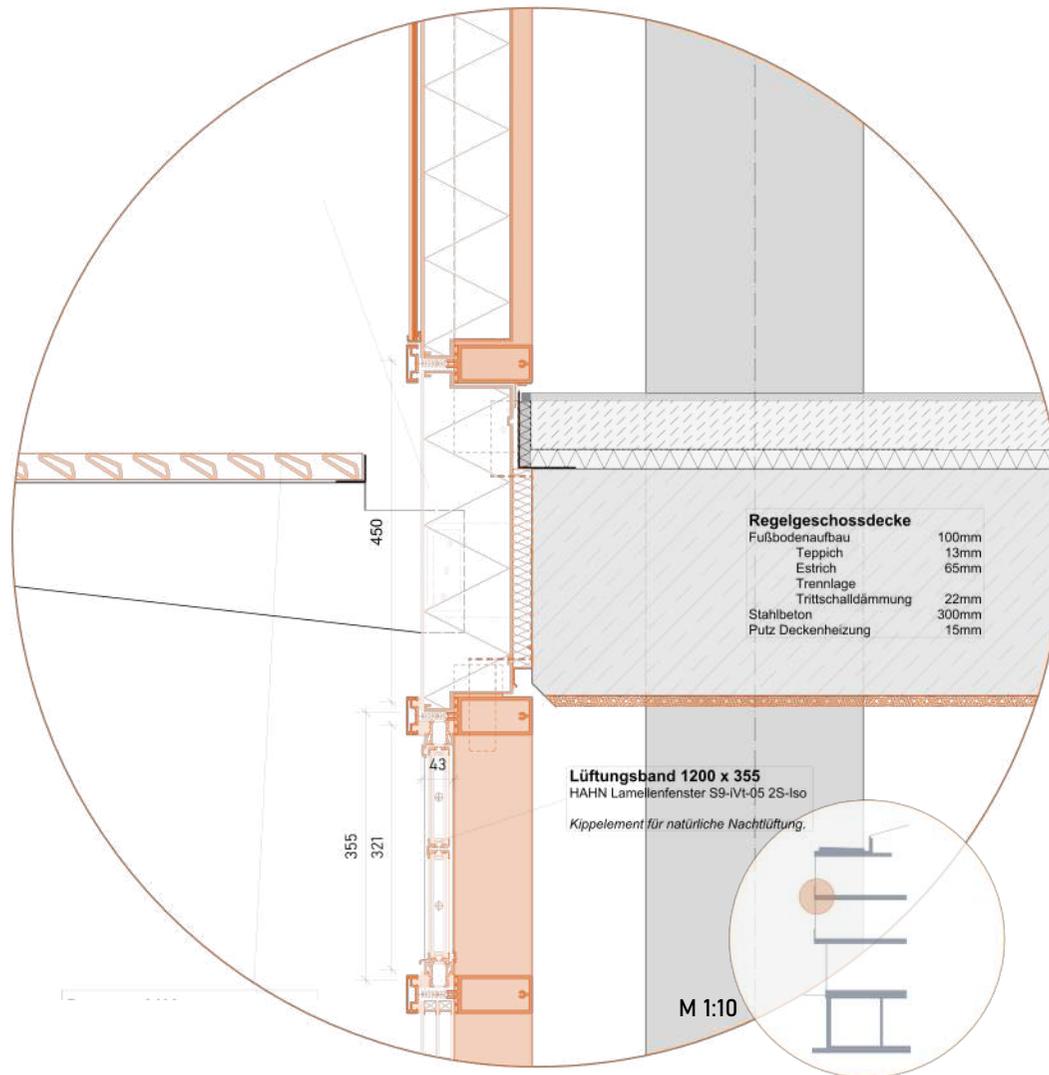


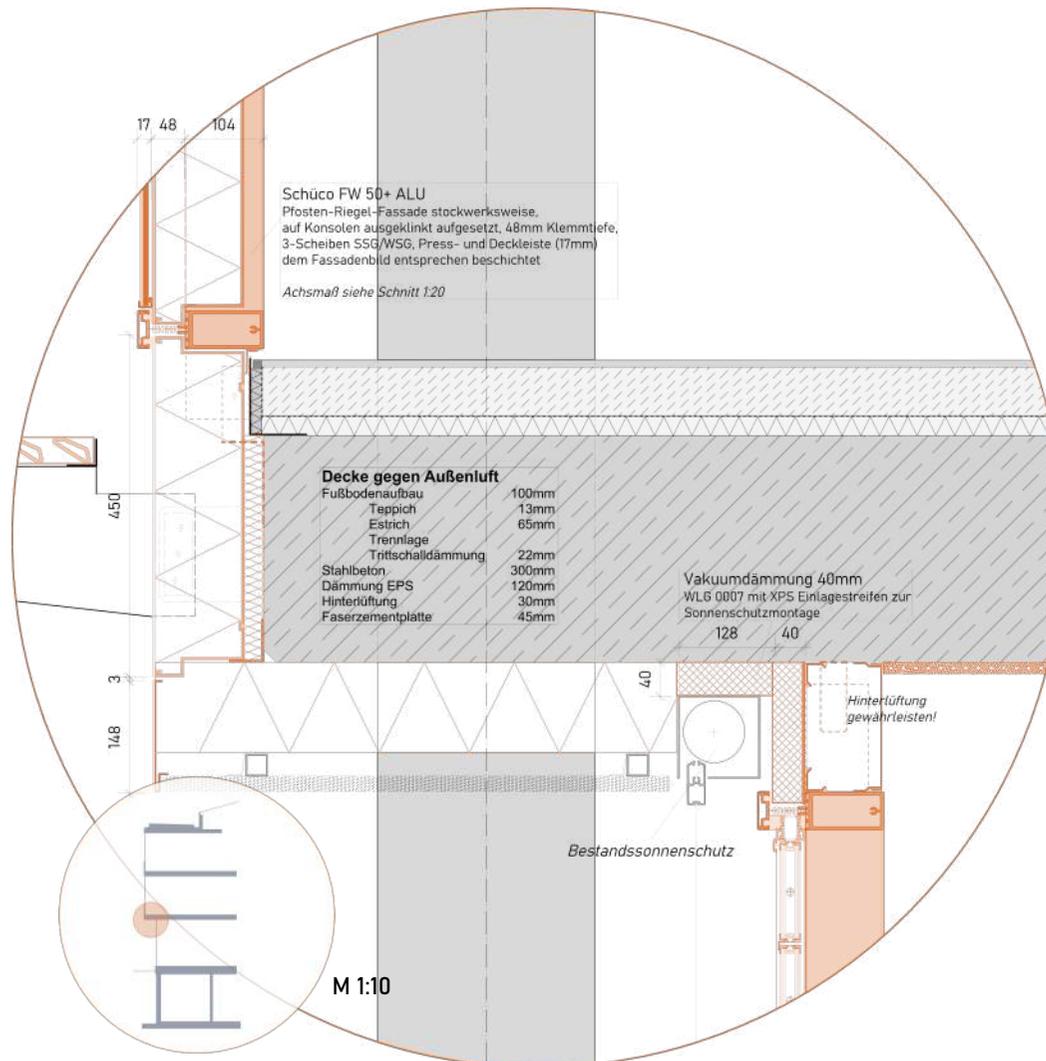
Pläne, Details Sanierung

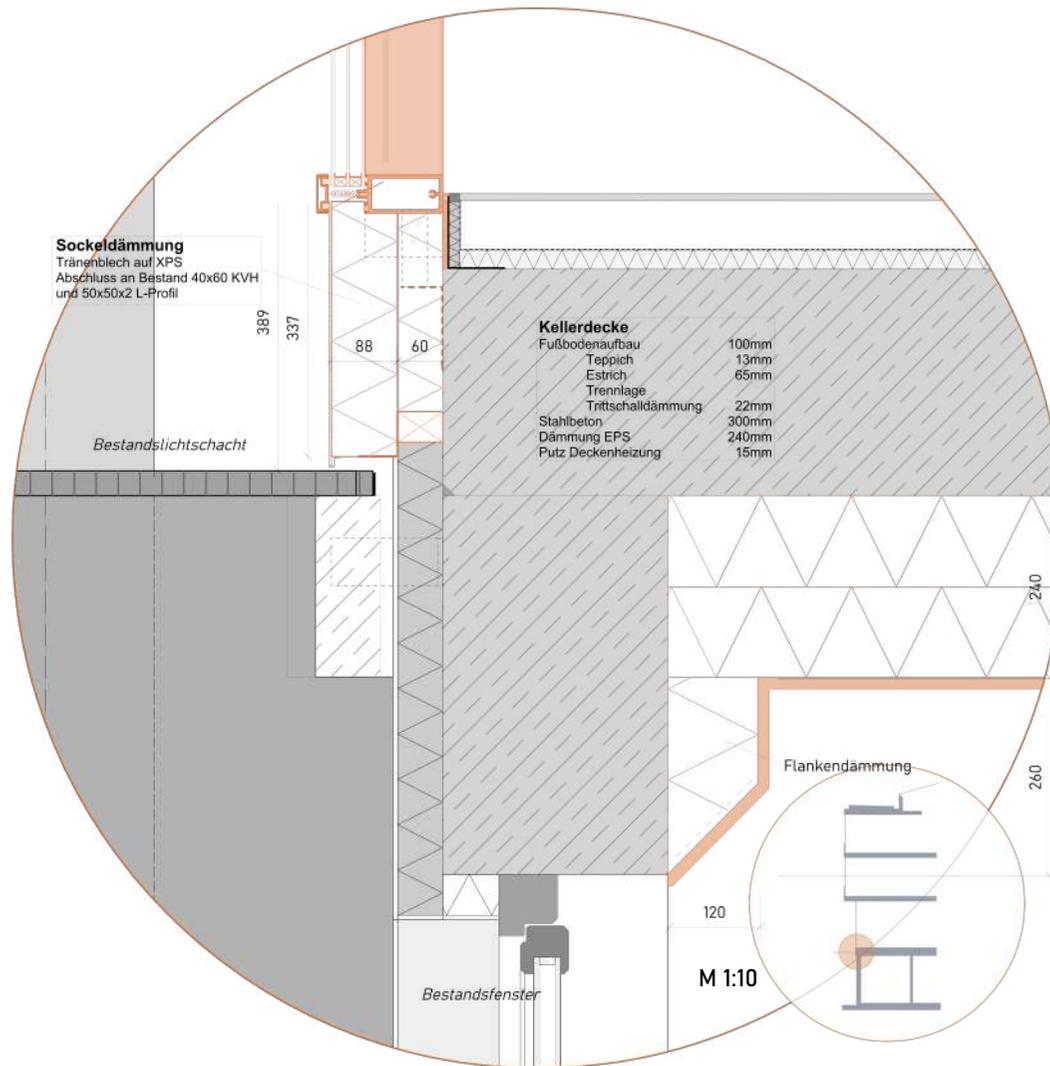
6.5 DETAILS

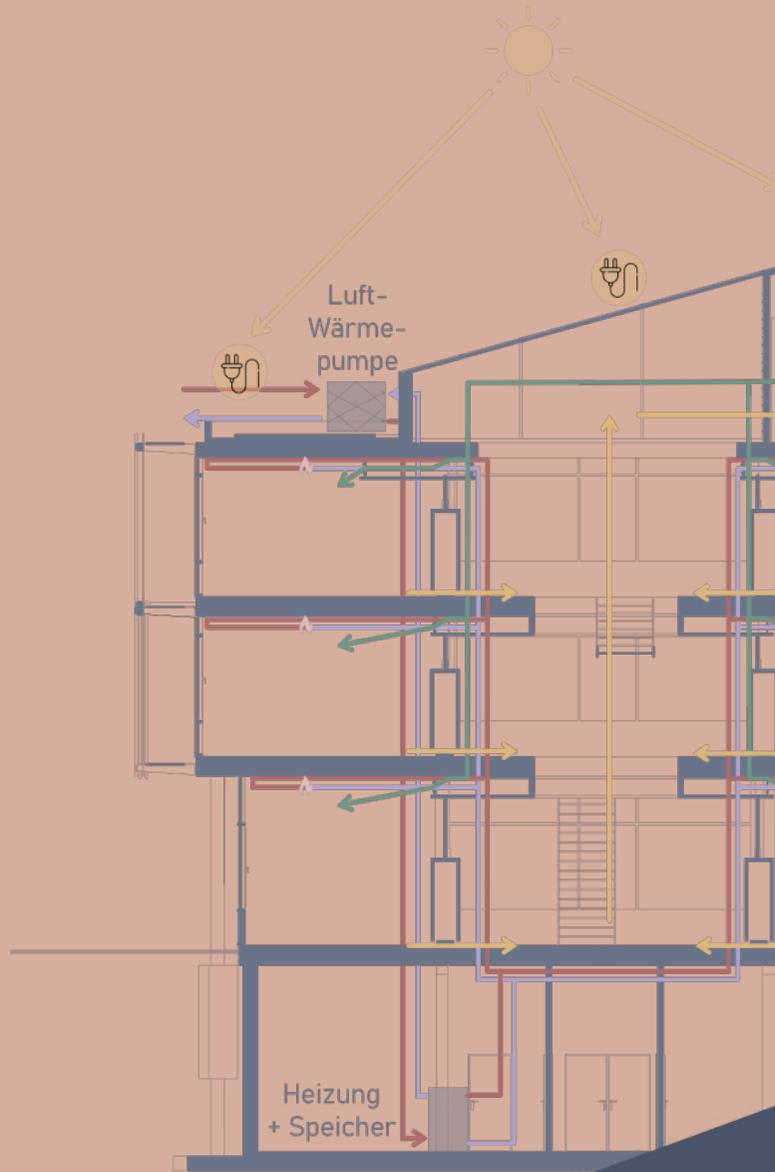
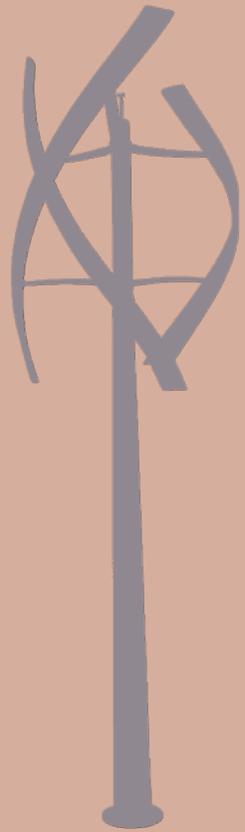












07

**GEBÄUDETECHNIK
SANIERUNG**

7.1 WÄRMEERZEUGERVARIANTEN

Um das Ziel der Sanierung - Klimaneutralität und einen Primärenergiebedarf von 0 kWh - erreichen zu können spielt die Gebäudetechnik neben der energetischen Ertüchtigung der Gebäudehülle eine entscheidende Rolle.

Im Folgenden wurden 3 unterschiedliche Kombinationen von Wärmeerzeugereinheiten und Wärmeübergaben untersucht. Hierbei wurde vor allem die Umweltfreundlichkeit, die Möglichkeit zur Autarkie und der baulichen Eingriff bewertet. In allen Varianten bleibt die Fußbodenheizung des Eingangsbereiches bestehen, der Verlauf sowie die Qualität der thermische Hülle sind identisch und die PV-Fläche ist gleich .

Fazit

Trotzdem Variante 3 in diesem Vergleich den höchsten Primärenergiebedarf hat, wurde diese Variante gewählt. Entscheidend hierfür war vor allem die Unabhängigkeit von Wärmeanbietern, da alle gebäudeteschnischen Vorgänge nur aus Strom angewiesen sind, sodass mit einem Strompeicher ein autarkes Gebäude ermöglicht werden kann.

VARIANTE 1 FERNWÄRME + DECKENHEIZUNGEN

Nutzerkomfort



Die Deckenheizungen wärmen die Räume schnell und effizient durch Strahlungswärme, schafft ein angenehmes Raumklima und ist besonders gut für Allergiker, da keine Luftverwirbelungen entstehen.

Umbaumaßnahmen



In den einzelnen Räumen wird nur die Decke baulich angegriffen, wodurch sich Deckenheizungen optimal nachrüsten lassen. Beim Verputzen der Rohre muss die Inneneinrichtung durch Abdeckungen geschützt werden. Der vorhandene Anschluss der Luftheizung an den Heizkreis kann für die Deckenheizung verwendet werden, wodurch kein neuer Heizkreis gelegt werden muss.

Der Fernwärmeanschluss ist bereits vorhanden und kann weiterhin genutzt werden. Auch die Konvektoren in der Verkehrszone können weiterhin betrieben werden.

Optik



Die Deckenheizung ist nicht sichtbar, wodurch sich im Raum keine optisch störenden Elemente - wie es bei Konvektoren der Fall wäre - befinden.

Primärenergiebedarf: 8,4 kWh/m²a



(Endenergiebedarf: 33,4 kWh/m²a)

Durch den Primärenergiefaktor der Fernwärme von 0,25 kann das Ziel eines Primärenergiefaktors von 0 nie erreicht werden, auch die Kompensation durch selbsterzeugten Strom ist umständlicher.

Fernwärme kann jedoch trotzdem sehr umweltfreundlich sein, wenn sie mit Wärme von erneuerbaren Energien und Abwärme gespeist wird.

VARIANTE 2 HOLZPELLETKESSEL+ RADIATOR

Nutzerkomfort



Radiatoren wirbeln mehr Staub auf als Deckenheizungen. Sie heizen den Raum nicht gleichmäßig auf, Flächen nahe des Radiators sind wärmer als Flächen weiter weg, sodass den Nutzern je nachdem wo sie sich im Raum befinden zu warm oder zu kalt sein kann.

