

VOLKSWOHNUNG GmbH
Karlsruhe

DAMMERSTOCK 2020

Nachhaltige Sanierungsstrategie für die Dammerstocksiedlung
mittels Klimahülle am Beispiel des unter Ensembleschutz
stehenden Objektes der Nachkriegsmoderne Falkenweg 69

Anhang zum Abschlussbericht
Forschungsprojekt gefördert unter dem Az: 33158/01
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

TU Darmstadt I Fachbereich Architektur
Fachgebiet Entwerfen und Nachhaltiges Bauen
Prof. Christoph Kuhn
Dipl.-Ing. Edin Saronjic

TU Darmstadt I Fachbereich Architektur
Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik
Prof. Dr.- Ing. Karsten Tichelmann
Dipl.-Ing. Dieter Blome

Karlsruher Institut für Technologie I Fakultät für Architektur
Lehrgebiet Grundlagen der Bautechnologie
Akad.Oberrat Dipl.-Ing. Thomas Haug

Karlsruher Institut für Technologie I Fakultät für Architektur
Fachgebiet Tragkonstruktion
Prof. Matthias Pfeifer
M.Eng. Daniel Lauterkorn

Darmstadt 2018

INHALTSVERZEICHNIS

Anlage KAP. II

A 2.6	Gefahrstoff-/Schadstofferkundung	5
A 2.7	Kostenzusammenstellung	35

Anlage KAP. III

A 3. 1	Lebenszyklusanalyse am Beispiel Forschungsprojekt Dammerstock 2020	39
A 3. 2	Brandschutz	93
A 3. 3	Schalldämmung im Bestand und Sanierungsmöglichkeiten	97
A 3. 4	Thermische Gebäude- und Anlagensimulation / Simulation 1	109
A 3. 5	Thermische Gebäudesimulation mit WUFI / Simulation 2	143
A 3. 6	Thermische Gebäudesimulation mit WUFI / Simulation 3	177
A 3. 7	Bauphysikalische und energetische Betrachtung der Sanierungsstrategie	199

Anlage KAP. II

A 2. 6

Gefahrstoff-/Schadstofferkundung

Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schramm

ENTWURF



Wohngebäude Falkenweg 69, Karlsruhe Rüppurr Gefahrstoff- / Schadstofferkundung

Projekt-Nr. 1002700 / WIE1000077

Wissenschaftliche Begleitung KIT

Karlsruhe, Februar 2017

Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schramm
Marie-Alexandra-Str. 27
76135 Karlsruhe

Telefon: 0721-32599

Telefax: 0721-32502

Mobil: 0172-7173654

e-mail: info@ms-umweltconsult.de

Veranlassung

Die Volkswohnung GmbH beabsichtigt, das Wohngebäude im Falkenweg 69 in Karlsruhe Rüppurr zu sanieren. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie soll eine Strategie für eine nachhaltige energetische und konstruktive Sanierung entwickelt werden. Hierzu sind unter anderem Kenntnisse über den Umfang der hierbei anfallenden Gefahrstoffe und deren Auswirkung auf die Sanierungskosten erforderlich. Im Rahmen der Bausubstanzerkundung soll auf Grundlage visueller Begutachtung und der Entnahme und Analyse von Baustoffproben das Schadstoff- und Gefährdungspotenzial bewertet werden. Mit Ingenieurvertrag vom 15.12.2016 wurde das Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schramm mit der Durchführung der Erkundungsmaßnahme beauftragt. Im Einzelnen umfasste die Schadstoffbeurteilung folgenden Umfang: Ortsbegehung, Inaugenscheinnahme, Ermittlung potenziell gefahrverdächtiger Baustoffe bzw. Bauteile, Entnahme von Materialproben, Laboranalysen in Abhängigkeit des vermuteten Schadstoffpotenzials, Prüfung der Laborergebnisse der durchgeführten Schadstoff- bzw. Gefahrstofferkundung, Dokumentation mit Hinweisen zu Gefährdungspotenzial und Entsorgungsrelevanz. Im vorliegenden Bericht sind die Erkundungsergebnisse zusammenfassend dargestellt.

Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden von der Volkswohnung übergeben:

- Wohnbebauung Falkenweg 69, Baukonstruktive und bautechnologische Beratung, Prof. Christoph Kuhn, KIT, Fakultät für Architektur, 23.01.2013
- Bestandspläne M 1:100
- Bauordnungsamt Karlsruhe, Statikunterlagen (Scans)

Eigene Unterlagen:

- GEOCHEM, Entnahmeprotokoll vom 02.01.2017
- GEOCHEM, Laborbefund 30117 vom 16.01.2017
- Dr. Graner & Partner GmbH, Prüfbericht 1702856 vom 01.02.2017

Lage

Das Planungsgebiet befindet sich im Stadtteil Karlsruhe-Rüppurr in der Dammerstocksiedlung (Flurstück-Nr. 20524). Die zu untersuchenden Gebäude umfassen das Wohngebäude Falkenweg 69 und den Werkstattanbau. Der Falkenweg ist im Bereich des Planungsgebiets als Fußgängerweg ausgebildet, eine direkte Zufahrt zum Gebäude existiert nicht.

Gebäudebeschreibung

Das Wohngebäude mit Werkstattanbau wurde im Jahr 1947 errichtet. Bei dem Wohngebäude handelt es sich um ein unterkellertes zweigeschossiges Gebäude mit Laubengang und Flachdach. Das Werkstattgebäude ist an der Nordseite an die denkmalgeschützten Reihenhäuser von Walter Gropius angebaut. Die Erschließung des Zeilenbaus erfolgt von Westen über den als Fußweg ausgeführten Falkenweg. Der Zugang zum Gebäude und zu den Laubengängen erfolgt über ein in der Gebäudemitte liegendes Treppenhaus. Die Laubengänge befinden sich auf der Ostseite des Zeilenbaus, die Balkone und Terrassen auf der Westseite. Das Wohngebäude verfügt über 12 Wohneinheiten mit jeweils ca. 53 m² Wohnfläche. Jede Wohnung besteht aus 3 Wohnräumen mit Küche, Bad und separatem WC. Der ursprünglich als Werkstatt geplante eingeschossige, unterkellerte Anbau wird als Wohnung genutzt.

Aus den Statikunterlagen wurde folgende Baubeschreibung entnommen:

„Die Kellerumfassungs- und Kellertrennwände, die Treppen und Podeste werden massiv bzw. in monolithischem Stahlbeton ausgeführt. Für die Decken, Außen- und Innenwände werden Stahlbeton-Fertigbauteile verwendet. Die Außen- und Innenwände bestehen aus stockwerk hohen Platten mit aufgesetzten Balken als Längs- und Querverbindung. Diese Versteifungsbalken dienen gleichzeitig als Fenster- und Türstürze. Zum Wärmeschutz erhalten die Außenwandplatten und die Randbalken innen eine Verkleidung mit Holzfaserplatten. Außerdem werden die Zwischenräume mit Leichtbeton ausgefüllt. Die Stabilität des Bauwerkes wird durch die als starre Scheibe anzusprechende Rippendecke gewährleistet, die mit dem Versteifungsbalken verbunden ist.

Nach Fertigstellung des Kellermauerwerks und der erforderlichen Unterkonstruktion werden die Deckenbalken, die zugehörigen Zwischenstücke, sowie die Stahlbetondielen verlegt. Nach dem Verguss dieser Teile beginnt das Versetzen der Außen- und Innenwände. So weit es für die Montage erforderlich ist, werden einzelne Wandplatten miteinander verschraubt und abgestützt. Fenster- und Türrahmen werden bereits beim Zusammenbau der Wände eingefügt. Auf die Wandplatten werden dann die Längs- und Querbalken verlegt. Hierauf folgt die Montage der Deckenkonstruktion. Sämtliche Fertigteile werden in Zementmörtel versetzt. Die Fugen werden ebenfalls mit Zementmörtel ausgegossen. Die Verbindung der Versteifungsbalken untereinander und mit den Deckenbalken erfolgt durch kräftige Dollen.“

In der Baubeschreibung zum Bauantrag wird vom Planer ausgeführt, dass die Kellerwände aus Betonhohlsteinen hergestellt werden. Die Decken sollen als Stahlbetonrippendecken ausgeführt werden. Die Außenwandtafeln mit seitlichen Stegen sind aus Schwerbeton hergestellt und haben eine 3 cm starke Außenhaut. Durch die Aneinanderreihung der Tafeln

bilden die Stege vertikale Stützen. Die Innenseiten der Platten sollen mit Leichtbauplatten verkleidet und der entstehende Hohlraum mit Magerbeton verfüllt werden. Die Wohnungstrennwände und die tragende Mittelwand sollen in gleicher Weise ausgeführt werden. Die nichttragenden Innenwände sollten als zweischalige, mit Leichtbauplatten beplankte Holzriegelwände ausgeführt werden. Der Fußboden sollte in allen Räumen aus roten Holzbetonplatten, die in Kalkzementmörtel verlegt werden, hergestellt werden. Das Dach sollte an der Außenseite mit einer Dämmplatte und einer ca. 12,5 cm starken Bimsbetonlage isoliert werden. Die Dachunterseite sollte mit einer Leichtbauplatte versehen und der Hohlraum mit Glaswolle isoliert werden. Als Dachhaut sollte Dachpappe zweilagig auf einer Zementestrichschicht verlegt werden.

Bei der Errichtung des Gebäudes wurde zum Teil von den beschriebenen Bauweisen abgewichen. Die Kelleraußenwände bestehen aus Betonhohlsteinen. Die Kellerdecke (Foto 3) und das Dach (Foto 5) bestehen aus Betonbalken mit Betoneinlegern. Die Decke über dem Erdgeschoss weicht hiervon ab. An der Deckenöffnung sind hier Holzzementplatten an der Unterseite der Deckenplatte zu erkennen (Foto 4). Die Decken in den Wohnungen sind mit Holzzementplatten verkleidet und mit Gipsputz versehen. Die Kellerdecke ist nicht verkleidet. Eine Dämmung aus Glaswolle ist nicht vorhanden. Die Hohlräume der tragenden Innenwände wurden augenscheinlich nicht verfüllt (Foto 7 und 8). Die nichttragenden Innenwände sind einschalig aus Holzzementplatten hergestellt (Foto 6). Die Böden sind durchgehend mit Zementestrich oder Holzzementestrich versehen (Foto 9 und 10). Als Beläge sind VC-Fliesen (Foto 11 und 12), VC-Bahnen, Linoleum, Teppichboden und keramische Fliesen vorhanden.

Anfang der 1970er Jahre wurde das Gebäude saniert. Hierbei wurde das Treppenhaus komplett erneuert und durch vorgemauerte Wände an der Westseite ergänzt (Foto 1). Die Zugänge im EG und OG wurden durch Außentüren verschlossen. Die Stahlfenster wurden durch Isolierfenster ersetzt. Die Fassade wurde mit Asbestzementplatten verkleidet und mit Dämmwolle isoliert (Foto 1 und 2). Die Dachhaut aus doppellagiger Dachpappe wurde durch Dampfsperre, Dämmung aus Polystyrolhartschaum und dreilagig verlegte Dachbahnen ersetzt. Die Platten der Balkone und Laubengänge wurden mit einer Beschichtung versehen.

Laborprogramm

Bei der Gebäudesubstanzerkundung am 02.01.2017 wurde zunächst eine Sichtprüfung hinsichtlich einer potenziell gefahrverdächtigen Verwendung von schadstoffhaltigen Bauprodukten durchgeführt. Zur weiteren Erkundung der Gebäudesubstanz des Wohngebäudes wurden Bauteile mittels Handaufbrüchen geöffnet bzw. bereits erfolgte Aufbrüche in Augenschein genommen. Nach der organoleptischen Prüfung wurden in Abhängigkeit des Befundes Baustoffproben entnommen. Ausgewählte Proben wurden dem chemischen Labor zur Analyse auf die Verdachtsparameter übergeben.

Die Dachbeläge des Wohngebäudes und des Werkstattanbaus wurden am 23.01.2017 durch einen Dachdecker zur Erkundung geöffnet. Nach der Probenahme wurden die Öffnungen wieder fachgerecht verschlossen.

Die Probenahme und die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 1 dokumentiert. Die Ansatzpunkte können den Gebäudeplänen in Anlage 1 entnommen werden. Probenahmeprotokolle und Prüfberichte sind Anlage 3 zusammengestellt.

Aufgrund der bauzeittypischen Baustoffe und Bauweisen ist, ergänzt durch die Ergebnisse der Begehung und der Bauwerksbeprobungen, bei Sanierung und Abbruch mit folgenden Hauptbaurestmassen zu rechnen:

- Bodenplatten und Fundamente aus Beton
- Kelleraußenwände: Betonhohlsteine, ggf. mit Glattstrich und Dichtanstrich
- Außenwände: Holzfaserbeton, Fassadenverkleidung Asbestzementplatten, Dämmung mit alter Mineralwolle, untergeordnet Mauerwerk
- Innenwände, tragend: Holzfaserbeton, Holzwolleleichtbauplatten, verputzt
- Innenwände, nichttragend: Holzzementplatten, verputzt
- Decken: Betonbalken mit Betoneinlegern, Unterseiten mit Holzfaserplatten, verputzt; Zementestrich, Holzzementestrich
- Dach: Betonbalken mit Betoneinlegern, Unterseiten mit Holzfaserplatten, verputzt; Dachhaut Dämmplatte, Bimsbeton, Dampfsperre, Dämmung PS-Schaum, Bitumenschweißbahnen

Nach der visuellen und organoleptischen Untersuchung gehen wir davon aus, dass Dämmstoffe aus künstlichen Mineralfasern aufgrund des vermuteten Einbaudatums als krebserdächtig einzustufen sind.

Bauart- bzw. bauzeittypisch sind Wand- und Bodenbeschichtungen, die polychlorierte Biphenyle enthalten (PCB) können. PCB wurde in Bauprodukten wegen der geringen Wasserlöslichkeit, der Schwerentflammbarkeit, der hohen chemischen Stabilität und der guten Eignung als Weichmacher eingesetzt. Aus den Beschichtungen der Bodenplatten der Balkone und Laubengänge wurden wegen möglicher PCB-Belastungen an mehreren Stellen Proben entnommen und zu zwei Laborproben zusammengeführt (A5: 1.OG, Balkon West, Boden | A7: 1.OG, Balkon Ost, Boden). Aus beschichteten Innenputzen wurden wegen möglicher PCB-Belastungen im Anstrich an zwei Stellen Proben entnommen (A8: 1.OG, Whg. 6, Küche, Wand | A10: Treppenhaus, Wand). Der Untersuchungsumfang umfasste bei allen Proben den Einzelparameter PCB.

Bezeichnung, Entnahmestelle	Materialabfolge	Untersuchungsumfang	Erkundungsergebnisse, maßgebli. Laborbefund	abfallrechtliche Beurteilung
A1: 1.OG, Whg. 1, Zi rechts, Boden	Bodenbelag, VC Spachtelung	visuelle Überprüfung visuelle Überprüfung	neuer VC-Belag neue Spachtelung	AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle –
A2: 1.OG, Whg. 1, Küche, Boden	Estrich, mit Holzspänen Rohdecke VC-Belag, Abestverdacht (Floorflex)	2,0 cm visuelle Überprüfung Asbest	Chlorid = 230 Sulfat = 120 µg/l Asbest negativ Beton Asbest positiv	Zementestrich, kein Gefahrstoff; aufgrund des Gehalts an Holzfasern: AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle mineralisches Abbruchmaterial TRGS 519 Abbruch-Arbeiten an Asbestzementprodukten; ggf. mit Verfahren geringer Exposition (DGUV Information 201-012); AVV 17 06 05* asbesthaltige Baustoffe
A3: 1.OG, Whg. 1, Zi rechts, Decke	Deckenverkleidung	visuelle Überprüfung	Holzwoleleichtbauplatte	kein Schadstoffverdacht; AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle
A4: 1.OG, Whg. 1, Bad, Boden	VC-Belag, Abestverdacht (Floorflex)	Asbest	Asbest positiv	TRGS 519 Abbruch-Arbeiten an Asbestzementprodukten; ggf. mit Verfahren geringer Exposition (DGUV Information 201-012); AVV 17 06 05* asbesthaltige Baustoffe
A5: 1.OG, Balkon West, Boden	Bodenbeschichtung	PCB	PCB n. n.	kein Gefahrstoff; Entsorgung mit mineralischem Abbruchmaterial
A6: 1.OG, Fassade	Fassadenverkleidung, Asbestverdacht Fassadendämmung KMF	0,8 cm Asbest WHO-Fasern, Kanzerogenitätsindex (KI)	Asbest positiv KI = 15 (Kat. 1B nach GefStoffV), WHO-Fasern nachgewiesen	TRGS 519 Abbruch-Arbeiten an Asbestzementprodukten; AVV 17 06 05* asbesthaltige Baustoffe TRGS 521 ASI-Arbeiten mit alter Mineralwolle; AVV 17 06 03* anderes Dämmmaterial
A7: 1.OG, Balkon Ost, Boden	Bodenbeschichtung	PCB	PCB n. n.	kein Gefahrstoff; Entsorgung mit mineralischem Abbruchmaterial
A8: 1.OG, Whg. 6, Küche, Wand	Wandbeschichtung (Glanzstrich)	PCB	PCB = 2,65 mg/kg	PCB-Gehalt erhöht, kein Gefahrstoff; Entsorgung mit Abbruchmaterial
A9: 1.OG, Treppenhaus, Boden	VC-Belag, Abestverdacht (Floorflex)	Asbest	Asbest positiv	TRGS 519 Abbruch-Arbeiten an Asbestzementprodukten; ggf. mit Verfahren geringer Exposition (DGUV Information 201-012); AVV 17 06 05* asbesthaltige Baustoffe
A10: Treppenhaus, Wand	Terrazzo Wandbeschichtung (Glanzstrich)	visuelle Überprüfung PCB	kein Schadstoffverdacht PCB = 0,1 mg/kg	mineralisches Abbruchmaterial kein Gefahrstoff; Entsorgung mit mineralischem Abbruchmaterial

Tabelle 1a: Bauwerksbeprobung und Erkundungsergebnisse sowie abfallrechtliche Beurteilung

Bezeichnung, Entnahmestelle	Materialabfolge	Untersuchungsumfang	Erkundungsergebnisse, maßgebli. Laborbefund	abfallrechtliche Beurteilung
A11: Dach Wohngebäude	Schweißbahn, 3-lagig ca. 2 cm	PAK, Asbest	PAK = 8,64 mg/kg Asbest negativ KMF (Glaswolle) nachgewiesen	AVV 17 03 02 Bitumengemische
	Dämmung PS-Hartschaum ca. 5 cm	HBCD	HBCD = n. n.	AVV 17 06 04 Dämmmaterial oder AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle
	Dampfsperre	visuelle Überprüfung	-	-
A12: Dach Werkstatt	wie A11: Dach Wohngebäude	wie Wohngebäude	wie Wohngebäude	wie Wohngebäude
A13: Innenwand, tragend	Holzwohleleichtbauplatte	visuelle Überprüfung	Holzwohleleichtbauplatte	AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle
	Hohlraum	-	-	-
	Betonfertigteil mit Holzfaserbewehrung	visuelle Überprüfung	Holzfaserbeton	AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle, aufgrund des Gehalts an Holzfasern
A14: Innenwand, nichttragend	Leichtbauplatte, Holzfaserzement	visuelle Überprüfung	wie Holzwohleleichtbauplatte	AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle
A15: Decke EG	Gipsputz	-	-	-
	Holzwohleleichtbauplatte	visuelle Überprüfung	Holzwohleleichtbauplatte	kein Schadstoffverdacht; AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle
	Hohlraum	-	-	-
	Holzbetonplatte oder Beton	visuelle Überprüfung	Holzfaserbeton	AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle, aufgrund des Gehalts an Holzfasern
	Sand	nicht zugänglich	-	-
	Rohdecke Beton	visuelle Überprüfung	Beton	mineralisches Abbruchmaterial
A16: Decke OG	Gipsputz	visuelle Überprüfung	-	-
	Holzwohleleichtbauplatte	visuelle Überprüfung	Holzwohleleichtbauplatte	kein Schadstoffverdacht; AVV 17 09 04 gemischte Bau- und Abbruchabfälle
	Hohlraum	-	-	-
	Dach Beton (Fertigteil)	visuelle Überprüfung	Beton	mineralisches Abbruchmaterial
	Bimsbeton	nicht zugänglich	-	ggf. teerhaltige Anhaftungen des früheren Dachbelags
	weiter bei A11: Dachbelag	visuelle Überprüfung	-	-
Kellerdecke	Betonbalken, Betoneinleger, unverkleidet, ungedämmt	visuelle Überprüfung	kein Gefahrstoffverdacht	-
Kelleraußenwand	Betonhohlsteine	visuelle Überprüfung	kein Gefahrstoffverdacht	ggf. teerhaltiger Dichtanstrich außen

Tabelle 1b: Bauwerksbeurteilung und Erkundungsergebnisse sowie abfallrechtliche Beurteilung

Wegen des potenziellen Asbestverdachts wurden folgende Materialien auf den Asbestgehalt untersucht:

- A1: 1.OG, Whg.1, Zimmer rechts, Boden – Estrich mit Holzspänen
- A2: 1.OG, Whg.1, Küche, Boden – VC-Fliesen (Floorflex)
- A4: 1.OG, Whg.1, Bad, Boden – VC-Fliesen (Floorflex), auch im WC verlegt
- A9: 1.OG, Treppenhaus, Boden – VC-Fliesen (Floorflex), nur im OG verlegt
- A11: Dach Wohngebäude – Schweißbahn
- A6: Fassade – Fassadenverkleidung

Zur Beurteilung, ob die Fassadendämmung aus gefahrstoffhaltiger Mineralwolle besteht, wurde an einer Probe der Kanzerogenitätsindex als Bewertungsgrundlage bestimmt (A1: 1.OG, Whg.1, Zimmer rechts, Boden – Estrich).

Zur Überprüfung, ob es sich bei dem Holzfaserestrich um Magnesit- oder Zementestrich handelt, wurde eine Probe hiervon auf den Chlorid- und Sulfatgehalt im Eluat untersucht (A1: 1.OG, Whg.1, Zimmer rechts, Boden – Estrich).

Zur Abgrenzung kohlenteeerhaltiger und bituminöser Dachbahnen wurde eine Probe aus dem Dach des Wohngebäudes auf den PAK-Gehalt untersucht (A11: Dach Wohngebäude – Dach Schweißbahn). In der Probe aus der Dachdämmung aus Polystyrol-Hartschaum wurde der HBCD-Gehalt ermittelt. Die Einstufung HBCD-haltiger Dämmstoffe als gefährlicher Abfall ist bis Ende 2017 ausgesetzt. Danach müssen HBCD-haltige Abfälle vermutlich wieder als gefährlich eingestuft werden (AVV 17 06 03* – anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht). Die Öffnung der Dachbeläge erfolgte durch einen Dachdecker. Nach Abschluss der Probenahme wurden die Dachflächen wieder fachgerecht verschlossen.

Auswertung der Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Erkundungsergebnisse sowie die hieraus abgeleiteten abfallrechtlichen Beurteilungen zusammengestellt. Zusätzlich wurden Ergebnisse der visuellen Überprüfung berücksichtigt.

Die Fassadenverkleidung besteht nachweislich aus Asbestzementplatten. Der Kanzerogenitätsindex der Dämmwolle wurde zu KI = 15 bestimmt. Glasige, alveolengängige WHO-Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex ≤ 30 werden in die Kategorie 1B der Gefahrstoffverordnung eingestuft und sind somit als krebserzeugend zu betrachten. Da bei ASI-Arbeiten an asbesthaltigen Baustoffen und alter Mineralwolle eine vergleichbare Gefährdungssituation vorliegt, kann die Fassadenverkleidung und –dämmung in einem Arbeitsdurchgang entfernt

werden. Die Arbeiten dürfen nur von einem sachkundigen Betrieb ausgeführt werden. Die Vorgaben hinsichtlich Arbeitsweise, organisatorischem und persönlichem Arbeitsschutz der *Gefahrstoffverordnung*, der *TRGS 519 – Asbest: ASI-Arbeiten* und der *TRGS 521 – ASI-Arbeiten mit alter Mineralwolle* sind einzuhalten.

Die VC-Fliesen in Küche, Bad und WC der untersuchten Wohnung sowie die VC-Fliesen im Obergeschoss des Treppenhauses sind nachweislich asbesthaltig. Beim Ausbau der Fliesen sind die Vorgaben der *TRGS 519* zu berücksichtigen. Der Ausbau sollte in einem *Verfahren geringer Exposition nach DGUV Information 201-012* erfolgen, da hierbei eine Faserfreisetzung weitgehend unterbunden wird. Im Rahmen der Erkundung wurden alle zugänglichen Räume begangen. Hierbei ergaben sich keine weiteren Erkenntnisse hinsichtlich des Umfangs der asbesthaltigen Bodenbeläge. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass nach Entfernung vorhandener neuerer Bodenbeläge (Teppichböden, VC-Bahnen) weitere asbesthaltige Beläge freigelegt werden.

In den untersuchten Beschichtungen der Balkon- und Laubengangplatten sind keine PCB nachweisbar. Der PCB-Gehalt im Anstrich des Treppenhauses ist unbedeutend. In der in der Küche der Wohnung im 1. OG entnommenen Wandputzprobe wurde ein geringfügig erhöhter PCB-Gehalt von 2,65 mg/kg nachgewiesen. PCB-haltige Wandbeschichtungen weisen in der Regel deutlich höhere Gehalte auf. Der ermittelte Gehalt kann auf Verunreinigungen durch abgetragene Wandbeschichtungen oder Sekundärbelastungen durch inzwischen entfernte Primärquellen hinweisen. PCB-haltige Abfälle sind Abfälle mit mehr als 50 mg/kg an PCB. Somit kann abgetragener Putz als gemischter Bau- und Abbruchabfall (AVV 17 09 04) entsorgt werden.

In der Probe aus dem Holzfaserestrich wurde ein Sulfatgehalt von 120 mg/l und ein Chloridgehalt von 230 mg/l nachgewiesen. Magnesitestrich weist einen wesentlich höheren Chloridgehalt auf, Anhydridestrich einen wesentlich höheren Sulfatgehalt. Bei dem untersuchten Material handelt es sich um mit Holzfasern vermischten Zementestrich.

Fazit

Das Gebäude im Falkenweg 69 weist im Inneren nur ein geringes Gefährdungspotenzial auf. In geringem Umfang wurden asbesthaltige Floorflexplatten verlegt. Diese können mittels einem anerkannten Verfahren geringer Exposition ausgebaut werden, wodurch eine Faserfreisetzung weitgehend unterbunden wird.

Die Entfernung der asbesthaltigen Fassadenplatten und der darunterliegenden Dämmung aus künstlichen Mineralfasern ist mit erheblichem Aufwand verbunden (Fassadengerüst,

persönlicher Arbeitsschutz, staubarme Arbeitsweisen, Schwarz-Weiß-Anlage usw.). Die Sanierung darf nur von einem sachkundigen Fachunternehmer ausgeführt werden.

Hinsichtlich der Entsorgung von Abfällen aus dem Gebäudeabbruch ist wegen des hohen Gehalts an Holzfasern in Wänden und Decken mit erheblichen Mehrkosten gegenüber mineralischem Abbruchmaterial zu rechnen. Eine Verwertung als RC-Material scheidet wegen der geringen Festigkeit und Frostempfindlichkeit aus. Eine deponiebautechnische Verwertung als Ersatzbaustoff scheidet wegen des hohen Organikgehaltes aus. Solche Abfälle sind in der Regel als Inertabfälle auf Deponien der Klasse DKII zu entsorgen.

Wir weisen darauf hin, dass sich die Aussagen in diesem Bericht nur auf die im Rahmen der Ersterkundung festgestellten Sachverhalte beziehen. Sofern sich im Zuge weiterer Erkundungsmaßnahmen Hinweise auf das Vorhandensein zusätzlicher Schadstoffe ergeben, sind die Aussagen in diesem Bericht gegebenenfalls anzupassen.

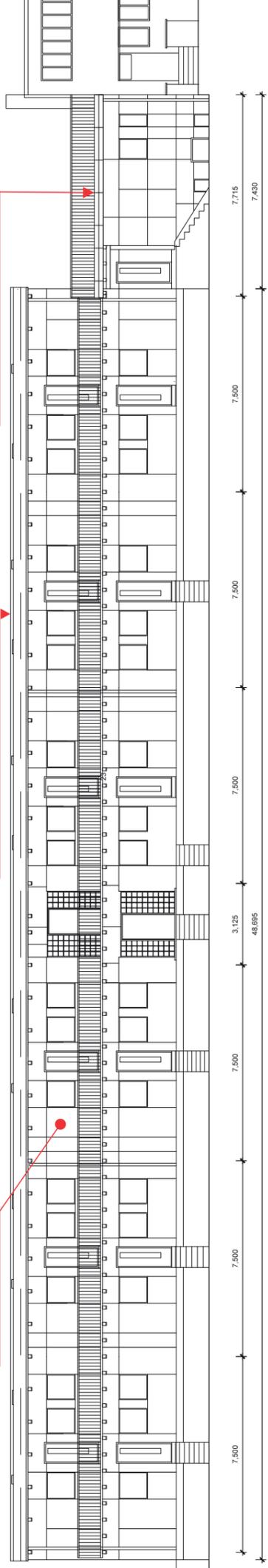
Dr.-Ing. Michael Schramm

Karlsruhe, 28. Februar 2017

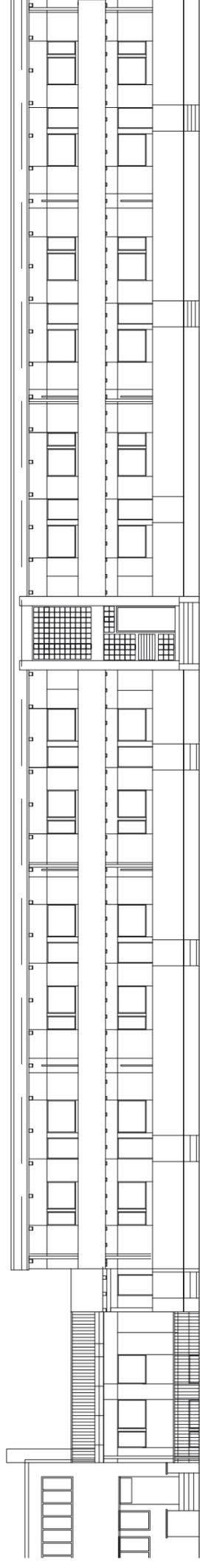
A6: Fassadenplatten Asbestzemet
Dämmung KMF

A11: Dachbelag Bitumenschweißbahn
Dämmung PS-Hartschaum

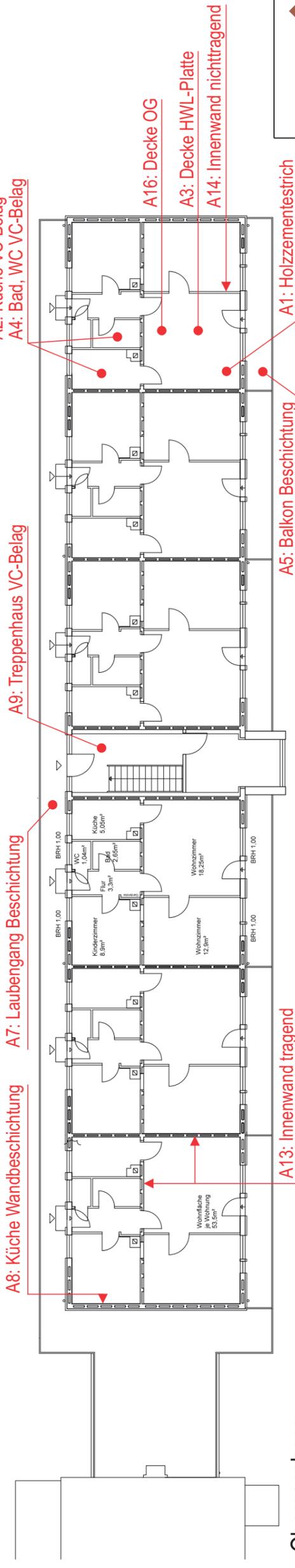
A12: Dachbelag Bitumenschweißbahn
Dämmung PS-Hartschaum



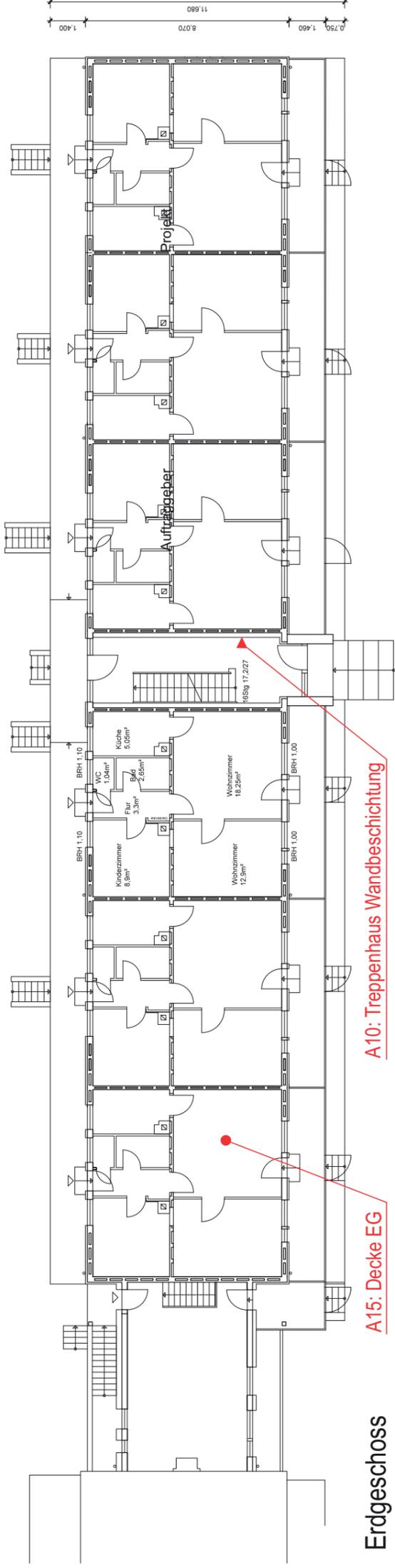
Ansicht Ost (Gartenseite)



Ansicht West (Falkenweg)



Obergeschoss



Erdgeschoss

Wohngebäude Falkenweg 69 Karlsruhe Ruppurr Gefahrstoff- / Schadstofferkundung	
Lage der Aufbrüche zur Bauwerkserkundung	
Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm Marie-Alexandra-Str. 27 • 76135 Karlsruhe Tel.: 0721-32599 Fax: 0721-32502	
Maßstab 1 : 200	Stand Februar 2017



Foto 1: Außenansicht von Westen (Falkenweg), Fassadenverkleidung AZ-Platten



Foto 2: Außenansicht von Osten (Gartenseite), Fassadenverkleidung AZ-Platten

Auftraggeber


VOLKS WOHNUNG

Projekt

**Wohngebäude Falkenweg 69, Karlsruhe Rüppurr
Gefahrstoff- / Schadstofferkundung**

Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm

Marie-Alexandra-Str. 27 • 76135 Karlsruhe
Tel.: 0721-32599 Fax: 0721-32502

Fotodokumentation

Stand

Februar 2017



Foto 3: Deckenansicht Keller



Foto 4: Deckenansicht EG

Auftraggeber


VOLKS WOHNUNG

Projekt

Wohngebäude Falkenweg 69, Karlsruhe Rüppurr
Gefahrstoff- / Schadstofferkundung
Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm

 Marie-Alexandra-Str. 27 • 76135 Karlsruhe
 Tel.: 0721-32599 Fax: 0721-32502

Fotodokumentation

Stand

Februar 2017



Foto 5: Deckenansicht OG



Foto 6: Innenwand, nichttragend

Auftraggeber



Projekt

Wohngebäude Falkenweg 69, Karlsruhe Rüppurr
Gefahrstoff- / Schadstofferkundung

Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm

Marie-Alexandra-Str. 27 • 76135 Karlsruhe
 Tel.: 0721-32599 Fax: 0721-32502

Fotodokumentation

Stand

Februar 2017



Foto 7: Innenwand, tragend (Wohnungstrennwand)



Foto 8: Innenwand, tragend (Mittelwand)

Auftraggeber


VOLKS WOHNUNG

Projekt

**Wohngebäude Falkenweg 69, Karlsruhe Rüppurr
Gefahrstoff- / Schadstofferkundung**
Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm

 Marie-Alexandra-Str. 27 • 76135 Karlsruhe
 Tel.: 0721-32599 Fax: 0721-32502

Fotodokumentation

Stand

Februar 2017



Foto 9: Holzzementestrich (Wohnung 1. OG, Süd)



Foto 10: Zementestrich (Wohnung 1. OG, Nord)

Auftraggeber


VOLKS WOHNUNG

Projekt

**Wohngebäude Falkenweg 69, Karlsruhe Rüppurr
Gefahrstoff- / Schadstofferkundung**
Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm

 Marie-Alexandra-Str. 27 • 76135 Karlsruhe
 Tel.: 0721-32599 Fax: 0721-32502

Fotodokumentation

Stand

Februar 2017

21

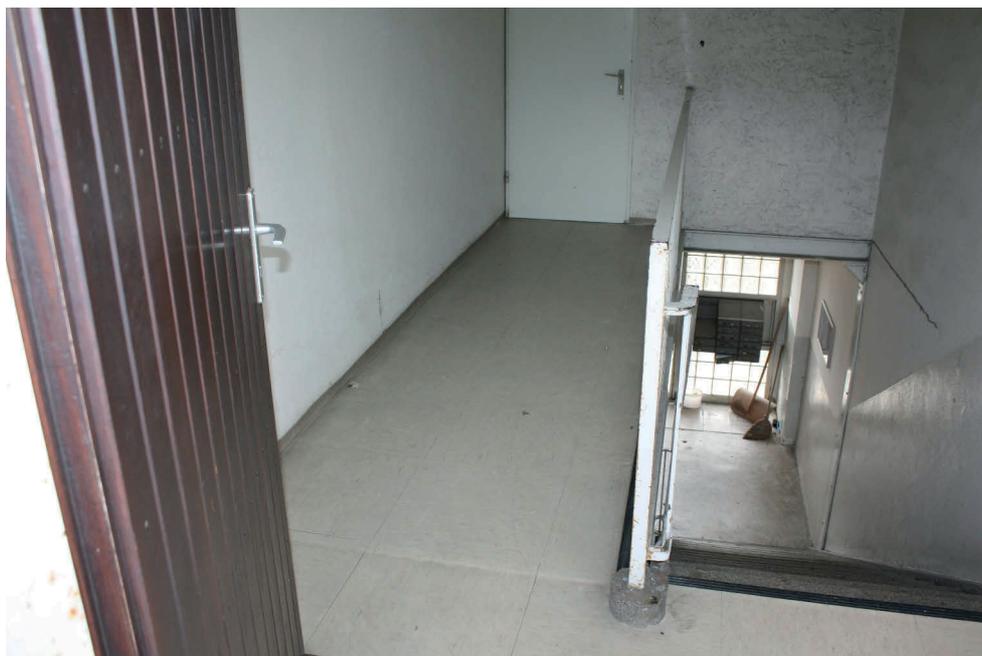


Foto 11: VC-Fliesenbelag, asbesthaltig (OG Treppenhaus)



Foto 12: VC-Fliesenbelag, asbesthaltig (OG Süd, 1. Wohnung)

