

DIPLOMARBEIT

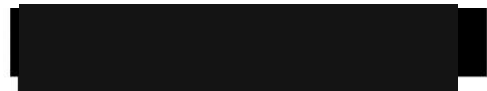
**Planungsprinzipien zur Reduzierung energie- und wartungsintensiver
Anlagen und Erreichung technischer Unabhängigkeit
für energieeffizientes und ressourcenschonendes Bauen und Sanieren**

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

unter der Leitung von
Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alireza Fadai
E259 Institut für Architekturwissenschaften

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von
Dominik Fellinghauer



Wien, am 30.05.2023

eigenhändige Unterschrift



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

D I P L O M A R B E I T

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur genannt habe.

30.05.2023

Datum

Unterschrift

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle herzlich bei Prof. Alireza Fadai bedanken, der mir stets mit Engagement und Tatendrang zur Seite stand und einen wichtigen Beitrag für den Einschlag meiner fachlichen Orientierung leistete.

Auch möchte ich mich für gemeinsame Projekte, wertvolle Erfahrungen und die vorbehaltlose Unterstützung bei meinem guten Freund Luciano Espinoza bedanken, der eine wichtige Rolle in meiner Entwicklung spielte.

Besonderer Dank gebührt meiner wunderbaren Frau, Monika. Sie ließ mir über einen intensiven Abschnitt meines Lebens stets Unterstützung, Motivation und Verständnis zuteil werden. Dafür meine größte Wertschätzung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	2
2	Konzepte	4
2.1	Nachhaltigkeit und Lowtech-Architektur	4
2.2	Klimaanalyse	7
2.3	Solararchitektur	9
3	Planungsprinzipien	11
3.1	Energetische Grundparameter	11
3.1.1	Kompaktheit	11
3.1.2	Tiefe der Baukörper	12
3.1.3	Gebäudeausrichtung	12
3.1.4	Verschattung durch Nachbargebäude	13
3.1.5	Resümee	13
3.2	Thermische Zonierung	13
3.2.1	Anpassbares Raumprogramm	14
3.2.2	Pufferzonen	14
3.2.3	Resümee	15
3.3	Thermische Speichermasse	15
3.3.1	Baustoffe	15
3.3.2	Bauteilaktivierung	16
3.3.3	Resümee	17
3.4	Massespeicher	17
3.4.1	Anwendung	17
3.4.2	Resümee	19
3.5	Sonnenschutz	19
3.5.1	Flexible Systeme	19
3.5.2	Baulicher Sonnenschutz	21
3.5.3	Übersicht Systeme	22
3.5.4	Resümee	23
3.6	Lüftung	23
3.6.1	Thermik	23
3.6.2	Luftwechsel	24
3.6.3	Nutzerverhalten	26
3.6.4	Resümee	26
3.7	Adiabate Kühlung	27
3.7.1	Anwendung	27
3.7.2	Resümee	29

3.8	Energiegarten	29
3.8.1	Treibhauseffekt	29
3.8.2	Ausgestaltung	31
3.8.3	Resümee	32
3.9	Solarkamin	32
3.9.1	Ausgestaltung	32
3.9.2	Resümee	34
3.10	Begrünung der Gebäudehülle	34
3.10.1	Fassade	35
3.10.2	Dach	36
3.10.3	Resümee	37
3.11	Wärmepumpe	37
3.11.1	Beschreibung	38
3.11.2	Sole-Wasser-Wärmepumpe	39
3.11.3	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	40
3.11.4	Luft-Wasser-Wärmepumpe	41
3.11.5	Luft-Luft-Wärmepumpe	41
3.11.6	Resümee	42
3.12	Photovoltaik	42
3.12.1	Orientierung und Verschattung	42
3.12.2	Hybride Energiefassade	43
3.12.3	Stromspeicherung	44
3.12.4	Resümee	45
3.13	Solarthermie	45
3.13.1	Wassergeführte Kollektormodule	46
3.13.2	Luftkollektoren	47
3.13.3	Resümee	48
3.14	Übersicht der Planungsprinzipien	49
4	Diskussion	52
4.1	Abhängigkeiten	52
4.1.1	Vom Bestand abhängig	52
4.1.2	Von Nutzeranforderungen abhängig	53
4.1.3	Gestalterische Dominanz	54
4.2	Umsetzung	54
4.2.1	Übertragbarkeit auf mehrgeschoßigen Wohnbau	54
4.2.2	Förderungen	56
4.3	Conclusio	59
5	Entwurf	60
5.1	Analysen	60

5.1.1	Standortanalyse	60
5.1.2	Bestandsanalyse	62
5.1.3	SWOT-Analyse	66
5.1.4	Ziele	67
5.2	Planungsstrategien	68
5.2.1	Energetische Grundparameter	68
5.2.2	Thermische Zonierung	69
5.2.3	Thermische Speichermasse	70
5.2.4	Sonnenschutz	70
5.2.5	Lüftung	71
5.2.6	Adiabate Kühlung	71
5.2.7	Massespeicher	72
5.2.8	Solarkamin	72
5.2.9	Begrünung	72
5.2.10	Energieproduktion	73
5.2.11	Resümee	74
5.3	Konzept	76
5.3.1	Abbruch, Erweiterung, Aufstockung	76
5.3.2	Dämmung des Bestandes	77
5.3.3	Elementierung	78
5.3.4	Aktive und passive Solarenergienutzung	79
5.3.5	Sonnenschutz	80
5.4	Umsetzung	82
5.4.1	Volumetrie	82
5.4.2	Auswechslung	84
5.4.3	Fassaden	88
5.4.4	Grundrisse	90
5.4.4.1	Untergeschoß	90
5.4.4.2	Erdgeschoß	92
5.4.4.3	Obergeschoß	94
5.4.4.4	Dachdraufsicht	96
5.4.5	Schnitte	98
5.4.6	Aufbauten	104
5.4.7	Fassadenschnitte	106
5.5	Nachweise	112
5.5.1	Energieberechnung	112
5.5.2	Energieausweis nach der Sanierung	114
5.5.3	Simulation zu sommerlicher Überwärmung	116
5.5.3.1	Raum 1 – Zimmer	116
5.5.3.2	Raum 2 – Wohnraum	117
5.5.3.3	Conclusio	119

5.5.4	Tageslichtsimulation	120
5.5.4.1	Simulation des Tageslichtquotienten	121
5.5.4.2	Simulation der Beleuchtungsstärke für das Szenario bedeckter Himmel	123
5.5.4.3	Simulation der Beleuchtungsstärke für das Szenario sonniger Himmel	125
5.5.4.4	Simulation der Beleuchtungsstärke für das Szenario sonniger Himmel zur Wintersonnenwende	127
5.5.4.5	Simulation der Beleuchtungsstärke für das Szenario sonniger Himmel zur Sommersonnenwende	128

6 Conclusio **130**

7 Verzeichnisse **132**

7.1	Abbildungsverzeichnis	132
7.2	Tabellenverzeichnis	135
7.3	Abkürzungsverzeichnis	135
7.4	Quellenverzeichnis	136
7.5	Anhang	140

Kurzfassung

In den vergangenen Jahrzehnten kommen die Auswirkungen des Klimawandels immer deutlicher zum Vorschein. Insbesondere die im Mittel stetig ansteigenden Temperaturen erfordern ein Umdenken in einer zukunftsorientierten Planung, denn aller Voraussicht nach wird sich der Trend weiterhin fortsetzen. Die vorliegende Arbeit zeigt Planungsprinzipien für energetische Sanierungen auf, welche eine Minimierung der technischen Ausstattung für den Heiz- und Kühlbedarf zur Folge haben und somit einen Gegentrend zu aktuellen Entwicklungen argumentieren. Deren Hauptmerkmale werden weiters in Form einer tabellarischen Checkliste für die Maßnahmensetzung bei Neubau- und Sanierungsprojekten herausgearbeitet und ihre Vor- und Nachteile, Potentiale sowie deren Förderbarkeit in einem größeren Maßstab diskutiert. Im Praxisteil werden sie anhand einer energetischen Sanierung für ein Einfamilienhaus nahe Wien im kleinen Maßstab geprüft und, wo sinnvoll, angewandt. Es hat sich gezeigt, dass einige der vorgestellten Prinzipien stark von der Bauaufgabe, dem Nutzerverhalten oder gestalterischer Dominanz geprägt und daher nur gezielt einsetzbar sind.

Abstract

In recent decades, the effects of climate change became increasingly apparent. In particular, the constantly rising average temperatures require a rethinking in future-oriented planning, because most likely the trend will continue. This diploma paper shows planning principles for energetic reconstruction, which result in a minimization of requirements of the technical equipment for heating and cooling, and thus argue a counter-trend to current developments. Its main features are also worked out in form of a tabular checklist for taking measures in new construction and refurbishment projects, and its advantages and disadvantages, potentials and their eligibility for funding were discussed on a larger scale. In the practical part, they are tested on a small scale and are partially applied on the basis of an energetic renovation for a single-family house near Vienna. It has been shown that some of the principles presented are strongly influenced by the building task, user behavior or design dominance and can therefore only be used in a specific manner.

1 EINLEITUNG

Der zunehmende Klimawandel birgt einen stetig steigenden Energiebedarf für die Bereitstellung von erwarteten Komforttemperaturen in Gebäuden, wodurch mit der derzeitigen Haltung im Bauweisen ernsthafte Probleme entstehen. Die über die kommenden Jahrzehnte steigenden Temperaturen erhöhen den erforderlichen technischen und energetischen Aufwand für die Raumkonditionierung. Der Energiebedarf für Heizung und Kühlung nimmt schon heute etwa 50 - 75 % des Gesamtenergiebedarfs ein (Saldanha, 2021) und spielt somit eine wesentliche Rolle bei der Konzeption von Gebäuden.

1.1 Problemstellung

Speziell in urbanen Gebieten ist eine fehlende Klimaresilienz – das ist die Fähigkeit, sich entsprechend der sich ändernden klimatischen Gegebenheiten anzupassen – von modernen Gebäuden feststellbar. Die für die Raumkonditionierung eingesetzten haustechnischen Anlagen stellen nur den Ist-Zustand einer Technologisierungs- und Automationsindustrie dar, lassen sich jedoch oft nicht oder nur schwer anpassen und sind bereits in wenigen Jahren teilüberholt.

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich das Weltklima deutlich verändert. Gegenüber dem Bezugszeitraum 1961-1990 wurde österreichweit ein sommerlicher Temperaturanstieg von durchschnittlich 3,4 °C vermessen (ZAMG, 2023). "Representative concentration pathway" Szenarien (im Folgenden RCP-Szenarien) prognostizieren abhängig von den getroffenen Maßnahmen zukünftige klimatische Veränderungen. In den kommenden Jahren und Jahrzehnten ist mit einem weiteren deutlichen Anstieg der Temperaturen zu rechnen. Mit dem Projekt ÖKS15 wurden erstmals die Auswirkungen von RCP-Szenarien auf die österreichische Klimalandschaft untersucht. Bis 2050 rechnet man mit einem österreichweiten mittleren Temperaturanstieg von etwa +1,4 °C, 11 zusätzlichen Sommertagen (Tageshöchsttemperatur über 25 °C) und 4,3 zusätzlichen Hitzetagen (Tageshöchsttemperatur über 30 °C). Bis zum Jahr 2100 wird bei einem business-as-usual-Szenario – bei dem sich der globale CO₂-Ausstoß nicht wesentlich ändert – ein mittlerer Temperaturanstieg von bis zu 4,0 °C sowie 35 zusätzlichen Sommer- und 17 zusätzlichen Hitzetagen prognostiziert. (Climate Change Centre Austria, 2023) (siehe Anhang 1, Seite 140)

Durch die steigenden Temperaturen erhöht sich folglich ebenso der mittlere Kühlbedarf. Liegt die Kühlgradtagzahl – das sind die aufsummierten Temperaturdifferenzen zwischen der durchschnittlichen Raumlufthtemperatur von 20 °C und der Tagesmitteltemperatur der Außenluft an jenen Tagen, an denen die Tagesmitteltemperatur 18,3 °C überschreitet – bis 2050 bei ca. 57 °C, werden bis zum Jahr 2100 bereits bis zu 220 °C prognostiziert (OEKS15, kein Datum). Das bedeutet einen weiteren 2,8-fachen Zuwachs in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts gegenüber der ersten. Miteinhergehend steigt der Bedarf an Technik, welche die erforderliche Kühlleistung zur Verfügung stellt. Gleichzeitig sinkt die Heizgradtagzahl, welche als Pendant zur Kühlgradtagzahl die Steigerung der erforderlichen Heizleistung beschreibt. (OEKS15, kein Datum) (siehe Anhang 2, Seite 143)

Zusammenfassend bedeutet dies, dass laut den RCP-Szenarien die Jahresdurchschnittstemperatur sowie der Kühlbedarf signifikant ansteigen und der Heizbedarf parallel dazu abnimmt. Dies erfordert in einer zukunftsfähigen Architektur langfristig zwangsläufig einen bewussteren Umgang mit den Themen Klima, Energie und weiterführend der Haustechnik zur Raumkonditionierung. Der Abschirmung von Hitze wird in der Zukunft große Bedeutung zukommen, da diese ansonsten nur mit einem drastischen Mehraufwand an Technik und Energie zu kompensieren ist.

1.2 Zielsetzung

Das Weltklima folgt in den vergangenen Dekaden einem deutlichen Trend in Richtung Erderwärmung. Durch den zu erwartenden weiteren Temperaturanstieg wird der Aufwand für eine adäquate Raumkonditionierung immer größer. Unter Anbetracht steigender Energiepreise und des stetig wachsenden weltpolitischen Konfliktpotentials wird das Szenario energetischer Unabhängigkeit zunehmend interessanter und relevanter.

Die vorliegende Arbeit beleuchtet speziell Maßnahmen bzw. Möglichkeiten zur Erreichung technischer Unabhängigkeit gegenüber energie- und wartungsintensiven Anlagen bzw. deren Reduzierung für energieeffizientes und ressourcenschonendes Bauen und Sanieren. Diese können durch architektonische Mittel, einfache Bauweisen oder die Nutzung physikalischer Phänomene erfolgen. Sie werden jeweils isoliert betrachtet, um abschließend gemeinsam verglichen zu werden.

Der Integration regenerativer "Hightech"-Energiesysteme – also jener Systeme, welche erneuerbare anstatt fossile Energiequellen nutzen – soll sich nicht dogmatisch

entgegengestellt werden. Wärmepumpen, Photovoltaik oder Solarthermie sollen vielmehr im Maßnahmenkatalog integriert werden, da sie in ihrer derzeitigen Entwicklungsstufe eine relativ einfache und sehr effiziente Möglichkeit bieten, lokal Energie zu gewinnen.

Im praktischen Entwurfsteil werden jene Prinzipien im kleinem Maßstab angewandt, die für die vorliegende Bauaufgabe adäquat erscheinen. Anhand einer energetischen Bestandssanierung und Erweiterung eines Einfamilienhauses sollen sie zur Erreichung einer weitestgehenden Energieautarkie beitragen.

2 KONZEPTE

Um die später beschriebenen Planungsprinzipien besser verstehen und kombinieren zu können, ist es wichtig ein Bewusstsein für die Konzepte Nachhaltigkeit und Lowtech-Architektur, Klimaanalysen sowie Solararchitektur zu entwickeln. Diese werden im Nachfolgenden erläutert.

2.1 Nachhaltigkeit und Lowtech-Architektur

Nachhaltiges Bauen bedeutet, den Lebenszyklus eines Bauwerks von der Herstellung bis zur Entsorgung über möglichst viele Generationen zu bemessen und diesen nicht zu stark von technischen, ökonomischen oder sozialen Randbedingungen abhängig zu machen. In seinem gesamten Lebenszyklus sollte ein Gebäude flexibel auf sich ändernde Anforderungen reagieren können. Größtmögliche bauliche Flexibilität durch die richtige Wahl der Tragstruktur, ein offenes Nutzungskonzept sowie die Miteinplanung einer späteren Rückbaubarkeit, im Sinne einer zirkulären Kreislaufwirtschaft, kann maßgeblich dazu beitragen, Ressourcen für Abbruch, Recycling, Transport und Neubau einzusparen und die Fähigkeit zur Nachrüstung, Erweiterbarkeit und zum Umbau zu steigern. In diesem Sinne kann Nachhaltigkeit als Synonym für Flexibilität verstanden werden.

Es gibt keine allgemein gültige Definition vom Begriff Lowtech-Architektur, die Grenzen zwischen Low- und Hightech verlaufen fließend. Im Allgemeinen versteht man darunter energieeffiziente, nachhaltige Gebäude, welche durch eine Reduktion des konstruktiven und haustechnischen Technikanteils auf unbedingt Notwendiges möglichst generationenübergreifend funktionieren. Vorhandene Potentiale und Herausforderungen wie Sonneneinstrahlung, Windaufkommen, Lufttemperaturen, Luft- und Bodenfeuchte, umliegende Gewässer, etc. sollten soweit wie möglich und sinnvoll in das Gesamtkonzept mit einfließen. Man spricht auch von klimasensitivem Bauen. (Haselsteiner, 2022) Die Konzepte sollten Technik wirksam ersetzen und flexible, zukunftsorientierte Bauweisen ermöglichen. Ähnlich zu vernakulärer Architektur, welche sich durch Einfachheit und die Anpassung der Lebensweise an die Koexistenz mit der Natur auszeichnet (Karle, 2023), sollen möglichst suffiziente, ganzheitliche Systeme gedacht werden. Also Systeme, welche durch ihre Selbstbegrenzung eine Verhaltensänderung und mehr Bewusstsein für energetische Prozesse erzeugen.

Der Aufwand für Herstellung, Lieferung, Errichtung, Nutzung sowie Rückbau oder Abbruch, aber auch jener für Wartung und Sanierung fließt in die Gesamtbilanz eines Bauwerks mit ein. Natürliche, lokale Materialien, eine einfache und trennbare Konstruktion, die Beschränkung auf unbedingt notwendige, austauschbare, robuste und reparierbare Einzelkomponenten sowie eine einfache Wiederherstellung derer zeichnen eine langlebige Lowtech-Architektur aus (Energieinstitut Vorarlberg, 2023).

Eine suffiziente Planung kann Reboundeffekte verhindern, durch welche eingesparte Energien anderweitig verbraucht werden und somit die eigentliche Einsparung nicht stattfindet. Sie konterkarieren Effizienzsteigerungen von technischen Systemen und eine miteinhergehende Senkung des Primärenergiebedarfes. Von direkten Reboundeffekten spricht man, wenn durch eine Effizienzsteigerung Technologien oder Verhaltensweisen möglich werden, die wieder mehr Energie in Anspruch nehmen. Wenn dadurch finanzielle Einsparungen anderweitig investiert werden, spricht man von indirekten Reboundeffekten (Haselsteiner, 2022). Suffizientes Lowtech-Design kann dabei helfen, das Nutzerverhalten nachhaltig zu beeinflussen und den Primärenergiebedarf effektiv zu senken.

Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für einen direkten Reboundeffekt. Eine langfristige Studie spiegelt die Wärmeerwartungen der Bevölkerung in verschiedenen Ländern über ca. 30 Jahre wider, welche sich durch die Möglichkeiten der zunehmenden Technologisierung über die Zeit verändert hat.

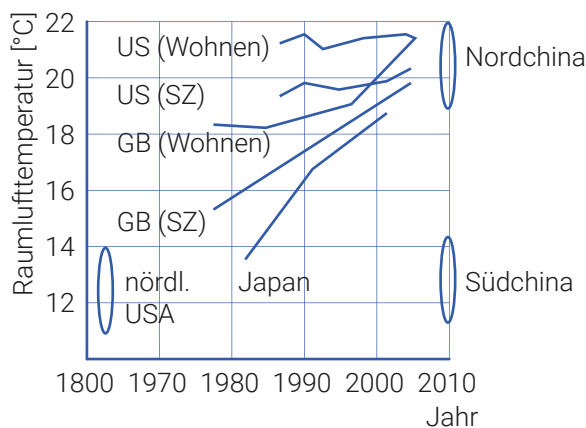


Abb.1: Studie Raumlufthemperaturen 1800 bis 2010
 Quelle: angelehnt an Luo et. al., 2016

Wenn die Komforttemperatur für die Bevölkerung mit der Zeit also immer wichtiger wird, muss mit der Bereitstellung der klimatischen Bedingungen reagiert werden. Christian Hönger und Roman Brunner (2013) schreiben, dass der Hightech-Ansatz

einer Kompensationsmethode gleicht, demgegenüber der Lowtech-Ansatz einer Einfühlungsmethode. Weiters schreiben sie, dass man die möglichen Strategien für die Erreichung einer suffizienten, nachhaltigen Planung im Sinne eines Lowtech-Designs in Spar-, Gewinn- und Ausweichverfahren unterteilen kann (Hönger et. al., 2013):

- Beim Sparverfahren wird die Minimierung von Wärmeverlusten angestrebt. Mögliche Mittel können sein: Baukörperformung zur Minimierung der Oberfläche (siehe auch 3.1 Energetische Grundparameter), der Einsatz von massereichen Pufferzonen (siehe auch 3.2 Thermische Zonierung) oder das Eingraben ins Erdreich.
- Beim Gewinnverfahren wird eine maximale Nutzung der solaren Strahlung angestrebt. Die Erzeugung von elektrischer oder thermischer Energie durch den Einsatz von Solaranlagen (siehe auch 3.12 Photovoltaik) bzw. Solarthermieanlagen (siehe auch 3.13 Solarthermie), die Orientierung der Räume zur Sonne (siehe auch 3.1 Energetische Grundparameter sowie 3.8 Energiegarten) oder die Schaffung von Pufferräumen (siehe auch 3.2 Thermische Zonierung) sind typische Mittel zur adäquaten Nutzung solarer Strahlung.
- Beim Ausweichverfahren werden unterschiedliche Räume oder Raumzonen je nach Tages- oder Jahreszeit flexibel genutzt oder bewohnt (siehe auch 3.2 Thermische Zonierung).

Werden die beschriebenen Verfahren bzw. deren Werkzeuge zur Umsetzung kombiniert, kann man auch von kybernetischer Architektur sprechen. Dies ist ein Begriff, den Günter Pfeifer mit seiner Architektur geprägt hat. Es beschreibt ein Konzept, bei dem Energien sammelnde, verteilende, speichernde und entladende Elemente möglichst ohne technische Unterstützung ein sich selbst regelndes, vernetztes System bilden und einander in wechselseitiger Abhängigkeit zueinander ergänzen (Pfeifer, 2016). So entsteht ein Organismus, welcher dynamisch auf seine Umwelteinflüsse reagieren kann und im Gedanken des Lowtech-Designs generationenübergreifend einfach zu bedienen, zu warten und auszutauschen ist, da die erzielten Effekte größtenteils auf architektonischen Mitteln beruhen.

2.2 Klimaanalyse

Eine umfangreiche Klimaanalyse zu Bauplatz und Umgebung ist die Voraussetzung, um das volle Potential der zur Verfügung stehenden regenerativen Energiressourcen bzw. -einsparungsmöglichkeiten ausschöpfen zu können. Regenerative Energie aus Sonnenstrahlung, Wasser, Grundwasser, Wind, Erdreich oder interne Wärmequellen können sowohl für die Stromerzeugung, wie auch zur Klimatisierung – Heizung, Kühlung, Lüftung – relativ einfach genutzt werden.

Durch die Ausnutzung materialbedingter Energiespeicherpotentiale bei klimatischen Unterschieden aus Tages-, Nacht- und Jahreszeitenrhythmus gepaart mit einem suffizienten Nutzerverhalten kann ein erheblicher Anteil des Energiebedarfs gedeckt werden (Haselsteiner, 2022). Ursula Schneider schreibt, "Ziel eines klimasensitiven Entwurfs ist es immer, mit dem puren Gebäude so weit wie möglich nach den äußeren und inneren Rahmenbedingungen einen Grundkomfort zu schaffen und mit Technik nur das zu ergänzen, was im Gebäudeentwurf nicht geleistet werden kann." (Haselsteiner, 2022, S. 52) Dies steht in klarem Kontrast zum gegenwärtigen Trend, bei dem abhängig vom Zielnutzerpublikum Standards geschaffen werden, die gänzlich unabhängig vom baulichen Umfeld geplant werden. Die Entscheidung für Baukörperorientierung, Bauweise, Fassadenöffnungen, Baustoffe oder Energiebereitstellung werden augenscheinlich auf kurzfristigen Entscheidungsgrundlagen durch eine sprichwörtliche kapitalistische Brille getroffen.

Umwelt-Einflussfaktoren und Potentiale sind externe Faktoren, welche durch die geographische Lage bzw. die Umgebung bestimmt werden und in der Regel nicht oder nur bedingt beeinflussbar sind. Die bewusste Nutzung und Einbeziehung dessen in das Gesamtkonzept kann große Potentiale bereitstellen. Edeltraud Haselsteiner beschreibt folgende Umwelt-Einflussfaktoren (Haselsteiner, 2022):

Solarstrahlung

- Sonnenscheindauer – jährliche Gesamtstrahlung, jahreszeitliche Strahlung, tägliche Mittelwerte, etc. abhängig von Standort, Orientierung, Vegetation, etc.
- Strahlungswerte der Direkt- und Diffusstrahlung – maximale Erträge einzelner Flächen abhängig von Orientierung und Neigungswinkel
- Strahlungsmengen – maximale Erträge einzelner Fassaden absolut und Anteilig zum Gesamtsystem

Wind

- Windgeschwindigkeiten – mittlere Jahres- und saisonale Windgeschwindigkeiten, ggf. zusätzliche Anforderungen an die Konstruktion
- Windrichtungsverteilung – Vorzugswindrichtung, ggf. Einfluss auf Geometrie, Lüftungskonzept, etc.
- Anteil Windstille – tageszeitliche oder saisonale Aufschlüsselung, ggf. Einfluss auf Lüftungskonzept

Luftfeuchte (relativ und absolut), Niederschlag, Oberflächenwässer

- Be- und Entfeuchtung der Zuluft – abhängig von Feuchtegrad und Nutzung
- Taupunkttemperatur und Kondensatbildung – wichtige bauphysikalische Kennwerte zur Vermeidung von Bauschäden, ggf. Einfluss auf Konstruktion
- Niederschlagshäufigkeit und -mengen – z. B. durchschnittliche Jahresniederschlagsmengen, ggf. Einfluss auf Fassaden- und Dachausformulierung, Außenbereiche, etc.

Lufttemperatur

- Minimal-, Maximaltemperaturen – Anzahl jährliche Über- und Unterschreitungen des thermischen Komfortbereichs, Nutzerakzeptanz, Klimatisierungsoptionen zu Spitzenlastzeiten
- Temperaturschwankungen im Tages- und Jahresverlauf

Temperatur Erdreich, Grundwasser, Tiefenwässer

- Erdwärme, Erdreichtemperatur – Energiegewinnung durch Sole-Wasser Wärmepumpen wie Erdkollektoren, Erdsonden, etc.
- Grund- und Tiefenwässer – Energiegewinnung durch Wasser-Wasser Wärmepumpen

Gebäudenahes Mikroklima

- Vegetation, Bepflanzung, Wasserflächen etc. in der Gebäudeumgebung – Kühlung der Zuluft, Luftfeuchtigkeit, Verschattung, etc.

Die genannten Einflussfaktoren decken das gesamte bauliche Umfeld sowie die Sonnenstrahlung mitsamt deren Auswirkungen ab. Je mehr diese in ein Gebäudekonzept einfließen, desto geringer ist das Potential des erforderlichen Energiebedarfs von außen.

2.3 Solararchitektur

Die Begriffe Solararchitektur bzw. solares Bauen beschreiben im Wesentlichen das Bauen unter Einsatz von passiver und/oder aktiver Solarenergienutzung.

Unter passiver Solarenergienutzung versteht man die direkte Nutzung der Solarenergie für verschiedene Zwecke in Form von Wärmeenergie. Wenn solare Strahlung auf Materie trifft, wird diese erwärmt und gibt wiederum selbst Wärmestrahlung ab. Es wird daher von einer Direktnutzung der Solarenergie gesprochen. Bei der Nutzung in Gebäuden wird Wärmeenergie freigesetzt, sobald Solarstrahlung durch die Gebäudehülle ins Innere gelangt, auf Materie trifft und diese erwärmt. (Cremers, 2015) Durch den Treibhauseffekt (siehe 3.8.1 Treibhauseffekt) bleibt die so generierte Wärmestrahlung zum Großteil im Inneren und heizt den Raum auf. Die Direktnutzung solarer Strahlung ist in großem Maße vom architektonischen Konzept abhängig, da hierfür die Eindringung durch die Gebäudehülle ins Innere und alle dafür zu treffenden Maßnahmen erforderlich sind. Eine nachträgliche Einbringung einer solaren Direktnutzung ist in der Regel aufwändig.

Das bereits 2.500 Jahre alte Konzept vom Sonnenhaus des Sokrates beruht auf dem Prinzip der passiven Solarenergienutzung und ist ein früher Vorläufer der modernen Solararchitektur (siehe Abbildung 2). Steil einfallende sommerliche Solarstrahlung wird durch das Vordach bereits vor dem Wohnbereich abgefangen, flach einfallende winterliche Strahlung gelangt tief ins Gebäudeinnere und trifft auf die massereichen Böden und Wände, welche sie absorbieren und in Wärmeenergie umwandeln.

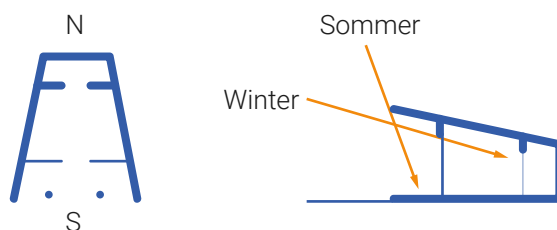


Abb.2: Sonnenhaus

Quelle: angelehnt an Haselsteiner, 2022, S. 56

Unter aktiver Solarenergienutzung versteht man die indirekte Nutzung der Solarstrahlung durch die Umwandlung über ein Medium zur gewünschten Energieform – zum Beispiel über Photovoltaik-Module oder Wasserkollektoren zu Strom oder Warmwasser. Die Indirektnutzung solarer Strahlung ist eine übliche Vorgehensweise bei der Nachrüstung von Gebäuden, da die erforderliche Technik oft relativ einfach und ohne große Umbauten außen auf dem Gebäude angebracht werden kann – zum Beispiel an der Fassade oder auf dem Dach (Cremers, 2015). Sie ist folglich durch den Einsatz technischer Systeme bestimmt und spiegelt somit einen bestimmten Stand der Technik wider. Das führt in gewissem Maße zu Fehleranfälligkeit und Wartungsaufwand. Da die Photovoltaik- und Solarthermietechnologie heutzutage schon relativ ausgereift ist, bilden sie eine sehr effiziente Möglichkeit für ein energetisches Fundament einer nachhaltigen Planung.

3 PLANUNGSPRINZIPIEN

Nachfolgend werden unterschiedliche Planungsprinzipien für die aktive und passive Produktion, Speicherung und Abgabe von zumeist thermischer Energie für energetische Sanierungen vorgestellt.

3.1 Energetische Grundparameter

Gebäudeform, -dimensionierung und Lage werden wesentlich durch einige Grundsatzentscheidungen geprägt. Sie bestimmen unter anderem die Oberfläche der thermischen Hülle und die Eindringtiefe von energiereicher Solarstrahlung. Um Energieverluste zu minimieren und die Energiegewinnung zu maximieren ist eine umfängliche Kenntnis über die einzelnen Parameter entscheidend.

3.1.1 Kompaktheit

Als Kompaktheit wird das Verhältnis zwischen der das Gebäude umgebenden Hüllfläche zu seinem Bruttovolumen bezeichnet (A/V Verhältnis). Die Wärmeverluste eines Körpers steigen mit der Erhöhung seiner Oberfläche, da mehr Wärme abgestrahlt werden und somit verloren gehen kann. Daher ist im Sinne einer nachhaltigen Energieeinsparung eine Minimierung der Oberfläche bzw. eine günstigere Kompaktheit anzustreben. Dafür sind An-, Auf-, Vorbauten sowie Rücksprünge zu vermeiden.

Abbildung 3 zeigt, dass die Kompaktheit in erster Linie von der Gebäudetypologie bzw. der Gebäudeform abhängig ist. Im Verhältnis zu der Höhe haben flachere oder unförmigere Gebäude eine größere Oberfläche. Gute A/V -Werte liegen um 0,20 (z.B. mehrgeschoßiges Hochhaus), ungünstige Werte liegen um 1,0 und höher (zum Beispiel eingeschößige, verwinkelte Ferienhäuser). (Koenigstein, 2020)

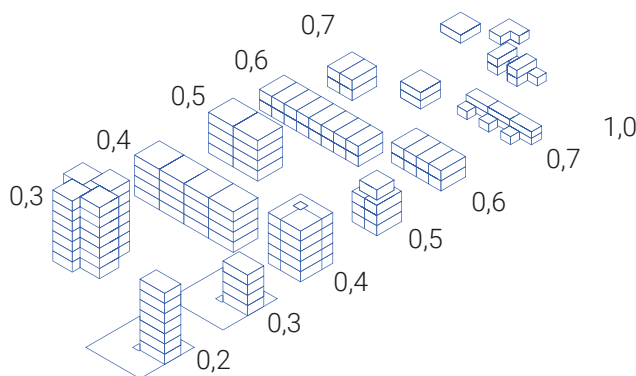


Abb.3: Kompaktheit nach Gebäudetypologie

Quelle: angelehnt an Koenigstein, 2020, S.155

Die Gebäudetypologie ist somit ein essenzieller Faktor für den erforderlichen Heizwärmebedarf bzw. die zu erwartenden Energieverluste. Bei einer Sanierung ist es von Vorteil, bestehende Rücksprünge – sofern es die Grundrissgestaltung zulässt – weitestgehend zu schließen, zum Beispiel durch die Verglasung von eingeschnittenen Loggias.

3.1.2 Tiefe der Baukörper

Eine solare Ausrichtung der Räume schafft die Möglichkeit auf passive solare Erträge bis zu einer Gebäudetiefe von ca. 7m (Koenigstein, 2020) und somit die Senkung des Heizwärmebedarfs. Darüber hinaus gelangt selbst flach einfallende winterliche Sonnenstrahlung oft nicht mehr ausreichen ins Gebäudeinnere. Mit einer ausbleibenden Aufladung durch thermische Energie geht in jenen Bereichen eine mangelhafte natürliche Belichtung einher, welche dann durch künstliche Beleuchtung kompensiert werden muss und zusätzliche elektrische Energie kostet.

3.1.3 Gebäudeausrichtung

Die Optimierung der passiven Solarenergienutzung ist eine der wirkungsvollsten Maßnahmen, um den Primärenergiebedarf zu senken. Um passive solare Gewinne effizient nutzen zu können, ist eine entsprechende Gebäudeausrichtung, die Kenntnis über standortspezifisches Solarstrahlungspotential sowie die Vermeidung von Verschattungen durch Nachbargebäude, Vegetation oder Topographie wesentlich.

Solare Erträge können in der Heizperiode durch eine Südausrichtung der Fenster maximiert werden. Eine Südabweichung um bis zu 25° bringt solare Wärmeverluste von lediglich 5% mit sich, ab 30° entstehen progressiv zunehmend mehr solare Verluste (Koenigstein, 2020). Eine Orientierung nach Süden ist somit grundsätzlich naheliegend. Jedoch kann in gewissen Fällen auch eine Abweichung vorteilhaft sein wenn dadurch Räume thermisch aufgeladen werden können, die ansonsten schwächer bestrahlt werden würden. Siehe auch 3.8 Energiegarten.

Ost- bzw. Westfassaden sind besonders empfindlich gegen sommerliche Überwärmung, da die flach einstrahlende Solarstrahlung tiefer ins Gebäude eindringen und dieses im Sommer stark aufheizen kann. Ost-West orientierte Gebäude sollten daher aus energetischer Sicht vermieden werden. Ostseitig kann die resultierende Wärmestrahlung noch relativ einfach über einen Luftaustausch abgeführt werden, durch die steigenden Temperaturen tagsüber ist dies westseitig allerdings deutlich problematischer. (Cremers, 2015) Hierbei ist insbesondere ein wirkungsvoller Son-

nenschutz von großer Bedeutung, siehe auch 3.5 Sonnenschutz. Im mehrgeschoßigen Wohnbau sind Ost-West orientierte Gebäude in der Praxis durchaus beliebt, da sie die Problematik der mangelhaft belichteten Nordwohnungen systematisch ausschließen. Insbesondere im historischen Bestand ist die Gefahr der sommerlichen Überwärmung bei Ost-West Typologien sehr hoch, da sie in der Regel schlecht gedämmt sind und oft nur über einen mangelhaften Sonnenschutz verfügen. Thermische Sanierungen mit Augenmerk auf adäquaten Sonnenschutz können hier Abhilfe schaffen.

3.1.4 Verschattung durch Nachbargebäude

Um passive solare Erträge zu erhalten, ist auf entsprechenden Abstand zu schattwerfenden Nachbarbebauungen zu achten. In Mitteleuropa hat die Mittagssonne zur Wintersonnenwende einen Höchststand von ca. 12-20 °, abhängig vom Standort. Es kann daher insbesondere im urbanen Kontext mitunter sehr schwierig sein, durchgehend solare Erträge zu erwirtschaften. Umso wichtiger ist es, die Positionierung im Neubau darauf hin zu optimieren.

3.1.5 Resümee

Die Wahl kompakter, gedrungener Baukörper sowie einer energetisch günstigen Gebäudetypologie hilft dabei, Außenflächen und somit potentielle Angriffsflächen für Wärmeverluste zu minimieren. Die Gebäudeausrichtung, -tiefe und deren Lage gegenüber bestehenden Nachbargebäuden können die potentiellen solaren Gewinne erheblich steigern. Damit kann die Gesamtenergiebilanz bereits zu Anfang einer Planung, ganz unabhängig von der eigentlichen Architektur positiv beeinflusst werden und dabei helfen, Haustechnik für kompensierende Maßnahmen einzusparen.

3.2 Thermische Zonierung

Im Sinne einer suffizienten Energieregulierung kann eine thermische Zonierung angestrebt werden. Das kann einerseits eine flexible, saisonbedingte und bedarfsorientierte Einteilung der Nutzflächen sowie Mehrfachnutzungen und anpassbare Raumkonfigurationen bedeuten, sodass die erforderlichen Flächen für das Raumprogramm kompakt gehalten werden können. Andererseits kann das eine Temperierung weniger genutzter Räume über- oder unterhalb der Komforttemperatur bedeuten, um Energie einzusparen.

3.2.1 Anpassbares Raumprogramm

Durch eine Grundrissgestaltung welche die Möglichkeit bietet, Bereiche flexibel zu bespielen, können gebäudeinterne Klimazonen abhängig von der Jahreszeit unterschiedlich genutzt werden. Im Winter können stark frequentierte Nutzungen vor allem in südseitig ausgerichteten, möglichst großzügig verglasten Bereichen von flach einfallender Solarstrahlung profitieren, da diese tief ins Gebäudeinnere eindringt und es erwärmt. Nordseitig ausgerichtete Bereiche, welche nicht oder nur in untergeordneter Weise von solarer Strahlung profitieren, eignen sich für weniger frequentierte Nutzungen wie Schlafen, Erschließung oder Versorgung. Im Sommer ist es umgekehrt – hier können stark frequentierte Nutzungen in kühlere Bereiche, weniger frequentierte Nutzungen in exponiertere Bereiche verlagert werden. Stiegen können nicht saisonal versetzt werden, jedoch kann eine flexible Grundrissgestaltung einen gewissen Spielraum für eine Verlagerung von Nutzungszonen abhängig von der Jahreszeit bieten.

3.2.2 Pufferzonen

Pufferzonen bieten eine gute Möglichkeit, Temperaturunterschiede zwischen Innen und Außen auszugleichen und den Aufwand für Heizung bzw. Kühlung zu reduzieren. Durch die Anordnung von weniger frequentierten, untergeordneten Nutzungen an der Fassade wird der Temperaturunterschied zwischen prominenten, höher frequentierten Bereichen zum Außenraum und damit der Heiz- bzw. Kühlbedarf gesenkt.

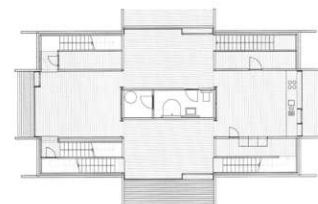
Im Haus Luzi (siehe Abbildung 4) wurden bis auf die Nasszellen alle Nebenräume in den Ecken des Hauses positioniert, welche so einen relativ großen Teil der Fassade



a



b



c

Abb.4 a-c: Haus Luzi, Jenaz (CH) 2002, Peter Zumthor
Quelle: <https://atlasofplaces.com/architecture/luzi-house/>
Fotos: Ralph Feiner - Walter Mair

belegen und damit die Wärmeabstrahlung der angrenzenden, beheizten und nur einseitig bewitterten Räume verringern. Diese profitieren von den Nebenräumen als thermische Pufferzonen durch minimierte Energieverluste.

3.2.3 Resümee

Eine flexible Grundrisskonzeption kann durch die bewusste Einplanung thermischer Zonierungen dabei helfen, Technik- und Energieaufwand für ein generalisiertes, teils redundantes Temperaturniveau einzusparen. Insbesondere Gänge, Sanitär- und Schlafräume werden verhältnismäßig wenig genutzt und bieten viel Potential für eine der Jahreszeit angepasste Temperierung und somit der Einsparung von Heiz- oder Kühlenergie. Voraussetzung dafür ist ein entsprechendes Nutzerverhalten und die Akzeptanz saisonbedingt unterschiedlicher Temperaturniveaus in den Räumlichkeiten .

3.3 Thermische Speichermasse

Bauteile mit einer hohen spezifischen Wärmespeicherkapazität besitzen in der Regel eine hohe Masse, man spricht von thermischer Speichermasse. Diese hilft, Temperaturschwankungen zu dämpfen. Sie sind klimatisch vorteilhaft, da sie sich tagsüber langsam erwärmen und die aufgenommene Energie nachts wieder abgeben. Im Winter hilft das, den Heizwärmebedarf positiv zu beeinflussen, im Sommer sorgt es dafür, dass die Bauteile tagsüber kühl abstrahlen. Die stetig über den Tag aufgenommene Wärme kann über eine Nachtlüftung wieder abgeführt werden.

3.3.1 Baustoffe

Beispiele für massereiche Baustoffe sind Beton, Ziegel, Estrich, Massivholz oder Stampflehm. Werden diese Bauteile durch vorgesetzte Dämmung, Vorsatzschalen, abgehängte Decken oder Ähnliches abgedeckt, vermindert das die speicherwirksame Masse erheblich, da die thermische Energie durch die leichteren Baustoffe nur mehr in geringem Ausmaß absorbiert bzw. gespeichert werden kann.

Im Deckenbereich sind Massivholz-, Beton- sowie Holz-Beton Verbunddecken typische Einsatzmittel um die thermische Speichermasse durch die Tragstruktur einzubringen. Bei Wänden sind Massivholz-, Beton-, Stampflehm- oder Ziegelwände üblich (Haselsteiner, 2022). Besonders beliebt ist der Einsatz von Brettsper Holz und Beton im Kern- oder Mittelgangbereich, um gleichzeitig eine aussteifende Wirkung sowie

speicherfähige Masse einzubringen. Ausbauten durch Stampflehm- oder Estrichböden mit Stein- oder Fliesenbelägen, ggf. auch dünnem Parkett als Decklage können zusätzlich Masse einbringen.

Ein Beispiel für den radikalen Einsatz von massereichen Baustoffen in Gebäuden ist das fünfstöckige solare Direktgewinnhaus N11 (siehe Abbildung 5) von N11 Architekten und N11 Bauingenieure, welches durch die fünfeckige Geometrie sowie den extrem hohen Anteil an Baustoffen mit hoher thermischer Speichermasse gänzlich ohne Wärmedämmung und Heizung auskommt. Der Einsatz von 30 cm dicken Brettsperrholz-Außenwänden, Holz-Beton Verbunddecken sowie Stampflehm Böden speichert so viel thermische Energie durch Solarstrahlung sowie Prozesswärme, dass im Winter 18 °C nicht unterschritten und im Sommer 25 °C nicht überschritten werden. (Deutsche Bauzeitung, 2016)

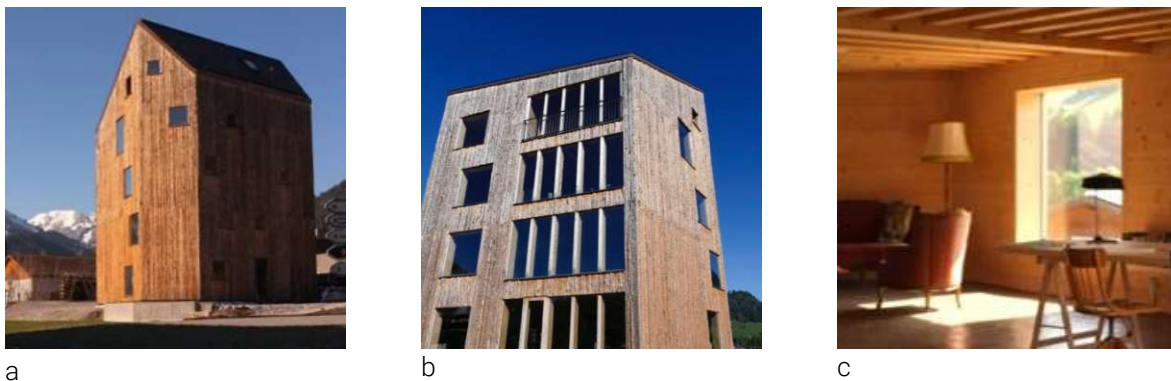


Abb.5 a-c: Solares Direktgewinnhaus N11, Zweisimmen (CH) 2014, N11 Architekten, N11 Bauingenieure

Quelle: <https://www.n11.ch/download/dt-bauzeitung3-16.pdf>

Fotos: N11 Architekten; Hubertus Adam

3.3.2 Bauteilaktivierung

Der Einsatz massereicher Bauteile ist sehr gut mit Flächenheizung und -kühlung kombinierbar. Bei einer Wand- bzw. Fußbodenheizung und -kühlung kann die Temperierung sehr energieschonend mittels Wärmepumpe aus regenerativen Energiequellen wie Erdwärme, Grundwasser, Abluft, Kanal, etc. erfolgen, weil durch die sehr großen Flächen viel Energie übertragen werden kann und somit nur eine relativ geringe Differenz zwischen Vorlauf- und gewünschter Raumtemperatur erforderlich ist (Saldanha, 2021). Liegt die Oberflächentemperatur unter der Raumtemperatur, wirkt die Fläche kühlend, liegt sie darüber, wirkt sie wärmend. Niedrigtemperaturesysteme wie Flächenheizungen brauchen durch die Masseträgheit massereicher Bauteile zwar relativ lange, um ein gewünschtes Temperaturniveau zu erreichen,

allerdings wird dieses dann auch lang und gleichmäßig aufrechterhalten. Gleichzeitig ist durch denselben Effekt die Regelbarkeit eingeschränkt, weil die Auswirkungen von Anpassungen nur zeitverzögert spürbar werden. Flächenheizungen können im Fußboden als Heizestrich, in Wänden und Decken als Betonkernaktivierung verbaut werden. Auch im Stampflehm sind sie möglich, allerdings ist das Know-How hierbei noch auf relativ wenige ausführende Firmen beschränkt und noch nicht über Normen geregelt.

3.3.3 Resümee

Der Einsatz thermischer Speichermasse spielt eine wichtige Rolle für die dauerhafte Regulierung der Raumtemperatur in Richtung Komfortniveau, da die Massenträgheit zu einer Abflachung der Temperaturkurve führt und somit Temperaturspitzen deutlich gedämpft werden können. Durch Bauteilaktivierung kann abhängig von der Jahreszeit über große Flächen zusätzlich geheizt oder gekühlt werden, was zu einer weiteren Abflachung der Temperaturkurve führt. Die Integration von Nachtauskühlung ist beim Einsatz thermischer Speichermasse besonders wichtig, da im Sommer die tagsüber aufgenommene Wärme nachts wieder abgeführt werden sollte (siehe auch 3.6 Lüftung). Fehlt thermische Speichermasse bedingt durch die Bauweise, kann sie an gezielten Stellen – beispielsweise durch Wand- oder Bodenbeläge – eingebracht werden um eine passive Solarenergienutzung in der kalten Jahreszeit oder kühlende Effekte an heißen Tagen zu ermöglichen.

3.4 Massespeicher

Massespeicher sind Bauteile oder aufgeschüttete Volumina aus massereichem Material, welche die Wärmeenergie aus zugeführter warmer Luft aufnehmen, durch ihre thermische Speichermasse speichern und zeitverzögert wieder abgeben können (siehe auch 3.3 Thermische Speichermasse). Sie kommen in der Regel im Keller oder Erdreich vor, da sie viel Platz benötigen und hier abgeschirmt von solarer Strahlung einem gleichmäßigen Temperaturniveau unterliegen.

3.4.1 Anwendung

Wenn ein Überschuss an warmer Luft besteht – generiert zum Beispiel über thermische Luftkollektoren oder durch Prozessabwärme – kann es sinnvoll sein, die darin enthaltene Wärmeenergie in einem Massespeicher zwischenzuspeichern. Dies kann beispielsweise über Kiesspeicher unter dem Fundament, Kiesaufschüttungen

in nicht genutzten Kellerräumlichkeiten oder massereiche Betonwände geschehen. Die über Ventilatoren eingeblasene warme Luft erwärmt das Volumen bzw. die massiven Wände tagsüber langsam, welche die gebunkerte Wärme aufgrund ihrer Massenträgheit zeitversetzt über die selben Ventilatoren rückläufig wieder abgeben können. So kann überschüssige Wärme dann bereitgestellt werden, wenn sie gebraucht wird.

Kühle, massereiche Bauteile können außerdem mittels Bauteilaktivierung eingesetzt werden, um eine Flächenkühlung zu betreiben. Durch eine Integration in den Wasserkreislauf einer solchen können sie durchgepumptes Wasser durch ihr verhältnismäßig niedriges Temperaturniveau kühlen, welches anschließend in die zu temperierenden Bereiche geleitet wird – ähnlich der Temperierung mittels Erdkälte oder Grundwasser. (Treberspurg, 2011)

Günter Pfeifer nutzt beim Punkthaus in Mannheim (siehe Abbildung 6) die Kellerräumlichkeiten eines thermisch zu sanierenden Wohnbaus, um thermische Speichermasse in Form eines Massepeichers einzubringen. Im Winter (b) kann die über Luftkollektoren tagsüber erwärmte Luft mittels Ventilatoren im Umlaufprinzip durch den Kiesspeicher geleitet werden, um diesen thermisch aufzuladen und die so gespeicherte Wärme nachts wieder an die Luftkollektoren abzugeben. So kann eine konstant höhere Lufttemperatur gegenüber der Außenluft erreicht und damit das Temperaturgefälle von innen nach außen deutlich gesenkt werden. Im Sommer (c) wird der Speicher über das Erdreich gekühlt. Die so vorgekühlte Luft kann in den Fassadenzwischenraum geblasen und am oberen Ende der Fassade abgeführt werden. So kann sie einen thermischen Puffer zwischen der Außenwand und dem Außenraum generieren. (Pfeifer, 2016)

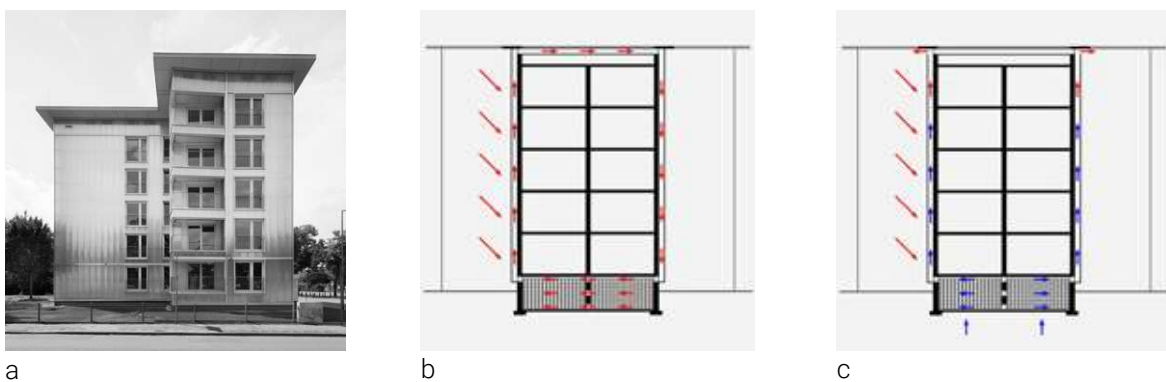


Abb.6 a-c: Punkthaus in Mannheim, Mannheim (DE) 2013, Günter Pfeifer
 Quelle: <http://www.guenterpfeifer.de/content/punkthaus.html>
 Foto: Claudius Pfeifer

3.4.2 Resümee

Thermische Massespeicher können – abhängig von Projektgröße und -anforderungen – ein naheliegendes Prinzip zur Unterstützung des Temperierungskreislaufes darstellen. Ist die Einbringung eines Kiesspeichers möglich oder sind Räume mit massiven Wänden und sehr geringen Temperaturschwankungen vorhanden, kann hier überschüssige thermische Energie entladen und zeitversetzt wieder abgerufen werden. Flächen mit konstant niedrigen Temperaturen können mittels Bauteilaktivierung genutzt werden, um ein Flächenkühlsystem nachhaltig zu unterstützen.

3.5 Sonnenschutz

Um sommerlicher Überwärmung effektiv vorzubeugen, ist die gezielte Miteinbeziehung von flexiblem oder baulichem Sonnenschutz bereits in die Planung von großer Bedeutung. Unterschiedliche Systeme sind für verschiedene Situationen konzipiert. Eine Lösung nach dem Gießkannen-Prinzip, bei dem ein System in allen Situationen zur Anwendung kommt, bringt einige Nachteile mit sich. So sind zum Beispiel außenliegende Verschattungssysteme bei nur kurzzeitiger Einstrahlung verhältnismäßig wartungsauswändig, innenliegende Verschattungssysteme bedingen wiederum höhere Wärmeeinträge an stark beschienenen Fassaden. Ost- und westseitig schützen Vorbauten kaum vor direkter Sonnenstrahlung und Horizontalverschattungen bieten hier bei adäquater Abschattung nur geringe Durchsicht.

An west- und ostorientierten Fassaden übersteigt die auftretende Strahlungsleistung im Sommer jene der südlichen Fassaden (siehe Abbildung 7). Speziell die Westfassade ist gegen sommerliche Überwärmung zu schützen, da die Aufheizung bereits bei wesentlich höheren Temperaturen startet als bei der Ostfassade am Morgen (Cremers, 2015). Deshalb ist für einen sommerlichen Überwärmungsschutz speziell an diesen Fassaden ein gebührendes Verschattungsinstrument wichtig.

3.5.1 Flexible Systeme

Die Wahl der Verschattungssysteme kann sich abhängig von der Himmelsrichtung unterscheiden. Südseitig machen horizontale Strukturen Sinn, da sie steil einfallende Sommersonne abhalten und gleichzeitig einen Durchblick ermöglichen. Ost- und westseitig erfordern diese durch die flach eintretende Morgen- bzw. Abendsonne eine nahezu vollständige Schließung, was einen Ausblick nach draußen zur Gänze verhindert. Vertikale Strukturen können hier unter Umständen mehr Sinn machen,

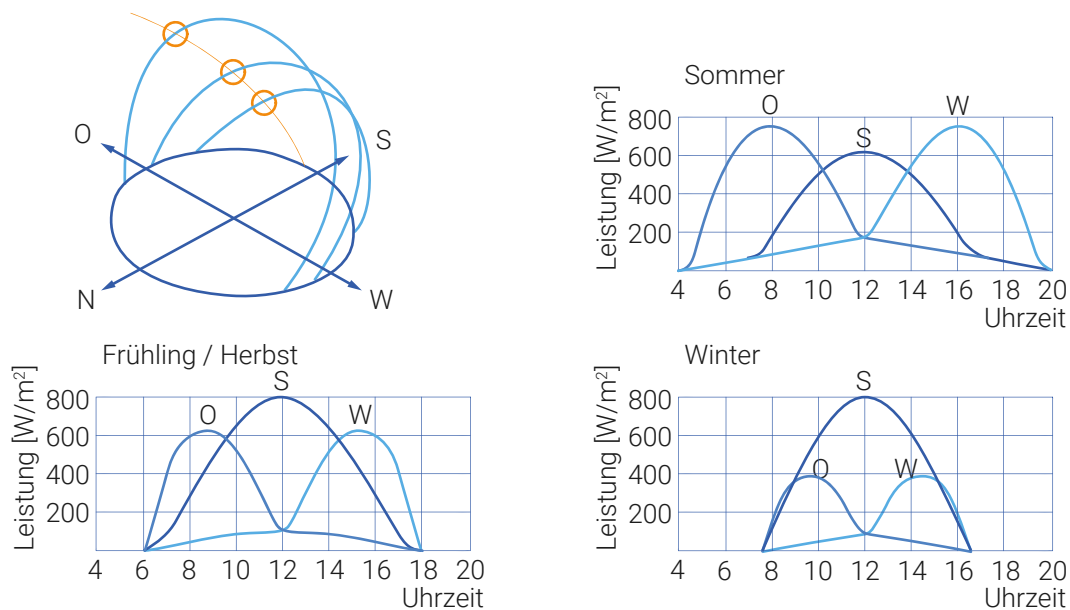


Abb.7: Strahlungsleistung
 Quelle: angelehnt an Cremers, 2015, S. 171

da sie eintreffende Solarstrahlung bei zumindest leicht schrägem Einstrahlwinkel abhalten und gleichzeitig einen Sichtbezug nach außen ermöglichen (siehe Abbildung 8). An der Nordfassade kann mit vertikalen Strukturen eintretende Sonnenstrahlung bei nahezu vollständiger Durchsicht abgehalten werden.

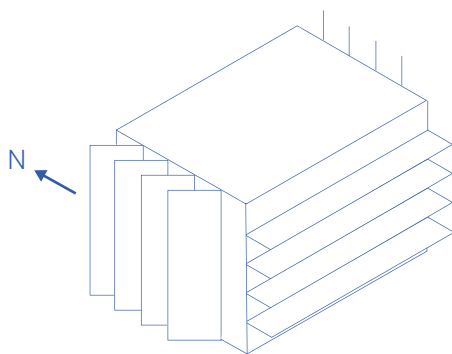


Abb.8: Sonnenschutzsystem in Abhängigkeit zur Orientierung
 Quelle: angelehnt an Cremers, 2015, S. 180

Werden horizontale Verschattungssysteme ost- oder westseitig eingesetzt, entsteht bei gänzlich geschlossenen Sonnenschutzelementen eine totale Abdunkelung. Dann gelangt weder ein Mindestmaß an Tageslicht in den Innenraum, noch besteht visueller Kontakt zum Außenraum. Als Konsequenz kann der Strombedarf steigen, da zusätzliche künstliche Beleuchtung erforderlich wird.

Dem entgegenwirkend haben sich in der Praxis gelochte Raffstores etabliert. Im geschlossenen Zustand gewähren sie bei nur geringfügig schlechterer Abschattung

neben leichter Durchsicht noch genügend Tageslichtdurchlass, dass zusätzliche Beleuchtung vermieden werden kann. Separat verstellbare Lichtlenklamellen im Oberlichtbereich bieten den Vorteil, genügend Tageslicht zur Innenraumbelichtung an die Decke zu lenken, während gleichzeitig ein Großteil der solaren Strahlung vor dem Eindringen abgehalten wird (siehe Abbildung 9). (Haselsteiner, 2022) Diese Systeme kommen überwiegend in Büro-Typologien zur Anwendung, da hier tagsüber ein hoher Bedarf an Belichtung bzw. Beleuchtung bei gleichzeitiger Blendfreiheit besteht. Üblicherweise wird hierfür ein relativ hoher technischer Aufwand zur Herstellung adäquater Bedingungen betrieben.

3.5.2 Baulicher Sonnenschutz

Südseitig, wo die Sonnenstrahlung im Sommer steil einfällt, haben bauliche Maßnahmen wie Vorsprünge, Balkone oder Loggien den Vorteil, dass sie keiner Wartung bedürfen, die direkte Sonneneinstrahlung aber dennoch vor der Fassade abfangen und so einen wesentlichen Beitrag zur Verhinderung sommerlicher Überwärmung leisten. Die Dimensionierung sollte nicht über das erforderliche geometrische Maß hinaus gehen, damit die Strahlung in der Übergangszeit möglichst großflächig und jene der flachen Wintersonne möglichst vollständig in den Innenraum gelangt (siehe Abbildung 9).

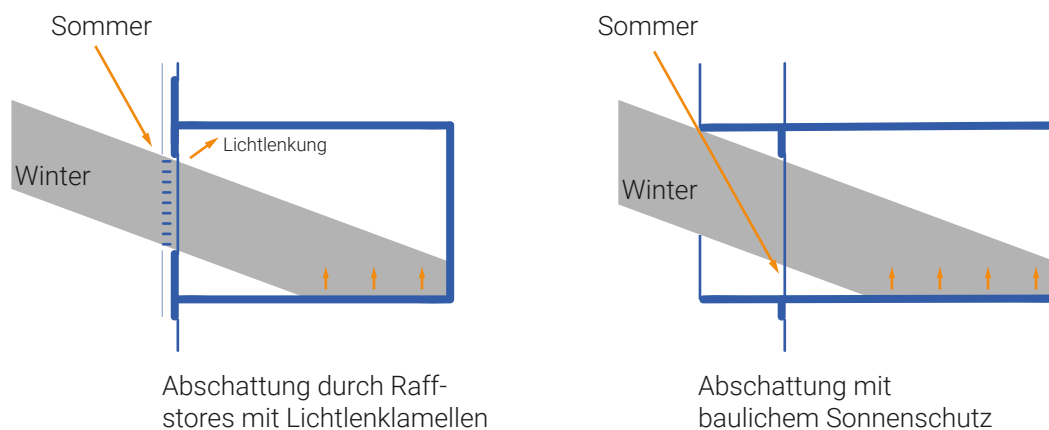


Abb.9: Baulicher Sonnenschutz
Quelle: angelehnt an Treberspurg, 2011, S. 15

Neben Vorsprüngen, Balkonen oder Loggien ist auch der Einsatz von Photovoltaik-Modulen als Verschattungssystem eine effektive Maßnahme gegen sommerliche Überwärmung, mit welcher gleichzeitig Strom produziert werden kann (siehe Abbildung 10). Das Architekturbüro Reinberg positioniert beim Solaraktivhaus in Kraig feststehende Photovoltaik-Module in der Weise, dass sie steil einfallende Mittags-

sonne vor dem Eindringen ins Gebäude abschirmen, die flache Wintersonne hingegen ungehindert ins Innere eindringen kann.

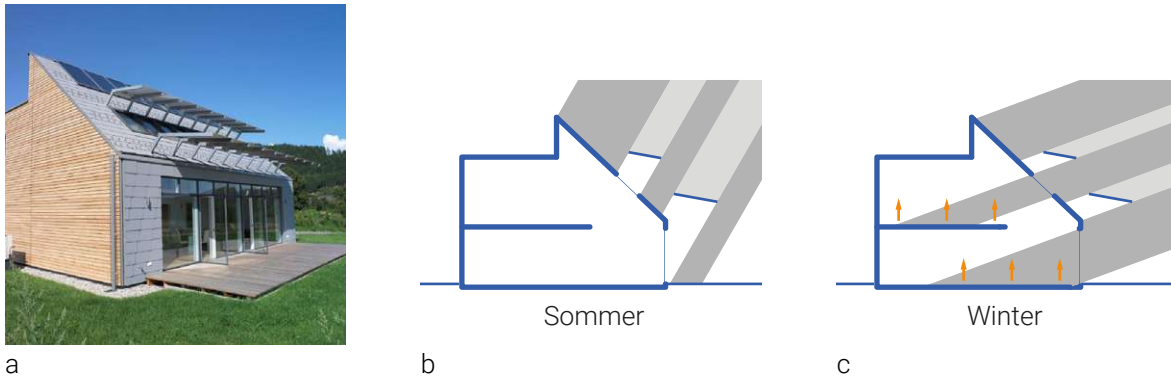


Abb.10 a-c: Solaraktivhaus, Kraig (AT) 2009, Architekturbüro Reinberg
 Quelle: Darst. angelehnt an <https://reinberg.net/projekt/kraig-bei-st-veit-solaraktivhaus/>
 Foto: Architekturbüro Reinberg

3.5.3 Übersicht Systeme

Abbildung 11 zeigt eine Übersicht verschiedener innen- und außenliegender Verschattungssysteme mitsamt der zugehörigen Verschattungskoeffizienten F_C , welche ein Maß für den Durchlass der Solarenergie bilden. Außenliegende, flexible Elemente sind mit einem Verschattungskoeffizienten $F_C = 0,1 - 0,5$ sehr effektiv und aus energetischer Sicht innenliegenden Elementen vorzuziehen. Allerdings sind sie wind- und witterungsanfällig, und somit wartungsbedürftig. Innenliegende, flexible

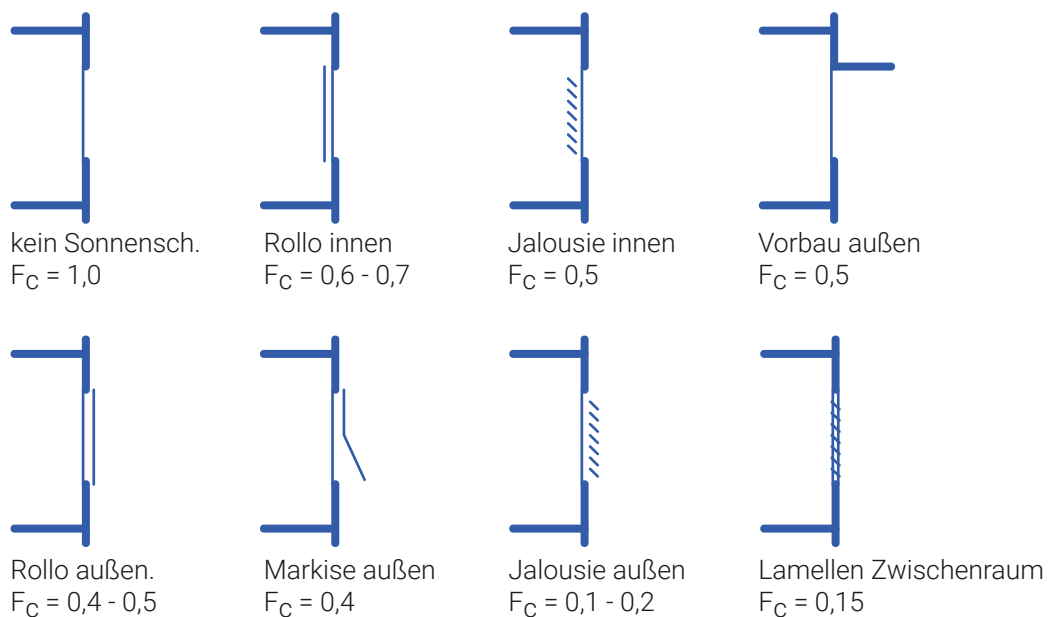


Abb.11: Übersicht verschiedener Verschattungssysteme
 Quelle: angelehnt an Saldanha, 2021, S. 94

Elementen haben dagegen mit $F_c \geq 0,5$ einen wesentlich geringeren Verschattungswert und sind daher gegenüber außenliegenden Elementen rechnerisch suboptimal. Ihre Stärken können sie nordseitig sowie südseitig mit vorgelagerter Überdachung ausspielen, wo die tägliche direkte Sonneneinstrahlung auf einen kurzen Zeitraum begrenzt ist. Ostseitig können innenliegende vertikale Elemente trotz ihres schwächeren Verschattungswertes durch den Vorteil der besseren Durchsicht zum Außenraum Sinn machen, da die Temperaturen morgens noch relativ niedrig sind und eine stärkere Erwärmung dadurch noch nicht so ins Gewicht fällt.