Umbaumaßnahmen



Die neuen Radiatoren nehmen in den Räumen Wandfläche weg, sodass dort keine Möbel mehr gestellt werden können und die Grundrissgestaltung eingeschränkt ist.
Der Heizkreis der Luftheizung des Bestands muss zum Boden der Räume hin erweitert werden, oder ein neuer Heizkreis gelegt werden. Man würde also entweder die Führungen der Heizungsrohre im Raum sehen oder müsste den Fußboden baulich angreifen.
Für die Lagerung der Pellets müsste entweder ein Bereich den Kellergeschosses hergenommen werden - dieser müsste auch gut mit dem LKW erreichbar sein - oder ein eigenes Lager errichtet werde.

Optik



Da die Radiatoren sich nicht in die bereits bestehenden Bauteile einfügen, sind sie immer sichtbar und stören den offenen, freien Eindruck der Räume.

Primärenergiebedarf: 7,7 kWh/m²a



(Endenergiebedarf: 38,6 kWh/m²a)

Durch den Primärenergiefaktor der Holzpellets von 0,2 kann das Ziel eines Primärenergiefaktors von 0 nie erreicht werden, auch die Kompensation durch selbsterzeugten Strom ist umständlicher.

Pellets werden hauptsächlich aus Sägenebenprodukten oder nicht sägefähigem Industieholz hergestellt, wodurch keine Bäume extra für die Pelletsherstellung gefällt werden müssen. Holzpellets gelten allgemein als CO₂-neutraler Brennstoff, da nur so viel CO₂ freigesetzt wird wie das Holz gebunden hat, dennoch fallen weitere Emissionen - wenn auch verhältnismäßig wenig - für Transport und Herstellung an.

VARIANTE 3 LUFTWÄRMEPUMPE + DECKENHEIZUNG

Nutzerkomfort



Die Deckenheizungen wärmen die Räume schnell und effizient durch Strahlungswärme, schafft ein angenehmes Raumklima und ist besonders gut für Allergiker, da keine Luftverwirbelungen entstehen.

Möglicherweise können störende Geräusche durch die Luftwärmepumpe entstehen, hierbei muss bei der Produktauswahl geachtet werden

Umbaumaßnahmen



In den einzelnen Räumen wird nur die Decke baulich angegriffen, wodurch sich Deckenheizungen optimal nachrüsten lassen. Beim Verputzen der Rohre muss die Inneneinrichtung durch Abdeckungen geschützt werden. Der vorhandene Anschluss der Luftheizung an den Heizkreis kann für die Deckenheizung verwendet werden, wodurch kein neuer Heizkreis gelegt werden muss.

Der Luftwärmepumpe ist auf dem Dach platziert, da sich jedoch die Heizung und er Speicher im Kellergeschoss befindet müssen neue Leitungen von Dachgeschoss ins Kellergeschoss geführt werden.

Die Konvektoren in der Verkehrszone können nicht mehr betrieben werden.

Optik



Die Deckenheizung ist nicht sichtbar, wodurch sich im Raum keine optisch störenden Elemente - wie es bei Konvektoren der Fall wäre - befinden.

Primärenergiebedarf: 8,8 kWh/m²a



(Endenergiebedarf: 4,9 kWh/m²a)

Da die Wärmepumpe hat einen Primärenergiefaktor von 0 und wird nur durch Strom betrieben. Dieser kann am Gebäude durch Photovoltaik erzeugt werden, wodurch auch dieser Strom einen Primärenergiefaktor von 0 hat. Nur in Zeiten in denen der eigen erzeugte Strom weniger ist als der benötigte muss Strom über das öffentliche Stomnetz bezogen werden. Durch einen Stromspeicher könnte dieser Fall reduziert werden - mit einem Langzeitspeicher könnte das Gebäude autark sein, da über das Jahr gesehen mehr Strom produziert wird als verbraucht.

Allgemeines

Die Lüftungsanlage befindet sich - wie auch im Bestand - im Dachgeschoss, jedoch wird sie durch eine Anlage mit einer besseren Wärmerückgewinnung (93%) ausgewechselt.

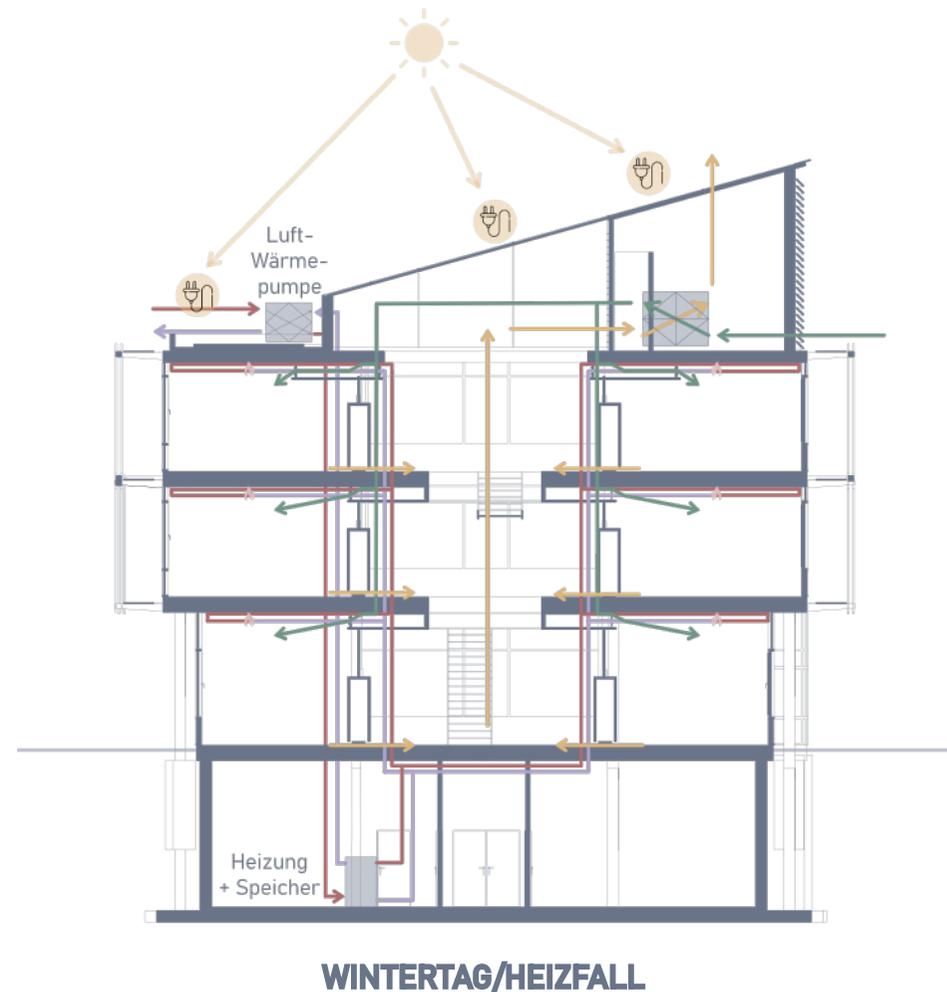
Die bestehenden Lüftungsleitungen werden weitergenutzt, die Leitungsquerschnitte sind auf jeden Fall groß genug, da im Bestand die Zuluft der Lüftungsanlage für die Nachtlüftung (höhere Volumenströme) verwendet wurde und dementsprechend die Leitungsquerschnitte größer sein müssen als für den normalen Betrieb.

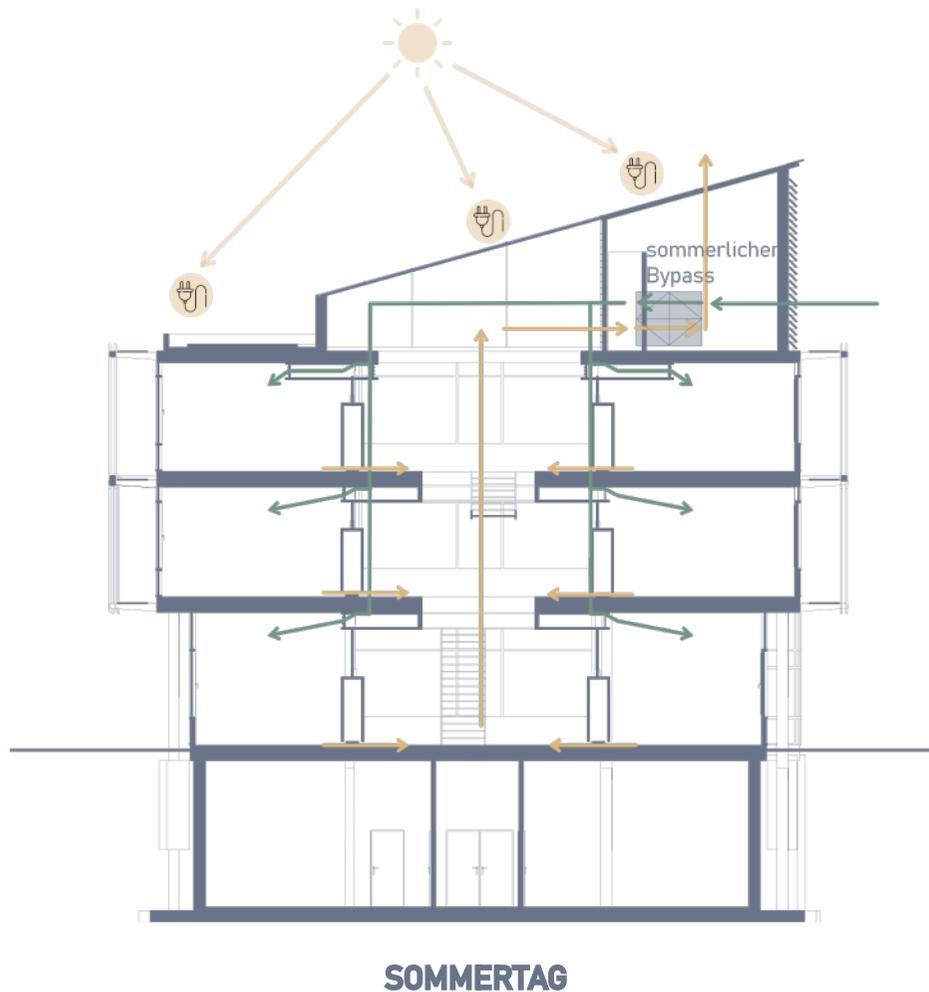
Die Heizung der Räume wird durch die Sanierung von der Lüftung getrennt, es werden Deckenheizungen, die mit einer Luftwärmepumpe betrieben werden, installiert.

Auslegung Lüftungsanlage

Insgesamt wird in Gebäudeteil Verwaltung 1 ein Luftvolumenstrom von ca. 16.000 m³/h benötigt, dieser wird durch zwei Lüftungsgeräte (Duplex 9000 Multi Ecco von Airflow) bereitgestellt.

Die Geräte haben jeweils die Maße 2,012m x 2,1m x 3,37m (hxbxl).





Wintertag/Heizfall

Im Heizfall wird die Zuluft im oberen Bereich der Büros/ Besprechungsräumen/Aufenthaltsräumen in die Räume eingeführt, strömt unter den Schränken in den Gang über und wird im 3. Obergeschoss gesammelt angesaugt. Ein Teil der Abluft der Büros wird auch in den Toiletten abgesaugt.

Ausnahme Kellergeschoss

Im Kellergeschoss gibt es in den beheizten Räumen (Toiletten, Aufenthaltsräume) kein Überstömprinzip, weshalb es in den Räumen jeweils Zu- und Abluftauslässe gibt.

Sommertag

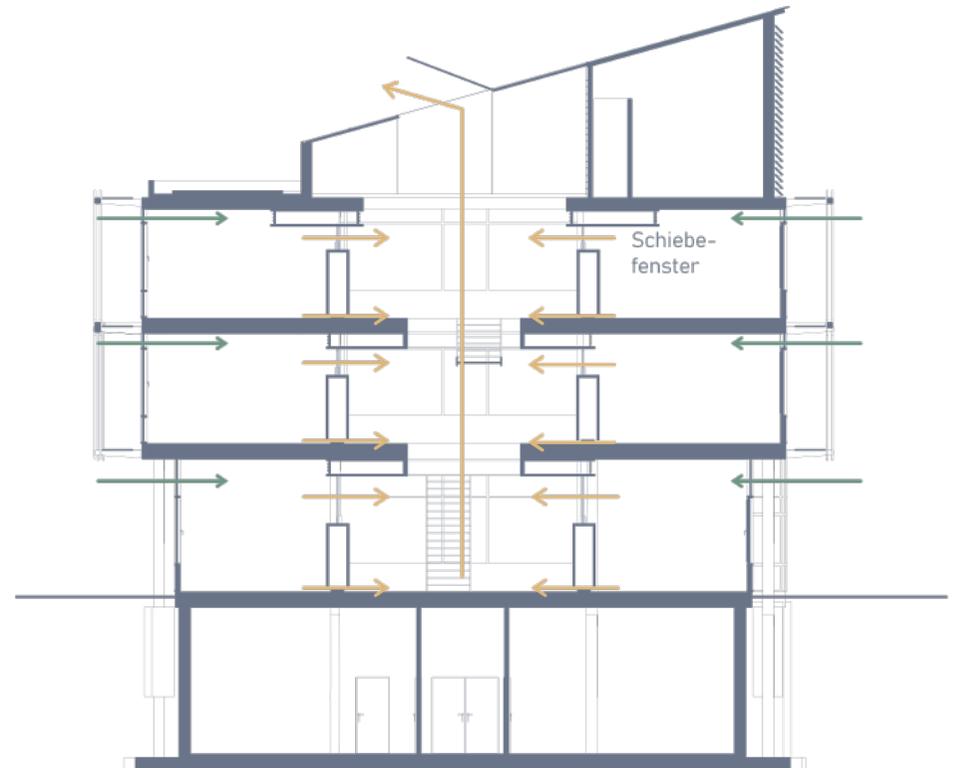
Die Benutzung der Wärmerückgewinnung im Sommer ist abhängig von der Innentemperatur, bei niedriger Innen- als Außentemperatur ist es sinnvoll die Lüftungsanlage weiterhin mit Wärmerückgewinnung zu betreiben, sodass auch die Zulufttemperatur geringer als die Außentemperatur bleibt. Nur in dem Fall, dass die Innentemperatur höher als die Außentemperatur ist sollte ein sommerlicher Bypass benutzt werden.

Öffnungen

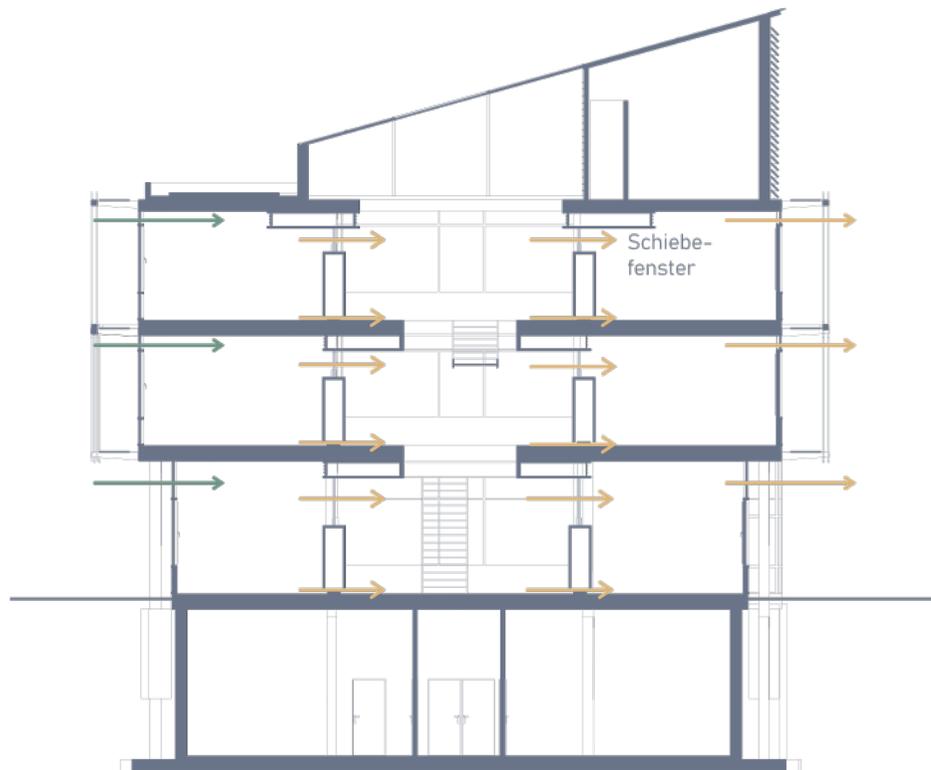
In den oberen Bereichen der Räume sind Öffnungen vorgesehen, die die ganze Raumbreite einnehmen, im Erdgeschoss haben sie eine Nettohöhe von 1 m, in den Geschossen darüber ca. 0,5 m.

Die bisherigen Überströmöffnungen unter den Schränken bleiben bestehen, jedoch wird vermutet, dass diese Öffnungen für eine hohe Nachtlüftung nicht ausreichen und die Luftbewegung durch Einschnürung negativ beeinflussen könnte. Deshalb werden zusätzliche Öffnungen - Austausch der festverglasten Elemente über den Schränken durch Schiebefenster - eingerichtet.

Die genau benötigten Lüftungsquerschnitte wurden im Rahmen der Aufgabe nur geschätzt und müssten detailliert berechnet werden.