Auftraggeber


VOLKS WOHNUNG

Projekt

**Wohngebäude Falkenweg 69, Karlsruhe Rüppurr
 Gefahrstoff- / Schadstofferkundung**

Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm

Marie-Alexandra-Str. 27 • 76135 Karlsruhe
 Tel.: 0721-32599 Fax: 0721-32502

Fotodokumentation

Stand

Februar 2017

Probenahmeprotokolle, Prüfberichte

Auftraggeber



Projekt

Wohngebäude Falkenweg 69, Karlsruhe Rüppurr
Gefahrstoff- / Schadstofferkundung

Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm

Marie-Alexandra-Str. 27 • 76135 Karlsruhe
Tel.: 0721-32599 Fax: 0721-32502

Anlagen

Stand

Februar 2017

Protokoll über die Entnahme von Baustoffproben			
Probenehmende Stelle GEOCHEM	Auftrags-Nr. 30117	Untersuchungslabor AGROLAB GmbH Bruckberg	
Probenehmer Ritter	Entnahmedatum 02.01.2017		
Standort/Adresse:		Falkenweg 69, Karlsruhe	
Gebäudeteil:	1.OG, Whg.1, Zi rechts, Boden (A1)	Material:	Magnesitestrich
Probenbez.:	Estrich	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelprobe
Schadstoff:	Chlorid, Phenole	<input type="checkbox"/>	Mischprobe aus Einzelproben
Gebäudeteil:	1.OG, Whg.1, Küche, Boden (A2)	Material:	Kunststoffbelag
Probenbez.:	Bodenbelag	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelprobe
Schadstoff:	Asbest	<input type="checkbox"/>	Mischprobe aus Einzelproben
Gebäudeteil:	1.OG, Whg.1, Zi rechts, Decke (A3)	Material:	
Probenbez.:	Heraklit (Abhängung)	<input type="checkbox"/>	Einzelprobe
Schadstoff:	kein Verdacht	<input type="checkbox"/>	Mischprobe aus Einzelproben
Gebäudeteil:	1.OG, Whg.1, Bad, Boden (A4)	Material:	Kunststoffbelag
Probenbez.:	Bodenbelag	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelprobe
Schadstoff:	Asbest	<input type="checkbox"/>	Mischprobe aus Einzelproben
Gebäudeteil:	1.OG, Balkon West, Boden (A5)	Material:	Kunststoffbeschichtung
Probenbez.:	Bodenbeschichtung	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelprobe
Schadstoff:	PCB	<input type="checkbox"/>	Mischprobe aus Einzelproben
Gebäudeteil:	1.OG, Fassade (A6)	Material:	künstl. Mineralfasern/Faserzementplatten
Probenbez.:	Fassadendämmung/ Fassadenverkleidung	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelprobe
Schadstoff:	WHO-Fasern/Asbest	<input type="checkbox"/>	Mischprobe aus Einzelproben
Gebäudeteil:	1.OG, Balkon Ost, Boden (A7)	Material:	Kunststoffbeschichtung
Probenbez.:	Bodenbeschichtung	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelprobe
Schadstoff:	PCB	<input type="checkbox"/>	Mischprobe aus Einzelproben
Gebäudeteil:	1.OG, Whg. 6, Küche, Wand (A8)	Material:	Wandanstrich
Probenbez.:	Glanzanstrich Wand	<input checked="" type="checkbox"/>	Einzelprobe
Schadstoff:	PCB	<input type="checkbox"/>	Mischprobe aus Einzelproben
Elchesheim-Illingen, 13.01.2017		Dr. Joachim Ritter	
Ort, Datum		Name und Unterschrift	

Protokoll über die Entnahme von Baustoffproben		
Probenehmende Stelle GEOCHEM	Auftrags-Nr. 30117	Untersuchungslabor AGROLAB GmbH Bruckberg
Probenehmer Ritter	Entnahmedatum 02.01.2017	
Standort/Adresse: Falkenweg 69, Karlsruhe		
Gebäudeteil: Treppenhaus, Boden (A9)	Material: Kunststoffbelag	
Probenbez.: Bodenbelag	<input checked="" type="checkbox"/> Einzelprobe	
Schadstoff: Asbest	<input type="checkbox"/> Mischprobe aus	Einzelproben
Gebäudeteil: Treppenhaus, Wand (A10)	Material: Anstrich	
Probenbez.: Glanzanstrich Wand	<input checked="" type="checkbox"/> Einzelprobe	
Schadstoff: PCB	<input type="checkbox"/> Mischprobe aus	Einzelproben
Gebäudeteil: _____	Material: _____	
Probenbez.: _____	<input type="checkbox"/> Einzelprobe	
Schadstoff: _____	<input type="checkbox"/> Mischprobe aus	Einzelproben
Gebäudeteil: _____	Material: _____	
Probenbez.: _____	<input type="checkbox"/> Einzelprobe	
Schadstoff: _____	<input type="checkbox"/> Mischprobe aus	Einzelproben
Gebäudeteil: _____	Material: _____	
Probenbez.: _____	<input type="checkbox"/> Einzelprobe	
Schadstoff: _____	<input type="checkbox"/> Mischprobe aus	Einzelproben
Gebäudeteil: _____	Material: _____	
Probenbez.: _____	<input type="checkbox"/> Einzelprobe	
Schadstoff: _____	<input type="checkbox"/> Mischprobe aus	Einzelproben
Gebäudeteil: _____	Material: _____	
Probenbez.: _____	<input type="checkbox"/> Einzelprobe	
Schadstoff: _____	<input type="checkbox"/> Mischprobe aus	Einzelproben
Elchesheim-Illingen, 13.01.2017		Dr. Joachim Ritter
Ort, Datum		Name und Unterschrift

16.01.2017

Auftrag Nr.: 30117, Untersuchung von Baustoffen, Bausubstanzerkundung Falkenweg 69, Karlsruhe

hier: Prüfbericht

Gesamtseitenzahl	3
Auftraggeber	Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm, Marie-Alexandra-Straße 27, 76135 Karlsruhe
Auftragseingang	02.01.2017
Probeneingang	02.01.2017
Probenanzahl	10
Probenart	Baustoffe
Probenbezeichnung AG	Fassadendämmung KMF, Fassadenverkleidung, Bodenbelag Treppenhaus, Bodenbelag 1.OG Whg.1 Bad, Bodenbelag 1.OG Whg.1 Küche, Bodenbeschichtung Balkon West, Bodenbeschichtung Balkon Ost, Glanzanstrich Wand 1.OG Whg. 6 Küche, Glanzanstrich Wand Teppenhaus, Estrich 1.OG Whg. 1 Zimmer rechts
Probenummer GEOCHEM	217 - 1117 fortlaufend
Angaben zur Probenahme	Probenahme durch GEOCHEM
Prüfung analog genormter Verfahren	Trockensubstanz (DIN ISO 11465/DIN EN 14346), Elution (DIN EN 12457-4), pH-Wert (DIN 38404-C5), el. Leitfähigkeit (DIN EN 27888), Phenolindex (DIN EN ISO 14402 (1999)), Chlorid, Sulfat (DIN EN ISO 10304-D19), PCB (DIN EN 15308), Asbest (VDI 3866, B1.5 (2004-10), REM/EDXA), KI (Kanzergenitätsindex) (BR_143 (REM/EDXA TRGS 905)
Besonderheiten	Alle Werte im Feststoff bezogen auf Trockensubstanz.
Dauer der Prüfung	03. - 10.01.2017

Die nachstehenden Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Proben. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichts ist nur nach schriftlicher Genehmigung durch GEOCHEM gestattet.

Prüfergebnisse:

Tabelle 1: Bestimmbare Stoffkonzentration, gefundene Stoffkonzentration **im Feststoff**

Parameter	Einheit	bestimmbar	Bodenbe- schichtung Balkon West	Bodenbe- schichtung Balkon Ost	Glanzanstrich Wand 1.OG Whg. 6 Küche	Glanzanstrich Wand Teppenhause
<u>PCB n. Ballschmitter</u>						
Nr. 28	mg/kg	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,01
Nr. 52	mg/kg	0,01	< 0,01	< 0,01	0,13	< 0,01
Nr. 101	mg/kg	0,01	< 0,01	< 0,01	0,58	0,02
Nr. 118	mg/kg	0,01	< 0,01	< 0,01	0,32	< 0,01
Nr. 138	mg/kg	0,01	< 0,01	< 0,01	0,68	0,03
Nr. 153	mg/kg	0,01	< 0,01	< 0,01	0,68	0,03
Nr. 180	mg/kg	0,01	< 0,01	< 0,01	0,26	0,02
Summe PCB	mg/kg		n.n.	n.n.	2,650	0,100

n.n. = nicht nachweisbar

Tabelle 2: Bestimmbare Stoffkonzentration, gefundene Stoffkonzentration **im Feststoff**

Parameter	Einheit	bestimmbar	Fassaden- verklei- dung	Bodenbe- lag Treppen- haus	Bodenbe- lag 1.OG Whg.1 Bad	Bodenbe- lag 1.OG Whg.1 Küche	Estrich 1.OG Whg.1 Zimmer rechts
Asbest		1	positiv	positiv	positiv	positiv	negativ
Asbest Amphibol	Gew.-%	1	<1	<1	<1	<1	< 1
Asbest Chrysotil	Gew.-%	1	ca. 1-15	ca. 1-15	ca. 1-15	ca. 1-15	< 1

Tabelle 3: Bestimmbare Stoffkonzentration, gefundene Stoffkonzentration **im Eluat**

Parameter	Einheit	bestimmbar	Estrich 1.OG Whg. 1 Zimmer rechts
<u>Elution</u>			
pH-Wert			10,0
el. Leitfähigkeit	µS/cm		1250
Trockensubstanz	Gew.-%	0,1	97,6
Phenolindex	mg/l	0,01	0,18
Chlorid	mg/l	1	230
Sulfat	mg/l	1	120

Tabelle 4: Bestimmbare Stoffkonzentration, gefundene Stoffkonzentration **im Feststoff**

Parameter	Einheit	bestimmbar	Fassaden- dämmung KMF
Kanzerogenitätsindex KI		-100	15,0
KMF		0	Steinwolle
WHO Fasern		0	nachgewiesen

Für die Richtigkeit:

Elchesheim-Illingen, 16.01.2017



Dr. Joachim Ritter
 Büro für angewandte Geochemie
 Probenahme, Analytik, Beratung

.....
 Dr. Joachim Ritter

Niederlassung Süd-West

Am Sandbuckel 12
68809 Neulußheim
Telefax +49(0)6205 - 2320-655
internet: www.labor-graner.de

Dr. Graner & Partner GmbH, Am Sandbuckel 12, 68809 Neulußheim

Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm
Marie-Alexandra-Straße 27
76135 Karlsruhe
15 Baden-Württemberg

Ansprechpartner:

Birgit Grundmann
Telefax +49(0)6205 - 2320-653
E-Mail: b.grundmann@labor-graner.de
Sven Blau
Telefax +49(0)6205 - 2320-654
E-Mail: s.blau@labor-graner.de

Neulußheim, 01.02.2017

Prüfbericht 1702856

Auftraggeber: Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm
Projektleiter: Herr Dr. Schramm
Auftraggeberprojekt: VoWo Falkenweg 69
Probenahmedatum: 23.01.2017
Probenahme durch: Auftraggeber
Probengefäße: Kunststoff - Beutel
Eingang am: 25.01.2017
Beginn/Ende Prüfung: 25.01.2017 - 01.02.2017

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Prüflaborleitung erlaubt. Die in den zitierten Normen und Richtlinien angegebenen Meßunsicherheiten werden eingehalten. Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen des Messwertes führen. Prüfergebnisse von Mischproben die unterhalb des Grenzwertes liegen, können trotzdem zu Grenzwertüberschreitungen von einer oder mehreren Teilproben führen. Um die Überprüfung des Grenzwertes sicher zu gewährleisten, wird angeraten, gemäß Prüfvorschrift die Einzelproben zu untersuchen. Mikrobiologisches Untersuchungsmaterial wird nach der Auswertung sofort vernichtet.

Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025 · D-PL-18601-01-00

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte
Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben, Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB

Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Dr. Manfred Holz
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
BIC: GENODEFIM07, IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22

Prüfbericht:

1702856

01.02.2017

Probenbezeichnung: Dach Schweißbahn

Probenahmedatum: 23.01.2017

Labornummer: 1702856-001

Material: Feststoff

	Gehalt	Einheit	BG	Methode
Trockenrückstand	100	%		DIN EN 14346
Naphthalin	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	US-EPA 8270
Acenaphthylen	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	
Acenaphthen	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	
Fluoren	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	
Phenanthren	0,69	mg/kg TS	0,1	
Anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	
Fluoranthren	0,99	mg/kg TS	0,1	
Pyren	1,1	mg/kg TS	0,1	
Benz(a)anthracen	0,50	mg/kg TS	0,1	
Chrysen	2,2	mg/kg TS	0,1	
Benzo(b)fluoranthren	1,00	mg/kg TS	0,1	
Benzo(k)fluoranthren	0,31	mg/kg TS	0,1	
Benzo(a)pyren	0,41	mg/kg TS	0,1	
Indeno(123-cd)pyren	0,31	mg/kg TS	0,1	
Dibenz(ah)anthracen	0,28	mg/kg TS	0,1	
Benzo(ghi)perylen	0,85	mg/kg TS	0,1	
Summe der 16 PAK nach EPA	8,64	mg/kg TS		
Summe der 15 PAK (o. Naph.)	8,64	mg/kg TS		



Prüfbericht:

1702856

01.02.2017

Probenbezeichnung: Dach PU-Dämmung

Probenahmedatum: 23.01.2017

Labornummer: 1702856-002

Material: Feststoff

	Gehalt	Einheit	BG	Methode
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	u.d.B.	mg/kg OS	100	RFA

BG = Bestimmungsgrenze

u.d.B. = unter der Bestimmungsgrenze

Ergänzung zu Prüfbericht 1702856:

Der Trockenrückstand der Probe wurde nicht bestimmt. Die Analysenergebnisse beziehen sich deshalb auf einen angenommenen Trockensubstanzanteil von 100 %.



B. Grundmann (Umweltschutztechnikerin)

Niederlassung Süd-West

Am Sandbuckel 12
68809 Neulußheim
Telefax +49(0)6205 - 2320-655
internet: www.labor-graner.de

Dr. Graner & Partner GmbH, Am Sandbuckel 12, 68809 Neulußheim

Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm
Marie-Alexandra-Straße 27
76135 Karlsruhe
15 Baden-Württemberg

Ansprechpartner:

Birgit Grundmann
Telefax +49(0)6205 - 2320-653
E-Mail: b.grundmann@labor-graner.de
Sven Blau
Telefax +49(0)6205 - 2320-654
E-Mail: s.blau@labor-graner.de

Neulußheim, 08.02.2017

Prüfbericht 1702856A

Auftraggeber: Ingenieurbüro Dr.-Ing. M. Schramm
Projektleiter: Herr Dr. Schramm
Auftraggeberprojekt: VoWo Falkenweg 69
Probenahmedatum: 23.01.2017
Probenahme durch: Auftraggeber
Probengefäße: Kunststoff - Beutel
Eingang am: 25.01.2017
Beginn/Ende Prüfung: 25.01.2017 - 08.02.2017

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Prüflaborleitung erlaubt. Die in den zitierten Normen und Richtlinien angegebenen Meßunsicherheiten werden eingehalten. Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen des Messwertes führen. Prüfergebnisse von Mischproben die unterhalb des Grenzwertes liegen, können trotzdem zu Grenzwertüberschreitungen von einer oder mehreren Teilproben führen. Um die Überprüfung des Grenzwertes sicher zu gewährleisten, wird angeraten, gemäß Prüfvorschrift die Einzelproben zu untersuchen. Mikrobiologisches Untersuchungsmaterial wird nach der Auswertung sofort vernichtet.

Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025 · D-PL-18601-01-00

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte
Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben, Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB

Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Dr. Manfred Holz
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
BIC: GENODEFIM07, IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22

Prüfbericht:

1702856A

08.02.2017

Probenbezeichnung: Dach Schweißbahn

Probenahmedatum: 23.01.2017

Labornummer: 1702856A-001

Material: Feststoff

Asbest*	KL	BF	KMF	WHO-Fas.	Hauptbestandteil(e) der Probe	Proben-typ	Bemerkung	ES/B
nicht nachgewiesen			Glaswolle		C (organisch) + mineralische Bestandteile	SP		

*Fremdvergabe

Rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen auf Asbest/WHO-Fasern gemäß VDI-Richtlinie 3866, Blatt 5:2004-10.

Die Massenteile Asbest wurden gemäß VDI-Richtlinie 3866, Blatt 5 in 4 Mengenklassen eingeteilt: Klasse 1 (< 1 %), Klasse 2 (1–15 %), Klasse 3 (15–40 %) und Klasse 4 (>40 %). Bei dieser Einteilung handelt es sich um nicht validierte Schätzungen.

Verwendete Abkürzungen:

- KL:** Mengenkategorie Asbest (Gesamtgehalt Asbest)
- KMF:** Künstliche Mineralfasern
- WHO-Fasern:** Fasern mit einem Durchmesser $D < 3 \mu\text{m}$, einer Länge $L > 5 \mu\text{m}$ und einem Längen / Durchmesser Verhältnis $L / D > 3$ (gem. TRGS 905)
- ES / B:** Dokumentation des positiven Befundes durch ES (Elementspektrum) & VP (Videoprint)
- BF:** Bindungsform des Asbest: F = fest gebunden, S = schwachgebunden (-Einschätzung des Prüfers nach makroskopischem und mikroskopischem Befund)
- KI:** Kanzerogenitätsindex - Mittelwert aus 3 Einzelanalysen, bestimmt mittels energiedispersiver Röntgenmikroanalyse (EDX, standardlos) gem. ISO 22309
- Proben-typ**
 MP - Untersuchung als normale Materialprobe
 SP - Untersuchung als Streupräparat einer Materialprobe oder Staubprobe

Die Probenahme erfolgt durch den Auftraggeber, bei Materialproben auf Asbest wird auf die Vorgaben der VDI 3866, Blatt 1 verwiesen.

Die vom Labor gelieferten Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die bezeichneten Prüfobjekte



 B. Grundmann (Umweltschutztechnikerin)

Anlage KAP. II

A 2. 7

Zusammenstellung Kosten

Fachgebiet Entwerfen und Nachhaltiges Bauen
Fachbereich Architektur
Technische Universität Darmstadt

Kostenschätzung

Projekt: Dammerstock 2020
Zusammenfassung

Grundstück	1.853,00	m ²	
BGF Bestand Kerngebäude	1.238,00	m ²	<i>Kerngebäude ohne Laubengänge</i>
BGF Pufferzone	325,00	m ²	<i>Pufferzone inklusive Bestandslaubengänge / Dachauskragung</i>
BGF Gesamt	1.563,00	m ²	
Wohnfläche Gesamt	919,75	m ²	

lfd. Nr.		Bezugs-einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten
----------	--	----------------	-------	----------------------	--------

1. Kosten Bestand 1.114.647 €

2. Kosten Neubau 693.370 €

3. Gesamtkosten Neubau + Bestand Netto (KG 200, 300, 400, 500) **1.808.017 €**

4. Gesamtkosten Neubau + Bestand Brutto 2.151.540 €

5. Kosten pro qm BGF

6. Kosten pro qm Wohnfläche / Netto m² 919,75 **1.965,76 €**

7. Kosten pro qm BGF / Netto m² 1.563,00 **1.156,76 €**

Kostenschätzung

Projekt: Dammerstock 2020
Sanierung Bestandsgebäude

BKI Gebäude Altbau, 2016, Modernisierungen Wohngebäude nach 1945

Mittelwert, Bauzustand schlecht, Aufwand Hoch, Tragwerkeingriffe, Vollwärmeschutz

BGF: 1.238 m²
Grundstück: 1.853 m²
BKI Ursprung: 730,00 Netto
BKI aktualisiert: 813,19 € Netto

Preisindex
Kostenkennwert KG 300
Bezugsjahr
Index Bezugsjahr
Index IV Quartal 2018
Regionalfaktor Karlsruhe
aktualisierter KKW

540 €
Feb 16
112,5
121,2
1,034
601,54 €

190 €
Feb 16
112,5
121,2
1,034
211,65 €

lfd. Nr.	Kosten- gruppe	Bezeichnung der Kostengruppe	Bezugs- einheit	Menge	Kennwert [€/Einheit]	Kosten (netto)	% von 300+400	% von Gesamt
1	100	Grundstück Verkehrswert Nebenkosten	m ² FBG	1.853 m ²	0,00	- €		
2	200	Herrichten und Erschließen	m ² FBG	1.853 m ²	6,00	11.118 €	1,1%	1,0%
3	300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m ² BGF	1.237,75 m ²	601,54	744.555 €	74,0%	66,8%
4	400	Bauwerk - Technische Anlagen	m ² BGF	1.237,75 m ²	211,65	261.973 €	26,0%	23,5%
5	300+400	Bauwerk - gesamt	m ² BGF	1.237,75 m ²	813,19	1.006.529 €	100%	90,3%
6	500	Außenanlagen	m ² AUF	970 m ²	100,00	97.000 €	9,6%	8,7%
7	600	Ausstattung und Kunstwerke	psch.	1.238 m ²	0,00	- €		
8	700	Baunebenkosten	% von KG 300+400		psch.	- €	0,0%	0,0%
9	Gesamtkosten					1.114.647 €		100%
10	Gesamtkosten gerundet							

Anlage KAP. III

A 3. 1

Lebenszyklusanalyse am Beispiel Forschungsprojekt Dammerstock 2020

Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik

Fachbereich Architektur

Technische Universität Darmstadt

Lebenszyklusanalyse am Beispiel Forschungsprojekt Dammerstock 2020

Vergleichende Ökobilanzierung von Sanierungsmaßnahme und Neu-
bau anhand des aktuellen Planstands Dammerstock 2020



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Technische Universität Darmstadt
WiSe 2017/2018
Fb 15 TWE
Prof. Dr.-Ing. Karsten Tichelmann
Dipl.-Ing. Dieter Blome

Forschungsmodul M.Sc.
Vivienne Zimmermann
Matr. Nr. 2757474

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	
1.1.	Zieldefinition	4
1.2.	Untersuchungsrahmen	8
2.	Sachbilanz	10
2.1.	Geometrische Bauteil- und Massenermittlung Sanierung	12
2.2.	Geometrische Bauteil- und Massenermittlung Neubau	24
3.	Wirkungsabschätzung	38
3.1.	Wirkungsabschätzung Ressourcenverbrauch	
3.1.1.	Vergleich ausgewählter Baustoffe im PE Ges. (A1-A3)	40
3.1.2.	Gesamtprimärenergiebedarf PE Ges.	42
3.1.3.	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar PENRT	44
3.1.4.	Primärenergiebedarf erneuerbar PERT	46
3.2.	Wirkungsabschätzung Umweltauswirkungen	
3.2.1.	Treibhauspotenzial GWP	48
3.2.2.	Ozonschichtabbaupotenzial ODP	49
3.2.3.	Ozonbildungspotenzial POCP	50
3.2.4.	Versauerungspotenzial AP	51
3.2.5.	Überdüngungspotenzial EP	52
4.	Auswertung	53

1. Einleitung

1.1 Zieldefinition

Aufbauend auf einer bereits erstellten „Bewertung von Umweltbelastung und Gesamtenergieaufwand auf Basis einer Lebenszyklusanalyse“ begleitend zum Forschungsprojekt Dammerstock 2020¹, galt es die ermittelten Daten an den aktuellen Planstand anzupassen und die bereits bewerteten Ergebnisse über eine dem Planungsstand angemessene Detaillierung zu validieren. Die erwarteten Ausblicke der vorausgehenden Ökobilanz-ergebnisse in der vergleichenden Methode von Sanierung gegenüber Abriss und Neubau erfolgte zu einem Zeitpunkt, als noch einige Annahmen bezüglich der Planung ausstanden und somit eine fehlerfreie Auswertung noch nicht möglich war.

Die folgende Arbeit dient als detaillierte Erfassung der geometrischen Massenermittlung, über eine sukzessive Justierung der gewählten Bauteile bis hin zu einer dem Planstand angepassten Auswertung der jeweiligen Ergebnisse.

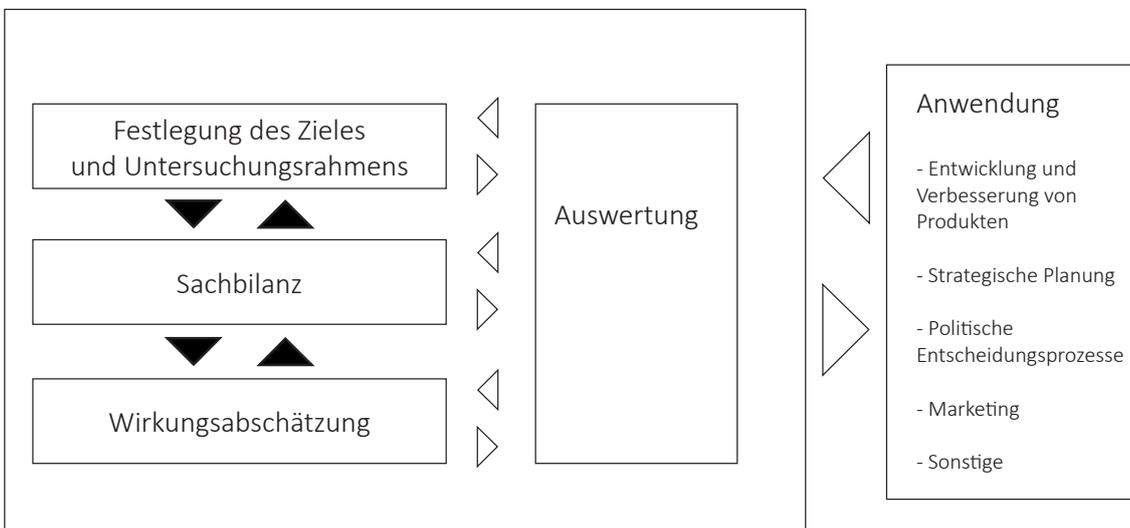
Im Hinblick auf das Forschungsprojekt Dammerstock 2020, soll über die folgende Date-

nermittlung und Auswertung eine fundierte Aussage zur ökologischen Performance der Sanierungsmaßnahme des Bestands getroffen werden. Um den Zielen für das Forschungsprojekt gerecht zu werden, liegt eine entsprechende Bewertung der Maßnahmen mittels einer Ökobilanzierung (LCA) nahe.

Über die Gegenüberstellung zum Szenario Abriss und Neubau wird neben einer quantitativen Vergleichbarkeit eine Datengrundlage zur weiteren Optimierung im Planungsprozess hergestellt.

Neben der Anpassung des Planstands als Datengrundlage für die folgende Ökobilanzierung dieser Arbeit, wurden die Ziele und Strategien zur Sanierung des Objekts weitestgehend aus dem Bericht „Umweltbelastung und Gesamtenergieaufwand auf Basis einer Lebenszyklusanalyse“ übernommen. Der Neubau, als energetisch äquivalente Variante in Form einer Holzbauweise wurde den entsprechenden Anforderung angepasst und somit eine umfangreiche Datengrundlage für die vergleichende Ökobilanzierung hergestellt.

¹ Forschungsmodul „Umweltbelastung und Gesamtenergieaufwand auf Basis einer Lebenszyklusanalyse“, Wilke Julia



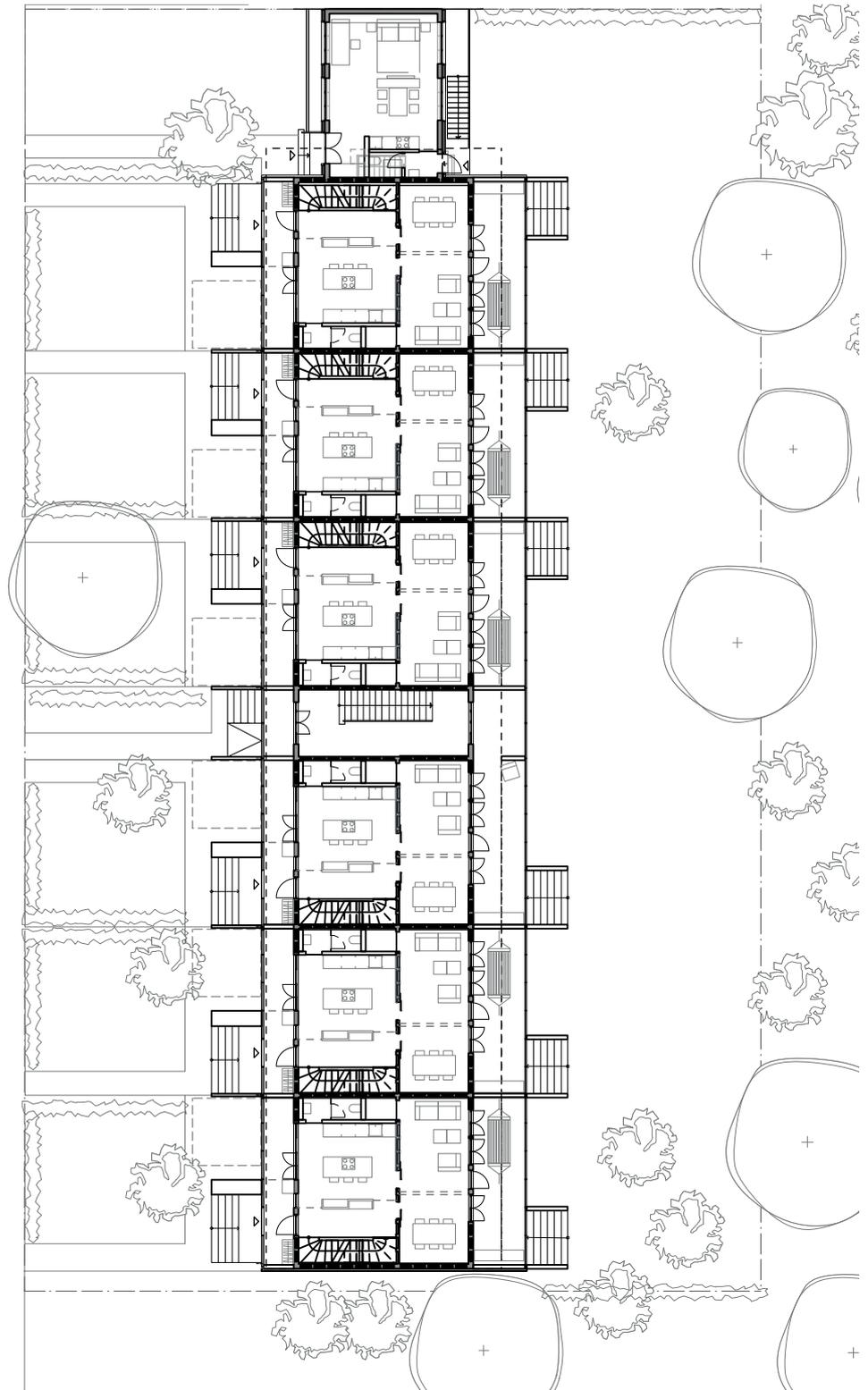


Abb. 1
Geschossplan EG



Abb. 2.1
Sanierungsplan EG
Bestand = schwarz
Abbruch = gelb
Neubau = rot



Abb. 2.2
Sanierungsplan OG
Bestand = schwarz
Abbruch = gelb
Neubau = rot

1.2 Untersuchungsrahmen

Da die folgende Ökobilanzierung als Ergänzung der vorangehenden Arbeit dient werden die Festlegungen und Annahmen hinsichtlich Untersuchungsrahmen, Funktionelle Einheit, Systemgrenzen und Datengrundlage aus der vorhergehenden Bilanzierung „Umweltbelastung und Gesamtenergieaufwand auf Basis einer Lebenszyklusanalyse“¹ übernommen.

Funktion des betrachteten Systems

Die Funktion des Systems ist die Aufrechterhaltung und Modernisierung von Wohnraum bei geringer ökologischer Belastung und unter den Aspekten des Denkmalschutzes.

Funktionale Einheit

Funktionale Einheit: $m^2 \text{ NGF} \cdot a$

Systemgrenzen

Im Hinblick auf die Systemgrenzen muss hierbei beachtet werden, dass weiterhin für Neubau als auch Sanierung dieselben Rahmenbedingungen sichergestellt werden. Die Wahl welche Aspekte und Teilprozesse entlang des Lebenszyklus in die Ökobilanz einfließen sollen, werden weiterhin für beide Varianten gleichermaßen festgelegt. (siehe Abb. 3)

Zeitliche Abgrenzung

Neben der Abgrenzung der Teilsysteme in dieser Fragestellung ist jedoch auch die zeitliche Abgrenzung der beiden betrachteten Varianten von Bedeutung. In dieser Bilanzierung wird der Bestand weiterhin nicht in das System integriert. Dadurch beginnt die Bilanzierung einerseits bei der Herstellung des Neubaus und andererseits beim Umbauprozess. Danach soll bei beiden Varianten die ganze Lebensdauer bis zur Entsorgung betrachtet werden.

Neubau: Abbruch des bestehenden Geb.

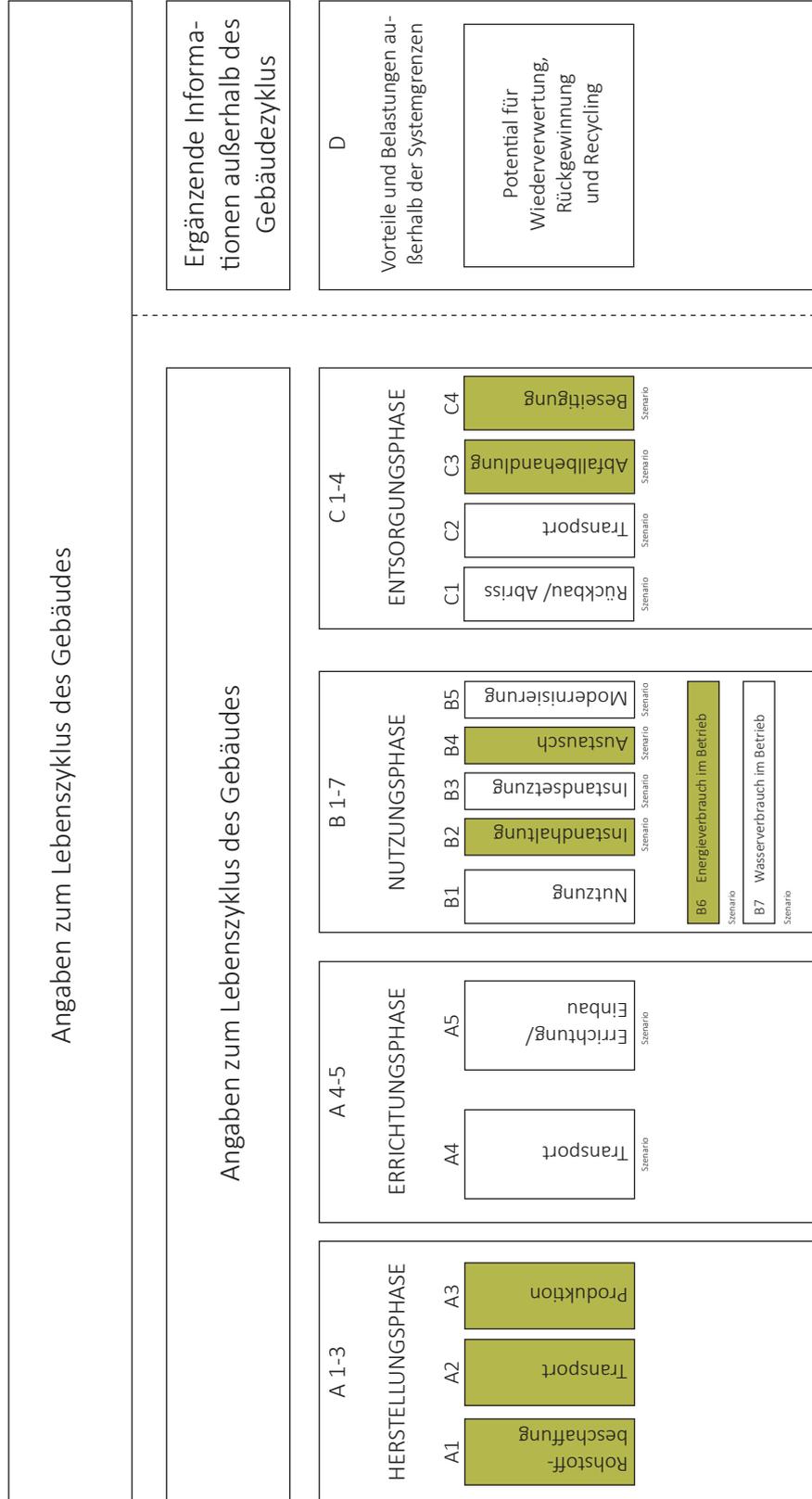
- + Bauprozess Neubau
- + Unterhalt
- + Abbruch des Neubaus
- = Total Neubau

Umbau: Umbau des bestehenden Geb.

- + Unterhalt
- + Abbruch des umgebauten Geb.
- = Total Umbau

1 Forschungsarbeit Julia Wilke 2016, S.29-31

Abb. 3 Anzeige modularer Informationen für die verschiedenen Lebenszyklusstadien des Gebäudes: Lebenswegmodule gemäß DIN EN 15804 (Quelle DIN EN 15804)



2. Sachbilanz

Die Sachbilanz beinhaltet die Aufstellung einer Bilanz über die Datensammlung aller benötigten Inputs (Ressourcen, Vorprodukte) und Outputs (Emissionen, Abfälle). Auf Basis der ermittelten Daten können dann die notwendigen Berechnungen der gesamten Stoffströme aus der Umwelt in das System vorgenommen werden.¹ Mit der Aufstellung der Input- und Outputströme in Zusammenhang mit der Mengen- und Bauteilermittlung erhält man anschließend für die erwünschte Wirkungsabschätzung die notwendige Datengrundlage für die anschließende Auswertung.

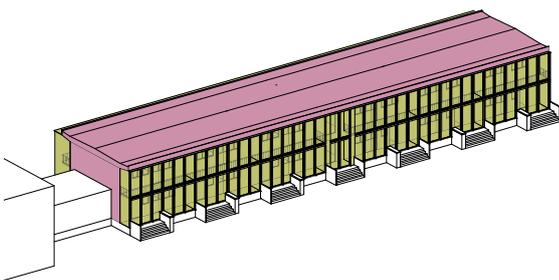
Für die geometrische Bauteil- und Massenermittlung bildet die Sanierungsvariante die Grundlage für das Szenario Abriss und Neubau. Um eine optimale Vergleichbarkeit herzustellen werden bei der Bauteilermittlung der EnEV-Standard als Ziel für beide Varianten festgehalten. Um dieses Ziel möglichst ehrlich abzubilden wurde im Neubau die

¹ Umweltbewertung für Ingenieure-Methoden und Verfahren,-Kaltschmitt, M; Schebek, L. (Hrsg.), 2015

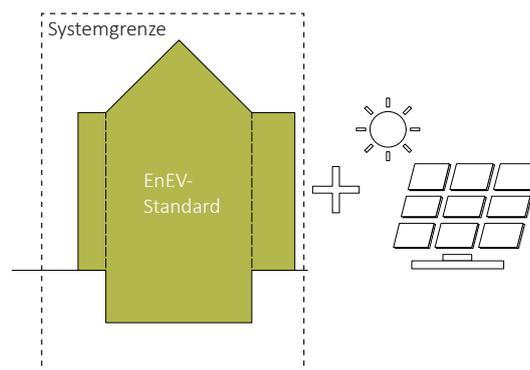
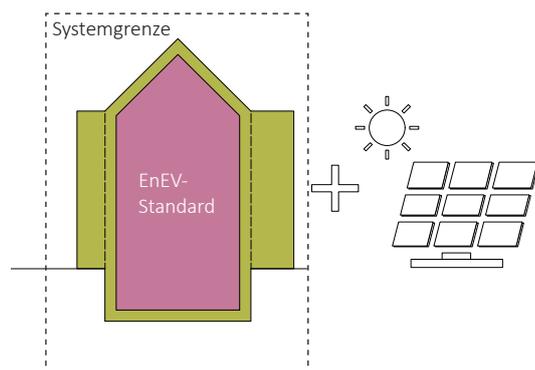
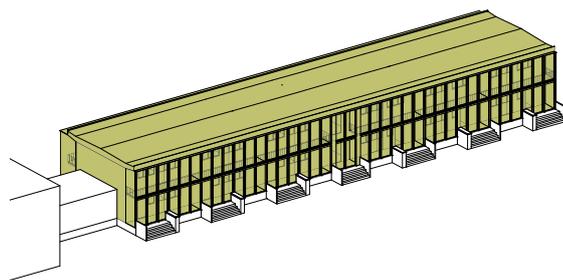
Entscheidung für eine Holzbauweise gefällt. Der ökologische Anspruch und Effizienzmaßstab des EnEV-Standards ist somit gegeben. Zum besseren Verständnis und Vergleichbarkeit können neben der Bauteilaufzählung und Mengenangaben auf den folgenden Seiten, den Übersichtstafeln (Abb. 4 und 5, Abb. 6 und 7) die jeweiligen Bauteilaufbauten entnommen werden. Hier wird ersichtlich, dass bei diversen Bauteilen das Ziel verfolgt wurde äquivalente Aufbauten -sofern möglich- zu entwickeln.