3.5.4 Resümee

Die richtige Wahl des Sonnenschutz-Systems hängt von mehreren Faktoren ab und kann für jedes Projekt unterschiedlich ausfallen. Die Anforderungen an die Verschattungseigenschaften, den Tageslichtdurchlass, Sichtkontakt nach außen, Blendfreiheit sowie die Möglichkeit baulicher Vorsprünge und nicht zuletzt die Investitions- und Wartungskosten bestimmen das Korsett der Möglichkeiten, einer sommerlichen Überhitzung entgegenzuwirken.

3.6 Lüftung

Durch eine klimatische, nutzungsspezifische Analyse kann eine Lüftungstechnische Konzeption maßgeblich unterstützt bzw. optimiert werden. Durch hausinterne oder -externe Druck- bzw. Temperaturunterschiede entstehen thermische Effekte, die zur Lüftung genutzt werden können.

3.6.1 Thermik

Bei hausinternen Druckunterschieden gelangt die Luft durch resultierende Thermik in Bewegung. In warmer Luft bewegen sich Atome schneller, weshalb sie mehr Platz benötigen und die Dichte respektive der Luftdruck abnimmt. Deshalb ist sie leichter als kalte Luft und steigt auf.

In windstillen Nächten, wo auch bei Querdurchlüftung keine ausreichenden Luftwechselraten gewährleistet werden können, stellen thermische Effekte eine wirkungsvolle Alternative dar. Indem Be- und Entlüftungsöffnungen mit möglichst großer Höhendifferenz zueinander gesetzt werden, können thermische Effekte genutzt werden. Große Raumhöhen, mehrgeschoßige Lufträume, Abzüge über Stiegenhäusern, Solarkamine etc. können wirkungsvolle Grundlagen bilden.

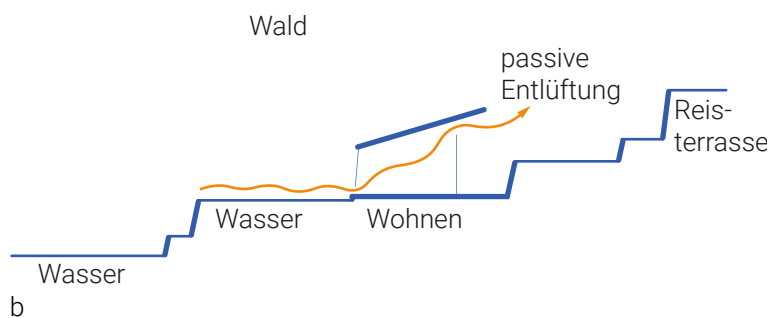
Zuluftöffnungen sollten daher möglichst bodennah, idealer Weise auf der sonnenabgewandten Seite situiert werden. Sind ihnen Vegetation oder Wasserbecken vorge­lagert, kann das thermische Eingangsniveau zusätzlich gesenkt werden (siehe auch 3.10 Begrünung oder 3.7 Adiabate Kühlung). Bei einem Anschluss an unterirdische Lüftungskanäle ist der Kühleffekt durch einen geothermischen Wärmeaustausch zusätzlich erhöht (siehe auch Abbildung 21, Seite 33).

Entlüftungsöffnungen sollten möglichst weit oben, an einem Hochpunkt gesetzt werden. Je größer der Höhenunterschied zwischen Zu- und Entlüftungsöffnung ist, desto größer ist das Potential der Strömungsenergie infolge von Druckdifferenzen (Haselsteiner, 2022) und desto kürzer ist die erforderliche Zeitspanne für einen Luftwechsel. Warme Luft strömt dann oben ab und zieht kühlere Luft von unten nach.

Kazuhide Doi Architects nutzen thermische Effekte, um das Einfamilienhaus Stone Terrace natürlich zu kühlen (siehe Abbildung 12). Die starke Neigung des Daches hin zu den südseitig überhöhten Räumen bewirkt im Sommer einen natürlichen Abzug der warmen Luft. Dadurch wird ein Sog erzeugt, welcher von der gegenüberliegenden Nordfassade (a) durch ein vorgelagertes Wasserbecken vorgekühlte Frischluft über Lüftungsschlitze in Bodennähe ansaugt. Durch die resultierende Zugluft entsteht zusätzlich Verdunstungskühlung am menschlichen Körper.



a



b

Abb.12 a-b: Stone Terrace, Hiroshima (JP) 2008, Kazuhide Doi Architects
 Quelle: Darstellung angelehnt an <http://doi-architects.net/html/stoneterrace.html>
 Foto: Kazunori Nomura

3.6.2 Luftwechsel

Stoßlüften mit vollständig geöffneten Fenstern ist wesentlich effektiver für den Luftaustausch als mit gekippten Fenstern und hilft dabei, Lüftungswärmeverluste zu minimieren. Abbildung 13 zeigt, dass der Volumenstrom bei vollständig geöffnetem Fenster um ein vielfaches höher ist, als bei gekipptem Fenster.

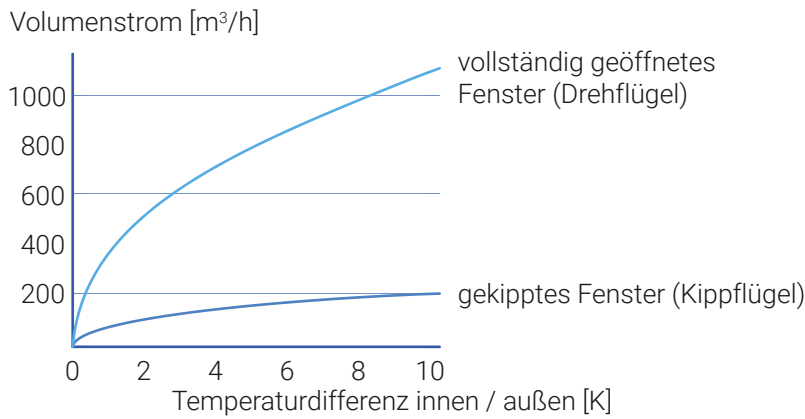


Abb.13: Luftwechsel in Abhängigkeit von Öffnung
 Quelle: angelehnt an Saldanha, 2021, S. 48

Abbildung 14 zeigt den Zusammenhang zwischen Luftwechselrate und operativer Raumtemperatur, abhängig von der Bauweise. Jene von $n=4 \text{ h}^{-1}$ oder höher führen zu akzeptablen Raumtemperaturen. Grundsätzlich gilt: Je schwerer die Bauweise, also je mehr thermische Speichermasse zur Verfügung steht, desto niedriger fallen die operativen Raumtemperaturen aus. (Saldanha, 2021) Das drückt sich insbesondere bei der Nachtlüftung aus, welche eine der wirkungsvollsten Maßnahmen ist, um Haustechnik für die Kühlung von Gebäuden zu reduzieren. Durch eine Querdurchlüftung mit einer hohen Luftwechselrate wird über Nacht die in den Bauteilen gespeicherte thermische Energie freigesetzt und abgelüftet. Je offener die Grundstruktur bzw. das Raumvolumen und je geringe die Raumtiefen ausgebildet sind, desto wirkungsvoller funktioniert ein Luftaustausch mittels Querdüftung.

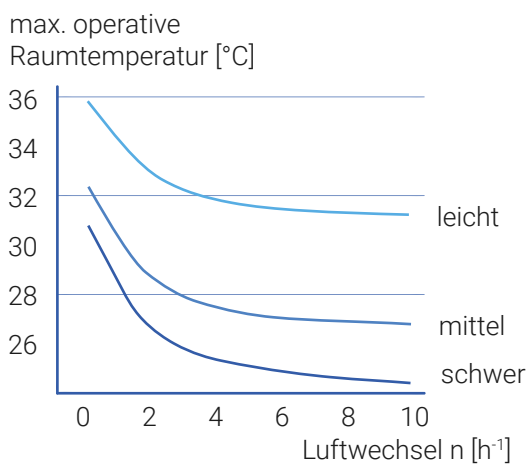


Abb.14: Luftwechsel in Abhängigkeit von Bauweise
 Quelle: angelehnt an Saldanha, 2021, S. 62

Ist aufgrund zu hoher Außentemperaturen kein Luftwechsel möglich oder sinnvoll, können Deckenventilatoren die Luftzirkulation an heißen Tagen auch bei geschlossenen Fenstern erhöhen und einen Kühleffekt über Verdunstungskühlung am Kör-

per erzielen (Treberspurg, 2011). Diese schaffen bei relativ geringem Strombedarf durchaus spürbare Unterschiede an heißen Tagen, lassen sich durch ihren leisen, kaum hörbaren Betrieb gut integrieren und bieten somit insbesondere in dicht besiedelten Gebieten mit wenig Windaufkommen eine sinnvolle Ergänzung zum Lüftungskonzept.

3.6.3 Nutzerverhalten

Die Bedienung von passiven Systemen wie natürliche Lüftung über Fensterlüftung oder Sonnenschutzelementen sind in der Regel stark vom Nutzerverhalten abhängig, da die erforderlichen Prozesse oft nicht automatisiert geschehen. Eine falsche Nutzung dessen kann das thermische Konzept konterkarieren (Treberspurg, 2011). Das Lüftungsverhalten sollte daher von den NutzerInnen immer auf die gegebenen Umstände angepasst werden und nicht unabhängig davon funktionieren. Das bedingt bei entsprechenden Konzepten eine ausreichende Einweisung in die Prinzipien der angewandten Systeme. Denn bei falscher manueller Bedienung von Fensterlüftung oder Sonnenschutzelementen an heißen Tagen können erhebliche Wärmeeinträge und gegebenenfalls eine Überhitzung des Innenraumes resultieren. Abbildung 15 veranschaulicht solch eine Situation. Abhängig von der Fassadengestaltung und -orientierung können sich die Oberflächen auf bis zu 80°C aufheizen. Die resultierende Luftgrenzschicht davor kann dann bis zu 10 K über der Umgebungstemperatur liegen (Hausladen et. al., 2009, zitiert von Treberspurg, 2011).

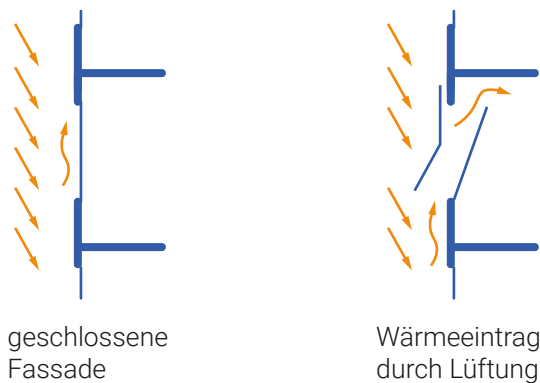


Abb.15: Luftwechsel
Quelle: angelehnt an Treberspurg, 2011, S. 11

3.6.4 Resümee

Eine effektive Raumlüftung mit hoher Luftwechselrate kann sowohl durch Wind, als auch durch Thermik induziert werden. Offene Grundrissstrukturen, hohe Räume oder Raumzusammenschüsse sowie große Öffnungsquerschnitte erhöhen die Wirk-

samkeit eines Lüftungskonzeptes. Speziell in den heißen Sommermonaten bewirkt die Einbringung thermischer Speichermasse gekoppelt mit Nachtauskühlung und klug gewählten Lüftungsöffnungen eine wirksame Abführung der tagsüber aufgenommenen Wärmeenergie. Ein Verständnis für das Lüftungskonzept seitens der NutzerInnen ist wichtig, um regelmäßige ungewollte Wärmeeinträge oder -verluste und somit einen höheren Energieverbrauch zu verhindern.

3.7 Adiabate Kühlung

Wenn Wasser in einem Becken, auf dem Körper, auf Pflanzen oder Ähnlichem verdunstet, wird die umgebende Luft gekühlt, man spricht von Verdunstungskühlung. Dieses Prinzip kann zur Konditionierung der Zuluft oder zur Kühlung von ganzen Zonen verwendet werden. Durch den fortschreitenden Klimawandel im mitteleuropäischen Raum wird es zunehmend relevanter.

3.7.1 Anwendung

Das Prinzip der Kühlung über Evapotranspiration – also dem Verdunsten von Wasser – wurde im arabischen Raum schon vor Jahrtausenden zur Konditionierung der Zuluft verwendet. Hierfür wurde sie über mit Wasser gefüllte, poröse Tongefäße oder über mit Wasser befeuchtete Geflechte bzw. Gewebe angesaugt, befeuchtet und kühlte so die Raumluft (Micksch, 2015). Es funktioniert heute grundsätzlich nach den selben Regeln wie damals, allerdings werden andere Mittel eingesetzt.

Beispiele hierfür sind Pflanzen im Außen- und Innenraum. Sie transpirieren Wasser über ihre Blattoberflächen (Bundesverband Boden e.V., 2023), weshalb sie im Einzugsbereich von Zuluftöffnungen positiv zur Luftbefeuchtung beitragen und so die Temperatur wirksam senken können. Bei einem Einsatz im Innenbereich ist eine Berechnung zur Dimensionierung anzuraten, um die angemessene Luftfeuchtigkeit nicht zu überschreiten.

Auch die Anordnung von Wasserbecken oder Teichen vor Zuluftöffnungen, in Atrien oder allgemein im Verlauf von potentieller Zugluft kann eine wirksame Maßnahme darstellen, um Frischluft zu befeuchten und so zu kühlen (siehe auch Abbildung 12, Seite 24). Ein Regenwasser-Auffangsystem ist eine einfache Methode, um Wasser für ein kühlendes Becken zu sammeln.

Bei der Planung gilt grundsätzlich: je wärmer und trockener die Luft ist, desto besser

kann sie Feuchtigkeit aufnehmen (Schöck Bauteile Ges.m.b.H., 2023). Abbildung 16 zeigt den Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem aufnehmbaren Wassergehalt. Dieser ist nicht linear, sondern exponentiell und steigt somit stärker an, je höher die Temperatur ist. Bei 20 °C Außentemperatur kann die Luft 17 g/m³ Wasser aufnehmen, bei 30 °C sind es schon 30 g/m³ und bei 40 °C bereits 50 g/m³ (Kubb, 2023). Der Einsatz adiabater Kühlung ist also von den klimatischen Gegebenheiten abhängig und nicht an jedem Standort gleich effektiv.

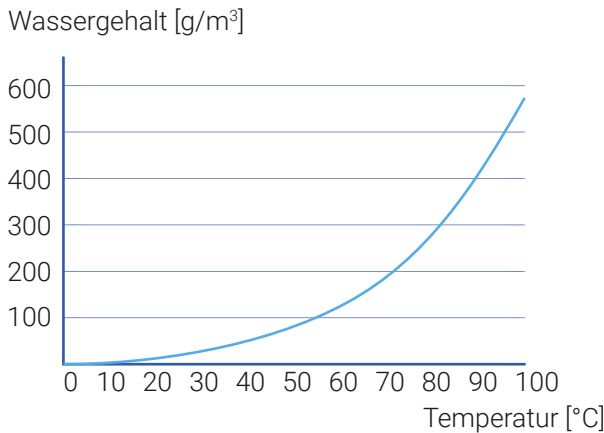


Abb.16: Luftfeuchtigkeit und Temperatur
Quelle: angelehnt an Kubb, 2023

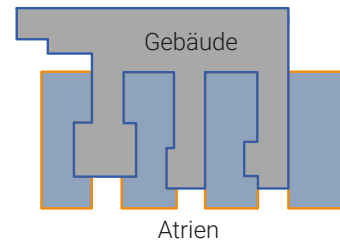
Stefan Behnisch setzt beim Institut für Forst- und Naturforschung (siehe Abbildung 17) adiabate Kühlung im großen Maßstab ein. Das Gebäude formt durch seine Kamm-Typologie große begrünte Atrien, welche zu verschiedenen Jahreszeiten klimatisch unterschiedliche Funktionen erfüllen. Während sie im Winter durch den Treibhauseffekt eine thermische Pufferzone zu den Räumlichkeiten schaffen (siehe auch 3.8 Energiegarten), weisen sie im Sommer durch die intensive Belegung mit Pflanzen und Wasserbecken ein großes Verdunstungskühlungspotential auf,



a



b



c

Abb.17 a-c: Institut für Forst- und Naturforschung, Wageningen (NL) 1998, Stefan Behnisch
Quelle: Darstellung angelehnt an <https://behnisch.com/work/projects/0022>
Fotos: Christian Kandzia (a), Frank Ockert (b)

wodurch die Luft gekühlt wird. Gemeinsam mit flexiblen Verschattungselementen wie Stoffbahnen sowie großzügigen Öffnungsklappen an der Deckenkonstruktion wird eine kühlere, durchlüftete Pufferzone geschaffen.

3.7.2 Resümee

Der Einsatz von Wasser oder Pflanzen in Verbindung mit Luftströmungen kann ein wirksames Werkzeug zur unterstützenden Kühlung der Luft sein. Da das Prinzip der adiabaten Kühlung auf der Erhöhung der Luftfeuchtigkeit beruht, ist eine standort-spezifische Berechnung anzuraten, um die Wirkungsweise zu überprüfen und gegebenenfalls Schäden infolge zu hoher Luftfeuchtigkeit zu vermeiden.

3.8 Energiegarten

Energiegärten funktionieren nach dem Prinzip eines Gewächshauses (siehe Abbildung 18). Solare Strahlung durchdringt transparente Bauteile und erwärmt Materie im Innenraum, die erzeugte thermische Energie kann diesen nicht mehr verlassen und heizt ihn auf.

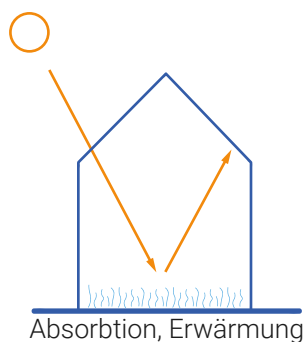


Abb.18: Prinzip Glashaus

Quelle: angelehnt an Cremers, 2015, S. 172

3.8.1 Treibhauseffekt

Durch den sogenannten Treibhauseffekt kann mit dem Einsatz eines Energiegartens bei kalten Außentemperaturen eine thermische Pufferzone zu beheizten Innenräumen geschaffen und der Primärenergiebedarf gesenkt werden. Im Folgenden wird die Wirkungsweise des Treibhauseffekts erläutert, siehe Abbildung 19. Solare Strahlung durchdringt einen transparenten Baustoff, wie Glas oder Kunststoffolie, und trifft im Innenraum auf Materie. Diese absorbiert die auftreffende Strahlungsenergie, wodurch sie sich erwärmt und sein Wärmestrahlungsemissionsspektrum

auf typischer Weise 10 μm verschiebt. Dieses liegt im fernen Infrarotbereich (siehe Grafik graue Kurve). Die für die solare Strahlung transparenten Baustoffe (siehe Grafik orangene und hellblaue Kurve) sind für die langwellige thermische Strahlung im fernen Infrarotbereich nicht transparent, wodurch sich die Raumluft zunehmend erwärmt. (Cremers, 2015) Der Treibhauseffekt tritt bei Energiegärten, Glasfassaden und jedem gewöhnlichen raumabschließenden Fenster auf.

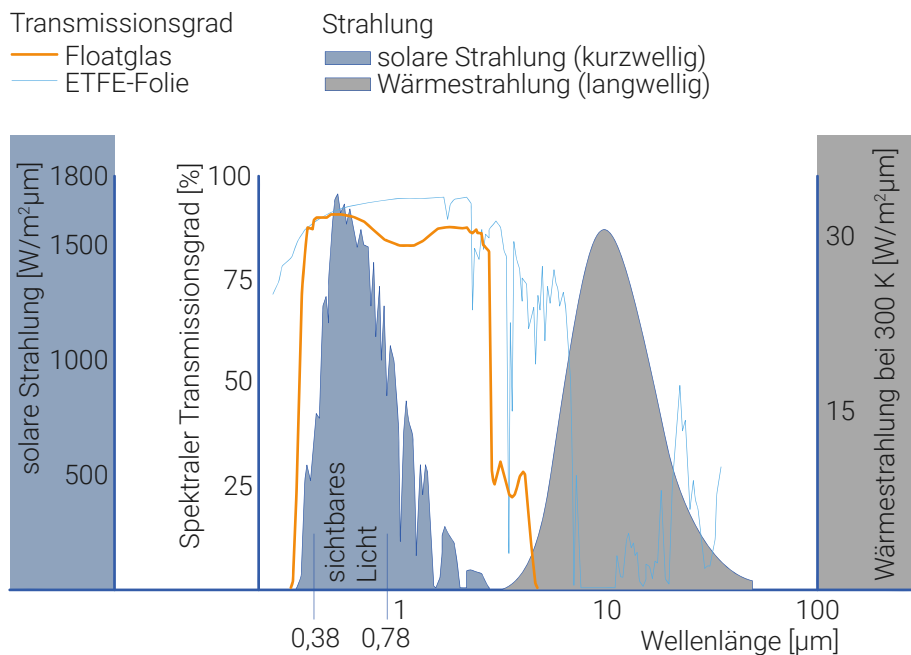


Abb.19: Zusammenhang zwischen solarer Strahlung, Transmission, Absorption und langwelliger Abstrahlung

Quelle: angelehnt an Cremers, 2015, S. 173

Der Treibhauseffekt kann über mehr Konzepte als dem des Energiegartens thermische Energie für die Wohnnutzung generieren. Auch der Fassade vorgelagerte Luftkollektoren, die Verglasung von Loggien, Balkonen oder ganzer Fassadenteile und sogar Kastenfenster profitieren von ihm. Allen Konzepten ist die Nutzung passiver Solarstrahlung zur Generierung thermischer Energie gemein.

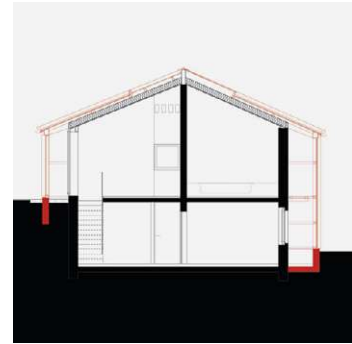
Bei der energetischen Überformung eines Einfamilienhauses aus den 1960er Jahren erweitert baruccopfeifer Architektur den Wohnraum dreiseitig, um mittels Energiegarten die Luft um die massiven Außenmauern zu erwärmen (siehe Abbildung 20). Eine zweite Hülle aus Polycarbonatplatten umschließt den neu geschaffenen Raum und wird bis über die Dachflächen fortgeführt, um die erwärmten Luftmassen mittels Ventilatoren von der beschienenen Fassade zur gegenüberliegenden zu leiten und so eine einheitliche Temperaturzone zu schaffen. (baruccopfeifer Architektur, 2023)



a



b



c

Abb.20 a-c: Energetische Überformung, Heroldsberg (DE) 2012, baruccopfeifer Architektur

Quelle: <http://www.baruccopfeifer.de/content/hoedi.html>

Fotos: Claudius Pfeifer

3.8.2 Ausgestaltung

Da Energiegärten unterschiedliche Funktionen erfüllen können, ist die Ausgestaltung in erster Linie vom Einsatzzweck abhängig. Grundsätzlich muss zwischen einer Wohnraumerweiterung und Anbauten, welche nicht permanent dem Wohnraum zugeordnet werden, unterschieden werden. Davon hängt unter anderem die Verglasungsqualität, mögliche Automatisierung von Verschattungseinrichtungen und Lüftungen sowie die Materialität ab. Üblicherweise werden Energiegärten zu Wohnzwecken mit Dreifachverglasungen ausgestattet, um die Wärme im Raum zu behalten und bei kalten Außentemperaturen keine zu hohen Verluste oder Kondensatbildung zu erleiden. Zweifachverglasungen können angewandt werden, wenn keine permanente Zuordnung zum Wohnraum besteht, da der Energiegarten angebaut und durch thermisch abschließende Bauteile vom Wohnraum getrennt ist. Dies würde die Funktion einer Pufferzone erfüllen (siehe Kapitel 3.2.2 Pufferzonen).

Da es zu Sommerzeiten in bewohnten Energiegärten ohne ausreichende Belüftungsöffnungen leicht zur Überhitzung kommen kann, sollte warme Luft regelmäßig und schnell abgeleitet werden können. Eine Ausgestaltung mit Lüftungselementen in zumindest einem Drittel der Glasflächen in Wand- und Dachbereichen ist ratsam, wobei die obersten Punkte des Raumvolumens ablüftbar sein sollten (Alco Wintergarten, 2023). Ein nach der Strahlungsintensität anpassbarer, horizontal oder vertikal geführter Sonnenschutz kann dabei helfen, die Solarstrahlung bereits vor dem Auftreffen auf massereiche Bauteile innerhalb des Raumes abzufangen und so dessen übermäßige Erwärmung zu beschränken.

Bauteile mit hoher thermischer Speichermasse können durch ihre Wärmespeicherkapazität die elektromagnetische Strahlung sehr effizient in thermische Energie

umwandeln und speichern. Gleichzeitig ergibt sich durch die Massenträgheit ein Zeitversatz bei der Wärmeabgabe der dazu führt, dass die tagsüber aufgenommene Energie lange nachstrahlt und so Temperaturspitzen abgeflacht werden (siehe auch 3.3 Thermische Speichermasse).

3.8.3 Resümee

Die südseitige Situierung eines Energiegartens kann mit adäquatem Einsatz thermischer Speichermasse erhebliche solare Gewinne in der kalten Jahreszeit mitsichbringen. Außerdem wird eine thermische Pufferzone generiert, die den Heizwärmebedarf erheblich senken kann. Durch eine Ausgestaltung mit unterstützenden Maßnahmen wie Pflanzen oder Wasserbecken sowie technischen Einrichtungen für optionale Verschattung oder einen geregelten Luftabzug kann einer sommerlichen Überhitzung effektiv entgegengewirkt werden.

3.9 Solarkamin

Ein Solarkamin – auch thermischer Kamin genannt – nutzt die Solarstrahlung, um mittels Kamineffekt ein Gebäude passiv zu belüften oder zu kühlen. Wenn Solarstrahlung auf den Kamin trifft und diesen erhitzt, wird die darin befindliche Luft aufgeheizt, steigt auf und erzeugt am Sockel des Kamins einen Sog (Lenz, Schreiber, Stark, 2010). Dieser kann zur Lüftung bzw. Kühlung genutzt werden, insbesondere in Kombination mit vorgekühlter Zuluft. Weil das Prinzip auf Thermodynamik basiert, kann er auch bei Windstille einen Luftstrom erzeugen. Das Konzept des Solarkamins befindet sich noch in den Kinderschuhen und wird laufend weiter erforscht, auch wenn es schon einige Projekte gibt, deren Lüftungskonzept auf diesem Prinzip basiert.

3.9.1 Ausgestaltung

Das Konzept der Solarkamine ist in unterschiedlichen Variationen umsetzbar. Etabliert haben sich die Positionierung an der Fassade sowie die Nutzung der Dachflächen. Abbildung 21 zeigt das grundlegende Prinzip eines klassischen, fassadenseitigen Solarkamins, gekoppelt mit einem Erdkollektor zur Vorkühlung der Zuluft. Dessen Gestaltungselemente werden nachfolgend erläutert (Smarter Homes, 2023):

- Der Hauptlüftungsschacht: Er dient zur Luftführung und ist in den meisten Fällen gleichzeitig thermischer Kollektorbereich, also der direkten Sonnen-

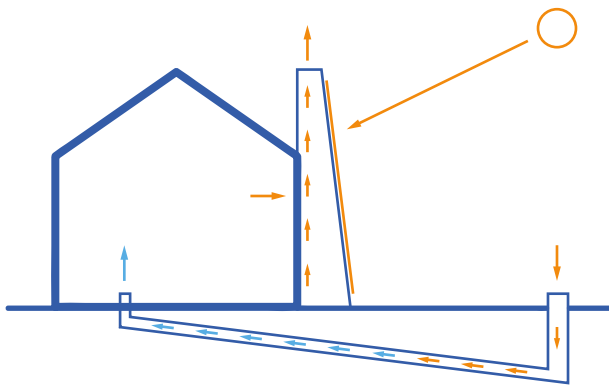


Abb.21: Prinzip Solarkamin

Quelle: angelehnt an <https://www.build-smarter.com/solar-chimney-for-ventilation/>

strahlung ausgesetzt. In einigen Fällen ist nur der oberste Bereich über Dach als Kollektor ausgeführt.

- Der thermische Kollektorbereich: Dies ist der exponierte Bereich des Lüftungsschachtes – er wird direkt bestrahlt und absorbiert die solare Strahlung über massereiches Material. Er sollte auf der sonnenzugewandten Seite positioniert sein – idealerweise an der Südfassade – und über das Dach hinausragen. Für eine höhere Absorptionsfähigkeit kann er schwarz gestrichen werden. Transluzente Scheiben an der sonnenzugewandten Seite können den Wirkungsgrad weiter erhöhen, allerdings kann durch die fehlende Speichermasse bei ausbleibendem Sonnenschein die Kontinuität der Sogwirkung geschwächt werden.
- Die Zuluftöffnungen: Diese sind im unteren Bereich des Solarkamins den Innenräumen zugewandt, dessen Luft abgesaugt wird. Um einen kontinuierlichen Abzug zu gewährleisten, ist eine möglichst am anderen Raumende situierte Frischluftzufuhr erforderlich. Dadurch wird ein Luftzug durch die Räumlichkeiten ermöglicht und warme Luft abgesaugt. Bei einer kaskadischen Luftnutzung erfolgt eine Überströmung der Frischluft aus benachbarten Räumen.
- Die Abluftöffnung an der Spitze des Solarkamins sollten der vorherrschenden Hauptwindrichtung abgewandt sein, um ungewollte Störungen zu vermeiden.

Bei einer dachseitigen Ausformulierung des Solarkamins werden die exponierten Dachflächen als großflächiger Kollektorbereich genutzt. Der Vorteil ist hierbei, dass sie bei einer geringen Neigung nur in vermindertem Ausmaß von einer südseitigen Orientierung abhängig sind. Außerdem sind sie in einem dichteren, urbanen Kontext in geringerem Ausmaß von der Verschattung durch Nachbargebäude betroffen.

Das spanische Architekturbüro Harquitectes hat mit dem Projekt Cristalleries Planell ein prominentes Beispiel für einen dachseitigen Solarkamin umgesetzt (siehe Abbildung 22). Bei der Sanierung und Erweiterung einer historischen Altsubstanz im dicht besiedelten Parlamentviertel Barcelonas wurde ein Großteil der Dachflächen als Solarkamine ausformuliert. (Harquitectes, 2023) Durch die Aufheizung der Luftmassen im verglasten Dachzwischenraum und einem vergleichsweise engen Kamin im Zentrum entsteht ein starker Luftsog, welcher verbrauchte Luft aus den Räumlichkeiten absaugt und frische Luft aus der kühleren, bodennahen Umgebung nachzieht.

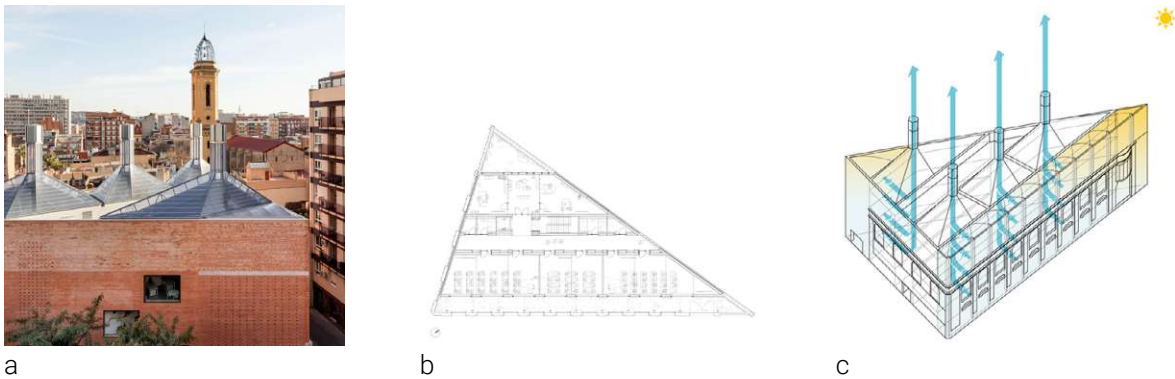


Abb.22 a-c: Cristalleries Planell, Barcelona (ESP) 2016, Harquitectes
 Quelle: <http://www.harquitectes.com/projectes/centre-civic-cristalleries-planell-barcelona/>
 Foto: Adrià Goula

3.9.2 Resümee

Durch die Exposition der Solarkamine an der Fassade oder auf dem Dach sind sie relativ markant und charakteristisch. Solarkamine brauchen regelmäßige, direkte Sonneneinstrahlung, um ihre Funktion zur aktiven Raumentlüftung durchgehend erfüllen zu können. Sofern die Funktion primär auf die Erzeugung von Verdunstungskühlung durch einen Luftstrom abzielt, stellt ausbleibende Solarstrahlung weniger ein Problem dar, da sie in der Regel automatisch mit einer Abkühlung der Lufttemperatur miteinher geht. Steht die Frischluftzufuhr im Fokus, sind unterstützende Maßnahmen anzuraten.

3.10 Begrünung der Gebäudehülle

Pflanzen und Vegetation im Allgemeinen können maßgeblich dazu beitragen, Technik für Heizung, Kühlung oder Lüftung (Frischluft) zu minimieren. Außerdem bieten sie Lebensraum für Vögel und Insekten, und leisten einen wertvollen Beitrag zur Bio-

diversität. Durch die Dämmwirkung des Substrats sowie Abschattung gegen direkte solare Einstrahlung im Sommer kann eine Überhitzung der Gebäudehülle sowie im städtebaulichen Maßstab der Urban-Heat-Island-Effekt (UHI) vermieden oder abgedämpft werden (Verband für Bauwerksbegrünung, 2023). Letzterer beschreibt das Phänomen von städtischen Hitzeinseln, welche durch das hohe Ausmaß an versiegelten Flächen sowie das Fehlen von schattenspendendem, kühlendem Grünraum entstehen (Energieleben, 2023). Außerdem filtern sie Schadstoffe aus der Luft, produzieren Sauerstoff und können schallreduzierend wirken (Haselsteiner, 2022).

3.10.1 Fassade

Fassadenbegrünungen können grundsätzlich in allen Dimensionen umgesetzt werden. Begrünte Wände können bis zu 11,6 °C geringere Oberflächentemperaturen aufweisen als vergleichbare Wände ohne Begrünung (N.-H. Wong, 2010, zitiert in Ergebnisbericht green.LAB von BlueGlobeReport, 2021) und somit das Umgebungs-klima merkbar beeinflussen. Begrünungen können an der Fassadenhaut, hinterlüftet oder vorgesetzt erfolgen. Direkt an der Fassadenhaut können nur Selbstklimmer wie Wilder Wein, Kletterhortensie oder Efeu wachsen, da sie keine Kletterhilfen benötigen und direkt an der Fassade haften (MA22, 2023). Alle anderen Formen von Fassadenbegrünungen müssen mit mindestens 8 cm Abstand zur Fassade hinterlüftet werden, damit diese bei Feuchtigkeit austrocknen kann. Bis zu einem Abstand von 50 cm sollte für die Fassadenoberfläche nur Putz verwendet werden, da die nach Halt suchenden Wurzeln bei der Anwendung von fugenreichen Fassaden wie Holz- oder Plattenfassaden ansonsten in die Spalte zur Unterkonstruktion gelangen und das System mittelfristig gefährden könnten. Vorgesetzte Begrünungen mit einem Abstand ab mindestens 50 cm zur Fassadenhaut können bei allen Fassadentypen zum Einsatz kommen. (siehe Anhang 15, Seite 178)

Besonderes Augenmerk ist bei mehrgeschoßigem Bauen auf die Statik zu legen, da abhängig von der Bepflanzungsart mit der Zeit eine Lastmehrung eintreten kann. Außerdem ist insbesondere ab Gebäudeklasse 4 mit erhöhten Anforderungen an den Brandschutz zu rechnen (MA22, 2023).

Südseitig werden Kletterpflanzen empfohlen, welche im Winter kein Laub tragen, um eine Erwärmung der Fassade bei solarer Einstrahlung zu ermöglichen. An den restlichen Fassaden werden immergrüne Kletterpflanzen empfohlen (Trebers-purg, 2011).

Grundsätzlich kann man in boden- und fassadengebundene Systeme unterscheiden:

- Bodengebundene Systeme können mit oder ohne Kletterhilfen ausgestaltet werden, arbeiten mit Selbstklimmern, Rank- oder Schlingpflanzen und können eine Höhe von bis zu 20m erreichen.
- Wandgebundene Systeme sind nicht mit dem Umgebungsgelände verbunden und können flächig, punktuell oder linear ausgestaltet werden. Auch ein Einsatz ohne Substrat ist möglich, wie beispielsweise beim MUR Végétal System, bei dem die Pflanzen in einem Vlies wurzeln (Haselsteiner, 2022, S. 66).

Das Architekturbüro Snøhetta setzt beim ASI Reisen Headquarters auf eine der Holzfassade vorgesetzte Begrünung (siehe Abbildung 23), um das Gebäude zu verschatten bzw. zu kühlen. Ein bodengebundenes System aus 17 unterschiedlichen immergrünen sowie Sommer-Kletterpflanzenarten, ist mit Abstand zur Fassade zwischen dem ersten und vierten Obergeschoß gespannt, und lässt im Zwischenraum Balkone entstehen. Im Sommer bildet die Begrünung einen Blendschutz und spendet Schatten, das resultierende Mikroklima sorgt für eine geringere Temperaturdifferenz zwischen innen und außen und hilft den Kühlbedarf weiter zu senken. Im Winter fällt das meiste Blattwerk zu Boden, sodass die wärmende Sonnenstrahlung zur Fassade durchdringen kann. Regenwasser wird in einer unterirdischen Zisterne gesammelt, um es für die Bewässerung der Fassade sowie des Gartens zu nutzen. (Snøhetta, 2023)

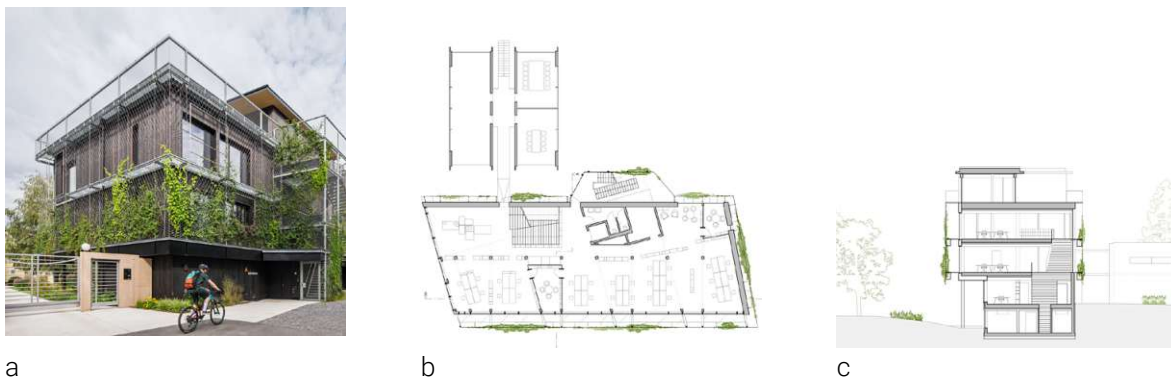


Abb.23 a-c: ASI Reisen Headquarters, Natters (AT) 2019, Snøhetta
 Quelle: <https://www.archdaily.com/946508/asi-reisen-headquarters-snohetta>
 Foto: Christian Flatscher

3.10.2 Dach

Gründächer können als extensive oder intensive Gründächer ausgeführt werden und haben abhängig von ihrer Substratmenge eine wesentlich bessere Wasserspeicherkapazität gegenüber nicht begrüntem Dächern. Durch ihr Retentionsvermögen – wel-

ches einem Regenwasserspeicher ähnelt – ist es möglich, Sickerkörper abhängig von der Projektgröße zu reduzieren oder gar zu vermeiden.

Im Vergleich zu Bitumen- oder Kiesdächern können die Oberflächentemperaturen bei Gründächern um bis zu 25 °C reduziert werden (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2010, zitiert in BlueGlobeReport, 2021). Durch die Verschattung des Blattwerks wird direkte Strahlung vor dem Bodenaufbau teilweise abgefangen, der Wassergehalt im Substrat sowie die Verdunstung von Wasser entziehen der umgebenden Luft Wärme, weshalb ein kühlender Effekt eintritt. Schon Substrataufbauhöhen von 10-15 cm können einen 3-10 % geringeren Wärmeverlust im Winter ausmachen (Scharf et al., 2012, zitiert in BlueGlobeReport, 2021).

3.10.3 Resümee

Der Einsatz von Pflanzen in der Gebäudehülle schafft Lebensraum für Tiere und bringt zeitgleich positive klimatische Effekte mit sich, wodurch der Aufwand für Haustechnik minimiert werden kann. In der Fassadenebene dient Begrünung primär zur Verschattung der thermischen Hülle, wobei das Verhalten im Winter bei der Planung zu beachten ist, um potentielle passive solare Einträge nicht bereits vor der Fassade abzufangen. Bei der Dachbegrünung können die Verschattung durch das Blattwerk und der Substrataufbau positiv zur Wärmedämmung und Kühlung des Umgebungsklimas beitragen. Gründächer sind in der Lage Wasser zu speichern und zeitverzögert wieder abzugeben, das die Anforderungen an Sickerkörper speziell bei großvolumigen Projekten vermindern kann.

3.11 Wärmepumpe

Wärmepumpen entziehen einer kalten Primärenergiequelle wie Luft, Wasser, oder Erdreich ihre Wärme, um diese für Warmwasserbereitung zu nutzen oder einem Heizsystem zuzuführen. Die erzeugte Wärmeenergie wird in der Regel über Flächenheizungen abgegeben (siehe Abbildung 24). Bei entsprechender Konzeption kann neben erwärmtem Wasser, auch durch das Erdreich oder die Wärmepumpe selbst gekühltes Wasser durch das System fließen und zur Raumkühlung beitragen. (Saldanha, 2021) Wärmepumpen haben viele wirtschaftliche Vorteile: So sind sie wartungsarm und langlebig, benötigen keine Lagerfläche für Brennstoffe und verursachen keine Abgase oder lokale Emissionen. Sie sind strombetrieben und können CO₂-neutral mit Photovoltaik-Modulen gekoppelt werden.

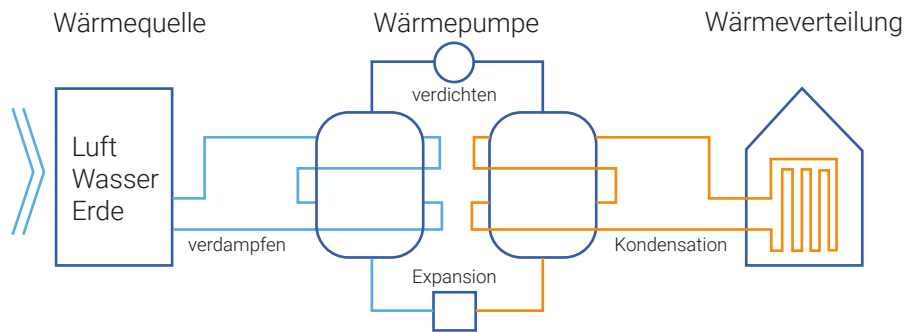


Abb.24: Funktionsweise Wärmepumpe
 Quelle: angelehnt an Saldanha, 2021, S. 148

3.11.1 Beschreibung

Wärmepumpen können grundsätzlich monovalent, bivalent oder monoenergetisch betrieben werden. Bei monovalenten Betriebsweisen deckt die Wärmepumpe als einziger Wärmeerzeuger die gesamte Heizlast eines Gebäudes ab. Eine Voraussetzung dafür ist, dass die Vorlauftemperatur des Wärmeverteilsystems unterhalb der maximalen Vorlauftemperatur der Wärmepumpe liegt. Bei einer bivalenten Betriebsweise wird die Wärmepumpe durch einen zweiten Wärmeerzeuger ergänzt. Bei einer monoenergetischen Betriebsweise wird neben der Wärmepumpe ein zusätzlicher Wärmeerzeuger, wie zum Beispiel ein Heizwasser-Durchlauferhitzer im Sekundärkreis elektrisch betrieben. (Viessmann Ges.m.b.H., 2022)

Die Effizienz wird durch die Arbeitszahl ausgedrückt. Sie bildet das Verhältnis zwischen erzeugter Wärmeenergie je eingesetzter Strommenge ab. Sie ist umso höher, je geringer der Temperaturunterschied zwischen der Primärwärmequelle und der Nutzwärme, also der Vorlauftemperatur des Heizsystems oder des Warmwassers ist. Primärwärmequellen, welche im Winter eine höhere Temperatur aufweisen, sind also grundsätzlich effizienter. Dies ist bei Erdwärme oder Grundwasser der Fall.

Eine akkurate Berechnung der Heizlast im Zusammenspiel mit dem Wärmeabgabesystem und dessen Temperaturniveau ist für die Effizienz der Wärmepumpenanlage von großer Bedeutung (Koenigstein, 2020). Nicht zuletzt, weil die relativ hohen Investitionskosten in linearem Zusammenhang mit der kalkulierten Leistung stehen (Saldanha, 2021).

Ob eine Wärmepumpe bewilligungspflichtig ist, hängt von mehreren Faktoren ab und kann nicht pauschal beantwortet werden. Je nach Bundesland und Aufstellort können unterschiedliche Rahmenbedingungen zutreffen. Lautstärke, Kältemittel oder ähnliches können Gründe für eine Bewilligungspflicht darstellen (Stadt Wien, 2022).

Neben der Außenluft, dem Grundwasser und Erdreich können viele weitere optionale Wärmequellen herangezogen werden, wie zum Beispiel:

- Abluftwärme
- Abwasserwärme
- Rücklauf der Fernwärmeleitung
- Rückkühlwärme aus der Gebäudekühlung
- Solarabsorber (Solarthermie)
- Abwärme von Computer-Servern oder aus Energieerzeugungsprozessen
- industrielle Abwärme aus Produktionsprozessen

3.11.2 Sole-Wasser-Wärmepumpe

Erdkollektoren, auch Erdregister oder Flachkollektoren genannt, entziehen dem Erdreich in ca. 1,0 - 1,5 m Tiefe Wärme über Kunststoffleitungen, durch welches Sole zur Wärmeaufnahme gepumpt wird. Je nach Erdreichbeschaffenheit können diesem etwa 10-25 W/m² Wärme entzogen werden. Je feuchter das Erdreich ist, desto besser kann die Wärme absorbiert werden. (Koenigstein, 2020) Ein bedeutender Nachteil von Erdkollektoren im Vergleich zu anderen Technologien ist, dass das oberflächennahe Erdreich relativ großflächig umgegraben werden muss.

Eine Alternative zu Erdkollektoren bilden Erdsonden oder Energiepfähle, welche die Erdwärme punktuell über eine deutlich höhere Tiefe von bis zu 150 m und mehr absorbieren. Eine gegebene Leistungsanforderung (zum Beispiel 5 kW) kann sowohl über eine einzelne tiefe, wie auch mehrere weniger tiefe Sonden gelöst werden (Koenigstein, 2020). Die Entzugsleistung steigt im Heizbetrieb mit durchschnittlich ca. 50 W/m etwa linear zur Bohrtiefe (Micksch, 2015). Eine wasserrechtliche Genehmigung kann erforderlich sein.

Für den Kühlbetrieb kann die Erdkälte im Sommer mit ca. 25 W/m (Micksch, 2015) sehr energieeffizient genutzt werden, da lediglich Strom für die Umlaufpumpe des Solekreislaufes gebraucht wird. Unterstützend können zur Spitzenlastkühlung Absorptions-Kältemaschinen zugeschaltet werden.

Erdsonden können außerdem zur Wärmespeicherung im Erdreich genutzt werden. Ein Vorteil hierbei ist, dass sie sehr kompakt angeordnet sein können und sollten somit im Gegensatz zu Erdsonden zur Förderung von Erdwärme einen relativ geringen Platzbedarf haben. Wichtig ist dabei ein möglichst feuchter Boden ohne Grund-

wasserströmung. Die spezifischen Entzugsleistungen liegen dann zwischen 30 und 70 W/m, abhängig vom Feuchtegehalt des Bodens (Buerger, 2012).

Weniger verbreitet sind für Sole-Wasser Wärmepumpen alternative Typen wie Energiekörbe, Spiral- oder Grabenkollektoren, Lanzenfelder oder Energiezäune, welche abhängig von der jeweils vorhandenen Gesteinsart und -dichte unterschiedlich sinnvoll sein können.

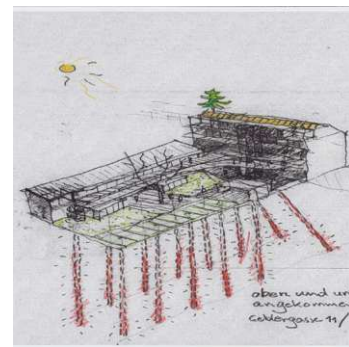
Beim Projekt Smart Block Geblergasse hat das Architekturbüro Zeininger Architekten neben Photovoltaik erstmals Geothermie in einem Wiener Gründerzeithaus integriert (siehe Abbildung 25). Durch Solarmatten wird im Sommer thermische Solarenergie über 18 Bohrungen im Abstand von 4-5 m in bis zu 110 m Tiefe eingelagert, um sie im Winter für die Beheizung zu nutzen. Der ca. 20 °C kühle Rückfluss wird mittels reversibler Wärmepumpe durch eine Fußbodenheizung geschleust, um die Räumlichkeiten zu kühlen. Die Erdsonden dienen neben Heizung und Kühlung außerdem ganzjährig der Warmwasserbereitung und speisen in einem 45 °C Niedrigtemperaturbereich wohnungsseitig gelegene 120 l Speicher mit Wärmetauscher E-Heizstab, um gegebenenfalls temporär höhere Temperaturen zu erreichen. (Zeininger Architekten, 2023)



a



b



c

Abb.25 a-c: Smart Block Geblergasse, Wien (AT) 2019, Zeininger Architekten

Quelle: <https://www.zeininger.at/inhalt/textonly/gebT.html>

Foto: Zeininger Architekten

3.11.3 Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Diese pumpt Grundwasser, welches ab 10m Tiefe konstante 10 °C aufweist, in die Wärmepumpe, wo die Wärme abgegeben wird. Ein Förder- und ein Schluckbrunnen sind unter Berücksichtigung der Grundwasser-Fließrichtung in einem Abstand von mindestens 10 m erforderlich. Vorab sind Wasserbeschaffenheit und -ergiebigkeit zu klären. Außerdem ist eine behördliche Genehmigung einzuholen. (Koenigstein,

2020) Grundsätzlich stellt eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe eine einfache Möglichkeit dar, regenerative Energie für Heizung oder Warmwasserbereitung zur Verfügung zu stellen. Speziell in eng bebauten Gebieten kann es zwischen unterschiedlichen Parteien allerdings schwierig werden, die erforderlichen wasserrechtlichen Abstände einzuhalten.

3.11.4 Luft-Wasser-Wärmepumpe

Diese kann grundsätzlich als Monoblock innen, oder als Splitgerät mit einer Außeneinheit konstruiert werden. Innengeräte stellen durch die Wasserströmungs-, Luftschall- und Ventilatorgeräusche Lärmquellen dar, benötigen relativ große Wanddurchbrüche für die Luftan- und -absaugung und bilden damit in der Regel eine größere Störquelle als Außeneinheiten bei Splitgeräten (Viessmann, 2022). Diese sind daher die üblichere Anwendung, bei der Innen- und Außeneinheit getrennt von einander aufgestellt werden und sich alle schallemittierenden Bauteile in der Außeneinheit befinden. Sie haben ab einem Abstand zur Fassade von ca. 4 m nur mehr einen Luftschallpegel von ca. 30 dB und sind damit sehr leise (siehe Anhang 3).

Luft-Wasser-Wärmepumpen können auch zur Abluft-Wärmegewinnung für Trink-, Brauchwasser oder zur Heizungsuntersrützung eingesetzt werden. Sie sind im Verhältnis zu anderen Wärmepumpentechnologien recht aufwendungsarm zu installieren (Micksch, 2015) und daher insbesondere für kleinmaßstäbliche Sanierungen interessant. Da sie keiner Tiefenbohrungen bedürfen, sind sie bei verhältnismäßig viel Leistung relativ günstig.

3.11.5 Luft-Luft-Wärmepumpe

Diese kommen für Lüftungsanlagen und Luftheizungssysteme zum Einsatz. Hier wird die Wärmeenergie der Luft ohne eine Trägerflüssigkeit direkt übertragen (Heizungsfinder, 2023). Sie sind insbesondere bei milderem Klima effizienter. In mitteleuropäischen Breiten, wo die Temperaturen im Winter unter 0°C fallen, sind sie als alleiniges Heizsystem unter Berücksichtigung der Stromkosten in der Regel deutlich ineffizienter (Micksch, 2015). Dies kann sich speziell beim Einsatz sehr luftdichter Gebäude wie Passivhäusern relativieren. Durch die Nutzung warmer Abluft oder die Integration eines Erdwärmetauschers zur Vorwärmung der kalten Außenluft kann eine deutliche Effizienzsteigerung bewirkt werden (Heizungsfinder, 2023). Auch die Kopplung mit solarthermischen Luftkollektoren (siehe Abbildung 6, Seite 18) sowie der Einsatz in thermischen Pufferzonen (siehe Abbildung 17, Seite 28) kann eine enorme Leistungssteigerung mitsichbringen.

3.11.6 Resümee

Wärmepumpen können monovalent, bivalent oder monoenergetisch eingesetzt werden und ihre Energie auf unterschiedliche Weisen aus Luft, Wasser oder dem Erdreich beziehen. Die Wahl des Systems und deren Effizienz ist von diversen Faktoren wie den vorherrschenden Gegebenheiten, dem Anwendungsprofil oder dem Klima abhängig und muss daher genau darauf abgestimmt werden. Da die Wärmeabgabe in den meisten Fällen auf einem Flächenheizungssystem beruht, kann eine Wärmepumpe im Sommer bei entsprechender Konzeption auch zur Kühlung herangezogen werden.

3.12 Photovoltaik

Photovoltaik- oder elektrische Solaranlagen (nachfolgend auch PV-Anlagen) nutzen Kollektormodule, welche die Solarstrahlung mittels Photoeffekt in elektrische Energie umwandeln (Solaranlage, 2023) (siehe Abbildung 26). Da sie wie auch Solarthermieanlagen direkt von der solaren Strahlungsmenge abhängig sind, hat die geographische Lage grundlegenden Einfluss auf den Output.



Abb.26: unterschiedliche Ausführungen von PV-Modulen

Quelle: <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-planung/photovoltaik-modul-groesse-und-leistung>

3.12.1 Orientierung und Verschattung

Am effektivsten sind PV-Module bei einem Aufstellwinkel vertikal zur Einstrahlrichtung, welche von der geographischen Lage sowie der Tageszeit abhängig ist. Abbildung 27 zeigt eine Ertragscheibe für einen Standort in Österreich. Eine Orientierung von Ost bis West ist wirtschaftlich, wobei jene gegen Süden +/- 45 ° mit einem Aufstellwinkel zwischen 15° und 60° gemessen zur Horizontalen die höchsten Erträge verspricht. Die optimale Ausrichtung sollte für jedes Projekt individuell

ermittelt werden, da sie nicht nur von den vorhandenen Flächen, sondern auch vom Nutzungsprofil sowie der Eigen- und Fremdverschattung abhängt.

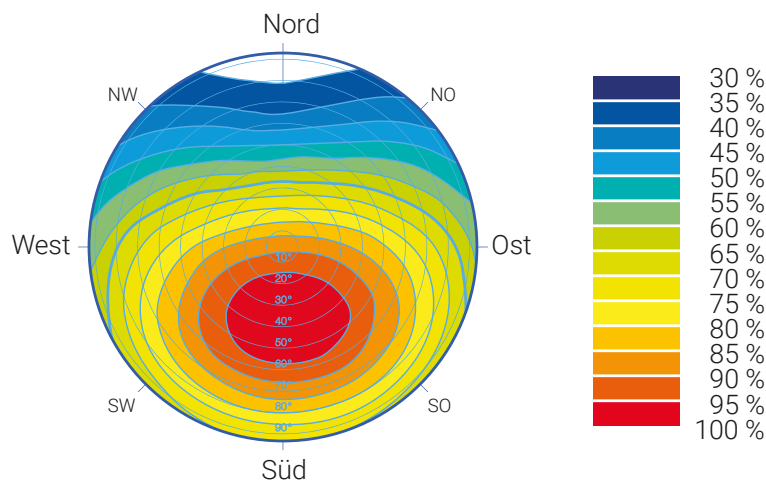


Abb.27: Solare Erträge in Abhängigkeit von der Orientierung und Aufstellwinkel.
Quelle: angelehnt an sun4energy ecopower gmbh,
<https://www.photovoltatik.at/uploads/WLEuY4dU/ertragsscheibe.pdf>

Generell ist auf mögliche Verschattung der Module durch sich selbst oder externe Einrichtungen zu achten, welche die Erträge deutlich abmindern kann. Je flacher der Aufstellwinkel der Module ist, desto geringer ist der Anteil der Eigenverschattung, wodurch geringere Modulabstände möglich sind. Umgekehrt können die erforderlichen Modulabstände bei steileren Aufstellwinkeln enorm ansteigen. Wenn speziell im Winter Erträge generiert werden sollen, ist ein relativ steiler Aufstellwinkel erforderlich. Zur Wintersonnenwende beträgt der Einstrahlwinkel in Österreich nur ca. 18 °, wodurch die Eigenverschattung zu dieser Zeit mehrere Meter betragen kann. Auch Teilabschattungen durch Nachbargebäude, Bäume oder Gebäudeteile wie Attika, Dachaufbauten oder Aufzugsüberfahrten sind soweit wie möglich zu vermeiden oder zumindest zu berücksichtigen.

3.12.2 Hybride Energiefassade

Werden PV-Module im Fassadenbereich angeordnet, ist es möglich, diese als geschlossene Schicht mit Abstand zur thermischen Hülle auszuführen. So kann der eingeschlossene Raum zusätzlich als Luftkollektor wirken (Saldanha, 2021) (siehe auch 3.13.2 Luftkollektoren). Bei direkter Sonneneinstrahlung auf die Module wird die Luftschicht dahinter erwärmt, sodass die enthaltene Luft aufsteigt, als thermische Pufferzone wirkt oder ins Gebäude geleitet werden kann. Gleichzeitig sinkt durch die Abführung der warmen Luft die Zelltemperatur im Modul, was den Wirkungsgrad erhöht. Hybride Energiefassaden sind nicht zuletzt wegen der ausblei-

benden Eigenverschattung eine sehr effektive und platzsparende Möglichkeit, durch Solarstrahlung Energie zu produzieren. Da sie in der Fassade in der Regel vertikal angeordnet werden, sind sie besonders bei Ost- und Westausrichtungen lukrativ, da die flache Morgen- und Abendsonne relativ steil auf die Module auftrifft und somit der Wirkungsgrad erhöht wird.

Beim TU Plus-Energie-Bürohochhaus (siehe Abbildung 28) ist nahezu die gesamte Fassade sowie das Dach in Photovoltaik-Module eingehüllt. Beim Hochhaus aus den 1970er Jahren wurde der Primärenergiebedarf im Zuge der Generalsanierung 2014 durch eine Optimierung der Gebäudetechnik sowie der thermischen Hülle um 88 % auf 56 kWh/m²a gesenkt. Mit der neuen Hybridfassade wird gleichzeitig erneuerbare Energie im Umfang von rund 60 kWh/m²a erzeugt, wodurch mehr Energie produziert als verbraucht wird. (David, 2022)



a



b

Abb.28 a-b: TU Plus-Energie-Bürohochhaus, Wien (AT) 2014, ARGE Hiesmayr - Gallister - Kratochwil

Quelle: <https://www.e-genius.at/mooc/smart-cities-teil-2/woche-6-smart-building-am-beispiel-plus-energie-buerohochhaus-am-getreidemarkt/617-energiekonzept>

Fotos: TU Wien

3.12.3 Stromspeicherung

Die Stromproduktion mittels PV-Modulen ist an die Tageszeit sowie das Wetter gekoppelt und somit grundsätzlich unabhängig vom tatsächlichen Bedarf. Ohne Zwischenspeicherung können je nach Dimensionierung der Anlage und Haushaltsgröße nur bis zu 30 - 40 % des produzierten Stroms durch den Eigenbedarf gedeckt werden (Photovoltaik Austria, 2023). Der meiste Strom wird in der Regel zu Zeiten generiert, in denen keine direkte Abnahme erfolgen kann. Daher muss die überschüssige elektrische Energie in das Stromnetz eingespeist werden, sofern sie nicht gespeichert wird. Dies kann relativ einfach in Stromspeichern sowie in umgewandelter Form in Wasserspeichern, Latentwärmespeichern oder über Bauteilaktivie-

rung geschehen (Saldanha, 2021), womit der Anteil des Eigenverbrauchs signifikant angehoben werden kann. Ein großer Vorteil der Nutzung von Stromspeichern ist neben den Kosteneinsparungen, dass Anstiege des Netzstrompreises weniger oder nicht mehr ins Gewicht fallen, da benötigter Strom zu ungünstigen Zeiten selbst bei einem Ausbleiben von Solarstrahlung direkt aus dem Speicher bezogen werden kann.

3.12.4 Resümee

Um elektrischen Strom aus Solarstrahlung zu gewinnen, bedarf es der Aufstellung von Kollektormodulen an exponierten Dach- oder Fassadenflächen. Diese können grundsätzlich von Ost nach West orientiert sein, wobei der höchste Ertrag gen Süden zu erwarten ist. Bei der Planung ist es wichtig, etwaige Verschattungsquellen zu beachten und gegebenenfalls eine zwischenzeitliche Winkelnachstellung zu ermöglichen, um eine Gewinnmaximierung zu erzielen. Durch eine Stromspeicherung kann der Anteil des Eigenverbrauchs in Form von elektrischer oder thermischer Energie signifikant erhöht werden. Photovoltaik-Anlagen sind mittlerweile sehr ausgereifte Systeme und bieten bei intelligenter Planung viele Möglichkeiten, die Energieversorgung effizient zu unterstützen.

3.13 Solarthermie

Solarthermie oder thermische Solaranlagen nutzen die Solarstrahlung zur Erzeugung von Wärme in flüssiger oder gasförmiger Form. Diese wird von Absorbern in Solarkollektoren – auch thermische Kollektoren genannt – umgewandelt und einem Systemkreislauf zugeführt. Man unterscheidet die Bauformen Flach- und Röhrenkollektor (siehe Abbildung 29-30).



Abb.29: Flachkollektor
Quelle: <https://unitrading.at/Flachkollektor-Unitrading-265-m>



Abb.30: Röhrenkollektor
Quelle: <https://www.viessmann.at/de/produkte/solar/vitosol-300-tm.html>

3.13.1 Wassergeführte Kollektormodule

Da im Winter nur etwa ein Drittel der sommerlichen Solarstrahlung zur Verfügung steht (Net4Energy, 2023) und diese auch noch stark schwanken kann, ist sie nur begrenzt zum Heizen nutzbar. Abbildung 31 zeigt die Diskrepanz zwischen der zur Verfügung stehenden Solarstrahlung über das Jahr verteilt und dem Warmwasser- bzw. Raumheizungswärmebedarf. Im Sommer und den Übergangsmonaten steht in der Regel genug solare Strahlung zur Verfügung, um den Warmwasserbedarf und einen Teil des Heizwärmebedarfs zu decken. Allerdings übersteigt während des Großteils des Jahres die verfügbare Wärme durch Solarthermieanlagen. Diese werden daher in der Regel auf ca. 30% des Heizwärmebedarfs dimensioniert und durch mindestens ein weiteres Heizsystem ergänzt (ub.de Fachwissen GmbH, 2023) oder auf 60 % des Warmwasserbedarfs (DDA GmbH, 2023) bemessen.