SOMMERNACHT/NACHTLÜFTUNG, THERMIK



SOMMERNACHT/NACHTLÜFTUNG, WIND

Antrieb der natürlichen Lüftung

Die natürliche Lüftung wird im wesentlichen nur von Wind und Thermik angetrieben.

Falls nur Thermik im Gebäude herrscht, strömt die Luft über die Fassadenöffnungen ins Innere des Gebäudes und in die Mittelzone. Auf ihrem Weg erwärmt sie sich und steigt nach oben und strömt durch das Dachfenster nach draußen, dadurch entsteht ein Sog in den Räumen wodurch frische, kältere Außenluft durch die Fassade nachströmt. Dieser Effekt funktioniert nur so lange, wie ein Temperaturgefällt zwischen der Innen- und Außenlufttemperatur besteht.

Wenn die Luftbewegung nur durch Wind angetrieben wird, strömt die Außenluft auf der Luv-Seite ins Gebäude und wird an der Lee-Seite nach draußen gezogen. Die Hauptwindrichtung in Augsburg ist aus Süd-Westen, weshalb angenommen wird dass die Durchströmung des Gebäudes auf Grund von Wind am Häufigsten von Süd nach Nord statt findet.

In der Realität treten die thermisch und windbedingten Durchströmungen nicht komplett getrennt voneinander auf, wodurch eine Mischung aus beiden Antrieben erwartet wird.

Nachtlüftung durch Thermik

Um abschätzen zu können welcher Luftwechsel bei der natürlichen Nachtlüftung erreichbar ist, wurde eine überschlägige Berechnung für den Raum 3153 des Luftvolumenstroms aufgrund von Thermik durchgeführt.

Der Volumenstrom ist für diesen Raum geringer als für die darunterliegenden, da der Höhenunterschied zwischen den Fassaden- und Dachöffnungen in den niedrigeren Geschossen größer ist.

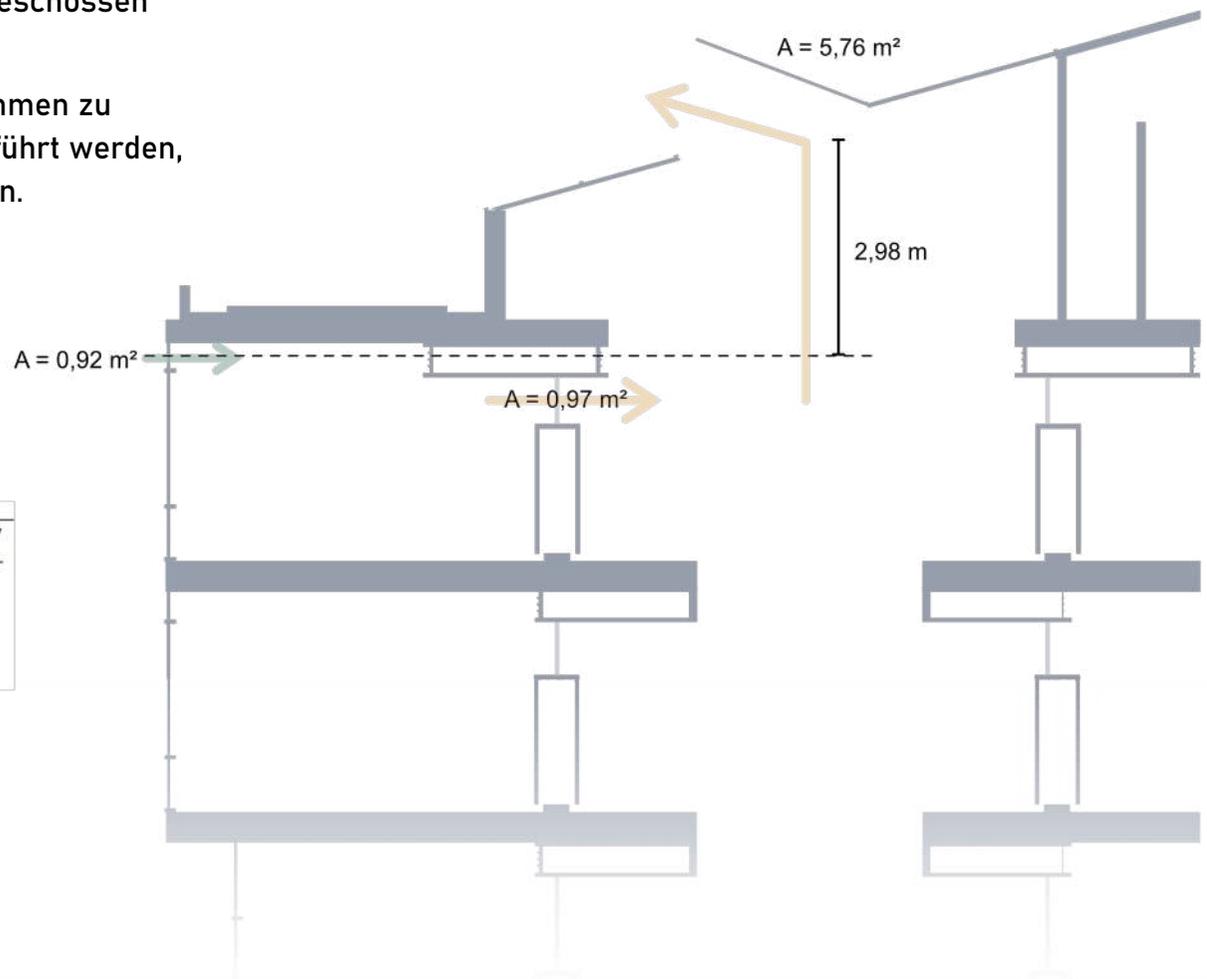
Um genaue minimale Öffnungen der Fassade bestimmen zu können muss eine detaillierte Berechnung durchgeführt werden, bei der alle Räume aller Geschosse beachtet werden.

| | |
|--------------------|-------------------------|
| T_{innen} | 22 °C |
| $T_{\text{außen}}$ | 20 °C |
| g | 9,81 m/s ² |
| C_d | 0,6 |
| V_{Raum} | 51 m ³ |
| H | 2,98 m |
| A_1 | 0,92 m ² |
| A_2 | 0,97 m ² |
| A_3 | 5,76 m ² |
| A_b | 0,15 m ² |
| $q_{v,b}$ | 208 m ³ /h |
| Luftwechsel | 4 h⁻¹ |

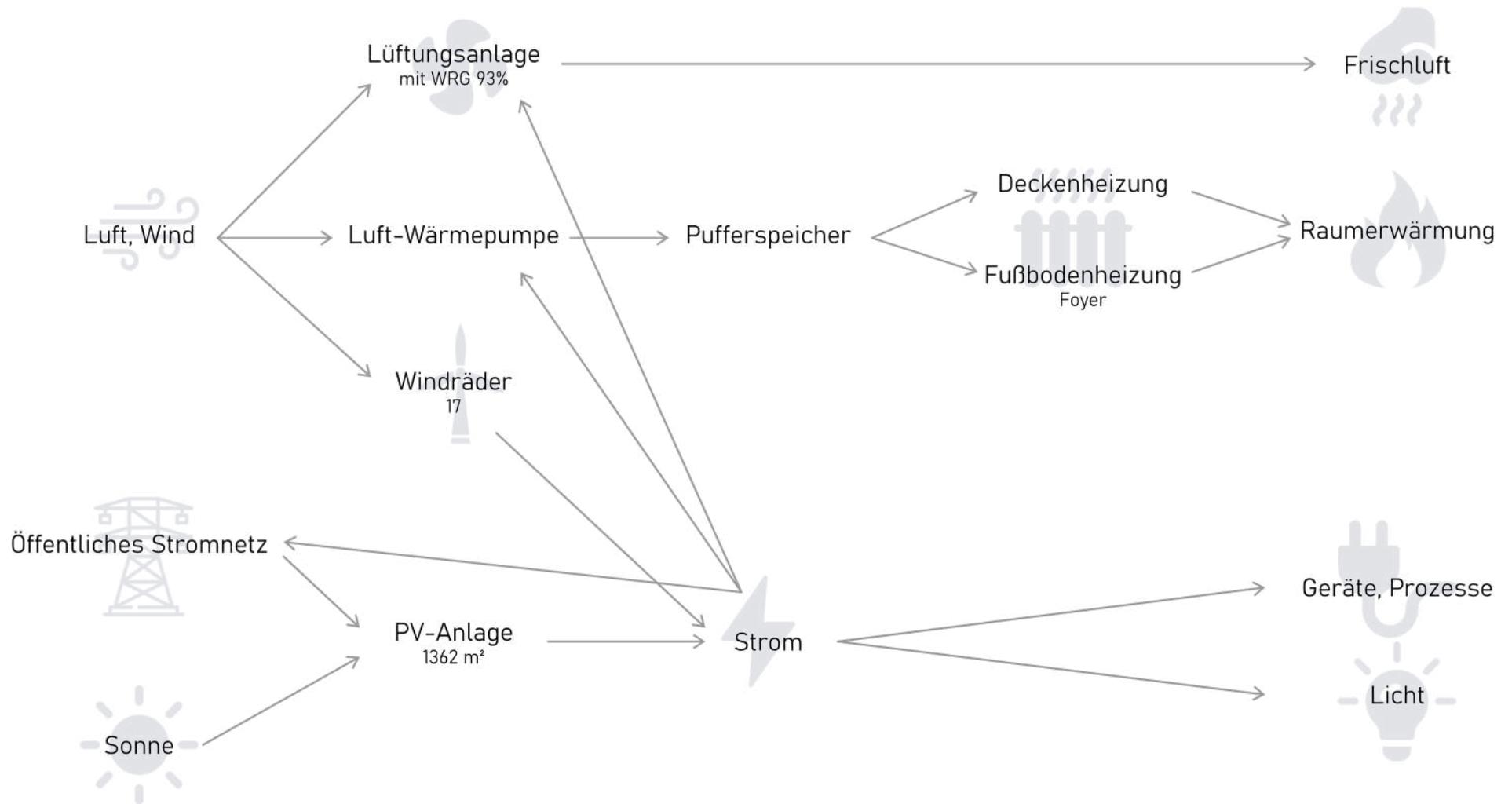
$$q_{v,b} = C_d A_b \sqrt{2 g H_1 \frac{\Delta T}{\bar{T}}}$$

$$\frac{1}{A_b^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2}$$

Die Fassadenöffnungen für die Nachtlüftungen müssen einbuchs- und starkregensicher sein, geplant sind opake Lamellenfenster.



7.3 ENERGIE SHEMA



7.4 LÜFTUNGSPLANUNG

R 3153

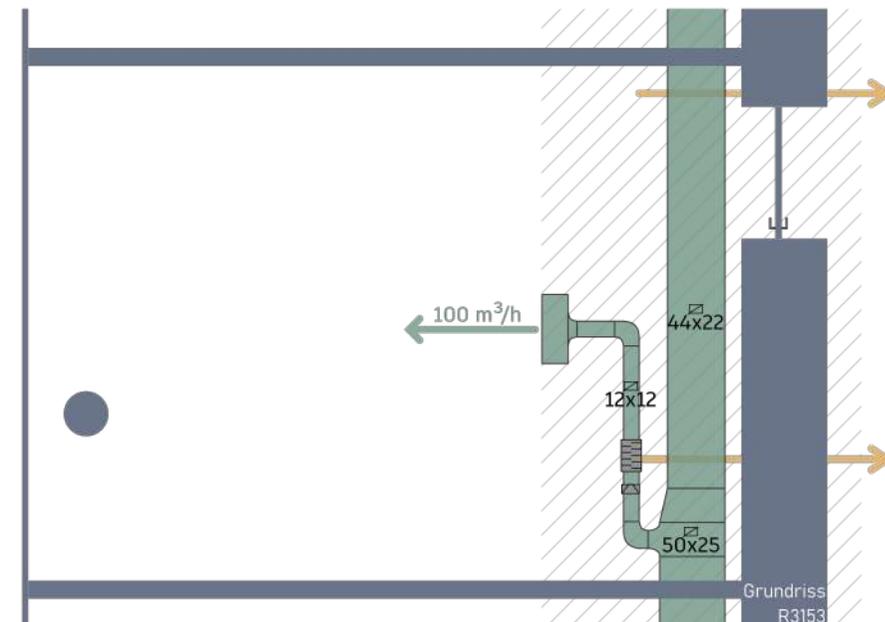
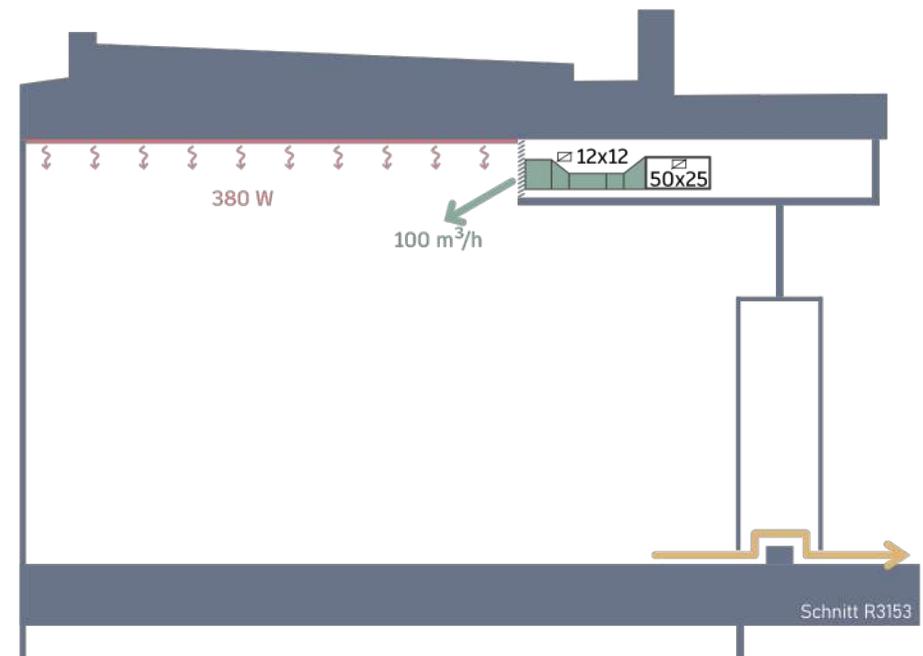
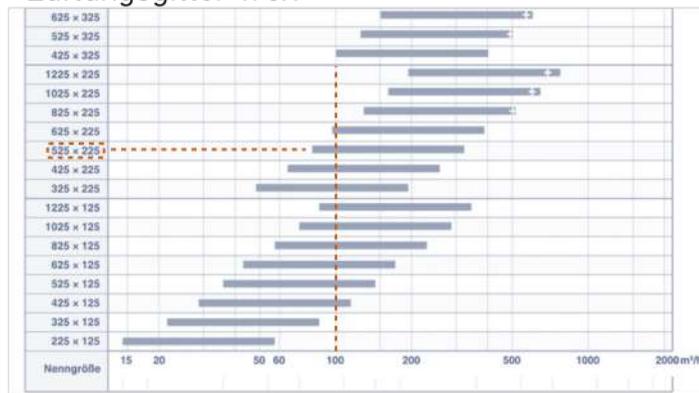
Für einen Raum im 2. Obergeschoss wurden die Leitungsgrößen für den Zuluftvolumenstrom ausgelegt und in Schnitt und Grundriss eingezeichnet.

Die Luftauslässe der Zuluft sind Lüftungsgitter, da der Luftauslass nicht die ganze Höhe und Breite der abgehängten Decke einnimmt, werden die restlichen Flächen mit einem optisch gleichen Gitter ausgestattet um ein einheitliches Erscheinungsbild zu erreichen.

| | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| Personenanzahl | 2 |
| Lüftungsrate für Personen | 25,2 m ³ /hPers |
| Raumfläche | 17,48 m ² |
| Lüftungsrate für Gebäudeemissionen | 2,88 m ³ /hm ² |

Benötigter Luftvolumenstrom 101 m³/h

Lüftungsgitter Trox



7.5 HEIZLAST

R 3153

Für den selben Raum für den auch die detaillierte Lüftungsplanung vorgenommen wurde, wurde auch die Heizlast berechnet, sie beträgt 453 W.

Für eine grobe Auslegung der Luft-Wärmepumpe des Gebäudes wurde dieser Wert auf alle Flächen außer die Verkehrsflächen hochgerechnet. Das Gebäude benötigt ca. 92 kW Heizlast, dies kann von 2 Luftwärmepumpen von Heliotherm (40kW + 55kW) geleistet werden. Die Wärmepumpen bestehen aus 2 Einheiten, eine ist im Freien, auf dem westlichen Teil des Flachdach des Büros, aufgestellt (h= 1506 x b= 1137 x t= 1998/2953), die andere Komponente (h= 1602/1700 x b= 687/913 x t= 715/1203) im Inneren des Gebäudes, im Technikgeschoss.



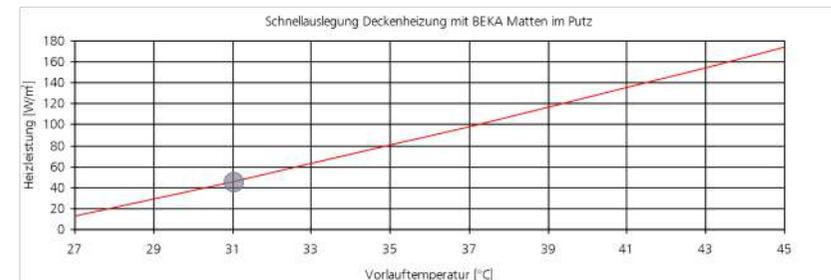
Auslegung Flächenheizung

Die Räume werden durch eine Deckenheizung (Putzdecke mit Kapillarrohrmatten) geheizt.