Darüber hinaus weisen Bauteile wie etwa die Brandschutzschotten, die nichttragenden Innenwänden, Türen und Fenster bis hin zu Bodenbelägen dieselben Annahmen auf. Der Neubau Pufferzone sowie die Erneuerung der technischen Anlagen wird in beiden Fällen deckungsgleich ausgeführt. Zur energetischen Optimierung wird bei der Bilanzierung darüber hinaus in beiden Varianten eine Dacheindeckung über eine PV-Anlage angenommen. Eine Bewertung des Primärenergiefaktors dieser Anlage erfolgt in beiden Fällen separat.

Sanierung + Erweiterung



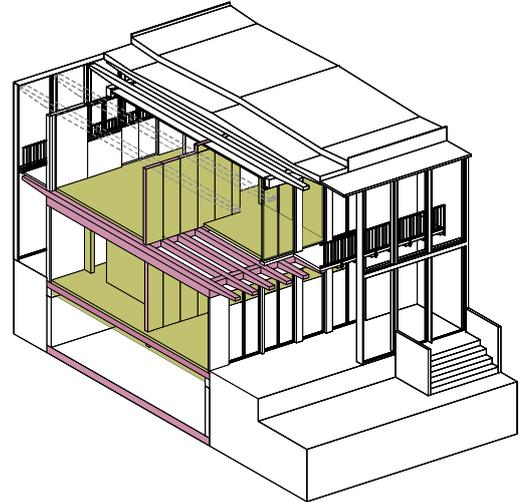
Neubau



Innenausbau

Maßnahmen im Innenausbau in grüner Einfärbung dargestellt. Erhalt von tragenden Elementen wie Zwischendecken, Bodenplatte und tragenden Innenwänden in lila .

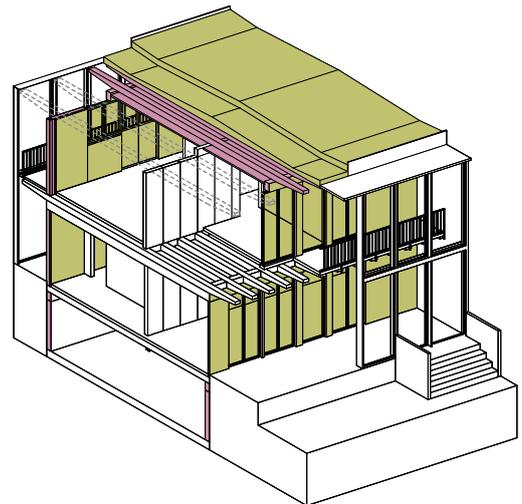
Zum Neubau gibt es bezüglich dieser Kostengruppen erhebliche Unterschiede, da in der Sanierungsvariante maßgebliche Bauteilmengen erhalten werden.



Thermische Hülle

Maßnahmen der Instandsetzung von der thermischen Hülle und Fassadenerneuerung in grüner Einfärbung dargestellt. Erhalt von tragenden Elementen wie Dach und tragenden Außenwänden in lila .

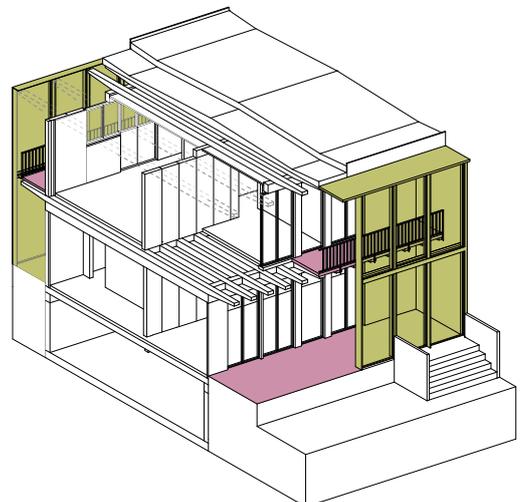
Zum Neubau gibt es bezüglich dieser Kostengruppen erhebliche Unterschiede, da in der Sanierungsvariante maßgebliche Bauteilmengen erhalten werden. Die Erneuerung der Fassadenelemente Fenster und Türen wird jedoch in beiden Varianten deckungsgleich durchgeführt.



Neubau Pufferzone

Maßnahmen des Anbaus in grüner Einfärbung und der Erhalt von bestehenden Elementen der Loggia in lila dargestellt.

Zum Neubau gibt es bezüglich dieser Kostengruppen keine Unterschiede, da die entsprechenden Erneuerungsmaßnahmen deckungsgleich ausgeführt werden.



2.1 Geometrische Bauteil- und Massenermittlung Sanierung

300 Bauwerk - Baukonstruktionen **320 Gründung**

324 Bodenplatte EG Pufferzone **69,26**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Transportbeton C25/30	200	96	50
02	Bewehrungsstahl	200	4	50
03	Dämmung EPS	140	100	40

330 Außenwände

332 Nichttragende Außenwände

332 Pufferzone **376,26**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Isolierglas 2-Scheiben	25,00	88,1	30
02	Aluminium Rahmenprofil	25,00	11,1	50
03	EPDM Kunststoffprofil	50	-	50

333 Außenstützen

333 Stahlträger

38,00

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Stahlprofile West	3	100	50
02	Stahlprofile Ost	3	100	50

334 Außentüren und Fenster

334 Außenfenster

229,96

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Isolierglas 2-Scheiben	25,00	77,4	30
02	Holz-Blendrahmen	-	22,6	40
04	EPDM Kunststoffprofil	50	-	50
05	Fensterbeschlag Dreh-Kipp	1 Stck	-	25
06	Fenstergriff	1 Stck	-	25

334 Eingangstür **6,00**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Aluminium Haustür	100	50

335 Außenwandbekleidung außen – N/S **89,21**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Holzfaserdämmplatte 60mm	100	40
02	Wärmedämmputz 15mm	100	30

335 Außenwandbekleidung außen – O/W **352,23**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Wärmedämmputz 30	100	30

336 Außenwandbekleidung innen – N/S **89,21**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz 10	100	50
02	OSB Platte 15	100	50

336 Außenwandbekleidung innen – O/W **352,23**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz 10	100	50
02	OSB Platte 15	100	50
03	OSB Platte 15	100	50

336 Außenwandbekleidung innen – Keller **280,28**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz 10	100	50

338 Sonnenschutz**338 Verschattungselemente****176,71**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Polycarbonat 5-fach Stegplatte	32	100	30
02	Streckblech	6	40	50

340 Innenwände**342 Nichttragende Innenwand****342 Nichttragende Innenwand (Trockenbau) - Wohnen****395,05**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP imprägniert	12,5	100	50
03	GKP imprägniert	12,5	100	50
04	Mineralwolle	40	95	50
05	Stahlprofil	40	5	50
06	GKP imprägniert	12,5	100	50
07	GKP imprägniert	12,5	100	50
08	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

342 Nichttragende Innenwand (Installationswand) - Sanitär**51,86**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP imprägniert	12,5	100	50
03	GKP imprägniert	12,5	100	50
04	Mineralwolle	40	95	50
05	Stahlprofil	40	5	50
06	GKP imprägniert	12,5	100	50
07	GKP imprägniert	12,5	100	50
08	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

342 Nichttragende Innenwand (Brandschutzwände) - Keller**237,87**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP Fs	12,5	100	50
03	GKP Fs	12,5	100	50
04	Mineralwolle	40	95	50
05	Stahlprofil	40	5	50
06	GKP Fs	12,5	100	50
07	GKP Fs	12,5	100	50
08	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

342 Schotten**168,21**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	Kalksandstein	175	100	50
03	Normalputz	10	100	50

344 Innentüren**344 Zimmertüren****32,00**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Innentüren aus Holz- und Holzwerkstoff	-	100	50

344 Schiebetüren**12,00**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Innentüren aus Holz- und Holzwerkstoff	-	100	50
02	Schiebebeschlge	-	100	30

344 Kellertüren F60**4,00**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Feuerschutztür T30	-	100	50

344 Kellertüren F60 RS**2,00**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Feuerschutztür T60	-	100	50

345 Innenwandbekleidung**345 TIW - Wohnen****272,21**

	Schichten von innen nach außer	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

345 TIW - Keller**108,45**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a	
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

345 TIW - Wohnungstrennwände**186,91**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a	
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP FS	12,5	100	50
02	GKP FS	12,5	100	50
04	Steinwolle	40	95	50
05	Metallständer	40	5	50
06	Metallständer	40	5	50
07	Steinwolle	40	95	50
08	GKP FS	12,5	100	50
08	GKP FS	12,5	100	50
09	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

345 TIW - Trennwände zu unbeheizt**40,50**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a	
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP FS	12,5	100	50
02	GKP FS	12,5	100	50
04	Steinwolle	40	95	50
05	Metallständer	40	5	50
06	Metallständer	40	5	50
07	Steinwolle	40	95	50
08	GKP FS	12,5	100	50
08	GKP FS	12,5	100	50
09	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

350 Decken**352 Deckenbeläge****352 Bodenbeläge – Echtholzparkett****379,33**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Echtholzparkett	22	100	50
02	Zementestrich inkl. FBH	20	100	50

352 Bodenbeläge - Fliesen**218,44**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Steinzeugfliesen glasiert	5	100	50
02	Fliesenkleber	3	100	40
03	Zementestrich inkl. FBH	20	100	50

353 Deckenbekleidungen**353 Deckenbekleidung (Dämmung Kellerdecke)****331,16**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Mineralwolle	140	100	50
02	Dampfsperre	0,2	100	40
03	OSB Platte	15	100	50

353 Deckenbekleidung (gg unbeheizt)**21,21**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP FS	12,5	100	50
03	Mineralwolle	160	100	50

353 Deckenbekleidung - abgehängte Decke (Wohnen)**602,02**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Mineralwolle	160	100	50
02	GKP	12,5	100	50
03	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

359 Decken, sonstiges (Stahlgeländer) 76,31

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Stahlgeländer 35	13,79	50

360 Dächer

363 Dachbeläge

363 Dachbelag (Kerngebäude) 521,04

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kiesschüttung 55	100	50
02	PP-Vlies zur Abdichtung 1	100	30
03	Dampfbremse PE 0,2	100	40
04	Aufdachdämmung 160	100	50
05	Dampfsperre Bitumenbahn 0,3	100	30

363 Dachbelag (Pufferzone) 56,40

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	PU Dämmplatten 50	100	40
02	Zinkeindeckung 5,2	100	50

364 Dachbekleidung (Kerngebäude) 521,04

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz 10	100	50
02	GKP 12,5	100	50
03	Mineralfaserdämmung 160	100	50

364 Dachbekleidung (Pufferzone) 41,36

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Mineralewolle 60	100	50
02	Mineralewolle 100	99,8	50
03	GKP imprägniert 12,5	100	50
04	Kalk-Gips-Innenputz 100	100	50

400 Bauwerk - Technische Anlagen**420 Wärmeversorgungsanlagen****421 Wärmeerzeugungsanlagen - TWW Speicher 6 Stk**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Pufferspeicher Edelstahl 56 kg	100	20

421 Wärmeerzeugungsanlagen - Wärmepumpen 6 Stk

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Strom Wärmepumpe (Luft-Wasser) 7kW	100	18

421 Wärmeerzeugungsanlagen - Solaranlage 389,24

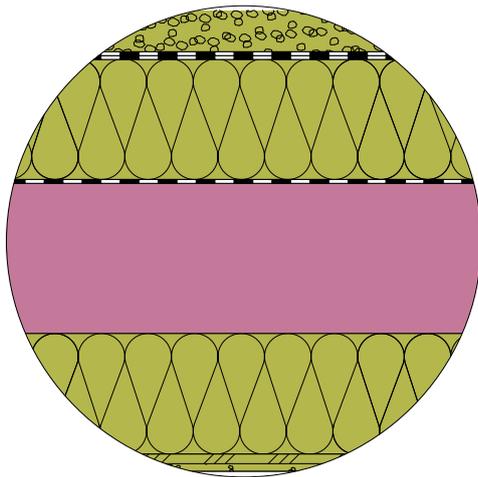
	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Flachkollektoren	100	18

423 Raumheizflächen - Fußbodenheizung 575,354

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kapillarrohrfußbodenmatten (PP-Rohre)	100	50

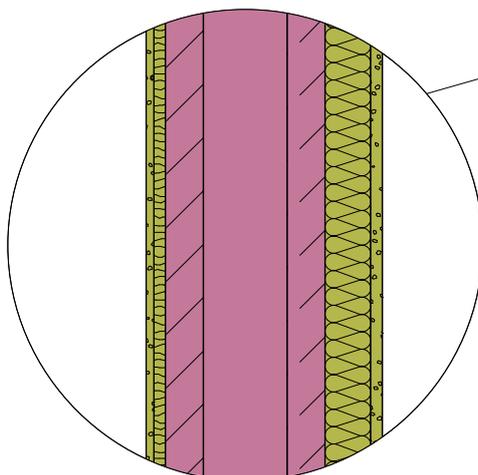
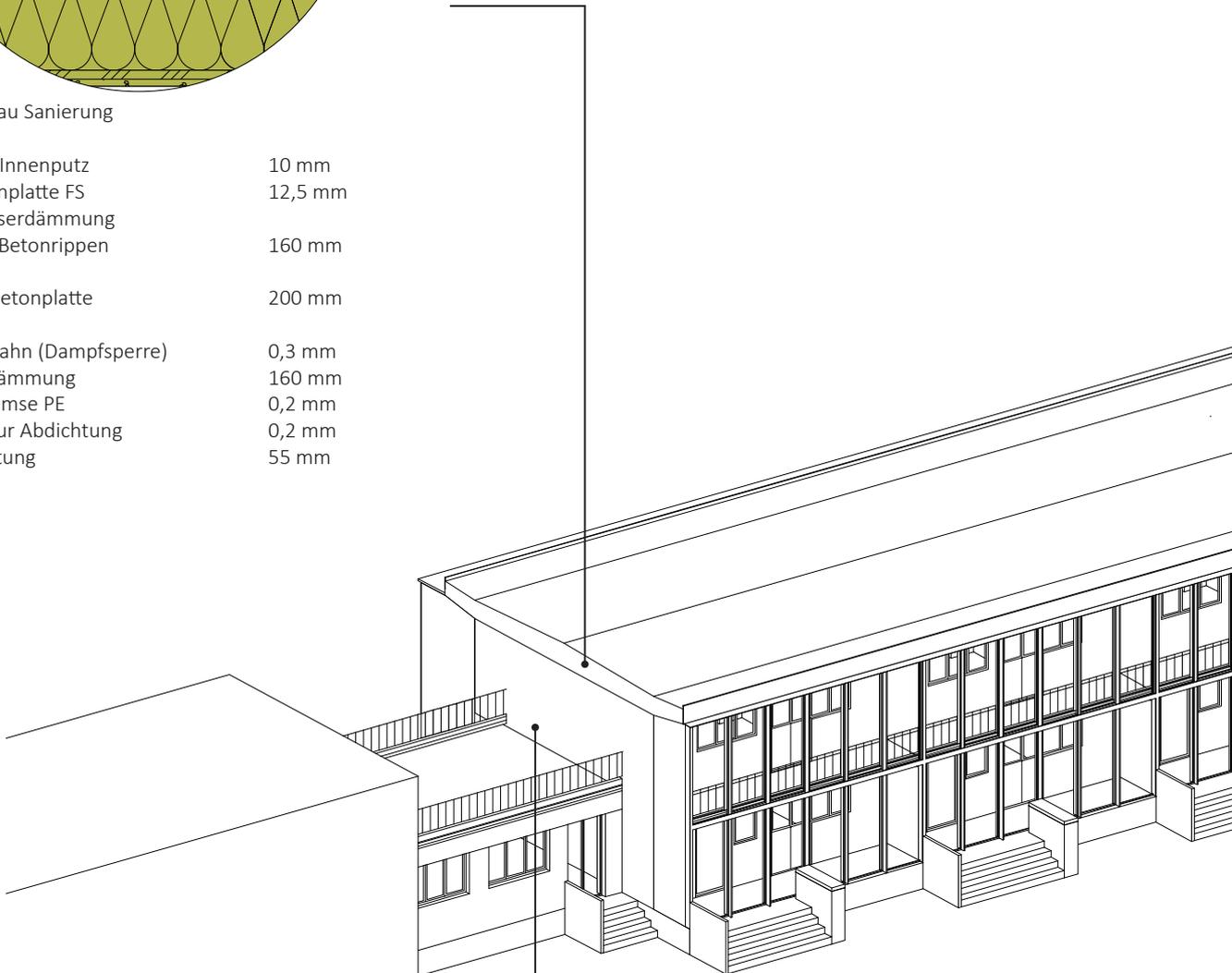
430 Lufttechnische Anlagen**431 Reine Abluftanlage 6 Stk**

	Schichten von innen nach außer Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Lüfter dezentral (60 m³/h) -	100	12



Dachaufbau Sanierung

Kalk-Gips-Innenputz	10 mm
Gipskartonplatte FS	12,5 mm
Mineralfaserdämmung zwischen Betonrippen	160 mm
Bestand Betonplatte	200 mm
Bitumenbahn (Dampfsperre)	0,3 mm
Aufdachdämmung	160 mm
Dampfbremse PE	0,2 mm
PP-Vlies zur Abdichtung	0,2 mm
Kiesschüttung	55 mm



Außenwandbekleidung N/S

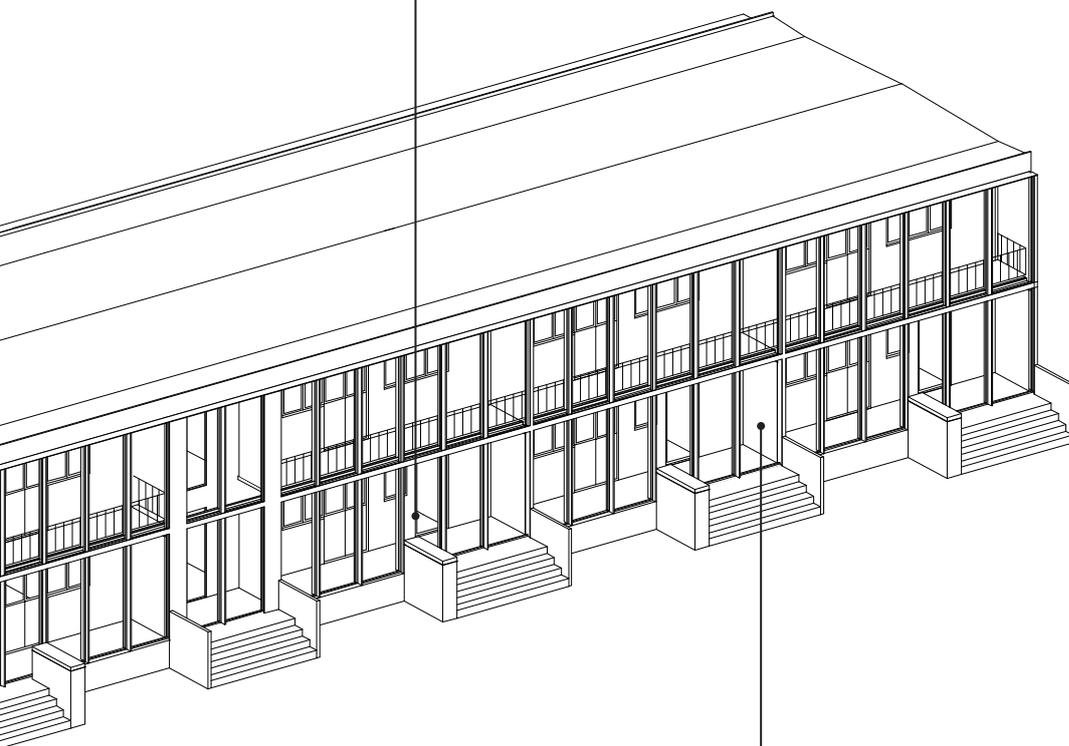
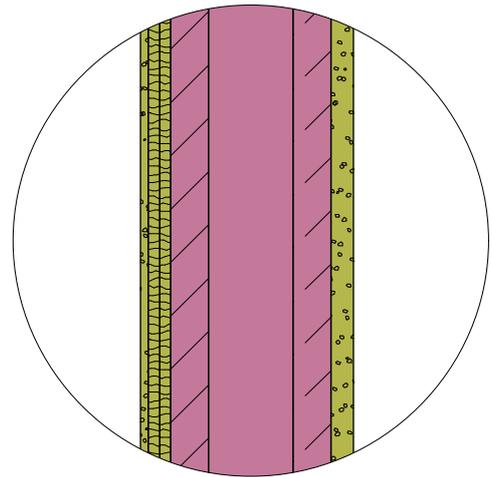
Kalk-Gips-Innenputz	10mm
OSB-Platte	15 mm
----BESTAND----	
Holzfaserdämmplatte	60 mm
Wärmedämmputz	15 mm

Außenwandbekleidung O/W

Kalk-Gips-Innenputz	10 mm
OSB Platte	15 mm
OSB Platte	15 mm

---BESTAND---

Wärmedämmputz	30 mm
---------------	-------



Schotten

Kalk-Gips-Innenputz	10 mm
Kalksandstein	175 mm
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm

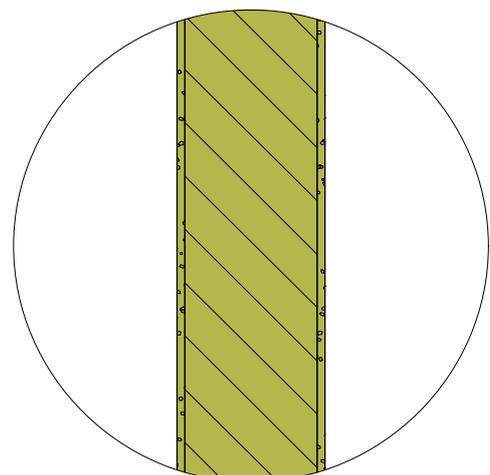
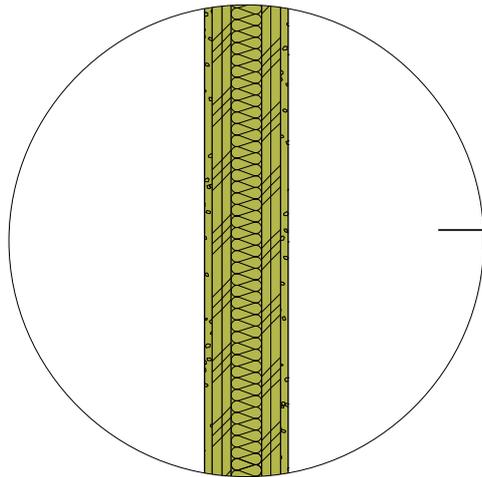
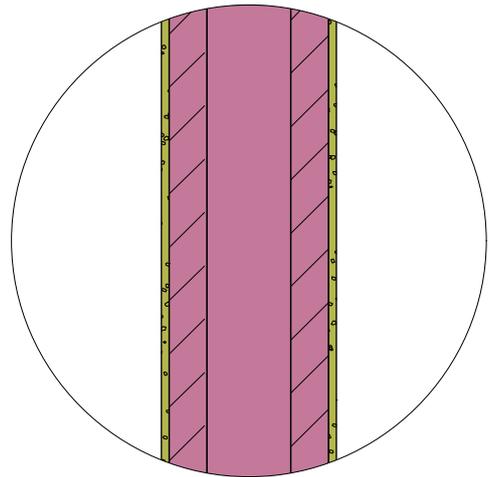


Abb. 4.1
Übersichtstafel
Bauteilaufbauten
Sanierungsvariante
thermische Hülle



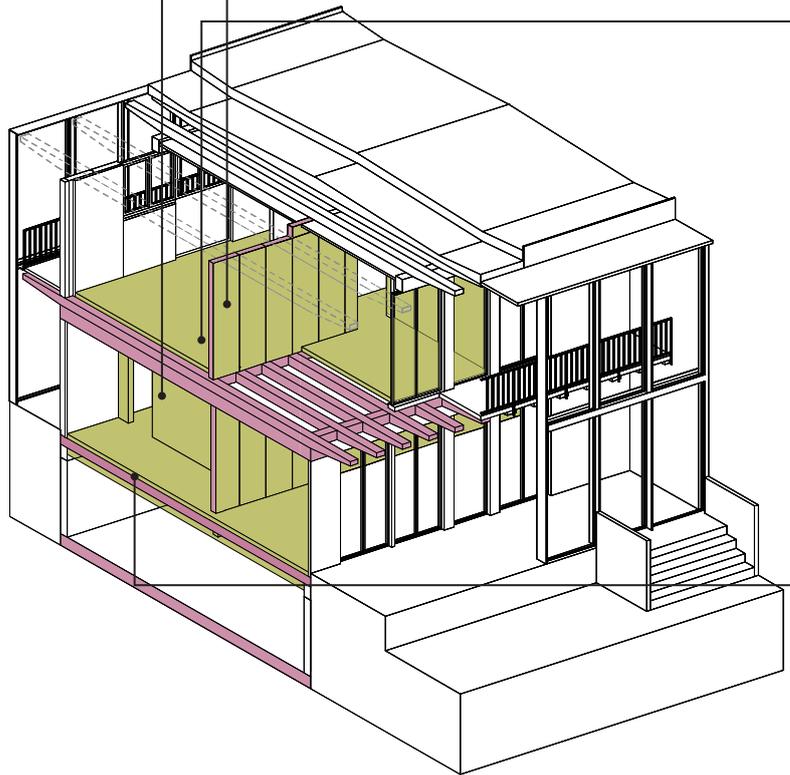
Nichttragende Innenwand

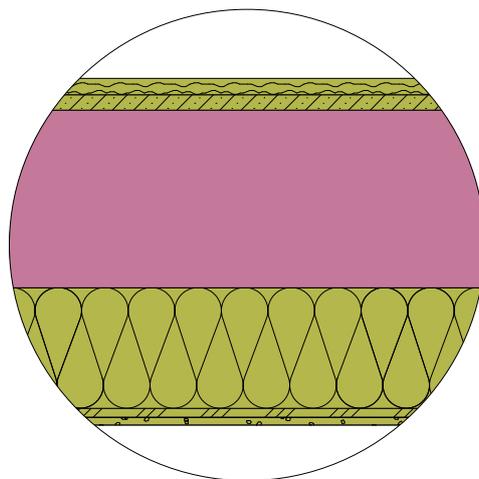
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm
GKP imprägniert	12,5 mm
GKP imprägniert	12,5 mm
Mineralwolle	40 mm
Stahlprofil	40 mm
GKP imprägniert	12,5 mm
GKP imprägniert	12,5 mm
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm



Tragende Innenwand Bekleidung

Kalk-Gips-Innenputz	10 mm
----BESTAND----	
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm



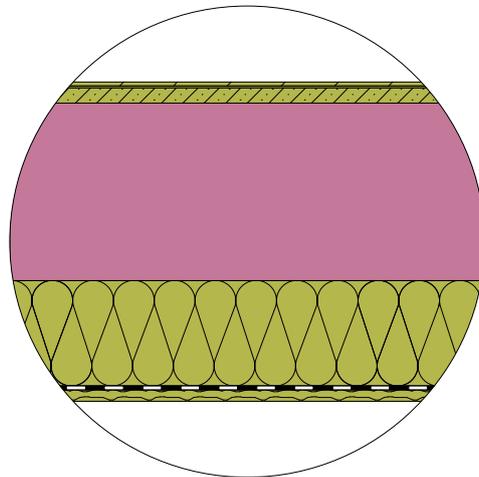


Geschossdecke EG

Echtholzparkett	22 mm
Zementestrich inkl. FBH	20 mm

----BESTAND----

Mineralwolle	160 mm
GKP	12,5 mm
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm



Geschossdecke Keller

Fliesen	5 mm
Fliesenkleber	3 mm
Zementestrich inkl. FBH	20 mm

----BESTAND----

Mineralwolle	140 mm
Dampfbremse PE	0,2 mm
OSB-Platte	15 mm

Abb. 4.2
Übersichtstafel
Bauteilaufbauten
Sanierungsvariante
Innenausbau

2.2 Geometrische Bauteil- und Massenermittlung Neubau

300 Bauwerk - Baukonstruktionen

320 Gründung

322 Streifenfundament 160,68

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Transportbeton C25/30	300	98	50
02	Bewehrungsstahl	300	2	50

324 Bodenplatte Keller 385,06

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Transportbeton C25/30	250	96	50
02	Bewehrungsstahl	250	4	50
03	PE-HD mit PP-Vlies zur Abdichtu	1	100	30
04	Foamglas	100	100	50
05	Bitumenbahn	0,3	100	30
06	Transportbeton C20/25	50	100	50
07	Kraftpapier	1	100	40
08	Schotter 16/32	150	100	50
09	PE/PP Vlies	1	100	50

324 Bodenplatte EG (Pufferzone) 69,26

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Transportbeton C25/30	200	96	50
02	Bewehrungsstahl	200	4	50
03	EPS Dämmung	140	100	40

325 Bodenbelag Keller 352,93

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Steinzeugfliesen glasiert	5	100	50
02	Fliesenkleber	3	100	40
03	Zementestrich	15	100	50
04	Dampfbremse PE	0,2	100	40
05	Mineralwolle	40	100	50
06	Bitumenbahn	0,3	100	30

330 Außenwände**331 Tragende Außenwände ges.****441,44****331 Tragende Außenwand – N/S****89,21**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GK Platte FS	12,5	100	50
02	GK Platte FS	12,5	100	50
03	Mineralwolle	80	70	50
04	Konstruktionsvollholz	80	30	50
05	Dampfbremse PE	0,2	100	40
06	Mineralwolle	240	70	50
07	Konstruktionsvollholz	240	30	50
08	OSB Platte	15	100	50
09	Holzfaserdämmplatte	60	100	30
10	Armierung	1	100	40
11	Putzmörtel	5	100	40

331 Tragende Außenwand – O/W**352,23**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GK Platte FS	12,5	100	50
02	GK Platte FS	12,5	100	50
03	Mineralwolle	80	70	50
04	Konstruktionsvollholz	80	30	50
05	Dampfbremse PE	0,2	100	40
06	Mineralwolle	240	70	50
07	Konstruktionsvollholz	240	30	50
08	OSB Platte	15	100	50
09	Holzfaserdämmplatte	60	100	30
10	Armierung	1	100	40
11	Putzmörtel	5	100	40

331 Tragende Außenwand – Keller**280,28**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	Transportbeton C30/37	200	98	50
03	Bewehrungsstahl	200	2	50
04	XPS-Dämmstoff	100	100	40
05	EPS Hartschaum	80	100	40
06	PP-Vlies zur Abdichtung	2	100	40

332 Nichttragende Außenwände

332 Pufferzone 376,26

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Isolierglas 2-Scheiben	5,26	88,1	30
02	Aluminium Rahmenprofil	5,26	11,1	50
03	EPDM Kunststoffprofil	50	-	50

333 Außenstützen

333 Stahlträger 38,00

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Stahlprofile West	3	100	50
02	Stahlprofile Ost	3	100	50

334 Außentüren und fenster

334 Außenfenster 229,96

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Isolierglas 2-Scheiben	5,26	77,4	30
02	Holz-Blendrahmen	-	22,6	40
04	EPDM Kunststoffprofil	50	-	50
05	Fensterbeschlag Dreh-Kipp	1 Stck	-	25
06	Fenstergriff	1 Stck	-	25

334 Eingangstür 6,00

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Aluminium Haustür		100	50

334 Eingangstür (Keller) 1,00

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Aluminium Haustür		100	50

338 Sonnenschutz

338 Verschattungselemente 176,71

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Polycarbonat 5-fach Stegplatte	32	100	30
02	Streckblech	6	40	50

340 Innenwände**341 Tragende Innenwand****341 Tragende Innenwand - Wohnen****272,21**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP (imprägniert)	12,5	100	50
03	GKP (imprägniert)	12,5	100	50
04	OSB Platte	15	100	50
05	Konstruktionsvollholz	180	70	50
06	Mineralwolle	180	30	50
07	OSB Platte	15	100	50
08	GKP (imprägniert)	12,5	100	50
09	GKP (imprägniert)	12,5	100	50
10	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

341 Tragende Innenwand - Keller**108,45**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	Kalksandstein	170	100	50
03	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

341 Tragende Innenwand (Wohnungstrennwände)**186,91**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP FS	12,5	100	50
03	GKP FS	12,5	100	50
04	Steinwolle	40	85	50
05	Konstruktionsvollholz	40	15	50
06	OSB Platte	15	70	50
07	Konstruktionsvollholz	180	70	50
08	Mineralwolle	180	30	50
09	OSB	15	100	50
10	Konstruktionsvollholz	40	15	50
11	Steinwolle	40	85	50
12	GKP FS	12,5	100	50
13	GKP FS	12,5	100	50
14	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

341 Tragende Innenwand (Trennwände zu unbeheizt)**40,50**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP FS	12	100	50
03	GKP FS	12	100	50
04	OSB Platte	15	70	50
05	Konstruktionsvollholz	180	70	50
06	Mineralwolle	180	30	50
07	OSB Platte	15	100	50
08	Konstruktionsvollholz	80	15	50
09	Steinwolle	80	85	50
10	GKP (FS)	12	100	50
11	GKP (FS)	12	100	50
12	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

342 Nichttragende Innenwand**342 Nichttragende Innenwand (Trockenbau) - Wohnen****395,05**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP imprägniert	12,5	100	50
03	GKP imprägniert	12,5	100	50
04	Mineralwolle	40	95	50
05	Stahlprofil	40	5	50
06	GKP imprägniert	12,5	100	50
07	GKP imprägniert	12,5	100	50
08	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

342 Nichttragende Innenwand (Installationswand) - Sanitär**51,86**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP imprägniert	12,5	100	50
03	GKP imprägniert	12,5	100	50
04	Mineralwolle	40	95	50
05	Stahlprofil	40	5	50
06	GKP imprägniert	12,5	100	50
07	GKP imprägniert	12,5	100	50
08	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

342 Nichttragende Innenwand (Brandschutzwände) - Keller **237,87**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP Fs	12,5	100	50
03	GKP Fs	12,5	100	50
04	Mineralwolle	40	95	50
05	Stahlprofil	40	5	50
06	GKP Fs	12,5	100	50
07	GKP Fs	12,5	100	50
08	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

342 Schotten **168,21**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	Kalksandstein	175	100	50
03	Normalputz	10	100	50

344 Innentüren**344 Zimmertüren** **32,00**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Innentüren aus Holz- und Holzwerkstoffen	-	100 100	50

344 Schiebetüren **12,00**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Innentüren aus Holz- und Holzwerkstoffen	-	100	50
02	Schiebebeschläge	-	100	30

344 Kellertüren F60 **4,00**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Feuerschutztür T30	-	100	50

344 Kellertüren F60 RS **2,00**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Feuerschutztür T60	-	100	50

350 Decken

351 Deckenkonstruktion

351 Geschosdecke EG - Deckenkonstruktion 389,71

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Transportbeton C25/30	200	95	50
02	Bewehrungsstahl	200	5	50

351 Geschosdecke OG - Deckenkonstruktion 499,41

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Konstruktionsvollholz	180	30	50
02	Mineralwolle	180	70	50
03	OSB	15	100	50

352 Deckenbeläge

352 Bodenbelag - Echtholzparkett 379,33

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	EPS-Hartschaum	40	100	40
02	PE/PP Vlies	1	100	50
03	Zementestrich inkl. FBH	50	100	50
04	Stabparkett	22	100	50

352 Bodenbelag - Fliesen 571,37

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	EPS-Hartschaum	40	100	40
02	PE/PP Vlies	1	100	50
03	Zementestrich inkl. FBH	50	100	50
04	Fliesenkleber	3	100	40
05	Steinzeugfliesen glasiert	5	100	50

353 Deckenbekleidungen

353 Deckenbekleidung (Dämmung Kellerdecke) 331,16

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Mineralwolle	140	100	50
02	GKP (FS)	12,5	100	50
03	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

353 Deckenbekleidung (gg unbeheizt)**21,21**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	Gipskartonplatte (FS)	12,5	100	50
03	Mineralwolle	140	100	50

353 Deckenbekleidung - unterseitig Putz**300,00**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Gipskartonplatte (imprägniert)	12,5	100	50
02	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50

359 Decken, sonstiges (Stahlgeländer)**76,31**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Stahlgeländer	35	13,79	50

360 Dächer**361 Dachkonstruktion****361 Dach (Kerngebäude)****521,04**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kalk-Gips-Innenputz	10	100	50
02	GKP (FS)	12,5	100	50
03	Mineralwolle	40	100	50
04	PE/PP Vlies	1	100	50
05	Konstruktionsvollholz	200	20	50
06	Mineralwolle	200	80	50
07	OSB Platte	22	100	50
08	Dampfbremse	0,2 mm	100	40
09	PP-Vlies zur Abdichtung	1	100	30
10	Kieseindeckung	55 mm	100	50

363 Dachbelag (Pufferzone)**56,40**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	PU Dämmplatten	50	100	40
02	Zinkeindeckung	2	100	50

364 Dachbekleidung (Pufferzone)**41,36**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Mineralewolle	60	100	50
02	Mineralwolle	100	99,8	50
03	GKP imprägniert	12,5	100	50
04	Kalk-Gips-Innenputz	100	100	50

420 Wärmeversorgungsanlagen**421 Wärmeerzeugungsanlagen - TWW Speicher****6 Stk**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Pufferspeicher Edelstahl	56 kg	100	20

421 Wärmeerzeugungsanlagen - Wärmepumpen**6 Stk**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Strom Wärmepumpe (Luft-Wasser) 7kW		100	18

421 Wärmeerzeugungsanlagen - Solaranlage**389,24**

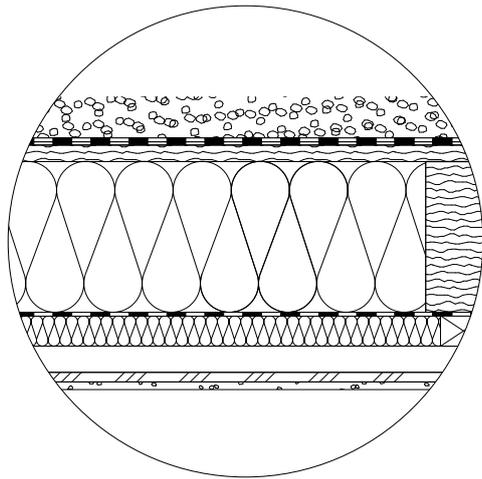
	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Flachkollektoren		100	18

423 Raumheizflächen - Fußbodenheizung**575,354**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Kapillarrohrfußbodenmatten (PP-Rohre)		100	50