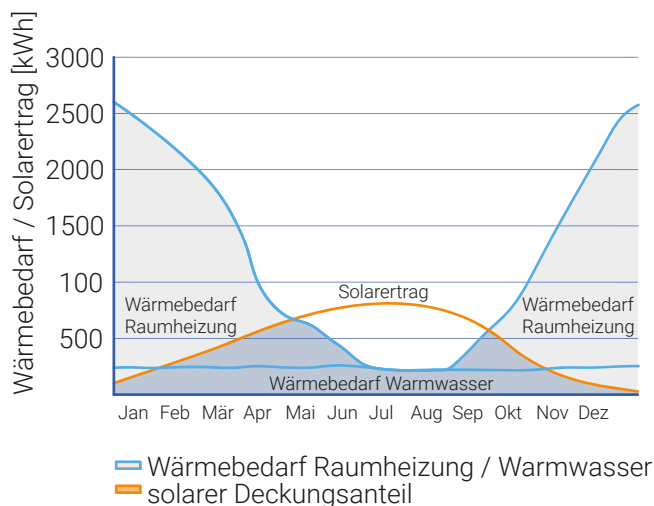


Abb.31: Verteilung des Warmwasser- und Wärmebedarfs im Vergleich zum Solarertrag
Quelle: angelehnt an DDA GmbH,
<https://www.solaranlagen-portal.com/solarthermie/montage/auslegung>

Eine wassergeführte Solarthermieanlage besteht im Wesentlichen aus mehreren Flach- oder Röhrenkollektoren (siehe Abbildungen 29-30) und einem Solar-Pufferspeicher. Dieser überträgt mithilfe eines Wärmetauschers die Wärmeenergie vom Wärmeträgermedium des Kollektorkreislaufes auf jenes des Speichers (DDA GmbH, 2023). Die gespeicherte Wärmeenergie kann bei ausbleibender Solarstrahlung wieder abgerufen und über einen Heizkessel oder eine Wärmepumpe nachgeheizt werden.

Die Ausrichtung der Kollektoren sollte weitestgehend gen Süden gehen, da die Sonne in Österreich zur Wintersonnenwende nur zwischen einem Azimut von etwa 130 - 230 ° scheint. Der Neigungswinkel sollte mindestens 50° betragen, da der Einstrahlwinkel der Sonne zur Wintersonnenwende nur ca. 18 ° beträgt und selbst

im September bzw. März nur bis maximal 40 ° ansteigt. Siehe hierzu Abbildung 32. Wenn nur die Warmwasserbereitung über Solarthermie geschehen soll, ist die Aufstellung deutlich flexibler, da wesentlich weniger Energie benötigt wird. Eine senkrechte, verschattungsfreie Montage an der Südfassade bildet eine lukrative Alternative zur klassischen Aufstellung auf horizontalen oder geneigten Flächen.

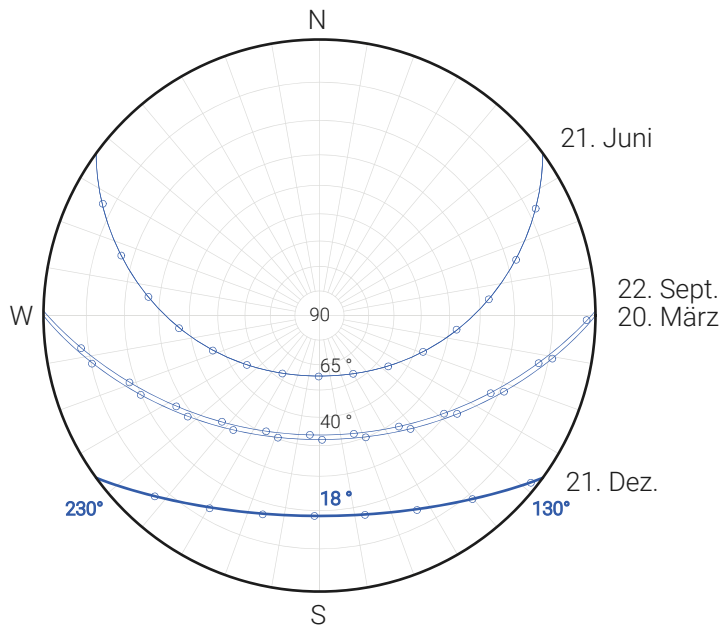


Abb.32: Sonnenstandsdiagramm für den Standort Österreich
 Quelle: basierend auf Andrew Marsh Software
<https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath2d.html>

3.13.2 Luftkollektoren

Luftkollektoren generieren und sammeln heiße Luft über Kollektormodule oder in einer hinterlüfteten Gebäudehülle. Die erzeugte Wärme kann auf unterschiedliche Weisen genutzt werden. Sie kann zum Beispiel direkt oder über einen Wärmetauscher ins Gebäude geleitet werden, oder sie bildet eine thermische Pufferzone zwischen der thermischen Hülle des Gebäudes und der Außenluft.

Bei transluzenten, hinterlüfteten Fassaden gelangt die kurzwellige solare Strahlung durch die lichtdurchlässige Deckschicht in die Hinterlüftungsebene, wo sie auf die Trägerschicht trifft und diese erwärmt. Langwellige Wärmestrahlung wird emittiert, welche aufgrund des Treibhauseffekts nicht mehr entweichen kann und im Kollektor verbleibt (siehe auch 3.8.1 Treibhauseffekt). Abhängig vom Konzept kann sie als Wärmepuffer genutzt werden, oder durch Thermik einen Kreislauf bilden. In diesem Fall kann sie zum Beispiel in einem Dachkollektor gesammelt und die enthaltene Wärmeenergie über einen Wärmetauscher auf Frischluft übertragen werden.

In den Sommermonaten ist die in den Kollektoren erzeugte warme Luft in der Regel nicht erwünscht, um eine Überhitzung zu vermeiden. Um sie abzuführen, können Lüftungsklappen in Sockel- und Dachbereich des Fassadenzwischenraums angeordnet werden. Auch kann überschüssige Wärme in Massespeichern gebunkert werden, um hier zeitverzögert über Nacht wieder abgegeben zu werden oder bei ausbleibender solarer Einstrahlung als Energiequelle für eine Wärmepumpe zu dienen (siehe auch 3.4 Massespeicher). Ein Verbund mit einem Solarkamin ist ebenso denkbar, um heiße Luft schnell abzuführen (siehe auch 3.9 Solarkamin).

Bei der Fassade des Wohnzwillings von RTW Architekten konnte durch die Nutzung von Luftkollektoren auf die Dämmung der Außenwände verzichtet werden (siehe Abbildung 33). Ein rund 15 cm dicker Luftraum trennt die massive Kalksandsteinkonstruktion von der äußeren Schicht aus ca. 5 cm dicken Polycarbonat-Mehrfachstegplatten. Der Luftraum ist selbst an bewölkten Wintertagen rund 10 °C wärmer als die Außenluft und kann bei Sonnenschein sogar einen Temperaturunterschied von 30 - 60 °C erreichen. (Teicher, 2022)



Abb.33 a-b: Wohnzwilling, Wolfsburg (AT) 2021, RTW Architekten

Quelle: <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/objekte/wohnen/mehrfamilienhaeuser-wohnozwilling-in-wolfsburg-7942544>

Fotos: Frank Aussieker (a, b), altschaffel.com (c)

3.13.3 Resümee

Thermische Solaranlagen können als wassergeführte Systeme oder Luftkollektoren konzipiert werden und eine lukrative Unterstützung für den Heiz- und Warmwasserbedarf darstellen. Sie sind ähnlich zu Photovoltaik-Anlagen direkt von der solaren Strahlung abhängig und können die Wärmeversorgung daher nicht alleine übernehmen. Insbesondere für eine solare Heizungsunterstützung sollten die Kollektorfassaden oder -module möglichst gen Süden ausgerichtet werden.

3.14 Übersicht der Planungsprinzipien

Die beschriebenen Planungsprinzipien wurden in Tabelle 1 auf Seite 50 tabellarisch zusammengefasst, um sie in einer übersichtlichen Form greifbarer zu gestalten. Hierbei sind konkrete, exemplarische Fragestellungen formuliert, welche zu Anfang einer Planung dabei helfen sollen, einen Denkprozess anzustoßen. Durch die Auseinandersetzung mit den angesprochenen Themen, welche die entsprechenden Prinzipien prägen, soll ein Augenmerk auf gegebenenfalls unerkannte Aspekte gelegt werden. Das Ziel hierbei ist die Unterstützung zur Entscheidungsfindung für eine Implementierung von Konzepten, welche für die jeweilige Bauaufgabe einen Mehrwert darstellen.

Beispielhafte bzw. übliche Maßnahmen werden in einer eigenen Spalte beschrieben, um einen Orientierungspunkt für die Praxis zu bieten. Weiters werden dazugehörig sowohl Eingangs- wie auch Ausgangsfaktoren beschrieben. Eingangsfaktoren stellen jene Prinzipien dar, welche einen Einfluss auf das betrachtete Planungsprinzip ausüben (Spalte: "Wird beeinflusst"). Ausgangsfaktoren stellen jene Prinzipien dar, welche wiederum vom betrachteten Planungsprinzip beeinflusst werden (Spalte: "Beeinflusst").

Tab.1: Übersicht Planungsprinzipien
Quelle: Dominik Fellinghauer

Wird beeinflusst	Planungsprinzip	Fragestellung bei Sanierung	Maßnahmen	Beeinflusst
Baulicher Sonnenschutz	Energetische Grundparameter			
	Kompaktheit	Möglichkeit, Oberfläche zu minimieren?	Loggien schließen, Erweiterungen an Kompaktheit orientieren	
	Tiefe der Baukörper	Ist eine Erhöhung solarer Eindringtiefe möglich?	Fassadenseitig Flächen für solare Erträge freispielen	Thermische Zonierung, Sonnenschutz, Energiegarten, Adiabate Kühlung
	Gebäudeausrichtung	Verglasung von sonnenzugewandten Fassaden möglich?	Organisation prominenter Räume nach verglasten, besonnten Fassaden	Sonnenschutz
Gebäudeverschattung	Gebäudeverschattung	Maßnahmen nach Verschattung richten		Energiegarten
	Thermische Zonierung			
Pufferzonen	Pufferzonen	Wärmere/kühlere Zonen denkbar? >> Nutzeranforderungen beachten	Gänge, Nebenräume, Schlafräume entsprechend Himmelsrichtung orientieren	
	Thermische Speichermasse			
	Schwere Baustoffe	Ist ausreichend Speichermasse vorhanden?	Speichermasse im Boden einbringen	
Bauteilaktivierung			Speichermasse insbesondere bei beschienenen Wänden einbringen	
		Ist eine Aktivierung von Bauteilen durch Heiz-/Kühlschläuche möglich?	Flächenheizung/-kühlung durch Wärmepumpe (Fußbodenaufbau/Wände/Decken)	Massespeicher
Flächenheizung/-kühlung durch Wärmepumpe (Fußbodenaufbau/Wände/Decken)			Flächenheizung/-kühlung durch Wärmepumpe (Fußbodenaufbau/Wände/Decken)	
Sonnenschutz	Sonnenschutz			
	Flexible Systeme	Außen-/Innenliegend?	Außenliegend bevorzugen	
Bauliche Systeme		Welche Himmelsrichtung?	Horizontale/vertikale Systeme entsprechend Himmelsrichtung	
		Baulicher Sonnenschutz möglich?	Balkone, Auskragungen, Rücksprünge, Bepflanzung	Kompaktheit
Lüftung	Lüftung			Thermische Speichermasse
	Thermik	Ist eine Verbesserung der Luftventilation möglich?	Lüftungsöffnungen über Eck oder gegenüberliegend generieren	
Nachtauskühlung			Entlüftungsöffnungen an höher gelegenen Punkten generieren	
		Sind Öffnungen unterschiedlicher Räume störungsfrei verbunden?	Fließende Räume mit wenig Hindernissen generieren	

Gebäudeausrichtung	Adiabate Kühlung			Thermische Speichermasse
	Wasserbecken	Ist die Einbringung eines Wasserbeckens möglich?	Wasserbecken vor Zuluftöffnungen, Atrium	
	Pflanzen	Ist am Bauplatz Vegetation vorhanden? Ist die großformatige Unterbringung von Pflanzen vorstellbar?	Kühlende Pflanzen vor Zuluftöffnungen Begrüntes Atrium, Pflanzen im Innenraum	
Bauteilaktivierung, Solarthermie	Massespeicher			Bauteilaktivierung
	Massespeicher	Ist ein ungenutztes Volumen im/unter dem Keller vorhanden?	Einbringung überschüssiger Wärme tagsüber, Abführung/ Nutzung derer nachts	Thermische Speichermasse
Gebäudeausrichtung, Thermische Zonierung	Energiegarten			
	Energiegarten	Ist ein (südseitiger) gläserner Verbau möglich?	Vorschalten eines Energiegartens vor die Außenwand	
Solarstrahlung	Solarlamin			Luftung, Thermische Speichermasse
	Solarlamin	Ist ein fassaden-/dachseitiger Solarlamin vorstellbar?	Solarlamin	
Klima	Begrünung			
	Gründach	Ist ein Gründach möglich?	Extensives/intensives Gründach	
	Begrünte Fassade	Ist eine begrünte Fassade vorstellbar?	Bepflanzung an Fassade, vor Balkonen	
Erdreich, Grundwasser, Tiefenwasser	Energieproduktion			
	Wärmepumpe	Ist am Gelände Raum für erdwärme- oder grundwasserfördernde Maßnahmen?	Sole-Wasser- oder Wasser-Wasser-Wärmepumpe	
	Photovoltaik	Ist am Gelände Raum für Außen- und/oder Inneneinheiten einer luftbasierten Wärmepumpe? Sind Flächen für PV-Module zwischen Ost und West verfügbar?	Monoblock oder Splitgerät	
Solarstrahlung	Solarthermie	Sind Flächen für thermische Solarkollektoren verfügbar? Ist ausreichend Solarstrahlung vorhanden?	Massespeicher	

4 DISKUSSION

Anhand der betrachteten Planungsprinzipien lassen sich gewisse Abhängigkeiten vom Bestand, den Nutzeranforderungen sowie gestalterischer Dominanz feststellen, welche nachfolgend beschrieben werden. Trotz der Tatsache, dass einige Prinzipien durchaus mehreren Gruppen zugeordnet werden könnten, wurden sie in jener Gruppe beschrieben, in der sie die größte Abhängigkeit aufweisen. Im weiteren Verlauf werden die Möglichkeiten zur Umsetzung und deren potentielle Schwierigkeiten diskutiert.

4.1 Abhängigkeiten

Es hat sich gezeigt, dass die besprochenen Planungsprinzipien oft stark von lokalen Gegebenheiten abhängig sind. In Tabelle 1 (Seite 50) wurden die besprochenen Prinzipien in tabellarischer Form erfasst und anhand von einfachen Fragestellungen mit entsprechend zutreffenden Maßnahmen aufgelistet. Entscheidende Rollen für die Auswahl der Planungsprinzipien spielen insbesondere der gegebene Gebäudebestand (Orientierung, Volumetrie, Bausubstanz), das lokale Klima (Solarstrahlung, Witterung) sowie die unmittelbare Umgebung (Geologie, Vegetation). Daher ist eine sorgfältige Analyse der Grundlagen im Vorfeld wichtig.

Nachfolgend werden die Planungsprinzipien anhand ihrer Abhängigkeit zu Bestand, Nutzeranforderungen sowie gestalterischer Dominanz kategorisiert.

4.1.1 Vom Bestand abhängig

Die Abhängigkeit vom Gebäudebestand kann auf geometrischen und statischen Grundlagen, vorhandenem Platzangebot im bzw. auf dem Gebäude, dem Grundstück, der Bodenbeschaffenheit oder ähnlichem beruhen.

- Energetische Grundparameter (Kompaktheit, Tiefe der Baukörper, Gebäudeausrichtung und Gebäudeverschattung) können oft nur in begrenztem Maße beeinflusst werden. Sofern es möglich ist, bildet eine Anpassung hinsichtlich günstigerer Kennwerte eine Verbesserung der energetischen Eigenschaften und eine gute Ausgangsbasis für weitere Adaptierungen.
- Die thermische Speichermasse der Tragstruktur kann oft nicht oder nur in begrenztem Ausmaß nachträglich erhöht werden. Eine Einbringung von Masse

in Böden oder Wandbelägen ist jedoch möglich, wo die Gegebenheiten es zulassen. Hierbei ist insbesondere auf das Fußbodenniveau, die Tragfähigkeit der Decken und das vorhandene Platzangebot zu achten.

- Massespeicher sind nur mit ausreichendem Platzangebot und unter speziellen Voraussetzungen nachträglich einzubringen. Insbesondere in Kombination mit Luftkollektoren können diese einen relevanten Beitrag zur thermischen Regulierung erbringen.
- Die Energieproduktion mittels Photovoltaik und Solarthermie ist stark von der lokalen Solarstrahlung abhängig. Sie erbringt in geographischen Lagen mit geringer Globalstrahlung, vermehrtem Wolkenaufkommen, dichter Bebauung etc. verminderte Leistungswerte.
- Wärmepumpen sind je nach Betriebsart von unterschiedlichen Faktoren wie Bodenbeschaffenheit, gesetzlichen Regelungen oder maximal akzeptabler Geräusentwicklung abhängig. Besonders bei Luft-Luft bzw. Luft-Wasser Wärmepumpen ist der Aufstellort entscheidend, da erhöhte Schallwerte zu erwarten sind.
- Sonnenschutzsysteme sind stark von der Himmelsrichtung sowie der Morphologie von Architektur und der Umgebung abhängig.

4.1.2 Von Nutzeranforderungen abhängig

Eine Abhängigkeit einzelner Prinzipien kann auch von den nutzenden Parteien und ihrem Verhalten bestehen.

- Für eine thermische Zonierung ist erforderlich, dass die zukünftigen NutzerInnen in bestimmten Zonen Temperaturen über- oder unterhalb des thermischen Komfortbereichs akzeptieren, abhängig von der Jahreszeit.
- Für die Fensterlüftung (auch die Nachtlüftung) ist die Bereitschaft erforderlich, Fenster zur täglichen Raumklimatisierung manuell zu bedienen. Insbesondere während Hitzeperioden ist eine adäquate Umsetzung entscheidend.

4.1.3 Gestalterische Dominanz

Einige Planungsprinzipien sind in ihrer gestalterischen Präsenz relativ dominant und bedürden daher einem besonderen Fingerspitzengefühl.

- Solarkamine haben durch ihre prominente Lage in der Fassadenhaut oder am Dach naturgemäß eine starke Präsenz. Sofern die klimatischen Bedingungen dafür geeignet sind, ist eine bewusste Integration ins gestalterische Konzept erforderlich.
- Fassadenbegrünungen beeinflussen das Erscheinungsbild stark. Ein relevanter Faktor bei der Wahl des Systems liegt bei der Wuchsgeschwindigkeit. Dadurch, dass grüne Fassaden erst heranwachsen müssen, kann sich das äußerliche Erscheinungsbild unter Umständen erst nach vielen Jahren dem gestalterischen Konzept angleichen.
- Adiabate Kühlung durch Pflanzen oder Wasser bewirkt durch den erforderlichen Platzanspruch einen starken gestalterischen Einfluss auf den Entwurf und bildet bei einem etwaigen Einsatz eine Grundlage für die klimatische Planung.
- Energiegärten können durch ihre abgeschlossene, verglaste Erscheinung leicht als angebaute, externe Elemente wahrgenommen werden. Der hohe Glasanteil bedarf einer präzisen, abgestimmten Planung, um den Energiegarten adäquat in den Entwurf zu integrieren.

4.2 Umsetzung

In der Praxis lassen sich insbesondere bei größeren Dimensionen Schwierigkeiten feststellen, die bei isolierter Betrachtung ohne Maßstab noch nicht zum Tragen kommen. Nachfolgend wird die Umsetzung im urbanen Kontext sowie Herausforderungen und Potentiale diskutiert.

4.2.1 Übertragbarkeit auf mehrgeschoßigen Wohnbau

Die vorangeführten Planungsprinzipien wurden im Kontext einer energetischen Sanierung ohne Maßstab besprochen. Bei der Anwendung auf einen großen Maß-

stab – zum Beispiel einen 8-geschoßigen Wohnbau – treten einige Schwierigkeiten auf, welche nachfolgend erörtert werden.

- Prinzipien, welche Eingriffe bei Fenstern, Böden oder Wänden erfordern, lassen sich abhängig von den bestehenden Gegebenheiten oft relativ gut integrieren. Thermische Zonierung, die Einbringung thermischer Speichermasse, adäquate Sonnenschutzsysteme oder günstige Raumkonfigurationen für effektive Querlüftung und Nachtauskühlung können einen großen energetischen Unterschied machen.
- Eine nachträgliche Integration von Solarkaminen ist in einem großen Maßstab nur äußerst schwierig realisierbar. Außerdem ist ein gleichmäßiger Luftstrom über mehrere Geschoße selbst bei starker Sonneneinstrahlung schwierig aufrechtzuerhalten.
- Das Prinzip des Energiegartens ist im mehrgeschoßigen Wohnbau besonders bei der nachträglichen Verglasung von Loggien gut einsetzbar. Die Verglasung ganzer Fassaden oder Teile davon würde gegebenenfalls einen erheblichen Beitrag zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs leisten, allerdings ist dies durch die Ausreizung der rechtlichen Bestimmungen in den meisten Bestandsbauten oft nicht realisierbar.
- Photovoltaikanlagen sind gut in den Gebäudebestand integrierbar. Ungenutzte Dach- oder opake Fassadenflächen sind für die Bestückung mit PV-Modulen prädestiniert. Auch als feststehende Sonnenschutzelemente sind sie gut einsetzbar.
- Solarthermie lässt sich gut bei Gebäudesanierungen einsetzen, wenn die klimatischen Bedingungen günstig sind. Durch eine Einhüllung der Fassade mit Luftkollektoren kann thermische Energie über große Flächen gesammelt und dem Gebäudesystem zugeführt werden.
- Fassadenbegrünungen als zusätzliche Dämmebene sind im großen Maßstab im Prinzip gut machbar. Als Baustein zur Reduzierung des UHI-Effekts können sie einen wesentlichen Beitrag gegen die zunehmende Aufheizung von Städten liefern. Allerdings ist der relativ langsame Bewuchs schwierig. Um den gewünschten Effekt zu erzielen, bedarf es je nach System oft mehrere Jahre.

- Wärmepumpen sind – sofern die geologischen Voraussetzungen stimmen – ein sehr effektives Mittel, um CO₂-neutral Energie zu produzieren. Die Nutzung von Erdwärme oder Grundwasser ist in vielen Fällen im Prinzip einfach herzustellen. Insbesondere die Rückgewinnung aus Prozessenergien kann im großen Maßstab sehr effektiv sein.
- Adiabate Kühlung kann durch großräumige Begrünung im städtebaulichen Maßstab funktionieren und ist ein effektives Mittel, um dem UHI-Effekt entgegenzuwirken. Durch die Bepflanzung mit Gräsern, Büschen und schatten spendenden Bäumen kann nicht nur eine thermische Aufheizung von Asphalt, Beton oder sonstigen befestigten Flächen verhindert werden. Durch die großflächig auftretende Verdunstung kann die umliegende Luft ebenso gekühlt werden.
- Massespeicher erfordern ein großes Volumen und sind durch den relativ hohen Flächenbedarf oft schwierig einzubringen. Steht dieser zur Verfügung, bieten sie ein gutes Instrument, um in bestehenden Kellern temporäre Temperaturspitzen in beide Richtungen auszugleichen.

4.2.2 Förderungen

Insbesondere in Großstädten ist eine Anpassung an das künftige Klima langfristig von essenzieller Bedeutung, da hier der Urban-Heat-Island Effekt zum tragen kommt. Dieser bewirkt langfristig eine deutliche Steigerung der Temperaturen in Großstädten (MIT Climate Portal, 2023) und erfordert ein Umdenken im großen Maßstab. Die Stadt Wien ist mit 1,97 Mio. Einwohnern (Stand: 01.10.2022, Statistik Austria, 2023) die größte Stadt Österreichs. Mit dem Wiener Klimafahrplan wurden diverse Punkte zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung bis 2040 zusammengefasst und erläutert, welche im Regierungsübereinkommen 2020 sowie in den Smart City Strategien Wien beschlossen wurden. Hier wurden die Erhöhung von Fördermitteln und die Schaffung neuer Förderschienen für einen langfristigen massiven Ausbau, unter anderem von Photovoltaik und Geothermie, sowie weitere Anreize für energetische Sanierungen angesprochen, um die Ziele zu erreichen (Magistrat der Stadt Wien, 2022).

Im Folgenden werden die aktuellen Fördermöglichkeiten für Sanierungen von Wohnbauten in Wien erläutert. Ein übergeordnetes Instrument für die Förderungen in Wien sind Sanierungszielgebiete. Sie markieren entsprechend einer Karte der MA 18 (Stadtentwicklung und Stadtplanung) Gebiete mit hohem Substandardanteil, wenig

Freiraum oder sozialer Herausforderungen (siehe Anhang 5, Seite 149). Objekte in solchen Gebieten werden bei einer Überzahl an gleichzeitigen Anträgen entsprechend bestimmter Indikatoren gewichtet priorisiert. Totalsanierungen leerstehender Gebäude werden hier außerdem besonders gefördert. (Interview, Anhang 4)

Förderungen für thermische Sanierungen von Mehrfamilienhäusern nach klimaktiv Standard sind bei Gebäuden möglich, deren Baubewilligung mindestens 20 Jahre alt ist. Hierfür sind ein Sanierungskonzept sowie ein Energieausweis vor und nach der Sanierung erforderlich. Grundsätzlich ist die Dämmung und Begrünung von Gebäuden sowie die Sanierung bzw. der Tausch von Fenstern und Außentüren förderungsfähig, wobei die Höhe der energetischen Einsparungen gegenüber dem Bestand über die Förderhöhe entscheidet. (Kommunalkredit Public Consulting, 2023) Es gibt hierfür drei Ermittlungsverfahren (Interview, Anhang 4):

- Wie hoch die energetischen Effekte der Sanierungsmaßnahmen im Verhältnis zum Niedrigstenergiegebäudestandard sind - Förderung nach Zielwert entsprechend Sanierungsverordnung
- Ein Tausch des Heizungssystems kann die Förderhöhe durch die Steigerung des Gesamtenergieeffizienzfaktors zusätzlich erhöhen.
- Falls durch keine der vorherigen Maßnahmen eine Förderung errechnet werden kann, ist eine Förderung entsprechend der Bestandsverbesserung durch einen Vergleich Vorher-Nachher möglich. Beispiele für eine Nichterreichung eines entsprechenden Zielwertes kann für den ersten Fall eine denkmalgeschützte Fassade oder eine nicht weiter dämmbare Feuermauer sein, oder im zweiten Fall, dass ein Austausch des Heizsystems nicht möglich ist.

Die Randbedingungen für die Förderbarkeit bzw. Förderhöhe sind also relativ flexibel, da sie nicht von numerischen Fixwerten ausgeht, sondern auf Basis eines Sanierungskonzeptes beschlossen wird.

Bauwerksbegrünungen helfen, den Heizwärmebedarf sowie die thermische Aufladung der städtebaulichen Umgebung zu senken und werden von der MA 22 (Umweltschutz) für Bestands- sowie Neubauten in geschlossener Bauweise ab Gebäudeklassen II sowie vom Bund über den Sanierungsscheck für Private gefördert. Fassadenbegrünungen bei Neubauten von Mehrfamilienhäusern sind zwischen 7,50 und 26,00 m sogar verpflichtend. Auch Gründächer oder die Begrünung von Innenhöfen werden zur Kühlung des Umgebungsklimas von der Stadt Wien gefördert. (Stadt Wien, 2022)

Einfache Verglasungen von Loggien ohne Wärmeschutzverglasung oder zusätzliche Dämmung sowie die Herstellung von unkonditionierten Energiegärten bilden thermische Pufferzonen zum Wohnraum. Eine Förderung findet in der Regel nicht statt, falls im betreffenden Raum durch die Sanierung kein Innenraumklima hergestellt wird (Interview, Anhang 4). Obwohl dadurch im Winterfall in der Praxis die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen und somit der HWB gesenkt werden kann (siehe auch 3.8 Energiegarten). Dies ist der Tatsache geschuldet, dass sich Förderungen auf die energetische Verbesserung laut Energieausweis beziehen, dieser solche thermischen Pufferzonen aber nicht abbilden kann. Ein klassisches Beispiel für eine Loggien-Verglasung bilden mehrere übereinander liegende Loggien innerhalb einer Gebäudefuge. Wenn durch den Ausbau mit Wärmeschutzverglasung und zusätzlicher Dämmung gegen Außenluft bzw. benachbarte Einheiten ein Innenraumklima hergestellt und somit die neu verglasten Loggiafläche in den beheizbaren Wohnungsverband inkludiert werden werden kann, ist die thermische Sanierung förderwürdig.

Die Einbringung thermischer Speichermasse wird nicht gefördert, obwohl sie einen Beitrag zur Reduzierung von Temperaturspitzen leisten und damit helfen kann, den HWB bzw. den Kühlbedarf zu senken.

Die Integration von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen auf Dächern und Fassaden wird vom Bund gefördert. Sofern Flächenerweiterungen bei Sanierungen oder Dachgeschoßausbauten zustande kommen, gibt es eine baurechtliche Solarverpflichtung. Der gleichzeitige Umstieg eines fossilen Heizsystems auf eine klimafreundliche Wärmepumpe kann dadurch erleichtert und, abhängig von den vorherrschenden Randbedingungen, zusätzlich gefördert werden.

Zusammengefasst gibt es in Wien im Prinzip umfangreiche Fördermöglichkeiten für den mehrgeschoßigen Wohnbau. Wenn für die Förderung bisher nicht bewertbare thermische Effekte zukünftig mit dem Energieausweis abbildbar oder deren Nachweis mittels Simulationsprogrammen zulässig wäre, könnte eine praxistauglichere Bewertung geschaffen und zugleich einfachere, passive Maßnahmen zur Energieeinsparung belohnt werden.

4.3 Conclusio

Die sorgfältige Betrachtung der theoretisch aufgearbeiteten Aspekte diverser Planungsprinzipien mitsamt deren Abhängigkeiten und Charakteristika bei der Umset-

zung, ermöglicht eine adäquate Anwendung bei praktischen Bauaufgaben. Wichtig ist, eine individuelle Analyse je nach Bauplatz bzw. Bauprojekt vorzunehmen, da eine allgemein gültige Anwendung nicht möglich bzw. sinnvoll ist. Förderungen können ergänzend ein hilfreiches Instrument darstellen, um monetäre Reize zu setzen und die nachhaltige Umrüstung voranzutreiben.

Im folgenden Kapitel wird basierend auf der Analyse von Gebäudebestand, lokalem Klima und der unmittelbaren Umgebung ein passender Maßnahmenkatalog für die energetische Sanierung des Einfamilienhauses abgeleitet.

5 ENTWURF

Als praktisches Entwurfsprojekt soll ein freistehendes, eingeschößiges Einfamilienhaus aus den 1970er Jahren thermisch saniert und erweitert werden. Um die in Kapitel 1 angesprochene technische Unabhängigkeit gegenüber energie- und wartungsintensiven Anlagen zu erreichen soll der Entwurf durch die Erkenntnisse der Konzepte aus Kapitel 2, der Planungsstrategien aus Kapitel 3 sowie der Diskussion aus Kapitel 4 des theoretischen Teils gespeist und entsprechend umgesetzt werden. Fotos vom Grundstück und Objekt siehe Anhang 6, Seite 150.

5.1 Analysen

5.1.1 Standortanalyse

Das Objekt befindet sich in der Katastralgemeinde Hintersdorf in Niederösterreich (siehe Abbildung 35-36) auf einem schmalen, länglichen Grundstück am Waldrand mit stark abfallender Topographie zum Tal hin (siehe Abbildung 34). Südwestseitig steht es 1,50 m im seitlichen Bauwisch. Das Klima ist durch das angrenzende Waldgebiet kühl und feucht. Im Winter ist es verhältnismäßig kalt und selbst im Sommer oft kühl. Eine direkte Sonneneinstrahlung von ca. 6,5 h im Winter und 9,5 h im Sommer birgt Potential für solare Gewinne (siehe Abbildung 37). Hohe Windgeschwindigkeiten reißen in der Umgebung gelegentlich schwache Bäume aus dem Boden. Die Vorzugswindrichtung ist vom Nordwesten (Wald) in Gebäude- und Grundstückssachse nach Südosten (talwärts).

Projektdate

- Standort: Katastralgemeinde Hintersdorf, Gemeinde St. Andrä Wördern, NÖ
- Höhe Erdgeschoß: 283 m ü. A.
- Höhe EG über Straßenniveau: 14,50 m
- Grundstücksfläche: 1458 m²



Abb.34: Schnitt Bestand



Abb.35: Luftbild Verortung (o.M.) mit Anmerkungen

Quelle: basierend auf Google Maps



Abb.36: Orthofoto des Grundstücks (o.M.) mit baurechtlichen Angaben

Quelle: basierend auf Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen



5.1.2 Bestandsanalyse

Der ursprüngliche Bau wurde nach seiner Errichtung um einen Zubau erweitert. Nachfolgend wird ersterer als Hauptgebäude und zweiterer als Bestandszubau bezeichnet (siehe Abbildungen 38-40).

Die thermische Hülle des Hauptgebäudes bilden monolithische 38 cm dicke Hohlziegelwände, eine gedämmte Tramdecke zum Kaltdach sowie eine nur schwach gedämmte Hohlziegeldecke zum unbeheizten Keller hin, welcher aufgrund der starken Hangneigung an einer Seite ebenerdig von außen zugänglich ist. Über der davor liegenden Panoramaterrasse schwebt der nach Südost orientierte Bestandszubau in Holzriegelbauweise. Abbildung 45 zeigt eine dreidimensionale Darstellung der thermischen Hülle.

Der Wohnraum, im über der Panoramaterrasse schwebenden Bestandszubau, ist nach Südosten ausgerichtet und nur minimal verglast (siehe Abbildung 39). Der überwiegende Großteil der Südwestfassade ist opak, lediglich zwei kleine Fenster zu den Sanitärräumen sowie ein Fenster zum offenen Küchenbereich bieten Potential für solare Energieeinträge. Relativ große Fensteröffnungen ohne direkte Sonneneinstrahlung in den beiden Schlafzimmern nach Nordwesten (hinterer Garten, Wald) und Nordosten (Erschließung, Baumwand) schaffen teilweise Ausblick auf das Grundstück, erbringen aber keine solaren Erträge und erhöhen somit den ohnehin hohen Heizwärmebedarf.

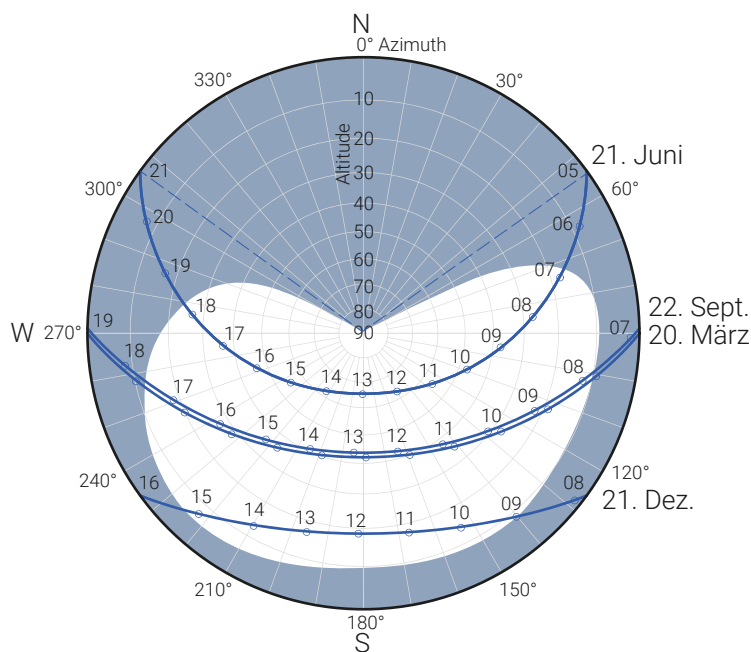


Abb.37: Sonnenstandsdiagramm
Quelle: basierend auf Andrew Marsh Software

Abb. 37 zeigt den Sonnenverlauf am Projektstandort für Sommer- und Winter-sonnenwende sowie Frühlings- und Herbstbeginn. Die grau hinterlegte Fläche markiert die Verschattung durch Gelände oder Vegetation, wodurch zu den genannten Zeitpunkten der Verschattungswinkel für eine beliebige Himmelsrichtung ablesbar wird (Lokalisierung mittig des Bestandsgebäudes, Geländeniveau).

Die Raumkonditionierung erfolgt über Heizkörper, welche durch eine im Keller befindliche Gastherme betrieben werden. Ein im Vorraum gelegener Holzofen dient der Heizunterstützung in den kalten Jahreszeiten, welche durch die geographische Lage bedingt signifikant länger anhalten als in urbanen Gebieten. Durch die Positionierung des Ofens im Vorraum ist die Erwärmung der angrenzenden Räumlichkeiten sehr ungleichmäßig.

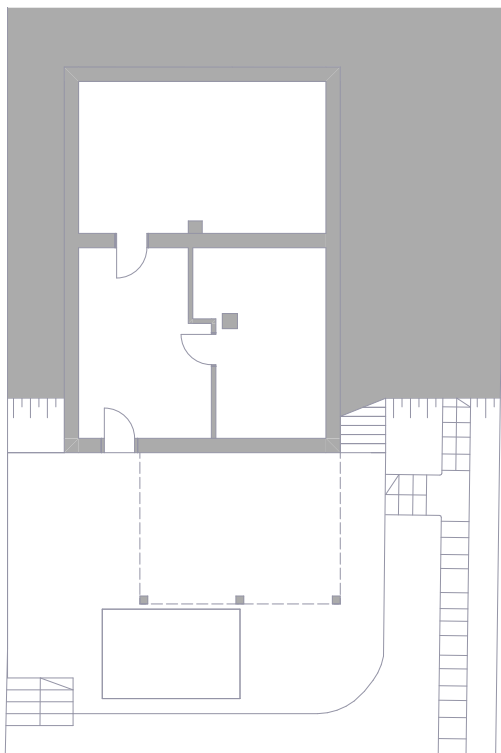


Abb.38: Grundriss UG

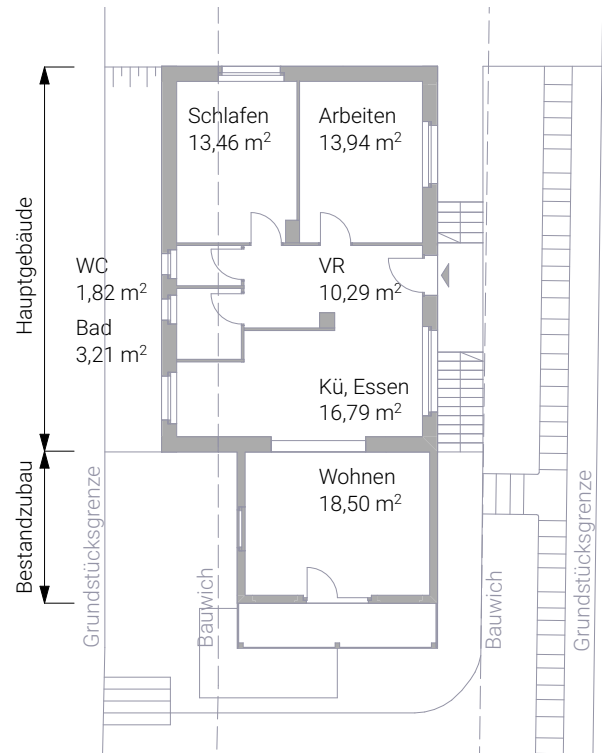
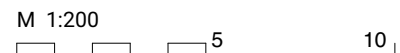


Abb.39: Grundriss EG



Abb.40: Schnitt



Die baurechtliche Lage ist anspruchsvoll. Eine Erweiterung ist vor (nordwestlich) und hinter (südöstlich) dem Bestandsgebäude möglich. Südwestlich liegt es 1,5 m im seitlichen Bauwuch, die nordöstliche Fassade ist ca. 1,20 m vom seitlichen Bauwuch entfernt, im entstandenen Zwischenraum befindet sich die Erschließung.

Abbildung 44 zeigt den tatsächlichen Energieausweis des Bestandsgebäudes. Die thermische Hülle wird durch das Hauptgebäude sowie den Bestandszubau gebildet und durch den Dachbodenraum sowie den Keller begrenzt (siehe Abbildung 45). Der relativ hohe Heizwärmebedarf von ca. 154 kWh/m²a ist durch eine mangelhaft gedämmte Bausubstanz bedingt. Ungedämmte Außenwände im Hauptgebäude, eine nur minimal gedämmte Decke gegen den unbeheizten Keller sowie mäßig dimensionierte Außenwandstärken des Zubaus in Holzriegelbauweise resultieren in einem niedrigen mittleren U-Wert von 0,59 W/m²K. Große Fensterflächen an beschatteten Fassaden erhöhen die Wärmeverluste. Sperrlich gesetzte Öffnungen in den besonnten Fassaden minimieren die potentiellen Wärmeeinträge. Der schwebende Bestandszubau senkt die Kompaktheit auf 1,18 (1,1 im Modell gemessen) und erhöht die von Luft umspülten Außenflächen. Der ausführliche Energieausweis des Bestandsgebäudes ist im Anhang 7, Seite 152 abgebildet.

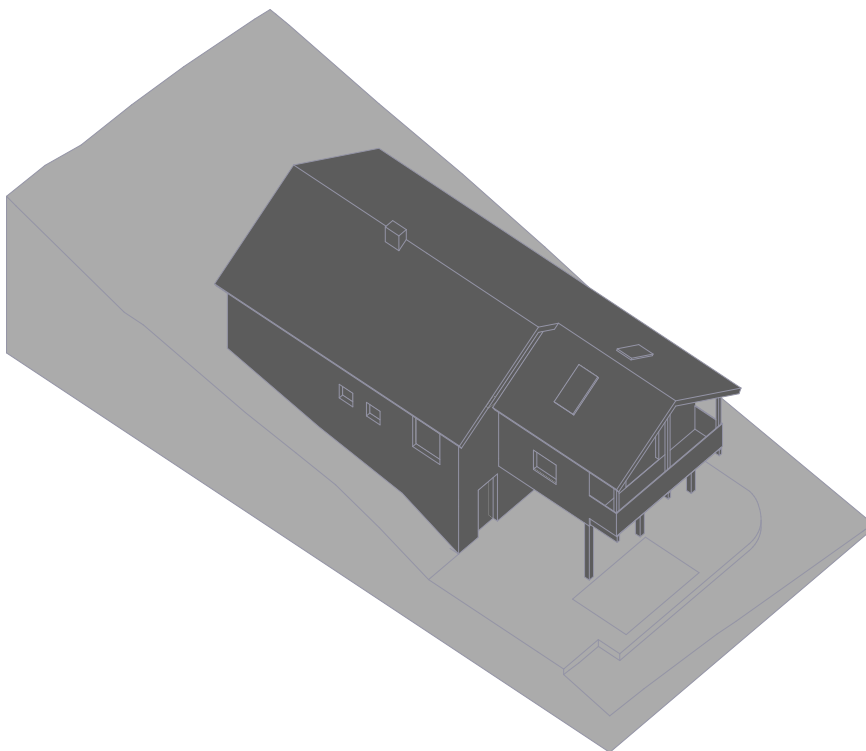


Abb.43: Bestandsbaukörper

GEBÄUDEKENNDATEN				EA-Art:	
Brutto-Grundfläche (BGF)	79,0 m ²	Heiztage	288 d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Bezugsfläche (BF)	63,2 m ²	Heizgradtage	3845 Kd	Solarthermie	- m ²
Brutto-Volumen (V _B)	197,5 m ³	Klimaregion	N	Photovoltaik	- kWp
Gebäude-Hüllfläche (A)	232,4 m ²	Norm-Außentemperatur	-13,5 °C	Stromspeicher	- kWh
Kompaktheit (A/V)	1,18 1/m	Soll-Innentemperatur	22,0 °C	WW-WB-System (primär)	kombiniert
charakteristische Länge (l _c)	0,85 m	mittlerer U-Wert	0,590 W/m ² K	WW-WB-System (sekundär, opt.)	-
Teil-BGF	- m ²	LEK _i -Wert	61,88	RH-WB-System (primär)	Gasraumheizung
Teil-BF	- m ²	Bauweise	mittelschwere	RH-WB-System (sekundär, opt.)	-
Teil-V _B	- m ³				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Referenzklima)			Nachweis über den Endenergiebedarf		
Ergebnisse			Anforderungen		
Referenz-Heizwärmebedarf	HWB _{Ref,RK} =	128,5 kWh/m ² a	entspricht nicht	HWB _{Ref,RK,zul} =	75,3 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf	HWB _{RK} =	128,5 kWh/m ² a			
Endenergiebedarf	EEB _{RK} =	221,3 kWh/m ² a	entspricht nicht	EEB _{RK} =	130,9 kWh/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	f _{GEE,RK} =	1,53			
Erneuerbarer Anteil	-		entspricht nicht		

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)				
Referenz-Heizwärmebedarf	Q _{h,Ref,SK} =	12.295 kWh/a	HWB _{Ref,SK} =	155,6 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf	Q _{h,SK} =	12.191 kWh/a	HWB _{SK} =	154,3 kWh/m ² a
Warmwasserwärmebedarf	Q _{tw} =	606 kWh/a	WWWB =	7,7 kWh/m ² a
Heizenergiebedarf	Q _{H,Ref,SK} =	19.677 kWh/a	HEB _{SK} =	249,1 kWh/m ² a
Energieaufwandszahl Warmwasser			e _{AWZ,WW} =	2,49
Energieaufwandszahl Raumheizung			e _{AWZ,RH} =	1,48
Energieaufwandszahl Heizen			e _{AWZ,H} =	1,53
Haushaltsstrombedarf	Q _{HHSB} =	1.097 kWh/a	HHSB =	13,9 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	Q _{EEB,SK} =	20.774 kWh/a	EEB _{SK} =	263,0 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf	Q _{PEB,SK} =	23.433 kWh/a	PEB _{SK} =	296,6 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	Q _{PEBn,ern,SK} =	22.763 kWh/a	PEB _{n,ern,SK} =	288,1 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf erneuerbar	Q _{PEBem,SK} =	669 kWh/a	PEB _{em,SK} =	8,5 kWh/m ² a
äquivalente Kohlendioxidemissionen	Q _{CO2eq,SK} =	5.109 kg/a	CO _{2eq,SK} =	64,7 kg/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor			f _{GEE,SK} =	1,56
Photovoltaik-Export	Q _{PVE,SK} =	0 kWh/a	PVE _{EXPORT,SK} =	0,0 kWh/m ² a

Abb.44: Energieausweis Bestand

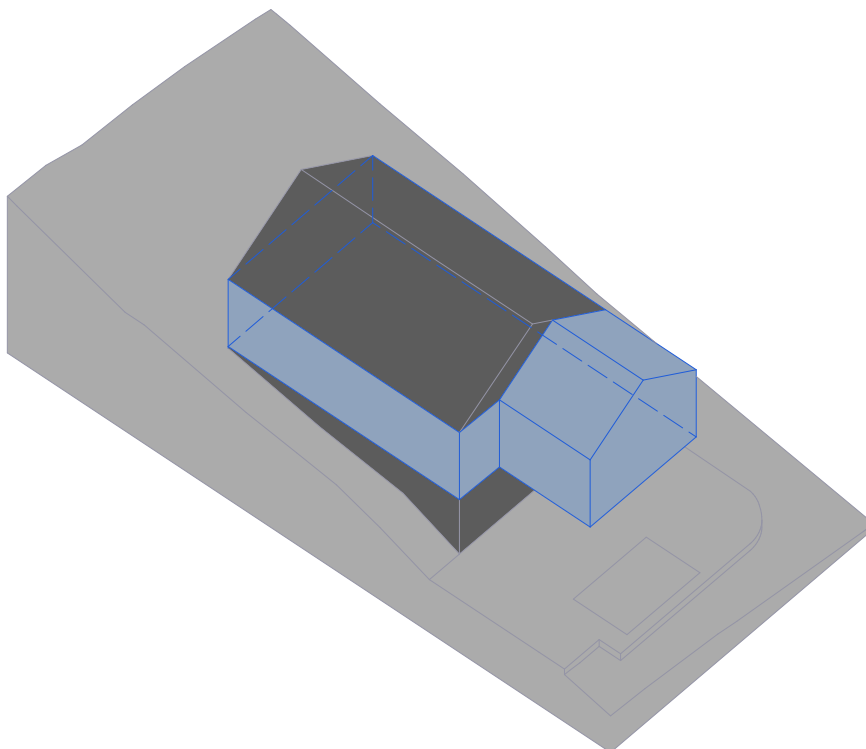


Abb.45: Thermische Hülle des Bestandsbaukörpers

5.1.3 SWOT-Analyse

Die Informationen der Standort- sowie der Bestandsanalyse werden weiterführend in Form einer SWOT-Analyse kategorisiert. SWOT-Analysen werden üblicherweise in der Betriebswirtschaftslehre eingesetzt, um Unternehmen oder andere Organisationen nüchtern zu analysieren und eine entsprechende Marktpositionierung vorzunehmen (Kevin Schroer, 2023). Im Kontext der vorliegenden Arbeit wird sie genutzt, um die bestehenden Stärken, Schwächen, Chancen sowie Risiken des zu bearbeitenden Grundstücks herauszufiltern und entsprechende Maßnahmen ableiten zu können.

Tabelle 2 zeigt eine Kategorisierung der herausgefilterten Eigenschaften. Die massereiche Bausubstanz birgt energetisches Potential durch ihre gute Aufnahmefähigkeit von Wärmeenergie durch solare Bestrahlung im Winter sowie durch nachhaltige Auskühlung mittels kühler Waldluft bei Nachtlüftung im Sommer. Die über den Tag gesehen lange Sonneneinstrahlung legt eine aktive elektrische oder thermische Energieproduktion insbesondere auf dem bestehenden Steildach nahe. Außerdem kann sie durch eine intelligente Planung dabei helfen, Wärmeverluste durch die große thermische Hüllfläche sowie mangelhafte Dämmung zu dämpfen. Verglasungen an beschatteten Fassaden sollten minimiert werden, um zusätzliche Wärmeverluste zu vermeiden.

Tab.2: SWOT-Analyse
Quelle: Dominik Fellinghauer

Stärken	Schwächen
+ Geringe Einsehbarkeit durch Nachbargebäude	- Große Hüllfläche, geringe Kompaktheit
+ Massereiche Bausubstanz	- Wärmeverluste durch schwebenden Bestanzubau
+ Panoramablick vom Bestanzubau und der Terrasse	- Wärmeverluste durch mangelhafte Dämmung der thermischen Gebäudehülle
+ Kühles Mikroklima durch Wald	- Gebäude teilweise im Bauwuch gelegen
	- Mangelhafte Verglasung an sonnenzugewandten Fassaden
	- Wärmeverluste durch erhöhte Verglasung an beschatteten Fassaden
Chancen	Risiken
+ Solarenergie auf Steildach	- Waldseitiges Erweiterungsgebiet (NW) im Sichtfeld der Nachbarbebauung
+ Nutzung der frischen Waldluft	- Bestanzubau windanfällig
+ Großes Erweiterungspotential vor / hinter dem Gebäude	- Erschwerte Zulieferung durch steile Gebäudeerschließung
+ Nutzung der Bodenfeuchte für Erdwärme	
+ Viel direkte Sonneneinstrahlung	

5.1.4 Ziele

Zielsetzung der energetischen Bestandssanierung soll neben einer Nutzflächenerweiterung eine langfristige Reduktion des erforderlichen Energiebedarfs sein. Insbesondere beinhaltet dies:

- die Senkung des Heizwärmebedarfs auf mindestens 75 kWh/m²a (nach OIB RL 6, Nachweis über EEB)
- bei gleichzeitigem Ausbleiben technischer Gebäudekühlung
- die Senkung des Strombedarfs für Haustechnik und Beleuchtung
- die Minimierung von Haustechnik
- die Umstellung auf erneuerbare Energiesysteme

5.2 Planungsstrategien

Um größtmögliche Energie- und Technikeinsparungen umsetzen zu können, wird den BewohnerInnen das Eingehen von Kompromissen, Flexibilität durch die Anpassung an das Klima im Jahresverlauf sowie die aktive Beteiligung an den Konzepten, welche den Entwurf prägen, zugeschrieben. Das kann das aktive Öffnen und Schließen von Fenstern für die Nachtlüftung sein, das Ablüften der Wärme in der Früh, Geschlossenhalten der Fenster bei hohen Außentemperaturen, die Betätigung von Sonnenschutzvorrichtungen nach solarer Einstrahlung oder die Umnutzung von Raumzonen je nach Jahreszeit.

Auf Basis der tabellarischen Übersicht (Tabelle 1, S. 50) sowie Studien zu Energieproduktion, Energieausweis, thermischen Simulationen und Tageslichtsimulationen werden folglich die einzelnen Planungsprinzipien auf ihre Tauglichkeit und die bestehende Bauaufgabe hin erläutert.

5.2.1 Energetische Grundparameter

Kompaktheit • *Gibt es die Möglichkeit, Oberfläche zu minimieren?*

Der bestehende Baukörper hat mit einer Oberfläche der konditionierten Räume von 330 m^2 und einem Volumen von 299 m^3 eine Kompaktheit von 1,1. Da der bebaubare Bereich zwischen den seitlichen Bauwischen bereits ausgeschöpft ist und die zulässigen Gebäudehöhen eine talseitige Erweiterung infolge der starken Hangneigung kaum sinnvoll gestaltbar machen, beschränkt sich die Anpassung der Volumetrie auf eine Erweiterung im hinteren Bereich des Grundstücks sowie die Aufstockung eines Teilbereichs um ein Geschöß. Dadurch erhöht sich die Kompaktheit der konditionierten Räume nach der Sanierung mit einer neuen Oberfläche von 417 m^2 und einem neuen Volumen von 471 m^3 auf 0,9. Eine weitere Steigerung der Kompaktheit wäre nur durch einen vollständigen Abbruch des Hauptgebäudes samt Bestandsbau möglich. Da sich Teilbereiche dessen allerdings sehr gut für eine Umplanung eignen, wird der vollständige Abbruch aus Gründen der Nachhaltigkeit vermieden und gleichzeitig Kosten für Abbruch und Neuerrichtung gespart.

Tiefe der Baukörper • *Ist eine Erhöhung solarer Eindringtiefe möglich?*

Durch den Abbruch des Teilbereichs im Bauwisch ist eine Umnutzung der Räumlichkeiten sowie die geringe Trakttiefe von ca. 5 m möglich, wodurch ein Großteil der

Raumfläche von solarer Strahlung profitiert und diese durch Absorption anschließend wieder in Form von Wärmestrahlung abgeben kann.

Gebäudeausrichtung • *Ist die Verglasung von sonnenzugewandten Fassaden möglich?*

In der Südostfassade des schwebenden Bestanzubaus wird die bestehende Balkondoppeltür durch weitere seitliche Glasfelder ergänzt, um ein Maximum der Morgensonne in den Raum zu lassen. Eine etwaig unterstützende oder aussteifende Konstruktion hierfür ist von der tatsächlichen Statik des Bestandes abhängig. Die zur Gänze neu errichtete Südwestfassade wird ebenso großzügig verglast, da sie mit Ausnahme des Vorraumes im Obergeschoß alle Räume des Hauses belichtet, dadurch solare Erträge maximieren und folglich den HWB durch die passive Solarenergienutzung effektiv senken kann. Das betrifft im Erdgeschoß das fließende Raumgefüge des Wohnbereichs (Kochen, Essen, Wohnen), Bad, WC und Vorraum sowie im Obergeschoß die beiden Schlafzimmer. Siehe Abbildung 55 auf Seite 79.

Gebäudeverschattung • *Maßnahmen nach Verschattung richten?*

Da das Gebäude gegenüber einer Südausrichtung um 48° verdreht ist, konzentrieren sich die Maßnahmen für solare Erträge auf die Südost- und Südwestfassade. Die restlichen Fassaden werden weitestgehend geschlossen. Siehe Abbildung 56 auf Seite 80.

5.2.2 Thermische Zonierung

Pufferzonen • *Sind wärmere /kühlere Zonen denkbar?*

Der Wohnbereich (Kochen, Essen, Wohnen) wird von den restlichen Räumlichkeiten separiert, um im Sinne einer thermischen Zonierung zwei getrennte Raumklimazonen zu schaffen. Der Wohnbereich, welcher den Hauptaufenthaltort abbildet, profitiert durch seine zweiseitige Ausrichtung gegen Südost und Südwest von solaren Erträgen und kann durch seinen eigenen Heizkreislauf individuell temperiert werden. Die restlichen Räume bilden eine zweite, unabhängige thermische Zone und können so auf einem eigenen, niedrigeren Temperaturniveau gehalten werden. Siehe Abbildung 85-86 auf Seite 99.

5.2.3 Thermische Speichermasse

Schwere Baustoffe • *Ist ausreichend Speichermasse vorhanden?*

Die Bestandsaußenwände des Hauptgebäudes aus massivem Ziegel und der bestehende, verflieste Ziegelhohlstein-Fußboden bilden die speicherwirksame Grundlage. Die thermische Hülle des Bestandszubaues sowie die bestehenden Steildächer sind aufgrund ihrer Leichtbauweise vernachlässigbar speicherfähig. Die Einbringung von Lehm-Heizestrich sowie der Einsatz von Holzmassivbau-Fertigteilelementen für neugebaute Außenwände, Decken und das Flachdach steigern die speicherfähige Masse und helfen dabei, Temperaturspitzen abzuflachen.

Bauteilaktivierung • *Ist eine Aktivierung von Bauteilen durch Heiz-/Kühlschläuche möglich?*

Auf den bestehenden Estrich des Fußbodens wird ein Lehm-Heizestrich mitsamt Fliesen bzw. Parkett in zwei Heizkreisläufen aufgebracht. Heizkreislauf 1 deckt den Wohnbereich ab (Küche, Essen, Wohnen), Heizkreislauf 2 den restlichen Teil des Hauses (Eingangsbereich, Nebenräume, Schlafräume), welcher somit auf einem eigenen, niedrigeren Temperaturniveau gehalten werden kann. Siehe Abbildung 85-86 auf Seite 99.

5.2.4 Sonnenschutz

Flexible Systeme • *Außen- oder innenliegende Elemente entsprechend Himmelsrichtung?*

Die Fenster erhalten abhängig von ihrer Orientierung sowie Verschattung durch umliegende Vegetation je nach Situation keine oder außenliegende horizontale Verschattungselemente. Siehe Konzept Abbildung 56 auf Seite 80, Tageslichtsimulation Abbildung 122 auf Seite 129 sowie Kapitel 5.5.3 für die Überprüfung der getroffenen Maßnahmen mittels Simulation zu sommerlicher Überwärmung ab Seite 116.

Bauliche Systeme • *Ist ein baulicher Sonnenschutz möglich?*

Der Dachvorsprung des Bestandszubaues an der Südostfassade wird erhalten, um einen Teil der steil einfallenden sommerlichen Mittagssonne vor dem Eindringen in den Innenraum abzuhalten. Südwestseitig beträgt der Dachvorstand des erhaltenen

Steildachs nur ca. einen Meter, da die Fensteröffnungen dieser Fassade mittels Außenjalousien verschattet werden.

5.2.5 Lüftung

Thermik • *Ist eine Verbesserung der Luftventilation möglich?*

Bei geöffneter Tür zwischen Wohn-/ Essbereich und der Vorraumzone ist durch das kontinuierliche Raumvolumen eine barrierefreie Querdurchlüftung von der Balkontür des Zubaus bis zum gegenüberliegenden Stiegenpodest über eine Länge von 16 m möglich (siehe Abbildung 68, Seite 87). Das Badezimmer verfügt über ein bodentiefes, raumhohes Fenster zur stoßartigen Ablüftung von Wasserdampf. Das WC verfügt über ein raumhohes sowie ein zweites Fenster zur Stoßlüftung.

Nachtauskühlung • *Sind Öffnungen unterschiedlicher Räume störungsfrei verbunden?*

Die Räume des Erdgeschoßes bilden bei Nacht ein luftdurchströmtes Gefüge, die Schlafzimmer im Obergeschoß sind quer oder übereck lüftbar. Somit ist für alle Räume ein hoher Luftstrom zur Nachtauskühlung gewährleistet.

5.2.6 Adiabate Kühlung

Pflanzen • *Ist am Bauplatz Vegetation vorhanden? Ist die großformatige Unterbringung von Pflanzen vorstellbar?*

Die Vorzugswindrichtung verläuft vom Wald talwärts, entlang der Grundstücks- und Gebäudelängsachse. Die durchströmende Luft ist durch die Kühle des Waldes bereits ausreichend vorgekühlt.

Wasserbecken • *Ist die Einbringung eines Wasserbeckens möglich?*

Da der angrenzende Wald die Umgebungsluft bereits ausreichend vorkühlt, ist die Einbringung eines zusätzlichen Wasserbeckens ebenfalls nicht zielführend.

5.2.7 Massespeicher

- *Ist ein ungenutztes Volumen im Keller vorhanden?*

Im Untergeschoß stünde ein Raum für einen Massespeicher zur Verfügung. Da allerdings keine Luftkollektoren oder ähnliche Anlagen genutzt werden, welche überschüssige Warmluft produzieren, ist ein solcher nicht erforderlich.

Energiegarten

- *Ist ein (südseitiger) gläserner Verbau möglich?*

Der überdachte Terrassenbereich unterhalb des südostseitigen, schwebenden Bestandzubaues wird dreiseitig verglast (Siehe Abbildung 55 auf Seite 79). Durch die Einhausung ist es möglich, die Panoramaterrasse auch in der kalten Jahreszeit zu nutzen. Außerdem wird dadurch eine thermische Pufferzone zur darüber liegenden Außendecke des Zubaues geschaffen, welche Wärmeverluste nach unten minimiert.

5.2.8 Solarkamin

- *Ist ein fassaden-/ dachseitiger Solarkamin vorstellbar?*

Da durch die Geometrie nach der Sanierung eine sehr effektive Querdurchlüftung in einem ohnehin windigen Gebiet besteht, ist eine zusätzliche Erhöhung des Luftstroms durch einen Solarkamin nicht erforderlich.

5.2.9 Begrünung

- *Ist ein Gründach oder begrünte Fassade möglich?*

Das Dach wird als extensives Gründach mit kombinierter PV-Anlage ausgeführt. Das Gründach hilft dabei, die PV-Module zu kühlen und so den Ertrag zu steigern. Eine Fassadenbegrünung für die Nordost- und Nordwestfassade ist nicht zweckmäßig, da hier keine übermäßige Sonneneinstrahlung zu erwarten ist und somit kein Bedarf für eine Kühlung durch Begrünung besteht. Die Südostfassade kommt aus geometrischen Gründen nicht infrage. Eine Begrünung der Südwestfassade ist

nicht zielführend, da die verbleibende Fläche zwischen den seitlichen Bauwänden der Nutzfläche zugeschlagen wird. Dies erhöht die Kompaktheit und ist gegenüber dem Abrücken der Fassade um mindestens 50 cm für eine etwaige begrünte Fassade vorteilhaft.

5.2.10 Energieproduktion

Photovoltaik • *Sind Flächen für PV-Module zwischen Ost und West verfügbar?*

PV-Module werden auf dem bestehenden Steildach Richtung Südwest sowie auf dem Flachdach der Erweiterung Richtung Südost ausgerichtet (siehe Abbildung 55 auf Seite 79). Im Untergeschoß wird ein Stromspeicher zur Steigerung des Eigenverbrauchs aufgestellt.

Wärmepumpe

• *Ist am Gelände Raum für erdwärme- oder grundwasserfördernde Maßnahmen?*

Im unteren Hangbereich angrenzend zur Straße sowie im oberen, waldangrenzenden Garten wäre ein Bereich für die Installation einer Tiefenbohrung für die Förderung von Erdwärme vorstellbar. Aufgrund der anspruchsvollen topographischen Situation wird stattdessen die Energieförderung mittels Luft-Wasser-Wärmepumpe gewählt.

• *Sind Aufstellorte für Außen- und/oder Inneneinheiten denkbar?*

Durch die geringen Vorlauftemperaturen der gewählten Heizform mittels Fußbodenheizung wird eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit monoenergetischer Betriebsweise gewählt. Diese wird also bei Leistungsspitzen durch einen strombetriebenen Heizwasser-Durchlauferhitzer unterstützt, um einen konstanten Heizbetrieb zu gewährleisten. Mit der Zuschaltung eines Boilers kann Warmwasser auf Temperatur gehalten werden, um bei Bedarf in den Kreislauf zu fließen. Die Wärmepumpen-Außeneinheit hat in einem Abstand von 4 m einen Luftschallpegel von rund 30 dB und ist damit für einen Aufstellort im hinteren Gartenbereich leise genug. Das gesamte System wird durch die Photovoltaikanlage auf den Dächern mit Strom versorgt.

Solarthermie

- *Sind Flächen für thermische Solarkollektoren verfügbar? Ist ausreichend Solarstrahlung vorhanden?*

Die zur Verfügung stehenden Dachflächen werden PV-Modulen für die Stromproduktion vorbehalten. Die für Kollektoren zur Verfügung stehenden fensterfreien Flächen an den lukrativen Südost- und Südwestfassaden sind kleinteilig und damit nicht sinnvoll mit Solarkollektoren bestückbar. Durch die starke Hangneigung ist eine Aufstellung im Garten nur sehr umständlich machbar, daher wird der Einsatz von solarthermischen Kollektoren vermieden.

5.2.11 Resümee

Der Maßnahmenkatalog für das vorliegende Projekt beinhaltet diverse Prinzipien mit dem primären Ziel der Minimierung von Wärmeverlusten und Technikaufwand sowie von maximaler Nutzung der Solarstrahlung.

Im Zuge einer nachhaltigen Handlungsweise wird durch die gesetzten Maßnahmen die Kompaktheit gesteigert und größtmögliche passive Energieeinträge primär durch eine intelligent eingesetzte Fassadengestaltung forciert. Hierbei wird der Fokus auf solare Erträge der Südost- und Südwestfassade gesetzt, die restlichen Fassaden werden weitestgehend geschlossen.

Durch die Gestaltung einer offenen Raumstruktur und den Einsatz schwerer Baustoffe ist eine effektive Querdurchlüftung sowie die Speicherung thermischer Energie für eine zeitverzögerte Abgabe möglich. Die Einteilung in zwei thermische Zonen mit jeweils eigenem Heizkreislauf schafft eine suffiziente thermische Zonierung.

Durch den Einsatz von Photovoltaik-Modulen, Stromspeicher, Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Heizwasser-Durchlauferhitzer und Warmwasserboiler sowie einem Fußbodenheizungssystem für zwei getrennte Heizkreisläufe ist eine größtenteils autarke Temperierung des Gebäudes möglich (siehe auch Kapitel 5.5.1 Energieberechnung).