Im Raum 3153 (und anderen im 2. Obergeschoss) besteht der größte Flächenunterschied zwischen der Grundfläche und der für die Deckenheizung nutzbarer Fläche, da in diesem Stockwerk die abgehängte Decke weit in den Raum hineinragt, deshalb wird davon ausgegangen, dass die gewählte Vorlauftemperatur auch für die anderen Räume ausreichend ist.

Der betrachtete Raum 3153 hat eine maximal mögliche Fläche für die Deckenheizung von 11,18m², die Heizlast beträgt 452,77 W. Um diesen Wert mit der vorhandenen Fläche decken zu können, wurde eine Vorlauftemperatur von 31°C gewählt.

Die Werte wurden aus Schnellauslegungstabelle ermittelt.

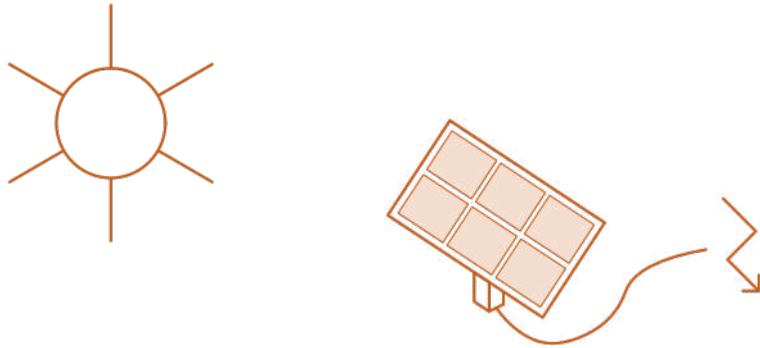


Max. Fläche für Deckenheizung 11,18 m²
benötigte Heizleistung 452,77W

Vorlauftemperatur 31 °C
Heizleistung 48 W/m²
benötigte Fläche 9,43 m²

7.6 ERNEUERBARE ENERGIEN

PHOTOVOLTAIK



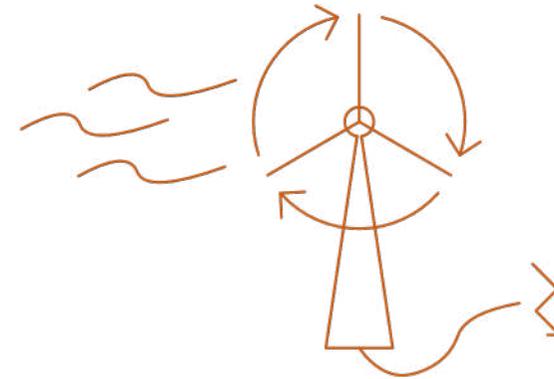
- + Guter Wirkungsgrad
- + Große Herstellerauswahl
- + Gute Nutzerakzeptanz
- + Keine Geräuschbelastung
- + Integration am Gebäude möglich

- Abhängigkeit von Sonne/ Tageslicht

→ Nachts keine Produktion $\leftarrow \overset{\text{Synergie}}{\text{---}} \rightarrow$ → Produktion Nachts, im Winter

↳ Hohes Nutzungspotential

WINDKRAFT

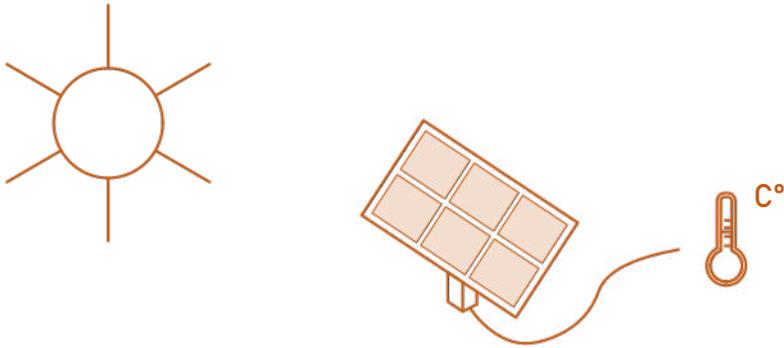


- + Geringe Herstellerauswahl
- + Unabhängigkeit von Sonne
- + Ideale Kombination mit PV

- Niedriger Wirkungsgrad
- Mögliche Geräuschbelastung
- Niedrige Nutzerakzeptanz
- Hohe optische Auswirkung

↳ Mittleres Nutzungspotential

SOLARTHERMIE



- + Hoher Wirkungsgrad
- + Gute Nutzerakzeptanz
- Kein Trinkwarmwasserbedarf
- Produktion v.a. im Sommer, Bedarf im Winter
→ hohe Speicherverluste

↳ **Geringes Nutzungspotential**

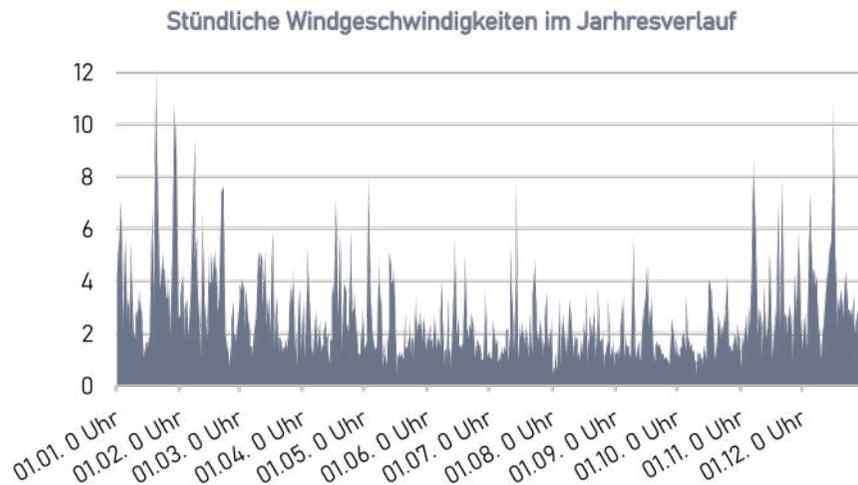
7.6.1 WINDENERGIE

Randbedingungen

Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in Augsburg in 10 m Höhe beträgt 3,19 m/s (Energieatlas), jedoch gibt es starke Schwankungen im Jahres- und Tagesverlauf, weswegen auch deutlich höhere Windgeschwindigkeiten entstehen können. Die Hauptwindrichtung in Augsburg ist aus Westen.

In der folgenden Tabelle sind die Windgeschwindigkeiten stündlich im Jahresverlauf aufgezeigt (Daten des deutschen Wetterdienstes, Bildung eines mittleren Jahres aus den Beobachtungsdaten des Zeitraums 1995-2012).

An der monatlichen Stromproduktion der Windräder ist deutlich zu erkennen, dass vor allem im Winter höhere Windgeschwindigkeiten auftreten, wodurch die Stromerzeugung durch die Photovoltaik-Module, die ihren höchsten Ertrag im Sommer haben, ideal ergänzt werden.



Quellen:

Deutscher Wetterdienst (Wetterdaten)

<https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/>

?lang=de&topic=energie_gesamt&bgLayer=atkis&E=641164.24&N=5356003.74&zoom=12&layers=b42f7ac9-485d-4934-9610-5e53f96a992c,afle0dfe-3734-49ce-8334-
ea252ae0fb4d&layers_visibility=false,true&layers_opacity=1,0.65

<https://www.enessere.com/en/products/hercules-wind-turbine/>

<https://www.enessere.com/en/enessere-configurator/>

Vertikaler Helix Darrieus-Rotor von ENESSERE

Die Windkraftanlagen haben eine vertikale Rotationsachse und sind Schnellläufer, dies bedeutet, dass die besondere Form der Rotorblätter einen aerodynamischen Auftrieb, ähnlich einem Flugzeug bewirken. Der Wind wird ober- und unterhalb der Rotorblätter vorbeigeführt, wobei die Luft auf der Oberseite des Rotorblattes aufgrund der Wölbung des Blattes schneller strömt, als auf der Unterseite, da dort der Weg länger ist.

Die Windturbinen sind 8,85 m hoch und haben eine Breite bzw. einen Kreisdurchmesser, den die Rotorblätter beschreiben, von 2,68 m.

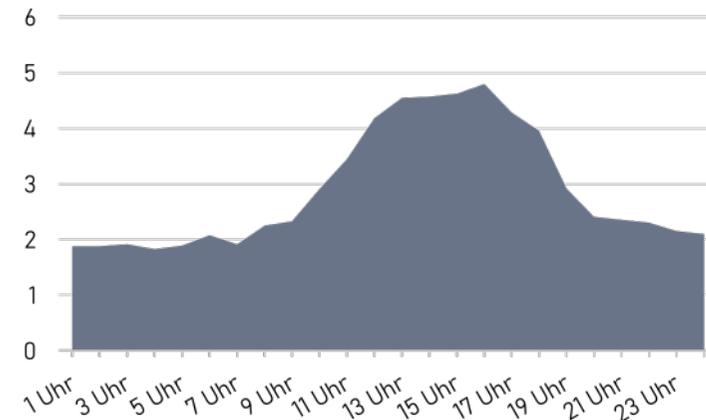
Sie schaltet sich erst bei ca. 4 m/s ein, da davor die Windkraft kaum rentabel ist und hat eine Nennleistung von 3,5 kW.

Die Rotorblätter bestehen aus Carbon und sind mit Holz bedeckt, das wie das Gebäude des Landesamts für Umwelt auch eine Synthese zwischen Natur und Technik, warm und kalt wirkenden Materialien schafft.

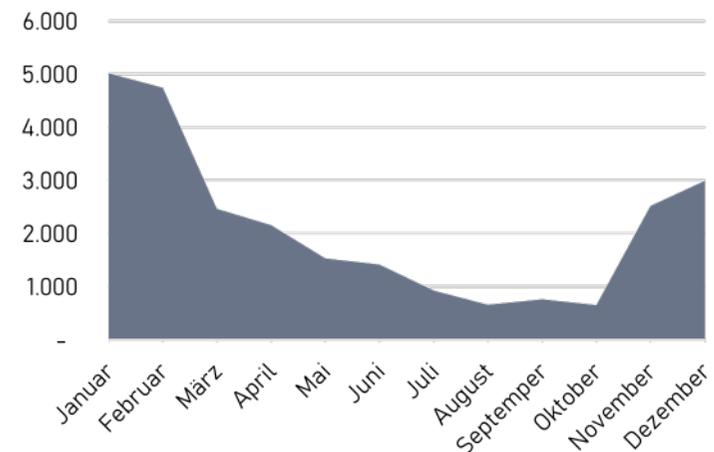
Insgesamt können ca. 53 Windturbinen auf dem Gelände aufgebaut werden, hierfür eignet sich vor allem der westliche Teil des Grundstücks, da in diesem Bereich westlich nur niedrigere Gebäude stehen und die Hauptwindrichtung in Augsburg Westen ist. Da jedoch nur einer der 3 alten Gebäudeteile des LfUs betrachtet wird, muss die Anzahl der Windturbinen durch drei geteilt werden, dies ergibt eine Anzahl von 17.

Dadurch können im Jahr ca. 1.900 kWh Strom produziert werden, der besonders im Winter und in der Nacht den solaren Strom optimal ergänzt.

Durchschnittliche Stromproduktion nach Uhrzeit



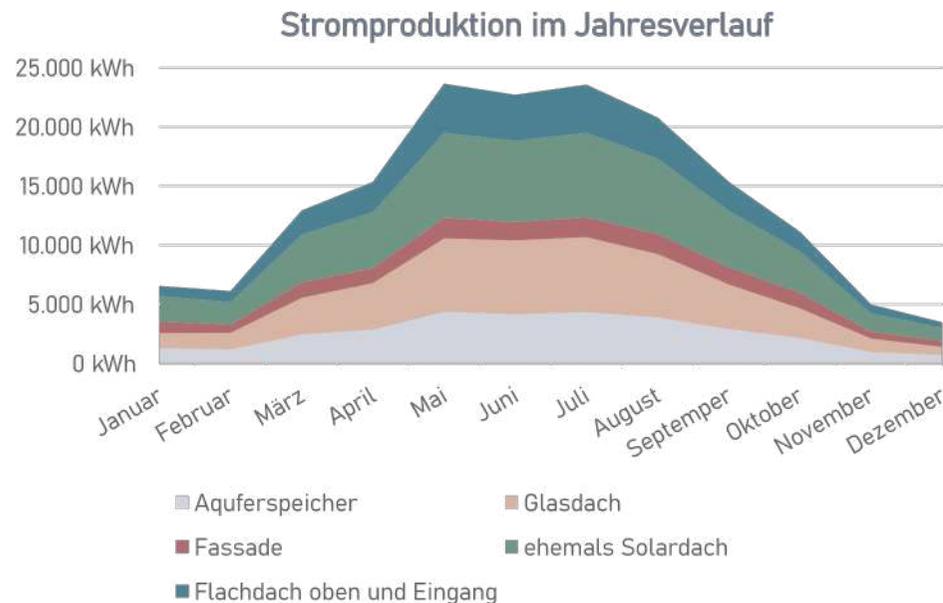
Monatliche Stromproduktion der Windräder



7.7.1 SOLARENERGIE

Sonnenstrahlung

Jährlich scheint die Sonne ca. 1.700 h, dies entspricht einer Leistung von ca. 1.150 bis 1164 kWh/m². Da Augsburg in den nördlichen Breitengraden liegt, sind die Sonnenstunden im Sommer häufiger als im Winter, wodurch im Sommer mehr Solarstrom produziert werden kann. Zur Unterstützung der solaren Energiegewinnung dient vor allem nachts und in den Wintermonaten Windkraft.



Flächen

Die Solarthermie auf dem Dach wird durch PV-Module ersetzt, da nur wenig Warmwasser - ausschließlich für die Heizung an kalten Tagen - benötigt wird und zu diesen Zeiten die durch Solarthermie gewonnene Wärme geringer ist als an warmen Sommertagen. Strom wird auch an warmen Tagen für den Betrieb der Lüftungsanlage und Prozesse im Gebäude benötigt, sodass dieser immer genutzt werden kann. Überschüssiger Strom kann entweder gespeichert oder ins öffentliche Netz eingespeist werden und hat dadurch weniger Verluste als die Speicherung der Wärme im beschädigten Aquiferspeicher.

Die Brüstungsbereiche in Süden und Westen der Fassade werden mit PV belegt, die PV-Zellen im Glasdach erneuert und neue PV-Module auf dem obersten Flachdach und auf dem Dach des Verbindungsriegels installiert.

Auf dem Parkplatz könnte insgesamt eine Fläche von ca. 2.500m² mit PV überdacht werden, für den in dieser Arbeit betrachteten Gebäudeteil würde das einen Jahresstromertrag von 127.000 kWh bedeuten. Trotz dieses beachtlichen Betrags wurde diese Fläche nicht zur Stromerzeugung genutzt, da hierfür Bstandsbäume gefällt werden müssten.

Die Fläche des Aquiferspeichers soll zur Stromerzeugung genutzt werden. Insgesamt würde eine Fläche von ca. 1.800 m² zur Verfügung stehen, für den Verwaltungsteil 1 bedeutet das eine Stromproduktion von 31.000 kWh.