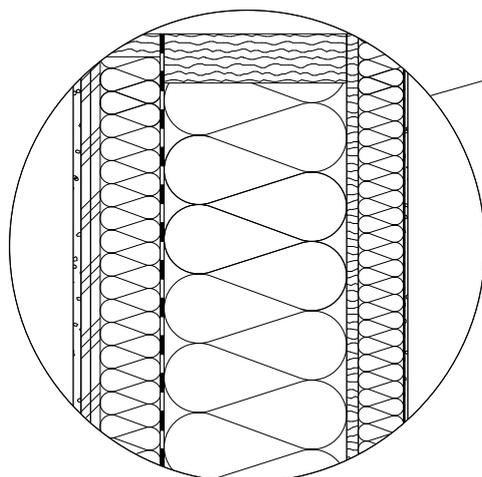
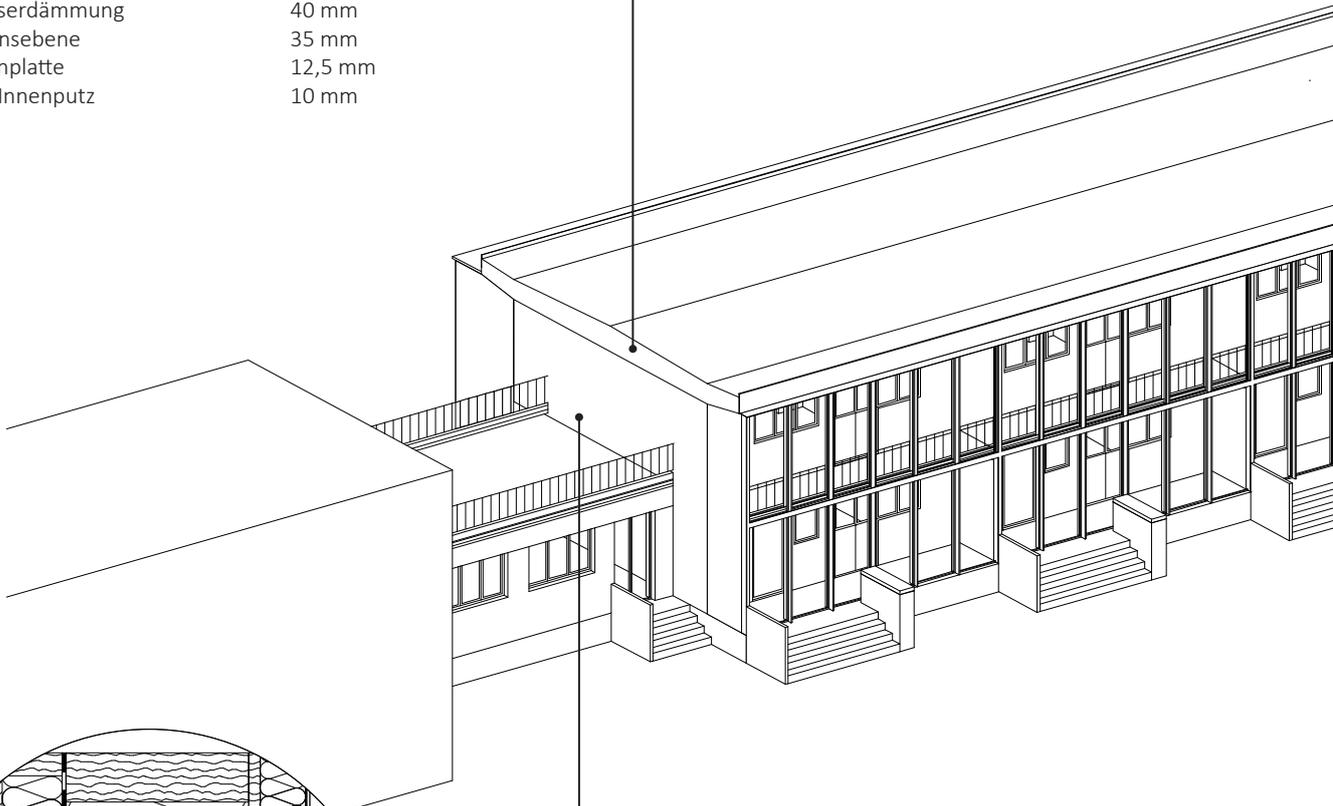
430 Lufttechnische Anlagen**431 Reine Abluftanlage****6 Stk**

	Schichten von innen nach außen	Schichtdicke mm	Anteil %	Lebensdauer a
01	Lüfter dezentral (60 m³/h)	-	100	12



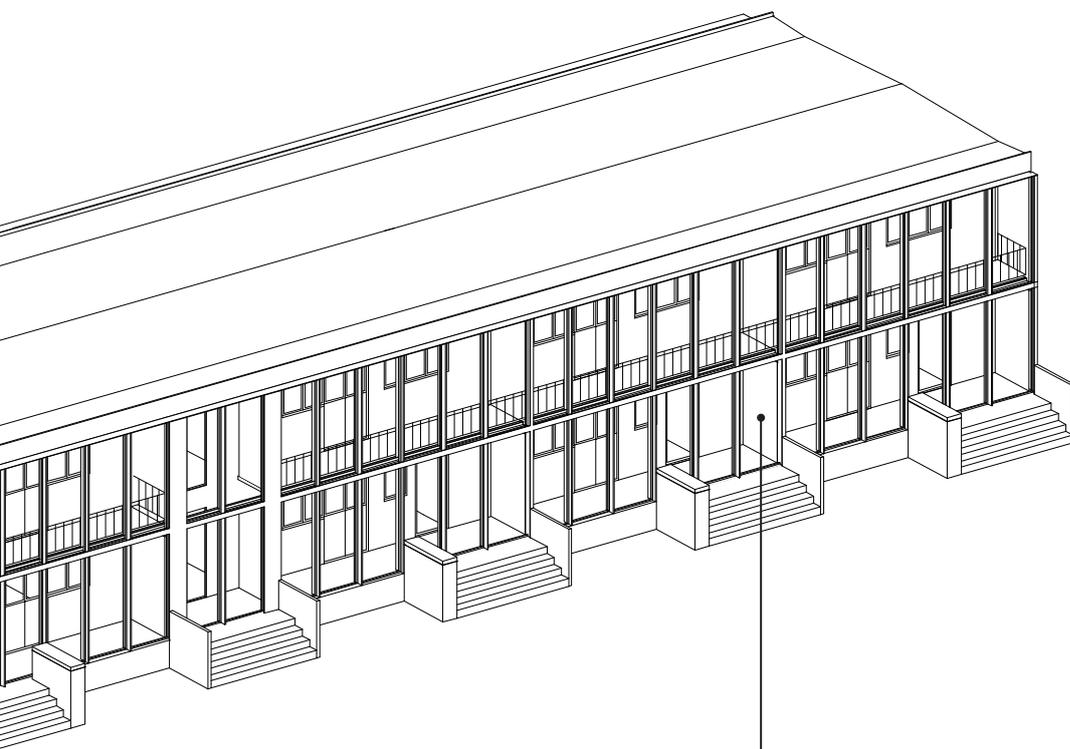
Dachaufbau Neubau (Kerngebäude)

Kieseindeckung	55 mm
Schutzlage PP-Vlies	1 mm
Dampfbremse PE	0,2 mm
OSB Platte	22 mm
Mineralwolle	200 mm
Konstruktionsvollholz	200 mm
Dampfsperre PE/PP Vlies	1 mm
Mineralfaserdämmung	40 mm
Installationsebene	35 mm
Gipskartonplatte	12,5 mm
Kalk-Gips Innenputz	10 mm



Tragende Außenwand

Kalk-Gips-Innenputz,	10,00mm
Gipskartonplatte (Feuerschutz),	12,50mm
Gipskartonplatte (Feuerschutz),	12,50mm
Mineralwolle (Innenausbau-Dämmung),	80,00mm
Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE),	80,00mm
Dampfbremse PE,	0,20mm
Mineralwolle (Fassaden-Dämmung),	240,00mm
Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE),	240,00mm
OSB Platte	15,00mm
Holzfaserdämmplatten,	60,00mm
Armierung (Kunstharzspachtel),	1,00mm
Putzmörtel-Armierungsputz,	5,00mm



Schotten

Kalk-Gips-Innenputz

10 mm

Kalksandstein

175 mm

Kalk-Gips-Innenputz

10 mm

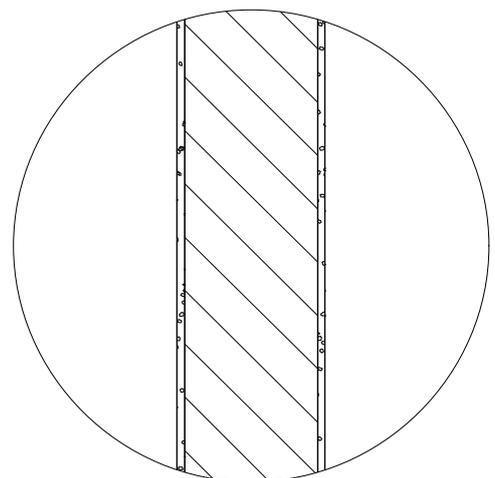
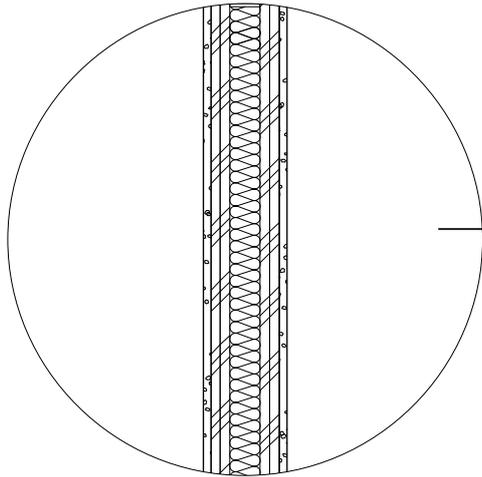
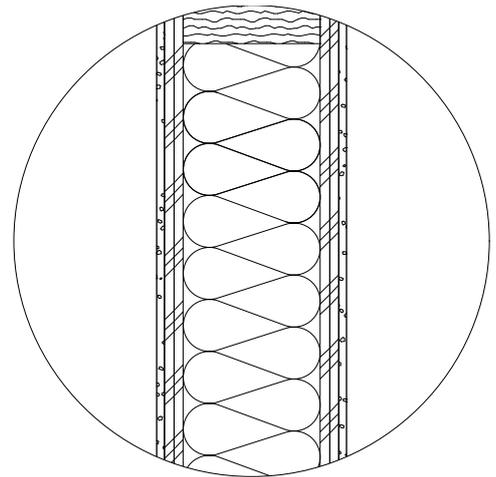


Abb. 5.1
 Übersichtstafel
 Bauteilaufbauten
 Neubau
 thermische Hülle

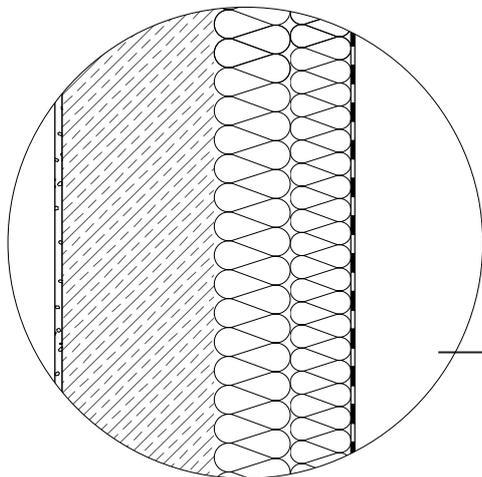


Nichttragende Innenwand

Kalk-Gips-Innenputz	10 mm
GKP imprägniert	12,5 mm
GKP imprägniert	12,5 mm
Mineralwolle	40 mm
Stahlprofil	40 mm
GKP imprägniert	12,5 mm
GKP imprägniert	12,5 mm
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm

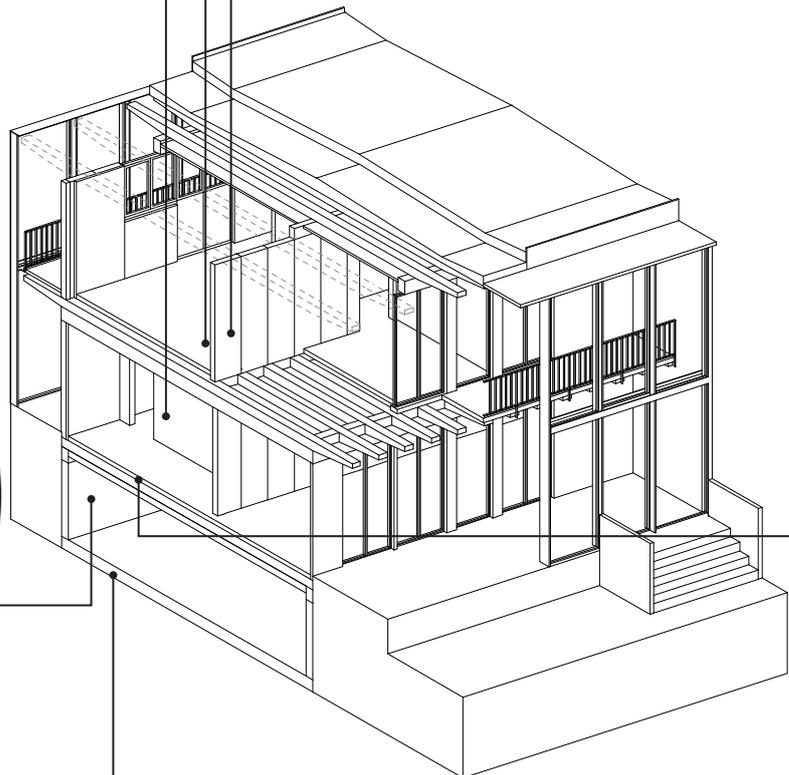


Tragende Innenwand

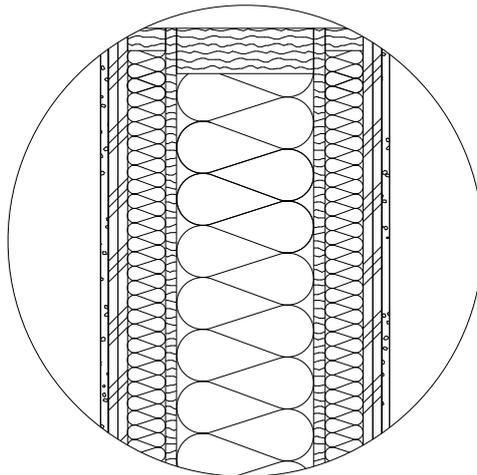


Tragende Außenwand Keller

Kalk-Gips-Innenputz	10 mm
Stahlbeton C30/37	200mm
XPS-Dämmstoff	100mm
EPS-Hartschaum	80mm
PP-Vlies zur Abdichtung	2mm

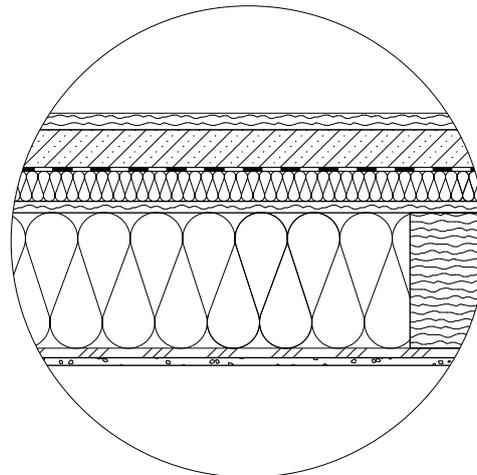


* Schnittmodul der Sanierungsmaßnahme wird hier exemplarisch zur Verortung der Bauteile verwendet



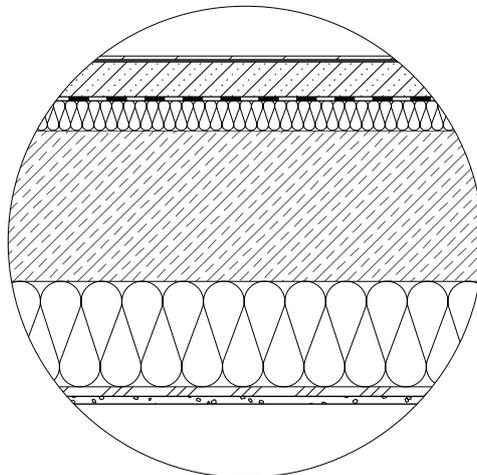
Tragende Innenwand (Wohnungstrennwände)

Kalk-Gips-Innenputz	10 mm
GKP (FS)	12,5 mm
GKP (FS)	12,5 mm
Steinwolle Dämmung	40 mm
Konstruktinosvollholz	40 mm
OSB Platte	15 mm
Mineralwolle	180 mm
Konstruktinosvollholz	180 mm
OSB Platte	15 mm
Konstruktinosvollholz	40 mm
Steinwolle Dämmung	40 mm
GKP (FS)	12,5 mm
GKP (FS)	12,5 mm
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm



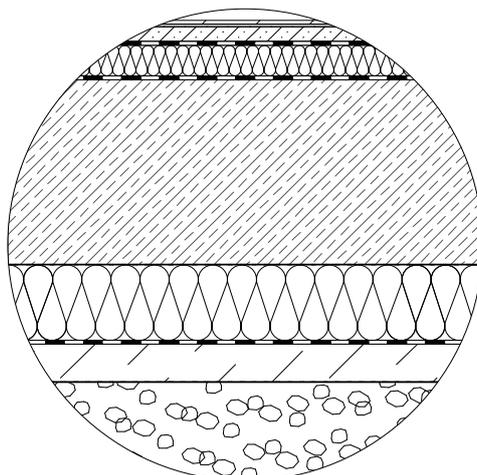
Geschossdecke EG (Belag: Echtholz-Stabparkett)

Echtholz Stabparkett	22 mm
Zementestrich inkl. FBH	50 mm
PE/PP-Vlies	1 mm
EPS-Hartschaum	40 mm
OSB Platte	15 mm
Konstruktionsvollholz	180 mm
Mineralwolle	180 mm
GKP	12,5 mm
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm



Geschossdecke Keller (Belag: Fliesen)

Fliesen	5 mm
Fliesenkleber	3 mm
Zementestrich inkl. FBH	50 mm
PE/PP-Vlies	1 mm
EPS Hartschaum	40 mm
Stahlbeton	200
Mineralwolle	140 mm
GKP FS	12,5 mm
Kalk-Gips-Innenputz	10 mm



Gründung / Bodenplatte Keller

Steinzeugfliesen glasiert	5mm
Fliesenkleber	3mm
Estrichmörtel-Zementestrich	15mm
Dampfbremse PE	0,2mm
Mineralwolle	40mm
Bitumenbahn	0,3mm
Beton C25/30	250mm
Bewehrungsstahl	250mm
PP-Vlies zur Abdichtung	1mm
Foamglas	100mm
Bitumenbahn	0,3 mm
Transportbeton C20/25	50mm
Kraftpapier	1mm
Schotter	150mm
PE/PP Vlies	1mm

Abb. 5.2
Übersichtstafel
Bauteilaufbauten
Neubau
Innenausbau*

3. Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung dient dem Erkennen, der Zusammenfassung und der Quantifizierung der potenziellen Umweltauswirkungen des untersuchten Gebäudes. Die Ermittlung dieser Ergebnisse liefert die wesentliche Grundlage für die anschließende Auswertung. In Tabelle 1 werden die im System berücksichtigten Indikatoren gelistet. Die genannten Potenziale wurden bereits in der vorausgehenden Studie von Julia Wilke detailliert erläutert.

Im Zuge der zunehmenden Bedeutung von ökologischen und nachhaltigen Kriterien von Gebäuden wird die Gegenüberstellung und Untersuchung hinsichtlich Primärenergie und Umweltwirkung der verschiedenen Baustoffe und Wandaufbauten zunehmend relevant.

Tabelle 1
Aufgestellte Parameter für die untersuchten Systeme

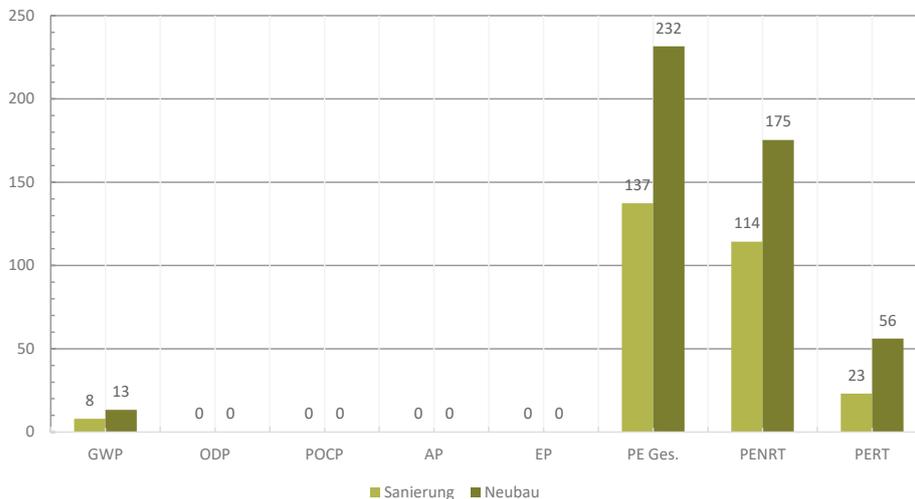


Diagramm 1
Gegenüberstellung der Indikatoren für Sanierung und Neubau

Im Diagramm 1 wird deutlich, dass die Sanierungsvariante fortlaufend im Hinblick auf alle Umwelteinflüsse sowie Primärenergieverbrauch bessere Ergebnisse erzielt. Gemäß den Ergebnissen haben besonders das Treibhauspotenzial und die Werte des Primärenergiebedarfs höchste Priorität in der folgenden vergleichenden Analyse und Auswertung.

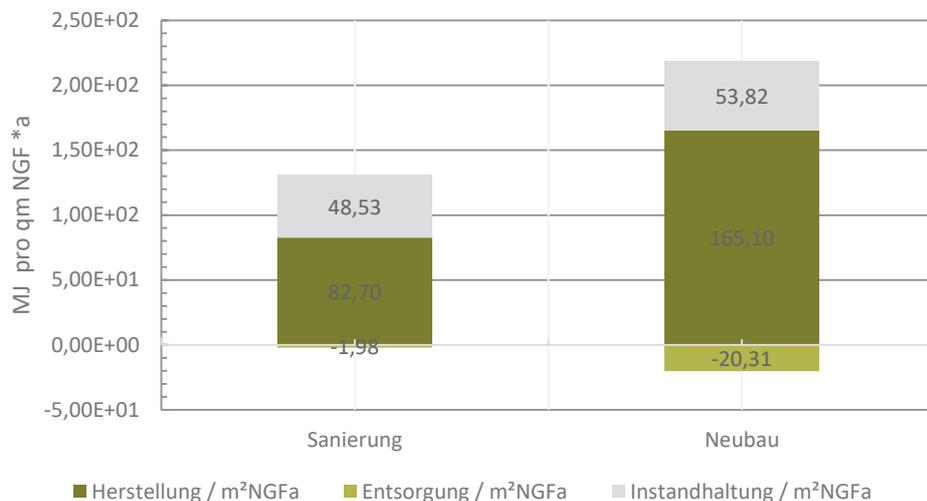
Wie im Diagramm 2 ersichtlich wird, fällt der Großteil der Primärenergie in beiden Varianten bei der Herstellung an. Darauf aufbauend wird im Anschluss an dieses Ergebnis anhand von ausgewählten Baustoffen der Primärenergiebedarf unter der gesonderten Systemgrenze der Herstellungsphase A1-A3 analysiert.

Die auf S. 39-40 aufgestellte Gegenüberstellung der verwendeten Baustoffe in Sanierung und Neubau dienen lediglich als Informationsgrundlage zum erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf in der Herstellungsphase. Als Rückschluss auf die Lebenszyklusbetrachtung des gesamten Gebäudes reicht diese Grundlage nicht aus. Dazu müsste eine umfassendere Prüfung erfolgen und die Baustoffe letztendlich in einem funktionalen Zusammenhang betrachtet werden. Der U-Wert und die entsprechenden Dämmstärken nehmen dabei zur aufschlussreichen Auswertung eine maßgebliche Rolle ein. Die hierzu notwendigen Referenzwerte der jeweiligen Baustoffe wurden der Datenbank ÖkobaDat entnommen.

Diagramm 2
Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für Sanierung und Neubau

im DGNB System berücksichtigte Indikatoren					
Primärenergieverbrauch	Klimaänderung	Ozonstörung	Bildung von Ozon	Versauerung	Eutrophierung
PE _e / PE _{ne}	GWP	ODP	POCP	AP	EP

Parameter / Potenziale	Effekt	Referenzsubstanz	Einheit Äquivalent
Treibhauspotenzial (GWP)	Erwärmung der Troposphäre durch anthropogene Treibhausgase z. B. durch Verbrennung fossiler Brennstoffe	Kohlendioxid (CO ₂)	kg CO ₂
Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	Verringerung der Ozonkonzentration in der Stratosphäre durch Emissionen wie Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKWs)	Tri-chlor-fluor-methan (R11)	kg R11
Ozonbildungspotenzial (POCP)	Bildung von bodennahem Ozon (Reizgas) unter Einfluss von Sonnenlicht durch photochemische Reaktion von Stickoxiden mit Kohlenwasserstoffen und flüchtigen organischen Stoffen (VOC)	Ethen (C ₂ H ₄)	kg C ₂ H ₄
Versauerungspotenzial (AP)	Verringerung des pH-Wertes des Niederschlagwassers durch die Auswaschung von säurebildenden Gasen z. B. Schwefeldioxid (SO ₂) und Stickoxide (NO _x)	Schwefeldioxid (SO ₂)	kg SO ₂
Überdüngungspotenzial (EP)	Übermäßiger Nährstoffeintrag in Gewässern und Landgebieten durch Substanzen wie Phosphor und Stickstoff aus Landwirtschaft, Verbrennungsvorgängen und aus Abwässern.	Phosphat (PO ₄ ³⁻)	kg PO ₄ ³⁻



3.1 Wirkungsabschätzung Ressourcenverbrauch

3.1.1 PE Ges. Vergleich ausgewählter Baustoffe (A1-A3)

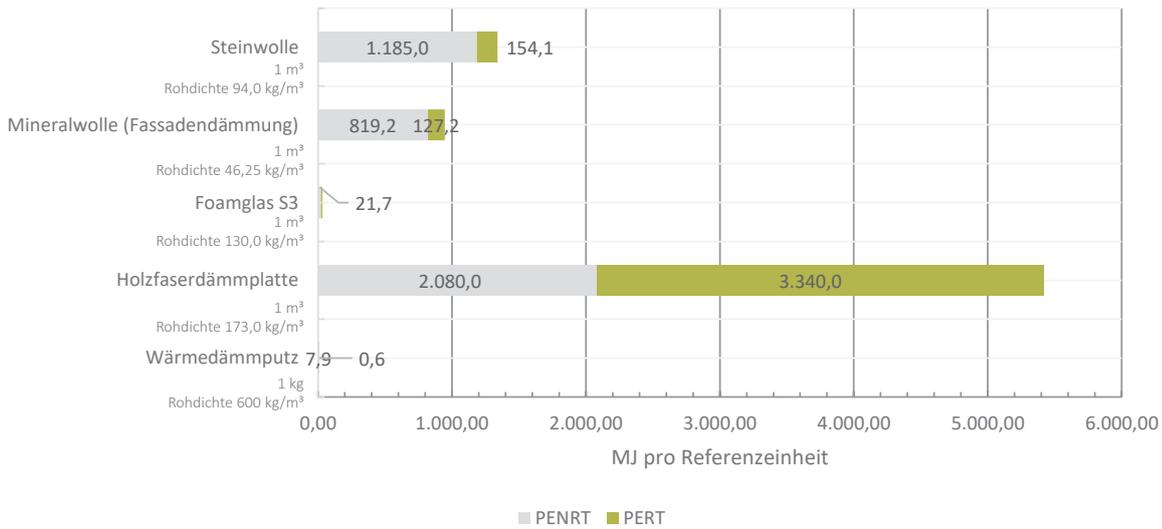


Diagramm 3 Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für Dämmstoffe

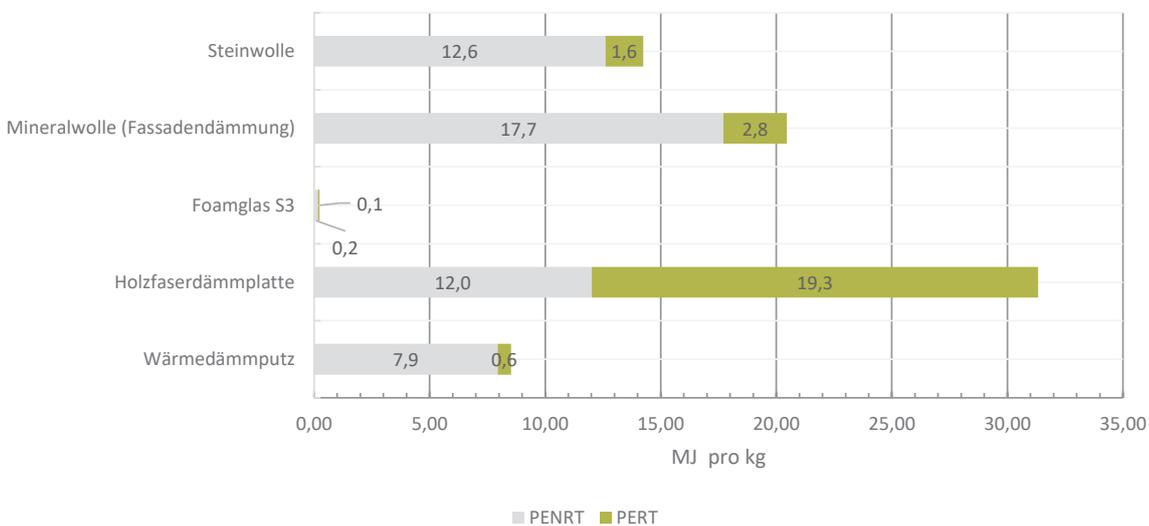


Diagramm 4 Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für Dämmstoffe umgerechnet auf 1kg

Auffallend ist der hohe Anteil erneuerbarer Primärenergie am Gesamtprimärenergiebedarf für alle nachwachsenden Rohstoffe, welcher die beim Pflanzenwachstum gespeicherte solare Energie widerspiegelt. Diese steht während der Nutzungsphase des Gebäudes nicht zur Verfügung, kann aber nach dem Rückbau im Rahmen der thermischen Verwertung voll genutzt werden.

Für die Dämmstoffe variiert der Anteil erneuerbarer Energie zwischen 6,85% für Wärmedämmputz bis hin zu 61,60% für Holzfaserdämmplatten. Eine Justierung der gewählten Aufbauten und Rohstoffen verdeutlicht der im Diagramm 6 abgebildete Vergleich zwischen den verschiedenen Optionen der Dacheindeckung. Einen Überblick über den Primärenergiebedarf zur Herstellung der Technischen Anlagen gibt das Diagramm 7 wieder.

Diagramm 5
Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für KVH und Beton C25/30

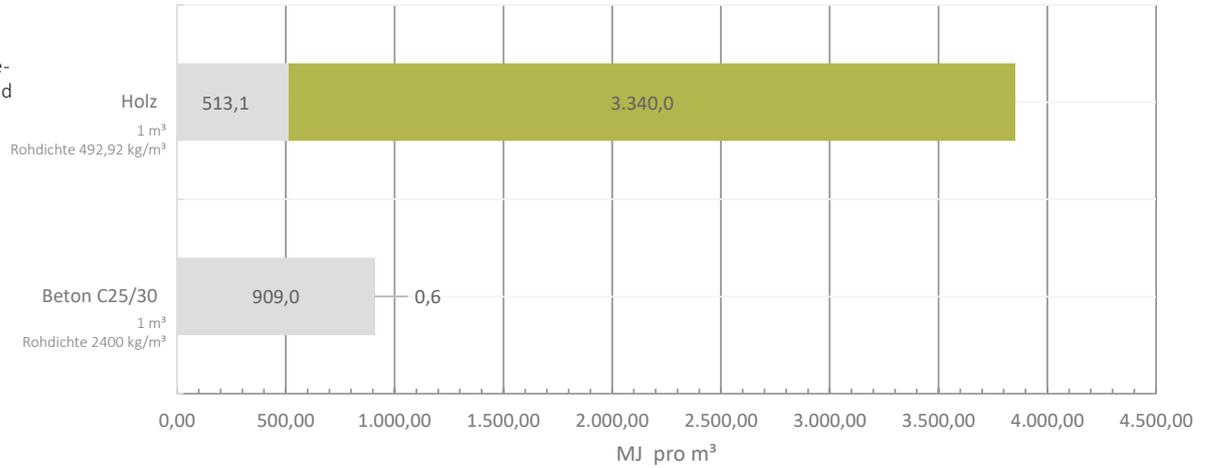


Diagramm 6
Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für die Dacheindeckung

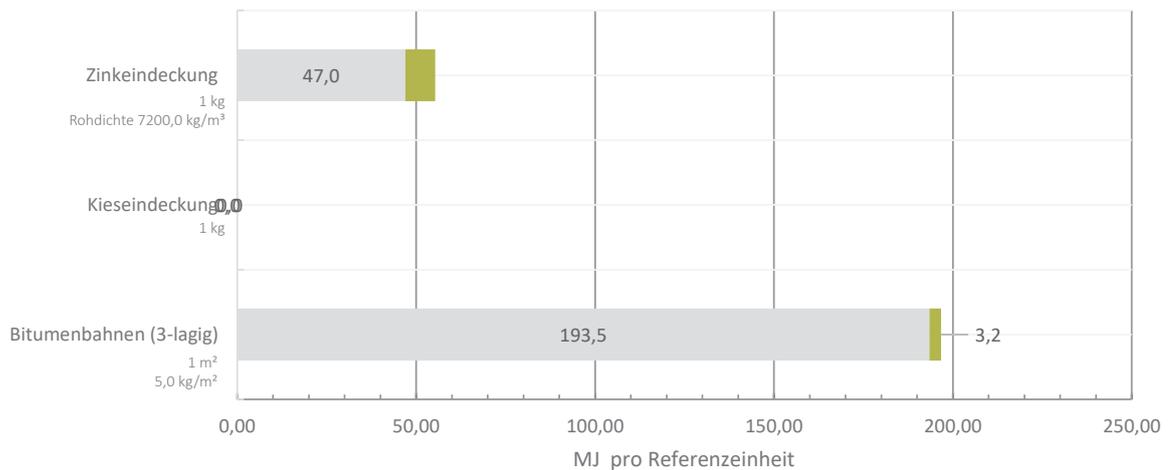
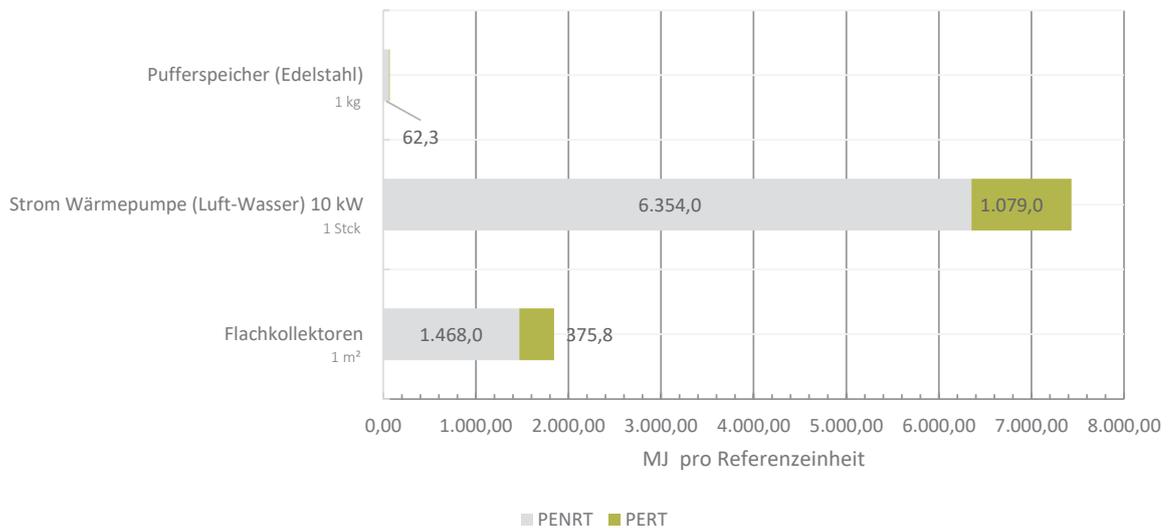


Diagramm 7
Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für die Technischen Anlagen



3.1.2 Gesamtprimärenergiebedarf PE Ges.

Im folgenden wird anhand der ermittelten Bauteilmengen in Kapitel 2.1 und 2.2 eine Auswertung der nachfolgenden Ergebnisse für den Gesamtprimärenergiebedarf vorgenommen.

320 Gründung

Der fast 12-fach höhere Wert des Neubauszenarios liegt hier an der zusätzlichen Gründung und der Kellerbodenplatte, die in der Sanierungsvariante wegfallen. Da im Erdgeschoss auf der Ostseite die Bodenplatte auch in bei der Sanierungsmaßnahme erneuert wird, fällt auch hier ein geringer Primärenergiebedarf an.

330 Außenwände

Bei den Außenwänden nähern sich die Werte des Primärenergiebedarfs für Sanierung und Neubau an. Hier nimmt der Primärenergiebedarf der Sanierungsmaßnahmen nahezu 70% der Bedarfsmenge der Neubauvariante an. Da alle weiteren Bauteile der Kostengruppe 330 nahezu deckungsgleich ausgeführt werden, beruht die Differenz im Primärenergiebedarf von knapp 33% somit ausschließlich auf der Bauteilmenge der tragenden Außenwandkonstruktion. (Vgl. Geometrische Bauteilermittlung 2.1 und 2.2)

340 Innenwände

Der Unterschied von etwa 20 %, welches die Sanierungsvariante in dieser Bauteilgruppe weniger an Primärenergiebedarf aufweist, liegt darin begründet, dass im Hinblick auf die Innenwände nur die nichttragenden Innenwände in beiden Szenarien gleichermaßen -gemäß aktuellen Planstand- ausgeführt werden. Im Gegensatz zur Neubauvariante, müssen bei der Sanierung die tragenden Innenwände lediglich verputzt oder stellenweise aus Schallschutz- oder Lärmschutzgründen gedämmt werden.

350 Decken

Bei den Decken steigt die Divergenz wieder etwas an: Die Sanierung weist weniger als die Hälfte des Bedarfs bzw. nur knapp 46 % des Primärenergiebedarfs des Neubaus auf. Dieser Unterschied liegt wie in der Kostengruppe 330 Außenwände vor allem darin begründet dass lediglich Bodenbeläge und die Deckenbekleidung in ähnlich ausgeführt werden. Der über doppelt so hohe Primärenergiebedarf des Neubaus liegt auch hier primär im zusätzlichen Einsatz der Ressourcen für die tragende Konstruktion begründet.

360 Dächer

Bei den Dächern liegt die Annäherung am meisten vor. Hier nimmt der Primärenergiebedarf der Dachinstandsetzung des Kerngebäudes 80% des Bedarfs der Neubauvariante an. Der Dachaufbau der Pufferzone fällt aufgrund der gleichen Ausführung in beiden Szenarien aus der Analyse heraus. Obwohl in der Sanierungsvariante mehr Dämmstoff zum Einsatz kommt, liegt der Wert des Neubaus weiterhin höher. Die einzige Begründung dafür liegt damit wohl in dem zusätzlichen Einsatz von einer großen Menge an Konstruktionsvollholz. Wie in den Diagrammen auf S. 41 erkenntlich, besitzt auch Holz als nachwachsender Rohstoff einen hohen erneuerbaren Primärenergiehaushalt.

420 Wärmeversorgungsanlagen

Diese Bauteilgruppe umfasst in der Berechnung neben den TWW-Speichern, den Wärmepumpen auch die Fußbodenheizung sowie Solaranlage. Aufgrund der deckungsgleichen Maßnahmen in Sanierung und Neubau hinsichtlich der Anlagentechnik ergeben sich in der Auswertung somit dieselben Ergebnisse.