In Tabelle 3 werden die zuvor besprochenen Planungsprinzipien kompakt aufgelistet und erläutert.

Tab.3: Übersicht der Planungsprinzipien auf die Entwurfsaufgabe

Quelle: Dominik Fellinghauer

Planungsprinzip	Fragestellung bei Sanierung	gewählt	umgesetzte Maßnahmen
Energetische Grundparameter			
Kompaktheit	Möglichkeit, Oberfläche zu minimieren?	/	Geringfügig durch Erweiterung
Tiefe der Baukörper	Ist eine Erhöhung solarer Eindringtiefe möglich?	X	Optimiert durch Abbruch d. Teils im Bauwuch
Gebäudeausrichtung	Verglasung von sonnenzugewandten Fassaden möglich?	-	Keine Anpassung
Gebäudeverschattung	Maßnahmen nach Verschattung richten	-	Keine Anpassung
Thermische Zonierung			
Pufferzonen	Wärmere/kühlere Zonen denkbar? >>Nutzeranforderungen beachten	X	Trennung der belebten Wohnräume von sonstigen
Thermische Speichermasse			
Schwere Baustoffe	Ist ausreichend Speichermasse vorhanden?	/	Neubau in Holzmassivbauweise, Bestand teilweise massiv, Lehmheizestrich neu auf Bestand
Bauteilaktivierung	Ist eine Aktivierung von Bauteilen durch Heiz-/Kühlschläuche möglich?	X	Fußbodenheizung durch Wärmepumpe
Sonnenschutz			
Flexible Systeme	Außen-/Innenliegend?	X	Südost/Südwest außen horizontal
	Welche Himmelsrichtung?		
Bauliche Systeme	Baulicher Sonnenschutz möglich?	/	Vordach Bestand
Lüftung			
Thermik	Ist eine Verbesserung der Luftventilation möglich?	X	Querlüftung aller Aufenthaltsräume möglich, Ablüftung über Dachflächenfenster und Vorraum/Stiege
Nachtauskühlung	Sind Öffnungen unterschiedlicher Räume störungsfrei verbunden?	X	Ungestörte Querlüftung möglich
Adiabate Kühlung			
Wasserbecken	Ist die Einbringung eines Wasserbeckens möglich?	-	Nicht erforderlich
Pflanzen	Ist am Bauplatz Vegetation vorhanden?	-	Wald vorhanden
	Ist die großformatige Unterbringung von Pflanzen vorstellbar?	-	Nicht erforderlich
Massespeicher			
Massespeicher	Ist ein ungenutztes Volumen im/unter dem Keller vorhanden?	-	Nicht erforderlich
Energiegarten			
Energiegarten	Ist ein (südseitiger) gläserner Verbau möglich?	X	Unter schwebendem Bestandszubau
Solarkamin			
Solarkamin	Ist ein fassaden-/ dachseitiger Solarkamin vorstellbar?	-	Nicht erforderlich
Begrünung			
Gründach	Ist ein Gründach möglich?	X	Gründach über Erweiterung
Begrünte Fassade	Ist eine begrünte Fassade vorstellbar?	-	nicht zweckmäßig
Energieproduktion			
Wärmepumpe	Ist am Gelände Raum für erdwärme- oder grundwasserfördernde Maßnahmen?	-	Ist möglich
	Ist am Gelände Raum für Außen- und/oder Inneneinheiten einer luftbasierten Wärmepumpe?	X	Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Heizwasser-Durchlauferhitzer
Photovoltaik	Sind Flächen für PV-Module zwischen Ost und West verfügbar?	X	Auf Steildach Bestand und Flachdach Erweiterung
Solarthermie	Sind Flächen für thermische Solarkollektoren verfügbar? Ist ausreichend Solarstrahlung vorhanden?	-	nicht zweckmäßig

5.3 Konzept

5.3.1 Abbruch, Erweiterung, Aufstockung

Um die solaren Erträge zu maximieren und somit einen wesentlichen Beitrag zur Minimierung des Heizwärmebedarfs zu leisten, ist ein Abbruch des im Bauwisch befindlichen Teils erforderlich.

Die Erweiterung zum hinteren, waldseitigen Grundstück sowie eine Aufstockung in der hinteren Gebäudehälfte schafft neuen Wohnraum und ein angebrachteres Platzangebot an Wohn- und Nebenräumen.

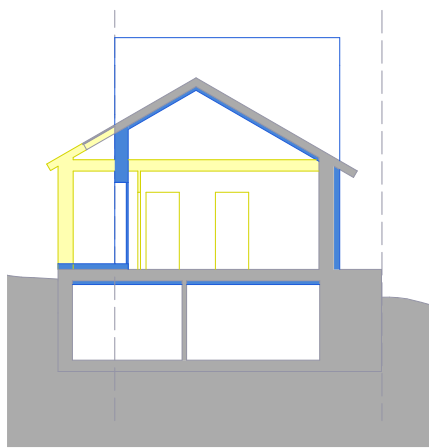


Abb.48: Schnitt Auswechslung

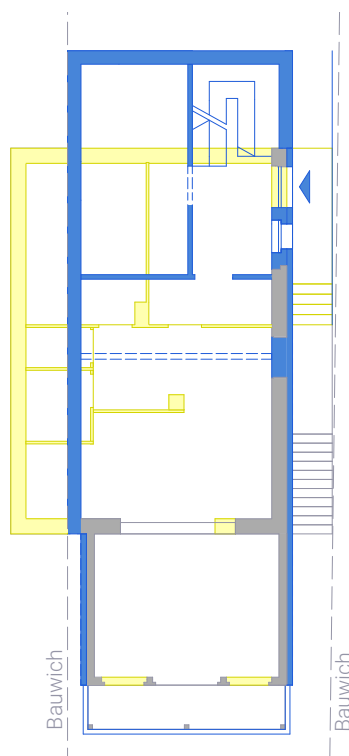


Abb.47: Grundriss EG Auswechslung

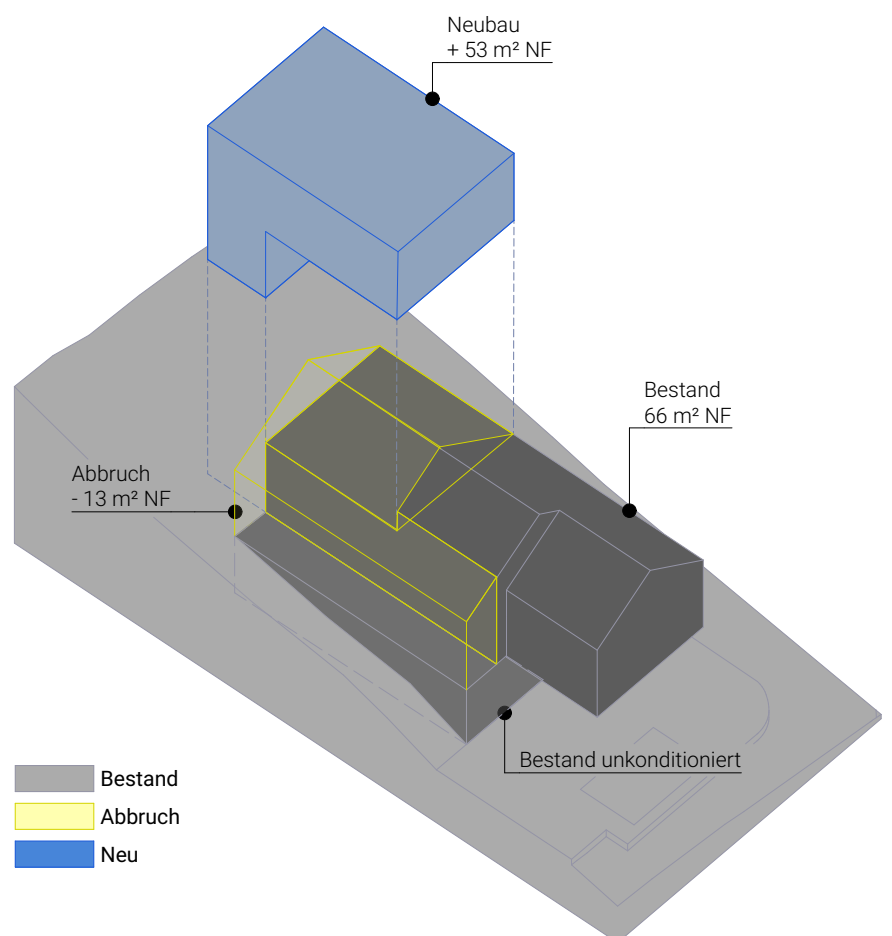


Abb.46: Baumassen Bestand, Abbruch, Neu

5.3.2 Dämmung des Bestandes

Um die hohen Wärmeverluste des Bestandes zu minimieren, ist zusätzliche Dämmung erforderlich. Im Hauptgebäude wird die Decke zum Dachboden hin um die Träme herum entfernt, der unausgebaute Dachstuhl freigelegt und gedämmt (Abbildung 50). Auch das Dach des Bestandszubaues wird innenseitig nachgedämmt (Abbildung 51). Die bestehende Dämmung der Kellerdecke wird durch eine neue mit höherer Dämmstärke ersetzt (Abbildung 52). Außerdem erhalten die Bestandsaußenwände außenseitig eine zusätzlich dämmende Schicht durch vorgefertigte Holzrahmenbauelemente (Abbildung 53).

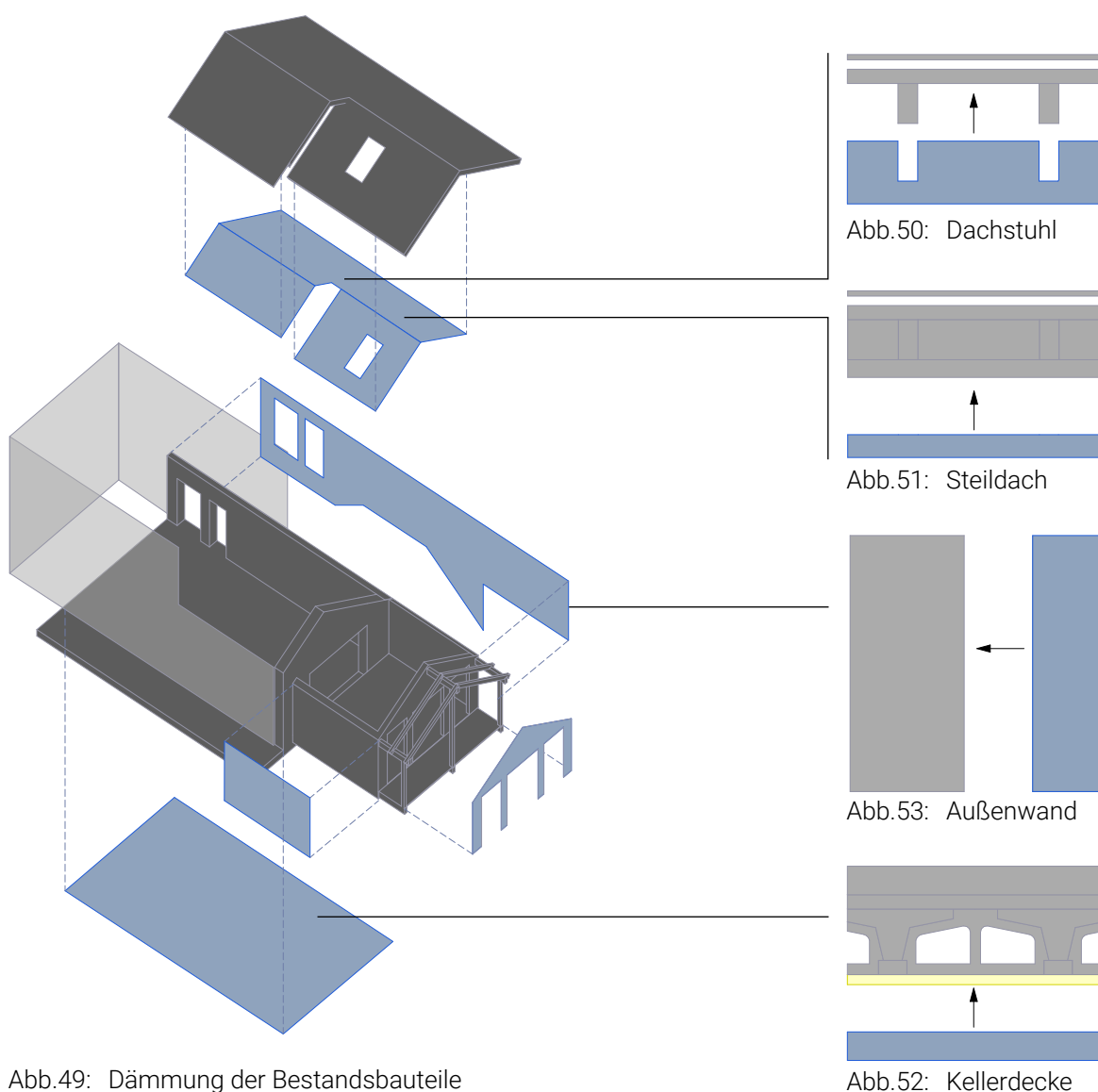


Abb.49: Dämmung der Bestandsbauteile

Abb.50: Dachstuhl

Abb.51: Steildach

Abb.53: Außenwand

Abb.52: Kellerdecke

5.3.3 Elementierung

Die Vorfabrikation der Fertigteilelemente für die Außenwände, Attikas, Decken- sowie Dämmelemente soll maximiert werden. Vertikale und horizontale Elemente werden auf Stoß gefügt und mit Dübeln bzw. Schrauben lagefixiert, der luftdichte Abschluss untereinander erfolgt mittels Kompriband.

Elementhöhen der Wandelemente von maximal 2,85 m sowie -breiten der Decken- und Dachelemente von maximal 3,10 m ermöglichen einen unkomplizierten und wirtschaftlichen Transport mit Standardsattelschleppern ohne Begleitfahrzeuge. Maximale Elementlängen von 8,40 m erlauben bei der Lieferung jene Wendigkeit, die erforderlich ist, um von der Straße auf den Weg an der Südwestkante des Grundstücks einschlagen und bergauf zum Bauplatz fahren zu können.

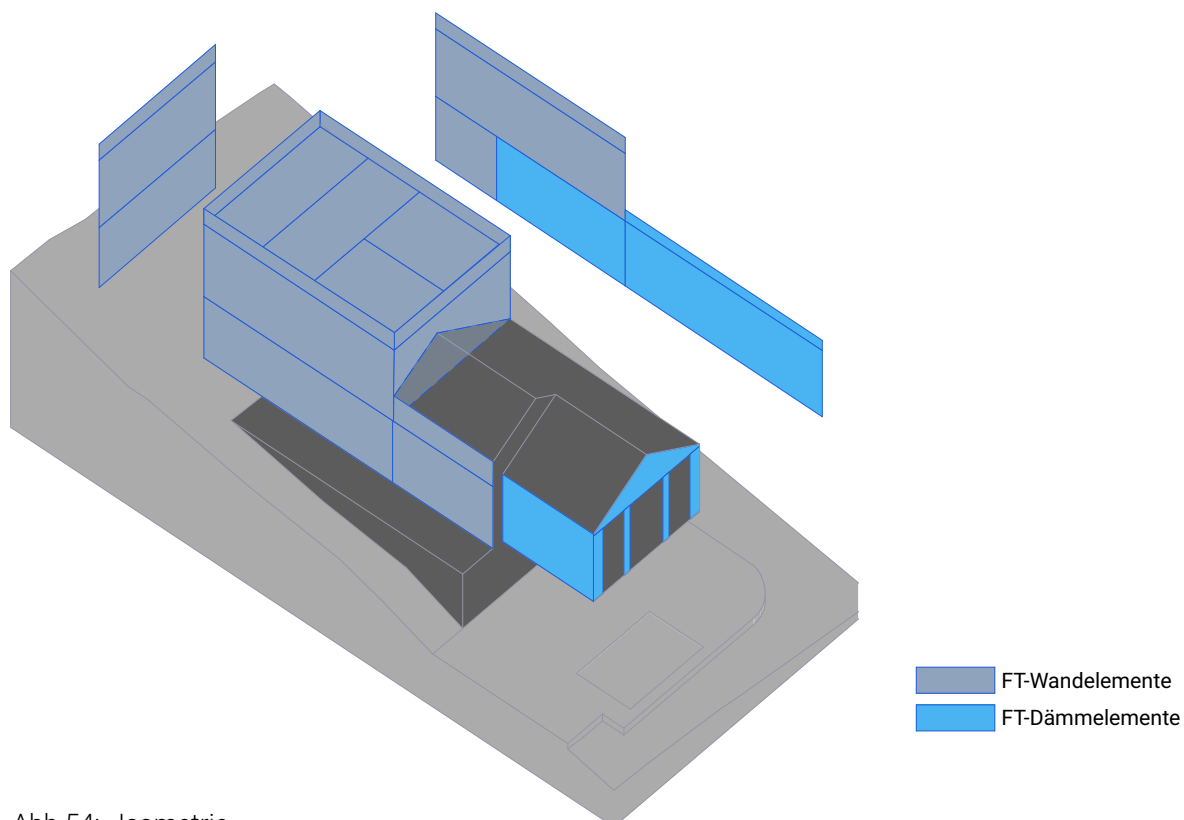


Abb.54: Isometrie

5.3.4 Aktive und passive Solarenergienutzung

Um solare Erträge zu maximieren und so den Heizwärmebedarf wirksam zu senken, sind präzise gesetzte Fassadenöffnungen erforderlich. Die größtenteils verschatteten Nordost- und Nordwestfassaden werden mangels direkter Sonneneinstrahlung weitestgehend geschlossen. Die Südostfassade des Zubaus hingegen soll seitlich der bestehenden Fenstertüre weiter geöffnet werden. Durch den Abbruch der im Bauwuch befindlichen Bestandswand ist eine weitreichende Verglasung der Südwestfassade möglich.

Aufgrund der großen Fensterflächen, geringen Raumtiefen und offenen Raumstrukturen kann die eintreffende Strahlungsenergie effektiv im Lehmheizestrich und den umliegenden schweren Bauteilen gespeichert werden, um zeitverzögert wieder abgegeben zu werden. Außerdem kann dadurch die Nutzung des Sonnenlichts maximiert und künstliche Beleuchtung minimiert werden.

Photovoltaik-Module auf den Dächern produzieren die Energie für die im Keller befindliche Luft-Wasser-Wärmepumpe mitsamt Heizwasser-Durchlauferhitzer,

welche energieneutral Wärme für die Fußbodenheizung produziert. Um den Eigenverbrauch zu steigern, wird ein Stromspeicher sowie ein Warmwasserboiler zugeschaltet. Siehe auch Kapitel 5.5.1 Energieberechnung.

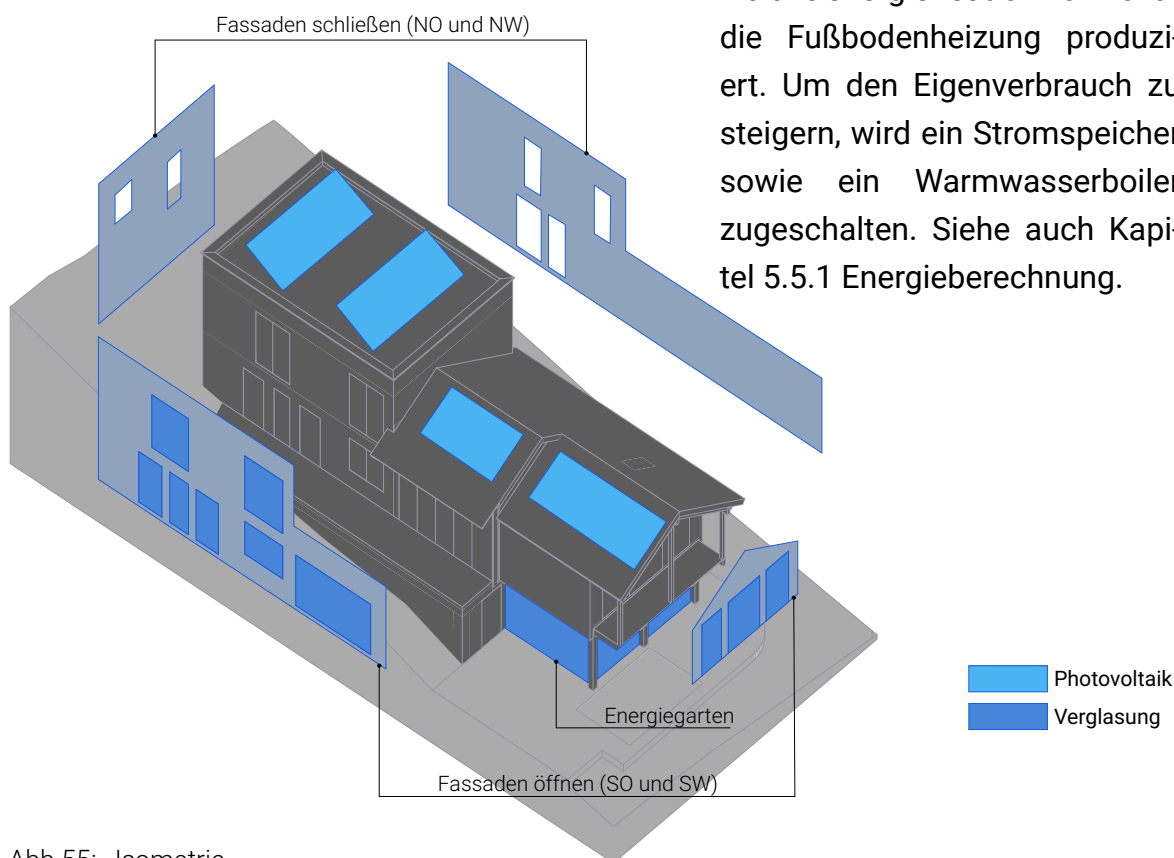


Abb.55: Isometrie

5.3.5 Sonnenschutz

Sonnenschutzeinrichtungen werden entsprechend der Himmelsrichtung und dem Bauplatzumfeld unterschiedlich gesetzt.

Da die Nordost- sowie Nordwestfassaden durch nahestehende vegetative bzw. bauliche Verschattung größtenteils keine oder vernachlässigbar wenige solare Einträge verbuchen, werden hier keine Verschattungsmaßnahmen getroffen.

Die Südost- und Südwestfassaden sind im Hochsommer direkter solarer Einstrahlung unmittelbar ausgesetzt und daher effektiv zu schützen. Außenjalousien auf Führungsschienen halten die Sonnenstrahlung bereits vor der thermischen Hülle ab, wodurch ein Maximum an Abschirmung gegen thermische Einträge gewährleistet ist. Diese wurden mittels Tageslichtsimulation ohne Sonnenschutz simuliert, siehe Abbildung 122 auf Seite 129. Siehe auch Kapitel 5.5.3 für die Überprüfung der getroffenen Maßnahmen mittels Simulation zu sommerlicher Überwärmung ab Seite 116.

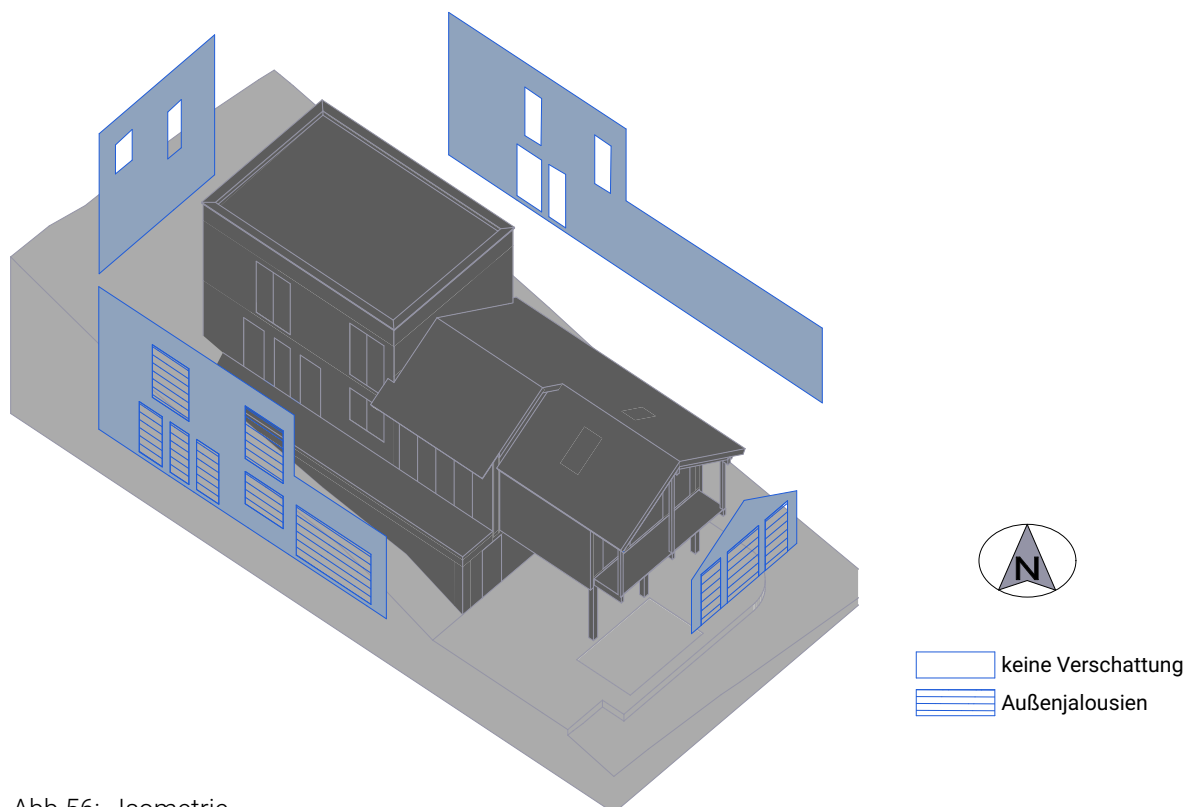


Abb.56: Isometrie

5.4 Umsetzung

5.4.1 Volumetrie

Aus baurechtlichen Gründen wird der Bereich im Bauwisch zum südwestlichen Nachbargrundstück hin abgebrochen (siehe Abbildungen 57-59). Das Gebäude wird nordwestseitig erweitert und aufgestockt, um zusätzliche Flächen zu lukrieren.

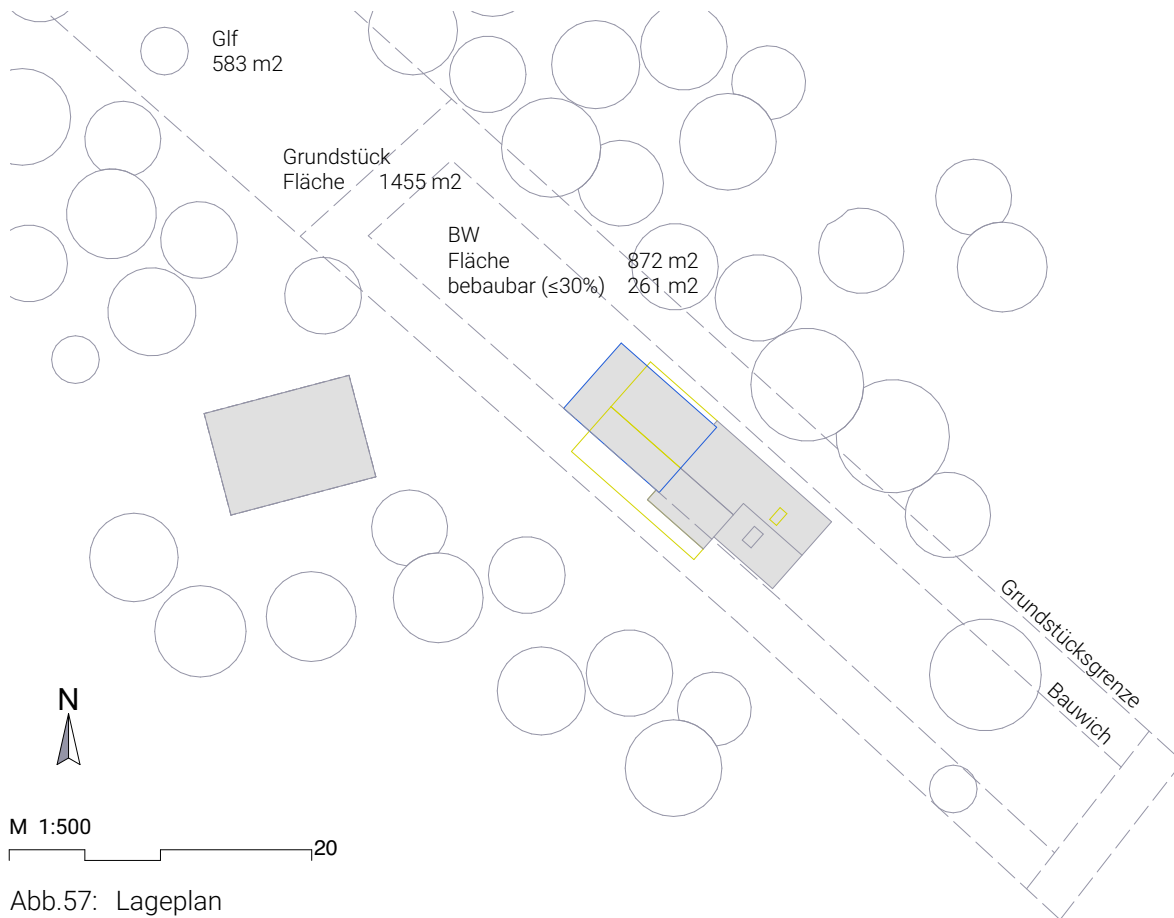


Abb.57: Lageplan

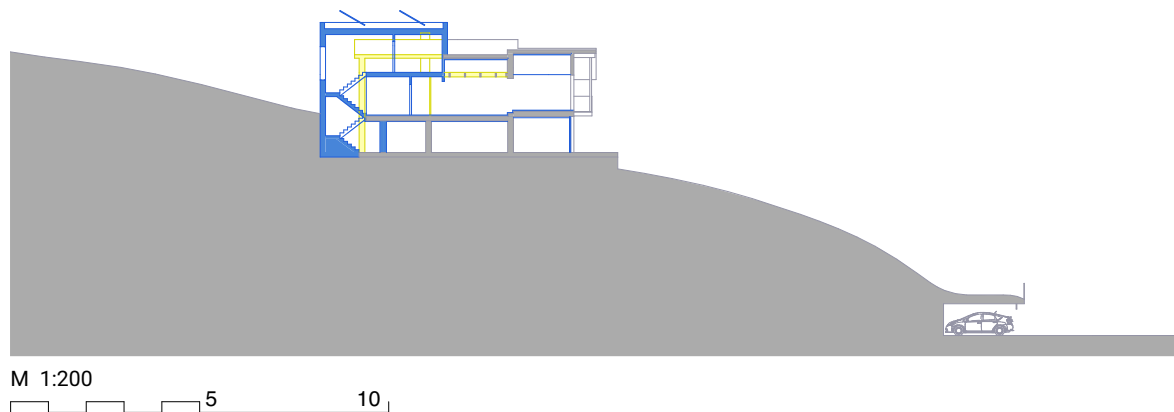


Abb.58: Schnitt Gelände

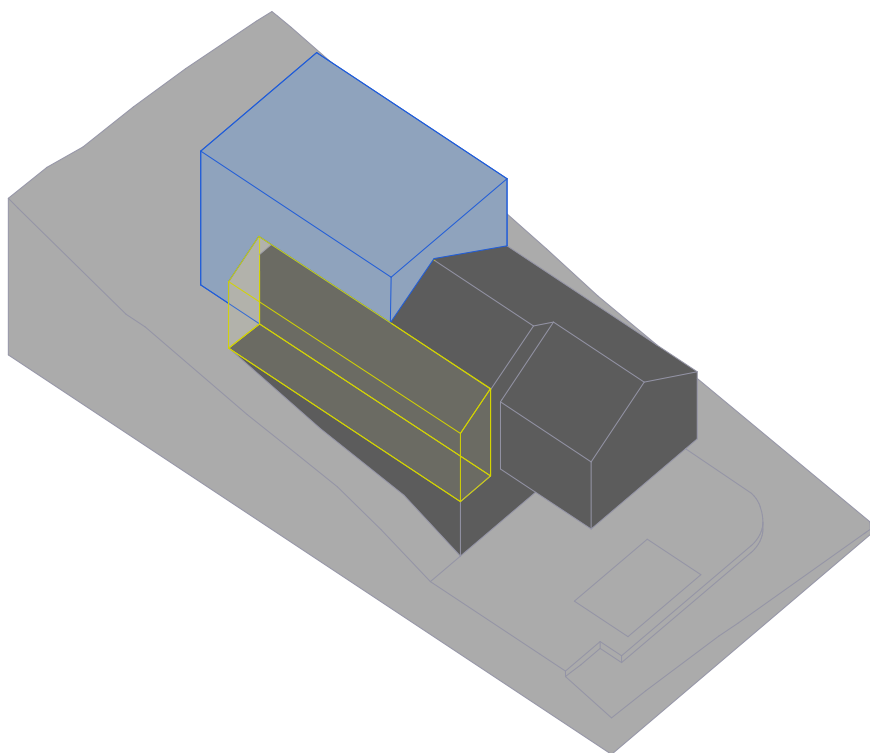


Abb.59: Isometrie Bestand, Abbruch, Neu

Durch die Anwendung des § 53a (2) der Niederösterreichischen Bauordnung 2014 kann die Aufstockung um ein GeschloÙ mit einem Flachdach erfolgen, obwohl die südliche Ecke dessen die maximal erlaubte Gebäudehöhe von 6,00 m zur Grundstücksgrenze überschreitet (siehe Abbildungen 60-61).

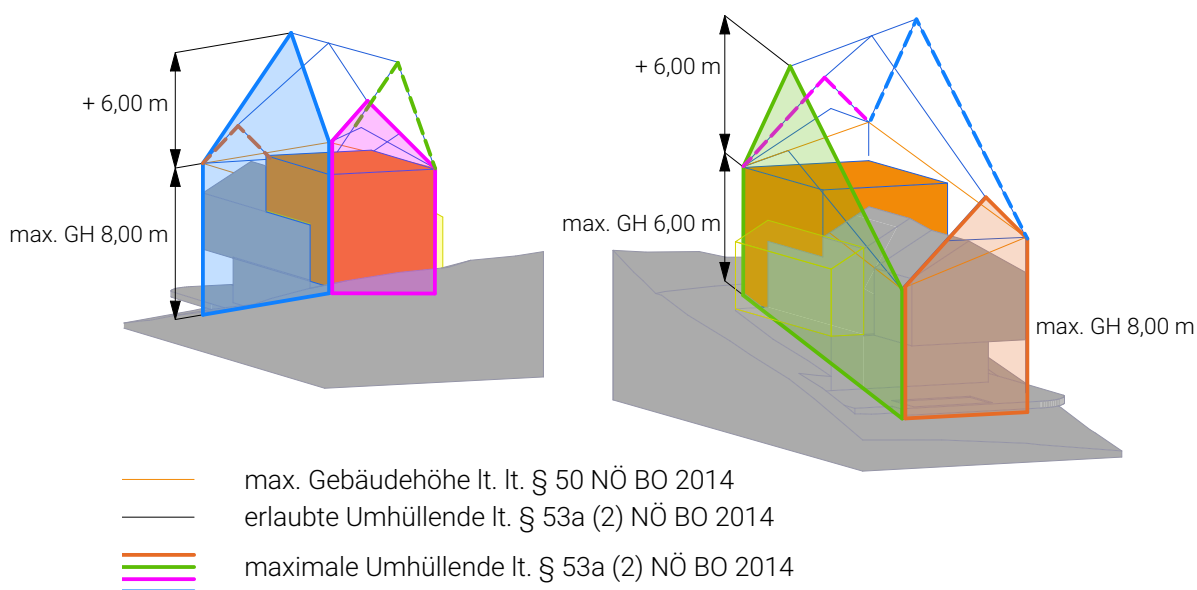


Abb.60: Nachweis der Gebäudehöhen
 NO- (links) und NW-Fassade (rechts)

Abb.61: Nachweis der Gebäudehöhen
 SW- (links) und SO-Fassade (rechts)

5.4.2 Auswechslung

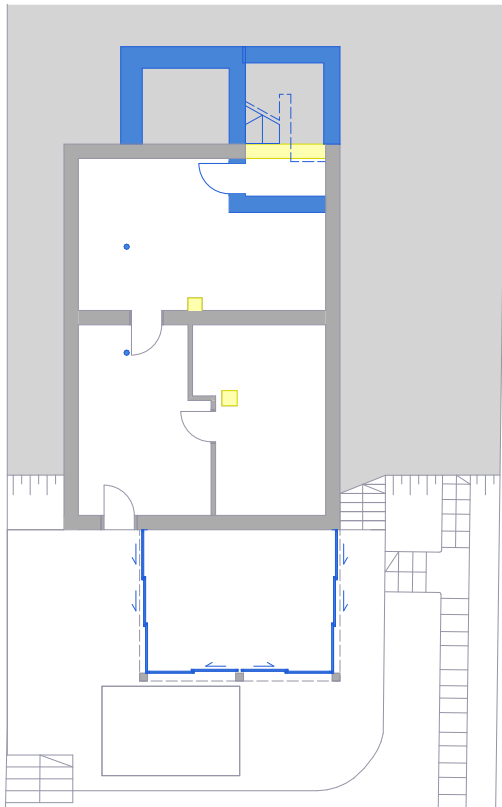


Abb.62: Grundriss UG

Das Untergeschoß (Abb. 62) wird seiner nicht mehr benötigten Kamine entledigt. Zwei zusätzliche Stützen leiten die Kräfte der darüberliegenden neuen SW-Außenwand ins Erdreich ab.

Ein NW-seitiger, hausinterner Zugang verbindet den Vorraum im EG mit dem Haustechnikraum im UG.

Den Lagerräumen ist die neue Glaseinhausung der Panoramaterrasse unterhalb des Bestandsbaus vorgeschaltet.

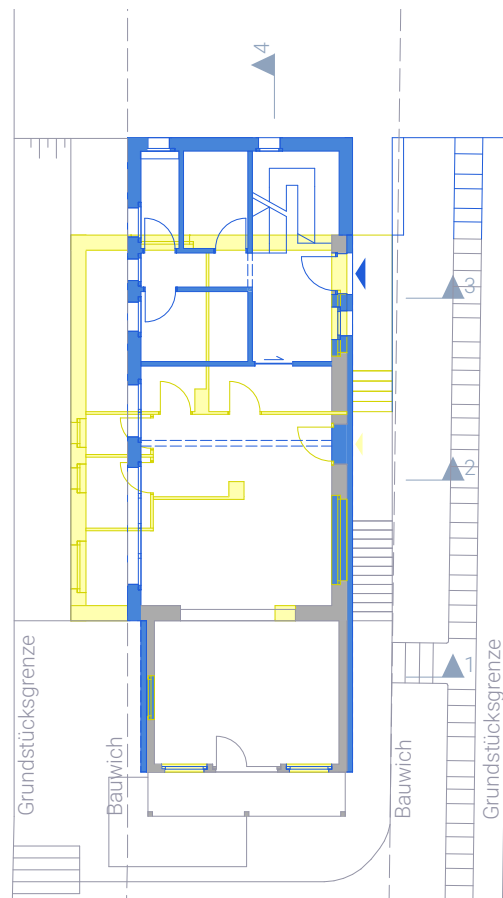


Abb.63: Grundriss EG

Im Erdgeschoß (Abb. 63) wird die im Bauwisch befindliche SW-Fassade sowie die Innenwände abgebrochen, um das Geschoß umnutzen und ein fließendes Raumkontinuum schaffen zu können.

Die NW-Fassade wird ebenfalls abgebrochen, um eine waldseitige Erweiterung zu ermöglichen. In diesem Bereich befinden sich alle Nebenräume sowie die Stiege, welche das EG mit dem Keller und dem Obergeschoß verbindet.

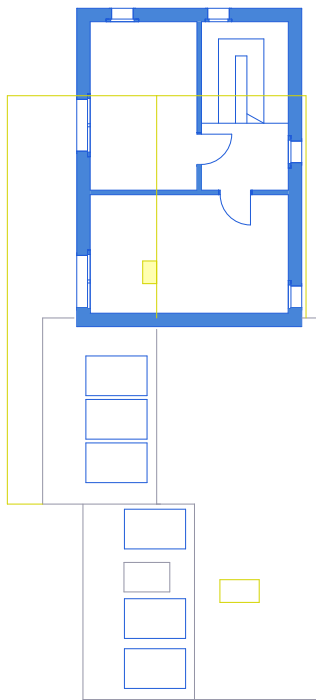


Abb.64: Grundriss OG

Die Schlafzimmer wurden ins Obergeschoß (Abb. 64) verlegt und sind über einen gemeinsamen, kompakten Verteiler zugänglich.

40 % des Bestandsteildaches werden abgebrochen, um die Aufstockung zu ermöglichen sowie ausreichend Belichtungsfläche für die SW-Fassade des darunterliegenden Wohn-Essbereiches im EG zu gewährleisten. Die restliche, nicht betroffene Dachfläche wird erhalten und als Basis für PV-Module zur Stromerzeugung genutzt.

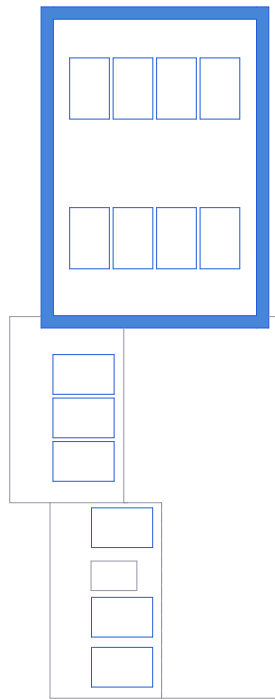
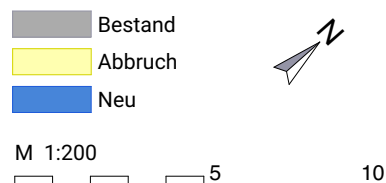


Abb.65: Dachdraufsicht

Das Flachdach der Aufstockung wird als extensives Gründach ausgebildet. Dieses bietet neben positiven Dämmeigenschaften für die darunterliegenden Räumlichkeiten den Vorteil, dass die darauf platzierten PV-Module zusätzlich gekühlt werden. (Abb. 65)



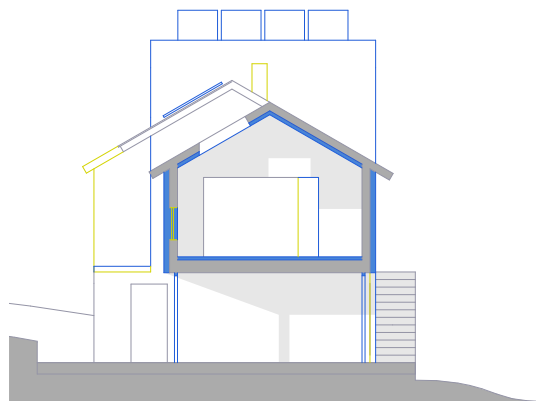


Abb.67: Schnitt 1 - Zubau

Um Wärmeverluste zu minimieren werden die Außenwände des Bestanzubaus mit FT-Dämmelementen aufgedoppelt und das Steildach zusätzlich gedämmt.

Da der Terrassenbereich unter dem Bestanzubau mit 2,40 m selbst ohne zusätzlicher Dämmung relativ niedrig ist, wird auf eine solche verzichtet und stattdessen eine Verglasung vorgenommen, um durch den Treibhauseffekt eine thermische Pufferzone zum Raum darüber zu schaffen.

Ein weiterer Vorteil ist die bessere Nutzbarkeit der Panoramaterrasse bei tiefen Außentemperaturen oder Schlechtwetter.

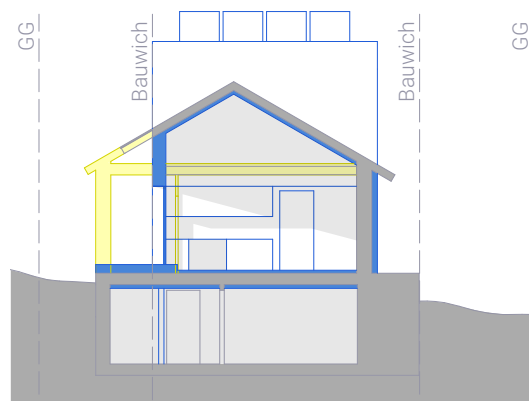


Abb.66: Schnitt 2 - Hauptgebäude

Die bestehende Außenwand des Hauptgebäudes wird abgebrochen, die 1,50 m versetzte Bauwich-Grenze bildet die neue Gebäudevorderkante. Gemeinsam mit der großzügigen Verglasung ermöglicht dies eine großflächige Aufladung der massereichen Bauteile mit thermischer Energie in den kalten Wintermonaten.

Die Deckenkonstruktion zum ungedämmten Dachboden wird entfernt, um dessen Volumen dem Wohnraum zuzuschreiben. Hierfür werden die bestehenden Deckenträme behalten und genutzt, um die gegenüberliegenden Außenwände auf Zug zu verbinden.

Die Konstruktion des Dachstuhls wird innenseitig gedämmt, die Kellerdämmung unter dem Wohnraum durch eine dickere ersetzt.

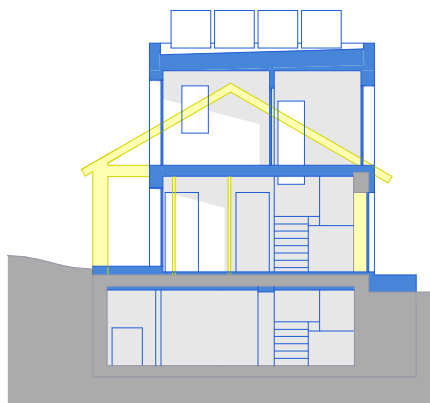


Abb.69: Schnitt 3 - Erweiterung

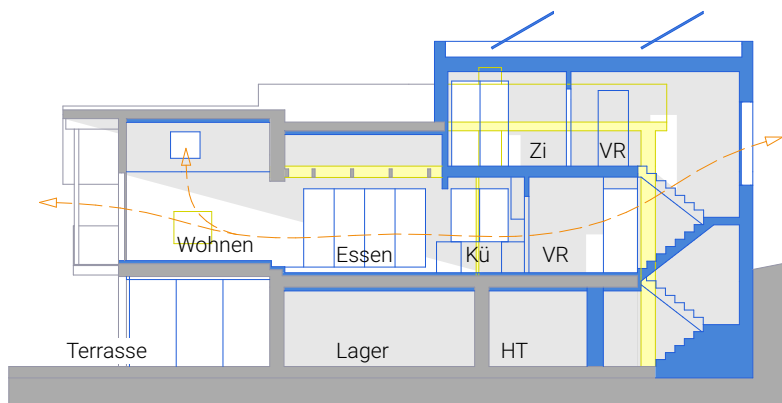


Abb.68: Schnitt 4 - Längsschnitt

Im Bereich der Aufstockung wird das Bestandsdach sowie die Decke zum Dachraum zur Gänze entfernt.

Zubau und Aufstockung werden durch FT-Elemente in Holzmassivbauweise ergänzt. Das neue Flachdach ist als extensives Gründach ausgeführt und trägt PV-Module, welche die im Keller befindliche monoenergetische Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Strom versorgen.

Durch die Verlegung des Eingangsbereiches in den hinteren Bereich des Hauses ist eine Aufdoppelung des außenseitigen Zugangssteiges erforderlich. Der neu geschaffene Vorraum ist durchgesteckt, sodass dieser beim Betreten einen Durchblick zur gegenüberliegenden Terrasse ermöglicht.

Durch ein offenes, fließendes Raumkontinuum in Längsachse des Hauses ist eine ungestörte Querlüftung von der NW- bis zur SO-Fassade möglich (Abb. 68).

Schlüsselemente hierfür sind das Fenster am Stiegenpodest sowie die gegenüberliegende Balkontür bzw. das Dachflächenfenster. Dazwischengelegene Fenster des Vorraumes, der Küche oder des Essbereiches sind optional und erhöhen den Luftstrom.

Durch die Öffnung lediglich einer Schiebetüre zwischen Vorraum und dem Wohn-Essbereich werden die Räume verbunden.

Legend for the drawings:
 ■ Bestand (Existing)
 ■ Abbruch (Demolition)
 ■ Neu (New)

M 1:200
 5 10

5.4.3 Fassaden

Die Fassaden der Neubau-Fertigteilelemente erhalten eine hinterlüftete Vertikalver- schalung aus Holz, jene der Bestandsaußenwände verputzte Fertigteil-Dämmele- mente. Dies entspricht einer adäquaten Praxis zur Nachdämmung von Bestands- bauten, außerdem akzentuiert es gemeinsam mit dem erhaltenen Steildach die Bestandssubstanz.

Fassadenöffnungen und deren Sonnenschutzeinrichtungen werden entsprechend Himmelsrichtung sowie baulicher und vegetativer Verschattung gesetzt.

Photovoltaik-Module zur Stromerzeugung werden auf den 30° geneigten Steildächern des Bestandes in Richtung Südwest sowie auf dem Flachdach der Aufstockung mit einer Neigung von 30° in Richtung Südost gesetzt. Durch ihre Orientierung zum Hang hin werden sie bei der talseitigen Erschließung aufgrund der starken topogra- phischen Neigung von der Attika verdeckt.

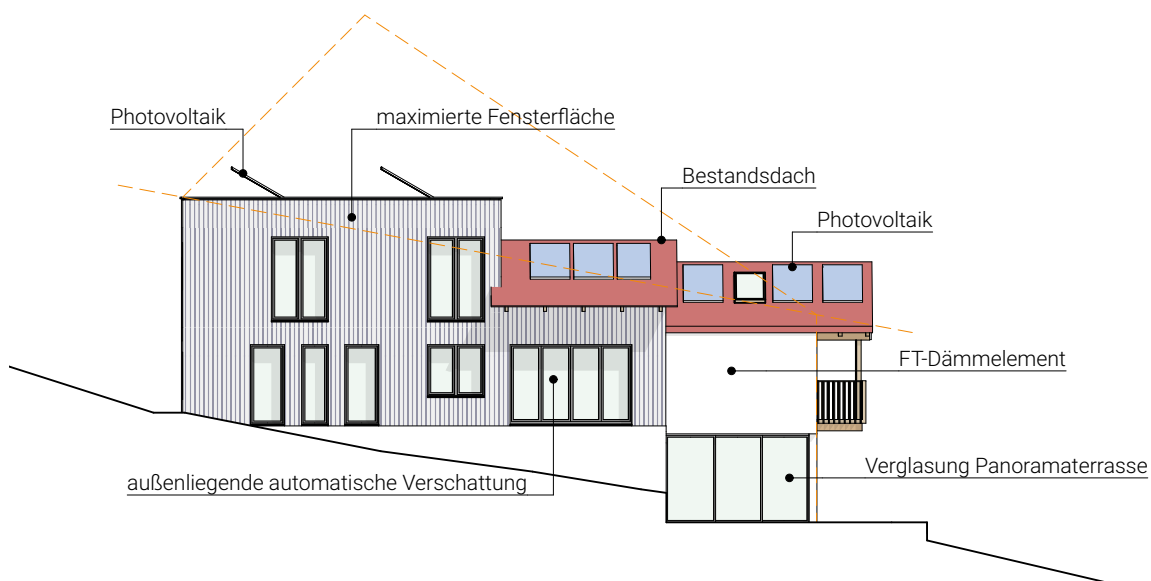


Abb.70: Ansicht Süd-West

Die Fenster der Südwestfassade (Abbildung 70) werden im Hochsommer zwischen ca. 12 und 19 Uhr direkt bestrahlt, was ohne ausreichenden Sonnenschutz große Wärmeeinträge mit sich bringt. Daher werden hier Außenjalousien auf Führungsschienen eingesetzt. So wird auch bei üblich starkem Windaufkommen sichergestellt, dass eine ungewollte Aufheizung verhindert wird und die vorhandene thermische Speichermasse im Inneren zur Kühlung des Gebäudes beitragen kann.

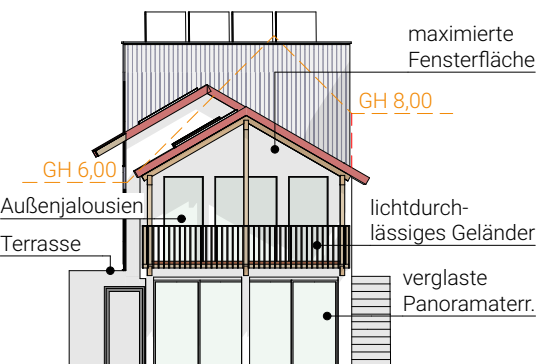


Abb.72: Ansicht Süd-Ost

Die Südostfassade (Abb. 72) erhält ebenfalls Außenjalousien, um die direkte Sonneneinstrahlung im Hochsommer bereits vor der thermischen Hülle abzufangen.

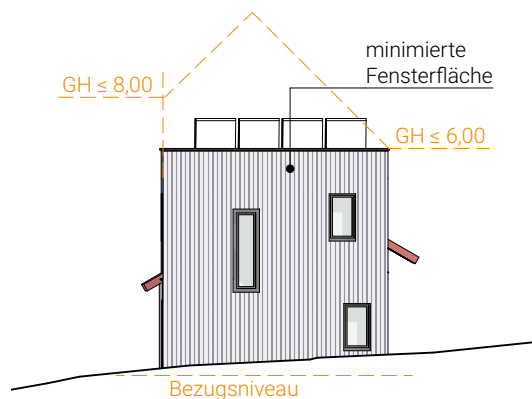


Abb.73: Ansicht Nord-West

In der Nordwestfassade (Abb. 73) befinden sich drei vernachlässigbar kleine Fenster, welche keiner zusätzlichen Verschattung bedürfen.

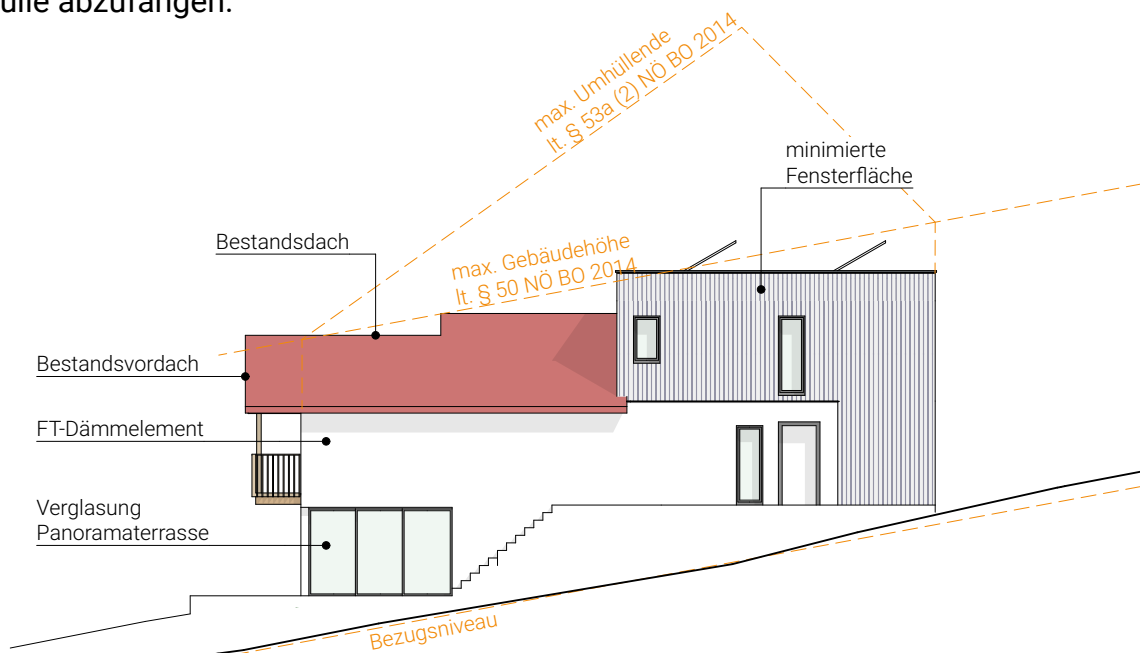


Abb.71: Ansicht Nord-Ost

Die Nordostfassade (Abb. 71) wird von einer dichten Baumreihe vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt, weshalb hier kein zusätzlicher Sonnenschutz erforderlich ist. Da sie die meiste Zeit des Jahres im Schatten liegt, werden die Öffnungen minimiert, um Wärmeverluste zu vermeiden.

M 1:200
 5 10

5.4.4 Grundrisse

5.4.4.1 Untergeschoß

Die Erschließung des Hauses erfolgt über eine Stiege seitlich der Panoramaterasse, welcher dadurch eine prominente Rolle zuteilwird. Um die Wärmeverluste des darüberliegenden Bestanzubaus zu verringern sowie gleichermaßen den Terrassenbereich in der kalten Jahreszeit zu attraktivieren, wird dieser umseitig verglast. So kann durch die über den Tag eintreffende Solarstrahlung in Wärmestrahlung umgewandelt werden und größtenteils im Raum verbleiben, um eine thermische Pufferzone zum darüberliegenden Wohnraum zu bilden.

Das Untergeschoß ist durch die nordwestseitige Erweiterung hausintern über eine Stiege erschlossen. Neben Lagerräumen beherbergt es den Stromspeicher, den Warmwasserboiler sowie die Inneneinheit der monoenergetischen Luft-Wasser-Wärmepumpe. Der Warmwasserdurchlauferhitzer kann die Wärmepumpe sowohl bei Nutzungsspitzen unterstützen, wie auch bei voll aufgeladenem Stromspeicher vorsorglich Warmwasser für den Boiler vorwärmen, um den Eigenverbrauchsanteil des selbst erzeugten Photovoltaik-Stroms zu erhöhen.

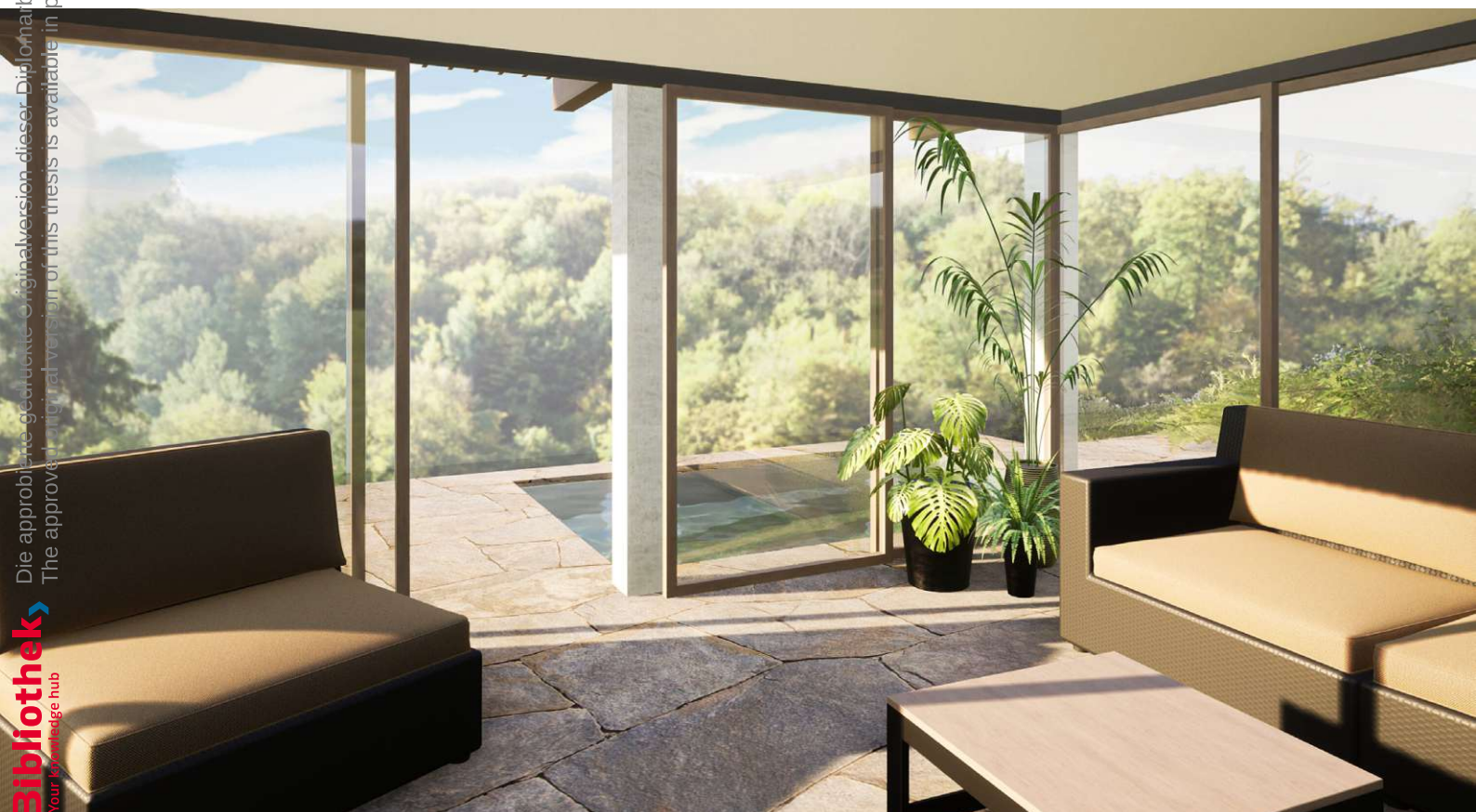


Abb.74: Ausblick Panoramaterasse

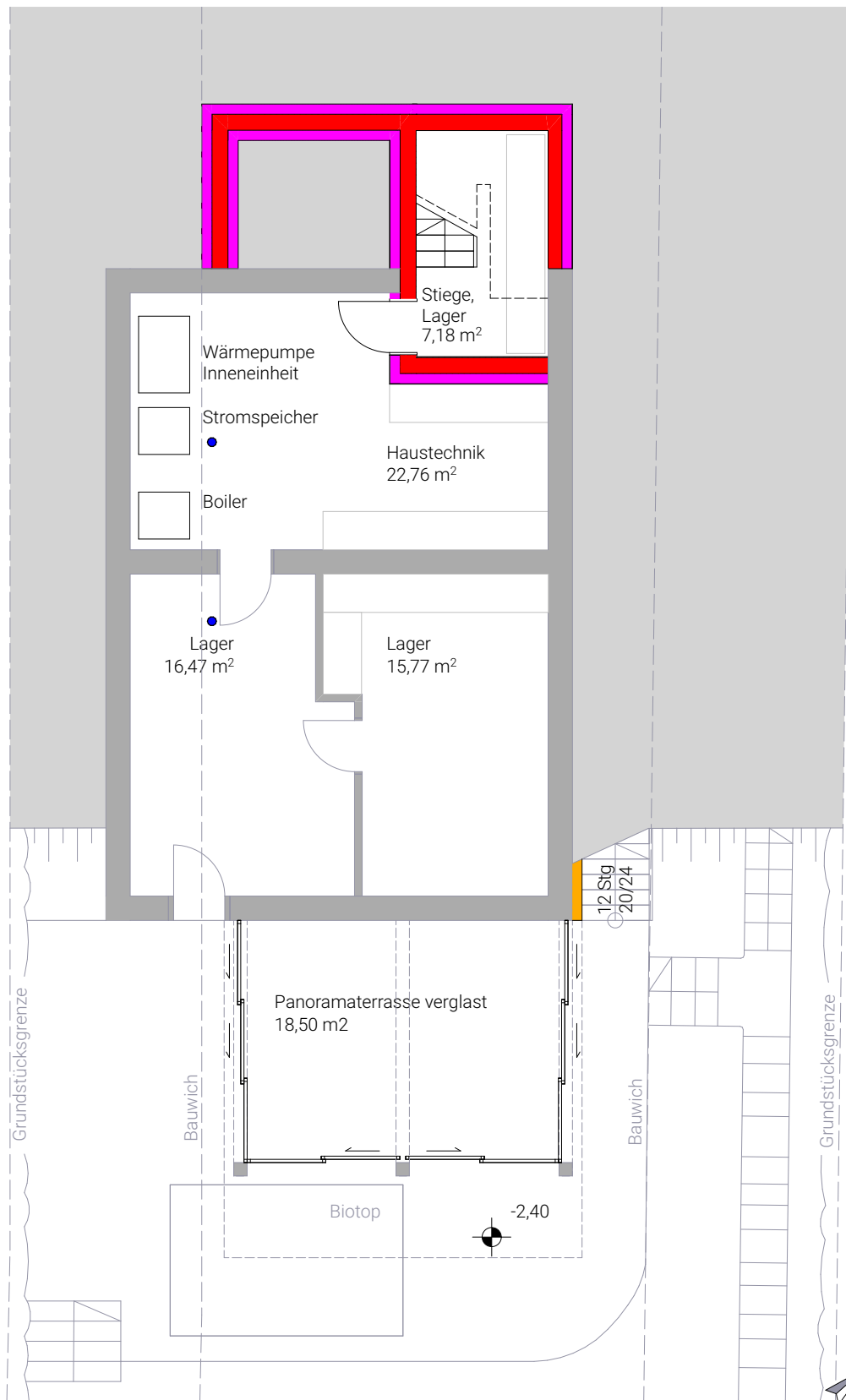


Abb.75: Grundriss Untergeschoß

M 1:100



5.4.4.2 Erdgeschoß

Die geringe Trakttiefe von 5 m erlaubt gemeinsam mit großzügigen Fensterflächen in der Südost- und Südwestfassade größtmögliche solare Erträge in der kalten Jahreszeit. Durch die natürlich belichtete Küchenarbeitsfläche sowie große, bodentiefe Fenster im Wohn-Essbereich, Badezimmer, Vorraum und WC wird der Energiebedarf für künstliche Beleuchtung auf ein Minimum reduziert und gleichzeitig ein schneller Luftwechsel bei Stoßlüftung gewährleistet. So kann Technik für eine kontrollierte Wohnraumlüftung wirksam ersetzt werden.

Die Öffnung der Tür zum Vorraum schafft Durchblick von der Stiege bis zum Balkon und bietet so eine barrierefreie Querdurchlüftung in Vorzugswindrichtung durch das gesamte Geschoß. Es entsteht ein fließendes Raumkontinuum.