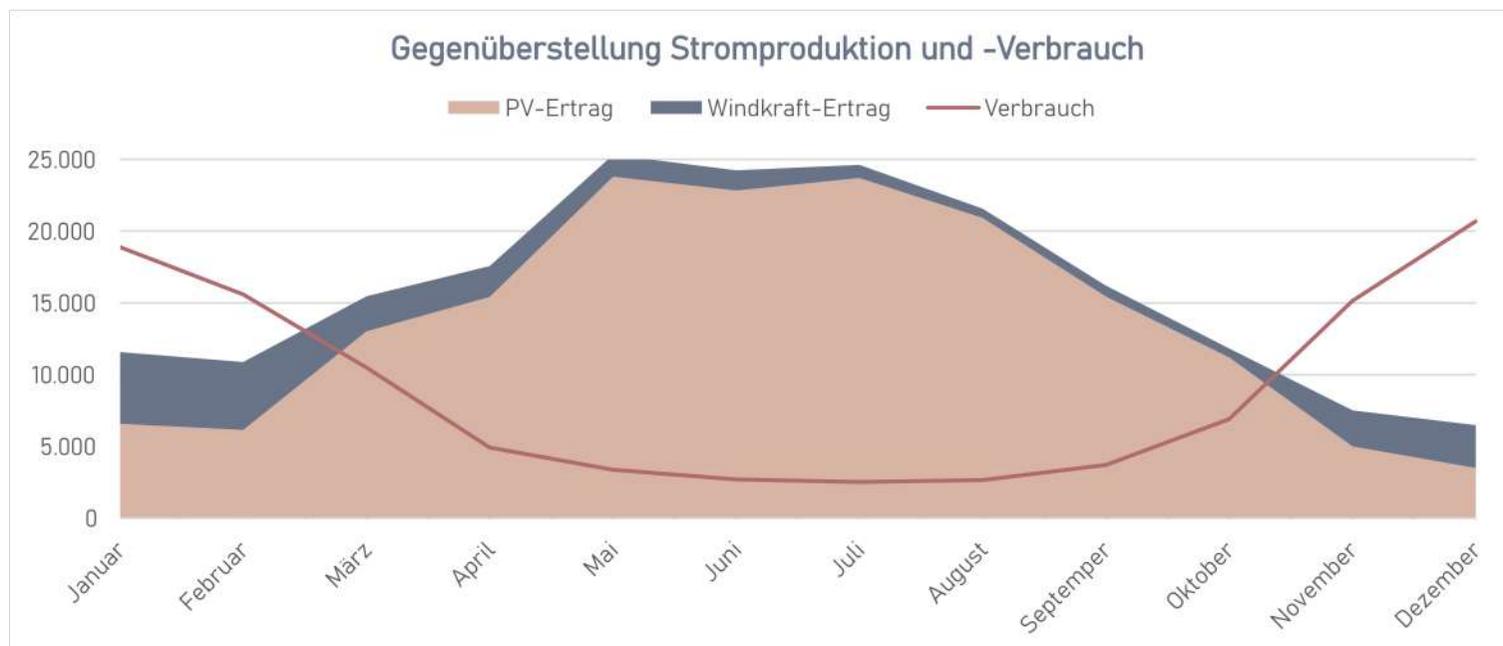
7.7.2 VERGLEICH STROMVERBRAUCH- UND ERZEUGUNG

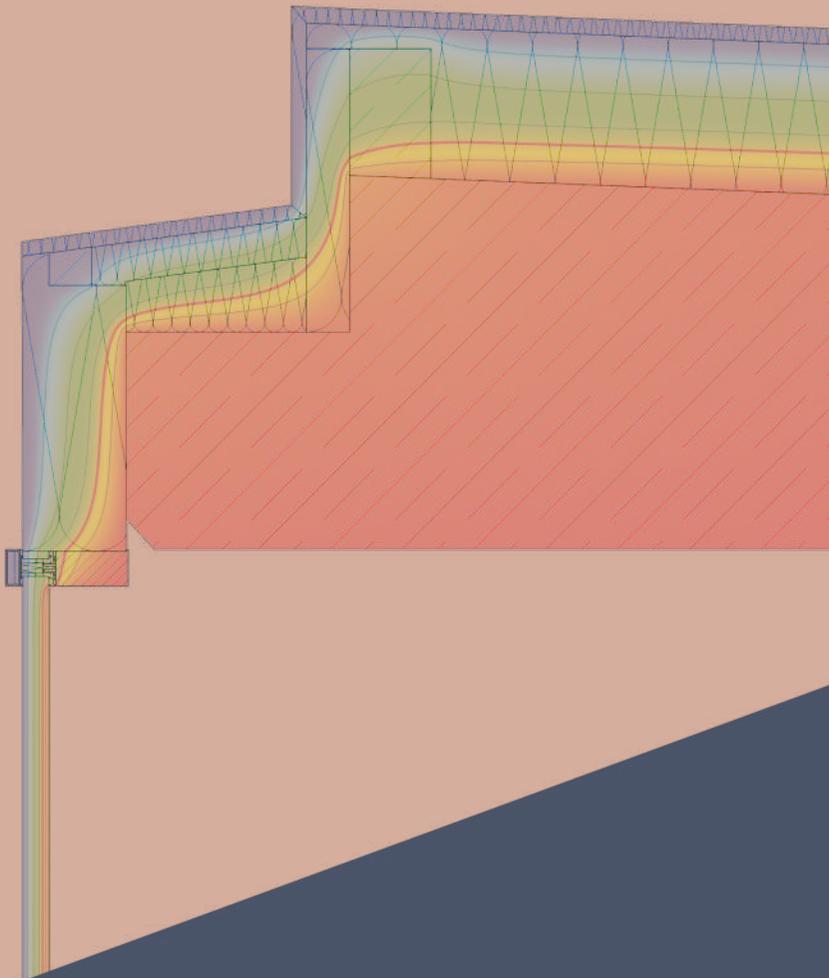
Da für alle gebäudetechnischen Anlagen (Lüftung, Heizung durch Luftwärmepumpe, Beleuchtung) ausschließlich Strom verwendet wird, lässt sich der Stromverbrauch sehr gut mit dem selbst durch Solarenergie oder Windkraft erzeugtem Strom gegenüberstellen.

In den Sommermonaten wird mehr Strom produziert als benötigt, in den Wintermonaten tritt das Gegenteil ein, das jedoch durch die Windräder abgemindert wird.

Über das Jahr gesehen wird am und um den Gebäudeteil des Landesamts für Umwelt mehr Strom produziert als für die Anlagen benötigt wird, sodass die benötigte Prozessenergie ganz bzw. teilweise mitgedeckt werden kann.

Es wäre überlegenswert einen Stromspeicher für kurzweilige Stromüberschüsse einzubauen, theoretisch wäre auch ein Langzeitspeicher für die Wintermonate möglich, jedoch würden dabei Verluste entstehen, die mit beachtet werden müssten und in der Gegenüberstellung im Rahmen dieses Projekts nicht betrachtet wurden.





08

**ENERGETISCHE
BEWERTUNG
SANIERUNG**

8.1 ERGEBNISSE DER ENERGIEBILANZIERUNG

8.7.1 KENNZAHLEN UND VERGLEICH ZU BESTAND

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich nur auf die Ergebnisse nach der Energiebilanzierung mit ZUB Helena Ultra und bieten eine bessere Möglichkeit des Vergleichs mit dem Bestandsgebäude.

Um die Klimaneutralität des Gebäudes im Betrieb nach der Sanierung nachzuweisen, wurde mit diesen Werten weitergerechnet.

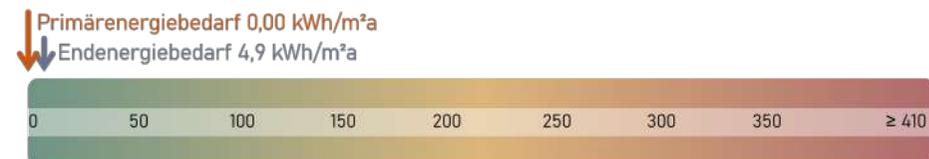
| | | Sanierung | | Bestand |
|----------------------------|-------|---|-----------------------|--|
| Endenergiebedarf | Q_E | 4,9 kWh/m²a 36.447 kWh/a | -95 % -96 % | 89,2 kWh/m ² a 842.481 kWh/a |
| Primärenergiebedarf | Q_P | 8,8 kWh/m²a 65.605 kWh/a | -82 % -86% | 49,3 kWh/m ² a 465.635 kWh/a |

Durch Gegenrechnen der CO₂-äquivalenten Emissionen des Stromverbrauchs und der kompletten Stromproduktion am/um das Gebäude wird das Gebäude klimapositiv. Die CO₂-äquivalenten Emissionen für Strom betragen laut DIN V 18599-1 Anhang A 550 g/kWh.

| | Strom [kWh/a] | CO ₂ -Äquivalent [t/kWh] |
|--------------|------------------|--|
| Verbrauch | 107.520 | 59 |
| Produktion | 193.297 | -106 |
| Insg. | +85.778 | -47 t/kWh |

Im Rahmen der Energiebilanz kann nur der Strom angerechnet werden, der unmittelbar nach der Erzeugung genutzt wird, somit kann der Stromüberschuss im Sommer nicht mit dem Defizit im Winter ausgeglichen werden.

Da das Gebäude nur Strom verbraucht - für die Wärmeerzeugung mit einer Wärmepumpe, die Lüftungsanlage und die Beleuchtung - reicht es in diesem Fall einen reine Betrachtung des Stromverbrauchs und -Erzeugung.



Mittlere U-Werte

| | Bestand | | Sanierung | |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| | Ist-Wert [W/m ² K] | Ist-Wert [W/m ² K] | Soll-Wert [W/m ² K] | % Vom Soll-Wert |
| Opake Außenbauteile | 0,26 | 0,11 | 0,28 | 39,3 % |
| Transparente Außenbauteile | 1,90 | 0,90 | 1,50 | 60,0 % |
| Vorhangfassaden | 1,40 | 0,52 | 1,50 | 34,7 % |
| Glasdächer, Lichtkuppeln | 1,90 | 0,90 | 2,50 | 36,0 % |

8.1.1 NEUDEFINITION DER THERMISCHEN HÜLLE

Um insgesamt Energie zu sparen wurde das Kellergeschoss (abzüglich den Umkleiden, Sanitärräumen und Treppenkernen) aus der thermischen Hülle entfernt.

Ein wichtiges Kriterium für diese Entscheidung war, dass dadurch die schlecht erreichbare/n und schlecht gedämmte/n Bodenplatte und die Kellerwände energetisch nicht angegriffen werden müssen, somit müssen die Kellerwände nicht abgegraben werden, die Höfe besser erhalten werden, und der Fußboden des Kellers muss nicht komplett erneuert werden. Da die wärmeübertragenden Flächen der beheizten Räume durch im Keller nur einen sehr geringen Anteil an den restlichen

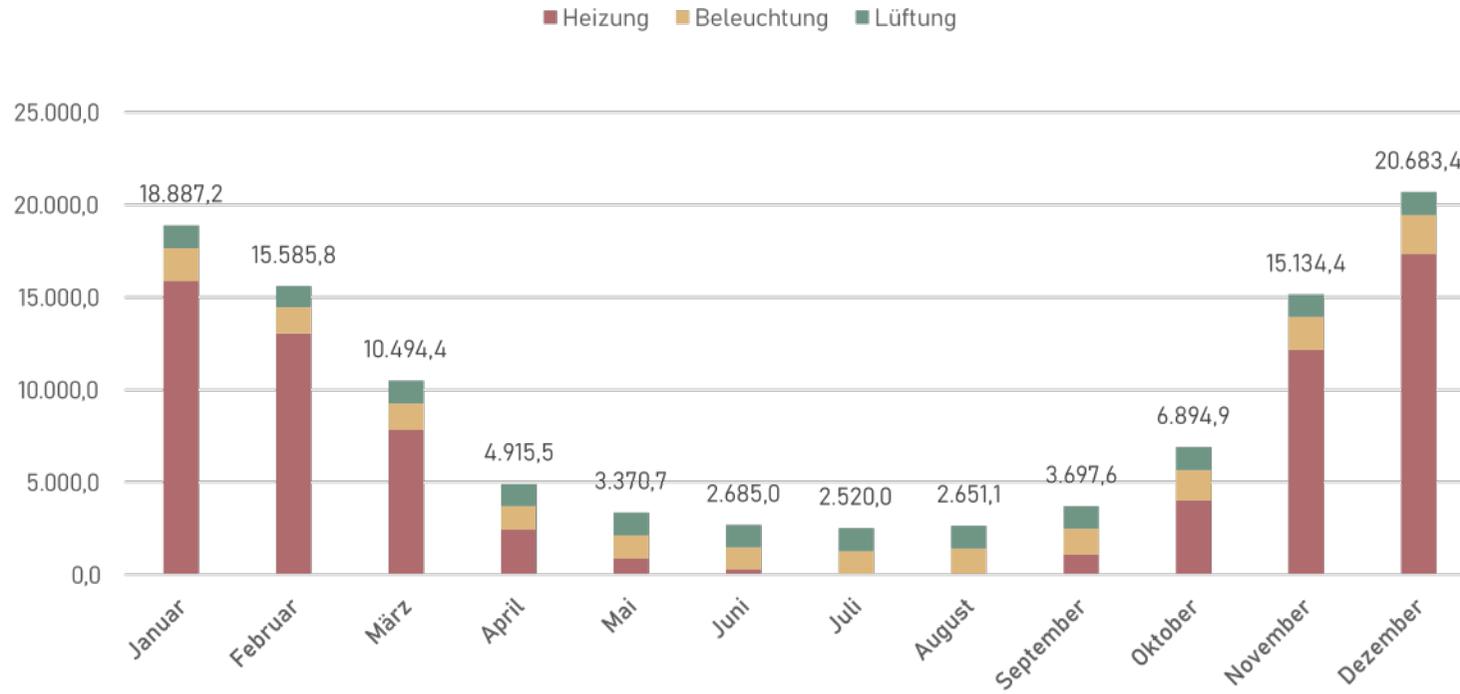
Flächen haben und somit einen geringen Einfluss auf die Wärmeverluste der Gebäudehülle haben, können sie unverändert bleiben. Allein die Innenwände des Kellers, zugehörig zu den beheizten Räumen, sollen außenseitige gedämmt werden.

Durch diese Änderung der thermischen Hülle wird die Kellerdecke zu einem wärmeübertragenden Bauteil und muss unterseitig gedämmt werden (ausgeschlossen die Flächen der Decke, die unbeheizte Kellerräume grenzen). Um hierbei Wärmebrücken zu vermeiden empfiehlt sich eine Flankendämmung der Kellerwände.

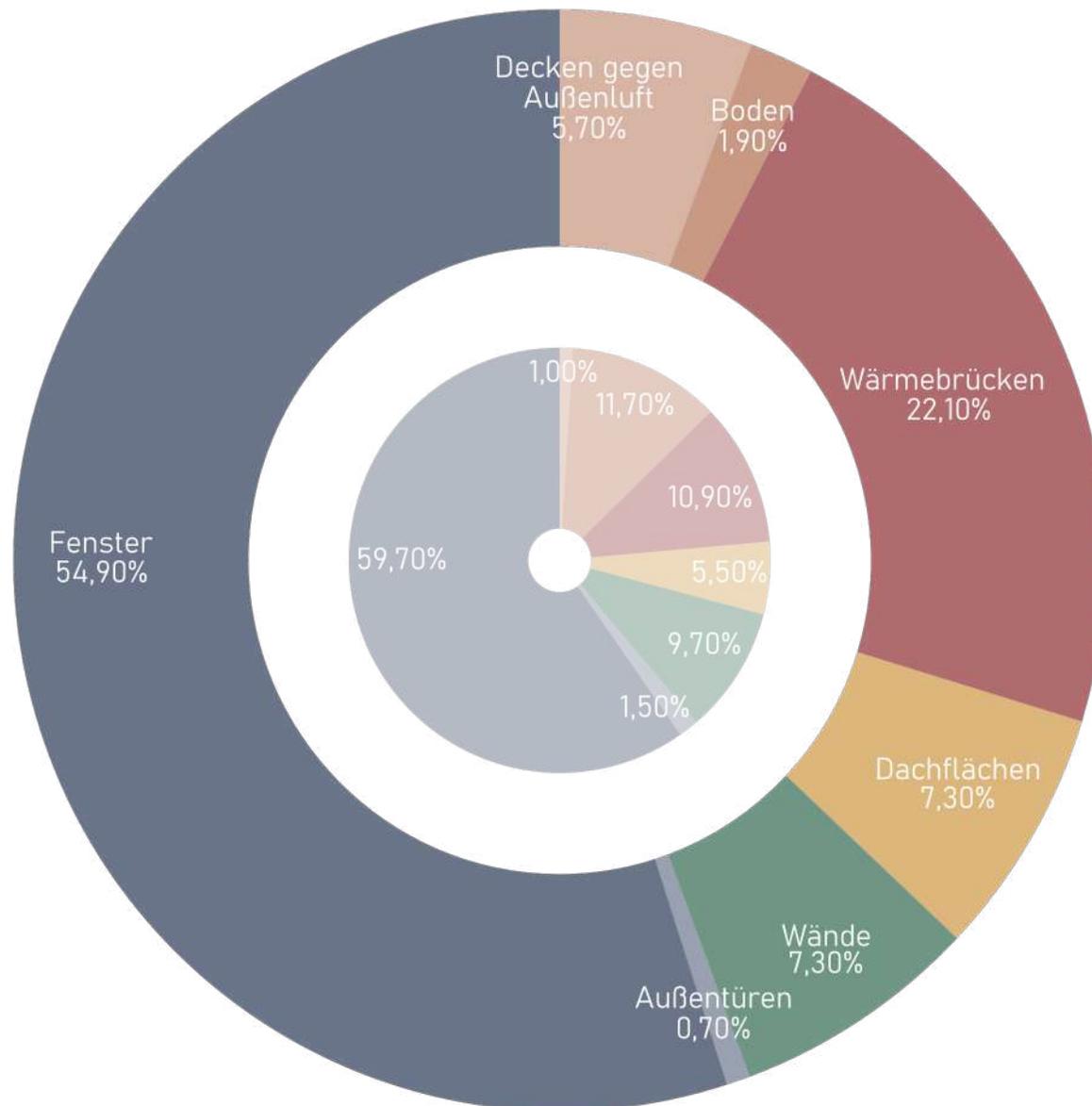
| | | ohne Keller | | mit Keller |
|---------------------|-------|---|---------------------|---|
| Endenergiebedarf | Q_E | 36.447 kWh/a 4,9 kWh/m ² a | -21 % 0 % | 46.227 kWh/a 4,9 kWh/m ² a |
| Primärenergiebedarf | Q_P | 65.605 kWh/a 8,8 kWh/m ² a | -21 % 0 % | 83.209 kWh/a 8,8 kWh/m ² a |

Bei der Vergleichsbilanz mit komplettem Keller in der thermischen Hülle, wurden die Kellerwände und die Bodenplatte des Kellers nicht zusätzlich gedämmt.

8.1.2 ENDENERGIEBEDARF



8.1.3 ANTEILIGE WÄRMEVERLUSTE DER GEBÄUDEHÜLLE



In der nebenstehenden Graphik sind die anteiligen Wärmeverluste der Gebäudehülle vom Bestand (innerer Ring) und Sanierung (äußerer Ring) aufgetragen.

Daran lässt sich deutlich erkennen. Dass die Fenster/Pfosten-Riegel-Fassade - wie auch im Bestand - einen großen Anteil zu den Verlusten beiträgt.

Besonders auffällig sind die Werte des unteren Gebäudeabschlusses und der Wärmebrücken.