Diagramm 8
Vergleich der Kosten-
gruppen in PEGes.
für Sanierung und
Neubau

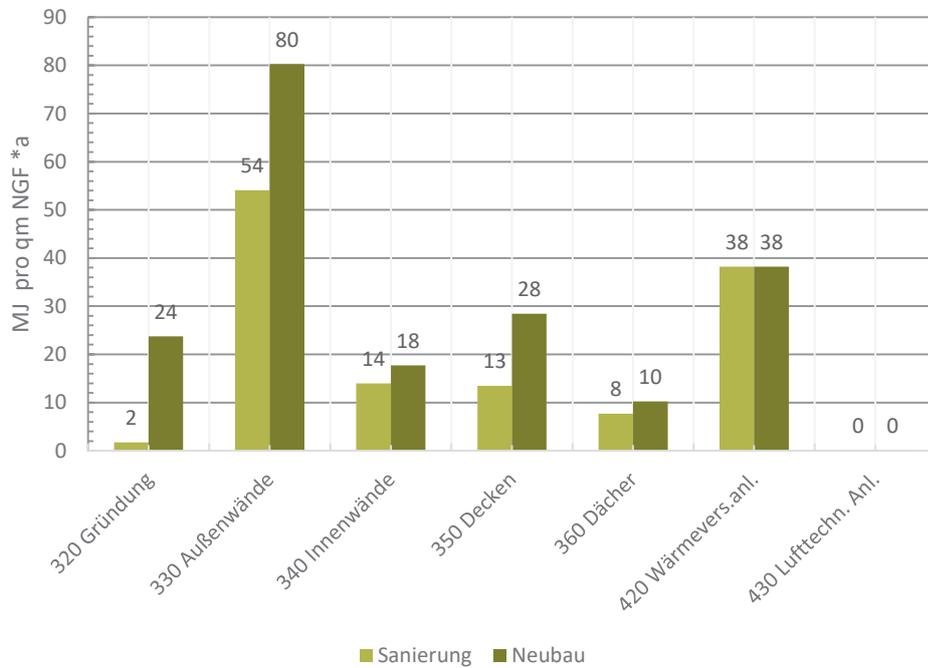


Diagramm 9
Vergleich von PERT
und PENRT der
Kostengruppen für
Sanierung

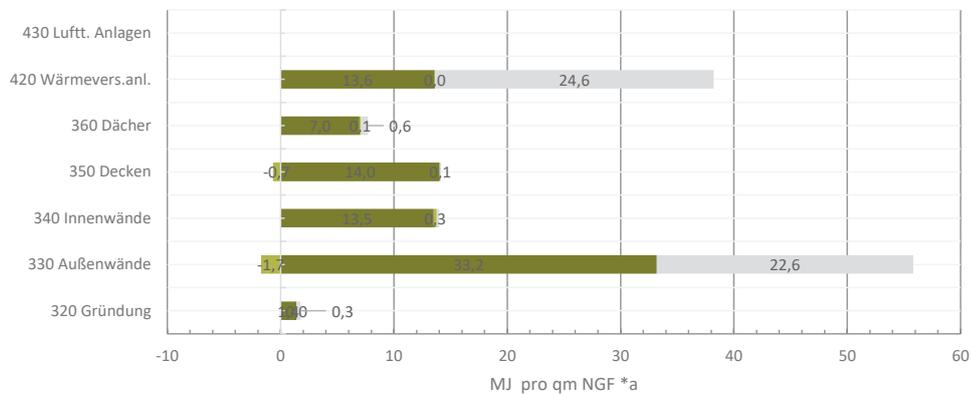
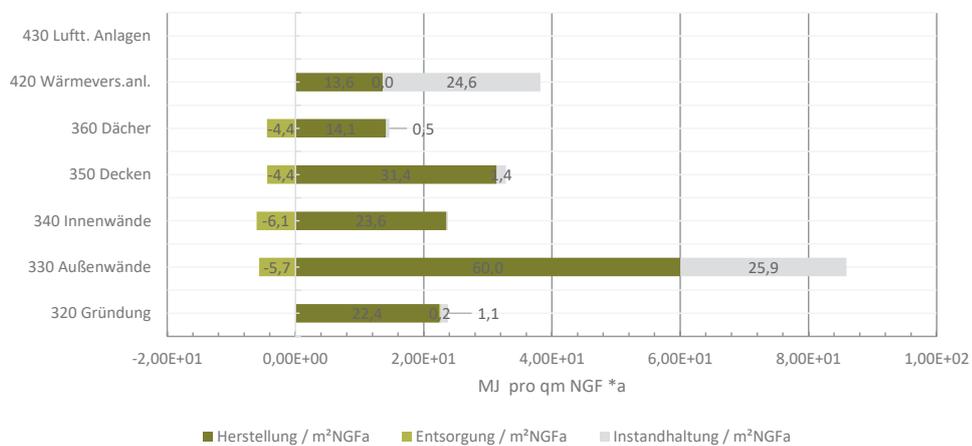


Diagramm 10
Vergleich von PERT
und PENRT der
Kostengruppen für
Neubau



3.1.3 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar PENRT

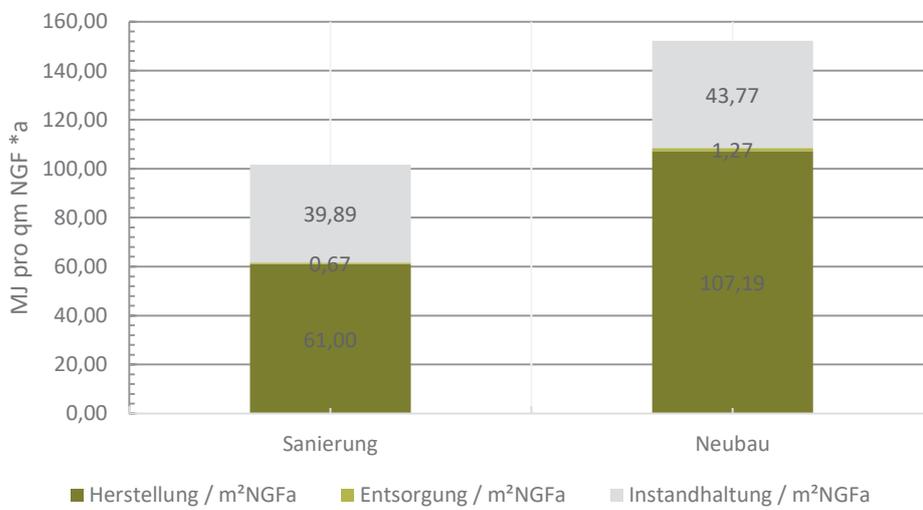


Diagramm 11
Aufschlüsselung des
PENRT in Herstel-
lung, Entsorgung
und Instandhaltung
für Sanierung und
Neubau

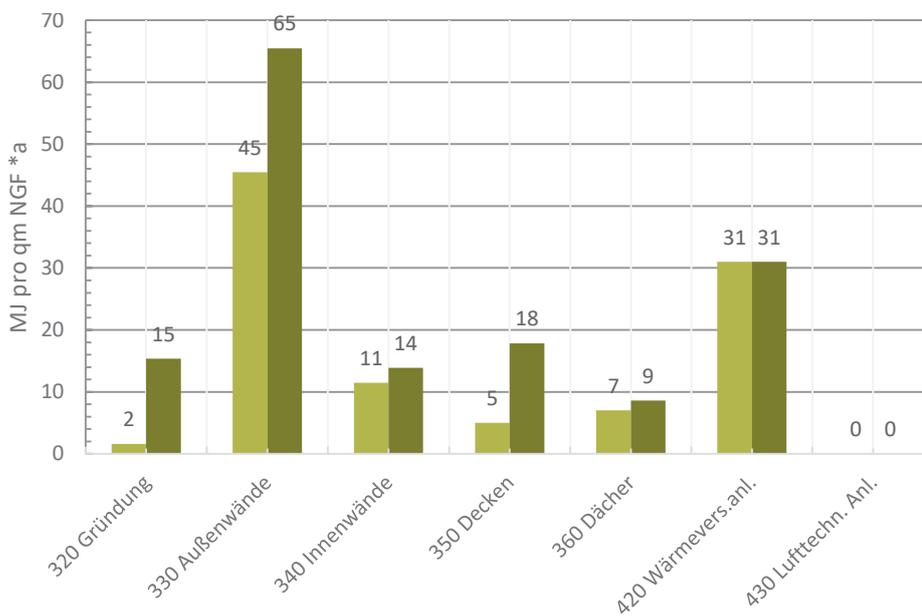


Diagramm 12
Vergleich der Kos-
tengruppen in PENRT
für Sanierung und
Neubau

Diagramm 13
 Detaillierung der
 Ergebnisse von
 Diagramm 12 anhand
 der Kostengruppen
 für die Sanierung

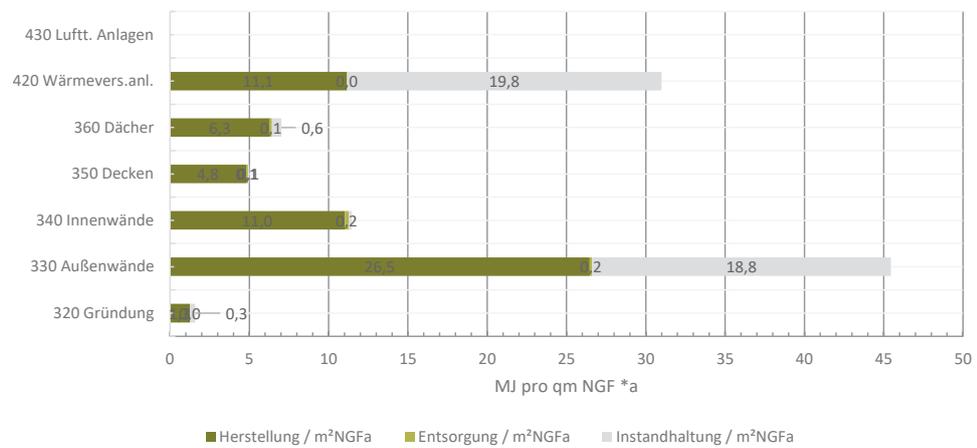
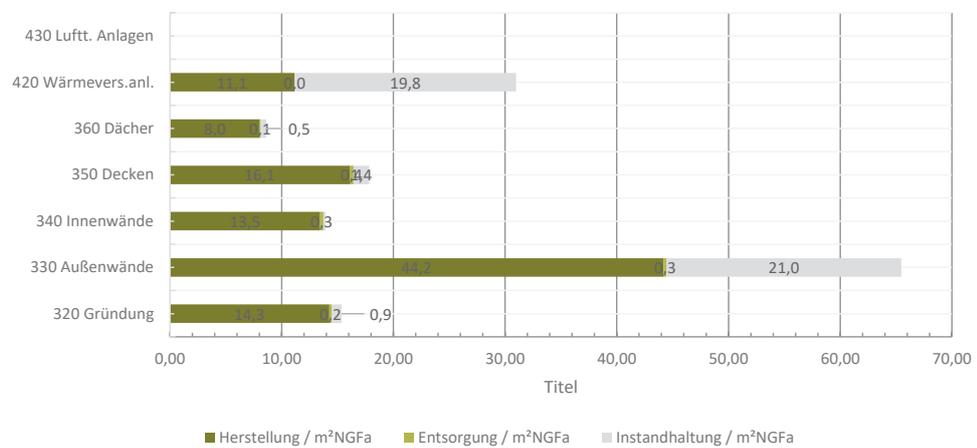


Diagramm 14
 Detaillierung der
 Ergebnisse von
 Diagramm 12 anhand
 der Kostengruppen
 für den Neubau



3.1.4 Primärenergiebedarf erneuerbar PERT

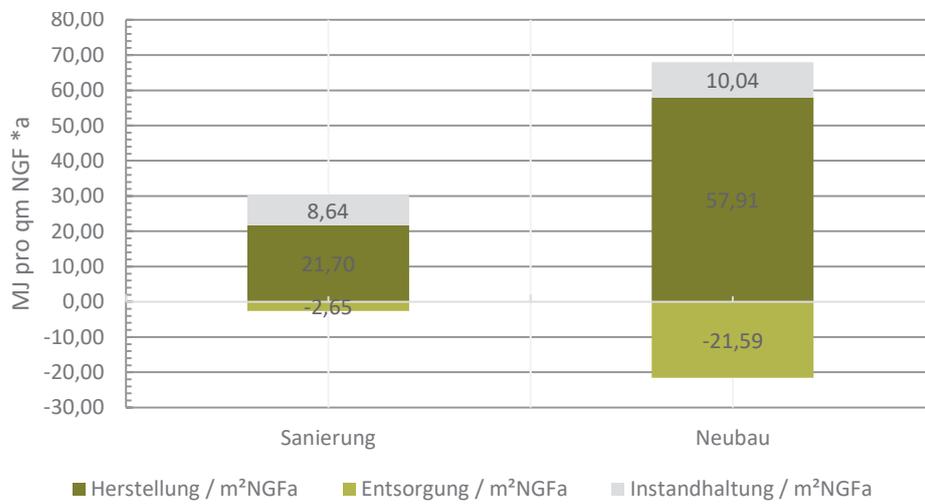


Diagramm 15
Aufschlüsselung des
PERT in Herstel-
lung, Entsorgung
und Instandhaltung
für Sanierung und
Neubau

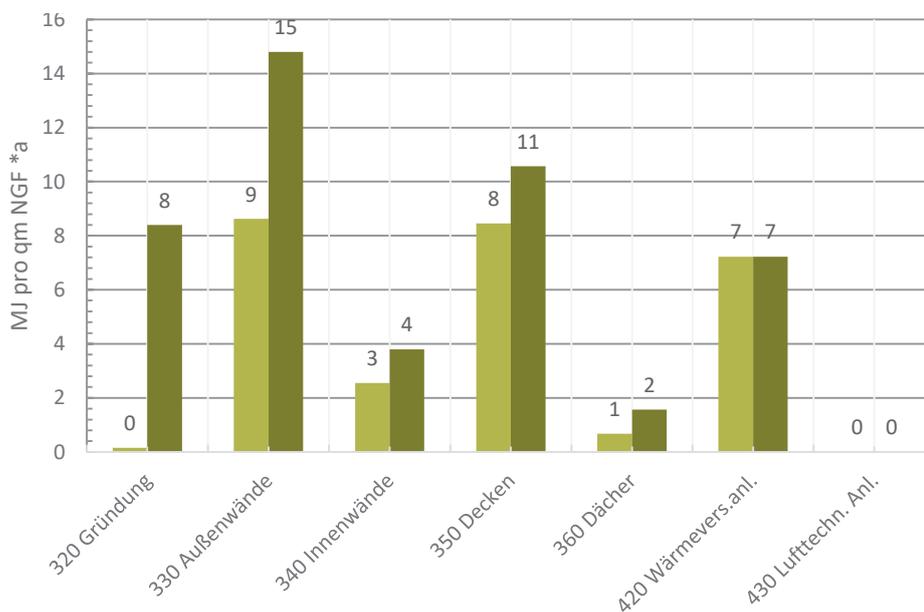


Diagramm 16
Vergleich der Kos-
tengruppen in PERT
für Sanierung und
Neubau

Diagramm 17
 Detaillierung der
 Ergebnisse von
 Diagramm 16 anhand
 der Kostengruppen
 für die Sanierung

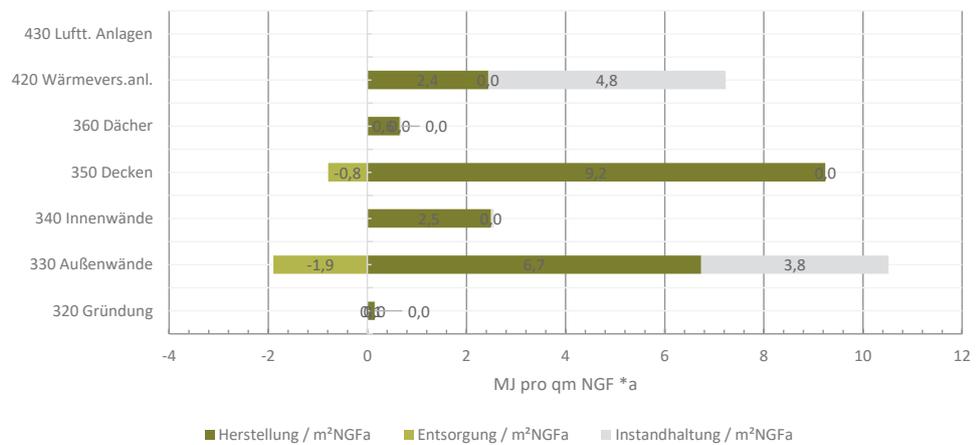
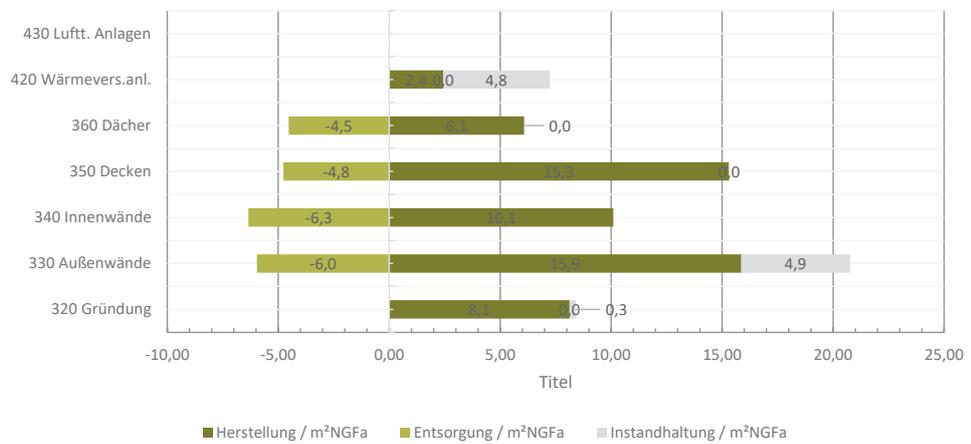
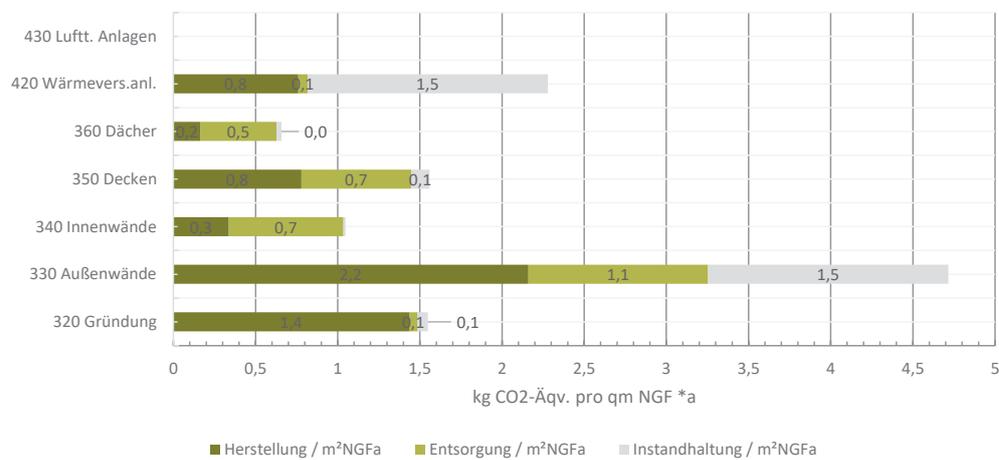
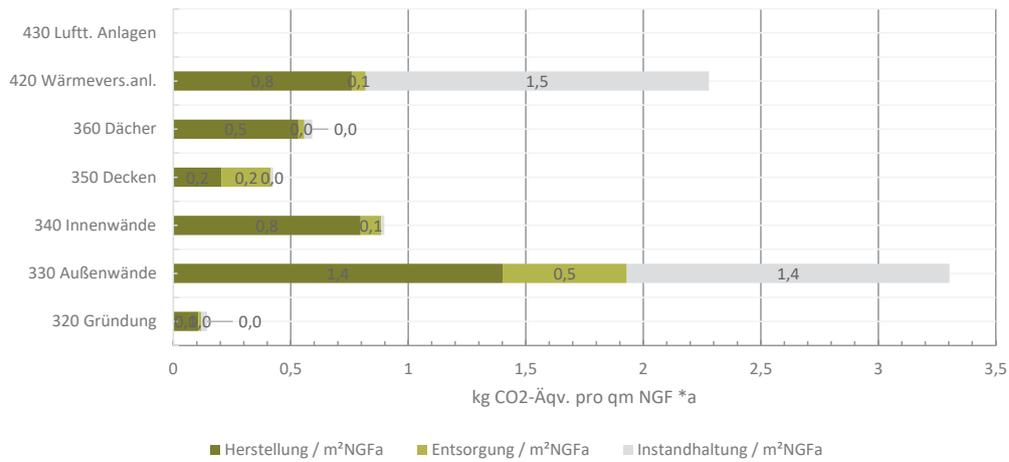
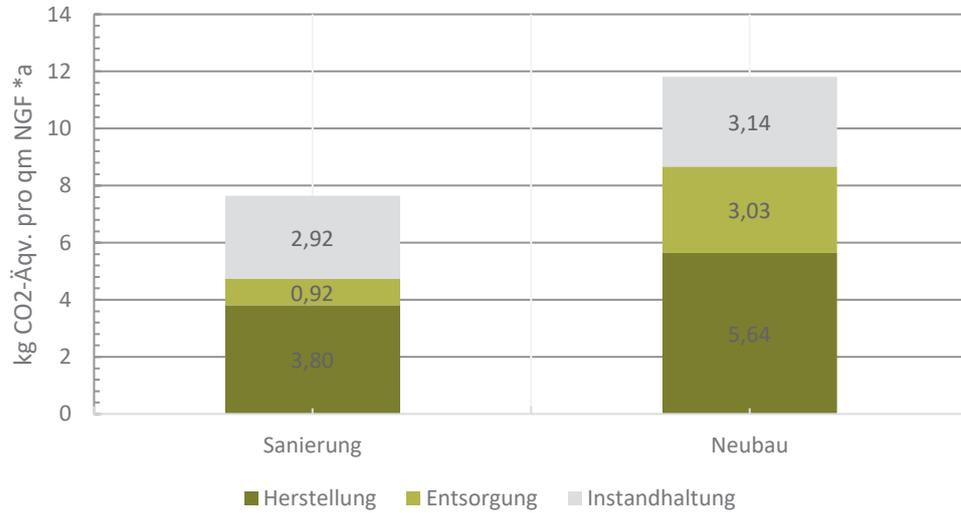


Diagramm 18
 Detaillierung der
 Ergebnisse von
 Diagramm 16 anhand
 der Kostengruppen
 für den Neubau



3.2 Wirkungsabschätzung Umweltauswirkungen

3.2.1 Treibhauspotenzial GWP



3.2.2 Ozonschichtabbaupotenzial ODP

Diagramm 22 Ozonschichtabbaupotenzial Sanierung und Neubau

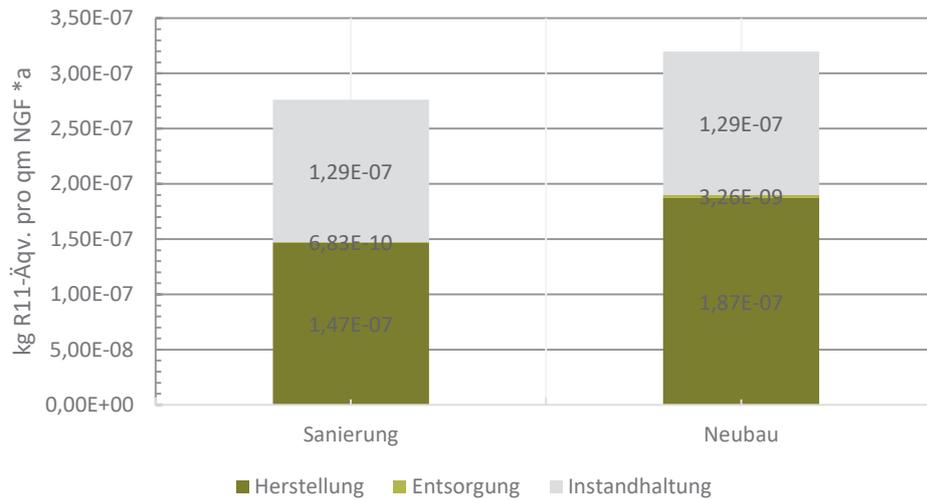


Diagramm 23 Ozonschichtabbaupotenzial Bauteile Sanierung

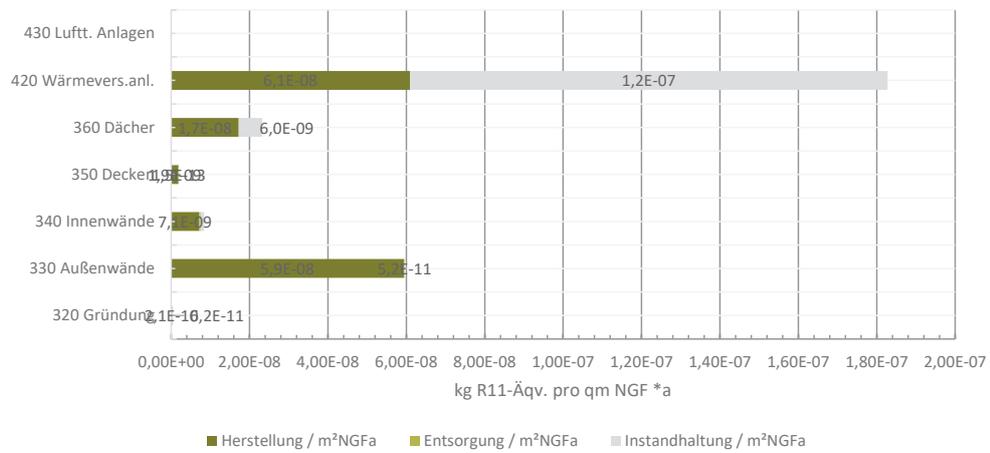
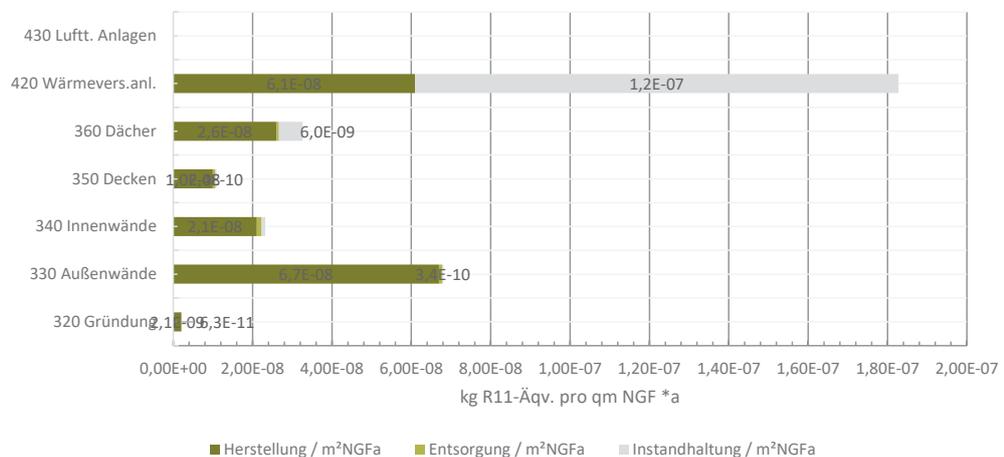


Diagramm 24 Ozonschichtabbaupotenzial Bauteile Neubau



3.2.3 Ozonbildungspotenzial POCP

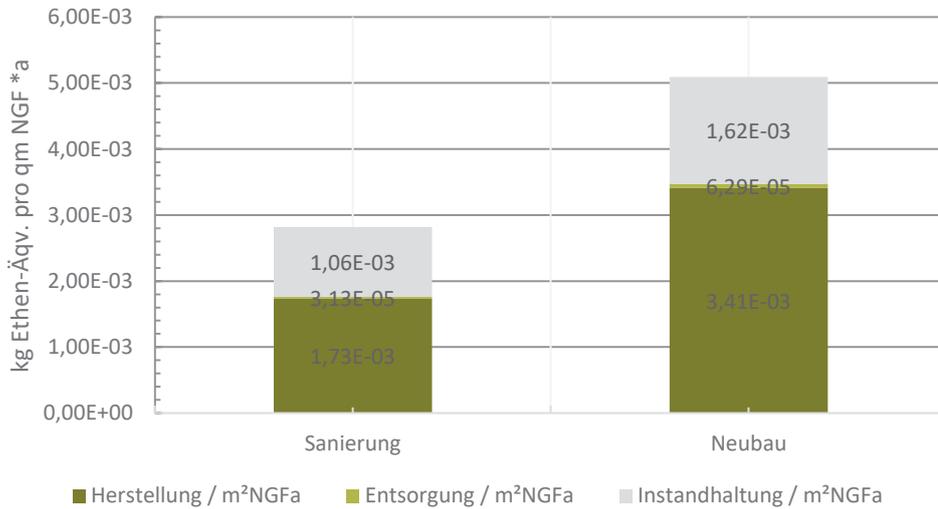


Diagramm 25
Ozonbildungspotenzial Sanierung und Neubau

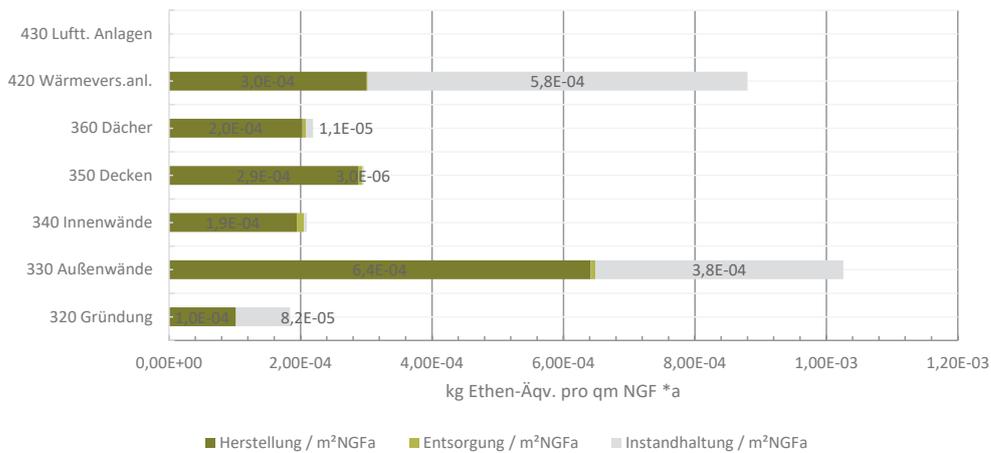


Diagramm 26
Ozonbildungspotenzial Bauteile Sanierung

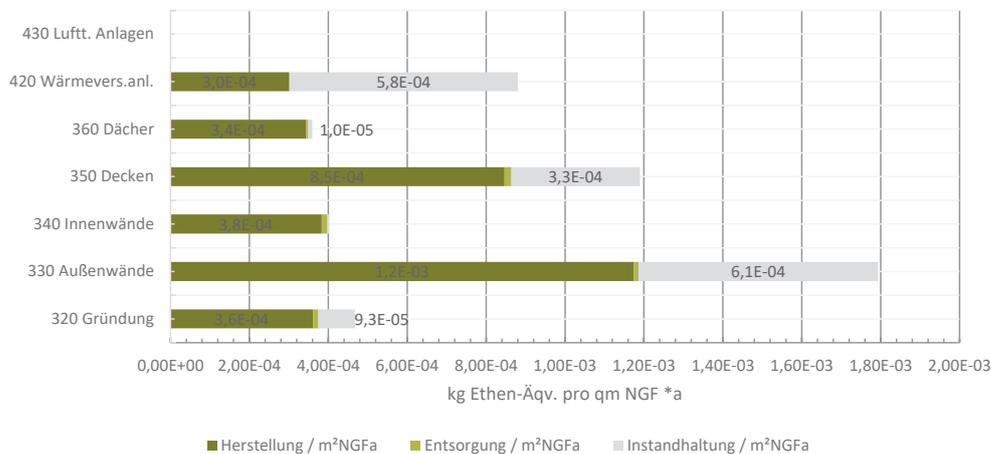


Diagramm 27
Ozonbildungspotenzial Bauteile Neubau

3.2.4 Versauerungspotenzial AP

Diagramm 28
Versauerungspotenzial Sanierung und Neubau

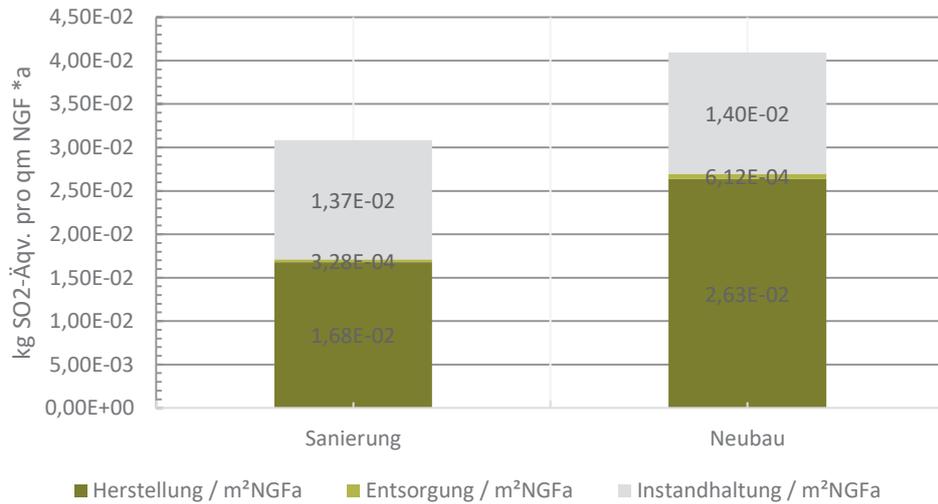


Diagramm 29
Versauerungspotenzial Bauteile Sanierung

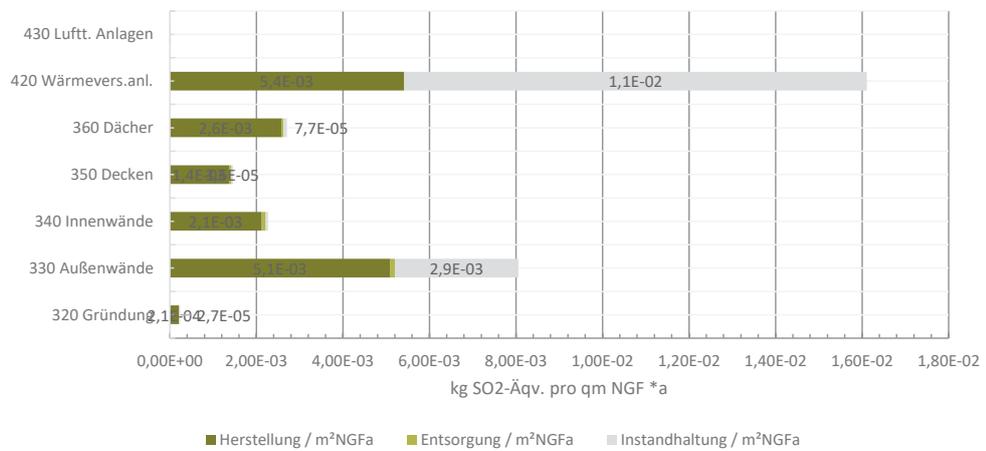
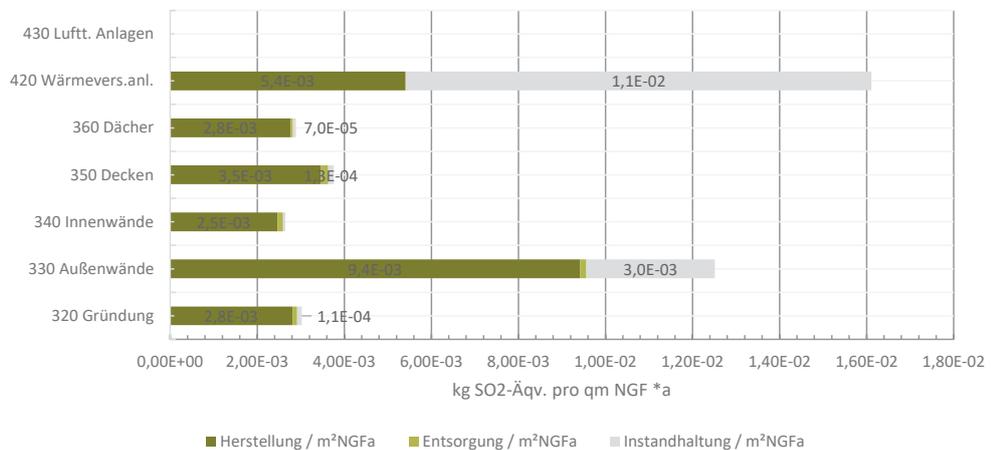


Diagramm 30
Versauerungspotenzial Bauteile Neubau



3.2.5 Überdüngungspotenzial EP

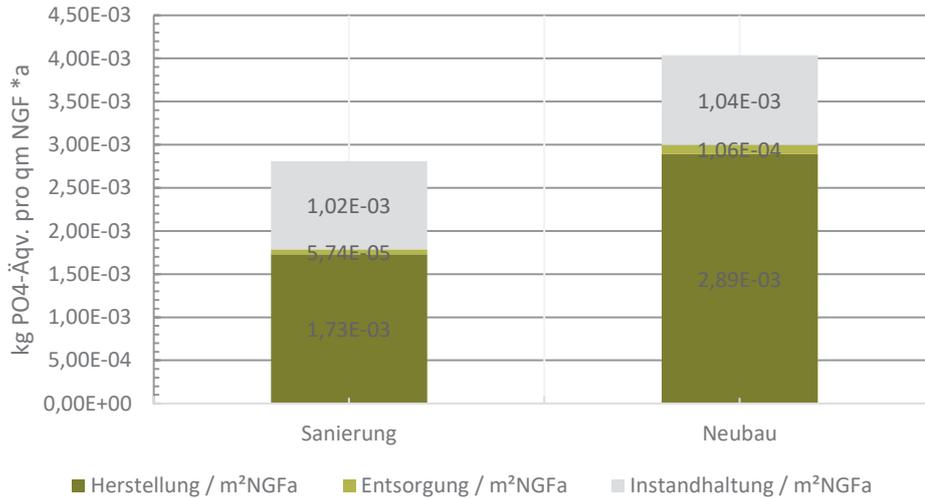


Diagramm 31 Überdüngungspotenzial Sanierung und Neubau

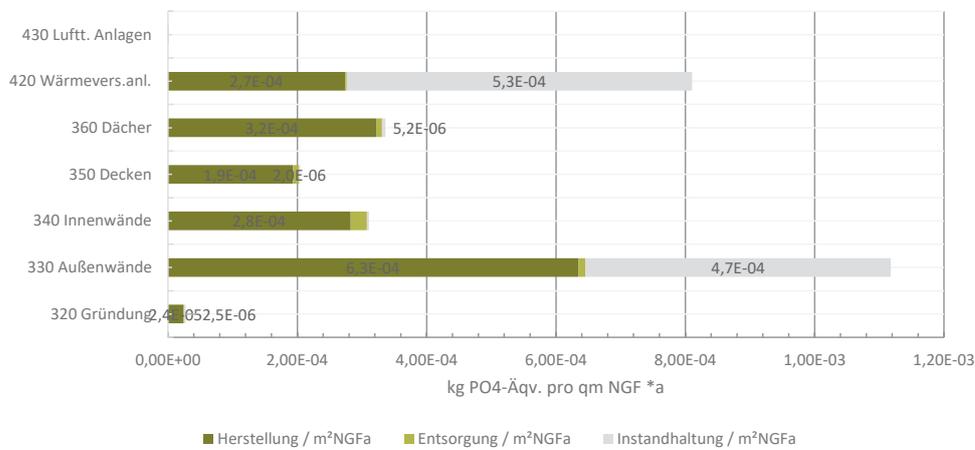


Diagramm 32 Überdüngungspotenzial Bauteile Sanierung

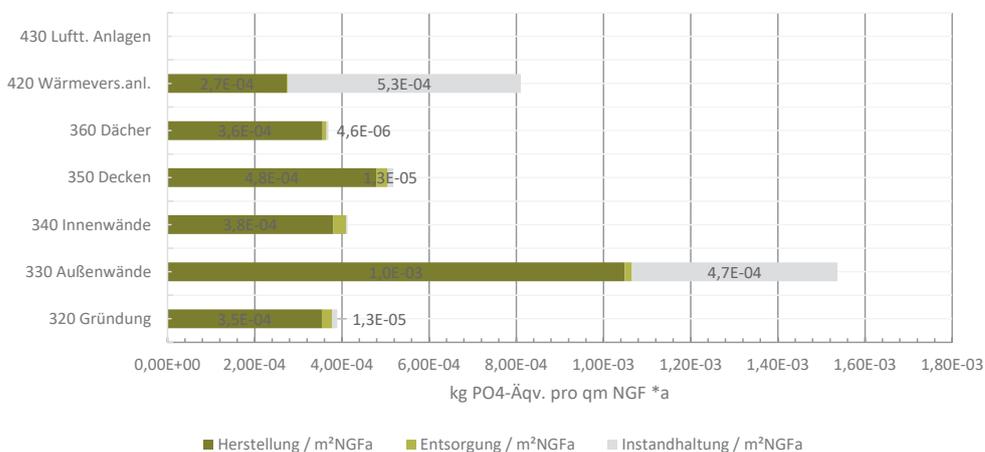


Diagramm 33 Überdüngungspotenzial Bauteile Neubau

Abb. 6 Anteil der einzelnen Kostengruppen am PE Ges.