Abb.76: Perspektive durch den Wohn-Essbereich

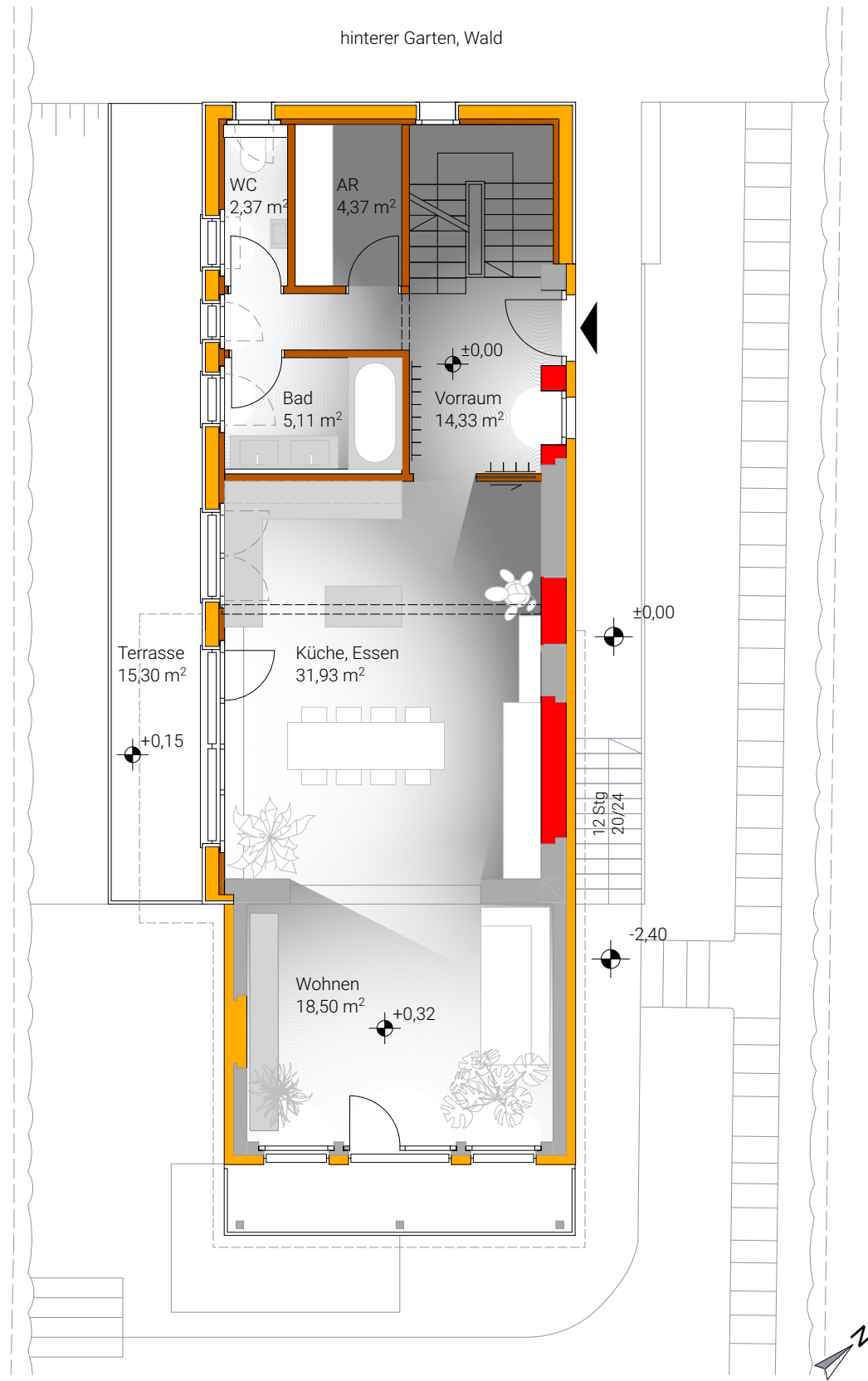


Abb.77: Grundriss Erdgeschoß

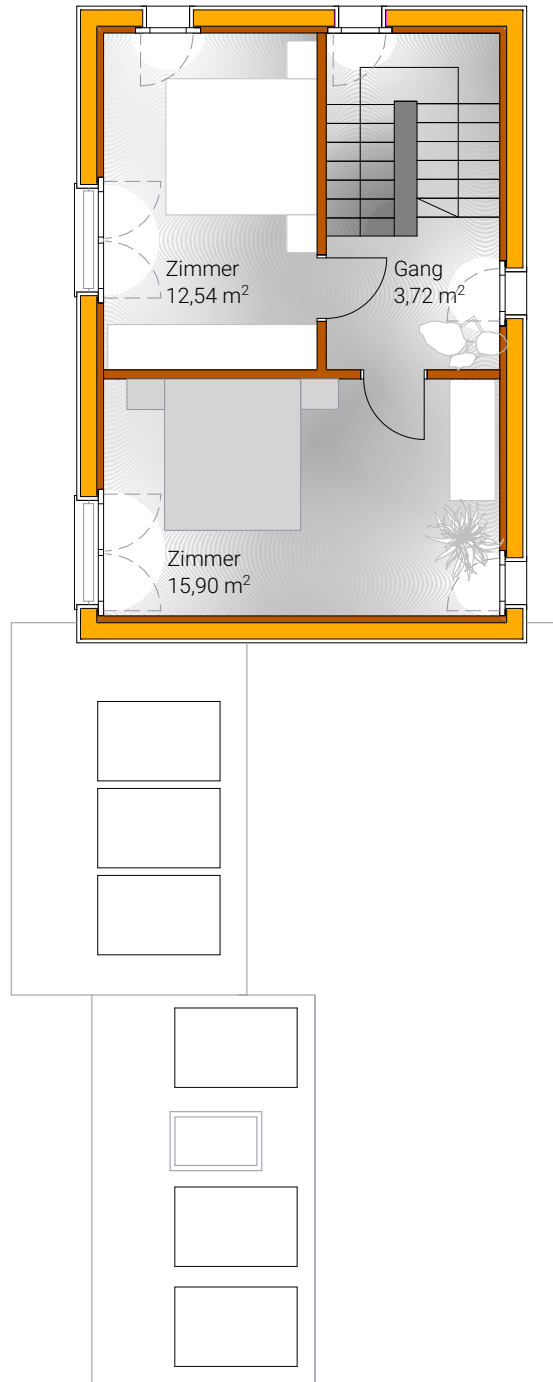
5.4.4.3 Obergeschoß

Die beiden Schlafzimmer werden südwestseitig über großzügige bodentiefe, französische Fenster natürlich belichtet, um von passiver Solarstrahlung zu profitieren. Die Brettsperrholzwände speichern die erzeugte thermische Energie durch ihre hohe Masse und leiten gleichzeitig die Dachlasten über eine wirtschaftliche Spannweite von maximal 3,10 m ab.

Alle Fenster der Südwestfassade werden bei Bedarf durch Außenjalousien verschattet. Nordost- bzw. nordwestseitig sind die Fensteröffnungen entsprechend der verminderten solaren Einstrahlung bzw. der Verschattung durch die vorgesezte Baumreihe geringer dimensioniert, um effektive Stoßlüftung bei minimalen Wärmeverlusten zu gewährleisten. Sie benötigen keinen zusätzlichen Sonnenschutz.



Abb.78: Blick vom hinteren Garten talwärts



M 1:100



Abb.79: Grundriss Obergeschoß

5.4.4.4 Dachdraufsicht

Das Flachdach über der Bestandserweiterung ist als extensives PV-Gründach konzeptuiert. Die Begrünung erhöht sowohl die Dämmwirkung des Daches sowie den Ertrag der darauf befindlichen acht PV-Module. Diese sind mit einer Neigung von 30 ° und größtmöglichem Abstand zueinander in zwei Reihen Richtung Südost (Azimut 318 °) angeordnet, um die Eigenverschattung bei einer tiefliegenden Winter-sonne zu minimieren. Durch die Modulneigung zum Tal hin, von wo die Erschließung erfolgt, werden diese bedingt durch die starke Hangneigung durch die Attika verdeckt.

Auf dem bestehenden südwestseitigen Steildach (Azimut 228 °) werden weitere sechs Module im 30 ° Dachgefälle angeordnet. Die Nordostseite des Bestandsdaches verspricht einen unwirtschaftlich geringen Ertrag (siehe Abbildung 27, Seite 43) und wird daher nicht bestückt.

Die Gesamtleistung der 14 PV-Module beträgt rund 6 kWp. Um den Eigenertrag des selbstgenerierten Stroms zu maximieren, wird die nicht verbrauchte elektrische Energie in einem Stromspeicher gespeichert, um sie zu Spitzenlastzeiten wieder abrufen zu können. Ist dieser voll, kann sie in einem Warmwasserboiler in Form von thermischer Energie gespeichert werden, um bei Bedarf die Wärmepumpe zu unterstützen. Die Komponenten Wärmepumpe, Stromspeicher und Boiler befinden sich im Keller des Hauses.

Siehe auch 5.5.1 Energieberechnung.

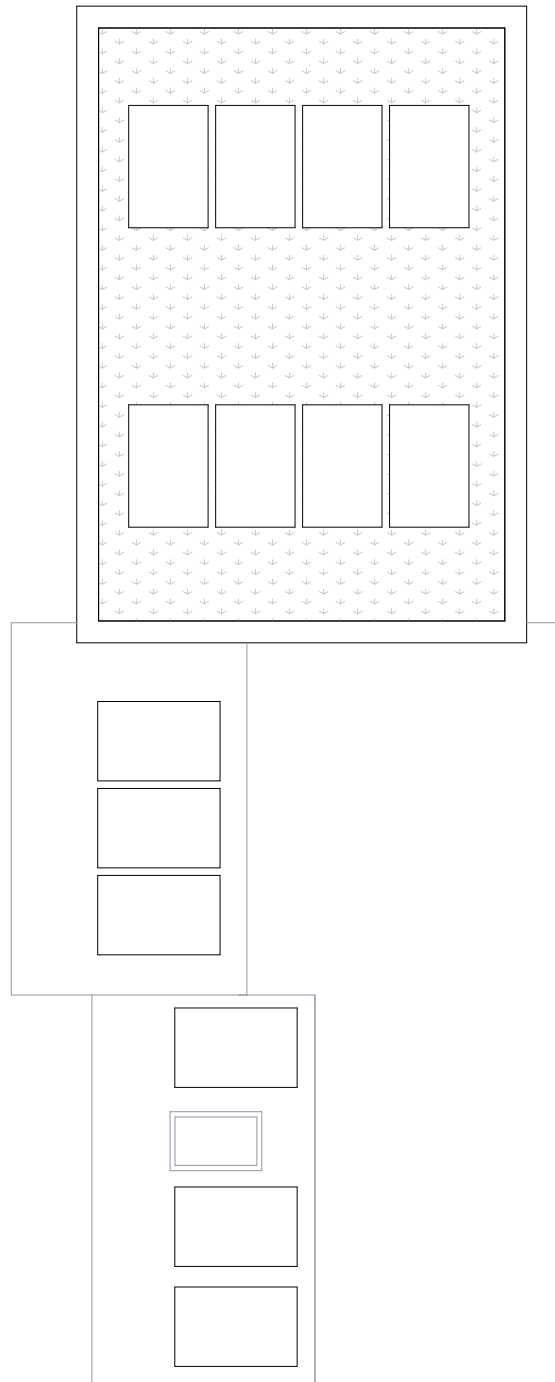


Abb.80: Grundriss Dachdraufsicht

M 1:100



51

5.4.5 Schnitte

Abbildung 82 zeigt den Längsschnitt durch das Gebäude. Die thermische Hülle des Neubaus ist gut gedämmt und hält durch die Tragkonstruktion aus Brettsperrholz eine hohe thermische Speichermasse inne. Das Steildach des Bestandsbaus über dem Wohnbereich wird nachgedämmt (siehe Abbildung 84). Die Deckenkonstruktion über dem Essbereich wird um die bestehenden Träger herum abgetragen, das darüberliegende Steildach muss zur Gänze neu gedämmt werden, da es zuvor ungedämmt war (siehe Abbildung 83). Siehe auch Abbildung 49-53 auf Seite 77.

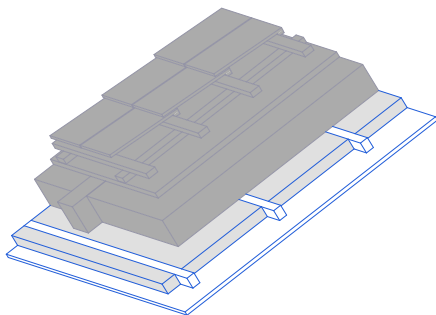


Abb.84: Dämmung des Steildache im Bestandszubau

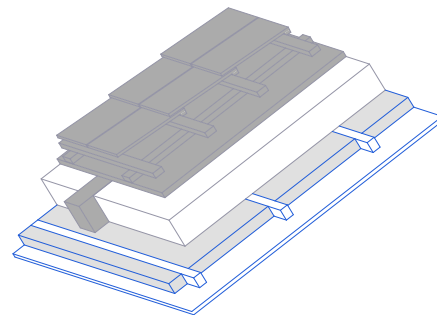


Abb.83: Dämmung des unausgebauten Dachstuhls im Hauptgebäude

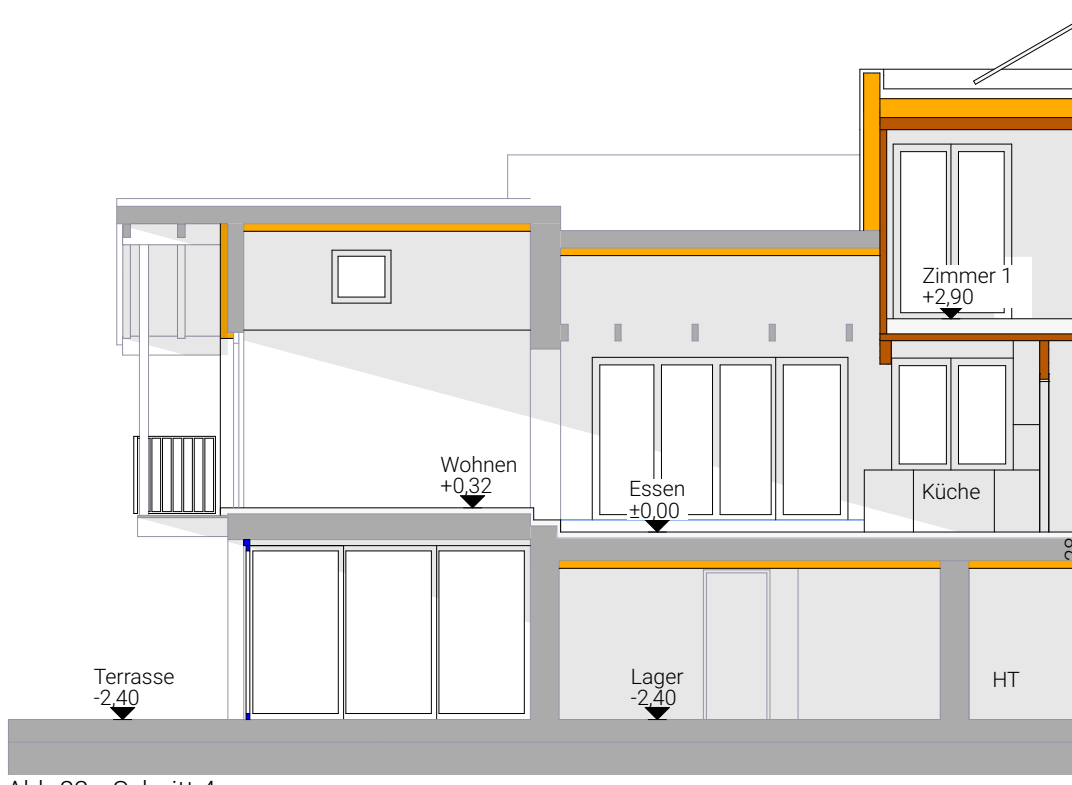


Abb.82: Schnitt 4

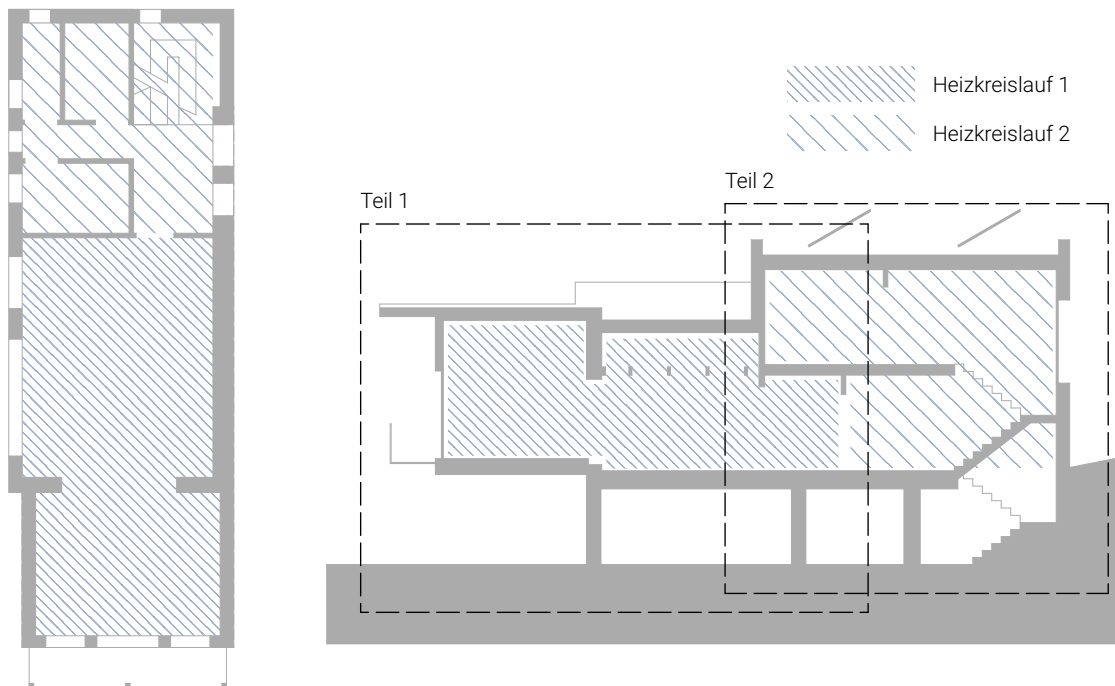


Abb.86: GR Heizkreisläufe

Abb.85: Schnitt Heizkreisläufe, M 1:200

Der fließende Wohnbereich (Küche, Essen, Wohnen) bildet mit seinem eigenen Heizkreislauf der Fußbodenheizung eine unabhängige thermische Zone (siehe Abbildungen 85-86). Dessen Nebenräume sowie die Schlafzimmer im Obergeschoß werden durch den Heizkreislauf 2 temperiert, welcher durch eine niedrigere Einstelltemperatur definiert ist. Die thermische Speichermasse der Bestandswände wird durch Holzmassivbauwände ergänzt, um Temperaturkurven abzuflachen.

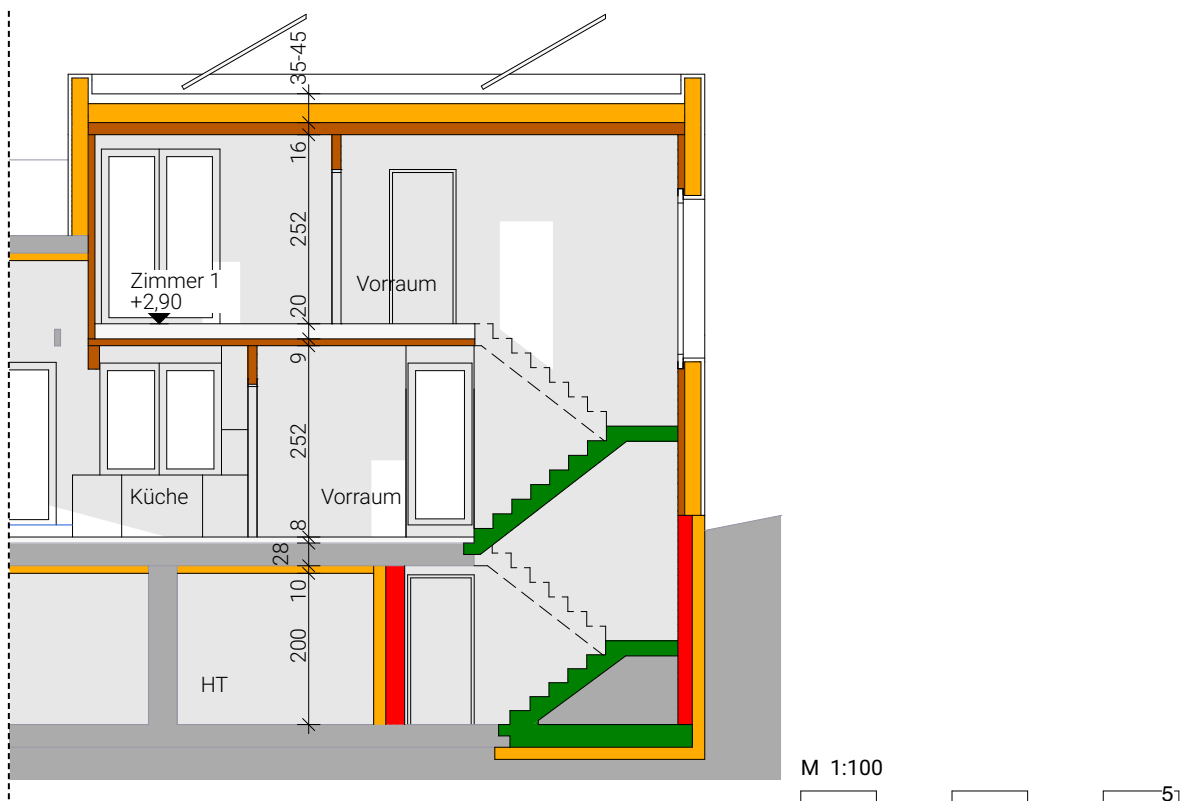


Abbildung 87 zeigt den Schnitt durch die Erweiterung und Aufstockung. Der durchgesteckte Vorraum ermöglicht beim Betreten die Durchsicht bis zur gegenüberliegenden Terrasse sowie solare Erträge. Das Schlafzimmer darüber erfährt diese durch ein großzügiges Südwestfenster und wird durch ein kleineres Fenster an der Nordwestfassade zur Querdurchlüftung ergänzt. Über der Stiege wird ein schmales, hohes Fenster platziert, um eine effektive Querdurchlüftung in der Längsachse des Gebäudes zu gewährleisten sowie um eine visuelle Verbindung zum Waldgrundstück vom Podest und dem Obergeschoß herzustellen.

Die Bestandsaußenwand wird durch ein Fertigteil-Dämmelement ergänzt (siehe Abbildung 88), um Wärmeverluste zur größtenteils verschatteten Nordostfassade zu minimieren. Hierfür wird der Bestandswand eine 4 cm dicke Schicht aus Mineralwolle vorgeschaltet, um eine Ausgleichsschicht zu den vorgefertigten, planen Fertigteil-Elementen herzustellen. Diese müssen nach der Montage nur mehr verputzt werden.

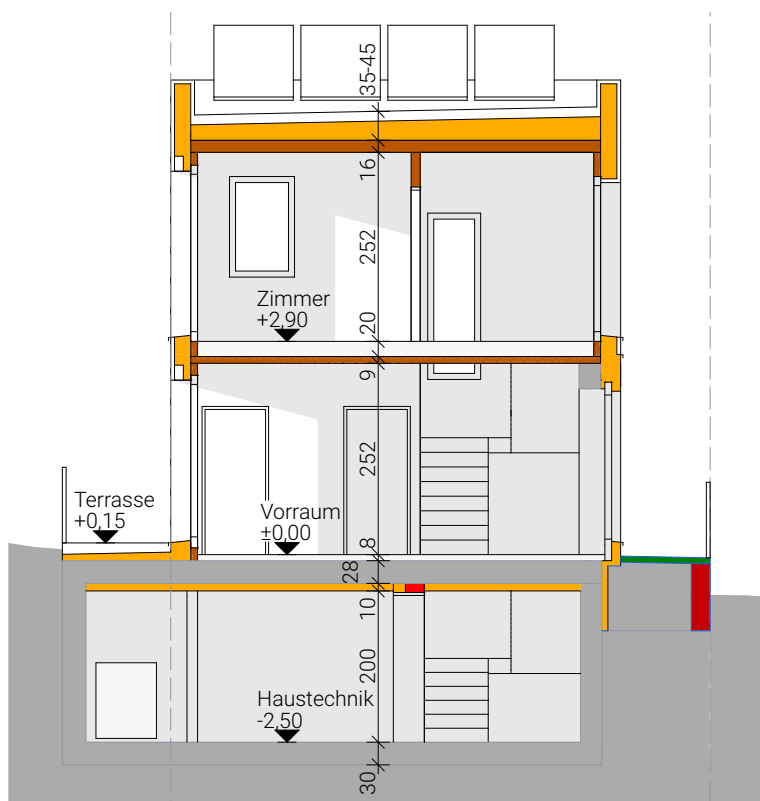


Abb.87: Schnitt 3

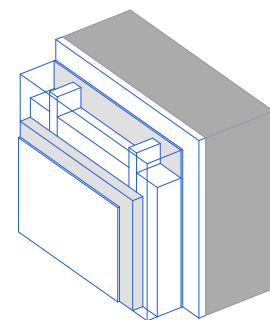


Abb.88: FT-Dämmelement Außenwände

M 1:100



Die Dachräume der Bestandschrägdächer verleihen dem Wohnraum durch ihr zusätzliches Raumvolumen eine starke Charakteristik sowie angemessene Prominenz. Die verbleibenden Holzträme der alten Tramdeckenkonstruktion über dem Essbereich zeugen von der alten Struktur und verleihen dem Raum Charme. Der Küchenbereich wird durch seine durchgehende Raumhöhe von 2,50 m als eigene Nutzungszone wahrnehmbar und durch einen Brettschichtholzträger abgegrenzt, welcher die Lasten der darüberliegenden Außenwand ablesbar abträgt.

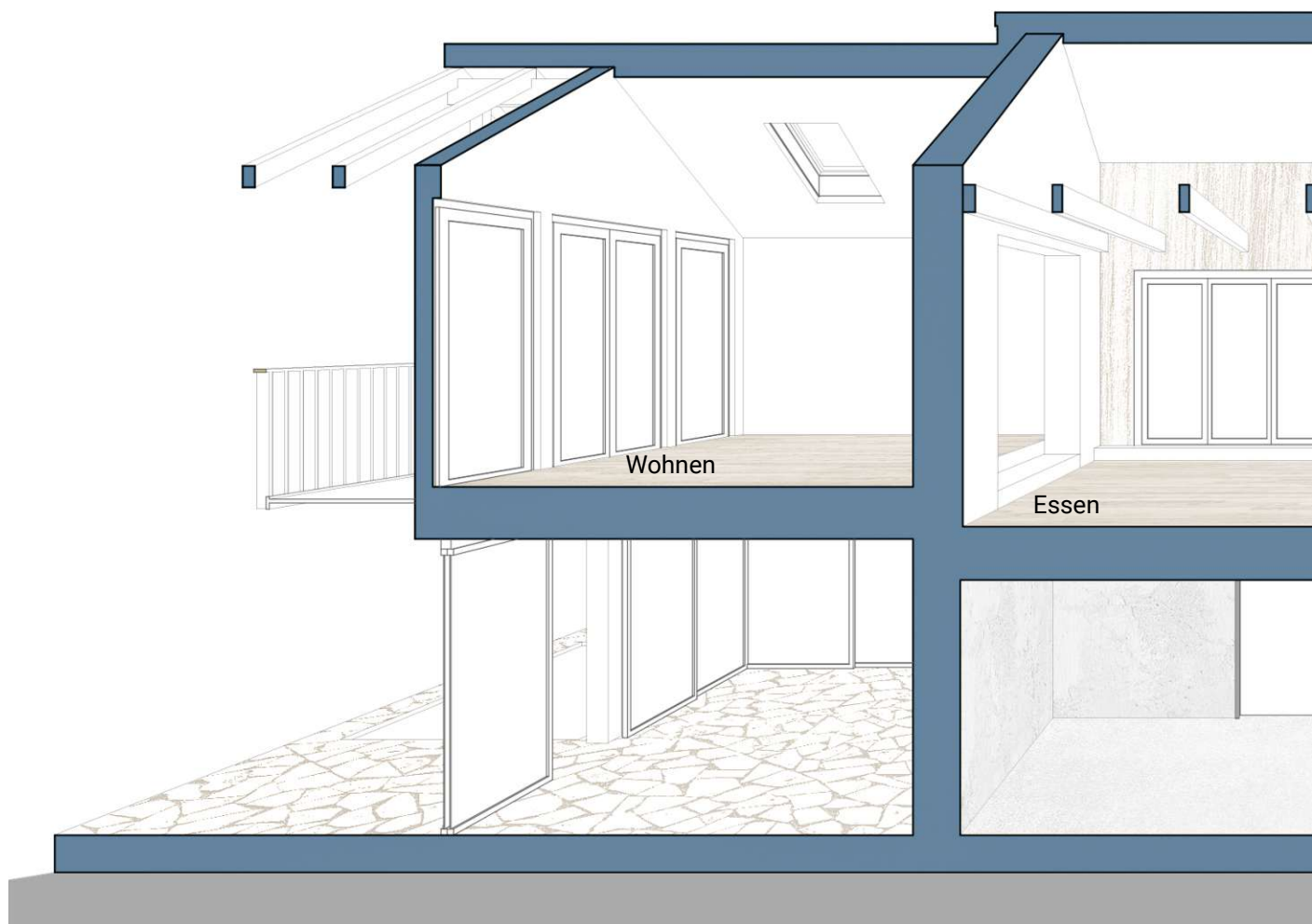
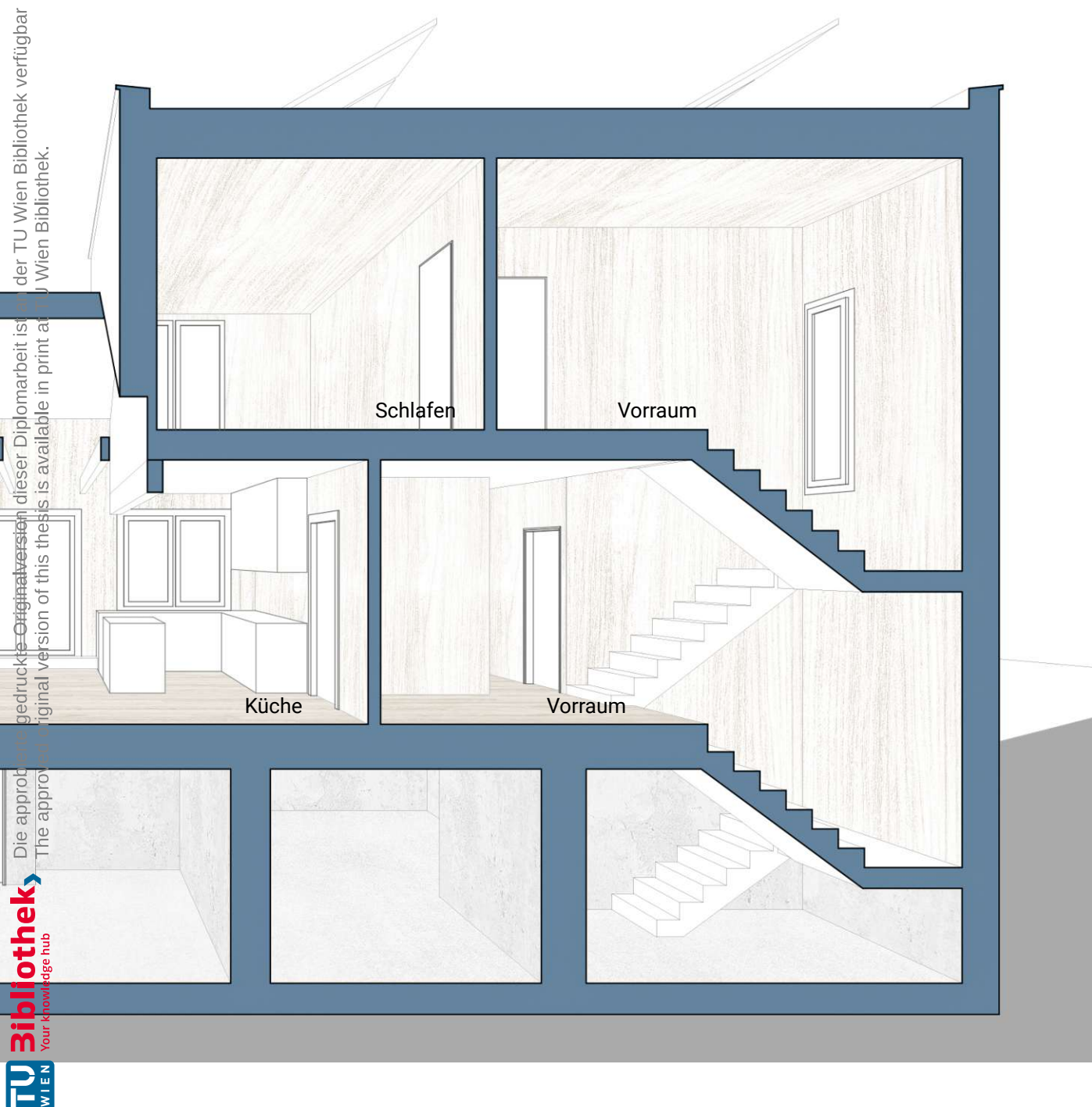


Abb.89: Schnittperspektive

Der Vorraum bildet durch seine Verbindung zum Obergeschoß über die Stiege einen gemeinsamen, mehrgeschoßigen Luftraum, welcher durch eine Schiebetüre vom Raumgefüge des Wohnbereichs getrennt ist. Durch die Höhendifferenz zwischen den Fensteröffnungen im Wohnraum zu jenen über dem Stiegenpodest sowie im Vorraum des Obergeschoßes ist eine schnelle Ablüftung von warmer Luft möglich (siehe 3.6.1 Thermik).

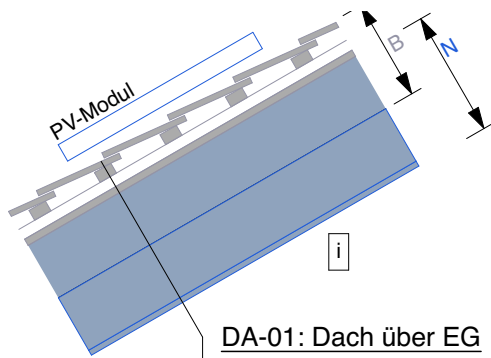


gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist bei der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte Originalversion dieser Diplomarbeit ist bei der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

TU
WIEN
Bibliothek
Your knowledge hub

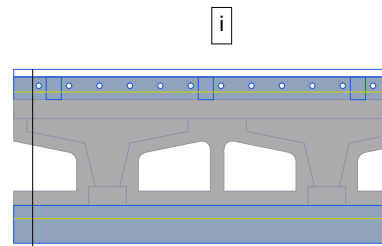
5.4.6 Aufbauten



DA-01: Dach über EG

$U = 0,172 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Dachziegel
- 30 Lattung 50/30
- 30 Konterlattung 50/30
 - Unterdachbahn
- 25 Sparschalung
- 160 Sparren 160/100
 - dazwischen WD MW Steinwolle
- 160 Sparren 160/100
 - dazwischen WD MW Steinwolle
 - Dampfbremse
 - 20 Holzschalung

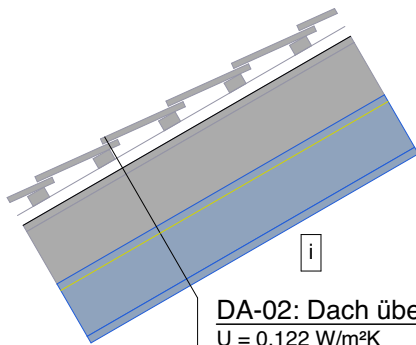


Keller (unbeheizt)

DE-01: Decke unter EG Hauptgebäude

$U = 0,265 \text{ W/m}^2\text{K}$

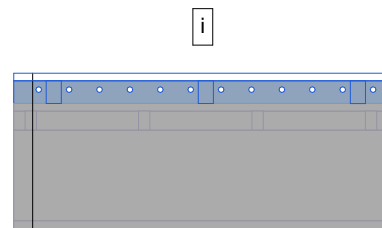
- 20 Holzdielen
- 60 Lehm-Heizestrich zwischen Polsterholz
- 20 Fliesen auf Mörtelbett
- 50 Estrich
- 230 Hohlsteindecke, Nutzlast 200 kg/m² auf STB-Leistenm dazw. ausbetoniert
- 35 WD Heraklit
- 100 WD Glaswolle



DA-02: Dach über Zubau

$U = 0,122 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Dachziegel
- 30 Lattung 50/30
- 30 Konterlattung 50/30
 - Unterdachbahn
- 25 Sparschalung
- 160 Holzriegel 60/160, dazw. WD
 - Dampfbremse
 - 20 Holzschalung
- 160 Holzriegel 60/160, dazw. WD
 - Dampfbremse
 - 20 Holzschalung

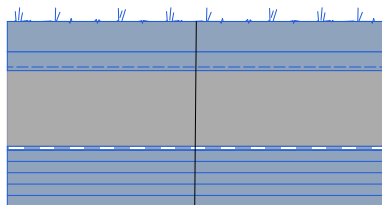


a

DE-02: Decke unter EG Zubau

$U = 0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 20 Holzdielen
- 60 Lehm-Heizestrich zwischen Polsterholz
- 20 Schiffboden Lärche
- 50 Unterkonstruktion
- 240 Träme 100/240, dazwischen WD
 - Winddichtbahn
 - 30 WD Heratekta-M-3

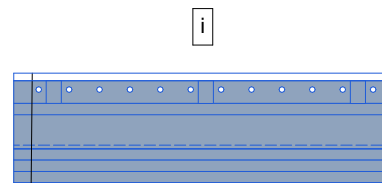


i

DA-03: Dach über Neubau

$U = 0,126 \text{ W/m}^2\text{K}$

- 80 Extensivsubstrat
 - Filtervlies
- 50 Drain- und Wasserspeicherplatte
 - Vlies
- 10 Abdichtung wurzelfest
- 200-310 WD Mineralwolle im Gefälle
 - Dampfbremse
- 150 Brettsperrholz

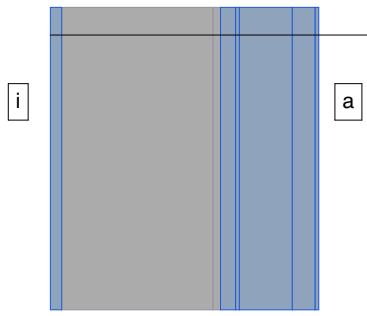


i

DE-03: Zwischendecke

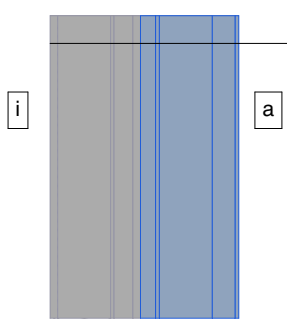
- 20 Holzdielen
- 60 Lehm-Heizestrich zwischen Polsterholz
- 30 Trittschalldämmung Holzfaser
- 90 Splittschüttung
 - Rieselschutzvlies
- 90 Brettsperrholz Sicht

Abb.91: Aufbauten Dächer, Decken



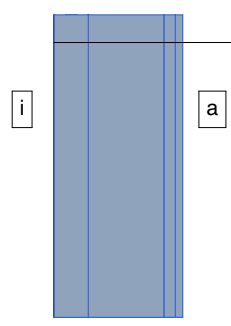
AW-01: Außenwand Hauptgebäude

- U = 0,142 W/m²K
 10 Putz
 WD-Fertigteilelement
 60 Putzträgerdämmplatte
 140 Holzriegel 60/140
 dazw. WD MW Steinwolle
 10 OSB-Platte
 40 WD Steinwolle
 20 Putz Kalk
 380 Ziegel
 30 Putz Lehm



AW-02: Außenwand Zubau

- U = 0,102 W/m²K
 10 Putz
 WD-Fertigteilelement
 60 Putzträgerdämmplatte
 140 Holzriegel 60/140
 dazw. WD MW Steinwolle
 10 OSB-Platte
 40 WD Steinwolle
 20 Putz Silikat
 50 Heraklith-BM
 9 OSB-Platte
 - Winddichtbahn
 140 Holzriegel 60/140, dazw. WD
 - Dampfbremse
 20 Nut- und Federschalung



AW-03: Außenwand Neubau

- U = 0,148 W/m²K
 20 Holzschalung
 30 Unterkonstruktion hinterlüftet 30/50
 - diffusionsoffene Folie
 13 Gipsfaserplatte
 200 WD Mineralwolle
 90 Brettsperrholz sicht

Abb.94: Aufbauten Wände

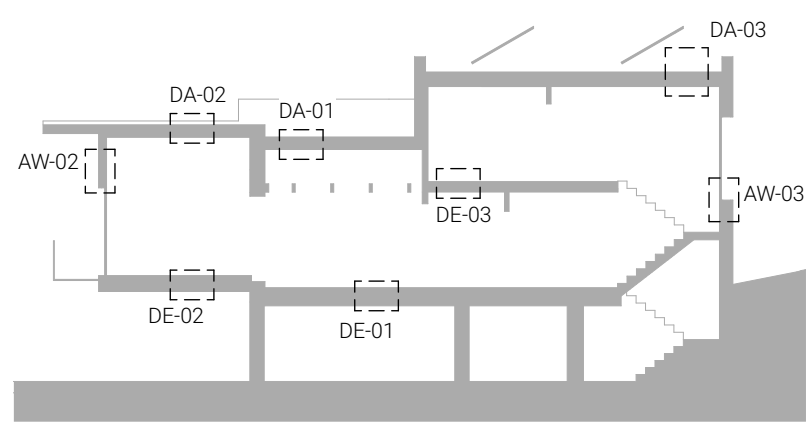


Abb.92: Schnitt 1-1

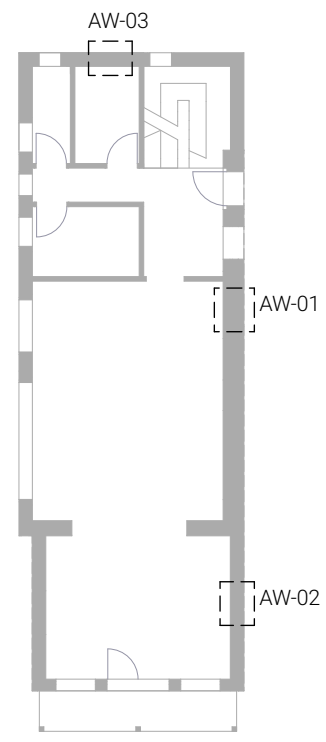


Abb.93: Grundriss

5.4.7 Fassadenschnitte

Abbildung 96 zeigt die Anschlussdetails des erweiterten bzw. aufgestockten Bereichs des Hauses an der sonnenzugewandten Südwestfassade. Die neuen Außenwände sowie das Flachdach sind in Holzmassivbauweise ausgeführt.

1 - Attika, Flachdach

Die Deckenplatte des Flachdaches wird mit den Außenwandelementen lagerichtig verschraubt, sodass das Attika-Fertigteilelement anschließend mittels Winkeln daran fixiert werden kann.

2 - Außenwand Obergeschoß

Das Außenwand-Fertigteilelement kommt inklusive Fensterelementen, Abdichtungen und Fassadenhaut auf die Baustelle. Das Fensterelement ist bündig mit der innenseitigen Sichtholz-Wandoberfläche, um Platz für den integrierten Außenjalousiekasten sowie ein vorgesetztes Brüstungselement zu schaffen. So ist die vollständige Öffnung des Fensters ohne Sturzgefahr möglich, um eine effektive Querdurchlüftung zu gewährleisten.

3 - Außenwand Erdgeschoß

Diese liegt auf der bestehenden Hohlsteindecke auf und wird darunter punktuell von Stahlstützen unterstützt. Die Tür- und Fensterelemente sind leicht erhöht angeordnet, um den Niveauunterschied zur angrenzenden Terrasse zu überbrücken.

4 - Terrasse, Aufdoppelung Bestandsdecke

Der bestehende Fußbodenaufbau – eine Hohlsteindecke samt Estrich und Verfliesung – wird innenseitig um einen Lehmheizestrich samt Klebparkett ergänzt. Außenseitig werden die bestehenden Fliesen des alten Innenraumes abgetragen und mit einem Terrassenaufbau ergänzt.

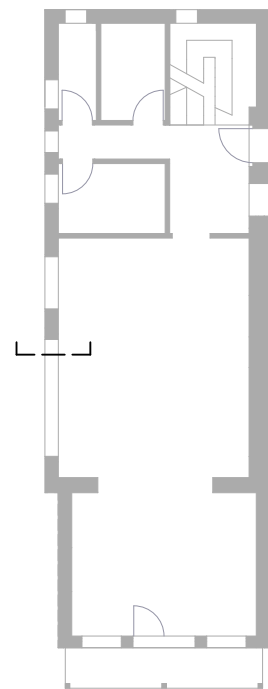


Abb.95: Grundriss

DE-01: Decke unter EG Hauptgebäude

- 20 Holzdielen
- 60 Lehm-Heizestrich zwischen Polsterholz
- ~~20 Fliesen auf Mörtelbett~~
- 50 Estrich
- 230 Hohlsteindecke, Nutzlast 200 kg/m²
auf STB-Leistenm dazw. ausbetoniert
- ~~35 WD Heraklit~~
- 100 WD Glaswolle

DE-03: Zwischendecke

- 20 Holzdielen
- 60 Lehm-Heizestrich zwischen Polsterholz
- 30 Trittschalldämmung Holzfaser
- 90 Splittschüttung
- Rieselschutzvlies
- 90 Brettsperholz Sicht

DA-03: Dach über Neubau

- 80 Extensivsubstrat
- Filtervlies
- 50 Drain- und Wasserspeicherplatte
- Vlies
- 10 Abdichtung wurzelfest
- 200-310 WD Mineralwolle im Gefälle
- Dampfbremse
- 150 Brettsperholz

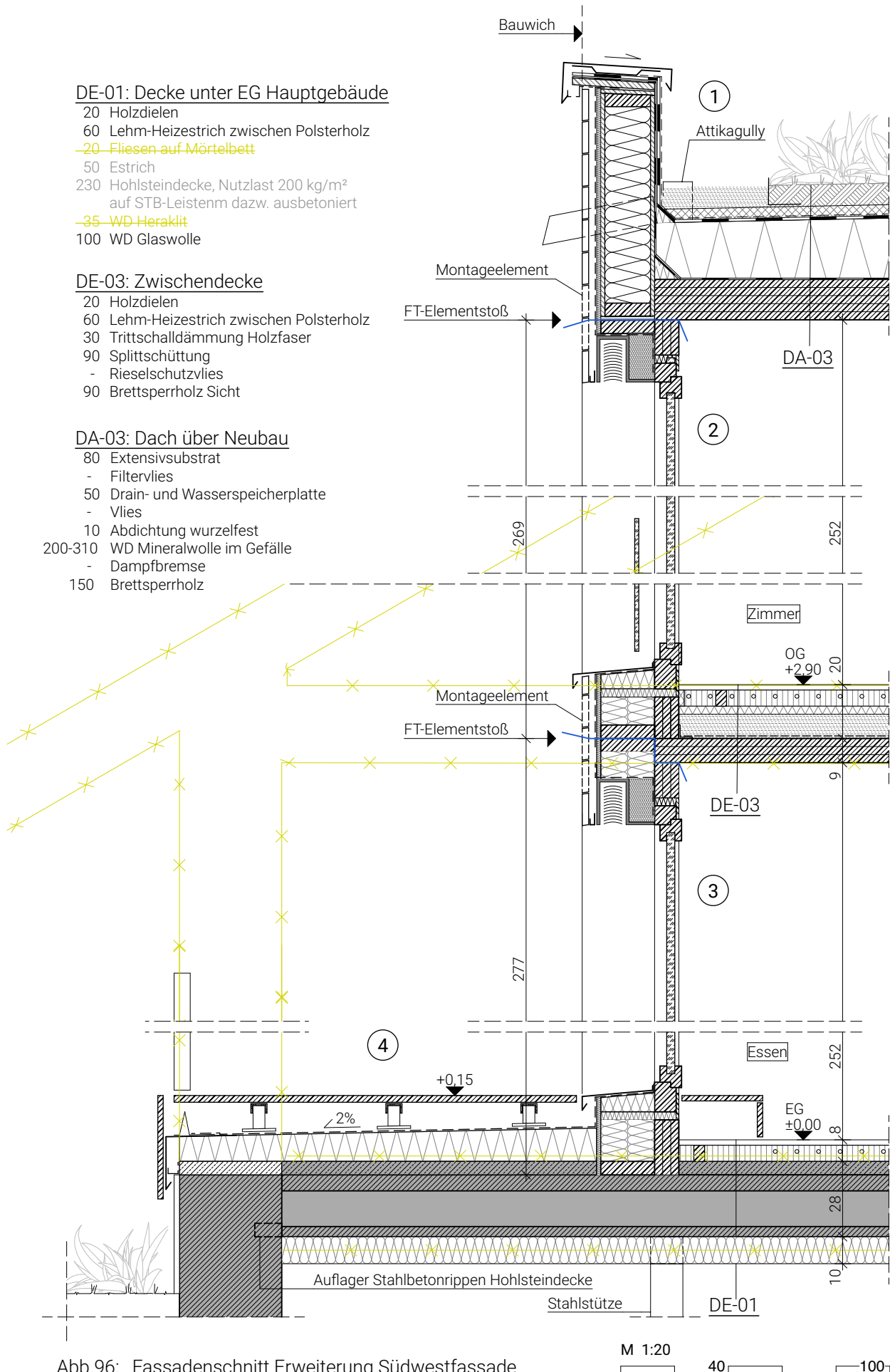


Abb.96: Fassadenschnitt Erweiterung Südwestfassade

M 1:20
 40 100

Abbildung 98 zeigt einen Schnitt durch die Nordwestfassade im Bereich der Aufstockung.

5 - Außenwand Obergeschoß

Das Außenwand-Fertigteilelement an der Nordostfassade kommt ohne Sonnenschutz aus. Ein vorgesetztes Brüstungselement ermöglicht eine vollständige Öffnung des Fensters ohne Sturzgefahr zur Querdurchlüftung. Da die Deckenplatte des Flachdaches im Gefälle verlegt ist, ist der Fenstersturz gegenüber der gegenüberliegenden Fassade um 15 cm erhöht.

6 - Nachgedämmte Bestandsaußenwand

Vor die bestehende Ziegelmauer wird ein Fassadendämmelement angehängt um Wärmeverluste zu reduzieren. Dieses beinhaltet das fertig eingebaute Fenster zur Belichtung des Vorraumes sowie die Eingangstüre. Hierfür werden in der Bestandswand entsprechende Ausschnitte getätigt und mit Überlagern gesichert.

7 - Zugangsbereich

Das Niveau des angrenzenden Steges ist im Bereich des neu positionierten Zugangsbereiches um ca. 100 cm niedriger, daher wird dieser aufgeständert.

8 - Eckanschluss Außenwände neu

Abbildung 97 zeigt den Eckanschluss zweier Fertigteilelemente. Diese werden analog zur vertikalen Fügung stumpf gestoßen und durch ein Kompriband luftdicht abdichtet. Die Fassadenlattung der fensterärmeren Wand wird nach dem außenseitigen Abdichten der Stoßfuge angebracht.

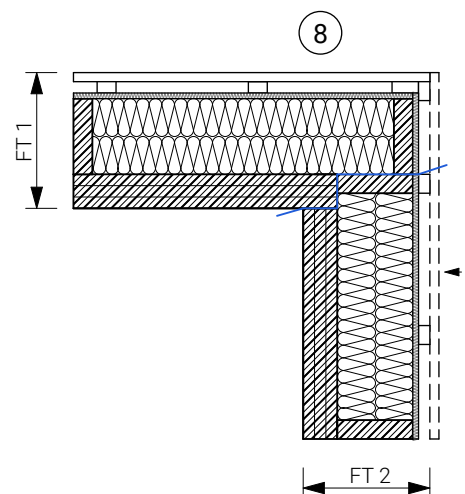


Abb.97: GR Eckanschluss FT-Elemente

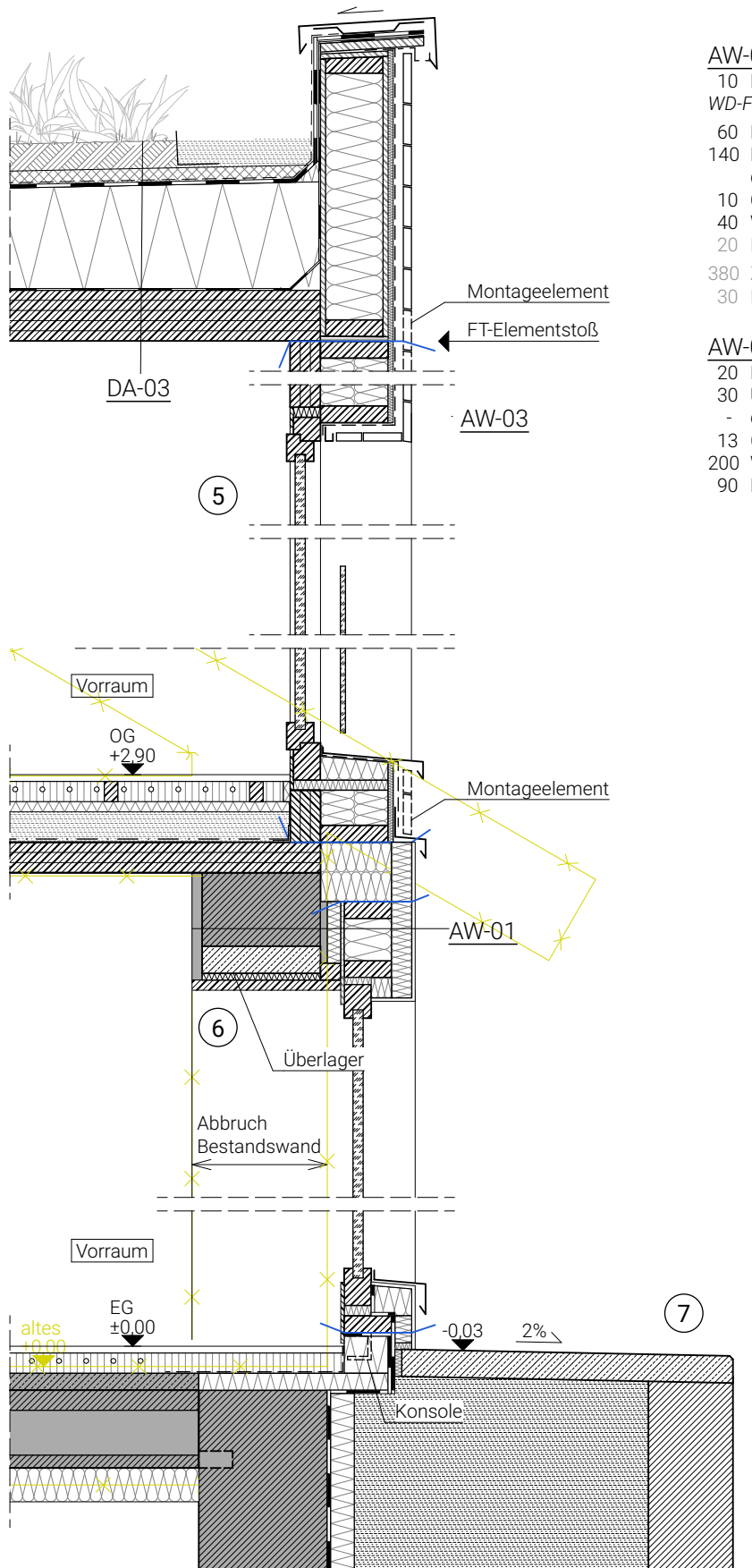


Abb.98: Fassadenschnitt Erweiterung Südostfassade

AW-01: Außenwand Hauptgebäude

- 10 Putz
- WD-Fertigteilelement
- 60 Putzträgerdämmplatte
- 140 Holzriegel 60/140
dazw. WD MW Steinwolle
- 10 OSB-Platte
- 40 WD Steinwolle
- 20 Putz Kalk
- 380 Ziegel
- 30 Putz Lehm

AW-03: Außenwand Neubau

- 20 Holzschalung
- 30 Unterkonstruktion hinterlüftet 30/50
- diffusionsoffene Folie
- 13 Gipsfaserplatte
- 200 WD Mineralwolle
- 90 Brettsperrholz sicht

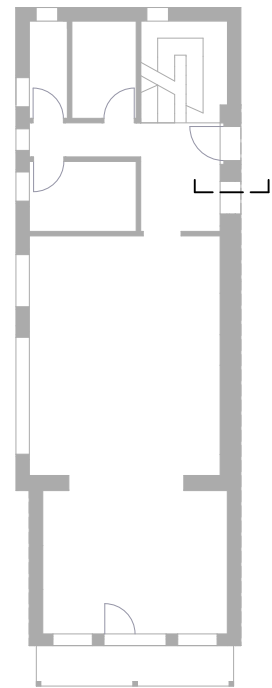


Abb.99: Grundriss

M 1:20



Abbildung 102 zeigt die Detailanschlüsse vom neu ausgedämmten Steildach, der Bestandsaußenwand sowie dessen Sockelzone.

9 - Steildach

Die gedämmte Decke zum ehemaligen kalten Dachraum wird, mit Ausnahme der tragenden Holztrüme, entfernt. Das bestehende, gänzlich ungedämmte Steildach wird ausgedämmt, um die neue thermische Hülle zu bilden.

10 - Nachgedämmte Bestandsaußenwand

Das Fassadendämmelement der bestehenden Ziegelmauer wird auf einer Konsole aufgestellt und in der Wand rückverankert. Die Unebenheiten zur Bestandswand werden durch eine Ausgleichsschicht aufgenommen, abschließend muss das FT-Element nur mehr verputzt werden (siehe Abbildung 100).

11 - Anschluss Außenwand Bestand - Neu

Das Fertigteilenelement der neuen Holzmassivbau-Außenwand wird stumpf mit der bestehenden Ziegelwand gestoßen und über ein Kompriband luftdicht abgedichtet (siehe Abbildung 101).

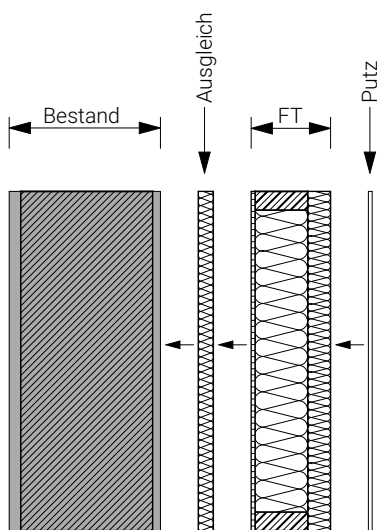


Abb.100: Montage FT-Dämmelement AW-01

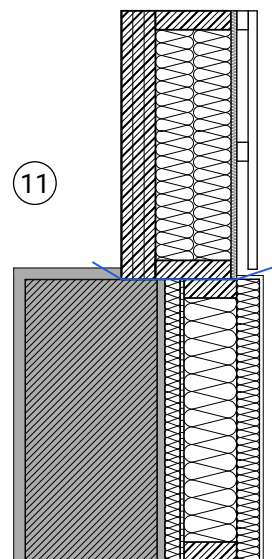


Abb.101: GR Anschluss Bestand-Neu

AW-01: Außenwand Hauptgebäude

- 10 Putz
- WD-Fertigteilelement
- 60 Putzträgerdämmplatte
- 140 Holzriegel 60/140
dazw. WD MW Steinwolle
- 10 OSB-Platte
- 40 WD Steinwolle
- 20 Putz Kalk
- 380 Ziegel
- 30 Putz Lehm

DA-01: Dach über EG

- Dachziegel
- 30 Lattung 50/30
- 30 Konterlattung 50/30
- Unterdachbahn
- 25 Sparschalung
- 160 Sparren 160/100
dazwischen WD MW Steinwolle
- 60 Lattung 60/40
dazwischen WD MW Steinwolle
- 20 Holzschalung

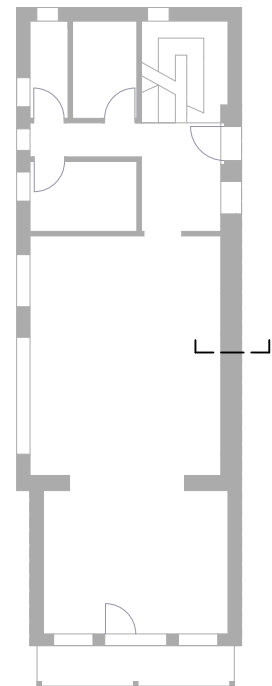
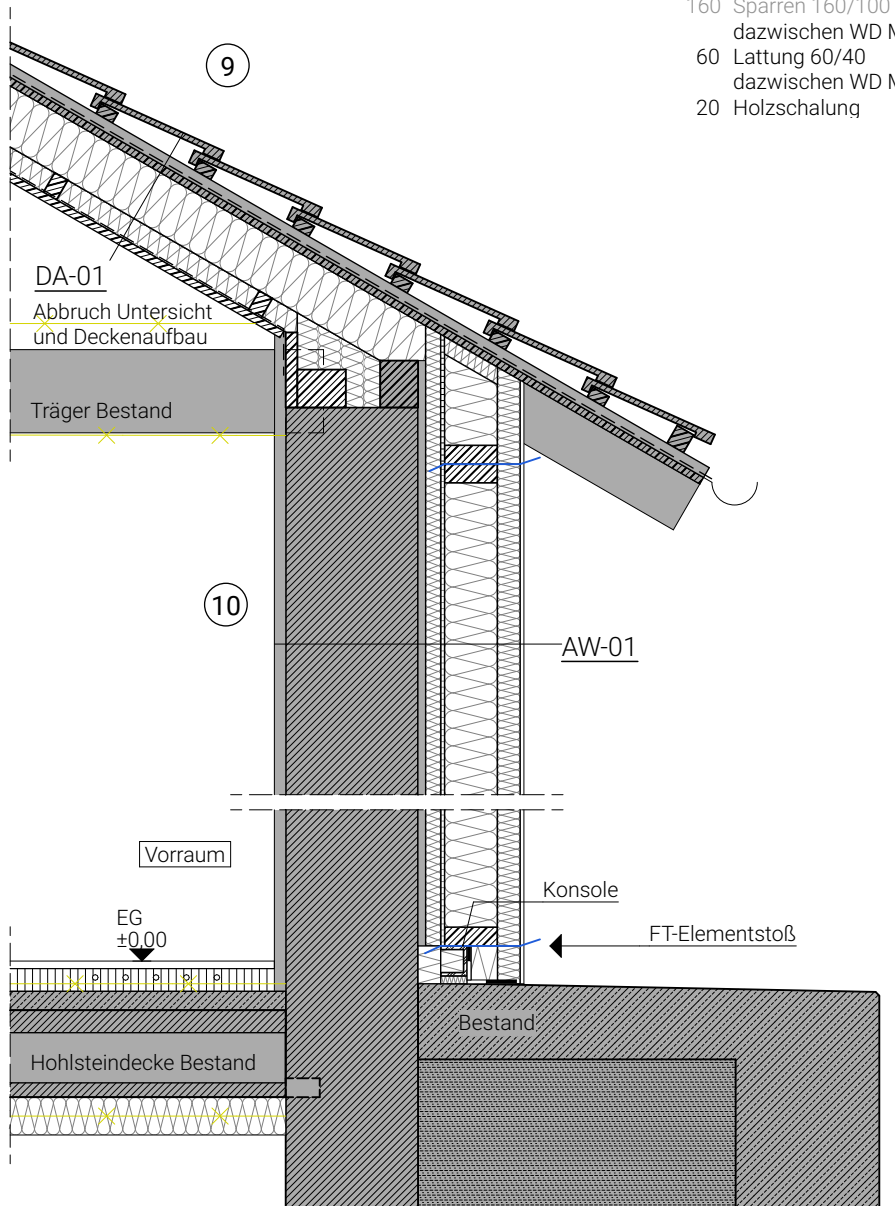


Abb.103: Grundriss

Abb.102: Fassadenschnitt Hauptgebäude Südostfassade

M 1:20



5.5 Nachweise

5.5.1 Energieberechnung

Mit dem Tool Photovoltaik-Eigenverbrauchsrechner von Photovoltaik Austria wurde eine überschlagsmäßige Berechnung der Anlage vorgenommen (siehe Abbildung 104, volle Aufschlüsselung siehe Anhang 8, Seite 156). Softwarebedingt konnte nur der Standort Wien kalkuliert werden. Da sich das Grundstück aber in unmittelbarer Nähe dazu befindet (ca. 7 km Luftlinie entfernt), wird das Ergebnis als aussagekräftig erachtet. Es wurde ein Haushalt mit vier Personen angenommen, wovon die Hälfte tagsüber zuhause ist. Der durchschnittliche Stromverbrauch wurde mit 4.700 kWh/a angenommen. Um den Anteil des Eigenverbrauchs des selbst erzeugten PV-Stroms zu erhöhen, wird ein Stromspeicher mit 6 kWh Kapazität sowie ein Warmwasserboiler mit 2,5 kW Leistung angenommen. Eine Einberechnung der Wärmepumpe konnte mit dem Tool nicht erfolgen.

Die Kalkulation hat einen erwarteten PV-Ertrag von 6.185 kWh ergeben (siehe Abbildung 104), wobei ca. 85 % des eigens generierten Stroms direkt über die PV-Anlage oder indirekt über den Stromspeicher bzw. Warmwasserboiler, dem Eigenverbrauch zugeordnet und ca. 15 % ins Netz eingespeist werden können (siehe Abbildung 105). Wird der Energiebedarf der Wärmepumpe – welcher durch das Tool nicht erfasst werden konnte – miteinberechnet, so kann von einem Eigenverbrauch gen 100 % ausgegangen und zusätzlich erforderlicher Strom aus dem Netz bezogen werden.