Da der große Teil des Untergeschosses nach der Sanierung nicht mehr Teil der thermischen Hülle ist und somit die Kellerdecke nicht mehr dem Anteil des „Bodens“, sondern dem der „Decken gegen Außenluft“.

Da der Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ verwendet wurde (gleich zur Bestandsbilanzierung), da kein Gleichwertigkeitsnachweis nach DIN 4108 Beiblatt 2 geführt wurde, die U-Werte sich jedoch stark verbessert haben, haben die Wärmebrücken anteilig einen wesentlich größeren Einfluss in der Sanierung als im Bestand.

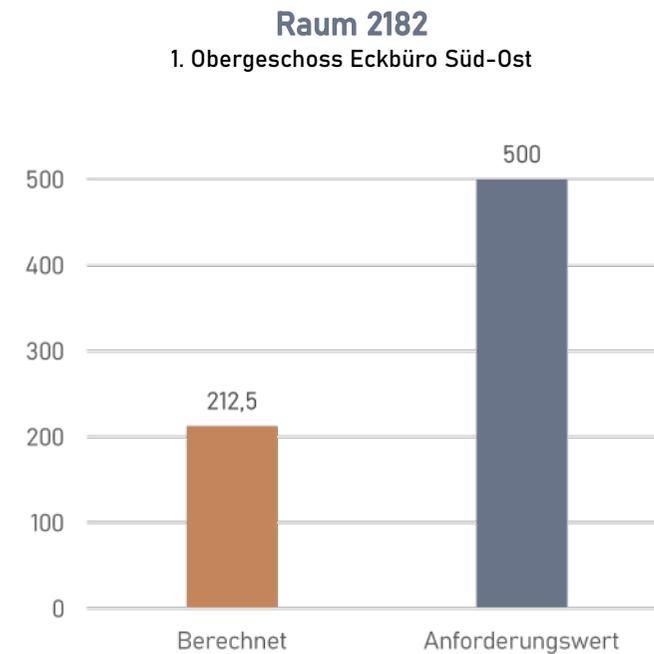
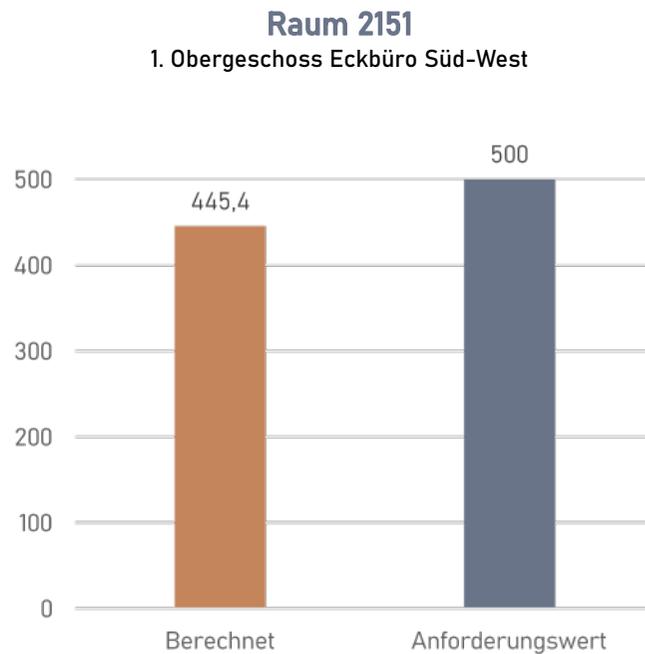
8.2 SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Der sommerlichen Wärmeschutz wurde für 2 Eckbüros simuliert und kann eingehalten werden.

Für die beiden Räume wurde auch der sommerliche Wärmeschutz nach Sonneneintragskennwertverfahren für den Bestand berechnet, hier konnte die Anforderung nicht erfüllt werden.

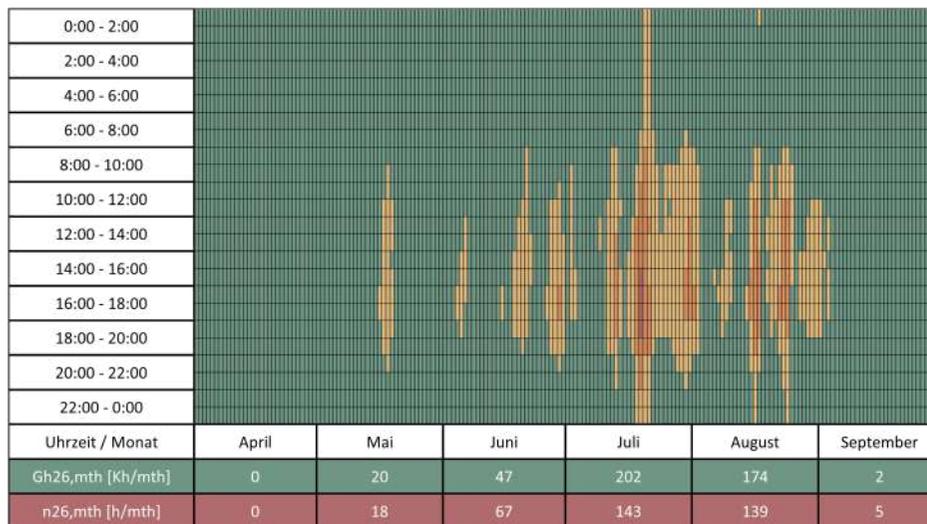
Wesentlich zur Einhaltung tragen die opaken Flächen der Fassade und der niedrigere g-Wert (0,17, gemittelt aus opaken und transparenten Bauteilen) der Verglasung bei.

Als Sonnenschutzvorrichtungen wurde eine Markise (gleiche wie im Bestand, $F_C = 0,25$) und der Gitterbelag des Putzgangs ($F_C = 0,9$), der optimiert auf den Sonneneinfallwinkel im Sommer ist, angesetzt.



Raum 2151

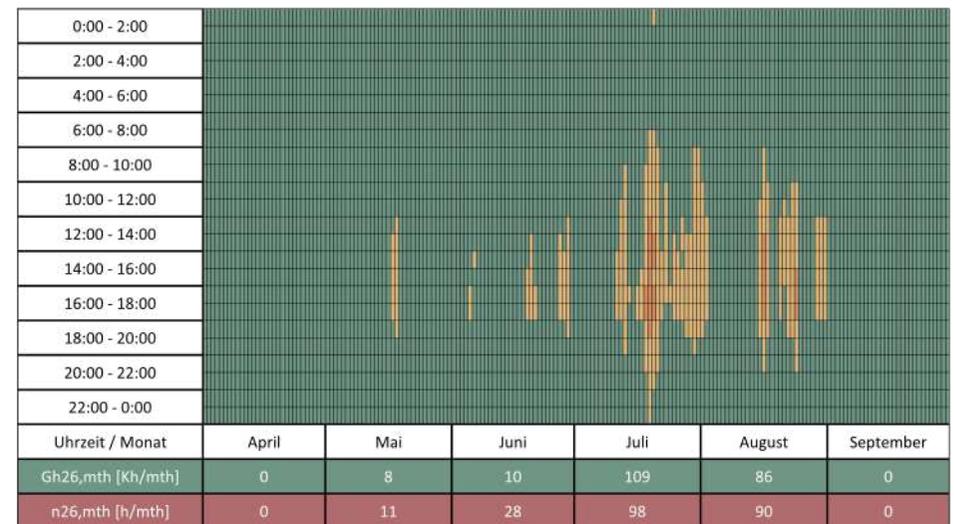
1. Obergeschoss Eckbüro Süd-West



- keine Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} = 26\text{ °C}$
- Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} = 26\text{ °C}$
- Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} + 2\text{ °C} = 28\text{ °C}$
- Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} + 4\text{ °C} = 30\text{ °C}$
- Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} + 6\text{ °C} = 32\text{ °C}$

Raum 2182

1. Obergeschoss Eckbüro Süd-Ost



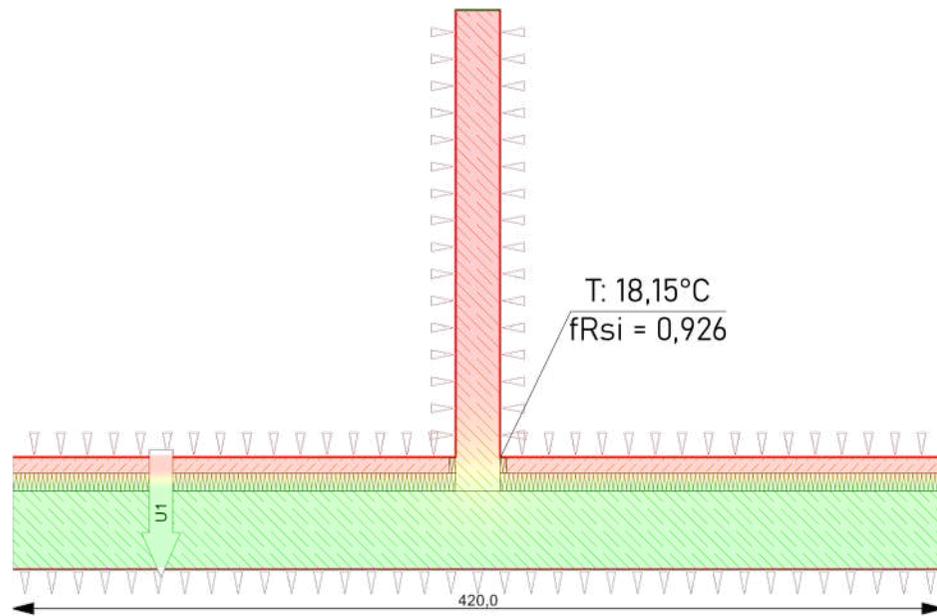
- keine Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} = 26\text{ °C}$
- Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} = 26\text{ °C}$
- Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} + 2\text{ °C} = 28\text{ °C}$
- Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} + 4\text{ °C} = 30\text{ °C}$
- Überschreitung der Bezugstemperatur $\theta_{b,op} + 6\text{ °C} = 32\text{ °C}$

8.3 WÄRMEBRÜCKEN

8.2.1 BODENPLATTE / KELLERINNENWAND

Bestand

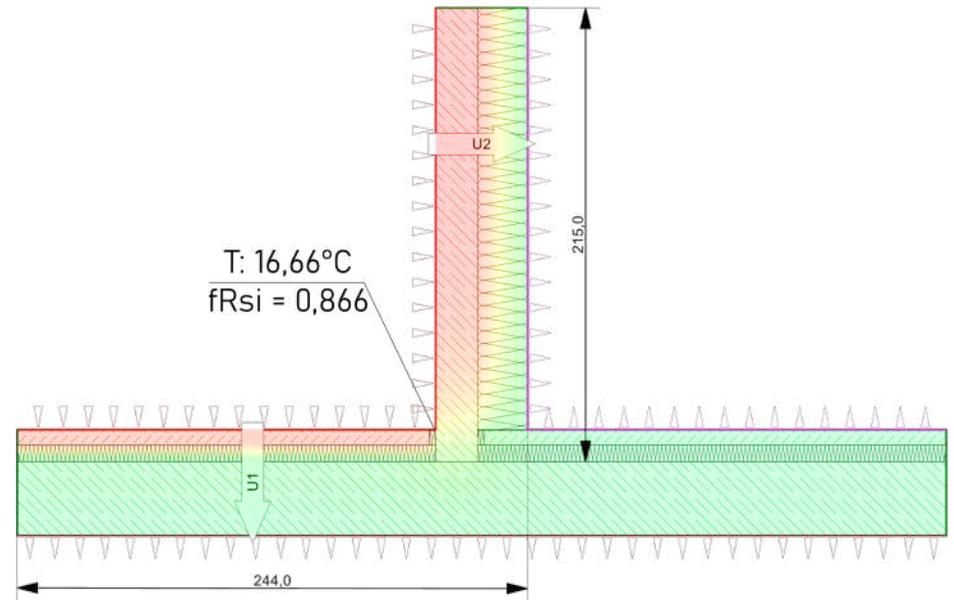
$\Psi_{si} = 0,4255 \text{ W/mK}$



U1 0,42 W/m²K

Sanierung Variante 1

$\Psi_{si} = 0,3691 \text{ W/mK}$

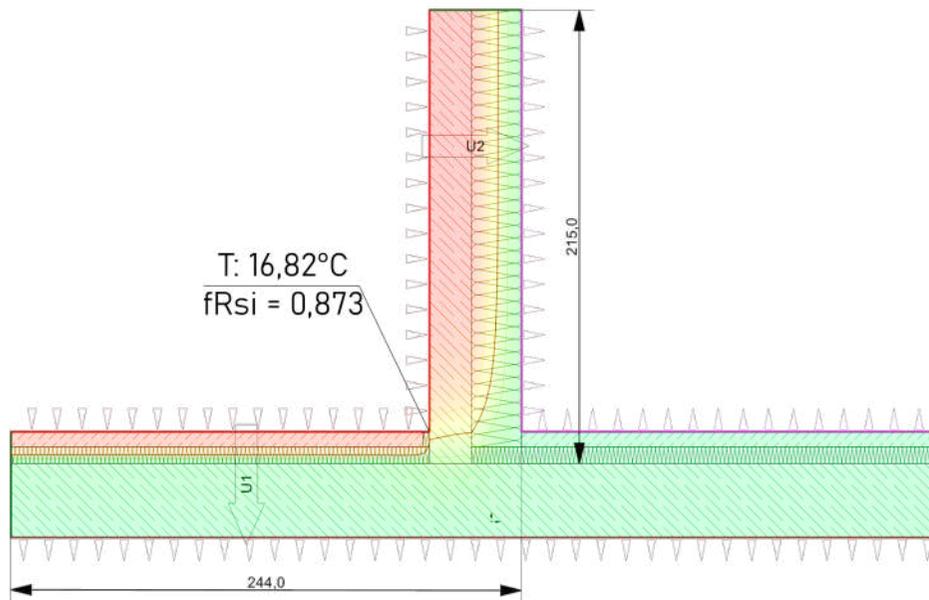
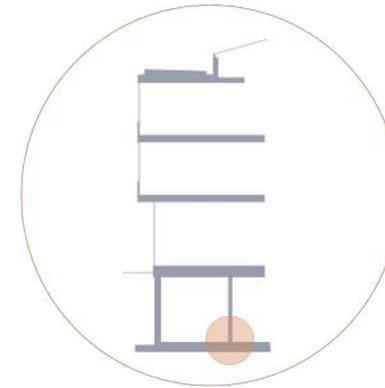


U1 0,42 W/m²K

U2 0,12 W/m²K

Sanierung Variante 2

$\Psi_{si} = 0,3577 \text{ W/mK}$



U1 $0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$

U2 $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$

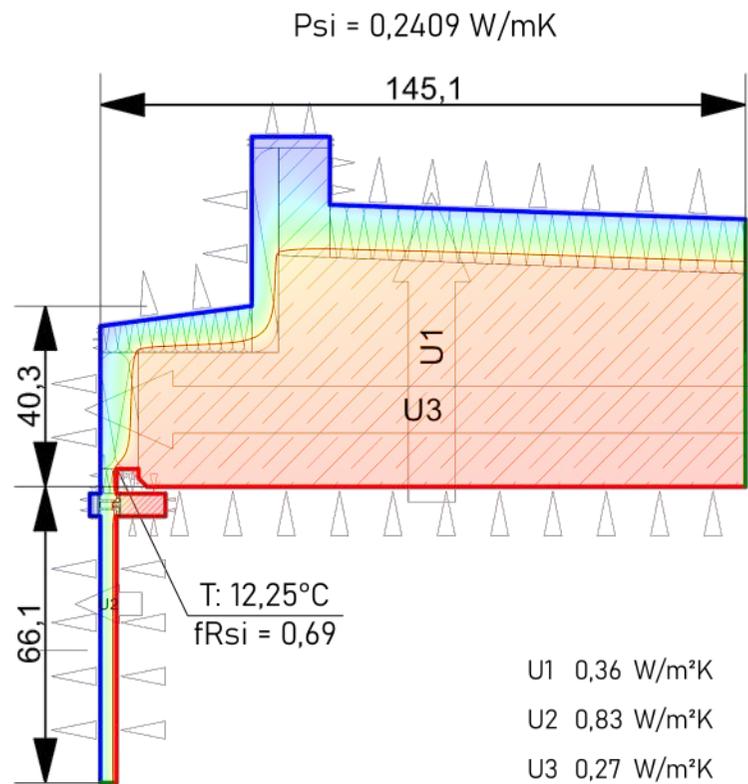
Für die Sanierung wurde Variante 1 gewählt.

Ausschlaggebend hierfür war - trotz der geringeren Oberflächentemperatur und des höheren Ψ -Wertes - der geringere Aufwand der Dämmung der Kellerinnenwand. Hierfür muss der Estrich nicht im Randbereich entfernt werden, dies spart Arbeitszeit.