4. Auswertung

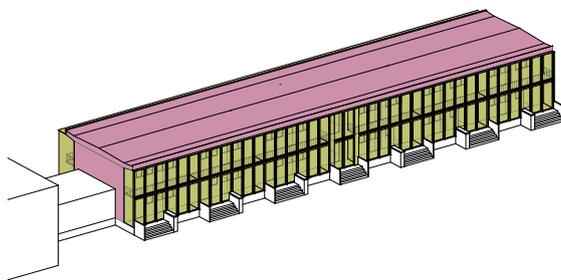
Bei der Ökobilanz handelt es sich grundsätzlich um eine wertfreie Beschreibung der Umweltwirkungen eines Produkts. Eine pauschale Aussage über „gute“ oder „schlechte“ Baustoffe oder Bauweisen von Gebäuden kann somit nicht getroffen werden, sondern lediglich eine Datengrundlage geliefert werden, auf dessen Basis im funktionalen Zusammenhang Entscheidungen getroffen werden können. Im Vergleich jedoch weist die Sanierungsvariante gegenüber dem Neubau durchgängig eine bessere Performance auf. In Konstruktionsbereichen wie etwa der Innenwände und Dächer nähern sich die Ergebnisse etwas an. Aber durch die hohe Divergenz in den Bereichen Gründung, Außenwände bis hin zu den Decken nimmt die Sanierungsvariante insgesamt nur knapp 60% des Primärenergiebedarfs des Szenarios Neubau an.

Die Aussichten die also von der vorangehenden Arbeit gestellt wurden, haben sich sogar, trotz der ökologisch hochwertigen Ausführung des Neubaus in der Holzbauweise, noch stärker zu Gunsten der Sanierungsvariante entwickelt.

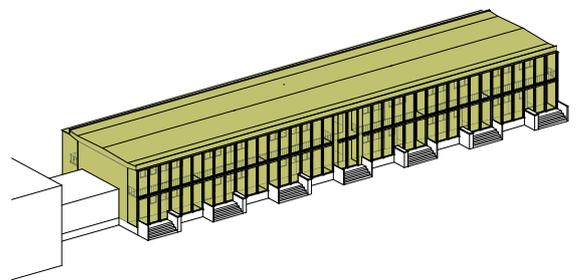
Mit der vorliegenden Datengrundlage konnten fortlaufend Entscheidungsprozesse durch eine entsprechende Evaluierung über Ökobilanzierung aus ökologischer Sicht gelenkt und die Sanierungsmaßnahmen vor allem in ökologischer Qualität optimiert werden.

Der dabei wichtigste Vorteil gegenüber Abriss und Ersatzneubau: Die Energieeinsparung im Gebäudebetrieb lässt sich mit einem deutlich kleineren Ressourcenaufwand und geringeren Umweltwirkungen als im Neubau realisieren.

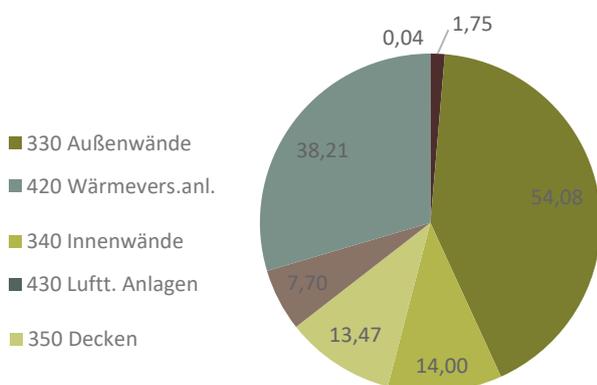
Sanierung



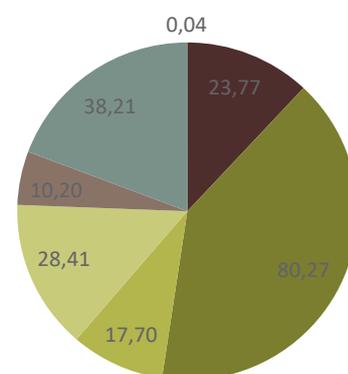
Neubau



PE Ges. Sanierung Bauteile



PE Ges. Neubau Bauteile



Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Geschossplan EG	5
Abb. 2.1	Sanierungsplan EG	6
Abb. 2.2	Sanierungsplan OG	7
Abb. 3	Lebenswegmodule gemäß DIN EN 15804 (Quelle DIN EN 15804)	9
Abb. 4.1	Übersichtstafel Bauteilaufbauten Sanierungsvariante thermische Hülle	20-21
Abb. 4.2	Übersichtstafel Bauteilaufbauten Sanierungsvariante Innenausbau	22-23
Abb. 5.1	Übersichtstafel Bauteilaufbauten Neubau thermische Hülle	34-35
Abb. 5.2	Übersichtstafel Bauteilaufbauten Neubau Innenausbau	37-38
Abb. 6	Anteil der einzelnen Kostengruppen am PE Ges.	39
Tabelle 1	Aufgestellte Parameter für die untersuchten Systeme	38
Diagramm 1	Gegenüberstellung der Indikatoren für Sanierung und Neubau	39
Diagramm 2	Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für Sanierung und Neubau	40
Diagramm 3	Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für Dämmstoffe	40
Diagramm 4	Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für Dämmstoffe umgerechnet auf 1kg	41
Diagramm 5	Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für KVH und Beton C25/30	41
Diagramm 6	Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für die Dacheindeckung	41
Diagramm 7	Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs für die Technischen Anlagen	43
Diagramm 8	Vergleich der Kostengruppen in PEGes. für Sanierung und Neubau	43
Diagramm 9	Vergleich von PERT und PENRT der Kostengruppen für Sanierung	43
Diagramm 10	Vergleich von PERT und PENRT der Kostengruppen für Neubau	44
Diagramm 11	Aufschlüsselung des PENRT in Herstellung, Entsorgung und Instandhaltung für Sanierung und Neubau	44
Diagramm 12	Vergleich der Kostengruppen in PENRT für Sanierung und Neubau	45
Diagramm 13	Detaillierung der Ergebnisse von Diagramm 12 anhand der Kostengruppen für die Sanierung	45
Diagramm 14	Detaillierung der Ergebnisse von Diagramm 12 anhand der Kostengruppen für den Neubau	46
Diagramm 15	Aufschlüsselung des PERT in Herstellung, Entsorgung und Instandhaltung für Sanierung und Neubau	46
Diagramm 16	Vergleich der Kostengruppen in PERT für Sanierung und Neubau	47
Diagramm 17	Detaillierung der Ergebnisse von Diagramm 16 anhand der Kostengruppen für die Sanierung	47
Diagramm 18	Detaillierung der Ergebnisse von Diagramm 16 anhand der Kostengruppen für den Neubau	48
Diagramm 19	Treibhauspotenzial Sanierung und Neubau	48
Diagramm 20	Treibhauspotenzial Bauteile Sanierung	48
Diagramm 21	Treibhauspotenzial Bauteile Neubau	49
Diagramm 22	Ozonschichtabbaupotenzial Sanierung und Neubau	49
Diagramm 23	Ozonschichtabbaupotenzial Bauteile Sanierung	49
Diagramm 24	Ozonschichtabbaupotenzial Bauteile Neubau	50
Diagramm 25	Ozonbildungspotenzial Sanierung und Neubau	50
Diagramm 26	Ozonbildungspotenzial Bauteile Sanierung	50
Diagramm 27	Ozonbildungspotenzial Bauteile Neubau	51
Diagramm 28	Versauerungspotenzial Sanierung und Neubau	51
Diagramm 29	Versauerungspotenzial Bauteile Sanierung	51
Diagramm 30	Versauerungspotenzial Bauteile Neubau	52
Diagramm 31	Überdüngungspotenzial Sanierung und Neubau	52
Diagramm 32	Überdüngungspotenzial Bauteile Sanierung	52
Diagramm 33	Überdüngungspotenzial Bauteile Neubau	53

Anlage KAP. III

A 3. 2

Brandschutz

Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik

Fachbereich Architektur

Technische Universität Darmstadt

Brandschutz



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Projekt Dammerstock Falkenweg 69

Für die Sanierung des Gebäudes Falkenweg 69 in Karlsruhe hat das Fachgebiet TWE die Anforderungen an den Brandschutz bei einer Sanierung mit folgenden Ergebnissen geprüft. Der Entwurf sieht vor, die bestehenden 12 Wohneinheiten in 6 Wohneinheiten umzuwandeln indem die Erdgeschosswohnungen mit den jeweiligen Obergeschosswohnungen durch eine Treppe verbunden werden. Im Osten und Westen werden die Wohnungen durch einen unbeheizten Glasvorbau erweitert. Der Keller wird weiterhin zentral erschlossen.

1. Das Gebäude kann in **Gebäudeklasse 2** eingestuft werden.
2. **Dachanschluss:** Zu beachten ist die Vermeidung einer Hohlraumbildung am Anschlusspunkt zur Dachhaut zw. Pufferzone und Bestandsdach. Hohlräume werden als kritisch im Brandschutz betrachtet, da sie nicht einsehbar sind. Die Außenwände müssen entweder 30cm über der neuen Dachhaut liegen oder die oberste Geschoßdecke konstruktiv horizontal, über 50 cm, als nicht brennbar am Anschluss Punkt ausgeführt werden.
3. **Außenwände:** Die Außenwände (Anschluss an Gropiusbau und freistehende Giebelwand) sind anhand der Bestandspläne bzw. Baugenehmigung zu prüfen ob sie als Brandwand in F90 a + m (mechanische Anpralllasten) ausgeführt wurden. Zu klären ist ob bei der freistehenden Giebelwand der Abstand von 5 m zur Nachbarbebauung eingehalten wird und zukünftig eingehalten werden kann. Die Außenwand zur Seite des Gropiusbaus (Terrasse) sollte nicht perforiert werden.

§ 8 Anforderungen an Brandwände

(Zu § 26 Abs. 2 LBO)

(1) Brandwände müssen feuerbeständig sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

(2) Brandwände dürfen keine Öffnungen haben. In inneren Brandwänden (§ 7 Abs. 4) sind Öffnungen zuzulassen, wenn die Nutzung des Gebäudes dies erfordert und

- 1. die Öffnungen feuerbeständige und selbstschließende Abschlüsse haben oder*
- 2. der Brandschutz auf andere Weise gesichert ist.*

(3) In Brandwänden sind Teilflächen aus lichtdurchlässigen, nichtbrennbaren Baustoffen zulässig, wenn diese Flächen

- 1. einen Feuerwiderstand wie feuerbeständige Bauteile haben und 2. insgesamt nicht größer als 10 vom Hundert der Wandfläche sind.*

(5) Brandwände sind bei Gebäuden geringer Höhe bis unmittelbar unter die Dachhaut, bei sonstigen Gebäuden mindestens 0,3 m über Dach zu führen oder in Höhe der Dachhaut mit einer beiderseits 0,5 m auskragenden feuerbeständigen Platte abzuschließen. Absatz 6 bleibt unberührt.

§ 6 Außenwände

(Zu § 26 LBO)

(1) Außenwände, die einen Abstand von weniger als 2,5 m zu Nachbargrenzen oder weniger als 5 m zu bestehenden oder baurechtlich zulässigen Gebäuden auf demselben Grundstück haben, sind

- 1. bei Gebäuden geringer Höhe mit einem Brandverhalten wie die tragenden Wände, ohne Öffnungen sowie von außen nach innen mit einem Feuerwiderstand wie feuerbeständige Wände,*

-
4. **Trennwände:** Trotz über 40 m Länge können, bei der Aufteilung in „Reihenhäuser“, die Wände im Raster von 7,50 m als Trennwände von Nutzungseinheiten definiert werden und müssen dann „nur“ im EG und OG als F30 feuerhemmend ausgeführt werden, im UG in F60 hochfeuerhemmend. Diese Trennwände müssen dann von der Rohdecke bis unter die Dachhaut geführt werden. Die Decken sind in F30 auszuführen. In der Pufferzone müssen dementsprechend die Trennwände zwischen den Nutzungseinheiten hergestellt werden.

§ 7 Innenwände (Zu § 26 LBO)

- (1) Trennwände zwischen Wohnungen sowie zwischen Wohnungen und anderen Räumen sind mit einem Brandverhalten wie die tragenden Wände herzustellen
- (4) Innerhalb ausgedehnter Gebäude sind in Abständen von höchstens 40 m Brandwände zu errichten. Größere Abstände sind zuzulassen, wenn die Nutzung des Gebäudes dies erfordert und keine Bedenken wegen des Brandschutzes bestehen. Anstelle von Brandwänden nach § 8 Abs. 1 sind
1. bei Gebäuden geringer Höhe hochfeuerhemmende Wände und
 2. bei Gebäuden nach § 5 Abs. 3 Wände, die auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung hochfeuerhemmend sind, zulässig.

5. **Rettungsweg:** Für das 1. OG muss ein zweiter Rettungsweg zugänglich sein. Das bedeutet eine vom OG zugängliche Fensteröffnung von 90*120 cm.

Aus LBOAVO § 14 Türen, Fenster (Zu § 30 Abs. 1, § 15 Abs. 1 und 3 und § 16 LBO)

- (5) Fenster, die als **Rettungswege** dienen, müssen im Lichten mindestens die Größe eines Quadrates mit Seitenlängen von 0,9 m haben. Sie müssen von innen ohne Hilfsmittel vollständig zu öffnen sein. Die Unterkante der lichten Öffnung darf nicht mehr als 1,2 m über dem Fußboden liegen. Liegen diese Fenster in Dachschrägen oder Dachaufbauten, darf ihre Unterkante oder ein davor liegender Austritt horizontal gemessen nicht mehr als 1,0 m von der Traufkante entfernt sein.

6. Vor der Fensteröffnung muss eine Fläche von 3*3 m für die Aufstellung der Stockleiter für die Feuerwehr nachgewiesen werden. Konkret bedeutet das für die Frontseite eine „Verkleinerung“ der Treppe und Anschluss der Galerie an die Fassade oder für die Rückseite eine Gewährleistung der Zugänglichkeit (keine Bepflanzung) auf der Terrassenfläche und auch hier Anschluss der Galerie an die Fassade.

Aus LBOAVO § 2 Flächen für die Feuerwehr (Zu § 15 Abs.1 und 3 LBO)

- (1) Führt der zweite Rettungsweg über Rettungsgeräte der Feuerwehr, müssen zur Durchführung wirksamer Lösch- und Rettungsarbeiten durch die Feuerwehr von öffentlichen Verkehrsflächen 1. zu Gebäuden geringer Höhe Zu- oder Durchgänge,
2. zu sonstigen Gebäuden Zu- oder Durchfahrten bis zu den zum Anleitern bestimmten Stellen vorhanden sein. Anstelle von Zu- oder Durchfahrten genügen auch bei sonstigen Gebäuden Zu- oder Durchgänge, soweit die Feuerwehr über geeignete tragbare Rettungsgeräte verfügt. Bei Gebäuden, die ganz oder mit Teilen mehr als 80 m von einer öffentlichen Verkehrsfläche entfernt sind, können Zufahrten oder Durchfahrten zu den vor und hinter den Gebäuden liegenden Grundstücksteilen verlangt werden.
- (2) Zu- oder Durchgänge nach Absatz 1 müssen geradlinig und mindestens 1,25 m breit sein. Bei Türöffnungen und anderen geringfügigen Einengungen genügt eine lichte Breite von 1 m. Die lichte Höhe von Zu- oder Durchgängen muss mindestens 2 m betragen.
- (3) Zu- oder Durchfahrten nach Absatz 1 müssen mindestens 3 m breit sein. Die lichte Höhe von Zu- oder Durchfahrten muss mindestens 3,5 m betragen. Die zum Anleitern bestimmten Stellen müssen ein Aufstellen von Hubrettungsfahrzeugen ermöglichen.
- (4) Die Zu- und Durchfahrten und die zum Anleitern bestimmten Stellen müssen für Feuerwehrfahrzeuge ausreichend befestigt und tragfähig sein. Sie sind ständig freizuhalten

7. **Treppe:** Die Einbindung des Kellers innerhalb der Nutzungseinheiten wurde verworfen. Die zentrale Erschließung der Kellerräume bleibt bestehen.

8. **Keller:** Die einzelnen Kellerräume der Nutzungseinheiten werden über den bestehenden Flur im Keller erschlossen. Es wird empfohlen die Öffnungen im bestehenden Flur, die Öffnungen der Trennwände im UG mit T 60 Türen zu verschließen.

Aus LBOAVO § 14 Türen, Fenster (Zu § 30 Abs. 1, § 15 Abs. 1 und 3 und § 16 LBO)

(1) Mindestens dichtschießende Türen müssen vorhanden sein in den Öffnungen zwischen

1. notwendigen Treppenträumen und Wohnungen,

2. notwendigen Fluren und Wohnungen,

3. notwendigen Treppenträumen und notwendigen Fluren, die zu nicht mehr als sechs Wohnungen oder Nutzungseinheiten entsprechender Größe führen.

Für die o.g. Anforderungen wurde Herr Sascha Dietrich von der obersten Brandschutzbehörde Karlsruhe bei einem vor Ort Termin am 3.11.2016 sowie in einer telefonischen Beratung zu Rate gezogen.

Der Bericht gibt das Verständnis des Verfassers wieder. Sollten Widersprüche oder anders lautende Darlegungen zu Einspruch, Richtigstellung oder Ergänzung Anlass geben, so wird darum gebeten, diese innerhalb von fünf Tagen nach Erhalt mitzuteilen. Sollten in der unmittelbaren Folgezeit keine derartigen Hinweise gegeben werden, so hat das Protokoll inhaltlichen Bestand.

Anlage KAP. III

A 3. 3

Schalldämmung im Bestand und Sanierungsmöglichkeiten

Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik

Fachbereich Architektur

Technische Universität Darmstadt

Untersuchungsbericht: Schalldämmung im Bestand und Sanierungsmöglichkeiten



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Forschungsprojekt Wohngebäude Falkenweg 69 in Karlsruhe

1. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Die Schallschutzmessungen des Ist-Zustands ergaben, dass die erforderliche Luftschalldämmung der Trennwände nach Din 4109-1 von erf. $R'_w = 53$ dB im derzeitigen Zustand nicht erfüllt wird. Die horizontale Trittschallübertragung unterliegt keiner öffentlich-rechtlichen Anforderung, da die Decke keine Wohnungen trennt. Die Umrechnung nach Beiblatt 1 zur DIN 4109 auf Übertragung in die seitliche Nachbarwohnung zeigt jedoch, dass nicht von der Einhaltung der diesbezüglich bestehenden öffentlich-rechtlichen Mindestanforderungen ausgegangen werden kann. Die Empfehlungen zur Sanierung sind im Folgenden erläutert.

Anmerkung: Die seit 2018 bauaufsichtlich eingeführte DIN 4109-1 fordert für den Trittschall 3 dB bessere Werte als die zuvor gültige.

Erläuterung:

Die im Vorfeld einer Sanierung des Mehrparteien-Wohnhauses Falkenweg 69 in Karlsruhe wurden Untersuchungen zum Schallschutz durchgeführt. Hierbei wurden die Luft- und Trittschalldämmung der Trenndecke zwischen Erdgeschoss und Obergeschoss und die Luftschalldämmung der Wohnungstrennwand im OG im unsanierten Zustand gemessen.

Das Luftschalldämmmaß der Trenndecke beträgt

$$R'_w = 55 \text{ dB.}$$

Dieser Wert würde die aktuellen öffentlich-rechtlichen Anforderungen an Decken zwischen Wohnungen von erf. $R'_w = 53$ dB erfüllen und bedeutet einen guten Wert für Schallschutz innerhalb von Wohneinheiten, an den jedoch keine öffentlich-rechtlichen Anforderungen bestehen. Der Norm-Trittschallpegel der Trenndecke beträgt

$$L'_{n,w} = 63 \text{ dB.}$$

Bei der zukünftig vorgesehenen Nutzung werden die Decken keine Wohneinheiten mehr trennen, so dass lediglich noch Anforderungen für Trittschallübertragung in seitlicher Richtung bestehen. Nach Beiblatt 1 zur DIN 4109, Tabelle 36 kann bei derartiger schräger Schallübertragung davon ausgegangen werden, dass ein mindestens um 5 dB niedrigerer Trittschallpegel erreicht wird. Folglich beträgt der Norm-Trittschallpegel im Nachbargebäude maximal

$$L'_{n,w} = 58 \text{ dB.}$$

Es kann somit nicht davon ausgegangen werden, dass die aktuellen öffentlich-rechtlichen Mindestanforderungen an Trittschallübertragung zwischen Wohnungen von

$$\text{erf. } L'_{n,w} = 50 \text{ dB.}$$

eingehalten wird. Das Luftschalldämmmaß der Trennwand beträgt

$$R'_w = 45 \text{ dB.}$$

Es erfüllt somit nicht die aktuellen öffentlich-rechtlichen Mindestanforderungen an Trennwände zwischen Wohnungen von erf. $R'_w = 53 \text{ dB}$.

Durch die Umsetzung folgender Sanierungsvorschläge kann erreicht werden, dass die Mindestanforderungen nach DIN 4109 eingehalten werden.

Es wird vorgeschlagen, beiderseits der Trennwände biegeweiche Vorsatzschalen zu montieren, an freistehendem Metallständerwerk oder über Federbügel/-schienen befestigt, Hohlraumtiefe mindestens 5 cm mit Mineralfaser (z.B. Knauf W625 oder W623). Zusätzlich ist eine biegeweiche Vorsatzschale an einer der flankierenden Wände erforderlich. Diese Vorsatzschalen bestehen aus Gipskartonplatten und dürfen keine starre Verbindung zur Wand aufweisen. Sie müssen entweder an freistehendes Ständerwerk oder über Federbügel/-schienen befestigt werden. Der mindestens 5 cm tiefe Hohlraum ist mit Mineralfaserdämmstoff nach DIN 18165 Teil 1, längenbezogener Strömungswiderstand $\geq 5 \text{ kN s/m}^4$ zu füllen

Desweiteren wird ein schwimmender Massiv- oder Trockenestrich und eine an Federschiene oder -bügeln abgehängte Gipskarton-Unterdecke mit Mineralwolle im Hohlraum empfohlen.

Ausreichend für den Estrich wären auch beispielsweise Platten der Produktbezeichnung Phonestar Tri der Firma Wolf Bavaria, Stärke 15 mm mit einem Endbelag z.B. Laminatboden, Mindestdicke 8 mm, flächenbezogene Masse $\geq 6,5 \text{ kg/m}^2$ fachgerecht vollflächig lose (schwimmend) verlegt. Eine höhere Trittschalldämmung wird mit einem Trockenestrich auf Mineralfaser erreicht. Die Stärke eines solchen Aufbaus beträgt ohne Fußbodenbelag 30 mm.

2. Bearbeitungsgrundlagen

Den Messungen und der Beurteilung liegen die folgenden Normen zu Grunde:

- [1] DIN 4109-1 „Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Mindestanforderungen“
- [2] Beiblatt 1 zu DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau", Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, Ausgabe November 1989
- [3] Beiblatt 2 zu DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau - .Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich", November 1989
- [4] DIN 4109-11 „Schallschutz im Hochbau - Nachweis des Schallschutzes, Güte- und Eignungsprüfungen", September 2003
- [5] DIN EN ISO 140-4 “Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden", Dezember 1998
- [6] DIN EN ISO 140-7 “Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Messung der Trittschalldämmung von Decken in Gebäuden", Dezember 1998

-
- [7] DIN EN ISO 717-1 „Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Luftschalldämmung“, Januar 1997
- [8] DIN EN ISO 717-2 „Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Trittschalldämmung“, Januar 1997

Der Prüfung und Bearbeitung lagen außerdem folgende projektbezogene Grundlagen zu Grunde:

- [9] Auskünfte der Beteiligten zu Bauteilaufbauten
- [10] Planunterlagen Bestand
- [11] Baukonstruktive Bautechnologische Beratung der Volkswohnung GmbH Karlsruhe zur Wohnbebauung Falkenweg 69, Karlsruher Institut für Technologie, Fakultät Architektur

3. Aufbau der Prüfobjekte

3.1. Trennwände:

Die raumhohen Wandelemente wurden formatgleich mit einem Rastermaß von 62,5 x 225 cm vorfabriziert. Diese Elemente setzten sich aus zwei Schalen zusammen, deren Luftzwischenraum nach der Montage bewehrt und mit Ortbeton vergossen wurden. Die innere Schale bestand aus einer Dämmplatte aus Holzpressstoffen, die äußere Schale aus einem Magerbeton mit Zuschlagstoff. (Ker-Systembauweise)

3.2. Trenndecken zwischen EG und OG

Der Deckenaufbau wurde aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen abgeleitet. Die Decken wurden aus vorgefertigten Stahlbetonträgern, deren Querschnitte in Feldmitte reduziert waren, mit dazwischenliegender Glaswolle ausgeführt.

Aufbau von oben nach unten:

1. 2 cm Zementestrich
2. 5 cm Stahlbetonhohldielen; 31 cm x 62,5 cm
3. a) Stahlbeton-Doppel-T-Träger; Fußbreite 12,5 cm; Höhe 16,5 cm
Achsabstand 62,5 cm
b) Glaswollendämmung im Gefach
4. Dämmplatte 3,5 cm

4. Messprinzip

4.1. Messgeräte

Bei den bauakustischen Messungen wurden die folgenden Messgeräte verwendet:

- Akustik-Messsystem, bestehend aus:
Zweikanaliger Echtzeitanalysator; Fa. Brüel & Kjær Typ 2270, (Ser.Nr. 3004791)
Mikrofon, Fa. Brüel & Kjær Typ 4178 (Ser.Nr. 2888721)
Kalibrator Fa. Brüel & Kjær Typ 4231 (Ser.Nr. 3003307)
 - Verstärker Fa. Brüel & Kjær Typ 2734 (Ser.Nr. 023006)
 - Dodekaeder-Bauakustik-Lautsprecher; Fa. Brüel & Kjær; Typ 4292 (Ser.Nr. 017014)
-

Vor und nach der Messung erfolgte eine Überprüfung des Messsystems mit Hilfe des akustischen Kalibrators.

4.2. Messverfahren nach DIN EN ISO 140, Teil 4, Ausgabe Dezember 1998 und Auswertung

Die Messung des Luftschalldämmmaßes erfolgte nach DIN EN ISO 140 „Akustik- Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 4: Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden“.

Die Trennwand wird hierbei mit einem Dodekaeder im Senderraum an verschiedenen Positionen angeregt und der Schallpegel des Geräuschs im Empfangsraum mit Mikrofonen gemessen.

Die Messungen wurden nach Abschnitt 6 durchgeführt.

Das Luftschalldämmmaß wird nach Gleichung (6) aus DIN EN ISO 140-4 ermittelt:

$$R_n' = D + 10 \cdot \lg \left(\frac{S}{A} \right) \text{ dB}$$

Dabei ist

D	die Schallpegeldifferenz
S	die Fläche des Trennbauteils
A	die äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche wird über eine Nachhallzeitmessung äquivalent zu dem Verfahren gemäß DIN EN ISO 3382 bestimmt.

Die Schallpegeldifferenz D wird hierbei aus Gleichung (3) der DIN EN ISO 140-4 ermittelt:

$$D = L_1 - L_2 \text{ dB}$$

L1	der mittlere Schalldruckpegel im Senderraum
L2	der mittlere Schalldruckpegel im Empfangsraum

Die Ermittlung der Einzahlangabe $R'_{n,w}$ (bewertetes Schalldämm-Maß) erfolgt nach DIN EN ISO 717 aus den frequenzabhängig ermittelten Werten.

Ergänzend ist auf dem Messdatenblatt der Prüfkurve der Spektrum-Anpassungswert C_i nach DIN EN ISO 717 angegeben. Aus dem Spektrum-Anpassungswert können so Rückschlüsse über die tatsächlich empfundene Luftschallschutzqualität eines Bauteiles gewonnen werden, da durch diesen typische Geräusche besser berücksichtigt werden. Bei der Beurteilung der Luftschalldämmung von Bauteilen nach den Anforderungen der DIN 4109 ist der Spektrum-Anpassungswert jedoch z. Zt. nicht zu berücksichtigen.

Die Bestimmung der Nachhallzeit erfolgte nach DIN EN ISO 3382 „Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter“, Ausgabe 2000-03. Es wurde für den Empfangsraum für drei Mikrofonpositionen ein Abklingvorgang bei zwei Quellenpositionen bestimmt. Die äquivalente Schallabsorptionsfläche A im Empfangsraum wurde nach Gleichung (4) von DIN EN ISO 140-7 aus der gemessenen Nachhallzeit bestimmt:

$$A[m^2] = 0,16 \cdot \frac{V[m^3]}{T[s]}$$

Hier bezeichnet

- V das Volumen des Empfangsraums in m^3
 T die Nachhallzeit im Empfangsraum in s.

Hierzu wird die Nachhallzeit T gemessen und das Raumvolumen V ermittelt. Die Ermittlung der Einzahlangabe $L'_{n,w}$ erfolgt nach DIN EN ISO 717 aus den frequenzabhängig ermittelten Werten.

4.3. Messbedingungen und Fremdgeräuschkorrektur

Bei den bauakustischen Messungen wird der vorhandene Fremdgeräuschpegel messtechnisch ermittelt. Nach jeder Luftschallmessung wird der Fremdgeräuschpegel im Empfangsraum bestimmt. Mit diesem Fremdgeräuschpegel wird der gemessene Empfangsraumpegel nach DIN EN ISO 140-4 korrigiert:

$$L = 10 \cdot \lg \left(10^{\frac{L_{sb}}{10 \text{ dB}}} - 10^{\frac{L_b}{10 \text{ dB}}} \right) \text{ dB}$$

Hier bezeichnet

- L den korrigierten Schallpegel des Messsignals in Dezibel
 L_{sb} den Schallpegel des Messsignals einschließlich Fremdgeräuschpegel in Dezibel
 L_b den Fremdgeräuschpegel in Dezibel

Sofern der Fremdgeräuschpegel um weniger als 10 dB unter dem jeweiligen Empfangsraumpegel liegt, wird eine Fremdgeräuschkorrektur nach DIN EN ISO 140-4 im jeweils betroffenen Frequenzbereich vorgenommen.

Sofern der Fremdgeräuschpegel um 6 dB oder weniger unter den gemessenen Luftschallpegeln liegt, werden die Messwerte entsprechend DIN EN ISO 140-7 um einen festen Korrekturwert von 1,3 dB korrigiert. Dieser Korrekturwert ergibt sich bei 6 dB Pegelunterschied zwischen Empfangsraumpegel und Fremdgeräuschpegel. Die Messwerte, die von diesem zu geringen Fremdgeräuschabstand betroffen sind, werden entsprechend gekennzeichnet. Die mit der genannten Vereinfachung bezüglich der

Fremdgeräuschkorrektur bei unzureichendem Fremdgeräuschaustand (< 6 dB) ermittelten Messergebnisse für die Luftschalldämmung stellen in gewissem Maße die Messgrenze dar. Dieser unzureichende Fremdgeräuschaustand kommt in der Regel beim Luftschall nur bei hohen Schalldämmwerten im oberen Frequenzbereich weit oberhalb der Bezugskurve vor.

5. Durchführung der Messung

Im Vorfeld einer Sanierung des Mehrparteien-Wohnhauses Falkenweg 69 in Karlsruhe wurden Untersuchungen zum Schallschutz durchgeführt. Hierbei wurden die Luft- und Trittschalldämmung der Trenndecke zwischen Erdgeschoss und Obergeschoss und die Luftschalldämmung der Wohnungstrennwand im OG im unsanierten Zustand gemessen. Die Messobjekte waren dabei:

- Deckenfeld in der von der Zuwegung aus gesehen zweiten Wohnung von rechts, großer Wohnraum (Durchgangsraum). Für die Luftschallmessung wurde der untere Raum als Senderraum gewählt.
- Trennwand im 1. OG zwischen in der von der Zuwegung aus gesehen zweiten Wohnung von rechts und der Wohnung rechts außen, zwischen den zur Zuwegung orientierten Räumen. Als Senderraum diente der kleinere Raum.

Die Messung fand am 18.08.2015 statt.

Die bauakustischen Messgeräte wurden vor und nach jeder Messung mit einem geeichten Schallkalibrator kalibriert. Die Schallanregung erfolgte im Falle der Luftschallmessungen mit einem Dodekaeder-Lautsprecher, der mit einem breitbandigen Rauschsignal gespeist wurde. Im Falle der Trittschallmessung wurde mit einem Normhammerwerk angeregt.

Die Sende-/Empfangsräume waren nicht möbliert. Auf dem Fußboden befand sich ein Teppichboden mit Schaumstoffuntergrund. Dieser wurde an den Stellen, an denen das Hammerwerk positioniert wurde, bis auf den Anstrich des Estrichs weggekratzt. Die Luftschallmessung fand anschließend statt, wobei der Boden weitgehend mit Teppich verklebt war. Die schalldämmungsverbessernde Wirkung des Teppichs kann mit maximal 2 dB abgeschätzt werden.

6. Prüf- und Messergebnisse und Beurteilung

Das Messergebnis der durchgeführten Luft- und Trittschallmessungen wird nachfolgend beschrieben. Das zugehörige Messblatt findet sich in der Anlage.

Das bewertete Luftschalldämmmaß der Trenndecke beträgt

$$R'_w = 55 \text{ dB.}$$

Sie würde somit die aktuellen öffentlich-rechtlichen Anforderungen an Decken zwischen Wohnungen von erf. $R'_w = 54 \text{ dB}$ erfüllen.

Der bewertete Norm-Trittschallpegel der Trenndecke beträgt

$$L'_{n,w} = 63 \text{ dB.}$$

Er würde somit nicht die aktuellen öffentlich-rechtlichen Anforderungen an Decken zwischen Wohnungen von erf. $L'_{n,w} = 50 \text{ dB}$ erfüllen.

Bei der zukünftig vorgesehenen Nutzung werden die Decken keine Wohneinheiten mehr trennen, so dass in vertikaler Richtung keine öffentlich-rechtlichen Anforderungen mehr bestehen, sondern lediglich Ansprüche in Bezug auf den akustischen Komfort innerhalb einer Wohneinheit. Für diese kann Beiblatt 2 zur DIN 4109 herangezogen werden, wo Empfehlungen für den eigenen Wohnbereich gegeben werden. Diese belaufen sich für Decken in Einfamilienhäusern bezüglich der Trittschalldämmung auf empf. $L'_{n,w} = 56 \text{ dB}$ bei normalem Schallschutz und empf. $L'_{n,w} = 46 \text{ dB}$ bei erhöhtem Schallschutz. Die Empfehlungen werden folglich jeweils verfehlt.

Anforderungen bestehen jedoch für die Trittschall-Übertragung in seitlicher Richtung und diagonal. Nach Beiblatt 1 zur DIN 4109, Tabelle 36 kann bei derartiger schräger Trittschallübertragung davon ausgegangen werden, dass ein mindestens um 5 dB niedrigerer Trittschallpegel erreicht wird. Folglich beträgt der Norm-Trittschallpegel im Nachbargebäude maximal

$$L'_{n,w} = 58 \text{ dB.}$$

Trotzdem kann nicht davon ausgegangen werden, dass der öffentlich-rechtlich geforderte Wert eingehalten wird.

Das bewertete Luftschalldämmmaß der Trennwand beträgt

$$R'_w = 45 \text{ dB.}$$

Es erfüllt somit nicht die aktuellen öffentlich-rechtlichen Anforderungen an Wände zwischen Wohnungen von erf. $R'_w = 53 \text{ dB}$.

7. Vorschläge zur Verbesserung der Schalldämmung

Durch die Umsetzung folgender Sanierungsvorschläge kann erreicht werden, dass die Mindestanforderungen nach DIN 4109 eingehalten werden.

Es wird vorgeschlagen, beiderseits der Trennwände biegeweiche Vorsatzschalen zu montieren. Zusätzlich ist eine biegeweiche Vorsatzschale an einer der flankierenden Wände erforderlich. Diese Vorsatzschalen bestehen aus Gipskartonplatten und dürfen keine starre Verbindung zur Wand aufweisen. Sie müssen entweder an freistehendes Metallständerwerk oder über Federbügel/-schienen befestigt werden (z.B. Knauf W625 oder W623). Der mindestens

$$d = 5 \text{ cm}$$

tiefe Hohlraum ist mit Mineralfaserdämmstoff nach DIN 18165 Teil 1, längenbezogener Strömungswiderstand $\geq 5 \text{ kN s/m}^4$ zu füllen

Desweiteren wird ein schwimmender Massiv- oder Trockenestrich und eine an Federschiene oder -bügeln abgehängte Gipskarton-Unterdecke mit Mineralwolle im Hohlraum empfohlen.

Die beiderseitige biegeweiche Vorsatzschale an der Trennwand reicht voraussichtlich nicht aus, um die Mindestanforderungen nach DIN 4109 zu erfüllen, wozu eine Verbesserung der Schalldämmung von

$$\Delta R_w = 53 \text{ dB} - 45 \text{ dB} = 8 \text{ dB}$$

erforderlich ist. Nach Beiblatt 1 zur DIN 4109 wird durch eine biegeweiche Vorsatzschale der vorgestellten Bauart im Massivbau eine Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes von mindestens

$$\Delta R_w = 4 \text{ dB}$$

erreicht. Dies gilt, wenn die mittlere flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile mindestens so groß wie diejenige des Trennbauteils ist. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass sich die Bestandswände bezüglich der Verbesserung durch Vorsatzschalen wie Massivwände gleicher Schalldämmung verhalten. Die geringe Verbesserung beruht darauf, dass bei Installation von Vorsatzschalen die Schallübertragung über flankierende Bauteile dominierend wird. Mit beidseitigen Vorsatzschalen ist deshalb ohne zusätzliche Maßnahmen lediglich eine geringe weitere Verbesserung zu erwarten.

Falls die Decke aufgrund einer weichfedernd befestigten Beplankung vermindert an der Flankenübertragung beteiligt ist, würde sich insgesamt ca.

$$\Delta R_w = 5 \text{ dB}$$

ergeben. Durch zusätzlich einen schwimmenden Estrich könnte die Schalldämmung zusammen mit der weichfedernden Deckenbeplankung im Vergleich zur Wirkung von Vorsatzschalen allein um 2 ... 3 dB verbessert werden, da auch die Flankenübertragung des Bodens reduziert wird. Insgesamt ergäbe sich mit beidseitigen Vorsatzschalen der Trennwände ca.

$$\Delta R_w = 6 \dots 7 \text{ dB}$$

Um die Mindestanforderungen nach DIN 4109 zu erreichen, sind deshalb weitere Maßnahmen erforderlich. Diese wären insbesondere biegeweiche Vorsatzschalen vor der flankierenden Innenwand bzw. der Außenwand oder eine Trennung zwischen Trennwand und den flankierenden Innenwänden. Die Verbesserung von 8 dB sollte sich allerdings bereits mit der Sanierung der Trennwand und drei flankierender Bauteilen erreichen lassen.