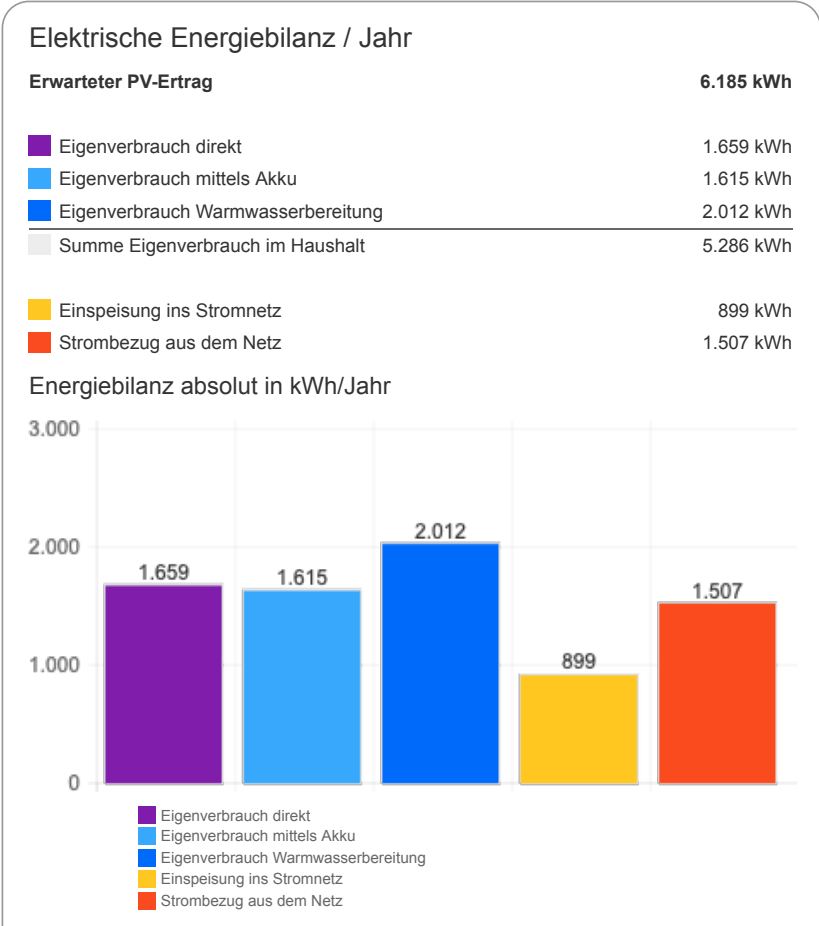


Abb.104: Überslagsmäßige Elektrische Energiebilanz / Jahr
 Quelle: basierend auf Online-Photovoltaik-Eigenverbrauchsrechner,
https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/ [abgerufen: 27.01.2023]

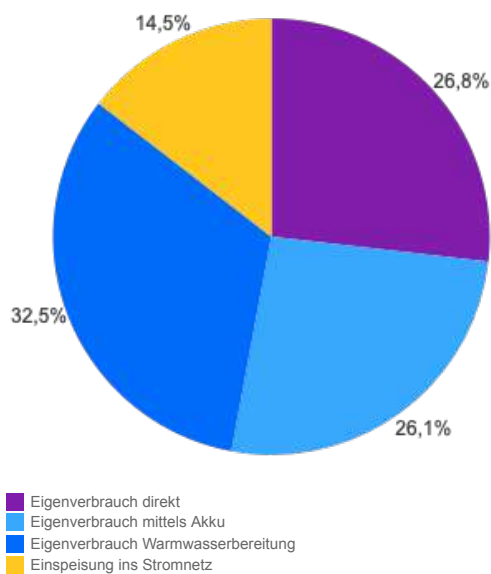


Abb.105: Überslagsmäßige Eigenverbrauchsanalyse
 Quelle: basierend auf Online-Photovoltaik-Eigenverbrauchsrechner,
https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/ [abgerufen: 27.01.2023]

5.5.2 Energieausweis nach der Sanierung

Konkret wird der Energieausweis durch die nachfolgenden Maßnahmen verbessert:

- Erhöhung der Kompaktheit von 1,1 auf 0,9 durch Erweiterung und Aufstockung (dies sind die real berechneten Werte und unterscheiden sich zu den Werten im Energieausweis)
- Dämmung des Bestandes sowie Einsatz hochwärmegedämmter Elemente für den Neubau
- Schaffung solarer Gewinne durch großzügige Verglasungen Richtung Südost und Südwest
- Einsatz von Photovoltaikmodulen für die Stromproduktion auf dem Steil- und Flachdach
- Monoenergetische Wärmepumpe im Keller

Nicht im Energieausweis abgebildet werden die folgenden Maßnahmen, welche in der Praxis dennoch zur Senkung des HWB beitragen:

- Einbringung thermischer Speichermasse durch Holzmassivbauweise bei der Erweiterung sowie Lehm-Heizestrich in Erweiterung und Bestand
- Thermische Zonierung durch Gliederung in die Heizkreisläufe "Wohnbereich" sowie "Nebenräume und Schlafzimmer"
- Minimierung der Wärmeverluste des Bestandszubaues nach unten durch die Ausbildung einer thermischen Pufferzone mit der Verglasung der darunterliegenden Panoramaterrasse
- Anteilsmäßige Maximierung solarer Gewinne durch eine geringere Takttiefe von 5 m durch Abbruch des Bauwerks im Bauwuch

Nicht im Energieausweis abgebildete Maßnahmen, welche zur Kühlung beitragen:

- Einbringung thermischer Speichermasse
- flexible, optimierte Verschattungsmaßnahmen abhängig von der Orientierung
- schnelle Querdurchlüftung, mit durch den Wald vorgekühlter Luft, durch große und günstig positionierte Fenster

Abbildung 106 zeigt den Energieausweis nach der Sanierung. Mit einem neuen mittleren U-Wert von 0,240 anstelle 0,590 W/m²K konnte der HWB durch die getroffenen Maßnahmen von ca. 154 auf rund 56 kWh/m²a gesenkt werden. Der Endenergiebedarf liegt somit anstelle der ursprünglichen 263,0 bei 27,2 kWh/m²a und der PEB

bei 44,3 anstelle 296,6 kWh/m²a. Dadurch konnte eine wesentliche energetische Verbesserung gegenüber dem Bestand erreicht werden (ausführlicher Energieausweis nach der Sanierung siehe Anhang 9, Seite 157).

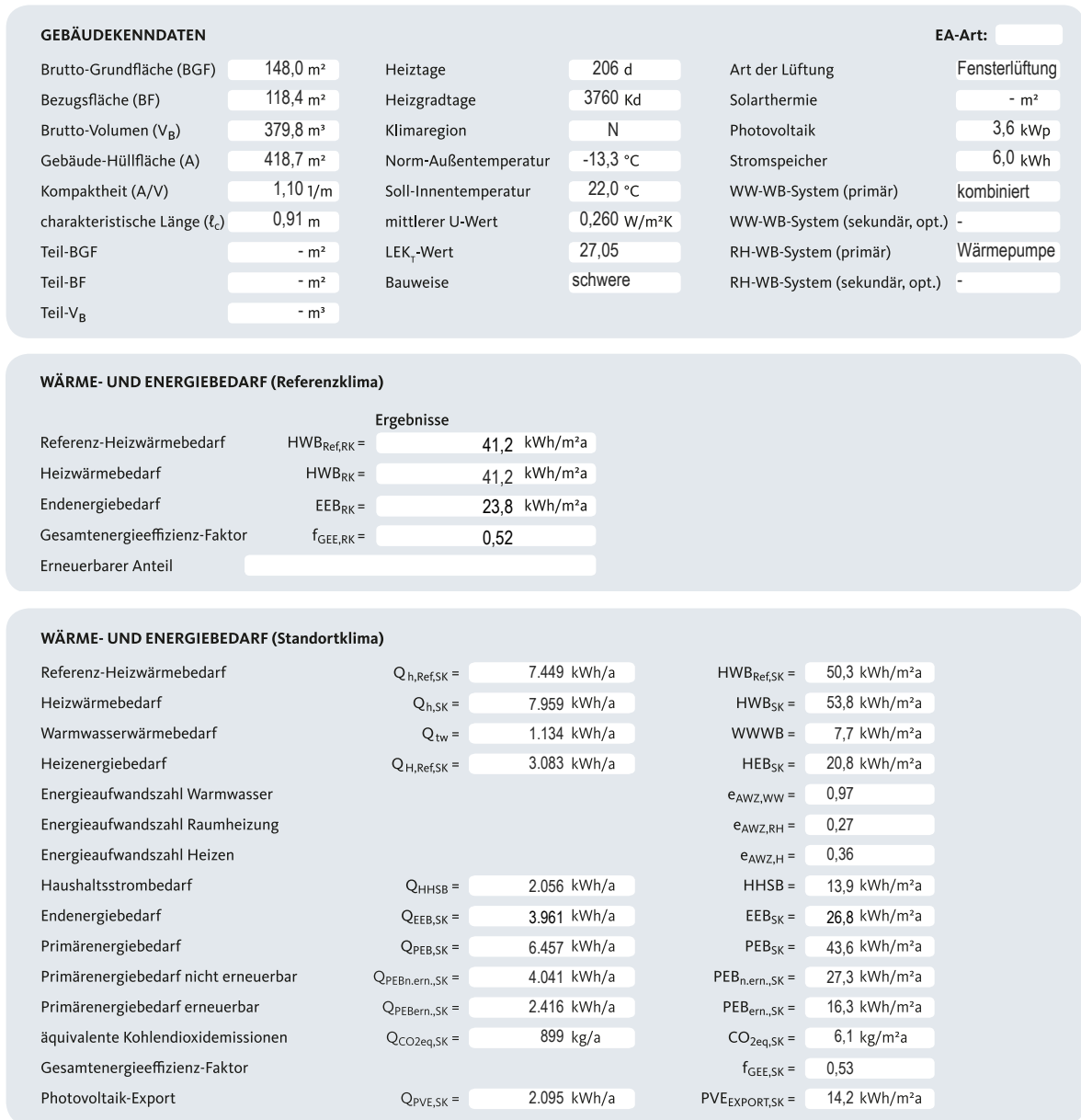


Abb.106: Energieausweis nach Sanierung

Um den Einfluss der Verschattungsmaßnahmen zu messen, musste mittels Archiphysik ein Workaround vollzogen werden. Hierfür wurde eine Projektkopie mit Deklaration als Nichtwohngebäude angelegt und anschließend die gewählte Verschattung eingetragen. Dies ergab einen außeninduzierten Kühlbedarf von 2,9 kWh/m²a (siehe Anhang 10, Seite 161). Es wird argumentiert, dass die überschüssige Wärme durch die sehr gute Querlüftung mit in der Regel kühler Waldluft größtenteils abgelüftet werden kann.

5.5.3 Simulation zu sommerlicher Überwärmung

Um den Entwurf in Hinblick auf sommerliche Überwärmung zu überprüfen, wurde die Webapplikation Thesim 3D eingesetzt. Mit dessen Hilfe ist es möglich, einen kritischen Raum in Abhängigkeit von Umgebung und geografischer Lage zu simulieren und die operative Raumtemperatur über den Tagesverlauf gegenüber der Außentemperatur abzulesen. Hierfür werden die Strahlungsdaten des 15. Juli sowie die sommerliche Normaußentemperatur (NAT-T13) für den jeweiligen Standort herangezogen.

Für die Prüfung wurden die zwei kritischsten Räume herangezogen: Der Wohnbereich im Erdgeschoß sowie das südöstliche Zimmer aus dem Obergeschoß. Softwarebedingt mussten einige Vereinfachungen der Geometrie bzw. Konstruktion unternommen werden, welche nachfolgend noch erläutert werden.

5.5.3.1 Raum 1 – Zimmer

Das durchgesteckte, südostseitig gelegene Zimmer im Obergeschoß (siehe Abbildungen 107-108) wird im Sommer über drei Fassaden sowie das Flachdach direkt von der Sonne bestrahlt. Die außenliegenden Jalousien des südwestseitigen Fensters sowie Nachtlüftung beider Fenster zwischen 20:00 und 08:00 Uhr wurden bei der Simulation berücksichtigt. Thermische Speichermasse wird durch Brettsper Holz in den Außenwänden, der Innenwand und dem Dach sowie durch Lehm-Heizestrich im Fußboden eingebracht. Folgende Vereinfachungen betreffend Konstruktion wurden für die Berechnung getroffen:

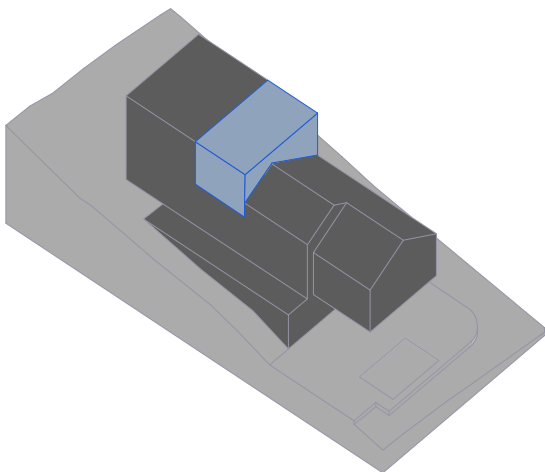


Abb.107: Lokalisierung Raum 1



Abb.108: Grundriss Raum 1

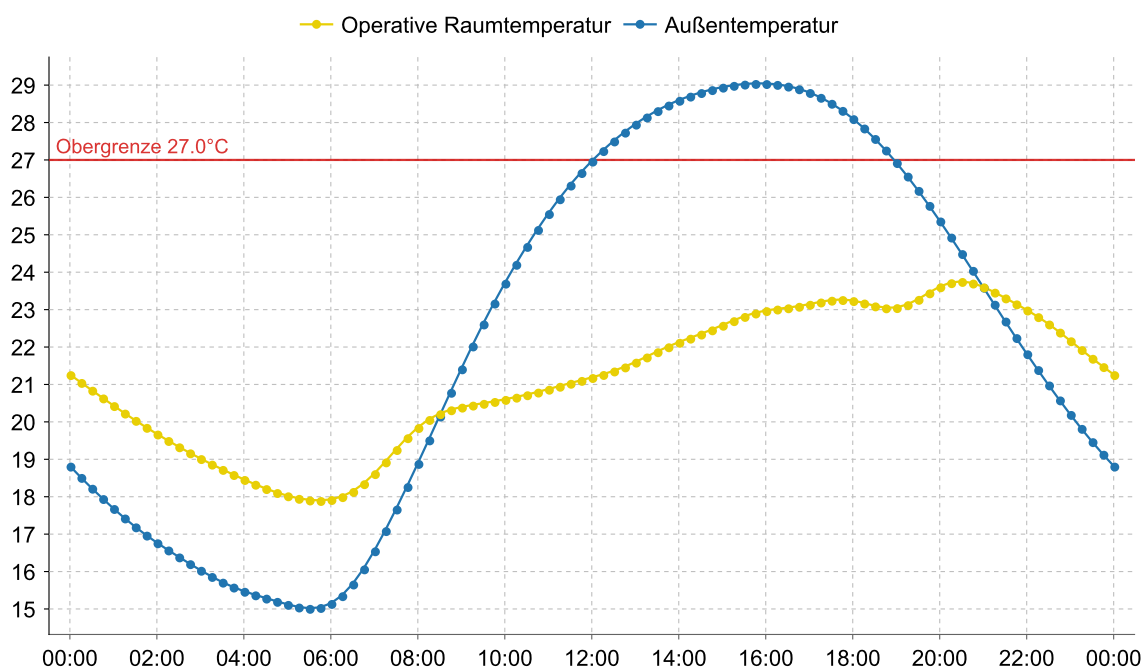


Abb.109: Thermische Simulation Raum 1

Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

- Für die Hinterlüftungsebene der Holzfassade sowie des Steildaches wurde eine stehende Luftschicht angenommen, was einen tendenziell etwas ungünstigeren Zustand darstellt.
- Für das extensive Gründach wurden die Substratschicht sowie die Wasserspeicherplatte zusammengefasst.

Abbildung 109 zeigt den simulierten tageszeitlichen Verlauf der operativen Raumtemperatur gegenüber der Außentemperatur für Raum 1. Die Außentemperatur bewegt sich zwischen ca. 15 °C gegen 05:30 Uhr und 29 °C gegen 16:00 Uhr. Im Rauminneren beginnt sie ab 06:00 Uhr kontinuierlich zu steigen und erreicht ihren Höhepunkt gegen 20:30 Uhr bei 23,6 °C, bevor sie wieder absinkt. Mithilfe der Nachtlüftung fällt die Temperatur bis zum nächsten Morgen bis auf ca. 18 °C. Das gegenüber der Außentemperatur deutlich abgeflachte Temperaturgefälle im Innenraum ist neben der konsequenten Verschattung und Nachtlüftung auf die hohe Speichermasse der Wände sowie des Daches und des Bodens zurückzuführen. Detaillierter Bericht zur thermischen Simulation siehe Anhang 11, Seite 162.

5.5.3.2 Raum 2 – Wohnraum

Der im Erdgeschoß gelegene loftartige Wohnbereich (siehe Abbildung 110-111), welcher die Nutzungen Küche, Essen und Wohnen beinhaltet, erstreckt sich über eine Länge von ca. 10,70 m und ist über die südöstliche sowie die südwestliche Fassade verglast. Die Balkontür, die Terrassentür sowie das Küchenfenster wurden

öffnenbar ausgelegt, um eine effektive Nachtlüftung zu gewährleisten. Weiters wurde eine Verschattung aller Fenster mittels außenliegender Jalousien berücksichtigt. Thermische Speichermasse wird durch die nordostseitige Bestandswand in massiver Ziegelbauweise, die südwestseitig verglaste Fassade und die Zwischenwand in Brettsperrholz sowie dem Fußboden aus Lehm-Heizestrich auf Bestandsestrich eingebracht. Die Wände des Bestandsbaus sowie die Steildächer sind in Leichtbauweise ausgeführt. Folgende Vereinfachungen betreffend Konstruktion und Geometrie wurden für die Berechnung vorgenommen:

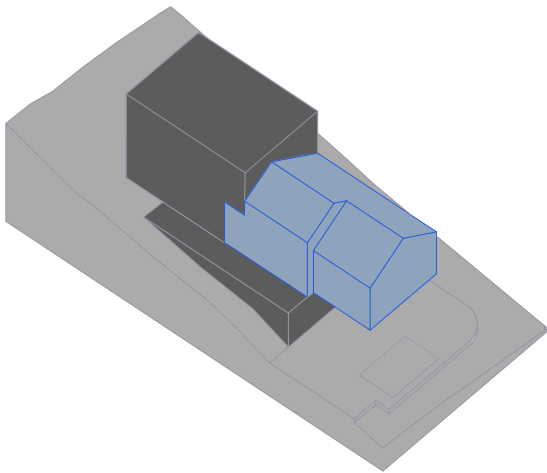


Abb.110: Lokalisierung Raum 2



Abb.111: Grundriss Raum 2

- In den nachgedämmten Außenwänden des Zubaus sowie den Steildachaufbauten wurden die zwei inhomogenen Dämmebenen zusammengefasst.
- Die Vordächer, welches sich aus den südöstlich und südwestlich auskragenden Steildächern ergeben, wurden als waagrechte Vordächer vereinheitlicht.
- Die Hohlsteindeckenschicht des Fußbodenaufbaus gen unbeheizten Keller wurde analog zum Energieausweis in zwei Schichten aufgeteilt.
- Das Fußbodenniveau des Ess- und Wohnbereiches wurde vereinheitlicht und als Aufbau jener gen unbeheizten Keller gewählt.
- Die Überbauung des Küchenbereiches wurde nicht berücksichtigt, stattdessen wurden die Steildächer über die gesamte Raumlänge angenommen.
- Die Öffnung der Tür zum Vorraum hin konnte nicht zur Unterstützung der Nachtlüftung in Gebäudelängsrichtung herangezogen werden.

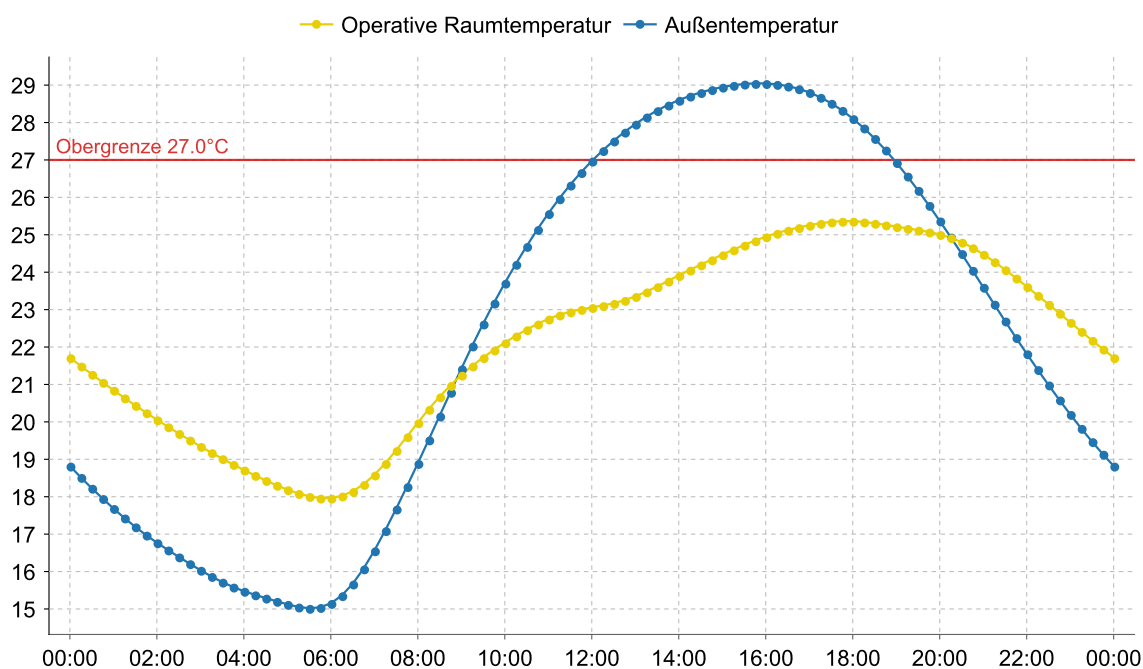


Abb.112: Thermische Simulation Raum 2

Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

Abbildung 112 zeigt den simulierten tageszeitlichen Verlauf der operativen Raumtemperatur gegenüber der Außentemperatur für Raum 2. Die Temperaturspitze erreicht hier lt. Simulation 25,4 °C und liegt damit um 1,8 °C über jener von Raum 1. Eine Erklärung dafür kann die deutlich größere Oberfläche der Außenhaut sowie der Fußboden gen unbeheizten Keller sein. Dennoch können insbesondere die folgenden Punkte das Ergebnis der Simulation verzerren: Eine Öffnung der Tür zum Vorraum konnte nicht für die Nachtlüftung berücksichtigt werden, wenngleich sie bei einer Längsdurchlüftung des Hauses zur Durchströmung weiterer Bereiche des simulierten Raumes beitragen und so massereichen Bauteilen zusätzlich Wärmeenergie entziehen würde. Weiters trägt die Vereinheitlichung des Fußbodenniveaus und dessen Konstruktion sowie das Ignorieren der teilweisen Überbauung des Raumes durch das darüberliegende Geschoß zu Ungenauigkeiten bei. Bei einer Gegenrechnung der genannten Punkte kann allerdings davon ausgegangen werden, dass das Ergebnis der Simulation größenordnungsmäßig vergleichbar ist. Detaillierter Bericht zur thermischen Simulation siehe Anhang 12, Seite 164.

5.5.3.3 Conclusio

Die Simulation der zwei kritischsten Räume in Bezug auf sommerliche Überwärmung lässt ableiten, dass durch die getroffenen Maßnahmen keine oder nur kurzfristige Überschreitungen der Komforttemperatur im Sommer zu erwarten sind. Dies ist der Voraussetzung geschuldet, dass eine regelmäßige Betätigung der Verschattungseinrichtungen sowie die konsequente Nachtlüftung durch die zukünftigen

Nutzer erfolgt. Die neu eingebrachte und teils schon vorhandene Speichermasse in Wänden, Fußböden und dem Dach birgt ein hohes Potential für die Aufnahme und zeitversetzte Abgabe von thermischer Energie, wodurch eine Überhitzung der Räume nachweislich vermieden werden kann. Dadurch sind großzügige Belichtungsöffnungen möglich, durch welche mit demselben Prinzip im Winter Energie gespeichert und so genutzt werden kann.

5.5.4 Tageslichtsimulation

Die Planung mit Tageslicht wird durch die ÖNORM EN 17037 behandelt. Sie ist besonders für aufenthaltsintensive Gebäude wie Schulen, Kindergärten, Altersheime, etc. gedacht, spielt aber grundsätzlich für all jene Räume eine wichtige Rolle, die regelmäßig über einen längeren Zeitraum genutzt werden. Somit ist sie auch für die Planung von Wohngebäuden relevant (Austrian Standards International, 2022).

Ein wichtiger Referenzwert für die Bewertung der relativen Helligkeit in Innenräumen ist der Tageslichtquotient D . Dieser beschreibt das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke im Innenraum D_i zu jener im Außenraum D_a . Er wird wie folgt berechnet: $D = (D_i : D_a) * 100$. Er bildet einen Prozentsatz ab, welcher in erster Linie durch Raumgeometrie und Belichtungsöffnungen beeinflusst wird.

Die ÖNORM EN 17037 legt die drei Empfehlungsstufen Gering, Mittel und Hoch anhand von Ziel- und Mindestbeleuchtungsstärken für 50 % sowie 95 % des Raumanteils fest (siehe Tabelle 4), welche weiterführend einen Mindestwert für den Tageslichtquotienten D definieren (siehe Tabelle 5).

Tab.4: Empfehlungen für die Tageslichtversorgung durch Tageslichtöffnungen in vertikalen und geneigten Flächen

Quelle: Ausschnitt aus ÖNORM EN 17037, Tab. A.1, S. 15

Empfehlungsstufe für vertikale und geneigte Tageslichtöffnungen	Ziel- Beleuchtungs- stärke E_T lx	Raumanteil für den Zielwert $F_{plane, %}$	Mindestziel- Beleuchtungs- stärke E_{TM} lx	Raumanteil für den Mindestzielwert $F_{plane, %}$	Anteil an Tageslichtstunden $F_{time, %}$
Gering	300	50 %	100	95 %	50 %
Mittel	500	50 %	300	95 %	50 %
Hoch	750	50 %	500	95 %	50 %

Tabelle 5 lässt abhängig vom jeweiligen Standort den Median der äußeren diffusen Beleuchtungsstärke ablesen, welcher die spezifischen Tageslichtquotienten-Werte

für die Ziel-Beleuchtungsstärken der drei Empfehlungsstufen (sowie der Mindestbeleuchtungsstärke von 100 lx) definiert. Diese Werte dienen im weiteren Verlauf als Orientierungshilfe für die Beurteilung des Entwurfes in Hinblick auf die relative Helligkeit im Innenraum.

Tab.5: Werte von D für Tageslichtöffnungen mit einer Beleuchtungsstärke von mehr als 100 lx, 300 lx, 500 lx oder 750 lx für einen Anteil der Tageslichtstunden $F_{(Zeit)}=50\%$ für unterschiedliche Hauptstädte nationaler CEN-Mitglieder
 Quelle: basierend auf Ausschnitt von ÖNORM EN 17037, Tab. A.3, S. 17

Nation	Hauptstadt ^a	Geografischer Breitengrad φ [°]	Median der äußeren diffusen Beleuchtungsstärke $E_{v,d,med}$	D von mehr als 100 lx	D von mehr als 300 lx	D von mehr als 500 lx	D von mehr als 750 lx
Kroatien	Zagreb	45,48	17 000	0,6 %	1,8 %	2,9 %	4,4 %
Slowenien	Ljubljana	46,22	17 000	0,6 %	1,8 %	2,9 %	4,4 %
Schweiz	Bern	46,25	16 000	0,6 %	1,9 %	3,1 %	4,7 %
Ungarn	Budapest	47,48	18 100	0,6 %	1,7 %	2,8 %	4,1 %
Österreich	Wien	48,12	16 000	0,6 %	1,9 %	3,1 %	4,7 %
Slowakei	Bratislava	48,20	16 300	0,6 %	1,8 %	3,1 %	4,6 %
Frankreich	Paris	48,73	15 900	0,6 %	1,9 %	3,1 %	4,7 %

Im Folgenden wird mit dem Simulationstool Daylight Visualizer 3 der Firma VELUX der Tageslichteintrag für den Entwurf geprüft. Dies erfolgt sowohl für den Tageslichtquotienten, als auch für die Beleuchtungsstärke.

5.5.4.1 Simulation des Tageslichtquotienten

Die Simulationsergebnisse für den Tageslichtquotienten sind für unterschiedliche Jahreszeiten annähernd gleich, weshalb ein über das Jahr gemittelter Quotient errechnet wurde (siehe Anhang 13, Seite 167). Es hat sich gezeigt, dass der Tageslichtquotient bis ca. 1 m hinter der Fensterebene 10 % überschreitet und in allen Aufenthaltsräumen 3,5 % nicht unterschreitet. Speziell die Sanitärbereiche sowie die Küchenarbeitsfläche vor dem Fenster profitieren von einem sehr hohen Tageslichtquotienten, da hier über den Tag hinweg viel Strom für künstliche Beleuchtung eingespart werden kann. Wie in Tabelle 6 zu sehen ist, erreichen alle Aufenthaltsräume die nach der ÖNORM EN 17037 definierten Empfehlungsstufen Mittel oder Hoch, inklusive des Vorraums im Erdgeschoß, Bad und WC. Lediglich der Vorraum im Obergeschoß sowie der Stiegenbereich erreichen die Stufe Gering.

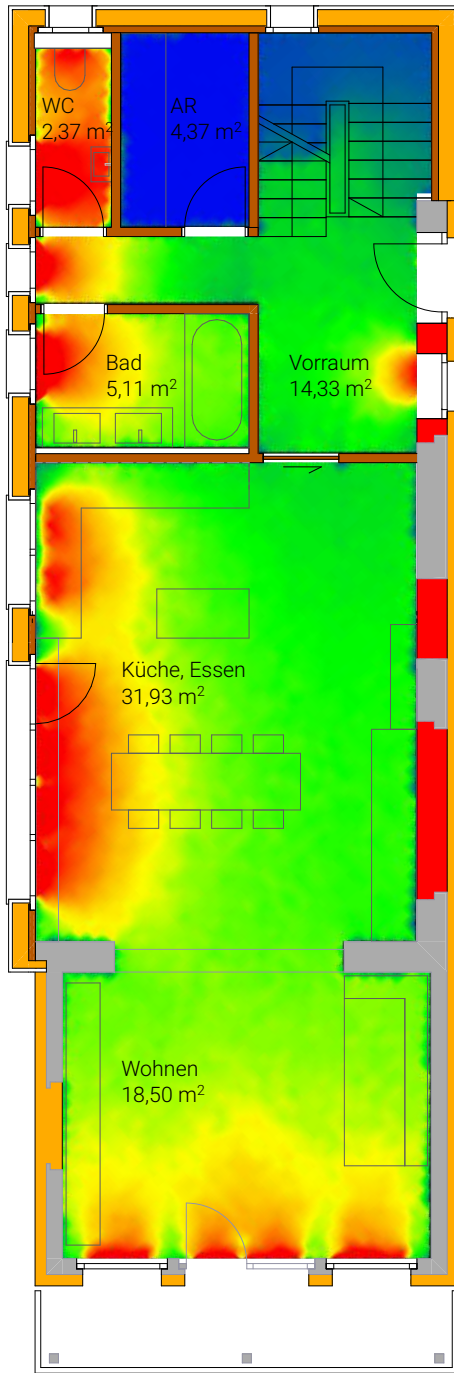


Abb.113: Grundriss EG Tageslichtquotient

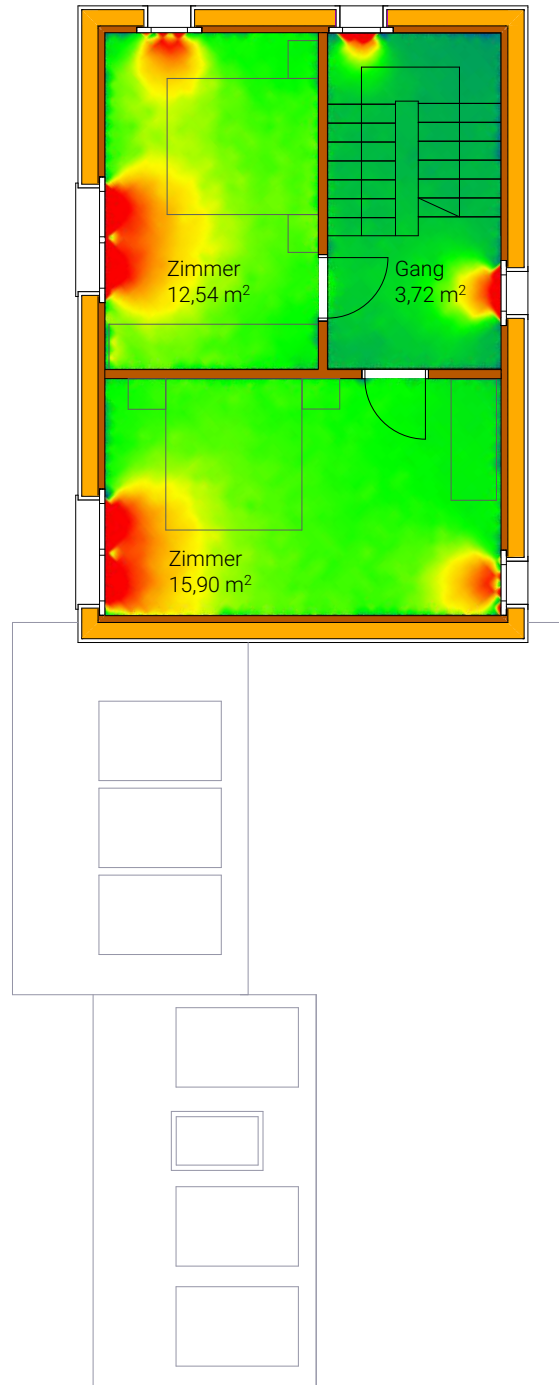


Abb.114: Grundriss OG Tageslichtquotient



M 1:100



Tab.6: Tageslichtquotienten einzelner Räume entsprechend ÖNORM EN 17037

Quelle: Dominik Fellinghauer

	Entwurf		Gering		Mittel		Hoch	
	D _A = 50%	D _A = 95%	D _{Ziel} = 1,9	D _{min} = 0,6	D _{Ziel} = 3,1	D _{min} = 1,9	D _{Ziel} = 4,7	D _{min} = 3,1
AR	0	0						
Bad	4,95	4,35					X	X
VR EG	3,81	3,26			X	X		
VR EG Stiege	1,93	1,19	X	X				
VR OG	3,05	2,63	X			X		
WC	8,45	6,74					X	X
Wohnbereich	4,81	3,72					X	X
Zimmer 1	4,35	3,79			X			X
Zimmer 2	4,66	3,96			X			X

Um den Tageslichteintrag genauer zu untersuchen, wurden im Nachfolgenden für jeden Monat des Jahres, Simulationen zu Tageslichtbeleuchtungsstärken durchgeführt. Der in die Innenräume eintreffende Lichtstrom wurde für drei unterschiedliche Tageszeiten untersucht – 07:30 Uhr, 12:00 Uhr, 17:00 Uhr. Außerdem wurden zwei verschiedene Lichtsituationen analysiert – bedeckter und sonniger Himmel. Die vegetative und bauliche Verschattung durch Bäume und Bebauung der Nachbargrundstücke wurde berücksichtigt und im Programm mittels einer Wand integriert.

5.5.4.2 Simulation der Beleuchtungsstärke für das Szenario bedeckter Himmel

Abbildungen 115-117 zeigen die Beleuchtungsstärken bei bedecktem Himmel im Winter sowie im Sommer zu drei verschiedenen Uhrzeiten und werden im Folgenden erläutert.

Um 07:30 Uhr ist die Sonne zwischen Dezember und Jänner noch nicht aufgegangen, weshalb diese Monate aus der Beurteilung zu dieser Tageszeit ausfallen. Zwischen März und Oktober erreicht die Tageslichtbeleuchtungsstärke auf den fensternahen Flächen selbst bei bedecktem Himmel zumindest 300 lx, in den Sommermonaten sogar bis über 1.000 lx (siehe Abbildung 115). Dies ist besonders für die Bereiche Bad, WC und Küchenarbeitsplatte wichtig, um selbst bei ungünstigen Wetterbedingungen konsequent Energie für künstliche Beleuchtung in den Morgenstunden einzusparen.

Um 12:00 Uhr mittags erreichen alle Räume zu allen Jahreszeiten eine Beleuchtungsstärke von zumindest 300 lx – mit Ausnahme des Vorraumes im EG in den Monaten Dezember und Jänner, hier sind es zumindest 150 lx (siehe Abbildung 116). Das steigert sich bis zum Juni hin auf mindestens 900 lx an fast jedem Punkt des Hauses, wobei in den fensternahen Bereichen inklusive der Sanitarräume über 1.200 lx vermessen werden.

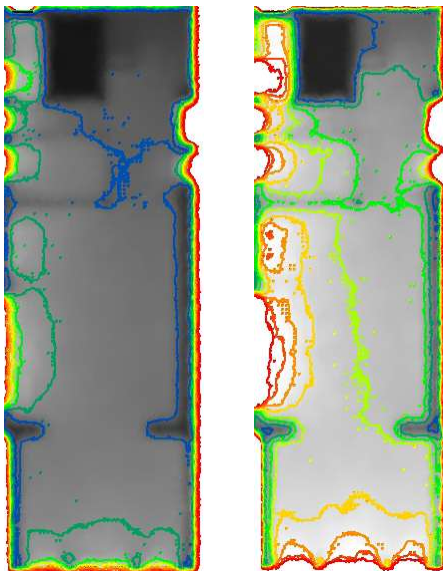


Abb.115: Beleuchtungsstärke um 07:30 Uhr bei bedecktem Himmel für den jeweils 21. der Monate März (links) und Juni (rechts)

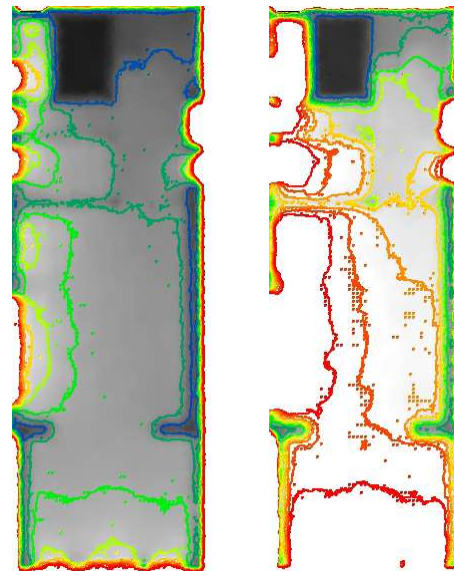


Abb.116: Beleuchtungsstärke um 12:00 Uhr bei bedecktem Himmel für den jeweils 21. der Monate Dezember (links) und Juni (rechts)

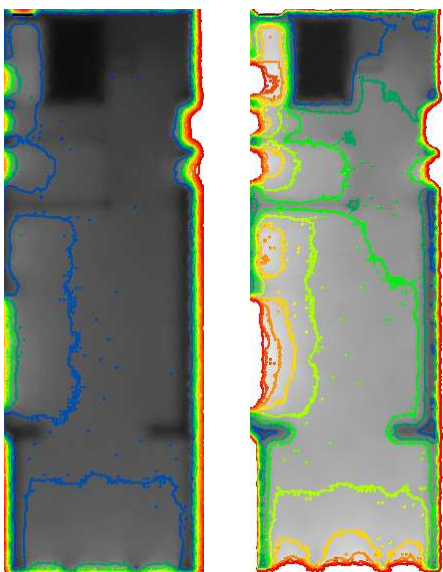


Abb.117: Beleuchtungsstärke um 17:00 Uhr bei bedecktem Himmel für den jeweils 21. der Monate März (links) und Juni (rechts)



ohne Maßstab

Um 17:00 Uhr ist die Sonne zwischen November und Februar bereits untergegangen, erstmals können zu dieser Tageszeit im März in den fensternahen Bereichen über 150 lx gemessen werden. In den Sommermonaten hingegen werden an trüben Tagen an fast jedem Punkt des Hauses mindestens 450 lx gemessen (siehe Abbildung 117). Für Informationen zu den Ergebnissen der übrigen simulierten Monaten, siehe Anhang 14, Seite 172.

5.5.4.3 Simulation der Beleuchtungsstärke für das Szenario sonniger Himmel

Das Szenario mit sonnigem Himmel ist einerseits für die Prüfung der Nutzbarkeit passiver Solarenergie in den kühlen bis kalten Jahreszeiten geeignet, wie auch andererseits zur Visualisierung der Erfordernis von Sonnenschutzmaßnahmen. Deshalb wird auf diese im Folgenden für die drei untersuchten Tageszeiten zusätzlich zu den Helligkeitswerten eingegangen.

Bei sonnigem Himmel werden um 07:30 Uhr selbst in den Monaten November und Februar kurz nach Sonnenaufgang an den hintersten Punkten des Wohnraumes sowie in Bad und WC über 300 lx gemessen (siehe Abbildung 118). Sobald die Sonne den gegenüberliegenden Berg überwunden hat, reicht sie tief bis in den Wohnbereich des Bestanzubaus und lädt diesen thermisch auf. Da sie selbst in den Sommermonaten ähnlich tief eindringt wie im Winter, ist ein Einstellen des Sonnenschutzes besonders wichtig, um thermische Einträge zu begrenzen.

Um 12:00 Uhr erreicht der Wohnraum im Hauptgebäude – die Bereiche Essen und Küche – bei Sonnenschein über das ganze Jahr hinweg zwischen 3.000 und 4.000 lx (siehe Abbildung 119). In den Wintermonaten gelangt die Sonne durch ihren flachen Einstrahlwinkel tief in den Bestanzubau, sodass hier bis über 8.000 lx vermessen werden. Je mehr sich der Messzeitpunkt den Sommermonaten annähert, desto mehr wird die ansteigende Sonne durch das Vordach vor dem Eindringen abgehalten. Zwischen April und August gelangt keine direkte Sonne in den Innenraum, weshalb hier kein Sonnenschutz erforderlich ist. In den heißesten Monaten pendelt sich die Belichtungsstärke auf etwa 4.000 lx ein.

Um 17:00 Uhr dringen bei sonnigem Himmel zu allen Jahreszeiten Sonnenstrahlen über die Südwestfassade ein (siehe Abbildung 120). Im März, wo die Sonne zu dieser Uhrzeit kurz vor dem Untergehen steht, gelangen diese bis an die gegenüberliegende Ziegelwand, laden sie mit thermischer Energie auf und erzeugen eine Beleuchtungsstärke von über 1.000 lx. In den warmen Monaten gelangt

direkte Sonnenstrahlung zumindest bis zur Hälfte der Raumtiefe des Hauptgebäudes, wobei sie im Hochsommer bereits von der westlich gelegenen Vegetation teilweise abgefangen wird. Es werden Beleuchtungsstärken von über 3.000 bis über 8.000 lx vermessen. Ein ausreichender Sonnenschutz ist daher speziell an dieser Fassade wichtig, um ungewollte Wärmeeinträge zu verhindern. Für Informationen zu den Ergebnissen der übrigen simulierten Monaten, siehe Anhang 14, Seite 172.

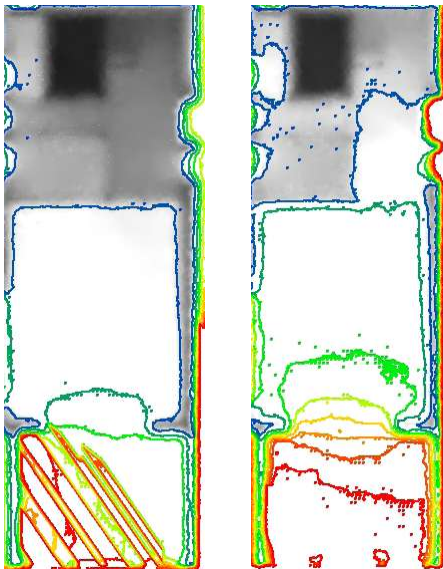


Abb.118: Beleuchtungsstärke um 07:30 Uhr bei sonnigem Himmel für den jeweils 21. der Monate März (links) und Juni (rechts)

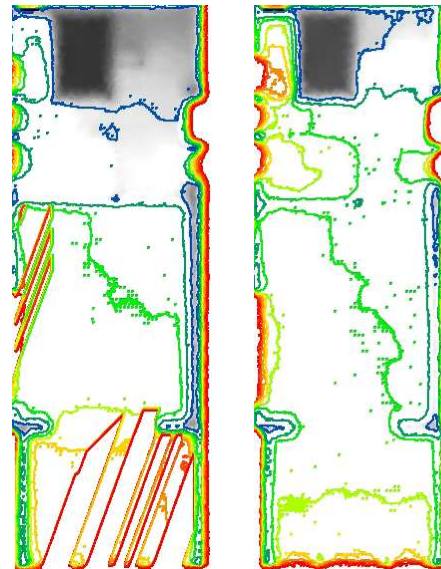


Abb.119: Beleuchtungsstärke um 12:00 Uhr bei sonnigem Himmel für den jeweils 21. der Monate Dezember (links) und Juni (rechts).

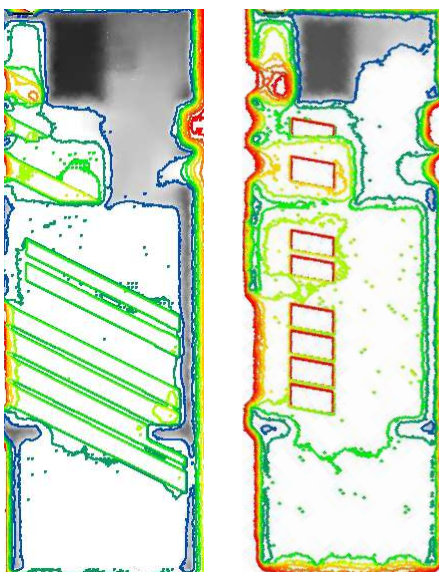


Abb.120: Beleuchtungsstärke um 17:00 Uhr bei sonnigem Himmel für den jeweils 21. der Monate März (links) und Juni (rechts)



ohne Maßstab

5.5.4.4 Simulation der Beleuchtungsstärke für das Szenario sonniger Himmel zur Wintersonnenwende

Um das Potential für eine Aufladung massereicher Bauteile mit thermischer Energie anhand der gewählten Fassadengestaltung nachzuweisen, wurde eine Simulation der Tageslichtbeleuchtungsstärke für den kürzesten Tag des Jahres vorgenommen: den 21. Dezember, Wintersonnenwende (siehe Abbildung 121).

Um 8:00 Uhr, bevor die Morgensonne den gegenüberliegenden Berg übersteigt, beträgt die Beleuchtungsstärke im Bad über 200 lx, jene im Wohnbereich bereits um 300 lx und darüber. Kurz danach trifft direkte Sonnenstrahlung über die Südostfassade des Bestandszubaus tief ins Gebäudeinnere ein und erwärmt die Böden und

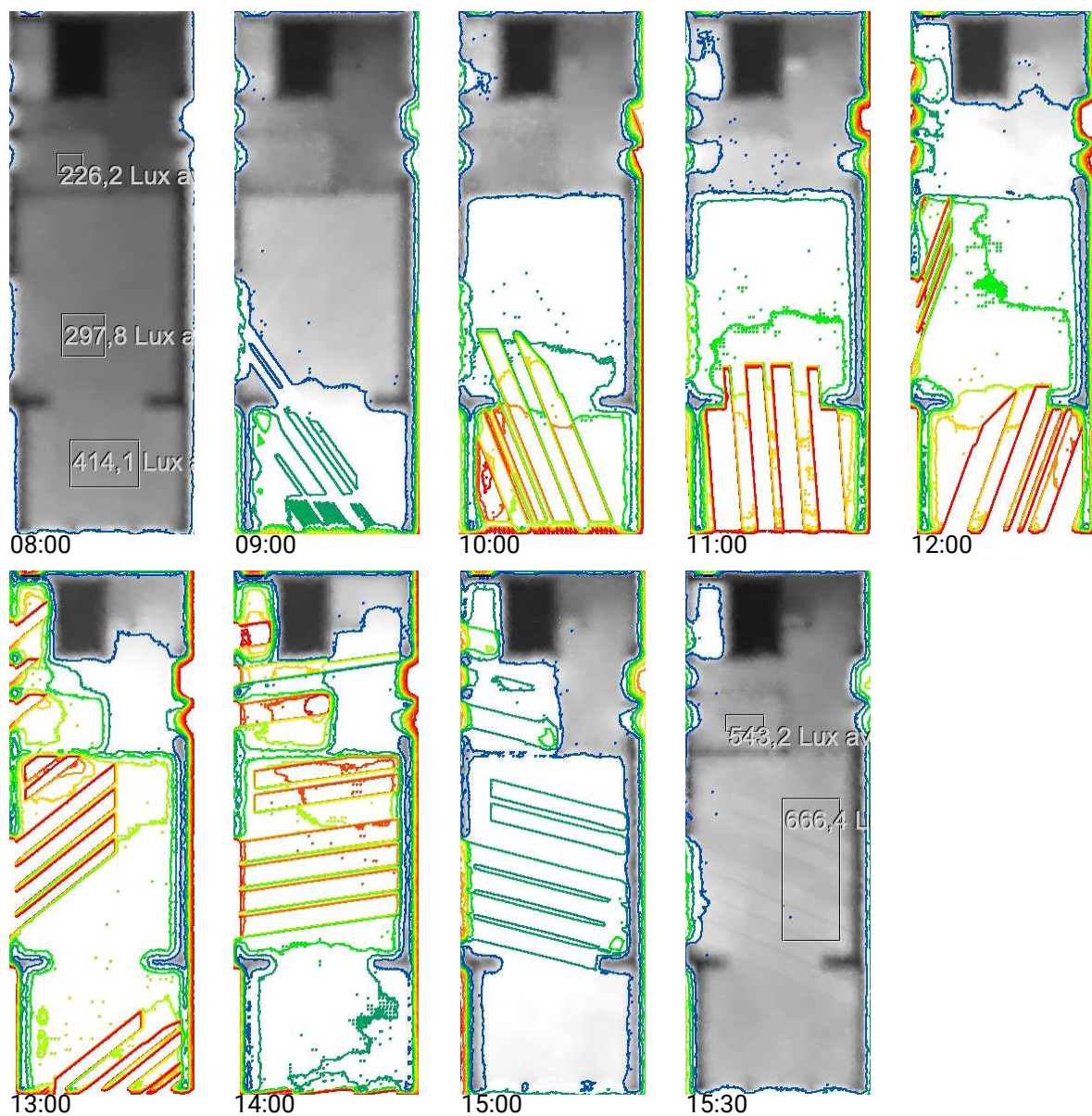


Abb.121: Beleuchtungsstärke nach Tageszeit bei sonnigem Himmel für den 21. Dezember

Wände. Die Tageslichtbeleuchtungsstärke steigt über den Vormittag auf 3.000 bis 4.000 lx im Hauptgebäude sowie auf 6.000 bis über 8.000 lx im Bestandszubau an, welcher sich durch die direkte Einstrahlung stetig aufwärmen kann.

Ab Mittag gelangt Sonnenstrahlung über die Südwestfassade aufgrund ihres flachen Neigungswinkels tief ins Innere des Hauptgebäudes und bewirkt bis zur Dämmerung eine Aufladung der massereichen Böden und Wände mit thermischer Energie.

5.5.4.5 Simulation der Beleuchtungsstärke für das Szenario sonniger Himmel zur Sommersonnenwende

Anhand der Simulation der Tageslichtbeleuchtungsstärke zum Zeitpunkt der Sommersonnenwende am 21. Juni wird die direkte Sonneneinstrahlung am längsten und somit ungünstigsten Tag des Jahres im Hochsommer verdeutlicht (siehe Abbildung 122).

Von Sonnenaufgang bis kurz vor 7:00 Uhr wird die direkte Sonneneinstrahlung von den östlich gelegenen Bäumen an der Grundstücksgrenze vor dem Eindringen ins Gebäude abgehalten. Die Tageslichtbeleuchtungsstärke beträgt bis dahin zwischen 1.000 und 2.000 lx. Ab 7:00 Uhr wächst diese in den folgenden Stunden bis über 8.000 lx an, bis die direkte Einstrahlung ab ca. 11 Uhr vollständig vom Vordach des Bestandszubaus vor dem Eindringen ins Gebäude abgehalten wird. So stellt sich im gesamten Wohnbereich über die Mittagszeit eine Beleuchtungsstärke von ca. 2.000 bis 5.000 lx ein.

Ab ca. 14 Uhr tritt direkte Sonnenstrahlung über die Südwestfassade ins Gebäude ein und heizt den Wohnraum im Hauptgebäude während der Nachmittagsstunden bis ca. 18:30 Uhr auf, bevor sie von der westlich gelegenen Vegetation vor dem Eindringen abgehalten wird. Bis dahin wird dieser sowie die Sanitärräume größtenteils mit 5.000 bis über 8.000 lx bestrahlt, in den letzten zwei Stunden mit 2.000 bis 3.000 lx.

Die Simulation macht deutlich, dass dem Sonnenschutz an den zwei Hauptfassaden Richtung Südost und Südwest besondere Bedeutung zukommt. Beide Fassaden werden in den Sommermonaten relativ lange und relativ frontal von direkter Sonneneinstrahlung erfasst, welche tief ins Gebäude eindringen kann. Außenliegende, horizontale Sonnenschutzelemente sind in diesen Fall vertikalen, innenliegenden vorzuziehen um einen größtmöglichen Verschattungseffekt zu erzielen.



ohne Maßstab

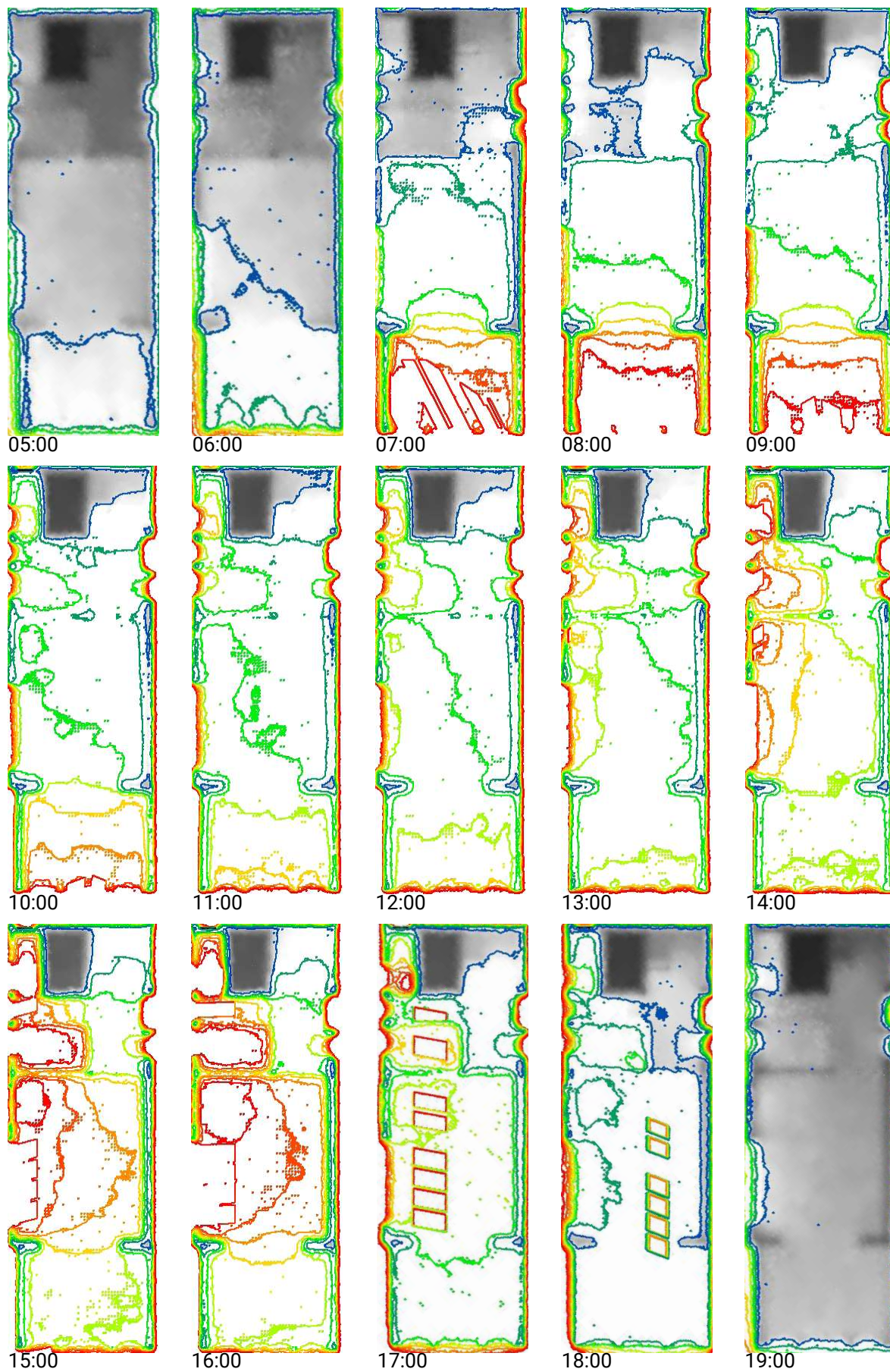


Abb.122: Beleuchtungsstärke nach Tageszeit bei sonnigem Himmel für den 21. Juni

6 CONCLUSIO

Unter Betrachtung der vorgestellten Planungsprinzipien wird sichtbar, dass es einen beträchtlichen Fundus an Mechanismen gibt, die bei intelligenter Planung erheblich zur Reduzierung des Energie- sowie Technikbedarfs beitragen kann. Eine tabellarische Zusammenstellung derer bildet das kompakte Ergebnis der theoretischen Arbeit in Tabelle 1 auf Seite 50-51 ab, welche als Ausgangspunkt eines Projektes genutzt werden kann und im vorliegenden Entwurf auch wurde.

Die Erarbeitung der Theorie erfolgte in den Kapiteln 2 Konzepte und 3 Planungsprinzipien. Es wurde sich hierbei auf die wesentlichen funktionalen Merkmale konzentriert, um durch ein Verständnis der Funktion eine Einordnung in die Werkzeugpalette von Planenden zu ermöglichen. Weiters wurden diese in Kapitel 4 Diskussion diskutiert und ihr Einfluss bzw. ihre Abhängigkeiten aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Einige der diskutierten Planungsprinzipien sind stark von den vorherrschenden Gegebenheiten, den Nutzeranforderungen oder gestalterischen Vorstellungen abhängig und in verschiedenen Größendimensionen unterschiedlich effektiv bzw. anwendbar. Eine tiefgehende Analyse mit möglichen Potentialen und Schwierigkeiten des Bestandes sowie seiner Umgebung zu Beginn einer Planung ist besonders wichtig, da die besprochenen Planungsprinzipien teils starken Einfluss auf den Entwurf haben und sich oft nur bedingt in eine bestehende Planung integrieren lassen.

Da die klimatischen Bedingungen mit der Zeit immer extremer werden, gewinnen alternative Konzepte – wie sie in der vorliegenden Arbeit aufgezeigt werden – immer mehr an Bedeutung. Einsparungen energieintensiver Heiz- und Kühlsysteme werden daher auch aus wirtschaftlicher Sicht immer lukrativer und speziell in einer vernetzten Gesellschaft, die durch Green-Marketing geprägt wird, immer wahrscheinlicher. In der vorliegenden theoretischen Arbeit wurden einige mögliche Ansätze für eine intelligente, klimaaktive Planung erläutert, um Energie für Heizung und Kühlung sowie Wartung, Reparatur und Austausch bzw. Abbruch einzusparen.

Im Entwurf hat sich gezeigt, dass einige dieser Planungsprinzipien in der Praxis schwierig oder nur bedingt, andere wiederum sehr flexibel einsetzbar sind. Die baulichen Gegebenheiten haben eine signifikante Steigerung der Kompaktheit erschwert, auch war die bestehende Gebäudeausrichtung nicht sinnvoll anpassbar. Grundlegende Parameter wie die vorherrschende Sonneneinstrahlung, Umgebungstemperaturen oder die Verschattung durch Vegetation in der Umgebung sind nicht beeinflussbar. Allerdings haben diese teils starken Einfluss auf die Potentiale von nachhaltigen Energiesystemen wie Photovoltaik, Solarthermie oder Wärmepumpen,

welche eine sehr effektive Methode darstellen, langfristig Energie einzusparen. Sie sind leicht auf unterschiedliche Anforderungen anpassbar und können somit gut auf das gegebene Projekt eingestellt werden. Um langfristig weiter Energie durch Suffizienz einsparen zu können, sind die Einbringung thermischer Speichermasse, die Etablierung thermischer Zonen sowie eines ausgereiften und zugleich einfachen Lüftungskonzepts ebenso effektive wie flexible Instrumente in der Entwurfsphase. Der Einsatz adiabater Kühlung, eines Massespeichers, Solarkamins, Energiegartens sowie die Begrünung der Gebäudehülle ist im vorliegenden Projekt prinzipiell möglich. Durch die baurechtlichen und vegetativen Gegebenheiten sind diese Instrumente allerdings nur bedingt sinnvoll, daher wurde sich auf den Einsatz eines Gründaches sowie einer Terrassenverglasung beschränkt.

Die vorliegende Arbeit erläutert und diskutiert Herausforderungen und Potentiale in der Umsetzung. Es ist erkennbar, dass für Bauaufgaben keine allgemein gültige Ableitung von Maßnahmen möglich ist. Auf Basis einer ausführlichen Analyse sollten Planungsprinzipien da eingesetzt werden, wo sie ihre Stärken aufweisen. Die Minimierung auf wenige, dafür effektive Maßnahmen in Bau- und Sanierungsprojekten – wie im vorliegenden Entwurf angewandt – erzielt den größten Effekt.