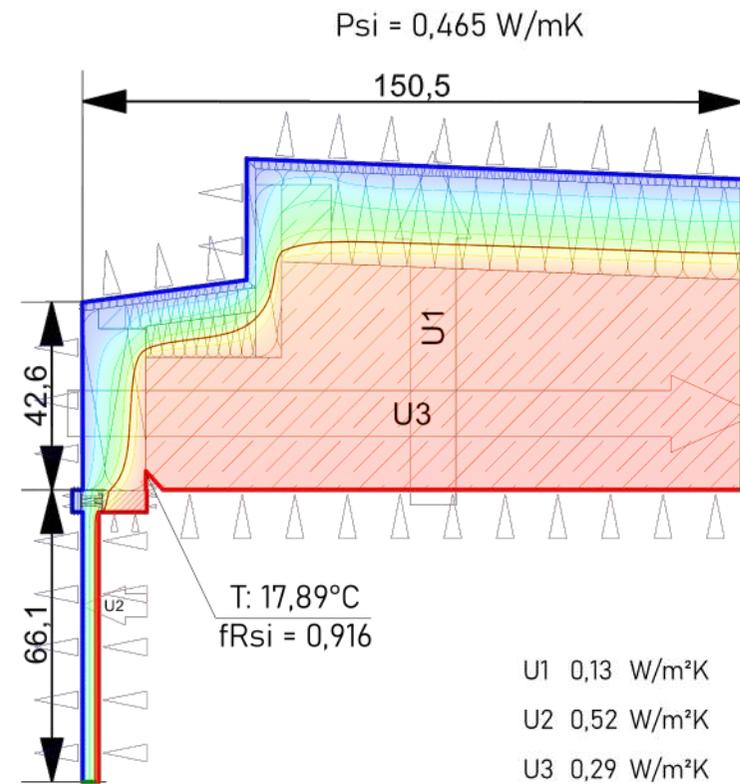
Da durch das Schneiden von Estrich ein Risiko besteht diesen in Bereichen, die erhalten bleiben sollen, zu beschädigen, wurde nicht Variante 2 gewählt.

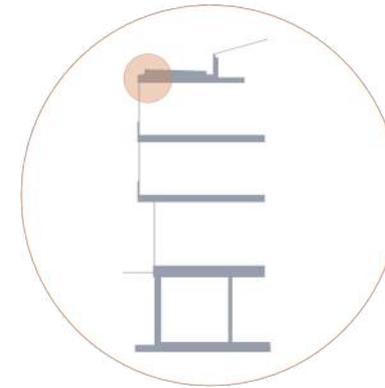
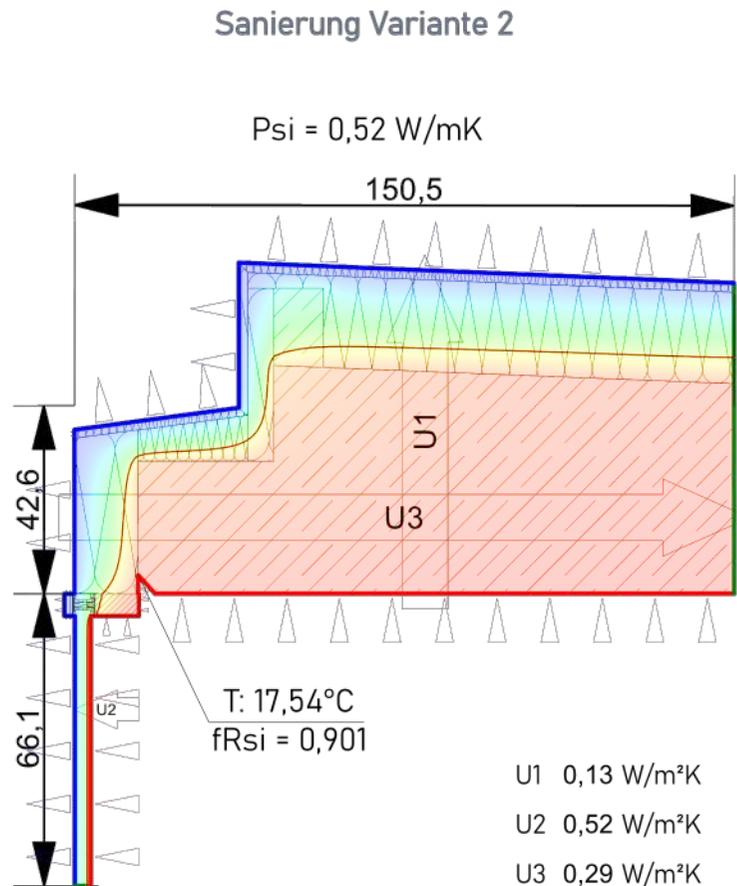
8.3.1 ATTIKA

Bestand



Sanierung Variante 1





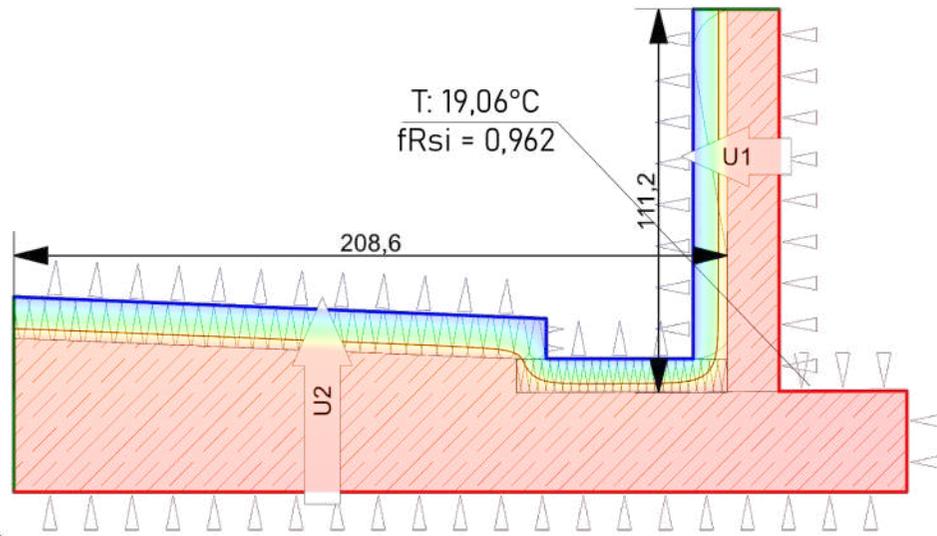
Im Bestand lag die minimale Oberflächentemperatur laut der Wärmebrückenberechnung unter der Grenze von $12,6^\circ\text{C}$, dies weist auf ein mögliches Schimmelpilzrisiko und Tauwasserausfall hin.

Für die Sanierung und die Detailzeichnungen wurde Variante 1 gewählt, jedoch bietet Variante 2 ein besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis (ähnliche Ψ und fR_{si} -Werte trotz geringerer Dämmung) und würde nun bevorzugt werden.

8.3.2 REGENRINNE

Bestand

$\Psi_{si} = -0,19 \text{ W/mK}$

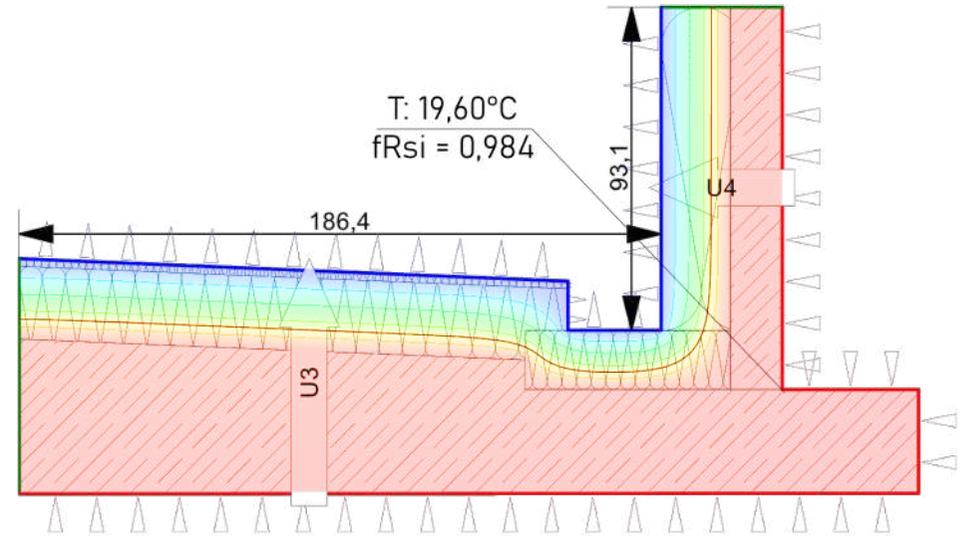


U1 0,32 W/m²K

U2 0,36 W/m²K

Sanierung Variante 1

$\Psi_{si} = 0,05 \text{ W/mK}$

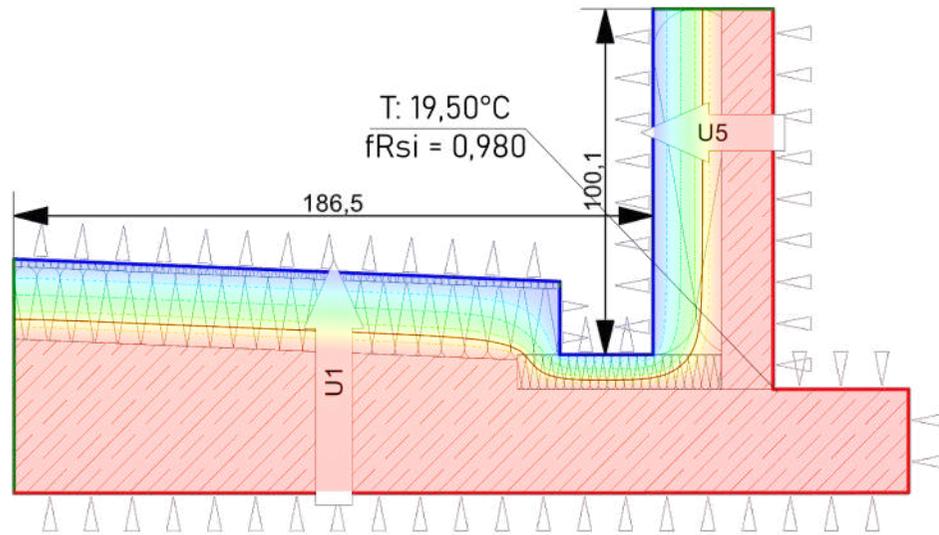


U3 0,13 W/m²K

U4 0,15 W/m²K

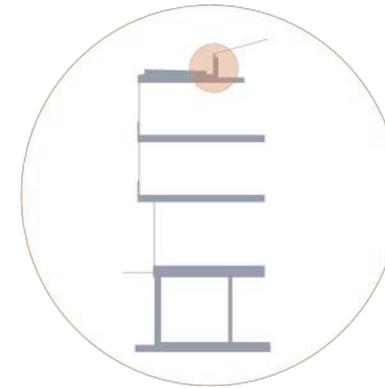
Sanierung Variante 2

$\Psi_{si} = 0,095 \text{ W/mK}$



U1 0,13 W/m²K

U5 0,15 W/m²K



Für die Sanierung wurde Variante 1 gewählt.

In Variante 1 ist unter der Regenrinne mehr gedämmt, als in Variante 2, obwohl die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung sehr ähnlich sind, wird Variante 1 bevorzugt, da dort der Ψ -Wert nur halb so hoch ist.

8.4 BAUTEILAUFBAUTEN UND U-WERTE

In den folgenden Bauteilaufbauten sind neue Schichten grün gekennzeichnet, für die Wand und Deckenbekleidungen außen muss geprüft werden, ob die Bestandsbauteile wiederverwendet werden können und vorrangig zu neuen Baustoffen eingesetzt werden. Fenster und Türen wurden komplett ausgetauscht.

8.4.1 FENSTER

| | | |
|-------------------------------|----------------------------------|--|
| Pfosten-Reegel-Fassade | U = 0,52 Wm²/K | Der Wärmedurchgangskoeffizient und der g-Wert der Fassade wurden gemittelt aus den anteiligen Werten für die Verglasung, die opaken Dämmelementen, die Pfosten/Riegel und den Fensterrahmen. 3 Scheiben Isolierverglasung 3 Scheiben Isolierverglasung Vgl. Velux TOP-90 PLUS |
| Pulldachfenster | U = 0,90 Wm²/K | |
| Fenster Sanitärräume | U = 0,90 Wm²/K | |
| Lichtkuppel Bibliothek | U = 1,20 Wm²/K | |

8.4.2 TÜREN

| | | |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| Außentüre Dachgeschoss | U = 1,50 Wm²/K | Vgl. Hörmann H3-1 0D |
| Innentüre Keller | U = 1,50 Wm²/K | Vgl. Hörmann H3-1 0D |

Quellen:

<https://commercial.velux.de/downloadcenter?productIds=e585aa18-cccb-41a5-975a-29e3982c0dfe>

https://www.hoermann.de/mediacenter/preview/127277de/RZ_253521009_85375_SOT_2105_de_DE.pdf?20230309102157

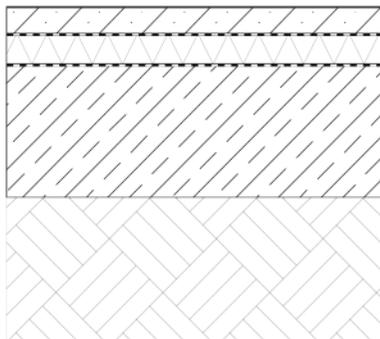
DIN 4108-4

DIN EN ISO 10456

8.4.3 BODEN / DECKE NACH UNTEN NACH AUSSENLUFT

BODENPLATTE KELLER (keine Änderung des Bestands)

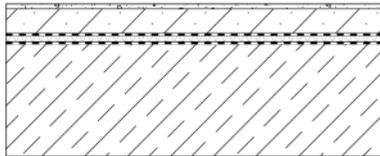
$$U = 0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$$



| | Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl | |
|--|----------------------------|--|---|---|---|
| | | | R_{si} | 0,17 | keine Änderung zu Bestand |
| Bodenaufbau 15 cm | | | | | |
| | Linoleum | 0,003 | 0,170 | 0,015 | DIN EN ISO 10456; Annahme anhand von Begehung (Fotos) |
| | Estrich | 0,068 | 1,400 | 0,048 | DIN 1408-4 Zementestrich |
| | Trennlage | | | | |
| | Dämmung EPS | 0,080 | 0,040 | 2,000 | DIN 1408-4 |
| Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit | | | | | |
| Stahlbeton | | | | | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl; Annahme, dass Bodenplatte im Gebäudeteil Verwaltung 1 und Riegel gleiche Dicke haben |
| | | | | R_{se} | 0,00 |
| | | | | R_T | 2,385 |
| | | | | U= | 0,419 W/m ² K |

BODENPLATTE EG EINGANG (keine Änderung des Bestands)

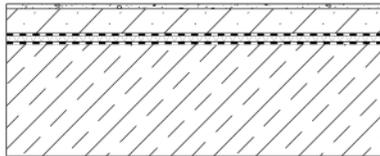
U = 1,11 W/m²K



| | d (m) | λ (W/mK) | R (m²K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|---|-------|----------|-----------|---|
| R_{si} | | | 0,17 | keine Änderung zu Bestand |
| Fußbodenaufbau 10 cm | | | | |
| Steinfliesen Schiefer | 0,013 | 2,200 | 0,006 | DIN EN ISO 10456; Annahme anhand von Begueung (Fotos) |
| Estrich | 0,065 | 1,400 | 0,046 | DIN 1408-4 Zementestrich |
| Trennlage | | | | |
| Dämmung EPS | 0,022 | 0,040 | 0,550 | DIN 1408-4 |
| Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit | | | | |
| Stahlbeton | 0,3 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl; Annahme, dass Bodenplatte EG in Riegel genauso dick ist wie in Gebäudeteil Verwaltung 1 Boden EG |
| R_{se} | | | 0 | |
| | | $R_T=$ | 0,903 | |
| | | $U=$ | 1,108 | W/m²K |

BODENPLATTE EG WESTEN (keine Änderung des Bestands)

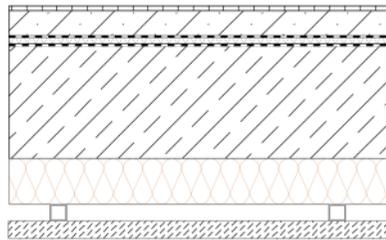
U = 1,00 W/m²K



| | Schicht- | Wärme- | Durchgangs- | |
|--|----------|-----------|-------------|--|
| | dicke | leitzahl | widerstand | |
| | | λ | R | |
| | | | | keine Änderung zu Bestand |
| | | | | R_{si} 0,17 |
| Fußbodenaufbau 10 cm | | | | |
| Parkett | 0,013 | 0,130 | 0,100 | DIN EN ISO 10456 Nutzholz; Annahme anhand von Begehung (Fotos) |
| Estrich | 0,065 | 1,400 | 0,046 | DIN 1408-4 Zementestrich |
| Trennlage | | | | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
| Dämmung EPS | 0,022 | 0,040 | 0,550 | DIN 1408-4 |
| Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit | | | | |
| Stahlbeton | 0,3 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| | | | | R_{se} 0,00 |
| | | | | $R_T = 0,997$ |
| | | | | $U = 1,003$ W/m²K |