Zum Erreichen der Anforderung an die Trittschall-Dämmung nach DIN 4109 bezüglich der Nachbarwohnung ist ein Trittschall-Verbesserungsmaß von ca.

$$\Delta L'_{n,w} = 58 \text{ dB} - 50 \text{ dB} = 8 \text{ dB}.$$

erforderlich. Dieses wäre einerseits durch einen hinreichend weichen Teppich erreichbar. Allerdings darf im Wohnungsbau ein Teppich nicht als Trittschallverbesserung angerechnet werden, da dieser zur individuellen Wohnungsausstattung durch den Mieter gehört und somit sein Vorhandensein nicht garantiert werden kann. Die hohen Trittschallverbesserung, die in Kombination mit Beton-Massivdecken durch Teppiche erreicht werden, sind allerdings nicht übertragbar, da der Verlauf der Trittschalldämmung der Decke im vorliegenden Fall abweichend ist, wodurch eine Trittschallverbesserung im gesamten Frequenzbereich erforderlich ist und nicht nur bei hohen Frequenzen.

Problemlos erreichbar ist ein entsprechendes Trittschall-Verbesserungsmaß mithilfe eines schwimmenden Estrichs, wobei auch Trockenestriche einsetzbar sind. Ausreichend wären voraussichtlich beispielsweise auch Platten der Produktbezeichnung Phonestar Tri der Firma Wolf Bavaria, Stärke 15 mm. In Kombination mit einem Endbelag z.B. Laminatboden, Mindestdicke 8 mm, flächenbezogene Masse $\geq 6,5 \text{ kg/m}^2$ fachgerecht vollflächig lose (schwimmend) verlegt, sind hiermit Trittschall-Verbesserungsmaße von ca $\Delta L'_{n,w} = 8 \text{ dB}$ zu erwarten.

Eine höhere Trittschalldämmung von

$$\Delta L'_{n,w} = 20 \text{ dB}$$

wird beispielsweise mit einer Gipsfaserplatte Brio 18 (18 mm stark) auf 12 mm Mineralwolle Knauf Insulation TP-GP 12-1 mit dynamischer Steifigkeit $s' = 70 \text{ MN/m}^3$ erreicht. Der Aufbau hat eine Gesamtstärke von

$$d = 30 \text{ mm}.$$

Anlage KAP. III

A 3. 4

Thermische Gebäude- und Anlagensimulation / Simulation 1

Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik

Fachbereich Architektur

Technische Universität Darmstadt

Bericht zur thermischen Gebäude- und Anlagensimulation

Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik

Zusammenfassung

In der vorliegenden Simulationsstudie werden sechs ausgewählte Sanierungsmöglichkeiten für ein Bestandsgebäude thermisch, energetisch und in Bezug auf bestimmte Aspekte auch strömungsmechanisch untersucht. Die Sanierungsmöglichkeiten berücksichtigen stets eine Wärmepumpe als thermischen Versorger. Zudem wird die Integration einer transparenten Gebäudehülle mit unterschiedlichen Systemeinbindungen betrachtet, die zu einer Erhöhung der Wärmepumpenjahresarbeitszahl führen können.

Die vorliegende Studie zeigt, dass das zu untersuchende Sanierungskonzept im Vergleich zu anderen betrachteten Sanierungsmöglichkeiten und im Vergleich zu einem Referenzsystem in Bezug auf die Endenergieerduktion eine gute Wahl darstellt. Dieser Vorteil geht insbesondere auf die Reduktion der thermischen Verluste des Gebäudes zurück. Die energetischen Vorteile des Sanierungskonzepts infolge der Steigerung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe fällt hingegen gering aus.

Stets problematisch ist bei den betrachteten Systemen die Entwicklung von Innenraumtemperaturen, die den behaglichen Wertebereich deutlich überschreiten. Auch können sich im dynamischen Betrieb extrem hohe Temperaturspitzen entwickeln.

Dieser Arbeit wird ein detailliertes Energiekonzept mit Wärmepumpe vorgegeben. Die Untersuchungen umfassen eine thermisch, energetische und strömungsmechanische Modellierung und Untersuchung des Gebäudes.

Eine regelkonforme Systemdimensionierung sollte unabhängig von den vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen erfolgen.

Einleitung

Mittels der vorliegenden Simulationsstudie wird der Heizenergiebedarf (Endenergie) und das thermische Innenraumklima für ausgewählte Gebäudeintegrationskonzepte für eine innovative energetische und architektonische Sanierungs- bzw. Umbaumaßnahme vergleichend beleuchtet.

Die Untersuchungen erfolgen am Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik (TU-Darmstadt) im Rahmen des Forschungsprojektes : *DAMMERSTOCK 2020 - Nachhaltige Sanierungsstrategie für die Dammerstocksiedlung mittels Klimahülle am Beispiel des unter Ensembleschutz stehenden Objektes der Nachkriegsmoderne Falkenweg 69*

Das vorliegende Dokument fokussiert auf den zweiten Teil einer zweiteiligen Simulationsstudie. Der erste Teil wurde mit einer Präsentation am 02.02.2017 vorgestellt. Die entsprechenden Folien befinden sich im Anhang zu diesem Dokument.

Das Gebäudemodell

Das Gebäude befindet sich in der Dammerstocksiedlung in 76199 - Karlsruhe; Falkenweg 69.

In Abbildung 1 (oben) ist das Gebäude in einer vor und nach einer möglichen Sanierung (unten) in der West-Ansicht dargestellt. Die detailliert betrachtete Wohneinheit 3 ist durch eine Umrandung hervorgehoben¹.



Wohneinheit 3

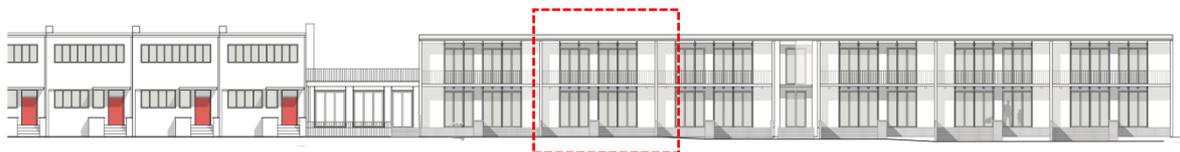


Abbildung 1: Westansicht Gebäude. oben: Bestand; unten: Architektonischer Entwurf

In Abbildung 2 ist das zu sanierende Bestandsgebäude mit den benachbarten Gebäuden dargestellt.

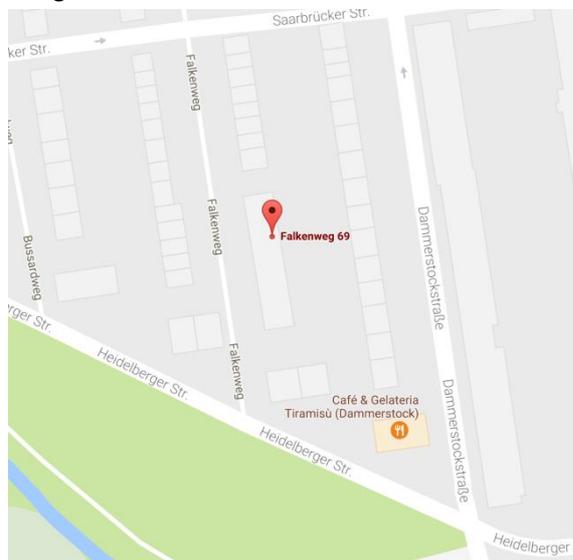


Abbildung 2: Betrachtete Gebäude mit den benachbarten Gebäuden. Quelle: Google (zuletzt besucht am 31.05.2017)

In den Begrifflichkeiten werden nachfolgend „Konzepte“ und „Varianten“ unterschieden: Während sich Konzepte wesentlich voneinander unterscheiden und im Rahmen von Simulationen beträchtlichen Modellierungsaufwand erfordern, lassen sich Varianten durch

¹ Die Wahl der Wohneinheit erfolgt auf Basis von Projektbesprechungen, zuletzt am 20.04.2017

geringe Veränderungen von einem Konzept modellieren und abbilden. Im Kontext dieser Unterscheidung ergibt sich die im Folgenden benutzte Begrifflichkeit „Konzept-Variante“

Beschreibung der untersuchten Wohneinheit 3

In Abbildung 3 und Abbildung 4 sind der Grundriss des Erdgeschosses sowie des Obergeschosses der Wohneinheit 3 (identisch mit Wohneinheit 2) dargestellt. Die zu entfernenden Bestandswände sind in hellgrauer Farbe dargestellt. In der Simulation finden diese keine Berücksichtigung. Die zu erhaltenden tragenden Wände sind in dunkelgrauer Farbe dargestellt. Neu zu errichtende Wände sind weiß und die gewählten Zonierungen sind farbig. Die Grundrissänderungen des gegenwärtigen Planungsstands unterscheiden sich hinsichtlich der thermischen Zonierung nur geringfügig gegenüber der ersten Teilstudie. Daher werden Zonierung der ersten Teilstudie im Weiteren übernommen.

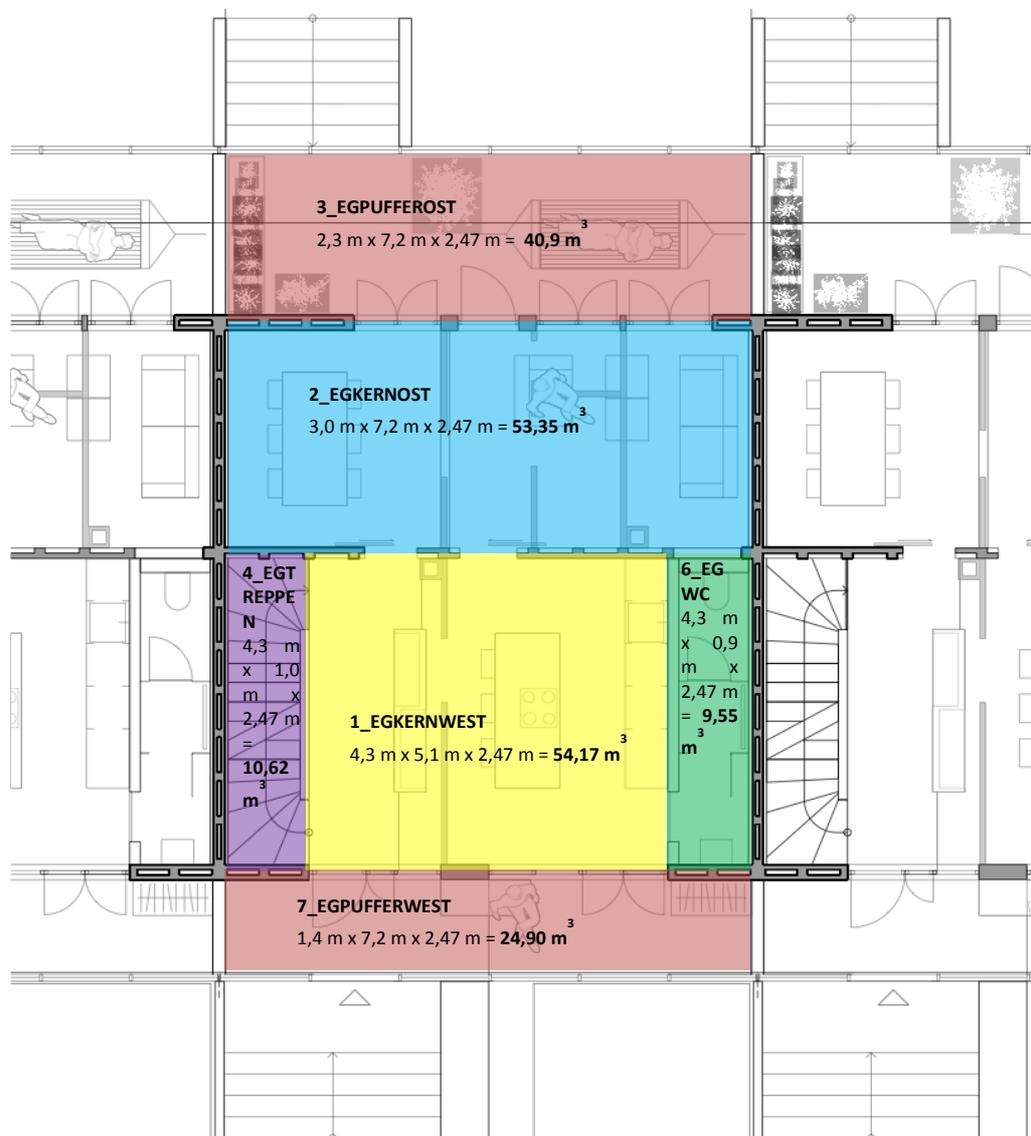


Abbildung 3: Grundriss Erdgeschoss. Quelle:

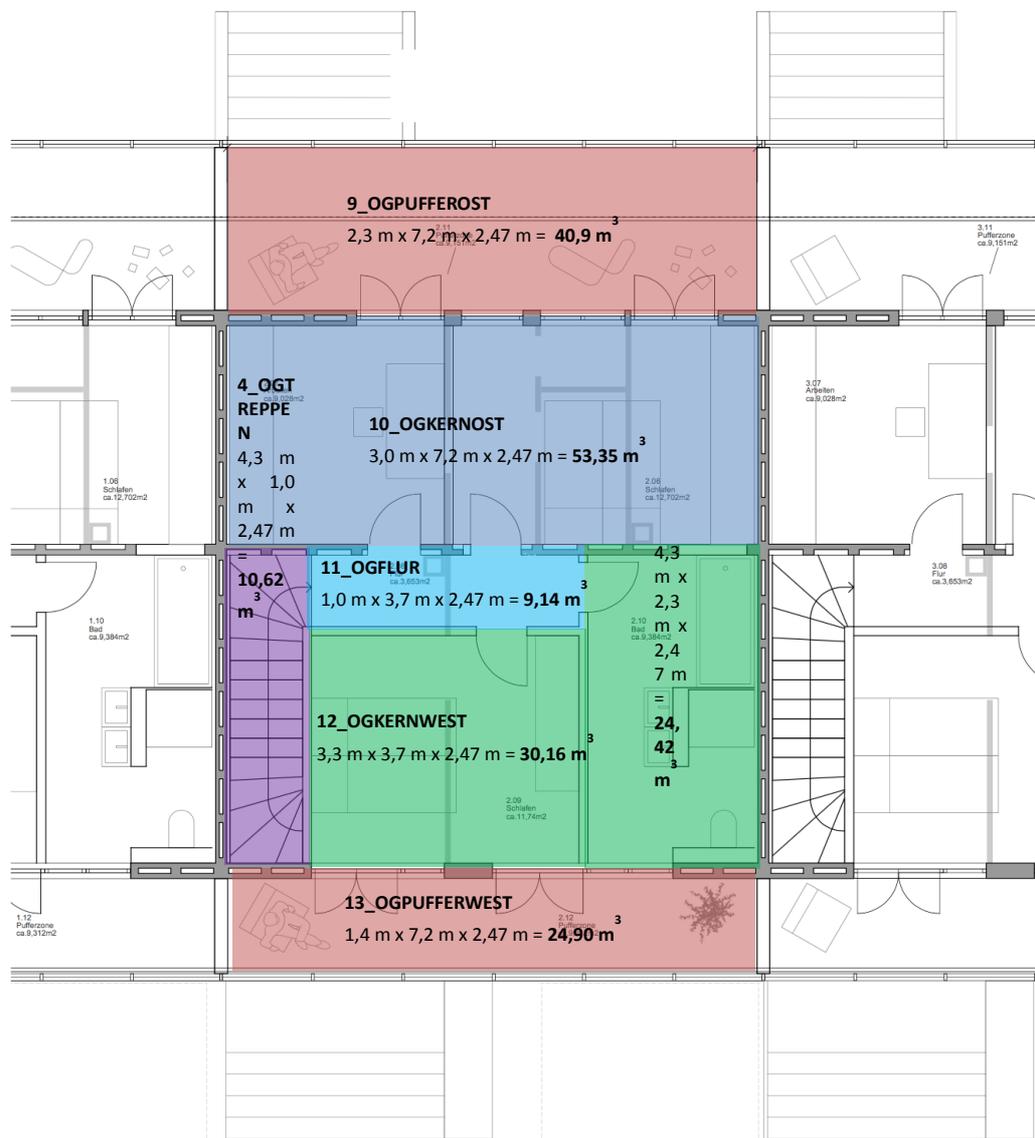


Abbildung 4: Grundriss OG.

Transparente Gebäudehülle

Das energetische Sanierungskonzept sieht eine transparente Gebäudehülle mit teilopaken Bereichen vor. Die Gebäudehülle besteht aus insgesamt 12 Segmenten, davon sind vier Segmente teilopak und vier bis sechs weitere Segmente können zwecks Lüftung ganzflächig geöffnet werden. Dies kann aus Abbildung 5 bis Abbildung 7 entnommen werden. Die transparenten Bereiche bestehen aus einer Doppelverglasung, die teilopaken Bereichen bestehen aus Polycarbonat „Makrolon Multi UV S5M 32 (5-fach Stegplatte, 32 mm)“ mit einem davor angebrachten Streckblech ausgeführt werden [1].

Anmerkung: Infolge der dynamischen Temperaturentwicklung am Gebäude kann die Werkstoffauswahl kritisch sein. Die Werkstoffwahl ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Die nachfolgenden thermischen Simulationen berücksichtigen u.a. keine detaillierte thermische Schichtung, die zu weitaus höheren Temperaturen führen kann, sondern nur mittlere Zonentemperaturen. Daher können die nachfolgenden Temperaturen nicht für eine Maximalwertbetrachtung zugrunde gelegt werden.



Abbildung 5: CAD Modell des Objekts mit Rendering. Quelle: Projekt-Zwischenbericht.

Fassadenstudie / Dreitafelprojektion Westen

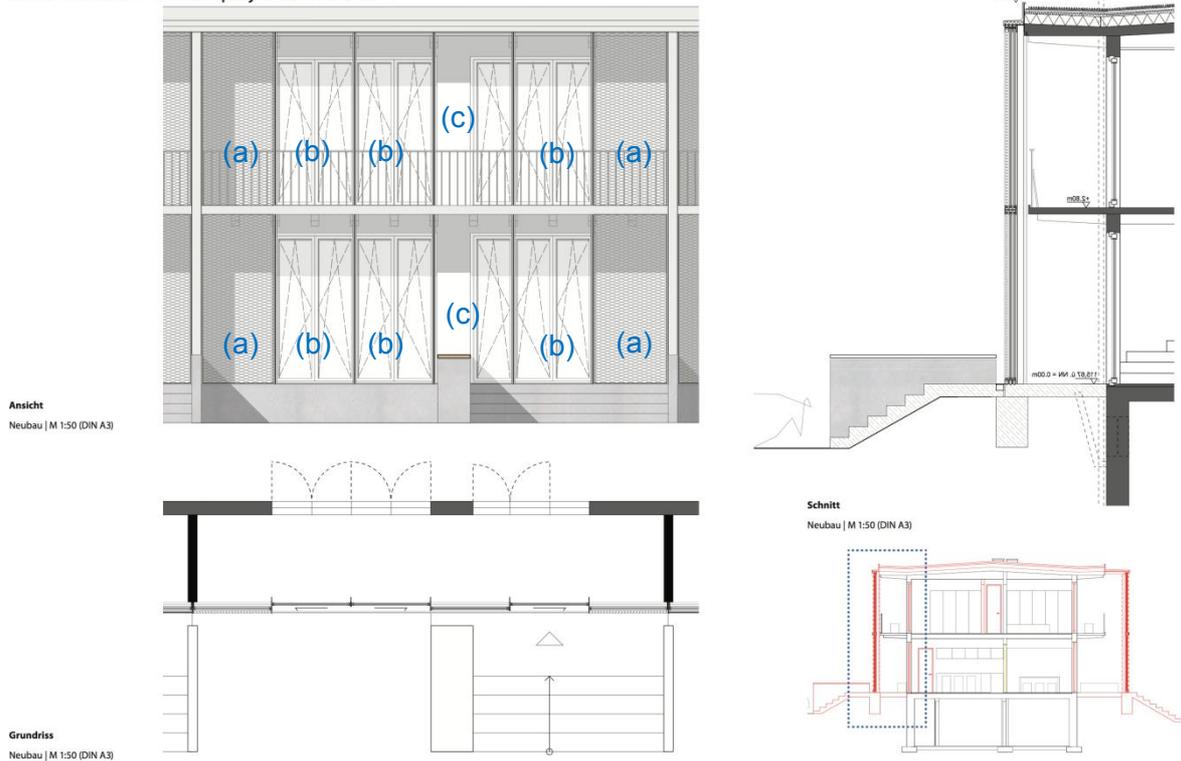


Abbildung 6: Fassadengestaltung Ansicht West. (a): teilopake Fassadenbereiche bestehend aus Polycarbonat und Streckblechmetall. (b) zu öffnender Fassadenbereich mit Doppelverglasung. (c) nicht zu öffnender Fassadenbereich mit Doppelverglasung. Quelle: Projekt-Zwischenbericht

Fassadenstudie / Dreitafelprojektion Osten

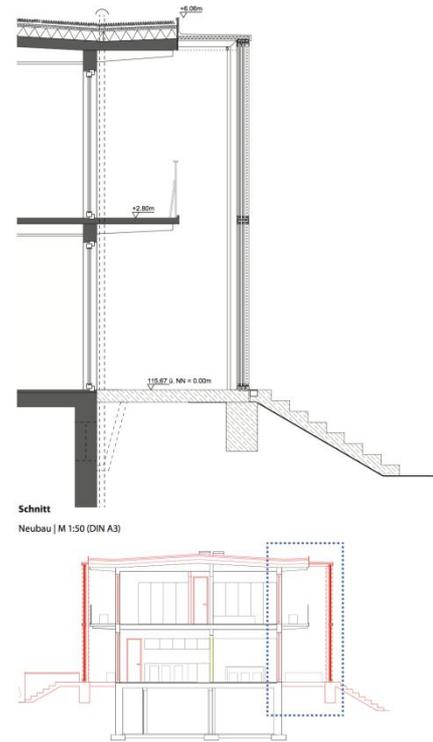
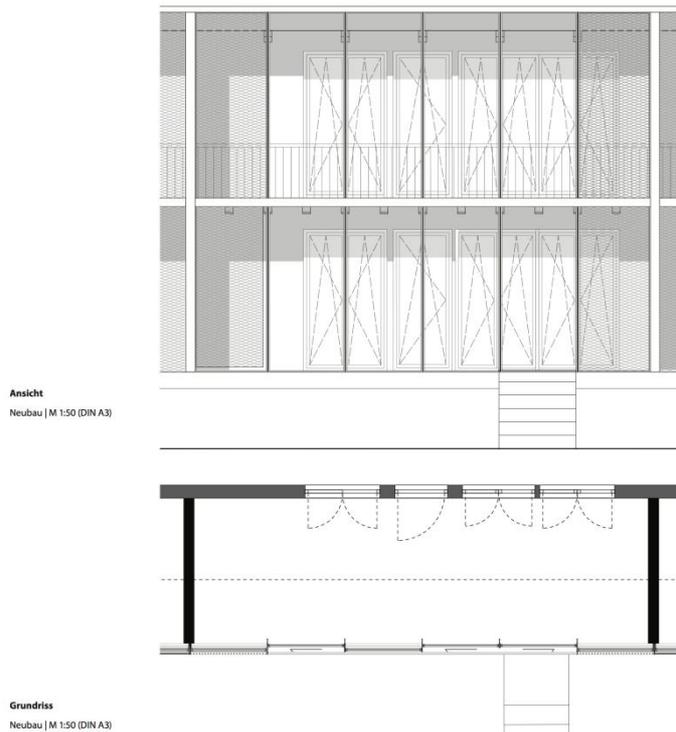
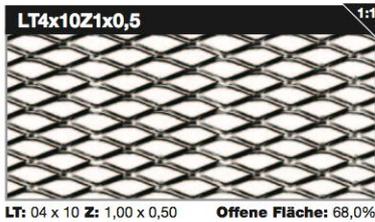


Abbildung 7: Fassadenstudie Ansicht Ost. Nach Beschreibung von Abbildung 6.



Typ	a x b mm	c x d mm	% offene Fläche	Gewicht je m ²
Micromasche				
LT2x5Z0,6x0,5	02 x 05	0,60 x 0,50	43,0	3,6 kg
Rhombusmasche				
LT6x27Z1,2x1	06 x 27	1,20 x 1,00	62,0	2,6 kg
LT4x10Z1x0,5	04 x 10	1,00 x 0,50	68,0	0,6 kg
LT30x88Z3x3	30 x 88	3,00 x 3,00	78,0	4,4kg
LT30x88Z6x3	30 x 88	6,00 x 3,00	75,0	8,7 kg
LT30x88Z6x4	30 x 88	6,00 x 4,00	68,0	11,6 kg
Geglättete Rhombusmasche				
LT26x52Z4,8x2,5	26 x 52	4,80 x 2,50	72,0	7,0 kg
Hexagonalmasche				
LT10x20Z1,2x1,2	10 x 20	1,20 x 1,20	73,0	2,5kg
Laufstege				
LT12x30Z4,5x2,5	12 x 30	4,50 x 2,50	41,0	14,0 kg
LT26x62Z4,5x3	20 x 62	4,50 x 3,00	63,0	9,7 kg
LT20x62Z6x3	20 x 62	6,00 x 3,00	60,0	12,8 kg
LT20x62Z6x4	20 x 62	6,00 x 4,00	60,0	17,0 kg
LT35x120Z9,5x5	35 x 120	9,50 x 5,00	50,0	30,7 kg
LT75x200Z6,3x4,5	75 x 200	6,30 x 4,50	82,0	7,7 kg

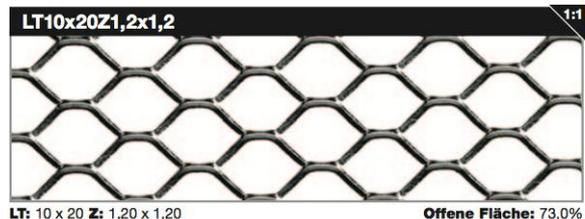
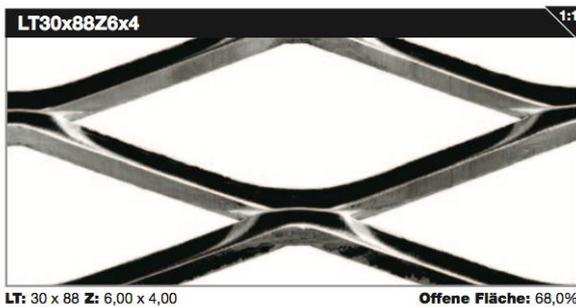
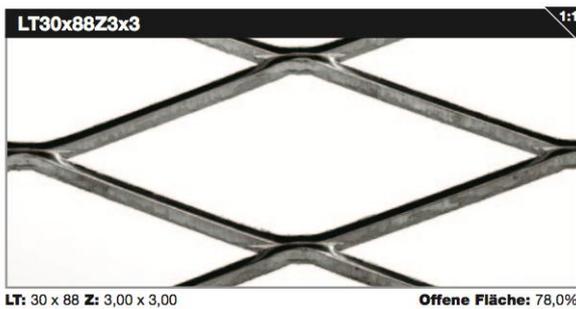


Abbildung 8: Auszug zu einer Auswahl verschiedener Streckmetallblechen. Quelle: http://rmig.com/files/RMIG/PDF/DE/RM_Pattern_DE_DIN_205print.pdf (zuletzt besucht am 29.05.2017)

Auf Basis der in Abbildung 8 dargestellten exemplarischen Recherche wird ein offener Flächenanteil von 60% angenommen. Dies ergibt einen äquivalenten Transparenzgrad von 0,6 und wird im Rahmen der Simulation als eine außenliegende Verschattung betrachtet. Dazu wird gemäß dem architektonischen Entwurf ein Flächenanteil von 33% angesetzt. Die

dahinter installierten Polycarbonatplatten werden gemäß [1] mit einem Transmissionsgrad von $\tau = 0,48$ berücksichtigt. Der gesamte obere Bereich der Pufferzone wird als opak betrachtet.

Gebäudebauteile

Die Gebäudebauteile werden in Anlehnung an die Vorgaben des Planungsstandes berücksichtigt. Diese sind u.a. in Abbildung 9 aufgeführt.

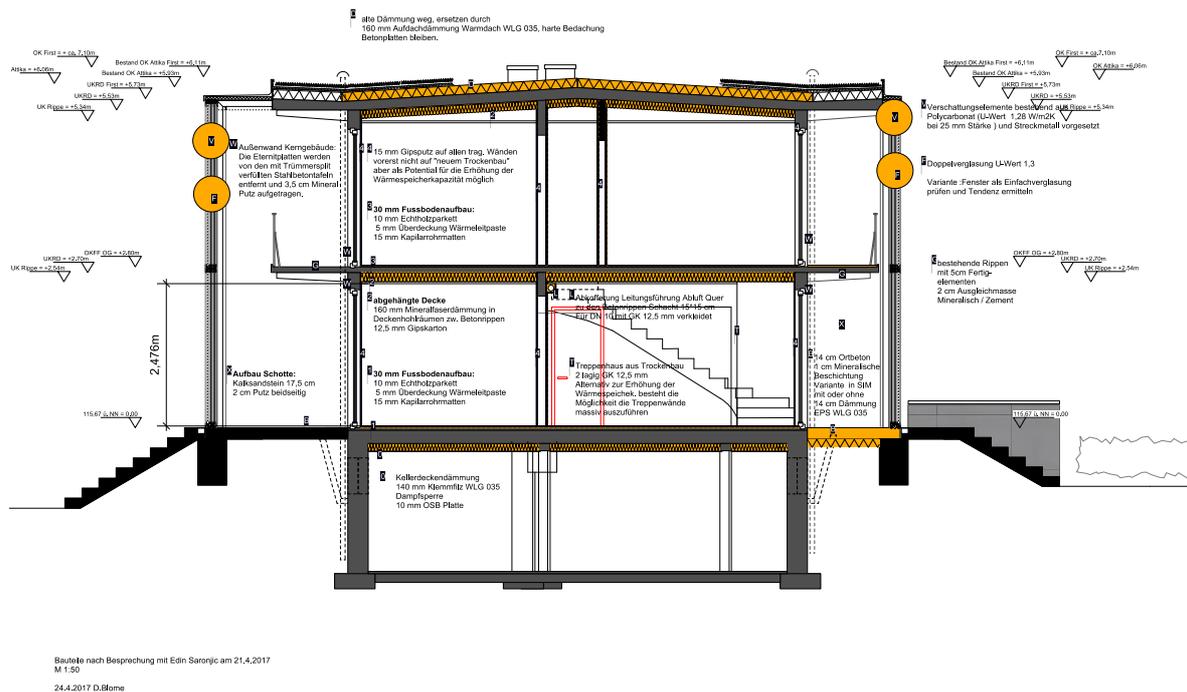


Abbildung 9: Gebäudeschnitt mit Darstellung der Bauteilaufbauten. Quelle: Email

Energie- und Lüftungskonzept

Das der Simulation zu Grunde gelegte Energie- und Lüftungskonzept basiert auf [3]. Dies ist in Abbildung 10 detailliert dargestellt und beschreiben. Dabei wird der thermische Energiebedarf des Gebäudes mittels einer Wärmepumpe mit Vorlauftemperaturen von 45°C und 55°C sichergestellt. Zur Raumheizung ist die Wärmepumpe direkt an ein Fußbodenheizungssystem angebunden. Der Aufbau der Fußbodenheizung ist in Abbildung 11 dargestellt. Im Rahmen der Simulationsstudie wird eine Fußbodenheizung für die Gebäudekernzonen inklusive Bad/WC/Flur jedoch ohne Treppen und ohne Pufferzonen betrachtet. Dabei wird eine äquivalente Heizleistung von 50 W/m² betrachtet. Diese mit Flächenheizungen integrierten Bereiche identifizieren sich im Rahmen des Simulationsmodells über Flächennummern. Die Zuordnungen der Flächennummern mitsamt der resultierenden äquivalenten Heizleistung ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht äquivalenter Heizleistung der Flächenheizungen für die einzelnen Zonen unter Angabe der Flächennummern

Flächennummer	Flächenbezeichnung	Quadratmeter (ca.)	Heizleistung (bei ca. 50W/m ²)	
85	EGKERNWEST	22,57	1,130 kW	4100 kJ/h
106	EGKERNOST	22,11	1,110 kW	4000 kJ/h
104	EGWC	3,98	0,200 kW	750 kJ/h
91 & 93	OGKERNWEST	21,12 m ²	1,100 kW	4000 kJ/h
86	OGFLUR	3,65 m ²	0,200 kW	750 kJ/h
96	OGKERNOST	21,77	1,100 kW	4000 kJ/h

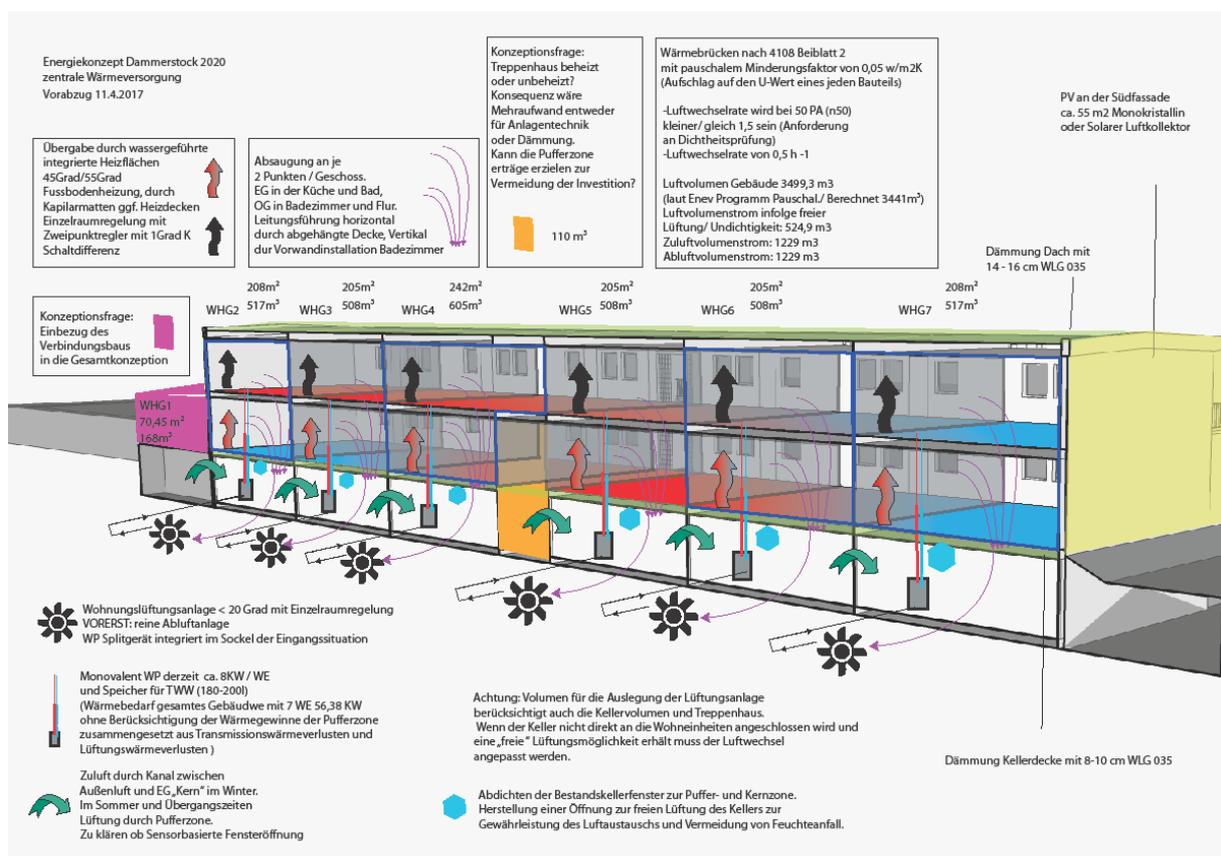
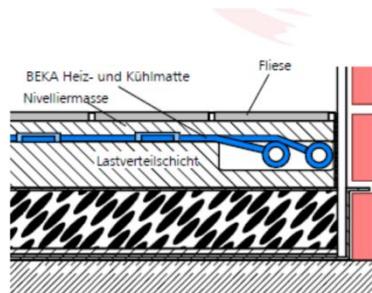
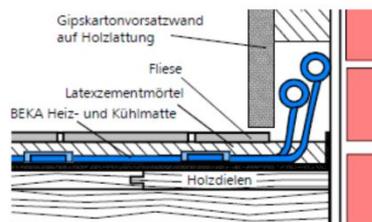


Abbildung 10: Energie- und Lüftungskonzept

Aufbau Fußboden



Variante A: Anordnung bei Fußbodenneubau



Variante B: Anordnung bei Modernisierung

11. Technische Daten

BEKA Kapillarrohrmatten
Typ K.515

Material
Polypropylen Random-Copolymerisat Typ 3 DIN 8078

Geometrie
Sammlerrohr 20 x 2 mm
Kapillarrohr 3,35 x 0,5 mm
Kapillarrohrabstand 15 mm
Austauschfläche 0,71 m²

Größe
Länge: 600-6000 mm (in Schritte von 10 mm)
Breite: 150-1200 mm (in Schritte von 30 mm)

Masse
0,44 kg/m² (ungefüllt, ohne Sammler)
0,71 kg/m² (gefüllt, ohne Sammler)
Wasserinhalt 0,27 l/m²

Heizleistung:
je nach Ausführung
180 W/m²

Betriebsbedingungen:
Temperaturbeständig im Dauereinsatz bis 60°C
Betriebsdruck 3 bis 4 bar
Prüfdruck 10 bar max. 10 Stunden

Einsatzgebiet/Art der Verlegung:
Fußbodenheizung mit geringer Aufbauhöhe
Anschluß über thermisches Kunststoffschweißen

Abbildung 11: Aufbau des Fußbodenheizungssystems für die energetische Gebäudesanierung. Quelle [3]

Das Lüftungskonzept trägt zur Reduktion des thermischen Energiebedarfs bei. Hierzu wird in der kalten Jahreszeit die Gebäudezuluft durch die Pufferzonen geführt, wo sie sich solarthermisch erwärmen kann. In der warmen Jahreszeit wird die Belüftung des Gebäudekernbereichs ohne eine Integration der Pufferzone und mit direkter Verwendung der Außenluft realisiert. Die Simulation der unterschiedlichen Luftführung erfolgt mittels der Modi *SommerBetr* und *WinterBetr*. Im Rahmen der Simulationsstudie wurde auch ein hochdynamischer Wechsel der Betriebsmodi auf 1-Stunde-Basis untersucht. Jedoch brachte es bei den vorliegenden Bedingungen keinen signifikanten energetischen Ertragsvorteil. Die konzeptionelle Luftführung mit den Luftwechselzahlen sind in Abbildung 15 bis Abbildung 17 dargestellt.

Abbildung 12: Lüftungskonzept für den Winterfall. Quelle: [3]

Abbildung 13: Lüftungskonzept für den Sommerfall. Quelle: [3]

Anmerkung: Feuchteausfall entlang der Luftführung oder Stillstands-Zeiten sind zu prüfen und mit entsprechenden Maßnahmen zu begegnen.