7 VERZEICHNISSE

7.1 Abbildungsverzeichnis

Alle Abbildungen ohne Quellenangabe – Quelle: Dominik Fellinghauer

Abb.1: Studie Raumlufttemperaturen 1800 bis 2010

Quelle: angelehnt an Luo et. al., 2016

Abb.2: Sonnenhaus

Quelle: angelehnt an Haselsteiner, 2022, S. 56

Abb.3: Kompaktheit nach Gebäudetypologie

Quelle: angelehnt an Koenigstein, 2020, S.155

Abb.4 a-c: Haus Luzi, Jenaz (CH) 2002, Peter Zumthor

Quelle: <https://atlasofplaces.com/architecture/luzi-house/>

Fotos: Ralph Feiner - Walter Mair

Abb.5 a-c: Solares Direktgewinnhaus N11, Zweisimmen (CH) 2014, N11 Architekten, N11 Bauingenieure

Quelle: <https://www.n11.ch/download/dt-bauzeitung3-16.pdf>

Fotos: N11 Architekten; Hubertus Adam

Abb.6 a-c: Punkthaus in Mannheim, Mannheim (DE) 2013, Günter Pfeifer

Quelle: <http://www.guenterpfeifer.de/content/punkthaus.html>

Foto: Claudius Pfeifer

Abb.7: Strahlungsleistung

Quelle: angelehnt an Cremers, 2015, S. 171

Abb.8: Sonnenschutzsystem in Abhängigkeit zur Orientierung

Quelle: angelehnt an Cremers, 2015, S. 180

Abb.9: Baulicher Sonnenschutz

Quelle: angelehnt an Treberspurg, 2011, S. 15

Abb.10 a-c: Solaraktivhaus, Kraig (AT) 2009, Architekturbüro Reinberg

Quelle: Darstellungen angelehnt an <https://reinberg.net/projekt/kraig-bei-st-veit-solaraktivhaus/>

Foto: Architekturbüro Reinberg

Abb.11: Übersicht verschiedener Verschattungssysteme

Quelle: angelehnt an Saldanha, 2021, S. 94

Abb.12 a-b: Stone Terrace, Hiroshima (JP) 2008, Kazuhide Doi Architects

Quelle: Darstellung angelehnt an <http://doi-architects.net/html/stoneterrace.html>

Foto: Kazunori Nomura

Abb.13: Luftwechsel in Abhängigkeit von Öffnung

Quelle: angelehnt an Saldanha, 2021, S. 48

Abb.14: Luftwechsel in Abhängigkeit von Bauweise

Quelle: angelehnt an Saldanha, 2021, S. 62

Abb.15: Luftwechsel

Quelle: angelehnt an Treberspurg, 2011, S. 11

Abb.16: Luftfeuchtigkeit und Temperatur

Quelle: angelehnt an Kubb, 2023

- Abb.17 a-c: Institut für Forst- und Naturforschung, Wageningen (NL) 1998, Stefan Behnisch
 Quelle: Darstellung angelehnt an <https://behnisch.com/work/projects/0022>
 Fotos: Christian Kandzia (a), Frank Ockert (b)
- Abb.18: Prinzip Glashaus
 Quelle: angelehnt an Cremers, 2015, S. 172
- Abb.19: Zusammenhang zwischen solarer Strahlung, Transmission, Absorption und langwelliger Abstrahlung
 Quelle: angelehnt an Cremers, 2015, S. 173
- Abb.20 a-c: Energetische Überformung, Heroldsberg (DE) 2012, baruccopfeifer Architektur
 Quelle: <http://www.baruccopfeifer.de/content/hoedi.html>
 Fotos: Claudius Pfeifer
- Abb.21: Prinzip Solarkamin
 Quelle: angelehnt an <https://www.build-smarter.com/solar-chimney-for-ventilation/>
- Abb.22 a-c: Cristalleries Planell, Barcelona (ESP) 2016, Harquitectes
 Quelle: <http://www.harquitectes.com/projectes/centre-civic-cristalleries-planell-barcelona/>
 Foto: Adrià Goula
- Abb.23 a-c: ASI Reisen Headquarters, Natters (AT) 2019, Snøhetta
 Quelle: <https://www.archdaily.com/946508/asi-reisen-headquarters-snohetta>
 Foto: Christian Flatscher
- Abb.24: Funktionsweise Wärmepumpe
 Quelle: angelehnt an Saldanha, 2021, S. 148
- Abb.25 a-c: Smart Block Geblergasse, Wien (AT) 2019, Zeininger Architekten
 Quelle: <https://www.zeininger.at/inhalt/textonly/gebT.html>
 Foto: Zeininger Architekten
- Abb.26: unterschiedliche Ausführungen von PV-Modulen
 Quelle: <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-planung/photovoltaik-modul-groesse-und-leistung>
- Abb.27: Solare Erträge in Abhängigkeit von der Orientierung und Aufstellwinkel.
 Quelle: angelehnt an sun4energy ecopower gmbh,
<https://www.photovoltaik.at/uploads/WLEuY4dU/ertragsscheibe.pdf>
- Abb.28 a-b: TU Plus-Energie-Bürohochhaus, Wien (AT) 2014, ARGE Hiesmayr - Gallister - Kratochwil
 Quelle: <https://www.e-genius.at/mooc/smart-cities-teil-2/woche-6-smart-building-am-beispiel-plus-energie-buerohochhaus-am-getreidemarkt/617-energiekonzept>
 Fotos: TU Wien
- Abb.29: Flachkollektor
 Quelle: <https://unitrading.at/Flachkollektor-Unitrading-265-m>
- Abb.30: Röhrenkollektor
 Quelle: <https://www.viessmann.at/de/produkte/solar/vitosol-300-tm.html>
- Abb.31: Verteilung des Warmwasser- und Wärmebedarfs im Vergleich zum Solarertrag
 Quelle: angelehnt an DDA GmbH,
<https://www.solaranlagen-portal.com/solarthermie/montage/auslegung>
- Abb.32: Sonnenstandsdiagramm für den Standort Österreich
 Quelle: basierend auf Andrew Marsh Software
<https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath2d.html>
- Abb.33 a-b: Wohnzwilling, Wolfsburg (AT) 2021, RTW Architekten
 Quelle: <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/objekte/wohnen/mehrfamilienhaeuser-wohnozwilling-in-wolfsburg-7942544>

- Fotos: Frank Aussieker (a, b), altschaffel.com (c)
- Abb.34: Schnitt Bestand
Quelle: Dominik Fellinghauer
- Abb.35: Luftbild Verortung (o.M.) mit Anmerkungen
Quelle: basierend auf Google Maps
- Abb.36: Orthofoto des Grundstücks (o.M.) mit baurechtlichen Angaben
Quelle: basierend auf Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
- Abb.37: Sonnenstandsdiagramm
Quelle: basierend auf Andrew Marsh Software
<https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath2d.html>
- Abb.104: Überslagsmäßige Elektrische Energiebilanz / Jahr
Quelle: basierend auf Online-Photovoltaik-Eigenverbrauchsrechner,
https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/ [abgerufen: 27.01.2023]
- Abb.105: Überslagsmäßige Eingenverbrauchsanalyse
Quelle: basierend auf Online-Photovoltaik-Eigenverbrauchsrechner,
https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/ [abgerufen: 27.01.2023]
- Abb.109: Thermische Simulation Raum 1
Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)
- Abb.112: Thermische Simulation Raum 2
Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)
- Abb.123: Beschreibung Klimaanalyse für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 lt. Endbericht ÖKS15
Quelle: Climate Change Centre Austria, https://klimaszenarien.at/wp-content/uploads/2022/07/OEKS15_Endbericht_kleiner-4.pdf
- Abb.124: Änderung der Mitteltemperatur für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 lt. Endbericht ÖKS15
Quelle: Climate Change Centre Austria, https://klimaszenarien.at/wp-content/uploads/2022/07/OEKS15_Endbericht_kleiner-4.pdf
- Abb.125: Änderung der Sommer-, Hitzetage für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 lt. Endbericht ÖKS15
Quelle: Climate Change Centre Austria, https://klimaszenarien.at/wp-content/uploads/2022/07/OEKS15_Endbericht_kleiner-4.pdf
- Abb.126: Änderung der Kühlgradtagzahl für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 lt. Endbericht ÖKS15
Quelle: Climate Change Centre Austria, https://klimaszenarien.at/wp-content/uploads/2022/07/OEKS15_Endbericht_kleiner-4.pdf
- Abb.127: Änderung der Heizgradtagzahl für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 lt. Endbericht ÖKS15
Quelle: Climate Change Centre Austria, https://klimaszenarien.at/wp-content/uploads/2022/07/OEKS15_Endbericht_kleiner-4.pdf
- Abb.128: Sanierungsgebiete Wien, gültig ab 2017
Quelle: Wohnfonds Wien
- Abb.138: Überslagsmäßige Berechnung mittels Photovoltaik-Eigenverbrauchsrechner
Quelle: Photovoltaik Austria, https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/
- Abb.144: Thermische Simulation Raum 1 mittels Thesim 3D, S. 1-2
Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)
- Abb.145: Thermische Simulation Raum 1 mittels Thesim 3D, S. 3-4
Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

- Abb.146: Thermische Simulation Raum 2 mittels Thesim 3D, S. 1-2
 Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)
- Abb.147: Thermische Simulation Raum 2 mittels Thesim 3D, S. 3-4
 Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)
- Abb.148: Thermische Simulation Raum 2 mittels Thesim 3D, S. 5-6
 Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

7.2 Tabellenverzeichnis

- Tab.1: Übersicht Planungsprinzipien
 Quelle: Dominik -Fellinghauer
- Tab.2: SWOT-Analyse
 Quelle: Dominik Fellinghauer
- Tab.3: Übersicht der Planungsprinzipien auf die Entwurfsaufgabe
 Quelle: Dominik Fellinghauer
- Tab.4: Empfehlungen für die Tageslichtversorgung durch Tageslichtöffnungen in vertikalen und geneigten Flächen
 Quelle: Ausschnitt aus ÖNORM EN 17037, Tab. A.1, S. 15
- Tab.5: Werte von D für Tageslichtöffnungen mit einer Beleuchtungsstärke von mehr als 100 lx, 300 lx, 500 lx oder 750 lx für einen Anteil der Tageslichtstunden $F_{(Zeit)}=50\%$ für unterschiedliche Hauptstädte nationaler CEN-Mitglieder
 Quelle: basierend auf Ausschnitt von ÖNORM EN 17037, Tab. A.3, S. 17
- Tab.6: Tageslichtquotienten einzelner Räume entsprechend ÖNORM EN 17037
 Quelle: Dominik Fellinghauer

7.3 Abkürzungsverzeichnis

HWB	Heizwärmebedarf	RCP	representative concentration pathway
KB	Kühlbedarf		
SB	Strombedarf	NO	Nordost
UHI	Urban-Heat-Island	NW	Nordwest
PV	Photovoltaik	SO	Südost
UG	Untergeschoß	SW	Südwest
EG	Erdgeschoß	FT	Fertigteil
OG	Obergeschoß	ü. A.	über Adria
		lx	Lux

7.4 Quellenverzeichnis

- Alco Wintergarten (2023) Den Sommer genießen in Ihrem Wintergarten. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.alco.at/ausstattung/belueftung/> [abgerufen: 11.02.2023]
- Atlas of Places (2023) Luzi House. [Online]. Verfügbar auf: <https://atlasofplaces.com/architecture/luzi-house/> [abgerufen: 17.02.2023]
- Austrian Standards International (2022) ÖNORM EN 17037 Ausgabe 2022-05-15: Tageslicht in Gebäuden. [Online]. Verfügbar auf: Austrian Standards. https://lesesaal.austrian-standards.at/action/de/private/details/716556/OENORM_EN_17037_2022_05_15 [abgerufen: 16.05.2023]
- barruccopfeifer Architektur (2023) Erweiterung, Umbau und energetische Überformung eines Einfamilienhauses. [Online]. Verfügbar auf: <http://www.baruccopfeifer.de/content/hoedi-p.html> [abgerufen: 16.05.2023]
- BlueGlobeReport (2021) Ergebnisbericht green.LAB. [Online]. Verfügbar auf: https://smartcities.at/wp-content/uploads/sites/3/BGR6-2021-green.LAB_klein.pdf [abgerufen: 05.01.2023]
- Bundesverband Boden e.V. (2023) Boden als Klimaanlage - Kühlungsfunktion. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.bodenwelten.de/content/boden-als-klimaanlage-kuehlungsfunktion> [abgerufen: 11.02.2023]
- Bürger, F.-J. G. (2012). Vorlesungen über energieeffizientes Bauen. Teil 1: Grundlagen.
- Climate Change Centre Austria (2023) ENDBERICHT ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich, Daten – Methoden – Klimaanalyse. [Online]. Verfügbar auf: https://klimaszenarien.at/wp-content/uploads/2022/07/OEKS15_Endbericht_kleiner-4.pdf [abgerufen: 17.02.2023]
- Cremers, J. (2015). Atlas Gebäudeöffnungen (Edition Detail). München: Ed. Detail, Institut für internationale Architektur-Dokumentation.
- David, A. (2022) Plus-Energy Office High-Rise Building. TU Wien. [Online]. Verfügbar auf: https://www.tuwien.at/fileadmin/user_upload/20220511_TUW_Building_and_Research.pdf [abgerufen: 16.01.2023]
- Deutsche Bauzeitung (2016) Ungehobelt – Büro- und Wohngebäude in Zweisimmen. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.n11.ch/download/dt-bauzeitung3-16.pdf> [abgerufen: 16.05.2023]
- DDA GmbH (2023) Auslegung & Dimensionierung einer Solarthermieanlage. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.solaranlagen-portal.com/solarthermie/warmwasserbereitung/berechnung> [abgerufen: 11.02.2023]
- DDA GmbH (2023) Solarthermie – Funktionsweise & Technik von Solarheizungen. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.solaranlagen-portal.com/solarthermie/thermische-solaranlage/funktion> [abgerufen: 11.02.2023]
- Energieinstitut Vorarlberg (2023) Was ist ein Low-Tech Gebäude? [Online]. Verfügbar auf: <https://www.energieinstitut.at/unternehmen/bauen-und-sanieren-fuer-profis/low-tech-gebaeude/was-ist-ein-low-tech-gebaeude/> [abgerufen: 17.02.2023]
- Energieleben (2023) Grüne Infrastrukturen gegen die Hitze in der Stadt. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.energieleben.at/gruene-infrastrukturen-gegen-die-hitze-in-der-stadt/> [abgerufen: 11.02.2023]
- Harquitectes (2023) Cristalleries Planell 1015. [Online]. Verfügbar auf: <http://www.harquitectes.com/projectes/centre-civic-cristalleries-planell-barcelona/> [abgerufen: 12.03.2023]
- Haselsteiner, E. (Hrsg.). (2022). Robuste Architektur Lowtech Design. München: Edition Detail.
- Heizungsfinder (2023) Luft-Luft-Wärmepumpe: Heizen via Lüftungsanlage. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.heizungsfinder.de/waermepumpe/luft-luft> [abgerufen: 13.01.2023]

- Herzberger, E. & Shaker Verlag. (2018). Hot housing - low tech.
- Hönger, C. et. al. (2013). Das Klima als Entwurfsmotor: Architektur und Energie. Luzern: Quart Verlag.
- Karle, P. (2023) Vernakuläre Architektur. [Online]. Verfügbar auf: <https://pbb.architektur.uni-siegen.de/pbb2019/styled/styled-8/photos-50/> [abgerufen: 20.02.2023]
- Kevin Schroer (2023) SWOT-Analyse. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.bwl-lexikon.de/wiki/swot-analyse/> [abgerufen: 19.02.2023]
- Kommunalkredit Public Consulting (2023) Sanierungsbonus für Private 2023/2024. [Online] Verfügbar auf: https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/umweltfoerderung/private/TGS_Priv_2023/Infoblatt_Sanierungsscheck_2023_2024_MGW.pdf
- Königstein, T. (2020). Ratgeber Energiesparendes Bauen und Sanieren (7. Auflage). Taunusstein: Blottner Verlag.
- Kubb, C. (2023) Luftfeuchtigkeit. [Online] Verfügbar auf: <https://www.biologie-schule.de/luftfeuchtigkeit.php> [abgerufen: 23.05.2023]
- Lenz, B., Schreiber, J., Stark, T. (2010). Nachhaltige Gebäudetechnik: Grundlagen, Systeme, Konzepte. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation
- Luo et. al. (2016). 'The dynamics of thermal comfort expectations: The problem, challenge and implication.' , Building and Environment, 95, S. 322-329. doi: 10.1016/j.buildenv.2015.07.015
- MA22 (2023) Leitfaden Fassadenbegrünung. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/download/pdf/3559573?originalFilename=true> [abgerufen: 24.05.2023]
- Magistrat der Stadt Wien (2022) Wiener Klimafahrplan – Unser Weg zur Klimagerechten Stadt. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.wien.gv.at/spezial/klimafahrplan/>
- Micksch, K. (2015). Energieeffiziente Lösungen im Wohnungsbau (2. Auflage). Berlin: VDE-Verlag.
- MIT Climate Portal (2023) Urban Heat Islands. [Online]. Verfügbar auf: <https://climate.mit.edu/explainers/urban-heat-islands> [abgerufen: 26.05.2023]
- Net4Energy (2023) So holst du im Winter in Österreich das Beste aus der Solarthermie. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.net4energy.com/de-at/energie/solarthermie-im-winter?hsLang=de-at> [abgerufen: 10.02.2023]
- Pfeifer, G. (2016). Kybernetische Architektur. Freiburg: syntagma-verlag.
- Photovoltaik Austria (2023) Der Stromspeicher auf einen Blick. [Online]. Verfügbar auf: <https://pv-austria.at/pv-speicher/> [abgerufen: 11.02.2023]
- Report Plus (2023) Sanierungsscheck für Private – Mehrgeschossiger Wohnbau, Report Plus, 271_N0140, pp. 24-25. [Online]. Verfügbar auf: Report.at
- Saldanha, M. de. (2021). Smart bauen: architektonische und technische Strategien für energieoptimierte Gebäude, Quartiere und Städte. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Schöck Bauteile Ges.m.b.H. (2023) Luftfeuchtigkeit. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.schoeck.com/de-at/luftfeuchtigkeit> [abgerufen: 11.02.2023]
- Smarter Homes (2023) Solar chimney for ventilation. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.build-smarter.com/solar-chimney-for-ventilation/> [abgerufen: 11.02.2023]
- Snohetta (2023) ASI Reisen Headquarters – A Lush Open Office Space in Timber. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.snohetta.com/projects/asi-reisen-headquarters> [abgerufen: 11.12.2023]
- Solaranlage (2023) Photovoltaikanlage. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/photovoltaikanlage> [abgerufen: 10.02.2023]
- Stadt Wien (2022) Merkblatt Technische Anlagen Klima-, Lüftungsanlagen, Wärmepumpen, etc.

[Online]. Verfügbar auf: <https://www.wien.gv.at/wohnen/baupolizei/pdf/merkblatt-klima-lueftung-sanlagen-waermepumpen.pdf> [abgerufen: 26.12.2022]

Statistik Austria (2023) Bevölkerung zu Jahres-/Quartalsanfang. [Online]. Verfügbar auf: <https://statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/bevoelkerung-zu-jahres-/-quartalsanfang> [abgerufen: 12.02.2023]

Teicher, P. (2022) 'Vom dynamischen Dämmen – Wohnzwilling in Wolfsburg', die Architekt, 2022 Nr. 2, S. 38-40

Treberspurg (2011) Sommertauglichkeit im Gebäudebestand. Wien: Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen, Inst. für Konstruktiven Ingenieurbau, Univ. für Bodenkultur Wien. [Online]. Verfügbar auf: <http://media.obvsg.at/AC08884186-2001>. [abgerufen: 10.10.2022]

ub.de Fachwissen GmbH (2023) Solarthermieanlagen zur Raumheizung. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.solarthermie.net/heizung> [abgerufen: 11.02.2023]

Verband für Bauwerksbegrünung (2023) Grün ist mehr als nur Fassade. [Online]. Verfügbar auf: <https://gruenstattgrau.org/fassadenbegruenung/#arten> [abgerufen: 11.02.2023]

Viessmann Ges.m.b.H. (2022) Grundlagen für Wärmepumpen - Planungsanleitung. [Online]. Verfügbar auf: https://static.viessmann.com/resources/technical_documents/DE/de/VPA/5811519VPA00009_1.pdf [abgerufen: 12.11.2022]

Wiener Wohnen (2023) Über Wiener Wohnen. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.wienerwohnen.at/ueber-uns/ueber.html> [abgerufen: 12.02.2023]

ZAMG (2023) Erwärmung in Etappen. Verfügbar auf: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/lufttemperatur> [abgerufen: 13.02.2023]

Zeininger Architekten (2023) SMART BLOCK_Geblergasse | Energiewende in der bestehenden Stadt. [Online]. Verfügbar auf: <https://www.zeininger.at/inhalt/textonly/gebT.html> [abgerufen: 16.05.2023]

7.5 Anhang

ENDBERICHT | ÖKS 15 – Klimaszenarien für Österreich | Daten – Methoden - Klimaanalyse

Anhang 1

Herbst: Die Anzahl der Niederschlagstage hat im Herbst leicht zugenommen, die Zunahme zeigt sich über alle Intensitätsklassen jedoch tendenziell mehr in den höheren Perzentilen (flächendeckend), Signal ist nur punktuell signifikant (nicht konsistent).

Winter: Die Anzahl der Niederschlagstage hat im Winter leicht abgenommen vor allem in den schwachen Niederschlagsklassen (vielerorts signifikant jedoch nicht konsistent). Die gezeigte Zunahme der Häufigkeit für die extremsten Ereignisse lässt sich nicht schlüssig an den Flagship-Stationen nachvollziehen. Auf der Alpensüdseite zeigt sich darüber hinaus auch eine Abnahme der Häufigkeit von mittleren Intensitäten bis hin zu den moderaten Extremen (vielerorts signifikant, konsistent in Graz).

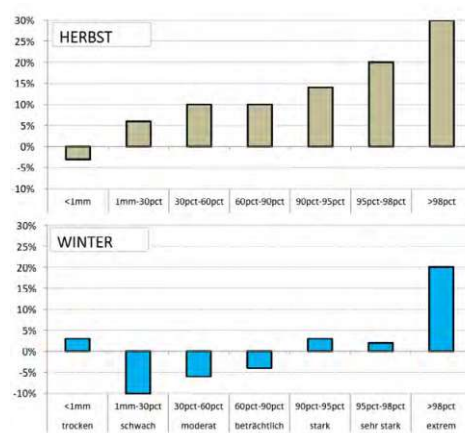


Abbildung 39: Änderung der Häufigkeit von Niederschlagstagen unterschiedlicher Intensität (Herbst, Winter)

5.2 Klimaanalyse Zukunft (Österreich)

In der Klimaanalyse wurde die simulierte zukünftige Veränderung des Klimas in Österreich untersucht. Dafür wurden die Ergebnisse aus 13 Klimamodellen für zwei unterschiedliche Treibhausgasszenarien (RCP4.5 und RCP8.5) jeweils für die **nahe Zukunft** (2021–2050) und für die **ferne Zukunft** (2071–2100) mit der Periode 1971–2001 verglichen. Für die Abschätzung der mittleren Änderung wurde der Median (also ein Mittelmaß) des Modellensembles verwendet. Zur Bewertung des Ensembles wurde einerseits die Übereinstimmung der Modelle zueinander herangezogen und andererseits geprüft, ob die Klimaänderungen pro Modell signifikant sind, sich also deutlich von ihren simulierten Schwankungen unterscheiden (weitere Details siehe Kapitel 4.4). Die folgende exemplarische Abbildung (Abbildung 40) veranschaulicht schematisch die Darstellung der in diesem Kapitel gezeigten Ergebnisse.

5.2.1 Temperatur „warm“:

tm (Mitteltemperatur)

Für die mittlere Lufttemperatur stimmen alle Modelle in beiden Szenarien in ihrem deutlichen Anstiegssignal österreichweit überein. In der **nahen Zukunft** unterscheiden sich das extremere RCP8.5 und das gemäßigte RCP4.5 Szenario mit einem durchschnittlichen Änderungssignal der mittleren Lufttemperatur von +1,3 °C bzw. +1,4 °C kaum. Die Modellergebnisse streuen dabei für RCP4.5 in einem Bereich zwischen +0,9 °C und +1,8 °C, für RCP8.5 liegt die Bandbreite zwischen +1,0 °C und +2,0 °C. Für die **ferne Zukunft** ist im Szenario RCP8.5 der Temperaturanstieg mit einem Durchschnittswert von 4,0 °C deutlich stärker ausgeprägt als im Szenario RCP4.5 mit einem Median von 2,3 °C. Die Modelle liegen hier bei RCP8.5 zwischen +3,3 °C und +5,3 °C und beim gemäßigten RCP4.5 Szenario zwischen +1,8 °C und +3,5 °C. In der **fernen Zukunft** treten die südlichen und westlichen Landesteile mit einem stärkeren Temperaturanstieg hervor. Im **Winter** ist in beiden Szenarien und Perioden die Erwärmung im Österreichmittel am stärksten ausgeprägt, im **Frühling** jeweils am schwächsten. Während sich im **Winter** die Erwärmung österreichweit gleichmäßig darstellt, treten vor allem in der **fernen Zukunft** in beiden Szenarien die südwestlichen Landesteile mit einer verstärkten Erwärmung hervor.

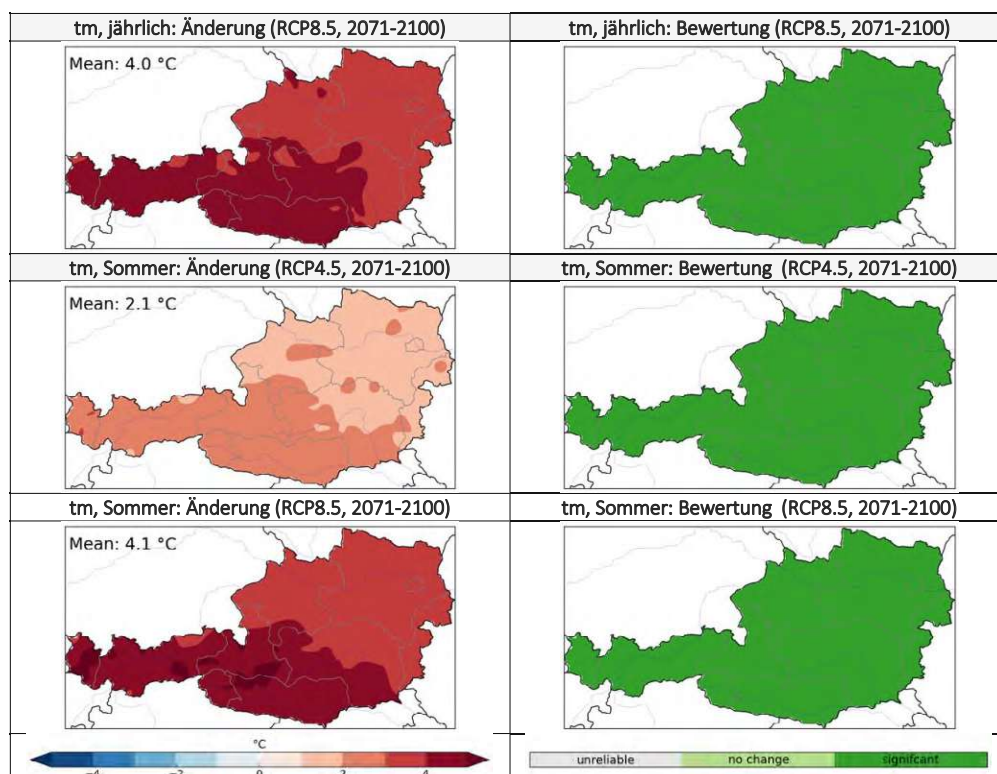


Abbildung 41: Oben: Änderung der Jahresmitteltemperatur in der fernen Zukunft des RCP8.5. Mitte: Änderung der Mitteltemperatur in den Sommermonaten der fernen Zukunft des RCP4.5. Unten: Änderung der Mitteltemperatur in den Sommermonaten der fernen Zukunft des RCP8.5.

su25, su30 (Sommertage, Hitzetage):

Mit der Zunahme der mittleren Lufttemperatur einhergehend steigt auch die Zahl der Sommer- und Hitzetage an. Für Gesamtösterreich ist in der **nahen Zukunft** in beiden Szenarien mit einer mittleren Zunahme von 11 Sommer- und 4,3 Hitzetagen zu rechnen. In der **fernen Zukunft** ergibt sich für das gemäßigte RCP4.5 Szenario eine Zunahme von 18 Sommertagen (Streuung von 13,1 Tage bis 29,8 Tage) und 7,0 Hitzetagen (Streuung von 4,6 Tage bis 13,1 Tage). Das extremere RCP8.5 Szenario liefert sogar einen Anstieg um durchschnittlich 35 Sommertage (Streuung von 25,4 Tage bis 55,6 Tage) bzw. 17,4 Hitzetage (Streuung von 11,2 Tage bis 32,4 Tage). Das Änderungssignal ist für die **nahe Zukunft** nur in tieferen Geländelagen signifikant. Auch für die **ferne Zukunft** hebt sich diese Änderung für RCP4.5 in Gebirgslagen nicht deutlich von der modellinternen Variabilität ab. In RCP8.5 wird die Änderung gegen Ende des 21. Jahrhunderts auch zunehmend in höher liegenden Regionen signifikant. Im Alpenvorland, dem pannonischen Flach- und Hügelland und dem Klagenfurter Becken (K) ist mit der stärksten Zunahme von im Mittel bis zu 37 Hitzetagen zu rechnen.

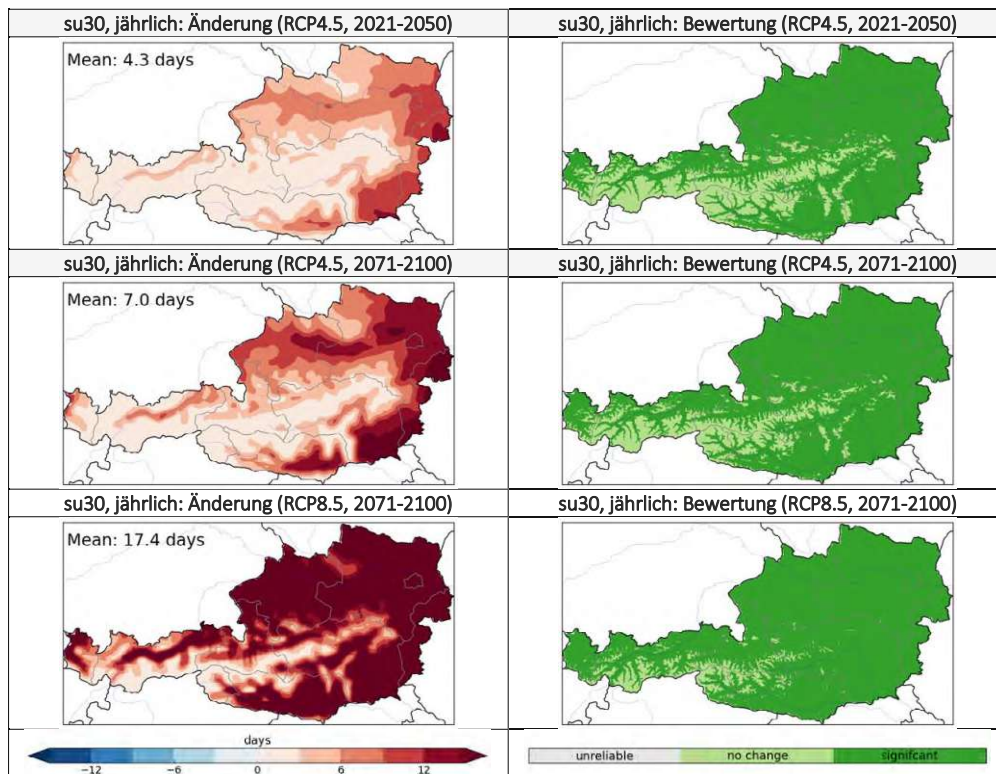


Abbildung 43: Oben: Änderung der Hitzetage in der nahen Zukunft des RCP4.5. Mitte: Änderung der Hitzetage in der fernen Zukunft des RCP4.5. Unten: Änderung der Hitzetage in der fernen Zukunft des RCP8.5.

Anhang 2

cdd (Kühlgradtagzahl):

Durch die Zunahme der mittleren Temperatur nimmt auch die Anzahl der Tage mit Kühlenergiebedarf zu. Die Zunahme der Kühlgradtage wird von den Modellen für die **nahe Zukunft** für beide Szenarien mit rund 57 °C (Kd) sehr ähnlich angezeigt. In weiten Teilen des Landes sind diese Änderungen signifikant, Ausnahmen bilden höchstgelegene Regionen. Dies gilt ebenso für die **ferne Zukunft** in RCP4.5 mit einer durchschnittlichen Zunahme von 94,3 °C (Kd) und einer Streuung von 70,2 °C (Kd) bis 154,7 °C (Kd). Für RCP8.5 wird die Zunahme im Großteil Österreichs mit Ausnahme weniger Hochgebirgslagen signifikant. Mit einem Mittelwert von rund +221,7 °C (Kd) (Streuung von 163,2 °C (Kd) bis 375,2 °C (Kd)) ist hierbei schon mit einem enormen zusätzlichen Kühlbedarf, vor allem in den östlichsten Landesteilen, zu rechnen. Die größten absoluten Änderungen ergeben sich im Alpenvorland, dem Klagenfurter Becken sowie im Nordwesten Vorarlbergs.

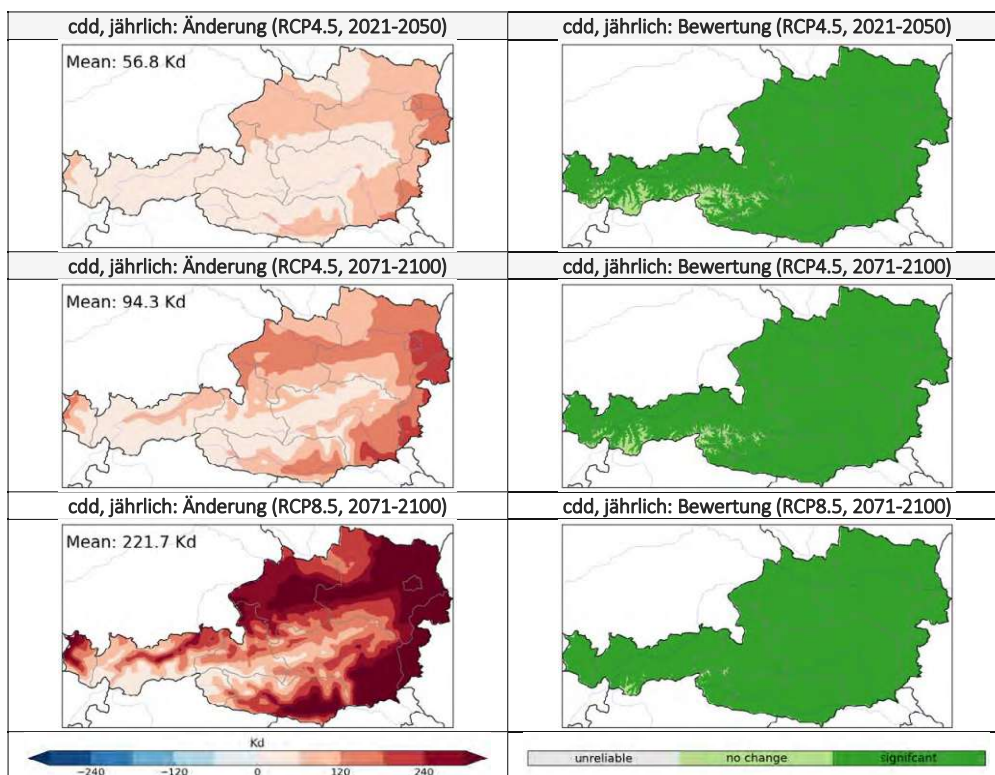


Abbildung 42: Oben: Änderung der Kühlgradtage in der nahen Zukunft des RCP4.5. Mitte: Änderung der Kühlgradtage in der fernen Zukunft des RCP4.5. Unten: Änderung der Kühlgradtage in der fernen Zukunft des RCP8.5.

5.2.2 Temperatur „kalt“:

hdd (Heizgradtagzahl):

Verbreitet zeigt sich eine deutliche Abnahme der Heizgradtagzahl in ganz Österreich. Für die **nahe Zukunft** ergeben sich auch bei diesem Klimaindex für beide Szenarien nur geringe Unterschiede. In RCP4.5 wird eine Abnahme um durchschnittlich 446 °C (Kd) (entspricht -10%) simuliert während für das RCP8.5 Szenario mit einem mittleren Rückgang von 498 °C (Kd) (entspricht -11%) zu rechnen ist. Für die **ferne Zukunft** ist in RCP4.5 eine mittlere Abnahme um 800 °C (Kd) (entspricht -18%) angezeigt. Für RCP8.5 beträgt der durchschnittlich zu erwartende Rückgang im Gesamtjahr gegen Ende des Jahrhunderts sogar 1360 °C (Kd) (entspricht -30%). Diese Reduktion der Heizgradtagzahl ist durchwegs für ganz Österreich signifikant.

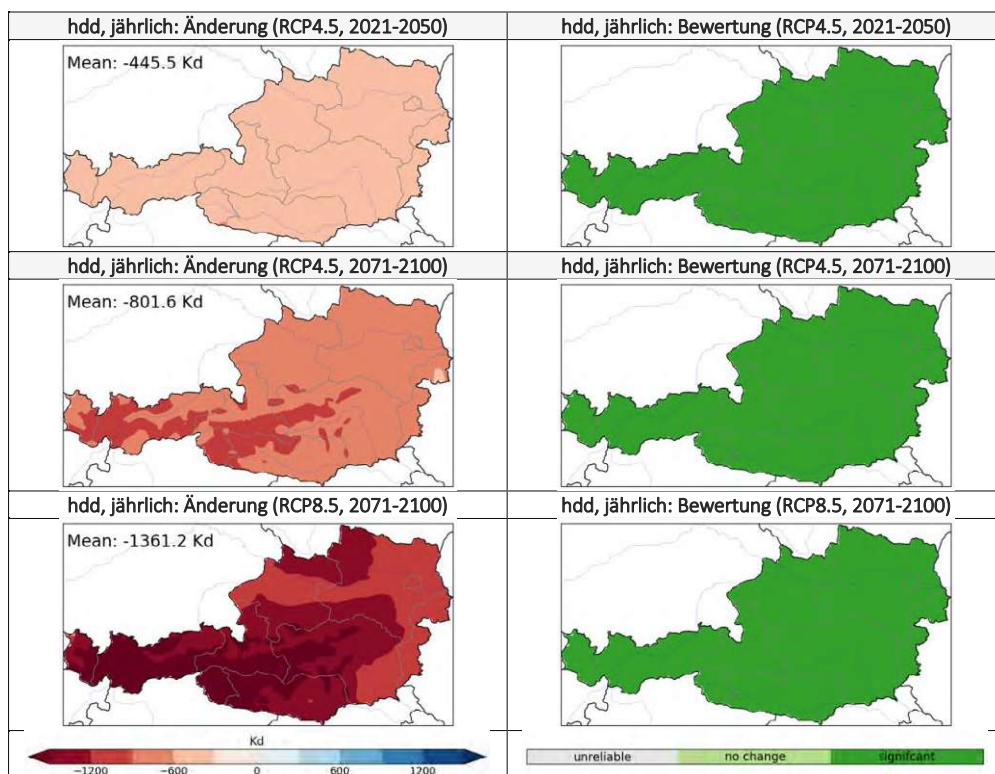


Abbildung 46: Oben: Änderung der Heizgradtage in der nahen Zukunft des RCP4.5. Mitte: Änderung der Heizgradtage in der fernen Zukunft des RCP4.5. Unten: Änderung der Heizgradtage in der fernen Zukunft des RCP8.5.

Abb.123: Änderung der Heizgradtagzahl für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 lt. Endbericht ÖKS15
 Quelle: Climate Change Centre Austria, https://klimaszenarien.at/wp-content/uploads/2022/07/OEKS15_Endbericht_kleiner-4.pdf

Anhang 3

Interview

Meran (2023) Telefonisches Interview, 03.02.

Frage 1: Welche Wärmepumpe ist Ihrer Erfahrung nach für den Einsatz bei Einfamilienhäusern wirtschaftlicher?

Im Bereich von Einfamilienhäusern sind Sole-Wasser-Wärmepumpen nur um Nuancen wirtschaftlicher als Luft-Wasser-Wärmepumpen, welche den Vorteil haben, dass keine Bohrung für eine Erdsonde unternommen werden muss. Die Leistung von Luft-Wasser-Wärmepumpen ist mit ca. 12 - 13 kW begrenzt und für Einfamilienhäuser somit kein Problem.

Frage 2: Ist eine Luft-Wasser Wärmepumpe im Winter zuverlässig? Ab welchem Temperaturniveau ist ein Leistungsabfall festzustellen?

Der Normpunkt für die Auslegung der Leistung beträgt -7 °C , darunter nimmt die Leistung ab.

Frage 3: Welche Konstruktionsweise kann bei Luft-Wasser-Wärmepumpen empfohlen werden?

Innen aufgestellte Luft-Wasser-Wärmepumpen benötigen relativ große Wanddurchbrüche für die Luftan- und Absaugung und sind gepaart mit den beweglichen und vibrierenden Teilen im Innenraum deutlich lauter zu hören als Außeneinheiten. Diese verursachen in einem Abstand von 4 m nur mehr eine Lärmimmission von ca. 30 dB und sind damit relativ leise. Da sie den überwiegenden Großteil der sich bewegenden und vibrierenden Teile beinhalten (z. B. Ventilatoren und Kompressor), beherbergt die Inneneinheit dann hauptsächlich die Heizungspumpe und ist somit sehr leise.

Anhang 4

Interview 1 / 2

Gössinger, G. (2023) Telefonisches Interview (Förderungen der Stadt Wien), 31.01.

Frage 1: Wonach richtet sich eine Zusage zur Förderung von Sanierungsmaßnahmen? Nach dem Ergebnis des Energieausweises (HWB, sommerliche Überwärmung) für den Sanierungsfall bzw. die Verbesserung gegenüber des Bestands-Energieausweises?

Die Landesförderung Wien für thermische Sanierungen richtet sich immer nach dem Energieausweis und wird durch eines der drei nachfolgenden Ermittlungsverfahren bestimmt. Grundsätzlich gilt: je höher die Einsparung und je umfangreicher die Sanierungen, desto höher die Förderung.

- Die Förderung wird durch das Verhältnis des HWB nach den Sanierungsmaßnahmen im Vergleich zum Niedrigstenergiegebäudestandard bestimmt. Die Förderung wird nach einem Zielwert verschiedener Förderstufen vergeben, welche in der Sanierungsverordnung festgeschrieben sind.
- Ein Tausch des Heizungssystems kann die Förderhöhe durch die Steigerung des Gesamtenergieeffizienzfaktors zusätzlich erhöhen. Dies dient als Belohnungssystem, alte Systeme auszutauschen
- Falls durch die vorhin genannten Punkte keine Förderung errechnet wird, kann die Bestandsverbesserung bei einem Vergleich vorher / nachher bewertet und gefördert werden – z. B. im Falle einer denkmalgeschützten Fassade oder einer Feuermauer, welche nicht zusätzlich gedämmt werden darf.

Frage 2: Was sind Sanierungsgebiete und wie stehen sie mit Förderungen in Verbindung?

- Sanierungsgebiete markieren Stadtteile mit einem hohen Substandardanteil, wenig Freiraum, soziale Verwerfungen etc. für einen Zeitraum von zehn Jahren (z. B. 2017 bis 2027). Es werden dabei der Zustand des Gebietes, der Häuser, die Bevölkerung usw. als Indikatoren hergenommen.
- Objekte werden für die Förderungen gereiht. Jene in Sanierungsgebieten werden vorgereiht. Leerstehende Gebäude, welche Totalsanierungen bedürfen, werden bevorzugt.

Frage 3: Wie kann die Sanierung von Wiener Gemeindebauten gefördert werden?

- Wiener Gemeindebauten sind im Besitz von Wiener Wohnen, also einem privaten Besitzer. Wiener Wohnen wiederum ist im Besitz der Stadt Wien.
- Ein Drittel der Sanierungen in Wien sind Gemeindewohnungen.
- Ein Viertel der Wiener Wohnungen gehört der Organisation Wiener Wohnen.

Frage 4: Wie werden Photovoltaik oder Solarthermie auf Dächern und Fassaden bzw. Wärmepumpen gefördert?

- Diese werden über Bundesförderungen gefördert, bei Flächenerweiterungen (Sanierung oder Dachgeschoßausbauten) gibt es in Wien baurechtlich sogar eine Solarverpflichtung.
- Bei Einfamilienhäusern gilt eine Verpflichtung zu Solaranlagen nach dem Solarpotentialkataster.
- Etwa acht bis neun Prozent der Wiener Wohnungen sind Einfamilienhäuser.

Frage 5: Werden bei Sanierungen Fassaden-, Dachbegrünungen oder die Begrünung auf einer vorgesetzten Ebene zur Gebäudeverschattung gefördert?

- Gefördert werden in Wien Fassaden-, Dach und Hofbegrünungen.

Frage 6: Werden Wintergärten bzw. die Verglasung von Loggien gefördert?

Die Verglasung von Loggien wird im Zuge einer thermischen Sanierung gefördert, wenn eine Wärmeschutzverglasung eingesetzt wird und der zu verglasende Raum somit zu vollwärtigem Wohnraum dazugezählt werden kann. Allerdings nur im Zuge einer Sanierung des gesamten Gebäudes, nicht nur für einzelne Parteien.

Eine Verglasung, welche nur als Pufferzone fungiert und keine erweiterte Wohnnutzfläche bildet, wird eher nicht gefördert. Grundsätzlich ist dies allerdings vom Sanierungskonzept abhängig.

Frage 7: Die Begrünung des Außenraumes (z. B. des Hofes) trägt zur Kühlung der Umgebung bei. Wird diese gefördert?

Ja, neben der Begrünungen von Dächern und Fassaden wird auch die Hofbegrünung gefördert.

Interview 2 / 2

Gössinger, G. (2023) Telefonisches Interview (Förderungen der Stadt Wien), 08.02.

Frage 1: Die Begrünungen von straßen- bzw. hofseitigen Fassaden werden von der Stadt Wien mit max. € 5.200 bzw. € 3.200 gefördert. Innenhofbegrünungen mit max. € 3.200. Bei besonders hohen Neubauten bzw. großen Höfen kann die Förderung anteilig verschwindend gering sein, da sie nicht relativ zur Fläche, sondern absolut gerechnet wird. Bei der Förderung vom Bund (Sanierungsscheck) wird die Förderung dagegen flächenanteilig gerechnet.

Begrünungsmaßnahmen zahlen sich eher für kleinere Objekte aus. Bei großen Objekten kann sie mit anderen Sanierungsmaßnahmen mitgefördert werden, z. B. bei einer thermischen Sanierung oder einem Heizungstausch.

Die Förderung der Stadt Wien ist eine reine Begrünungsförderung, grundsätzlich kann man bei anderen Fördermaßnahmen eine Begrünung mitfördern lassen. Eine Doppelförderung ist allerdings nicht möglich.

Frage 2: Die Einbringung von thermischer Speichermasse hilft erheblich, Temperaturschwankungen und somit sommerlicher Überwärmung entgegenzuwirken. Ist es vorstellbar, dass durch ein entsprechendes Sanierungskonzept auch die Einbringung von Masse durch z. B. (Heiz-) Estrich, Massivholzwände, o. Ä. gefördert wird?

Für die Einbringung von Masse gibt es keine Förderungen.

Anhang 6



Abb.125: Foto Zugang zum Grundstück

Quelle: Dominik Fellinghauer



Abb.126: Foto Zugang zum Grundstück

Quelle: Dominik Fellinghauer



Abb.127: Foto Zugang zum Grundstück
Quelle: Dominik Fellinghauer



Abb.128: Foto Zugang zum Grundstück
Quelle: Dominik Fellinghauer

Anhang 7

Energieausweis für Wohngebäude



OIB-Richtlinie 6
Ausgabe: April 2019

BEZEICHNUNG	Diplomarbeit Bestand	Umsetzungsstand	Sanierung
Gebäude(-teil)	Wohnen	Baujahr	2022
Nutzungsprofil	Wohngebäude mit einer oder zwei Nutzungseinheiten	Letzte Veränderung	
Straße	Haselbacherstraße 51	Katastralgemeinde	Hintersdorf
PLZ/Ort	3413 Hintersdorf	KG-Nr.	20132
Grundstücksnr.	294/8	Seehöhe	363 m

SPEZIFISCHER REFERENZ-HEIZWÄRMEBEDARF, PRIMÄRENERGIEBEDARF, KOHLEN-DIOXIDEMISSIONEN und GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR jeweils unter STANDORTKLIMA-(SK)-Bedingungen

	HWB _{Ref,SK}	PEB _{SK}	CO _{2eq,SK}	f _{GEE,SK}
A ++				
A +				
A				
B				
C				C
D				
E	E	E		
F			F	
G				

HWB_{Ref}: Der **Referenz-Heizwärmebedarf** ist jene Wärmemenge, die in den Räumen bereitgestellt werden muss, um diese auf einer normativ geforderten Raumtemperatur, ohne Berücksichtigung allfälliger Erträge aus Wärmerückgewinnung, zu halten.

WWWB: Der **Warmwasserwärmebedarf** ist in Abhängigkeit der Gebäudekategorie als flächenbezogener Defaultwert festgelegt.

HEB: Beim **Heizenergiebedarf** werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

HHSB: Der **Haushaltsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht in etwa dem durchschnittlichen flächenbezogenen Stromverbrauch eines österreichischen Haushalts.

RK: Das **Referenzklima** ist ein virtuelles Klima. Es dient zur Ermittlung von Energiekennzahlen.

EEB: Der **Endenergiebedarf** umfasst zusätzlich zum Heizenergiebedarf den Haushaltsstrombedarf, abzüglich allfälliger Endenergieerträge und zuzüglich eines dafür notwendigen Hilfsenergiebedarfs. Der Endenergiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss (Lieferenergiebedarf).

f_{GEE}: Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus einerseits dem Endenergiebedarf abzüglich allfälliger Endenergieerträge und zuzüglich des dafür notwendigen Hilfsenergiebedarfs und andererseits einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

PEB: Der **Primärenergiebedarf** ist der Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten. Der Primärenergiebedarf weist einen erneuerbaren (PEB_{em}) und einen nicht erneuerbaren (PEB_{n,em}) Anteil auf.

CO_{2eq}: Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnenden **äquivalenten Kohlendioxidemissionen** (Treibhausgase), einschließlich jener für Vorketten.

SK: Das **Standortklima** ist das reale Klima am Gebäudestandort. Dieses Klimamodell wurde auf Basis der Primärdaten (1970 bis 1999) der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik für die Jahre 1978 bis 2007 gegenüber der Vorfassung aktualisiert.

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten BenutzerInnenverhaltens. Sie geben den Jahresbedarf pro Quadratmeter beheizter Brutto-Grundfläche an.

Abb.129: Energieausweis Bestand, S. 1

Quelle: Dominik Fellinghauer

Energieausweis für Wohngebäude

OiB
ÖSTERREICHISCHES
INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

OiB-Richtlinie 6
Ausgabe: April 2019

GEBÄUDEKENNDATEN

EA-Art:

Brutto-Grundfläche (BGF)	<input type="text" value="79,0 m²"/>	Heiztage	<input type="text" value="288 d"/>	Art der Lüftung	<input type="text" value="Fensterlüftung"/>
Bezugsfläche (BF)	<input type="text" value="63,2 m²"/>	Heizgradtage	<input type="text" value="3845 Kd"/>	Solarthermie	<input type="text" value="- m²"/>
Brutto-Volumen (V _B)	<input type="text" value="197,5 m³"/>	Klimaregion	<input type="text" value="N"/>	Photovoltaik	<input type="text" value="- kWp"/>
Gebäude-Hüllfläche (A)	<input type="text" value="232,4 m²"/>	Norm-Außentemperatur	<input type="text" value="-13,5 °C"/>	Stromspeicher	<input type="text" value="- kWh"/>
Kompaktheit (A/V)	<input type="text" value="1,18 1/m"/>	Soll-Innentemperatur	<input type="text" value="22,0 °C"/>	WW-WB-System (primär)	<input type="text" value="kombiniert"/>
charakteristische Länge (ℓ _c)	<input type="text" value="0,85 m"/>	mittlerer U-Wert	<input type="text" value="0,590 W/m²K"/>	WW-WB-System (sekundär, opt.)	<input type="text" value="-"/>
Teil-BGF	<input type="text" value="- m²"/>	LEK _T -Wert	<input type="text" value="61,88"/>	RH-WB-System (primär)	<input type="text" value="Gasraumheize"/>
Teil-BF	<input type="text" value="- m²"/>	Bauweise	<input type="text" value="mittelschwere"/>	RH-WB-System (sekundär, opt.)	<input type="text" value="-"/>
Teil-V _B	<input type="text" value="- m³"/>				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Referenzklima)

Nachweis über den
Endenergiebedarf

		Ergebnisse		Anforderungen	
Referenz-Heizwärmebedarf	HWB _{Ref,RK} =	<input type="text" value="128,5 kWh/m²a"/>	entspricht nicht	HWB _{Ref,RK,zul} =	<input type="text" value="75,3 kWh/m²a"/>
Heizwärmebedarf	HWB _{RK} =	<input type="text" value="128,5 kWh/m²a"/>			
Endenergiebedarf	EEB _{RK} =	<input type="text" value="221,3 kWh/m²a"/>	entspricht nicht	EEB _{RK} =	<input type="text" value="130,9 kWh/m²a"/>
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	f _{GEE,RK} =	<input type="text" value="1,53"/>			
Erneuerbarer Anteil		<input type="text" value="-"/>	entspricht nicht		<input type="text" value="-"/>

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	Q _{h,Ref,SK} =	<input type="text" value="12.295 kWh/a"/>	HWB _{Ref,SK} =	<input type="text" value="155,6 kWh/m²a"/>
Heizwärmebedarf	Q _{h,SK} =	<input type="text" value="12.191 kWh/a"/>	HWB _{SK} =	<input type="text" value="154,3 kWh/m²a"/>
Warmwasserwärmebedarf	Q _{tw} =	<input type="text" value="606 kWh/a"/>	WWWB =	<input type="text" value="7,7 kWh/m²a"/>
Heizenergiebedarf	Q _{H,Ref,SK} =	<input type="text" value="19.677 kWh/a"/>	HEB _{SK} =	<input type="text" value="249,1 kWh/m²a"/>
Energieaufwandszahl Warmwasser			e _{AWZ,WW} =	<input type="text" value="2,49"/>
Energieaufwandszahl Raumheizung			e _{AWZ,RH} =	<input type="text" value="1,48"/>
Energieaufwandszahl Heizen			e _{AWZ,H} =	<input type="text" value="1,53"/>
Haushaltsstrombedarf	Q _{HHSB} =	<input type="text" value="1.097 kWh/a"/>	HHSB =	<input type="text" value="13,9 kWh/m²a"/>
Endenergiebedarf	Q _{EEB,SK} =	<input type="text" value="20.774 kWh/a"/>	EEB _{SK} =	<input type="text" value="263,0 kWh/m²a"/>
Primärenergiebedarf	Q _{PEB,SK} =	<input type="text" value="23.433 kWh/a"/>	PEB _{SK} =	<input type="text" value="296,6 kWh/m²a"/>
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	Q _{PEBn,ern,SK} =	<input type="text" value="22.763 kWh/a"/>	PEB _{n,ern,SK} =	<input type="text" value="288,1 kWh/m²a"/>
Primärenergiebedarf erneuerbar	Q _{PEB,ern,SK} =	<input type="text" value="669 kWh/a"/>	PEB _{ern,SK} =	<input type="text" value="8,5 kWh/m²a"/>
äquivalente Kohlendioxidemissionen	Q _{CO2eq,SK} =	<input type="text" value="5.109 kg/a"/>	CO _{2eq,SK} =	<input type="text" value="64,7 kg/m²a"/>
Gesamtenergieeffizienz-Faktor			f _{GEE,SK} =	<input type="text" value="1,56"/>
Photovoltaik-Export	Q _{PVE,SK} =	<input type="text" value="0 kWh/a"/>	PVE _{EXPORT,SK} =	<input type="text" value="0,0 kWh/m²a"/>

ERSTELLT

GWR-Zahl	<input type="text"/>	ErstellerIn	<input type="text" value="ArchiPHYSIK - A-NULL - SCHULVERSION"/>
Ausstellungsdatum	<input type="text" value="29.12.2022"/>	Unterschrift	<input type="text"/>
Gültigkeitsdatum	<input type="text" value="28.12.2032"/>		
Geschäftszahl	<input type="text"/>		

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingangsparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Geometrie und der Lage hinsichtlich ihrer Energiemessungen von den hier angegebenen abweichen.

Abb.130: Energieausweis Bestand, S. 2

Quelle: Dominik Fellinghauer

Ergebnisdarstellung

Diplomarbeit Bestand

Berechnungsgrundlagen

Wärmeschutz	U-Wert	ON B 8110-6-1:2019-01-15, EN ISO 10077-1:2018-02-01
Dampfdiffusion	Bewertung	ON B 8110-2: 2003
Schallschutz	R_w	ON B 8115-4: 2003
	$R_{res,w}$	ON B 8115-4: 2003
	$L'_{nT,w}$	ON B 8115-4: 2003
	$D_{nT,w}$	ON B 8115-4: 2003

Opake Bauteile

Erforderliche Werte werden in Klammer angeführt

Nummer	Bezeichnung	U-Wert W/m ² K	Dampf- diffusion	R_w dB	$L'_{nT,w}$ dB
AW-01	AW Hauptgebäude	0,724 (0,35)		62 (43)	
AW-02	AW Zubau	0,223 (0,35)		(43)	
AW-04	Kellerwand erdb.	2,481		62	
AW-05	Kellerwand gg. Außenluft	1,876		62	
DA-01	Dach über EG Bestandsdecke	0,516 (0,20)		(47)	(53)
DA-02	Dach über Zubau	0,211 (0,20)		(47)	(53)
DE-01	Decke unter EG	0,864 (0,40)		(58)	(48)
DE-02	Decke unter Zubau	0,145 (0,20)		(60)	(53)
DE-03	Boden Keller	3,831		47	

Transparente Bauteile

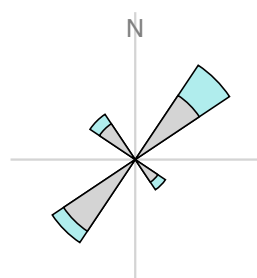
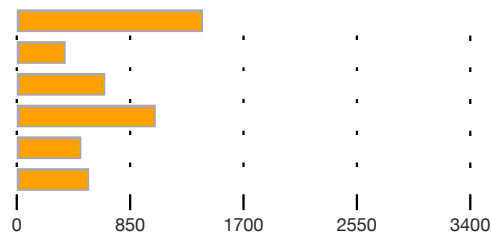
Erforderliche Werte werden in Klammer angeführt

Nummer	Bezeichnung	U-Wert W/m ² K	U-Wert _{PNM} W/m ² K	$R_w (C; C_{tr})$ dB
FE-09	Dachflächenfenster Zubau	1,150 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-10	Bad, WC	1,260 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-11	Küche	1,110 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-12	EZ	1,060 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-12	SZ, AZ	1,090 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-13	Zubau Tür	1,140 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-14	Zubau Fenster	1,180 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
TU-01	Eingangstür	0,170 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))

Gewinne

Diplomarbeit Bestand - Wohnen

	Aw m ²	Qs, h kWh/a					
Nord-Ost	14,82	1.396					
Nord-Ost, 30° geneigt	2,18	366					
Süd-Ost	3,68	663					
Süd-West	6,02	1.042					
Süd-West, 30° geneigt	2,18	484					
Nord-West	4,42	542					
	33,30	4.496					



Orientierungsdiagramm

Das Diagramm zeigt die Orientierungen und Flächen von opaken und transparenten Bauteilen

opak
 transparent

Strahlungsintensitäten

Hintersdorf, 363 m

	S kWh/m ²	SO/SW kWh/m ²	O/W kWh/m ²	NO/NW kWh/m ²	N kWh/m ²	H kWh/m ²
Jan.	41,08	32,01	17,60	11,20	10,40	26,67
Feb.	59,55	48,21	29,77	18,90	17,01	47,26
Mär.	76,79	67,19	50,39	32,79	26,39	79,99
Apr.	80,12	78,97	68,67	51,50	40,06	114,46
Mai	85,09	91,28	89,73	71,17	55,70	154,72
Jun.	75,86	86,70	88,25	74,31	58,83	154,82
Jul.	80,69	90,18	91,76	74,36	58,54	158,21
Aug.	87,11	91,33	84,30	63,23	46,36	140,51
Sep.	80,95	74,12	60,47	42,91	35,11	97,53
Okt.	70,29	58,68	39,12	24,45	20,78	61,12
Nov.	43,12	33,79	18,93	11,94	11,36	29,13
Dez.	33,59	25,88	13,23	8,29	7,90	19,76

Anhang 8

Standortdaten

Standort: Wien

Haushaltsgröße: 1 Person(en) 4 Person(en) 6 Person(en)

Stromverbrauch / Jahr: 0 kWh 4.700 kWh 10.000 kWh

Verbrauchsprofil: etwa die Hälfte

Elektrische Energiebilanz / Jahr

Erwarteter PV-Ertrag	6.185 kWh
Eigenverbrauch direkt	1.659 kWh
Eigenverbrauch mittels Akku	1.615 kWh
Eigenverbrauch Warmwasserbereitung	2.012 kWh
Summe Eigenverbrauch im Haushalt	5.286 kWh
Einspeisung ins Stromnetz	899 kWh
Strombezug aus dem Netz	1.507 kWh

Energiebilanz absolut in kWh/Jahr

Wärmepumpe	Elektroauto
------------	-------------

Daten zur PV-Anlage

PV-Neigung: 30 Grad

PV-Ausrichtung: Südwest

Installierte PV-Leistung: 0 kW_p 6 kW_p 10 kW_p

Erhöhung des Eigenverbrauchs

Elektrisches Lastmanagement: Nicht vorhanden Vorhanden

Nutzbare Akkukapazität: 0 kWh 6 kWh 10 kWh

Speichertechnologie: Lithiumbasiert Bleibasiert

Elektrische Warmwasserbereitung: 0 kW 2.5 kW 5 kW

Eigenverbrauchsanalyse

Wohin geht die erzeugte PV-Energie?

Eigenverbrauchsquote: > 80% 65% Sehr hoch

56-80%

Bewertung der Auslegung

Ihre PV-Anlagenleistung ist im Vergleich zum Stromverbrauch zwar relativ groß, dennoch haben Sie Ihre Anlage sehr ausgewogen ausgelegt und passend zum Verbrauchsprofil.

Wärmwasser-Anteil durch PV: 42 %

CO₂-Einsparung: 1,73 t

Geschätzter Flächenbedarf

für polykristalline Module	39,3 m ²
für monokristalline Module	36,5 m ²
für Dünnschichtmodule (CIGS)	46,8 m ²
für Hochleistungsmodule	32,2 m ²

Abb.133: Übersichtsmäßige Berechnung mittels Photovoltaik-Eigenverbrauchsrechner
 Quelle: Photovoltaik Austria, https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/

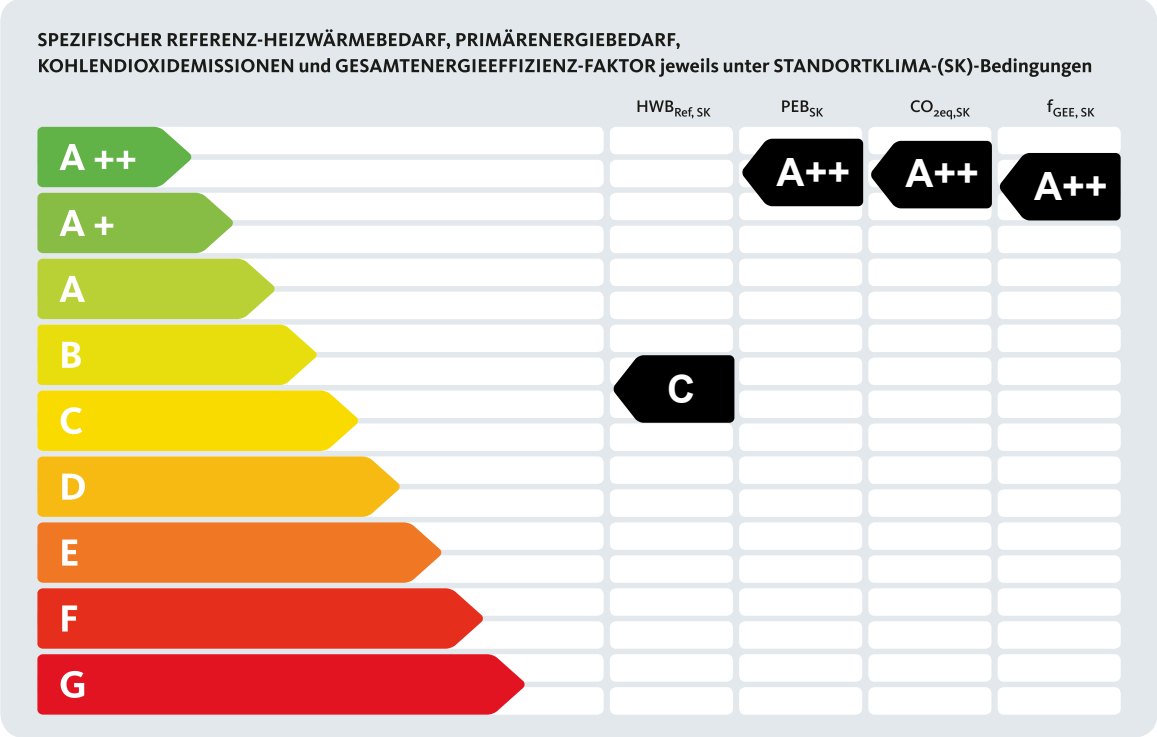
Anhang 9

Energieausweis für Wohngebäude



OIB-Richtlinie 6
Ausgabe: April 2019

BEZEICHNUNG	Diplomarbeit Sanierung und Erweiterung	Umsetzungsstand	Sanierung
Gebäude(-teil)	Wohnen	Baujahr	1970
Nutzungsprofil	Wohngebäude mit einer oder zwei Nutzungseinheiten	Letzte Veränderung	
Straße	Haselbacherstraße 51	Katastralgemeinde	Hintersdorf
PLZ/Ort	3413 Hintersdorf	KG-Nr.	20132
Grundstücksnr.	294/8	Seehöhe	283 m



HWB_{Ref}: Der **Referenz-Heizwärmebedarf** ist jene Wärmemenge, die in den Räumen bereitgestellt werden muss, um diese auf einer normativ geforderten Raumtemperatur, ohne Berücksichtigung allfälliger Erträge aus Wärmerückgewinnung, zu halten.

WWWB: Der **Warmwasserwärmebedarf** ist in Abhängigkeit der Gebäudekategorie als flächenbezogener Defaultwert festgelegt.

HEB: Beim **Heizenergiebedarf** werden zusätzlich zum Heiz- und Warmwasserwärmebedarf die Verluste des gebäudetechnischen Systems berücksichtigt, dazu zählen insbesondere die Verluste der Wärmebereitstellung, der Wärmeverteilung, der Wärmespeicherung und der Wärmeabgabe sowie allfälliger Hilfsenergie.

HHSB: Der **Haushaltsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt. Er entspricht in etwa dem durchschnittlichen flächenbezogenen Stromverbrauch eines österreichischen Haushalts.

RK: Das **Referenzklima** ist ein virtuelles Klima. Es dient zur Ermittlung von Energiekennzahlen.

EEB: Der **Endenergiebedarf** umfasst zusätzlich zum Heizenergiebedarf den Haushaltsstrombedarf, abzüglich allfälliger Endenergieerträge und zuzüglich eines dafür notwendigen Hilfsenergiebedarfs. Der Endenergiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss (Lieferenergiebedarf).

f_{GEE}: Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus einerseits dem Endenergiebedarf abzüglich allfälliger Endenergieerträge und zuzüglich des dafür notwendigen Hilfsenergiebedarfs und andererseits einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

PEB: Der **Primärenergiebedarf** ist der Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten. Der Primärenergiebedarf weist einen erneuerbaren (PEB_{ern}) und einen nicht erneuerbaren (PEB_{non-ern}) Anteil auf.

CO_{2eq}: Gesamte dem Endenergiebedarf zuzurechnenden **äquivalenten Kohlendioxidemissionen** (Treibhausgase), einschließlich jener für Vorketten.

SK: Das **Standortklima** ist das reale Klima am Gebäudestandort. Dieses Klimamodell wurde auf Basis der Primärdaten (1970 bis 1999) der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik für die Jahre 1978 bis 2007 gegenüber der Vorfassung aktualisiert.

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten BenutzerInnenverhaltens. Sie geben den Jahresbedarf pro Quadratmeter beheizter Brutto-Grundfläche an.