DECKE NACH UNTEN ZU AUSSENLUFT

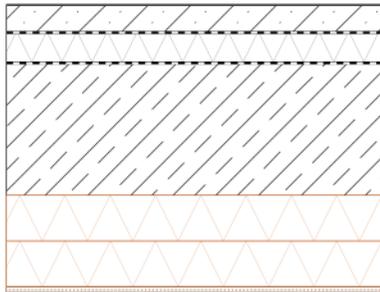
U = 0,20 W/m²K



| | d (m) | λ (W/mK) | R (m²K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl | |
|-------------------------------|-------|----------|-----------------------|---|--------------|
| | | | R_{si} | 0,17 | |
| Fußbodenaufbau 10cm | | | | | |
| Parkett (Teppich) | 0,013 | 0,13 | 0,100 | DIN EN ISO 10456 Nutzholz; Annahme anhand von Begehung (Fotos); zur Vereinfachung, gleicher Belag für Flure (Parkett) und Büros (Teppich) angenommen → Wet mit schlechterer Wärmeleitfähigkeit: Parkett | |
| Estrich | 0,065 | 1,4 | 0,046 | DIN 1408-4 Zementestrich | |
| Trennlage | | | | | |
| Trittschalldämmung EPS | 0,022 | 0,035 | 0,629 | DIN 1408-4 | |
| Stahlbeton | 0,300 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl | |
| Dämmung neu EPS | 0,120 | 0,031 | 3,871 | BMI Thermazone EPS Flachplatte Stoß mit Stufenfalz | |
| Hinterlüftung | 0,03 | | | | |
| Bekleidung Faserzementplatten | 0,045 | | | | |
| | | | R_{se} | 0,04 | |
| | | | R_T | 4,986 | |
| | | | U= | 0,201 | W/m²K |

KELLERDECKE

U = 0,11 W/m²K



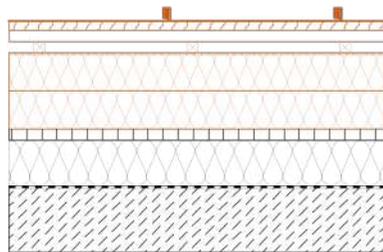
Fußbodenaufbau 10 cm

| | d (m) | λ (W/mK) | R (m²K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|------------------------|-------|----------|-----------|--|
| R_{si} | | | 0,17 | |
| Parkett (Teppich) | 0,013 | 0,13 | 0,100 | DIN EN ISO 10456 Nutzholz; Annahme anhand von Begehung (Fotos); zur Vereinfachung, gleicher Belag für Flure (Parkett) und Büros (Teppich) angenommen --> Wert mit schlechterer Wärmeleitfähigkeit: Parkett |
| Estrich | 0,065 | 1,4 | 0,046 | DIN 1408-4 Zementestrich |
| Trennlage | | | | |
| Trittschalldämmung EPS | 0,022 | 0,035 | 0,629 | DIN 1408-4 |
| Stahlbeton | 0,3 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Dämmung neu EPS | 0,240 | 0,031 | 7,742 | BMI Thermazone EPS Flachplatte Stoß mit Stufenfalz |
| Putz Deckenheizung | | | | BEKA Heiz-Kühldecke Putz mit Kapillarrohrmatten |
| R_{se} | | | 0,17 | |
| | | $R_T=$ | 8,987 | |
| | | $U=$ | 0,111 | W/m²K |

8.4.4 DACH / DECKE NACH OBEN NACH AUSSENLUFT

PULTDACH

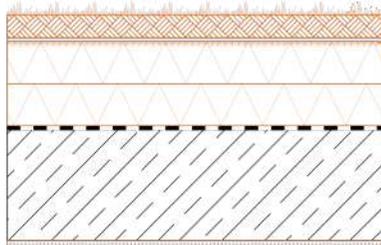
$U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$



| | Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R ($\text{m}^2\text{K/W}$) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|---------------------------------------|----------------------------|--|---|---|
| | | | R_{si} | 0,10 |
| Porenbetontafeln | 0,175 | 0,290 | 0,603 | DIN 1408-4, schlechtester Wert |
| Bitumenabdichtung, Dampfsperre V60 S4 | | | | |
| MF Dachdämmung | 0,120 | 0,035 | 3,429 | Mineralfaser, gleiche Wärmeleitgruppe wie Dämmpaneel der PR-Fassade |
| Sparren 8/12 | 0,120 | 0,130 | 0,923 | DIN EN ISO 10456 Nutzholz |
| Baufunierplatte | 0,030 | 0,130 | 0,231 | DIN EN ISO 10456 Nutzholz |
| Dämmung neu Holzfaser | 0,200 | 0,042 | 4,762 | Steico special dry Unterdeckplatte |
| Lattung | 0,030 | | | |
| Konterlattung | 0,030 | | | |
| Holzschalung | 0,024 | | | |
| Stehfalzblech | | | | |
| | | | R_{se} | 0,01 |
| | | $R_T=$ | 8,535 | |
| | | $U=$ | 0,117 | $\text{W/m}^2\text{K}$ |

FLACHDACH BÜRO BEGRÜNT

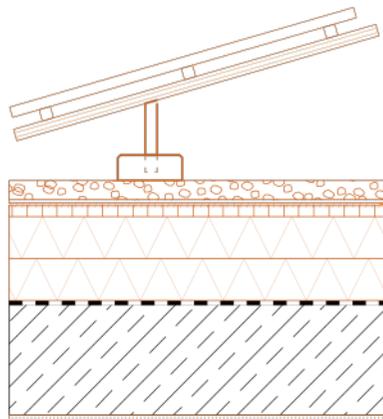
U = 0,14 W/m²K



| | d (m) | λ (W/mK) | R (m²K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl | |
|-----------------------------------|--------|----------|-----------------------|--|--|
| | | | R_{si} | 0,10 | |
| Putz Deckenheizung | 0,02 | | | | BEKA Heiz-Kühldecke Putz mit Kapillarrohrmatten |
| Stahlbeton | 0,300 | 2,300 | 0,130 | | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Dampfsperre | | | | | |
| Dampfsperre | | | | | |
| Dämmung neu EPS | 0,220 | 0,031 | 8,387 | | BMI Thermazone EPS Flachplatte Stoß mit Stufenfalz |
| Abdichtung | | | | | |
| Extensives Gründach | | | | | |
| Trenn-, Schutz- und Speichervlies | 0,0036 | | | | |
| Drän- und Wasserspeicherelement | 0,025 | | | | |
| Filtervlies | 0,001 | | | | |
| Extensivsubstrat | 0,06 | | | | |
| | | | R_{se} | 0,04 | |
| | | | R_T= | 7,367 | |
| | | | U= | 0,136 | W/m²K |

FLACHDACH VERBINDUNGSRIEGEL PV

U = 0,13 W/m²K

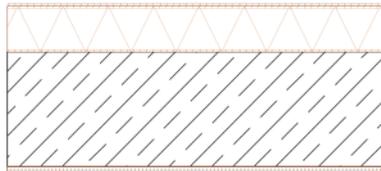


- Putz Deckenheizung
- Stahlbeton
- Dampfsperre
- Dampfsperre
- Dämmung EPS
- Dämmung Holzfaser
- Kunststoffabdichtung
- Bautenschutzmatte
- Kies
- PV aufgeständert

| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m²K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|--|---|
| | | R_{si} | |
| | | 0,10 | |
| 0,02 | | | BEKA Heiz-Kühldecke Putz mit Kapillarrohrmatten |
| 0,300 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| | | | |
| | | | |
| 0,220 | 0,031 | 7,097 | BMI Thermazone EPS Flachplatte Stoß mit Stufenfalz |
| 0,030 | 0,046 | 0,652 | Pavatex Isolair |
| | | | |
| | | | |
| | | 0,2 | |
| | | | |
| | | R_{se} | |
| | | 0,04 | |
| | | $R_T =$ | |
| | | 8,019 | |
| | | $U =$ | |
| | | 0,125 | W/m²K |

AUSKRAGUNG DECKE

$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$



Putz Deckenheizung

Stahlbeton

Dampfsperre

Dämmung neu EPS

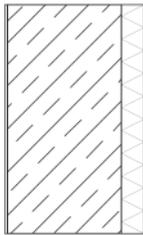
Flüssigabdichtung

| | d (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------|-------|------------------|------------------------|--|
| R_{si} | | | 0,10 | |
| | 0,02 | | | BEKA Heiz-Kühldecke Putz mit Kapillarrohrmatten |
| | 0,300 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| | 0,120 | 0,031 | 3,871 | BMI Thermazone EPS Flachplatte Stoß mit Stufenfalz |
| R_{se} | | | 0,04 | |
| | | $R_T =$ | 4,141 | |
| | | $U =$ | 0,241 | W/m ² K |

8.4.5 WÄNDE

KELLERAUSSENWAND (keine Änderung des Bestands)

$$U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Putz/Glattstrich

Stahlbeton

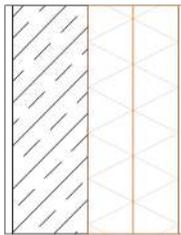
Abdichtung

Perimeterdämmung XPS

| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
| | | 0,13 | |
| | | R_{si} | |
| 0,300 | 2,300 | 0,130 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| 0,060 | 0,035 | 1,714 | DIN 4108-4 mittlerer Wert |
| | | 0,00 | |
| | | R_{se} | |
| | | $R_T =$ | |
| | | 1,975 | |
| | | $U =$ | |
| | | 0,506 | W/m ² K |

KELLERINNENWAND

$U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$



Putz/Glattstrich
 Stahlbeton
 Dämmung EPS
 Putz

| | d (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|-------------|-------|------------------|------------------------|--|
| R_{si} | | | 0,13 | |
| Stahlbeton | 0,200 | 2,300 | 0,087 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| Dämmung EPS | 0,240 | 0,031 | 7,742 | BMI Thermazone EPS Flachplatte Stoß mit Stufenfalz |
| Putz | 0,150 | | | |
| R_{se} | | | 0,13 | |
| | | $R_T =$ | 8,089 | |
| | | $U =$ | 0,124 | W/m ² K |

BETONWAND ZU FLACHDACH DACHGESCHOSS

U = 0,15 W/m²K

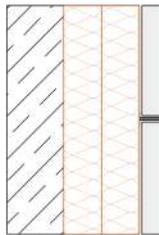


Stahlbeton
Wärmedämmung EPS

| | d (m) | λ (W/mK) | R (m²K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|-----------------|-------|----------|------------------------|--|
| R _{si} | | | 0,13 | |
| | 0,150 | 2,300 | 0,065 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| | 0,2 | 0,031 | 6,452 | BMI Thermazone EPS Flachplatte Stoß mit Stufenfalz |
| R _{se} | | | 0,04 | |
| | | | R _T = 6,687 | |
| | | | U= 0,150 | W/m²K |

STAHLBETONWAND DACHGESCHOSS

U = 0,19 W/m²K

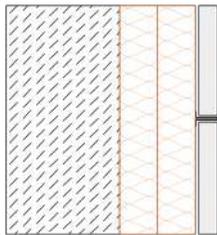


Stahlbeton
Dämmung Holzfaser
Haltekonstruktion
Alulamelle

| | Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m²K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------|----------------------------|--|--|---|
| R_{si} | | | 0,13 | |
| | 0,200 | 2,300 | 0,087 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| | 0,200 | 0,038 | 5,263 | STEICOflex 036 |
| | 0,060 | | | |
| R_{se} | | | 0,04 | |
| | | $R_T =$ | 5,520 | |
| | | $U =$ | 0,181 | W/m²K |

PORENBETONWAND DACHGESCHOSS

$U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

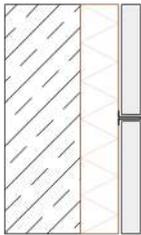


Porenbetonfertigteile
 Dämmung (neu) Holzfaser
 Haltekonstruktion
 Alulamelle

| Schicht- dicke d (m) | Wärme- leitzahl λ (W/mK) | Durchgangs- widerstand R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------------------------|--|---|---|
| | | R_{si} | 0,13 |
| | 0,300 | 0,290 | 1,034 DIN 1408-4, schlechtester Wert |
| | 0,200 | 0,038 | STEICOflex 036 |
| | 0,060 | | |
| | | R_{se} | 0,04 |
| | | $R_T =$ | 6,468 |
| | | $U =$ | 0,155 W/m ² K |

WAND VOR DECKENKANTEN

$U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$



Stahlbeton
 Wärmedämmung EPS
 Haltekonstruktion
 Aluminium Blechpaneele

| | d (m) | λ (W/mK) | R (m ² K/W) | Annahme, Kommentar, Quelle der verwendeten Wärmeleitzahl |
|----------|-------|------------------|------------------------|--|
| R_{si} | | | 0,13 | |
| | 0,200 | 2,300 | 0,087 | DIN EN ISO 10456 Beton armiert mit 1% Stahl |
| | 0,1 | 0,031 | 3,226 | BMI Thermazone EPS Flachplatte Stoß mit Stufenfalz |
| | 0,06 | | | |
| R_{se} | | | 0,04 | |
| | | $R_{\tau=}$ | 3,483 | |
| | | $U=$ | 0,287 | W/m ² K |

8.5 ZONIERUNG UND NUTZUNGSPROFILE

Auf den folgenden Seiten ist die Zonierung nach den Nutzungsprofilen DIN 18599-10 in den Grundrissen abgebildet. Sie dient als Grundlage für die Energiebilanz der Sanierung.

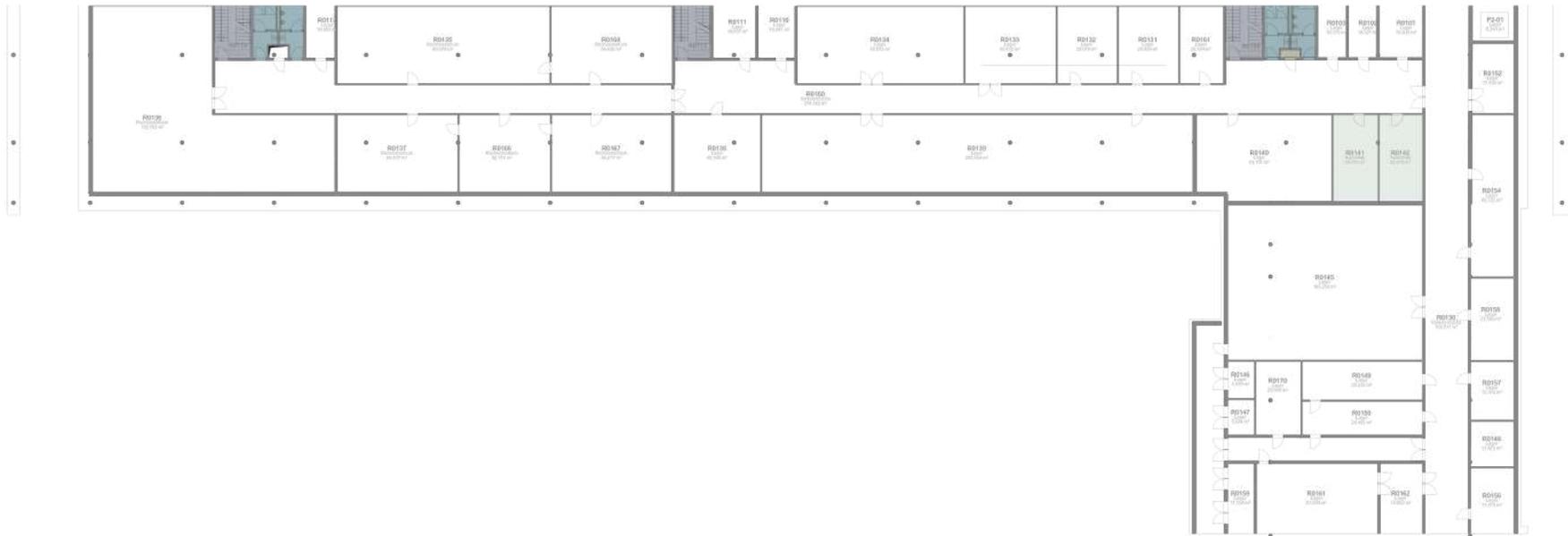
Da selbst die kleinsten Büros (ca. 18 m²) größer sind als ein Einzelbüro sein muss und somit mehr als eine Person darin arbeiten könnte, werden alle Büros der Zone „Gruppenbüro“ der DIN 18599-10 zugeordnet. Diese Vereinfachung dient auch der Reduzierung der verschiedenen Bilanzierungszonen.

Im Unterschied zur Bilanzierung des Bestands wurden alle Zonen, die in der Überströmzone liegen der Zone „Verkehrsfläche“ zugeordnet. Die Zone Eckbüro mit elektrischer Zusatzheizung entfällt, da die Beheizung in allen Büros gleich - über eine Deckenheizung - erfolgt. Auch die Zone „Verkehrsfläche Konvektoren“ gibt es in der Bilanzierung der Sanierung nicht mehr, da die Verkehrszonen, außer der Eingangsbereich über die Fußbodenheizung, nicht mehr aktiv beheizt werden, sondern nur über die Abluft der angrenzenden Räume.

Da es keine zentrale Warmwasserbereitung mehr gibt, werden die Teeküchen der Zone „Sonstige Aufenthaltsräume“ zugeordnet. Die Zone „Rechenzentrum“ entfällt, da es im Kellergeschoss liegt und durch die Sanierung nicht mehr in der thermischen Hülle liegt.

| Zonenbezeichnung | Zonenbezeichnung nach 18599-10 |
|--|--|
|  Büro | Gruppenbüro (2 bis 6 Arbeitsplätze) |
|  Besprechungsraum | Besprechung, Sitzung, Seminar |
|  Verkehrsfläche | Verkehrsflächen |
|  Verkehrsfläche Fußbodenheizung | Verkehrsflächen |
|  Sonstige Aufenthaltsraum | Sonstige Aufenthaltsraum |
|  Technik, Lager, Archiv | Technik, Lager, Archiv |
|  Sanitär | WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden |
|  Bibliothek | Bibliothek - Freihandbereich |

ZONIERUNG UNTERGESCHOSS



ZONIERUNG 1. OBERGESCHOSS



ZONIERUNG 2. OBERGESCHOSS



ZONIERUNG 3. OBERGESCHOSS / DACHGESCHOSS