Abb.134: Energieausweis Sanierung, S. 1
Quelle: Dominik Fellinghauer

Energieausweis für Wohngebäude

oib ÖSTERREICHISCHES
INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

OIB-Richtlinie 6
Ausgabe: April 2019

GEBÄUDEKENNDATEN

EA-Art:

Brutto-Grundfläche (BGF)	148,0 m ²	Heiztage	206 d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Bezugsfläche (BF)	118,4 m ²	Heizgradtage	3760 Kd	Solarthermie	- m ²
Brutto-Volumen (V _B)	379,8 m ³	Klimaregion	N	Photovoltaik	3,6 kWp
Gebäude-Hüllfläche (A)	418,7 m ²	Norm-Außentemperatur	-13,3 °C	Stromspeicher	6,0 kWh
Kompaktheit (A/V)	1,10 1/m	Soll-Innentemperatur	22,0 °C	WW-WB-System (primär)	kombiniert
charakteristische Länge (ℓ _c)	0,91 m	mittlerer U-Wert	0,260 W/m ² K	WW-WB-System (sekundär, opt.)	-
Teil-BGF	- m ²	LEK _T -Wert	27,05	RH-WB-System (primär)	Wärmepumpe
Teil-BF	- m ²	Bauweise	schwere	RH-WB-System (sekundär, opt.)	-
Teil-V _B	- m ³				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Referenzklima)

Ergebnisse

Referenz-Heizwärmebedarf	HWB _{Ref,RK} =	41,2 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf	HWB _{RK} =	41,2 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	EEB _{RK} =	23,8 kWh/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	f _{GEE,RK} =	0,52
Erneuerbarer Anteil		

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	Q _{h,Ref,SK} =	7.449 kWh/a	HWB _{Ref,SK} =	50,3 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf	Q _{h,SK} =	7.959 kWh/a	HWB _{SK} =	53,8 kWh/m ² a
Warmwasserwärmebedarf	Q _{tw} =	1.134 kWh/a	WWWB =	7,7 kWh/m ² a
Heizenergiebedarf	Q _{H,Ref,SK} =	3.083 kWh/a	HEB _{SK} =	20,8 kWh/m ² a
Energieaufwandszahl Warmwasser			e _{AWZ,WW} =	0,97
Energieaufwandszahl Raumheizung			e _{AWZ,RH} =	0,27
Energieaufwandszahl Heizen			e _{AWZ,H} =	0,36
Haushaltsstrombedarf	Q _{HHSB} =	2.056 kWh/a	HHSB =	13,9 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	Q _{EEB,SK} =	3.961 kWh/a	EEB _{SK} =	26,8 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf	Q _{PEB,SK} =	6.457 kWh/a	PEB _{SK} =	43,6 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	Q _{PEBn,ern,SK} =	4.041 kWh/a	PEB _{n,ern,SK} =	27,3 kWh/m ² a
Primärenergiebedarf erneuerbar	Q _{PEBern,SK} =	2.416 kWh/a	PEB _{ern,SK} =	16,3 kWh/m ² a
äquivalente Kohlendioxidemissionen	Q _{CO2eq,SK} =	899 kg/a	CO _{2eq,SK} =	6,1 kg/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor			f _{GEE,SK} =	0,53
Photovoltaik-Export	Q _{PVE,SK} =	2.095 kWh/a	PVE _{EXPORT,SK} =	14,2 kWh/m ² a

ERSTELLT

GWR-Zahl	<input type="text"/>	ErstellerIn	ArchiPHYSIK - A-NULL - SCHULVERSION
Ausstellungsdatum	31.05.2023	Unterschrift	<input type="text"/>
Gültigkeitsdatum	30.05.2033		
Geschäftszahl	<input type="text"/>		

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingangsparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten unterschiedlicher Lage können aus Gründen der Geometrie und der Lage hinsichtlich ihrer Energiekennzahlen von den hier angegebenen abweichen.

Abb.136: Energieausweis Sanierung, S. 2

Quelle: Dominik Fellinghauer

Ergebnisdarstellung

Diplomarbeit Sanierung und Erweiterung

Berechnungsgrundlagen

Wärmeschutz	U-Wert	ON B 8110-6-1:2019-01-15, EN ISO 10077-1:2018-02-01
Dampfdiffusion	Bewertung	ON B 8110-2: 2003
Schallschutz	R_w	ON B 8115-4: 2003
	$R_{res,w}$	ON B 8115-4: 2003
	$L'_{nT,w}$	ON B 8115-4: 2003
	$D_{nT,w}$	ON B 8115-4: 2003

Opake Bauteile

Erforderliche Werte werden in Klammer angeführt

Nummer	Bezeichnung	U-Wert W/m ² K	Dampf- diffusion	R_w dB	$L'_{nT,w}$ dB
AW-01	Außenwand Hauptgebäude	0,142 (0,35)		(43)	
AW-02	Außenwand Zubau	0,102 (0,35)		(43)	
AW-03	Außenwand Neubau BSP	0,148 (0,35)		(43)	
AW-03	Außenwand Neubau HRB	0,154 (0,35)		(43)	
AW-04	Kellerwand erdb.	2,481		62	
AW-05	Kellerwand gg. Außenluft	1,876		62	
DA-01	Dach über EG	0,172 (0,20)		(47)	(53)
DA-02	Dach über Zubau	0,122 (0,20)		(47)	(53)
DA-03	Dach über Neubau	0,165 (0,20)		(47)	(53)
DE-01	Decke unter EG	0,265 (0,40)		(58)	(48)
DE-02	Decke unter Zubau	0,145 (0,20)		(60)	(53)
DE-03	Boden Keller	3,831		47	

Transparente Bauteile

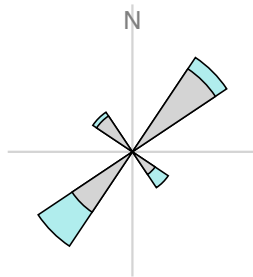
Erforderliche Werte werden in Klammer angeführt

Nummer	Bezeichnung	U-Wert W/m ² K	U-Wert _{PNM} W/m ² K	R_w (C; C _{tr}) dB
FE-01	Fensterwand Hauptgebäude	0,820 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-02	Fenster 150/225	0,810 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-02	Fenster 70 x 125	0,900 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-02	Fenster 70 x 210	0,880 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-02	Fenster 90 x 210	0,850 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-02	Fenster 90 x 250	0,840 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-02	Fenster Küche	0,830 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-03	Fenster Zubau Bestand	0,860 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-03	Fenster Zubau Neu	0,840 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-05	Fenster Zimmer VR	0,840 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-06	Fenster Zimmer 1 SO	0,850 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
FE-09	Dachflächenfenster Zubau	0,550 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))
TU-01	Eingangstür	0,170 (1,40)		0 (-; -) (28 (-; -))

Gewinne

Diplomarbeit Sanierung und Erweiterung - Wohnen

	Aw m ²	Qs, h kWh/a	
Nord-Ost	9,31	553	
Süd-Ost	12,23	2.078	
Süd-West	29,99	5.334	
Süd-West, 30° geneigt	1,20	325	
Nord-West	3,65	363	
	56,38	8.654	



Orientierungsdiagramm

Das Diagramm zeigt die Orientierungen und Flächen von opaken und transparenten Bauteilen

- opak
- transparent

Strahlungsintensitäten

Hintersdorf, 283 m

	S kWh/m ²	SO/SW kWh/m ²	O/W kWh/m ²	NO/NW kWh/m ²	N kWh/m ²	H kWh/m ²
Jan.	35,06	28,21	17,40	12,12	11,60	26,36
Feb.	55,36	45,42	29,81	20,82	19,40	47,31
Mär.	75,53	66,69	50,62	33,75	27,32	80,35
Apr.	80,38	79,23	68,89	51,67	40,19	114,82
Mai	88,99	93,67	90,55	71,81	56,20	156,12
Jun.	78,63	88,06	89,63	75,48	59,75	157,26
Jul.	81,31	90,87	92,47	74,93	58,98	159,43
Aug.	88,51	91,32	82,89	60,41	44,95	140,49
Sep.	81,14	74,30	59,63	43,01	35,19	97,76
Okt.	67,31	56,81	39,52	25,93	22,84	61,75
Nov.	38,49	30,67	18,52	12,73	12,15	28,94
Dez.	30,06	23,62	12,88	8,78	8,39	19,52

Anhang 10

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Referenzklima)			Nachweis über den Endenergiebedarf	
	Ergebnisse		Anforderungen	
Referenz-Heizwärmebedarf	$HWB_{Ref,RK} =$	49,4 kWh/m ² a entspricht	$HWB_{Ref,RK,zul} =$	64,6 kWh/m ² a
Heizwärmebedarf	$HWB_{RK} =$	46,9 kWh/m ² a		
Außeninduzierter Kühlbedarf	$KB^*_{RK} =$	2,9 kWh/m ² a entspricht nicht	$KB^*_{RK,zul} =$	2,0 kWh/m ² a
Endenergiebedarf	$EEB_{RK} =$	46,5 kWh/m ² a entspricht	$EEB_{RK,zul} =$	64,7 kWh/m ² a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	$f_{GEE,RK} =$	0,71		
Erneuerbarer Anteil	-	entspricht	Punkt 5.2.3 a, b, c	

Abb.139: Außeninduzierter Kühlbedarf nach der Sanierung

Quelle: Dominik Fellinghauer

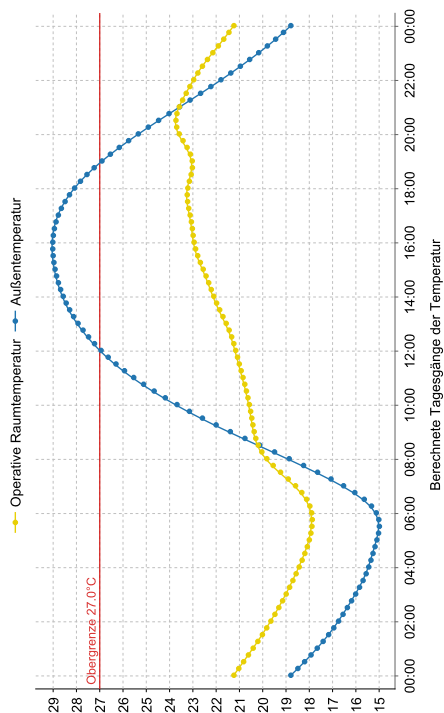
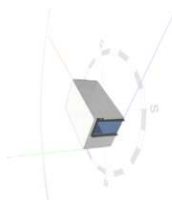
Anhang 11

Thesim 3D

Ergebnisausdruck
Zimmer

Projekt: Zimmer

Thermische, dynamische Raumsimulation zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung
Fragestellung: operative Temperatur
Zeitzone: mitteleuropäische Sommerzeit (UTC+2)



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
Operative Raumtemperatur	21.3	20.4	19.7	19.0	18.5	18.0	17.9	18.6	19.9	20.4	20.6	20.9	21.2
Außentemperatur	18.8	17.7	16.8	16.0	15.5	15.1	15.2	16.6	18.9	21.4	23.7	25.6	27.0
Operative Raumtemperatur	21.6	22.1	22.6	23.0	23.1	23.2	23.1	23.6	23.6	23.0	22.2	21.3	23.6
Außentemperatur	28.0	28.6	28.9	29.0	28.8	28.1	26.9	25.4	23.6	21.8	20.2	18.8	29.0

Validierung: Der Rechen Kern von Thesim 3D, das thermisch dynamische Gebäudesimulationsprogramm GEBA V10.0 ist nach ÖNORM EN ISO 13792:2012 Klasse 1 validiert. Die Verschattungsrechnung von Thesim 3D ist nach ÖNORM EN ISO 13791:2012 validiert. Disclaimer: Thesim 3D ist das Ergebnis akademischer Forschung und wird zur Nutzung "as is" zur Verfügung gestellt. Es wird keine Gewährleistung übernommen, insbesondere nicht dafür, dass Thesim 3D für bestimmte Zwecke geeignet ist oder dafür, dass die Nutzung von Thesim 3D keinen Eigentumsverlust, die Schließung von Unternehmen oder andere rechtliche Konsequenzen nach sich zieht. Thesim 3D ist urheberrechtlich geschützt. © 2017-2020, Thesim 3D, Dr. Ingrid Isenhardt und Ulf Hoffmann, DI Dr. Ingrid Isenhardt, Architektur- und Bauforschung GmbH

Thesim 3D

Eingabedokumentation
Zimmer

Standortdaten

Standort: Hintersdorf (N) Seehöhe: 48° 18' N, 16° 13' O 288,0 m

Außenklima: Lufttemperatur: 22,4°C Tagesschwankung: 14,0 K Bodentemperatur: 20,0°C Tagesschwankung: 20,0°C

Sonnenstrahlung: Tribungsfaktor nach Linke: 4,500 Diffusstrahlungsfaktor nach Reitz: 0,333 Reflexionszahl der Umgebung (Albedo): 0,200 Datum: 15.7. Sonnenaufgang (berechnet): 5:11 Sonnenuntergang (berechnet): 20:51

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 1 Bezeichnung: AW-03 Neubau BSP

Schichtaufbau:	Schichtdicke [cm]	Wärmeleitfähigkeit [W/(m·K)]	Massendichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlasswiderstand [m²·K/W]
außen					0,040
1 Holzlatung	2,0	0,150	600,0	2,500	0,133
2 Luftschicht stehend	3,0	0,017	1,0	1,008	1,765
3 diffusionsdichte Folie	0,3	0,500	980,0	1,800	0,006
4 Gipsfaserplatten	1,3	0,360	1150,0	1,100	0,036
5 Mineralwolle	20,0	0,040	11,0	1,030	5,000
6 Breitspertholz	9,0	0,120	450,0	1,600	0,692
innen					0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils:	35,6 [cm]
Flächenbezogene Masse:	164,9 [kg/m²]
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):	0,14 [W/m²·K]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:	31,242 [kJ/m²·K]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:	41,610 [kJ/m²·K]

Abb.140: Thermische Simulation Raum 1 mittels Thesim 3D, S. 1-2
Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

Thesim 3D

Eingabedokumentation
Zimmer

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr.	2	Bezeichnung:	W Holz-Massiv (Standard)	Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
Schichtaufbau:			außen	7,8	0,130	500,0	1,600	0,130
	1	Brettsperholz	innen					0,130
Kenngrößen:								
		Dicke des Bauteils:		7,8 [cm]				
		Flächenbezogene Masse:		39,0 [kg·m ⁻²]				
		Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):		1,16 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]				
		Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:		30,137 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]				
		Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:		30,137 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]				

Bauteil Nr. 3

Bauteil Nr.	3	Bezeichnung:	FB Holz-Massiv (Standard)	Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
Schichtaufbau:			außen					0,130
	1	Parkett		2,0	0,150	600,0	1,600	0,133
	2	Lehm-Heizestrich		6,0	1,500	2300,0	0,800	0,040
	3	Holzfaserdämmplatten		3,0	0,055	200,0	2,500	0,545
	4	Spaltschüttung		9,0	0,700	1500,0	1,000	0,129
	5	Brettsperholz	innen					0,130
Kenngrößen:								
		Dicke des Bauteils:		29,0 [cm]				
		Flächenbezogene Masse:		333,3 [kg·m ⁻²]				
		Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):		0,56 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]				
		Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:		77,757 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]				
		Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:		35,555 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]				

Mo, 15.05.2023, 15:53

Seite 3 von 11

Thesim 3D

Eingabedokumentation
Zimmer

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr.	4	Bezeichnung:	DA Holz-Massiv (Standard)	Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
Schichtaufbau:			außen					0,040
	1	Substrat / Wasserspeicherplatte		13,0	1,000	1200,0	1,000	0,130
	2	Mineralwolle		20,0	0,035	130,0	1,030	5,714
	3	Abdichtung		1,0	0,250	1500,0	1,000	0,040
	4	Brettsperholz	innen					0,130
Kenngrößen:								
		Dicke des Bauteils:		49,0 [cm]				
		Flächenbezogene Masse:		272,0 [kg·m ⁻²]				
		Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):		0,14 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]				
		Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:		134,310 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]				
		Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:		37,561 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]				

Bauteil Nr. 5

Bauteil Nr.	5	Bezeichnung:	Holztüre	Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
Schichtaufbau:			außen					0,040
	1	Sperholz und Furnierschichtholz		1,4	0,120	475,0	1,600	0,117
	2	PUF-DO		2,0	0,030	32,0	1,400	0,667
	3	Sperholz und Furnierschichtholz	innen					0,117
Kenngrößen:								
		Dicke des Bauteils:		4,8 [cm]				
		Flächenbezogene Masse:		13,9 [kg·m ⁻²]				
		Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):		0,93 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]				
		Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:		11,080 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]				
		Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:		11,080 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]				

Mo, 15.05.2023, 15:53

Seite 4 von 11

Abb.141: Thermische Simulation Raum 1 mittels Thesim 3D, S. 3-4
Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

Anhang 12

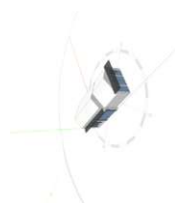
Thesim 3D

Ergebnisausdruck
Wohnraum

Projekt: Wohnraum

Thermische, dynamische Raumsimulation zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung

Fragestellung: operative Temperatur
Zeitzone: mitteleuropäische Sommerzeit (UTC+2)



Thesim 3D

Eingabedokumentation
Wohnraum

Standortdaten

Standort: Hintersdorf (N) Seebühne: 48° 18' N, 16° 13' O 288,0 m

Außenklima: Lufttemperatur: 22,4°C Tagesschwankung: 14,0 K Bodentemperatur: 20,0°C

Sonnenstrahlung: Tribungsfaktor nach Linke: 4,500
Diffusstrahlungsfaktor nach Reitz: 0,333
Reflexionszahl der Umgebung (Albedo): 0,200
Datum: 15.7.
Sommeraufgang (berechnet): 5:11
Sommeruntergang (berechnet): 20:51

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 1 Bezeichnung: AW-02 Zubau gedämmt

Schichtaufbau:	Schichtdicke [cm]	Wärmeleitfähigkeit [W/(m·K)]	Massendichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlasswiderstand [m²·K/W]
außen					
1 Kalkzementputz	1,0	0,700	1600,0	1,100	0,014
2 Putzträgerdämmplatte	6,0	0,060	300,0	2,500	1,000
3 Mineralwolle Schichten Bestand und Neu Holz 10%	28,0	0,040	11,0	1,030	6,224
4 OSB Platten	1,0	0,130	680,0	1,700	0,077
5 MW (Steinwolle)	4,0	0,043	110,0	1,030	0,990
6 Putz Silikat	2,0	0,600	1200,0	1,000	0,033
7 Heraklith-BM	5,0	0,045	130,0	1,560	1,111
8 OSB Platten	0,9	0,120	640,0	1,700	0,075
9 Holzlatung	2,0	0,150	600,0	2,500	0,133
innen					

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils:	49,9 [cm]
Flächenbezogene Masse:	219,5 [kg·m ⁻²]
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):	0,10 [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen:	41,379 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]
Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen:	41,658 [kJ·m ⁻² ·K ⁻¹]

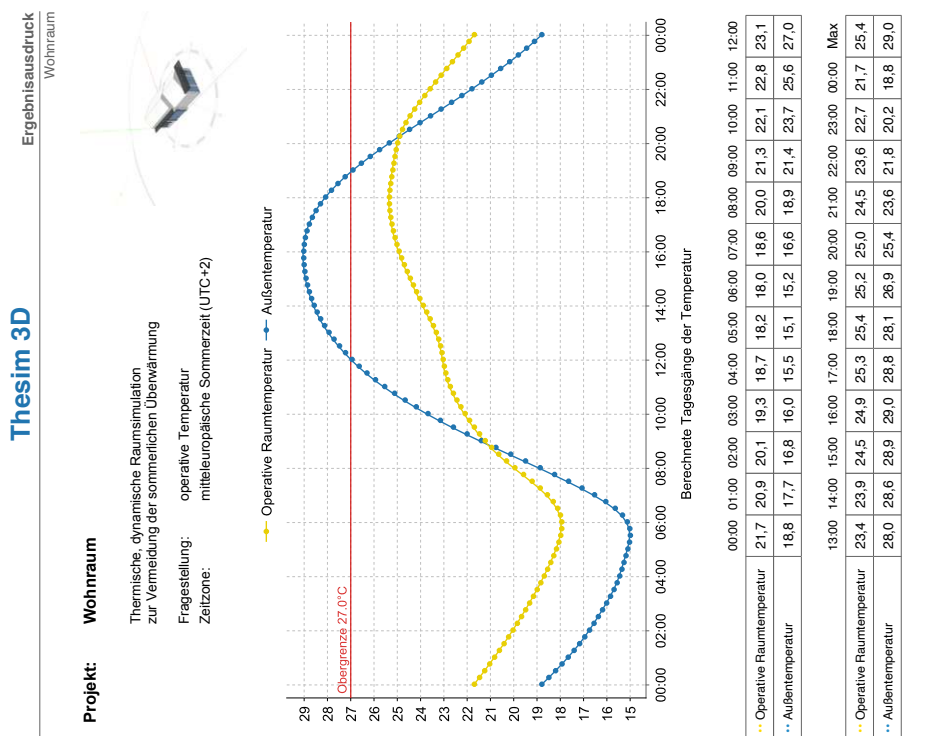


Abb.142: Thermische Simulation Raum 2 mittels Thesim 3D, S. 1-2
Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

Thesim 3D

Eingabedokumentation
Wohnraum

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 2 **Bezeichnung:** **W Holz-Massiv (Standard)**

Schichtaufbau:	Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
	außen				
1	Brettsper Holz	7,8	0,130	500,0	1,600
	innen				
					0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils: 7,8 [cm]
 Flächenbezogene Masse: 39,0 [kg·m⁻²]
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 1,16 [W·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen: 30,137 [kJ·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen: 30,137 [kJ·m⁻²·K⁻¹]

Bauteil Nr. 3 **Bezeichnung:** **AW-03 Neubau BSP**

Schichtaufbau:	Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
	außen				
1	Holzlatung	2,0	0,150	600,0	2,500
2	Luftschicht stehend	3,0	0,017	1,0	1,008
3	diffusionsdichte Folie	0,3	0,500	980,0	1,800
4	Gipsfaserplatten	1,3	0,360	1150,0	1,100
5	Mineralwolle 85%	20,0	0,040	11,0	1,030
6	Brettsper Holz	15%	0,120	450,0	1,600
	innen				
					0,692
					0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils: 35,6 [cm]
 Flächenbezogene Masse: 164,9 [kg·m⁻²]
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0,14 [W·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen: 31,242 [kJ·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen: 41,610 [kJ·m⁻²·K⁻¹]

Thesim 3D

Eingabedokumentation
Wohnraum

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 5 **Bezeichnung:** **DA-02 Dach über Zubau**

Schichtaufbau:	Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
	außen				
1	Dachziegel	2,0	1,000	2000,0	0,800
2	Luftschicht stehend	6,0	0,017	1,0	1,008
3	OSB Platten	1,9	0,120	640,0	1,700
4	Mineralwolle Schichten Bestand und Neu 90%	32,0	0,040	11,0	1,030
	Holz 10%				
5	Holzlatung	2,0	0,120	450,0	1,600
	innen				
					0,133
					0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils: 43,9 [cm]
 Flächenbezogene Masse: 208,2 [kg·m⁻²]
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0,09 [W·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen: 32,938 [kJ·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen: 32,203 [kJ·m⁻²·K⁻¹]

Bauteil Nr. 6 **Bezeichnung:** **DA-01 Dach über EG**

Schichtaufbau:	Schicht- dicke [cm]	Wärmeleit- fähigkeit [W/(m·K)]	Massen- dichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlass- widerstand [m²·K/W]
	außen				
1	Dachziegel	2,0	1,000	2000,0	0,800
2	Luftschicht stehend	6,0	0,017	1,0	1,008
3	OSB Platten	1,9	0,120	640,0	1,700
4	Mineralwolle Schichten Bestand und Neu 90%	32,0	0,040	11,0	1,030
	Holz 10%				
5	Holzlatung	2,0	0,120	450,0	1,600
	innen				
					0,133
					0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils: 43,9 [cm]
 Flächenbezogene Masse: 208,2 [kg·m⁻²]
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0,09 [W·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen: 32,938 [kJ·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen: 32,203 [kJ·m⁻²·K⁻¹]

Abb.143: Thermische Simulation Raum 2 mittels Thesim 3D, S. 3-4
 Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

Abb.144: Thermische Simulation Raum 2 mittels Thesim 3D, S. 5-6
Quelle: basierend auf Thesim 3D, <http://www.thesim.at> (15.05.2023)

Thesim 3D

Eingabedokumentation
Wohnraum

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 7 **Bezeichnung:** AW-01 Bestand gedämmt

Schichtaufbau:	Schichtdicke [cm]	Wärmeleitfähigkeit [W/(m·K)]	Massendichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlasswiderstand [m²·K/W]
außen					0,040
1	Kalkzementputz 1600	1,0	0,700	1600,0	1,100
2	Putzträgerdämmplatte 300	6,0	0,060	300,0	2,500
3	Mineralfolle 90%	14,0	0,040	11,0	1,030
	Holz 10%				3,156
4	OSB Platten	1,0	0,130	680,0	1,700
5	MW (Steinwolle)	4,0	0,043	110,0	1,030
6	Kalkputz	2,0	0,600	1200,0	1,000
7	Ziegelmauerwerk	38,0	0,500	1200,0	0,850
8	Lehmputz	3,0	0,600	1200,0	1,000
	innen				0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils: 69,0 [cm]
 Flächenbezogene Masse: 624,2 [kg·m⁻²]
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0,16 [W·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen: 41,067 [kJ·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen: 90,868 [kJ·m⁻²·K⁻¹]

Thesim 3D

Eingabedokumentation
Wohnraum

Liste opaker Bauteile

Bauteil Nr. 8 **Bezeichnung:** AW-02 Zubau gedämmt

Schichtaufbau:	Schichtdicke [cm]	Wärmeleitfähigkeit [W/(m·K)]	Massendichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlasswiderstand [m²·K/W]
außen					0,040
1	Kalkzementputz 1600	1,0	0,700	1600,0	1,100
2	Holzfaserdämmplatten 300	6,0	0,060	300,0	2,500
3	Mineralfolle 90%	28,0	0,040	11,0	1,030
	Holz 10%				6,225
4	OSB Platten 680	1,0	0,130	680,0	1,700
5	MW (Steinwolle)	4,0	0,043	110,0	1,030
6	Kalkputz 1200	2,0	0,600	1200,0	1,000
7	Dämmkork DK-F 130	5,0	0,045	130,0	1,560
8	OSB Platten 640	1,0	0,120	640,0	1,700
9	Holz und Sperrholz 600	2,0	0,150	600,0	2,500
	innen				0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils: 50,0 [cm]
 Flächenbezogene Masse: 220,1 [kg·m⁻²]
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0,10 [W·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen: 41,371 [kJ·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen: 42,312 [kJ·m⁻²·K⁻¹]

Bauteil Nr. 9

Bezeichnung: Holztüre

Schichtaufbau:	Schichtdicke [cm]	Wärmeleitfähigkeit [W/(m·K)]	Massendichte [kg/m³]	Spezifische Wärmekapazität [kJ/(kg·K)]	Durchlasswiderstand [m²·K/W]
außen					0,040
1	Sperrholz und Furnierschichtholz	1,4	0,120	475,0	1,600
2	PUR-DO	2,0	0,030	32,0	1,400
3	Sperrholz und Furnierschichtholz	1,4	0,120	475,0	1,600
	innen				0,130

Kenngrößen:

Dicke des Bauteils: 4,8 [cm]
 Flächenbezogene Masse: 13,9 [kg·m⁻²]
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): 0,93 [W·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität außen: 11,080 [kJ·m⁻²·K⁻¹]
 Flächenbezogene wirksame Wärmekapazität innen: 11,080 [kJ·m⁻²·K⁻¹]

Anhang 13

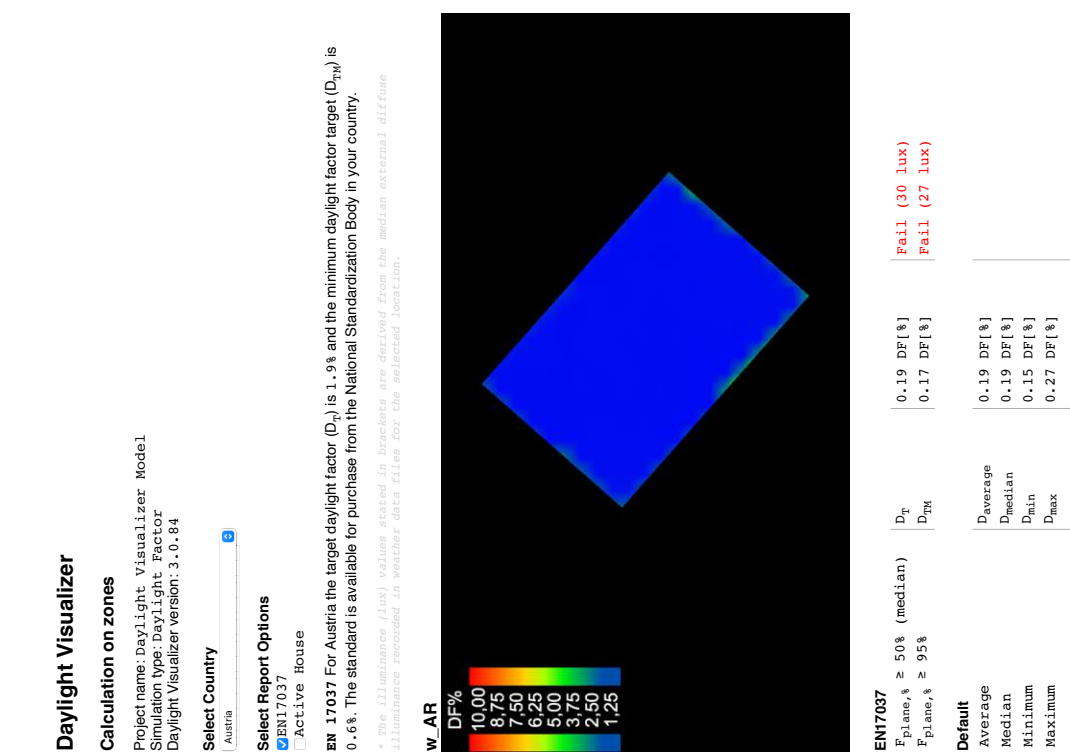
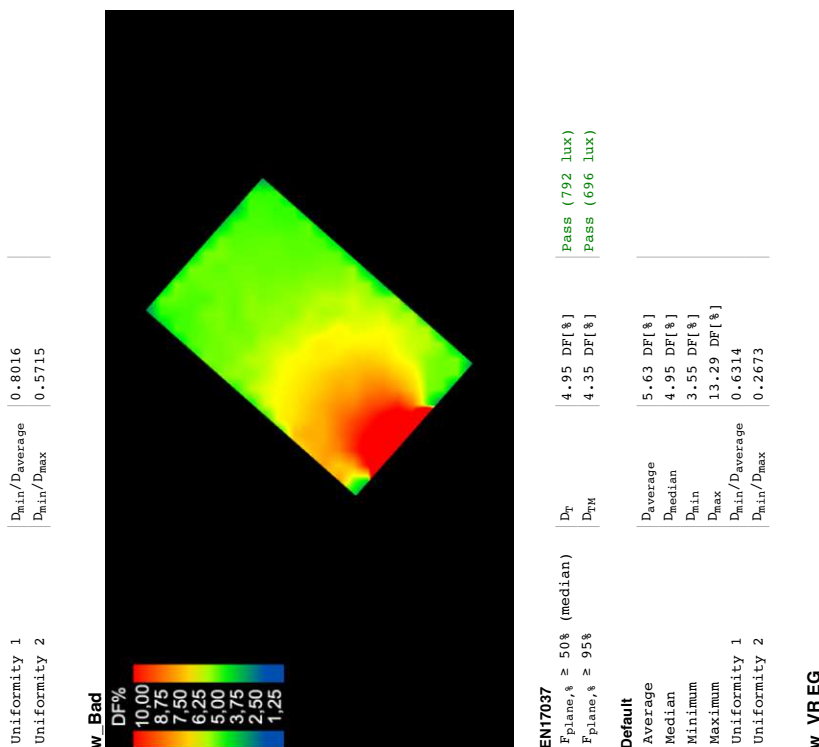
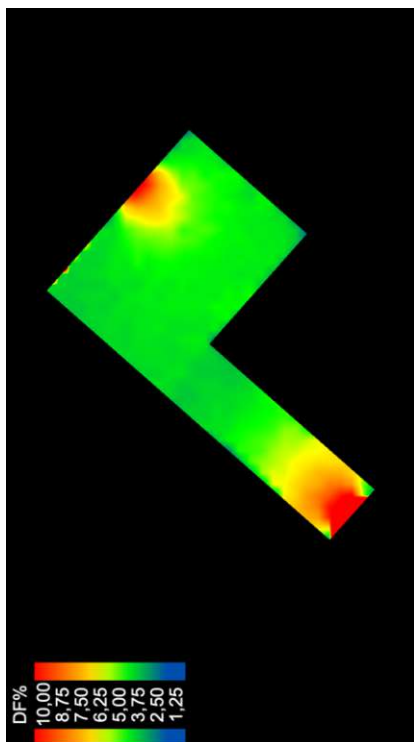
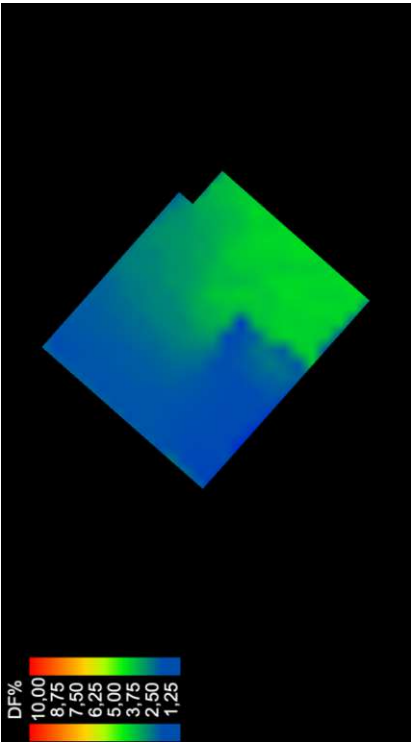


Abb.145: Tageslichtsimulation S. 1-2
Quelle: Dominik Fellinghauer



EN17037	$F_{plane, \%} \geq 50\%$ (median)	D_T	3.81 DF[%]	Pass (609 lux)
	$F_{plane, \%} \geq 95\%$	D_{TH}	3.26 DF[%]	Pass (522 lux)
Default				
Average	$D_{average}$	4.31 DF[%]		
Median	D_{median}	3.81 DF[%]		
Minimum	D_{min}	3.05 DF[%]		
Maximum	D_{max}	11.71 DF[%]		
Uniformity 1	$D_{min}/D_{average}$	0.7070		
Uniformity 2	D_{min}/D_{max}	0.2601		

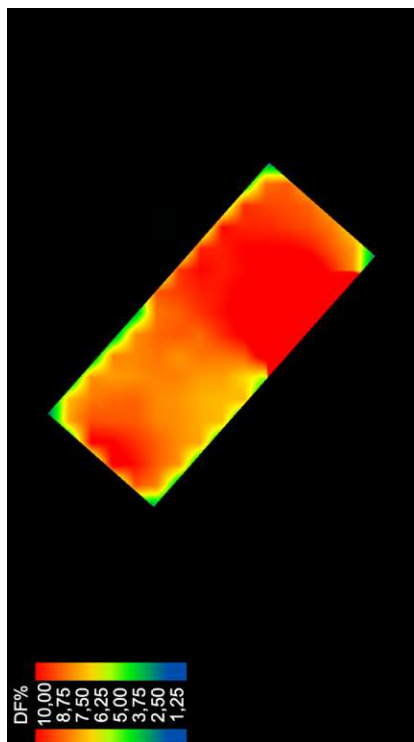
w_VR EG Stiege



EN17037	$F_{plane, \%} \geq 50\%$ (median)	D_T	1.93 DF[%]	Pass (309 lux)
	$F_{plane, \%} \geq 95\%$	D_{TH}	1.19 DF[%]	Pass (190 lux)
Default				
Average	$D_{average}$	2.12 DF[%]		
Median	D_{median}	1.93 DF[%]		
Minimum	D_{min}	0.86 DF[%]		
Maximum	D_{max}	3.49 DF[%]		
Uniformity 1	$D_{min}/D_{average}$	0.4064		
Uniformity 2	D_{min}/D_{max}	0.2476		

w_VR OG

Abb.146: Tageslichtsimulation S. 3-4
Quelle: Dominik Fellinghauer



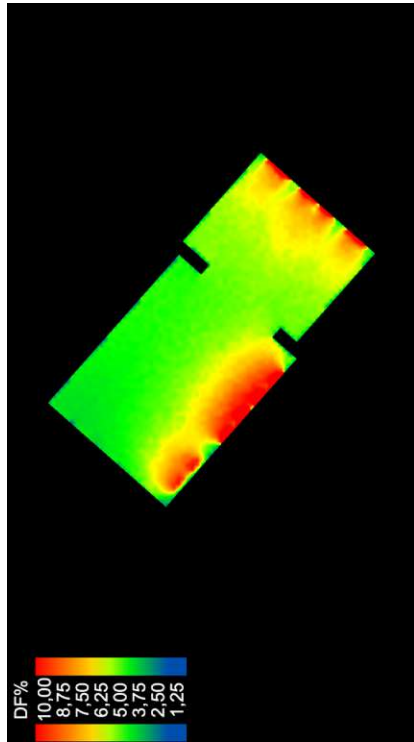
EN17037
F_{Plane, %} ≥ 50% (median)
F_{Plane, %} ≥ 95%

D _T	8.45	DF[%]	Pass (1352 Lux)
D _{TM}	6.74	DF[%]	Pass (1078 Lux)

Default

Average	8.91	DF[%]	
D _{Median}	8.45	DF[%]	
D _{Min}	4.86	DF[%]	
D _{Max}	15.03	DF[%]	
D _{min/D_{average}}	0.5458		
D _{min/D_{max}}	0.3235		

w_Wohnbereich



EN17037
F_{Plane, %} ≥ 50% (median)
F_{Plane, %} ≥ 95%

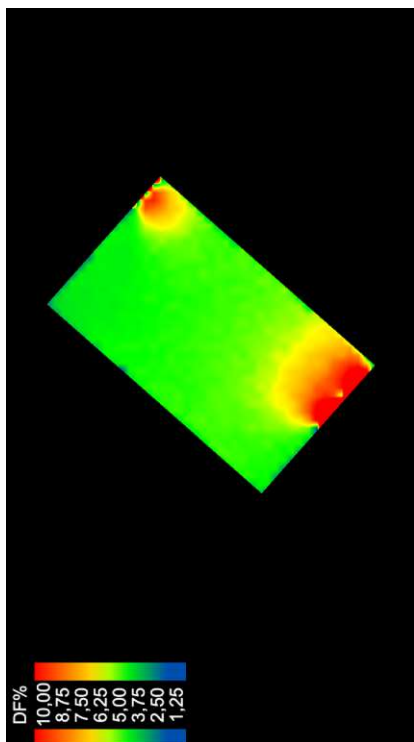
D _T	4.81	DF[%]	Pass (769 Lux)
D _{TM}	3.72	DF[%]	Pass (595 Lux)

Default

Average	5.19	DF[%]	
D _{Median}	4.81	DF[%]	
D _{Min}	1.35	DF[%]	
D _{Max}	13.48	DF[%]	
D _{min/D_{average}}	0.2608		
D _{min/D_{max}}	0.1004		

w_Zimmer 1

Abb.147: Tageslichtsimulation S. 5-6
Quelle: Dominik Fellinghauer

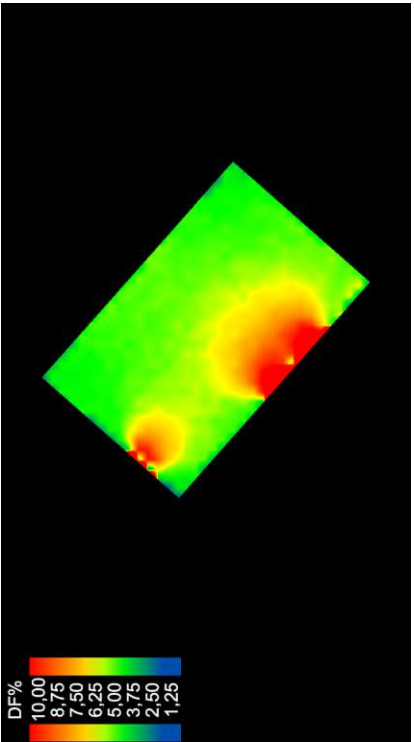


EN17037
 $F_{plane, \%} \geq 50\%$ (median) | **Pass (696 lux)**
 $F_{plane, \%} \geq 95\%$ | **Pass (607 lux)**

D_T	4.35 DF[%]	D_T	4.66 DF[%]
D_{TH}	3.79 DF[%]	D_{TH}	3.96 DF[%]

Default	
Average	4.81 DF[%]
Median	4.35 DF[%]
Minimum	1.05 DF[%]
Maximum	14.01 DF[%]
Uniformity 1	0.2193
Uniformity 2	0.0753

w_Zimmer 2



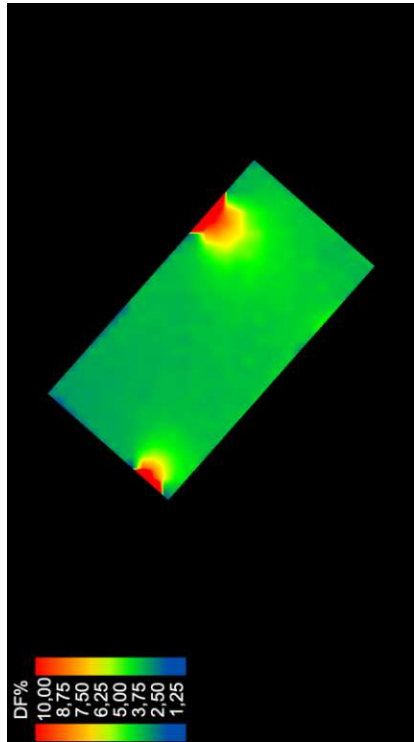
EN17037
 $F_{plane, \%} \geq 50\%$ (median) | **Pass (745 lux)**
 $F_{plane, \%} \geq 95\%$ | **Pass (634 lux)**

D_T	4.66 DF[%]	D_T	4.66 DF[%]
D_{TH}	3.96 DF[%]	D_{TH}	3.96 DF[%]

Default	
Average	5.16 DF[%]
Median	4.66 DF[%]
Minimum	1.44 DF[%]
Maximum	13.94 DF[%]
Uniformity 1	0.2791
Uniformity 2	0.1033

Notes

Abb.148: Tageslichtsimulation S. 7-8
Quelle: Dominik Fellinghauer



EN17037

F_{Plane, %} ≥ 50% (median)
F_{Plane, %} ≥ 95%

D_T | 3.05 DF[%]
D_M | 2.63 DF[%]

Pass (487 lux)
Pass (420 lux)

Default

Average
Median
Minimum
Maximum
Uniformity 1
Uniformity 2

D_{Average} | 3.31 DF[%]
D_{Median} | 3.05 DF[%]
D_{Min} | 2.41 DF[%]
D_{Max} | 10.70 DF[%]
D_{Min/Daverage} | 0.7278
D_{Min/Dmax} | 0.2253

w_WC

Anhang 14

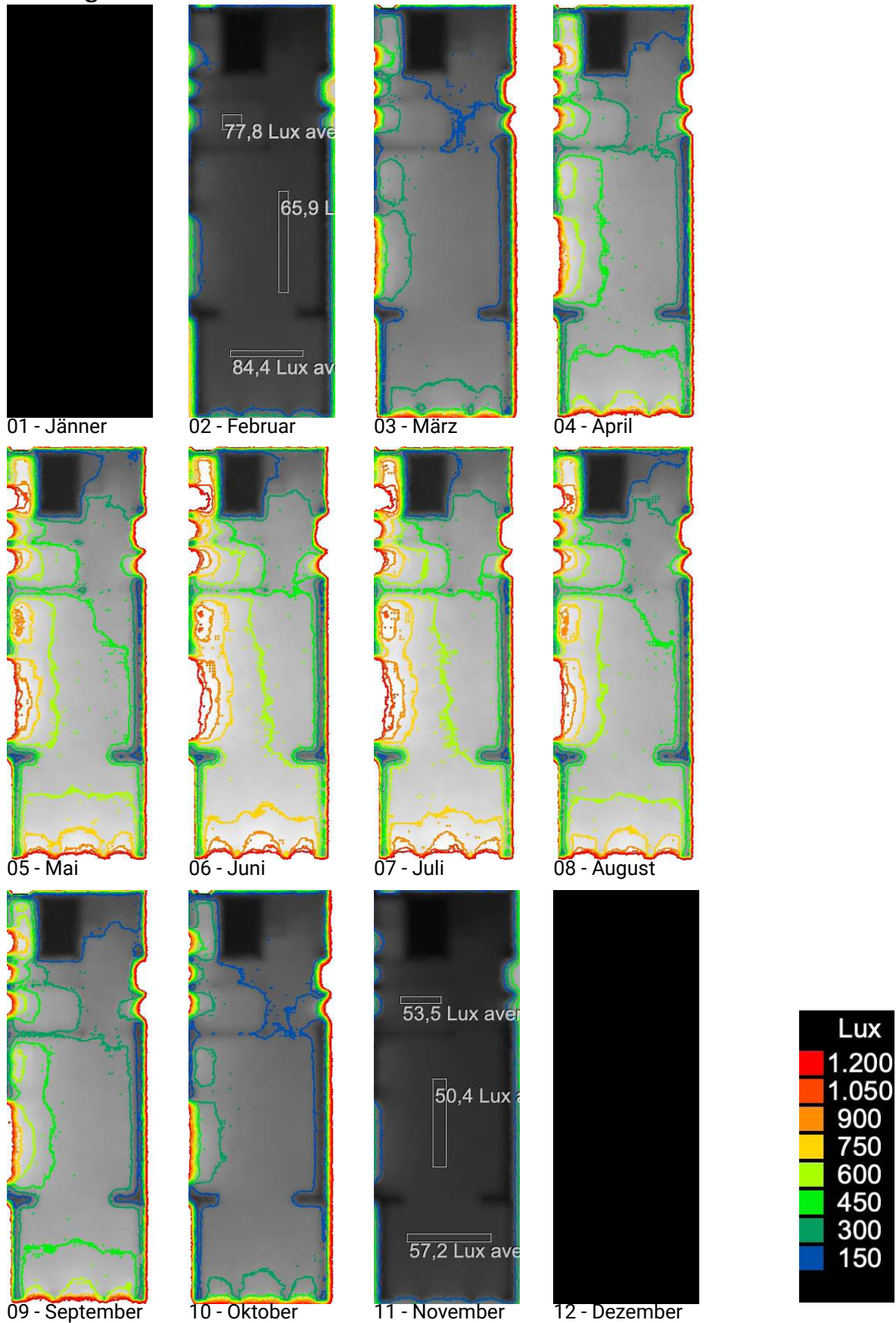


Abb.149: Beleuchtungsstärke um 07:30 Uhr bei bedecktem Himmel für den jeweils 21. der Monate Jänner bis Dezember

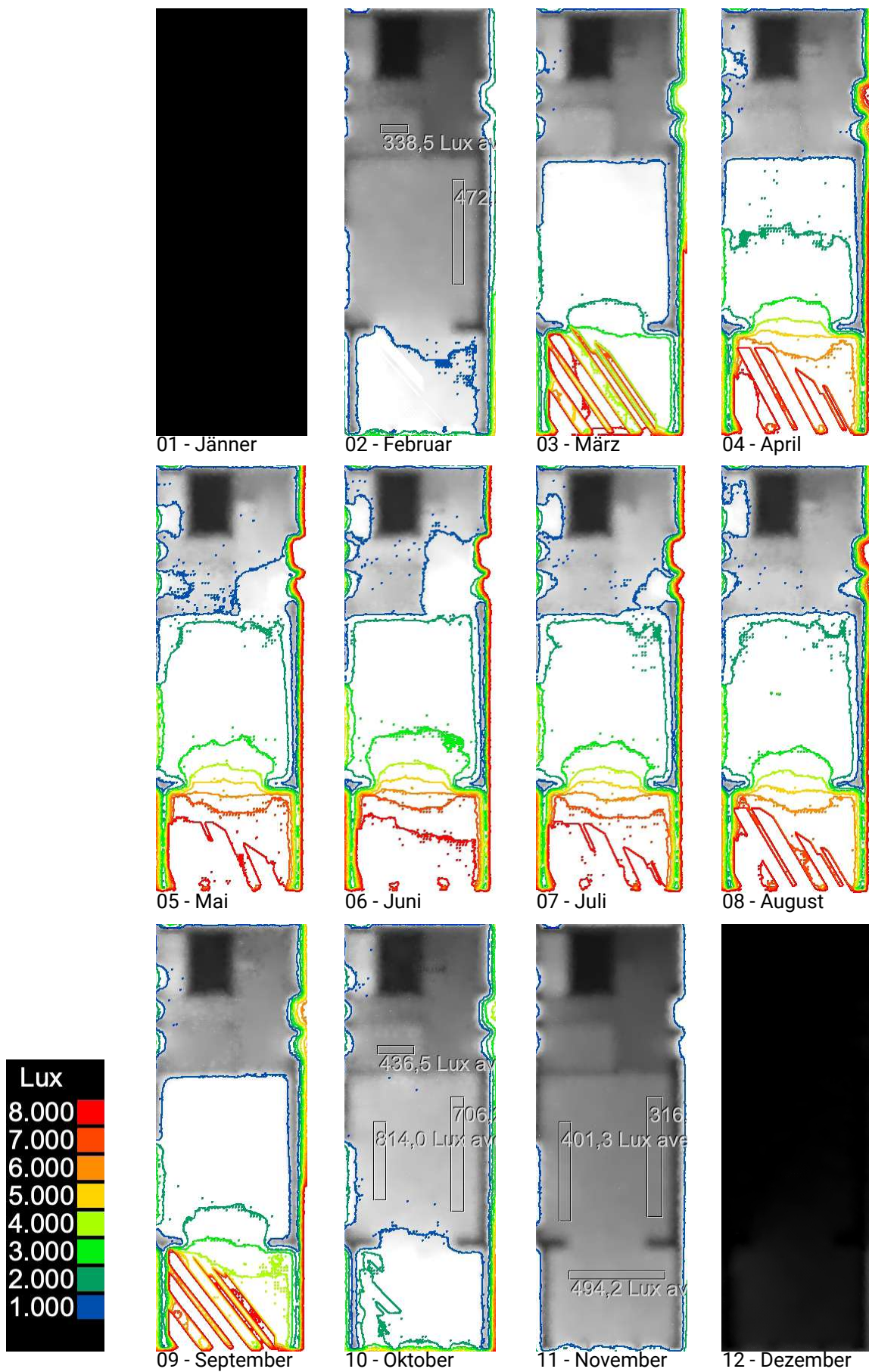


Abb.150: Beleuchtungsstärke um 07:30 Uhr bei sonnigem Himmel für den jeweils 21. der Monate Jänner bis Dezember

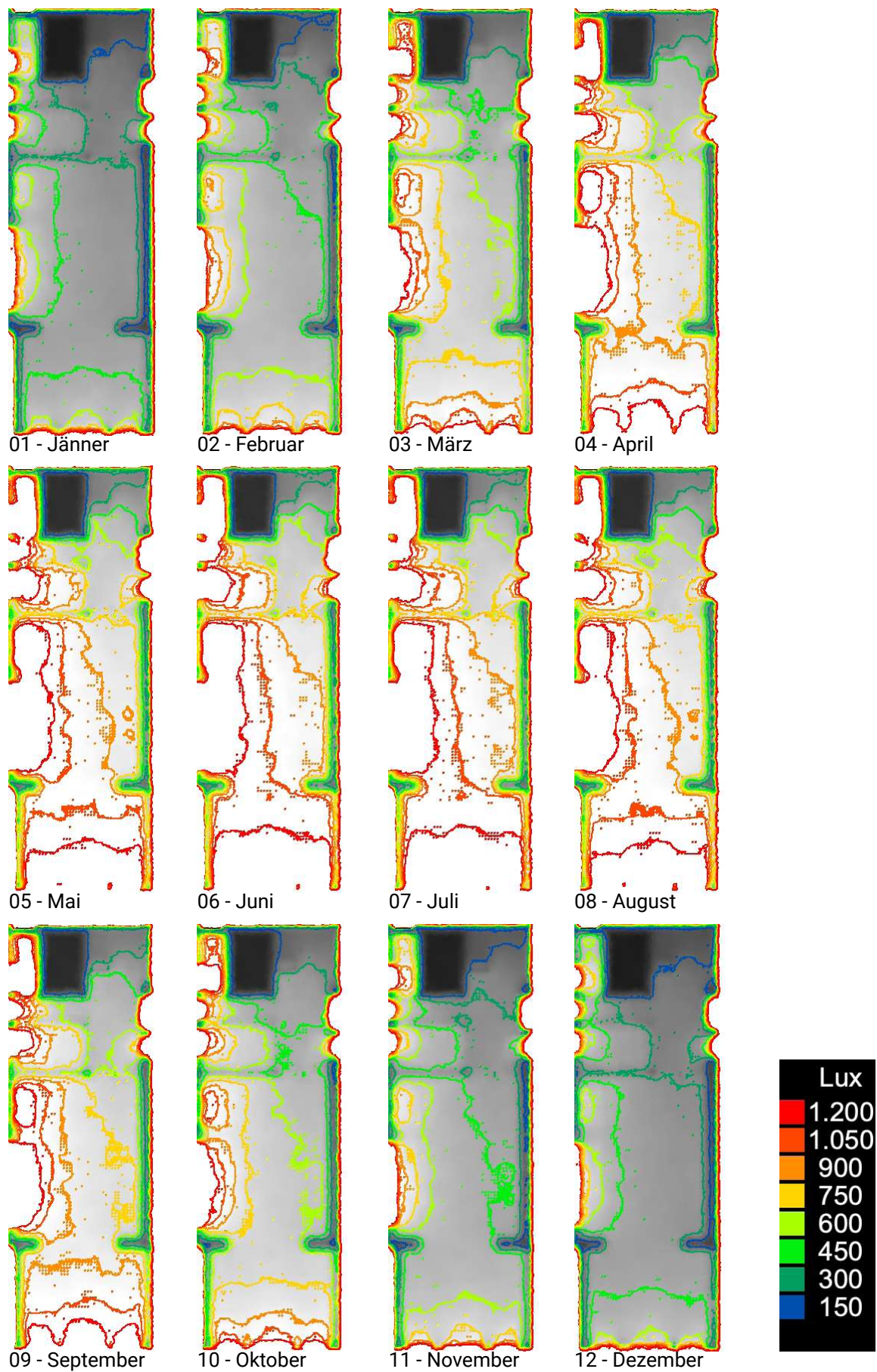


Abb.151: Beleuchtungsstärke um 12:00 Uhr bei bedecktem Himmel für den jeweils 21. der Monate Jänner bis Dezember

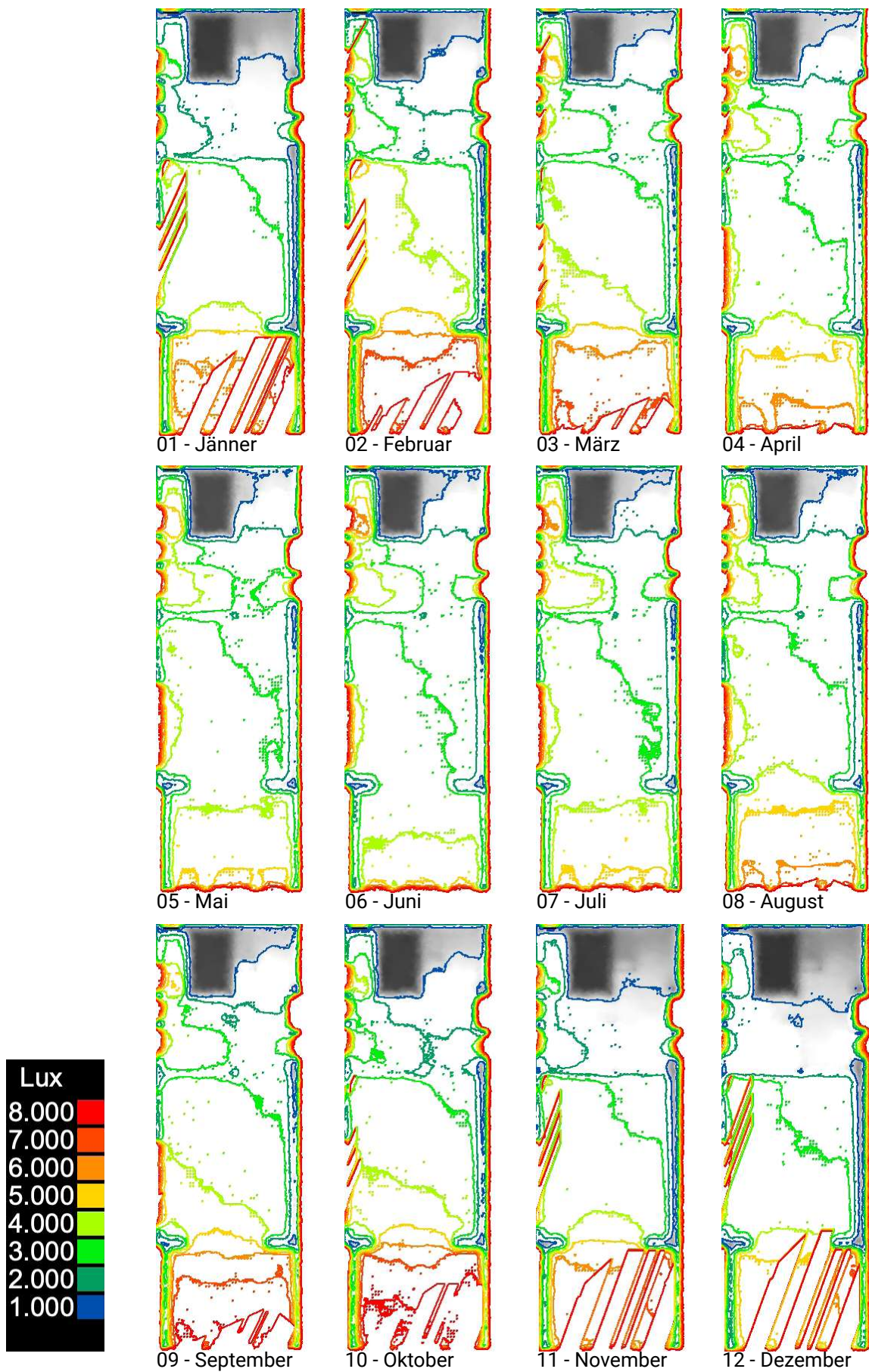


Abb.152: Beleuchtungsstärke um 12:00 Uhr bei sonnigem Himmel für den jeweils 21. der Monate Jänner bis Dezember

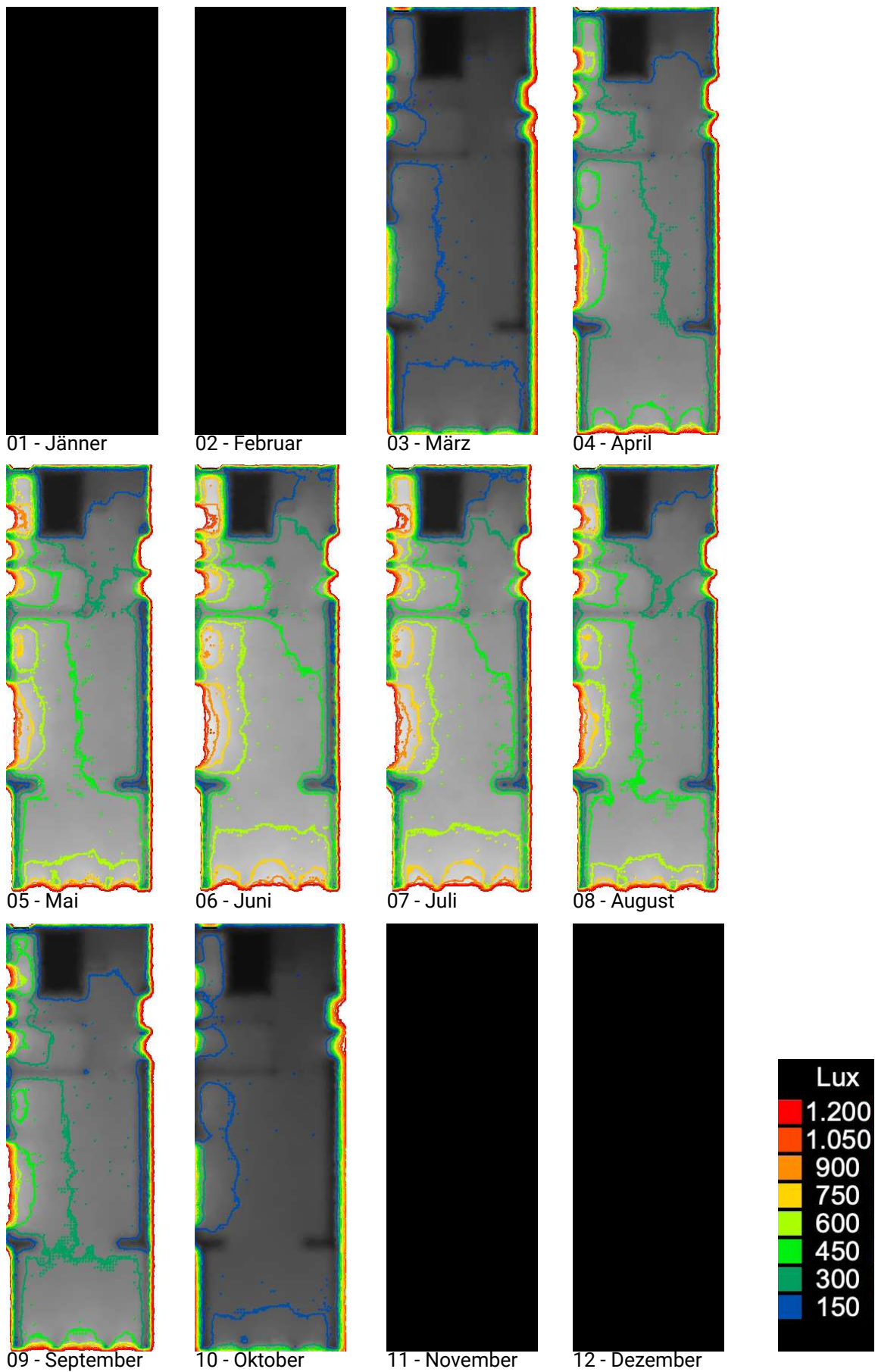


Abb.153: Beleuchtungsstärke um 17:00 Uhr bei bedecktem Himmel für den jeweils 21. der Monate Jänner bis Dezember

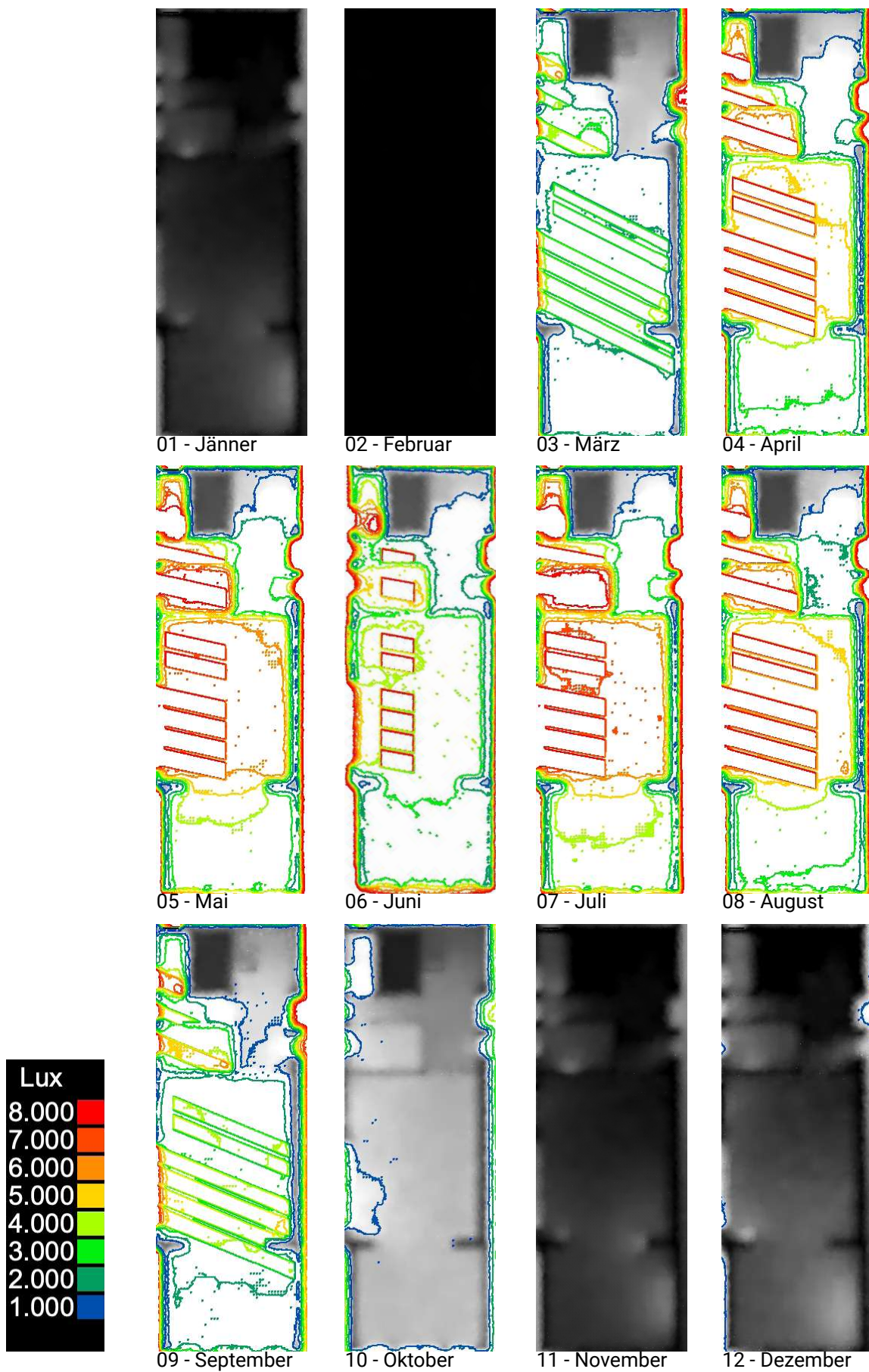


Abb.154: Beleuchtungsstärke um 17:00 Uhr bei sonnigem Himmel für den jeweils 21. der Monate Jänner bis Dezember

Anhang 15

Interview

Oberbichler (2023) Telefonisches Interview (Fassadenbegrünung), 02.02.

Frage: Welche Anforderungen werden bei einer Begrünung der Fassade an die Fassadenhaut gestellt?

Abhängig von der Bepflanzung können Begrünungen direkt an der Fassadenhaut oder mit einem Hinterlüftungsabstand von mindestens 8 cm getätigt werden, um eine Abtrocknung der Feuchtigkeit zu gewährleisten. Bei kletternden Pflanzen sollte bis zu einem Abstand von zumindest 50 cm nur Putz als Fassadenoberfläche verwendet werden, da die Wurzeln ansonsten bei fugenreichen Fassaden in Spalten bzw. die Unterkonstruktion gelangen und diese dann dauerhaft beschädigen könnten. Werden Vegetationsträger verwendet – also zum Beispiel Töpfe oder Ähnliches – klettern die Pflanzen zwar nicht, dennoch sollte eine Hinterlüftung von zumindest 8 cm gegeben sein, um eine Austrocknung der Wand zu ermöglichen.