Abbildung 14: Lüftungszahlen [4]

Lüftungskonzept – Schema einfache Wohnungstypologie - Sommerfall

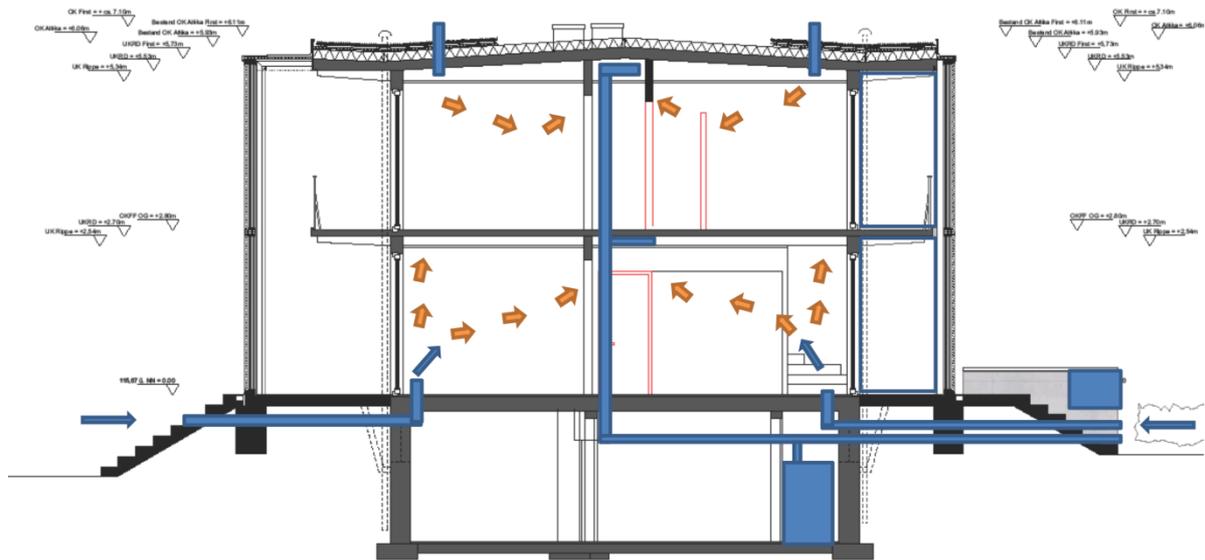


Abbildung 16: Lüftungskonzept für den Sommerfall. Quelle: [3]

Anmerkung: Feuchteausfall entlang der Luftführung oder Stillstands-Zeiten sind zu prüfen und mit entsprechenden Maßnahmen zu begegnen.

Luftmengenabgleich nach DIN 1946 Teil 6 - 5/2009

Luftungsart	Feuchteschutz	reduziert	Neutrallüftung	intensiv	Wirkweise Lüftung durch Infiltration
Hohwendelger Luftvolumenstrom [m³/h]	51	120	171	222	20 m³/h
Luftwechsel (informativ) [1/h]	0,14	0,32	0,45	0,59	

Raumnr.	Raumbezeichnung	Stockwerk	Fläche [m²]	Volumen [m³]	Zuluft DIN [m³/h]	Abluft DIN [m³/h]	R/Rzu	Anzahl Ventile	Luftmenge Ventil 1 [m³/h]	Anzahl Schläuche Ventil 1
1	Wohnzimmer	EG1	21,5	53,6	28	-	3,0	1	28	1
2	Küche	EG1	21,3	53,3	-	59	-	1	50	2
3	WC	EG1	3,7	9,3	-	33	-	1	50	2
4	Zuluft Raum	EG1	15,9	39,8	14	-	1,5	1	14	1
5	Zuluft Raum	EG1	9,5	23,7	14	-	1,5	1	14	1
6	Treppenhaus	EG1	4,2	10,6	-	-	-	0	-	-
7	Treppenhaus	OG2	3,8	9,5	-	-	-	0	-	-
8	Zuluft Raum	OG2	9,5	23,7	14	-	1,5	1	14	1
9	Zuluft Raum	OG2	15,9	39,8	14	-	1,5	1	14	1
10	Bad	OG2	9,6	23,9	-	59	-	1	50	2
11	Schlafzimmer	OG2	11,2	27,9	19	-	2,0	1	19	1
12	Wohnzimmer	OG2	12,1	30,2	28	-	3,0	1	28	1
13	Kinderzimmer	OG2	9,0	22,6	19	-	2,0	1	19	1
14	Flur/Diele	OG2	4,7	11,7	-	-	-	0	-	-
SUMME:			151,7	379,2	151	151	-			

Abbildung 17: Lüftungszahlen [4]

Trinkwarmwassersystem (TWW/DHW)

Gemäß dem Energiekonzept soll das Trinkwarmwassersystem (TWW) mit derselben Wärmepumpe betrieben werden. Dies kann den Wärmepumpennutzungsgrad in den Sommermonaten erhöhen. In der kalten Jahreszeit entsteht dadurch jedoch eine Konkurrenzsituation zwischen Leistungsbedarf zur Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung.

Im Rahmen der Simulation wird ein TWW-System gemäß den Angaben des Energiekonzepts [3] modelliert und simuliert. Dabei wird eine Warmwasser-Vorrangschaltung berücksichtigt.

In Abbildung 18 ist das in der Simulation vereinfachte berücksichtigte TWW-System dargestellt. Dabei wird ein Volumen 300 l. Eine Speichertemperatur von 55 °C. Höhere Temperaturen, die aus der Trinkwasserverordnung folgen, sind bei der angestrebten Untersuchungstiefe noch nicht berücksichtigt. Der Trinkwarmwasserbedarf beläuft sich auf 200 l bei einer Vorlauftemperatur von 55°C (gemäß dem Energiekonzept [3]). Es wird eine mittlere Kaltwassertemperatur von 12°C unterstellt.

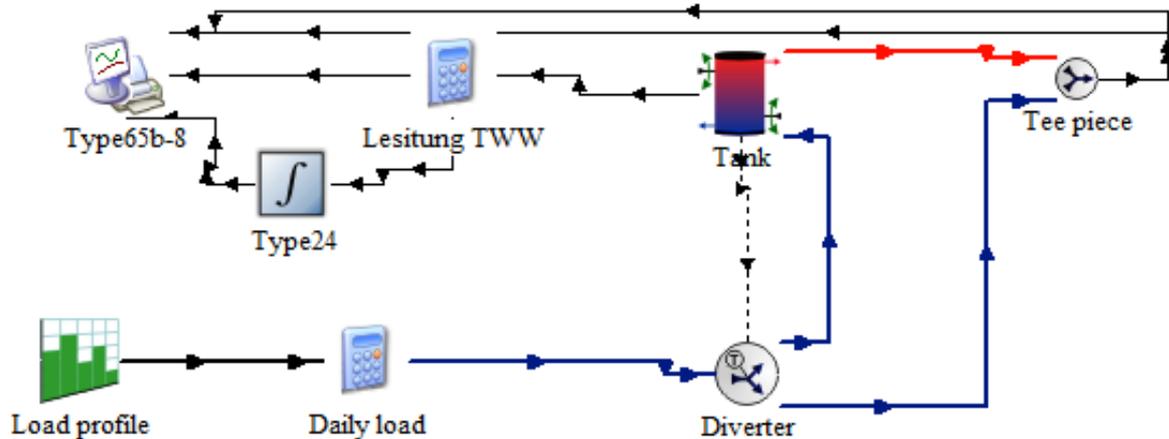


Abbildung 18: Vereinfachtes Trinkwarmwassersystem in der Simulation

Modellierung der Wärmepumpe

Es wird eine ideal operierende Wärmepumpe unterstellt und modelliert. Deren Kennlinie wird linear interpoliert. Ein detaillierter COP-Abfall hin zur Maximalleistung wird nicht berücksichtigt. Gemäß den Angaben des Energiekonzepts kann die Wärmepumpe Temperaturen zwischen zwei unterschiedlichen Temperaturleveln (45°C und 55°C) bereitstellen.

Die im Energiekonzept angegebenen Vorlauftemperaturen der WP 45° und 55 ° sind als Vorlauftemperaturen der Fußbodenheizung gesondert zu prüfen, da diese zu hoch sein könnten bzw. sich durch ihre Reduktion ein energetischer Vorteil einstellen kann.

In Abbildung 19 ist exemplarisch der Verlauf der dynamischen COP-Kurven dargestellt.

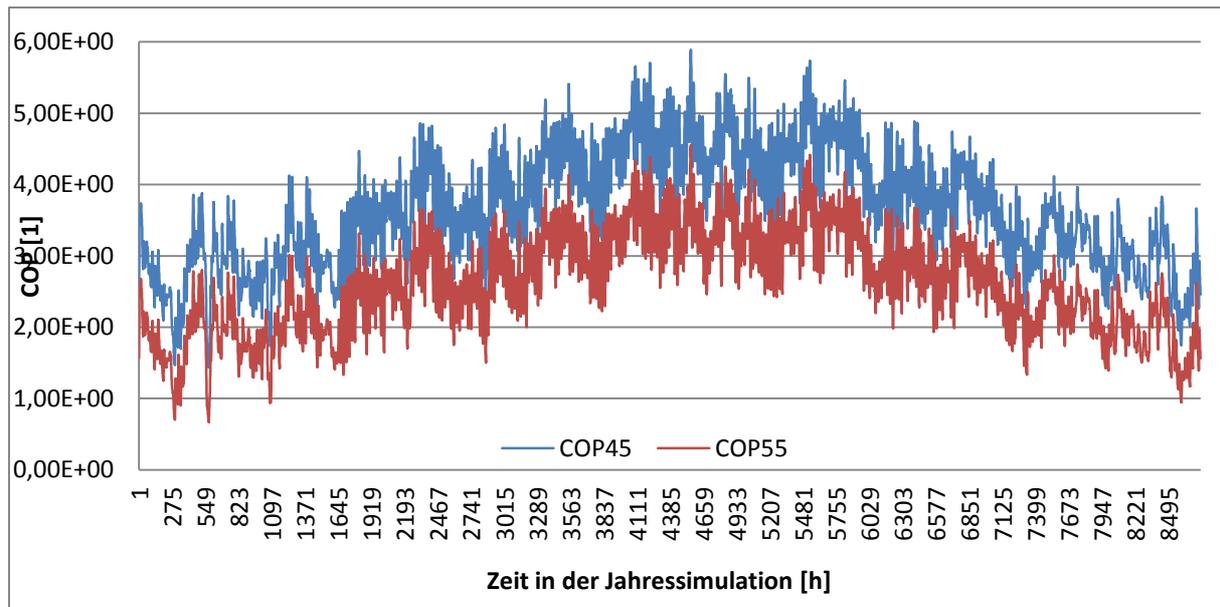


Abbildung 19: Verlauf der COP45 und COP55 Kurven, exemplarische anhand des Simulationsergebnisses des Referenzsystems.

Untersuchungen zur von Wind verstärkten Pufferraumlüftung

Die thermischen Untersuchungen zeigen, dass aufgrund der hohen Temperaturentwicklung in der warmen Jahreszeit in den Pufferzonen eine Erhöhung des Luftwechsels erstrebenswert ist.

Durch vier bis sechs zu öffnenden Segmenten der Außenfassade kann der thermische Auftriebsdruck einen Luftwechsel erzeugen. Dies wird mit einer Luftwechselzahl von 3 [1/h] berücksichtigt. Darüber hinaus stellt sich die Frage, in wie weit die natürlichen Winde der Umgebung verlässlich zu einer Erhöhung des Luftwechsels in den Pufferzonen beitragen können.

Aus diesem Grund wird das Teil-Areal mit den benachbarten Gebäuden strömungsmechanisch untersucht. Zur Bestimmung der Eingangsgrößen der Strömungssimulationsstudie werden auch die Windgeschwindigkeiten des Standorts analysiert.

In Abbildung 20 sind die Windgeschwindigkeiten des Standorts basierend auf den Wetterdatensatz dargestellt. (Es bleibt zu berücksichtigen, dass die realen Windgeschwindigkeiten stark von den untenstehenden Angaben abweichen können)

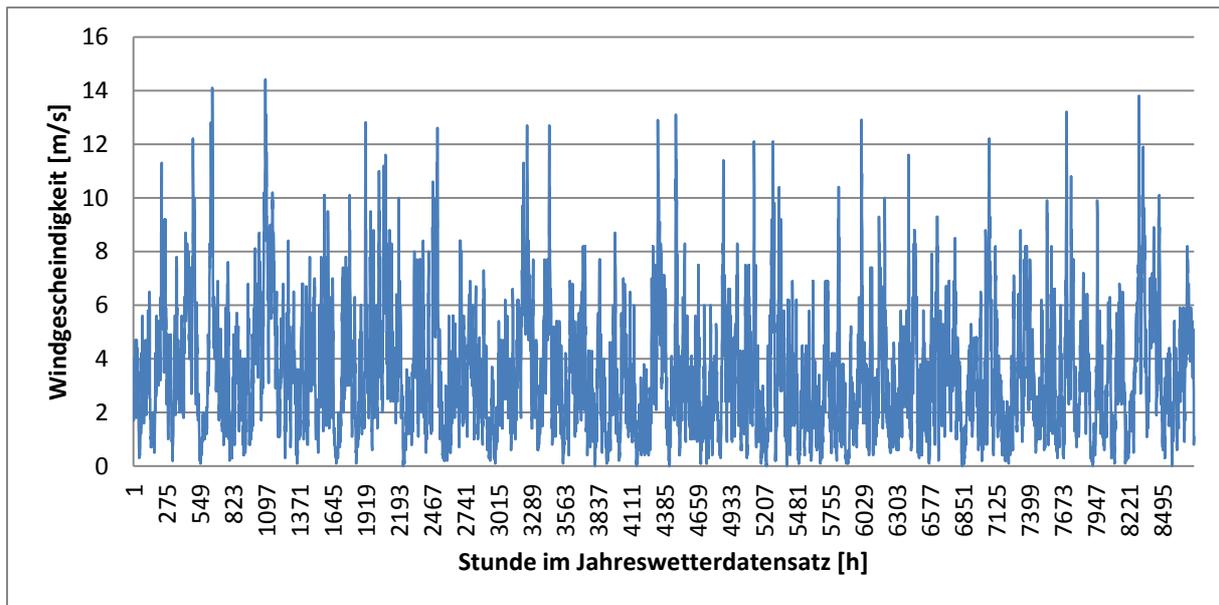


Abbildung 20: Windgeschwindigkeiten des Standorts basierend auf Wetterdatensatz TRY (Testreferenzjahre des Deutschen Wetterdienstes)

In Abbildung 21 sind die kumulierten prozentualen Häufigkeiten der Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe im Wetterdatensatz dargestellt. Grunddaten (Jahr) sind nach zwei verschiedenen Kategorien gefiltert: Die warmen Sommermonate Mai bis einschließlich September und nach der warmen Tageszeit 11:00 Uhr bis 17:00 Uhr. Wie ersichtlich, stellen sich im betrachteten Datensatz nur geringe Reduktionen im Sommer ein. In der tageszeitlichen Schwankung stellt sich eine tendenzielle Erhöhung der Windgeschwindigkeit in o.g. Zeitraum ein. Dies fällt im Sommer geringer aus, als in der ganzjährigen Betrachtung.

Diese Abbildung hilft, die für die strömungstechnische Betrachtung erforderlichen Windgeschwindigkeiten zu wählen bzw. einzuordnen. Für die strömungsmechanischen Simulationen, welche insbesondere zur Analyse der sommerlichen thermischen Gegebenheiten relevant sind, wird das Quartil mit 2 bis 5 m/s angesetzt. Rund die Hälfte der Windgeschwindigkeiten (im Datensatz) sind in diesem Bereich zu erwarten. Da keine Windrichtung im Wetterdatensatz vorliegt, in der strömungsmechanischen Simulationen alle Haupt Richtungen betrachtet.

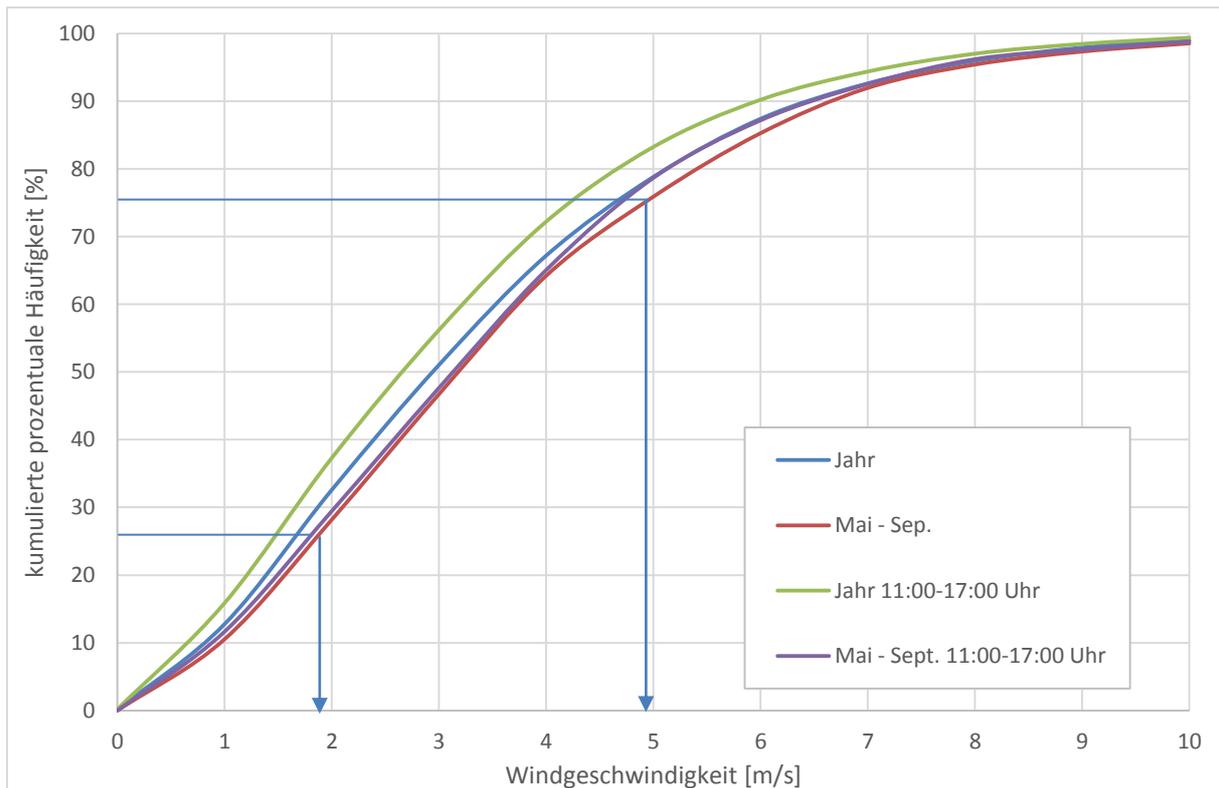


Abbildung 21: Kumulierten Häufigkeiten der Windgeschwindigkeiten aus Abbildung 20

Anmerkung zu Strömungssimulationen: Die eingesetzten Windgeschwindigkeiten basieren auf Wetterdatensätzen. Damit weisen diese nur tendenzielle Größen auf. Des Weiteren erfolgt die Modellierung der Umgebung vereinfacht. Es werden nur ausgewählte Windrichtungen betrachtet.

Damit liegen sehr vereinfachte Betrachtungen vor. Für eine genaue Untersuchung und Auslegung wären Vor-Ort Messungen erforderlich.

Bei der strömungsmechanischen Modellierung des Teil-Areals wird ein Ausschnitt der Umgebung modelliert und mit einem Netz von ca. 1,8 Mio. Knoten- bzw. Volumenelementen modelliert. Abbildung 22 und Abbildung 23 vermitteln hierzu einen Überblick.

Die Untersuchungen zeigen, dass es bereits bei typischen Windgeschwindigkeiten häufig zu Verwirbelungen am Gebäude Falkenweg 69 kommt. Das ist exemplarisch der Abbildung 24 für eine Windgeschwindigkeit von 5 m/s aus süd-westlicher Richtung zu entnehmen.

Aus dem o.g. Grund stellt die Umgebungsluftgeschwindigkeit bei der vorliegenden Konstruktion keine verlässliche Größe für eine Pufferraumdurchlüftung dar. Somit kann es bei den thermischen Simulationen nicht systematisch berücksichtigt werden.

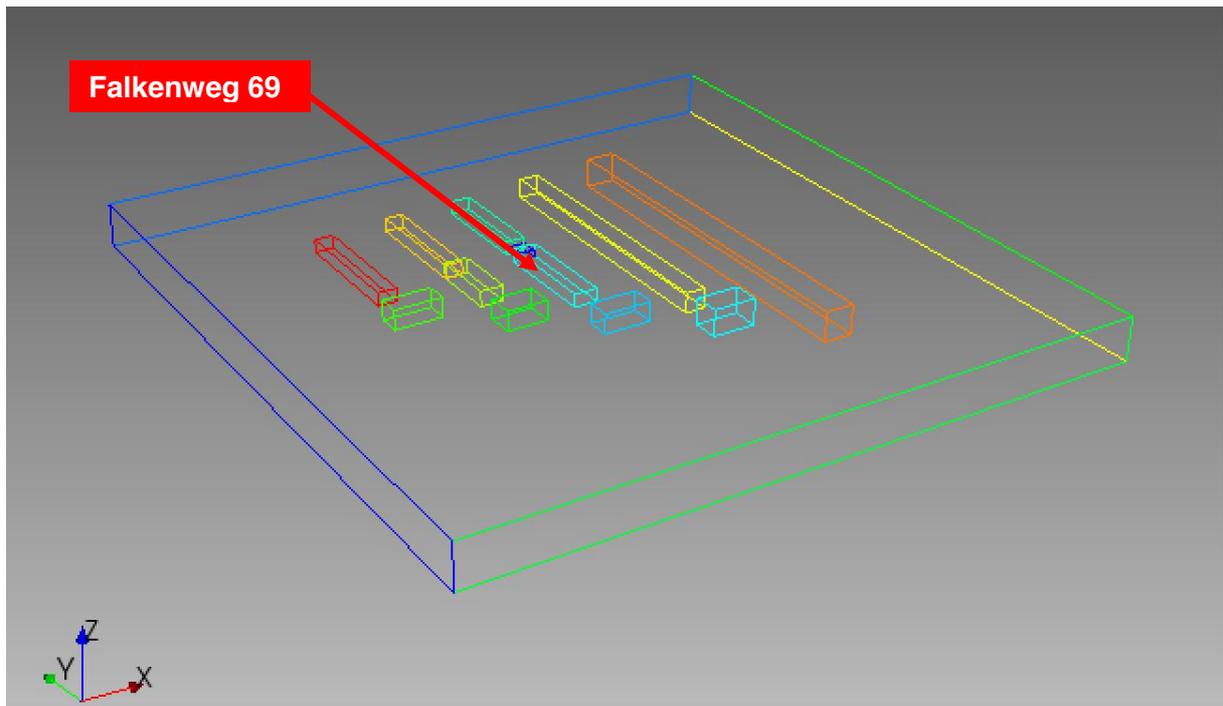


Abbildung 22: Für die Strömungssimulation modelliertes Areal

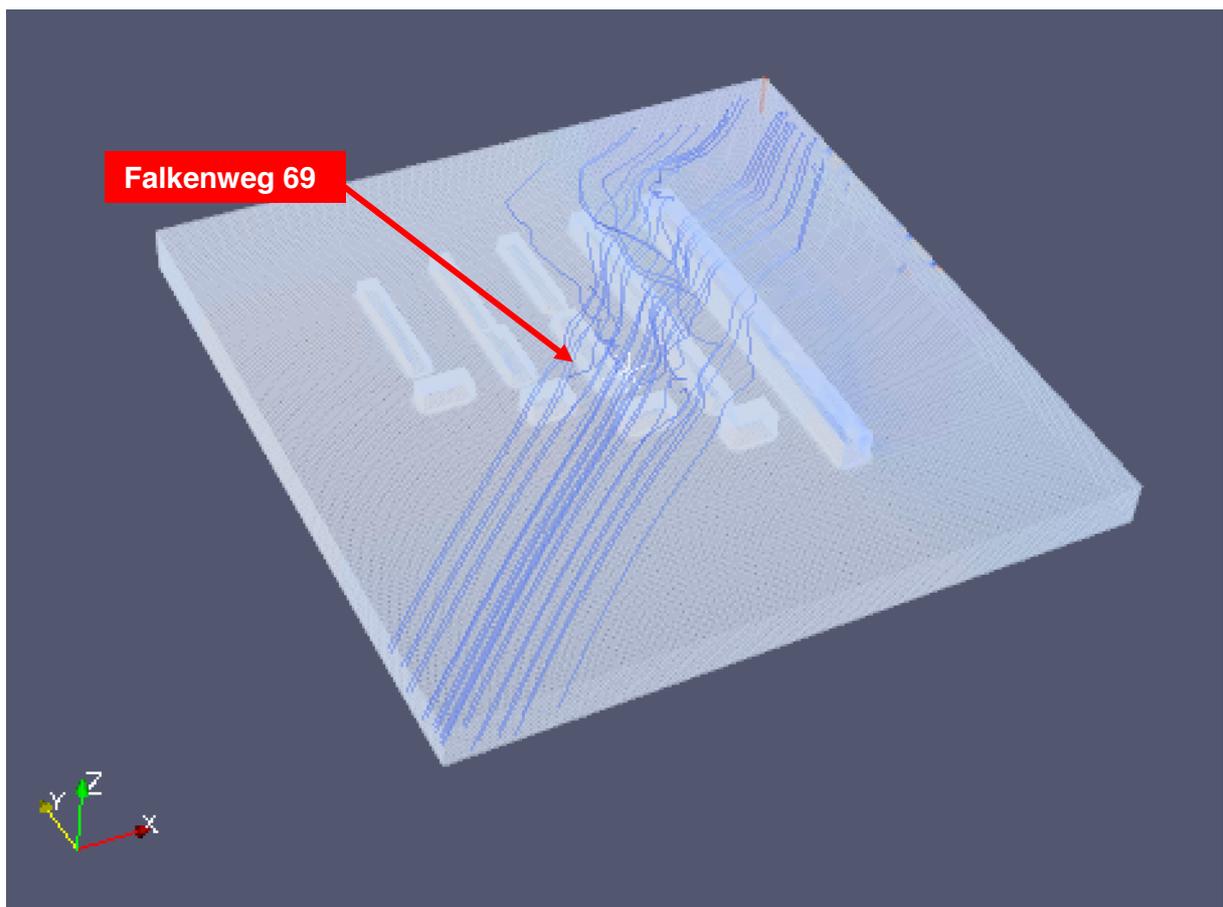


Abbildung 23: Exemplarische Darstellung des strömungsmechanisch modellierten Netzes und eingezeichnete Windstromfäden.

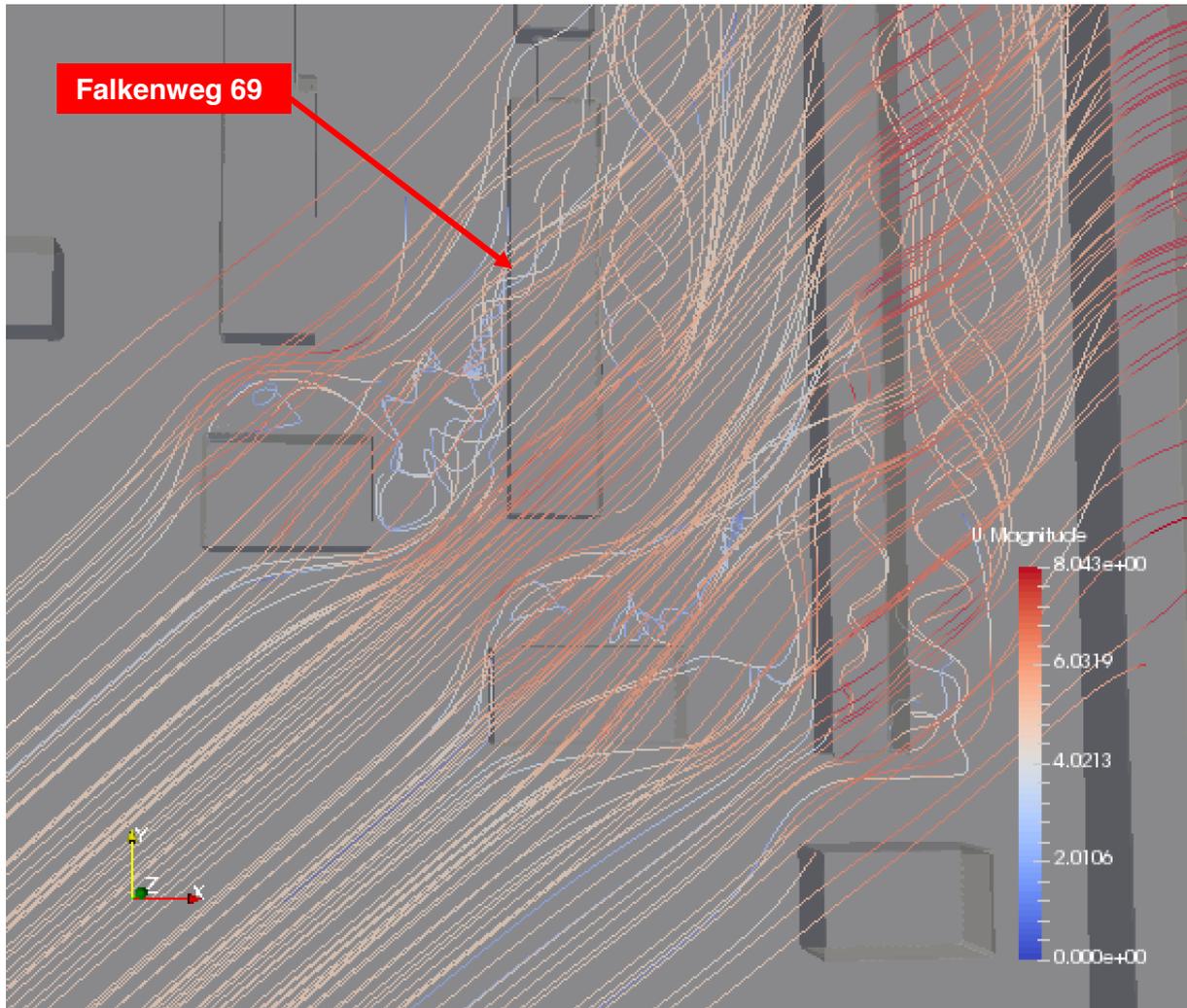


Abbildung 24: Geschwindigkeitsanalyse der Strömungssimulation mit einer Windgeschwindigkeit von 5m/s im ungestörten Bereich und einer Anströmung aus Süd-West-Richtung. Die angegebenen Geschwindigkeiten können lokal abweichen. Diese Ergebnisse sind vor einer Verwendung mittels realen Versuchen zu prüfen.

Thermische Simulationen: Untersuchungskriterium

Die vorliegende Simulationsstudie wird auf vergleichende Betrachtungen zurückgeführt. Dies liegt darin begründet, dass kein validiertes Gesamtmodell vorliegt und somit diverse Einflussgrößen, wie Wetterdaten ungenaues Komponentenverhalten usw. sich unbemerkt in die Ergebnisse einbetten können und damit die Genauigkeit absoluter Angaben reduzieren. Die nachfolgend verwendeten Modelle gehen auf ein Ausgangsmodell zurück. Damit können sich etwaige Ungenauigkeiten oftmals eliminieren und so die Aussagekraft erhöhen.

Als Vergleichsgröße dienen im Bezug zu einem Referenzsystem (REF) die „prozentuale Verbesserung“ von

- Endenergiebedarf (Reduktion),
- Nutzenergiebedarf (Reduktion) und
- Jahresarbeitszahl (JAZ) der eingesetzten Wärmepumpe (Erhöhung)

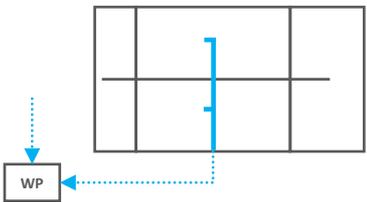
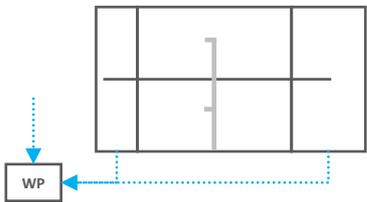
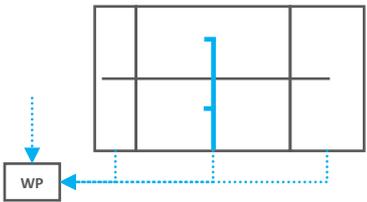
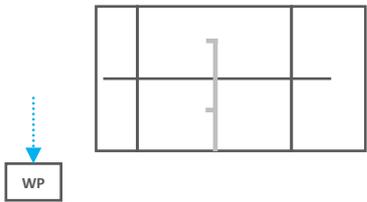
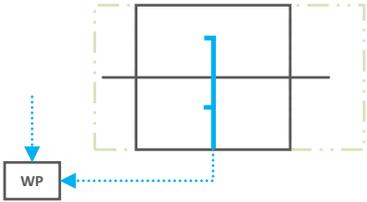
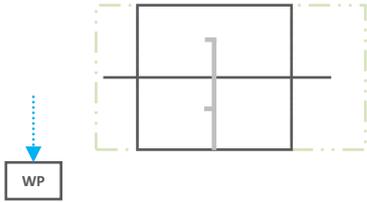
Untersuchte Systemkonfigurationen

Aus dem Energiekonzept von [3] folgt eine zu untersuchende Systemkonfiguration. Diese wird mit SK0 bezeichnet und ist in Tabelle 2 dargestellt. Dabei ist das Gebäude (ohne Keller) im Schnitt (SÜD) dargestellt. Zudem ist Luftführung zu der Wärmepumpe (Systemintegration) dargestellt.

Um die Ergebnisse der Simulationsstudie für SK0 einordnen zu können und die Möglichkeiten für Erkenntnisse zu erhöhen, werden fünf weitere Varianten vom Grundmodell abgeleitet und ebenfalls untersucht. Dabei werden drei Varianten mit einer transparenten Gebäudehülle betrachtet, bei welchen die Systemintegration der Wärmepumpe variiert wird. Zudem werden zwei weitere Varianten betrachtet, bei welchen nach der Sanierung keine Gebäudehülle vorgesehen ist. Eines davon stellt eine einfache Sanierung dar und wird als Referenzsystem der Untersuchungen (REF) definiert.

Für die bessere Vergleichbarkeit der Systemkonfigurationen werden die Luftwechselzahlen des Gebäudekernbereichs bei dem im Energiekonzept vorgegeben Wert von 0,4 gehalten.

Tabelle 2: Übersicht untersuchte Systemkonfigurationen

<p style="text-align: center;">SK0 Grundkonzept Innenraumeinbindung</p> 	<p style="text-align: center;">SK1 Pufferraumeinbindung</p> 
<p style="text-align: center;">SK2 Pufferraum- und Innenraumeinbindung</p> 	<p style="text-align: center;">SK3 keine Einbindung</p> 
<p style="text-align: center;">SK4 Innenraumeinbindung (ohne Hülle)</p> 	<p style="text-align: center;">REF keine Einbindung (ohne Hülle)</p> 

Erkenntnisse aus der Simulationsstudie

Nachfolgend sind die Erkenntnisse der Simulationsstudie dargestellt.

Verbesserung des Endenergiebedarfs

Die geplanten Sanierungsmaßnahmen, mit der transparenten Gebäudehülle und Wärmepumpe werden relativ zum Referenzsystem REF betrachtet. Zusätzlich dazu werden noch die alternativen Systemkonfigurationen betrachtet. Die Ergebnisse der Simulationsstudie sind in Tabelle 3 dargestellt.

Wie ersichtlich, stellt die angestrebte Systemkonfiguration SK0, im Vergleich zu anderen betrachteten Systemen, energetisch eine gute Sanierungsalternative dar. Dabei wird der Endenergiebedarf (Strom) gegenüber dem REF reduziert. Dies ist insbesondere auf die Reduktion der thermischen Verluste durch die Gebäudehülle zurückzuführen. Eine einfache U-Wert Betrachtung der Gebäudewand mit und ohne eine zweite davor geschaltete doppelverglaste Fassade plausibilisiert die Ergebnisse.

Die Steigerung der JAZ der Wärmepumpe bewegt sich im Bereich von 2%. Mit etwa 3,7 % fällt diese Steigerung im Falle von SK2 etwas höher aus. Eine deutliche Steigerung der JAZ der Wärmepumpe stellt sich bei einer permanenten Durchströmung der Pufferzonen dar. Jedoch führt dies bei der vorliegenden Gebäudekonstruktion auch zu einer Erhöhung der thermischen Verluste, womit der endenergetische Vorteil nur gering ausfällt.

Tabelle 3: Relativer energetischen Verbesserung verschiedener Systemkonfigurationen im Vergleich mit dem Referenzsystem REF

Systemkonfiguration	Verbesserung [%] (bezogen auf REF)		Endenergie		Nutzenergie		JAZ	
	RH+TWW	RH	RH	TWW	RH	RH+TWW		
REF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
SK0	30,07	40,27	39,32	0,00	1,60	0,26		
SK1	26,62	35,52	34,51	0,00	1,57	0,52		
SK1_PERM	5,02	4,59	-3,01	0,00	7,97	7,70		
SK2	28,06	36,86	34,51	0,00	3,73	2,54		
SK3	28,63	38,96	39,32	0,00	-0,58	-1,77		
SK4	2,00	2,08	0,00	0,00	2,13	2,04		

Tabelle 4: Quadratmeterspezifischer End- und Nutzenergiebedarf. Darstellungen dienen nur zur Einordnung der relativen Untersuchungsergebnisse und können aufgrund der Untersuchungstiefe, Modellierungsgenauigkeiten und Ermittlungsmethodik nicht als absolute Angaben aufgefasst werden! Werte bezogen auf 105 m² Wohnfläche.

Systemkonfiguration	Quadratmeterspez. [kWh/(m ² a)]	Endenergiebedarf (Strom)		Nutzenergie (Wärme)	
		RH+TWW	RH	RH	TWW
REF		50,69	37,25	101,70	32,07
SK0		35,45	22,25	61,72	32,07
SK1		37,20	24,02	66,61	32,07
SK1_PERM		48,15	35,54	104,76	32,07
SK2		36,47	23,52	66,61	32,07
SK3		36,18	22,73	61,72	32,07
SK4		49,68	36,47	101,70	32,07

Der insgesamt geringe positive Einfluss der Systemintegration der Wärmepumpe kann auf den Unterschied im verfügbaren (Ab-) Luftvolumenstrom und dem für den Betrieb der Wärmepumpe erforderlichen Luftvolumenstrom (ca. 4000 l/h) sowie die damit verbundenen geringen Übertemperaturentwicklung im Gebäude bzw. Pufferzonen zurückgeführt werden. Im Betrieb führen die beschriebenen Verhältnisse zu einer geringen Mischtemperatur und haben damit einen geringen Unterschied im COP bzw. JAZ zur Folge.

Behaglichkeitsbetrachtungen der Daten

In den nachfolgenden Abbildung 25 bis Abbildung 27 ist die operative Raumtemperatur für die Aufenthaltsräume (Zonen EGKERNWEST, EGKERNOST, OGKERNWEST und OGKERNOST) aufgetragen. Für eine Untersuchung von Übertemperaturstunden bzw. Übertemperaturgradstunden stehen unterschiedliche Ansätze zur Verfügung. Diese liefern zunächst entsprechende Grenzwerte, die nicht überschritten werden sollen. Entsprechende Untersuchungen sind erforderlich.

Mit dem Wissen um die o.g. Behaglichkeitsgrenzwerte ist an der nachfolgenden Abbildung 25 zu entnehmen, dass Temperaturüberschreitungen zu erwarten sind. Um dies besser zu beleuchten, wurde eine weitere Simulationsvariante untersucht. Dabei wurde im Sommerbetrieb der Luftwechsel im Gebäudeinnenbereich von 0,4*1/h (bzw. von den vorgegebenen Werten) auf 3*1/h erhöht. Die Ergebnisse sind der Abbildung 26 zu entnehmen. Wie ersichtlich, verbessert sich dadurch die thermische Situation in den betrachteten Zonen, jedoch auch dann sind weiterhin Temperaturüberschreitungen zu erwarten.

Um die Ergebnisse besser einordnen zu können, wird auch das Referenzmodell REF hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit untersucht. Das Ergebnis der Analyse ist in Abbildung 27 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass auch am Referenzmodell der Simulationsstudie Übertemperaturen auftreten. Damit zeigt sich ein grundsätzliches ungünstiges thermisches Gebäudeverhalten. Entsprechende Maßnahmen sind in weiteren Schritten zu treffen und die von Bauherrn / Betreiber tolerierbaren Übergradtemperaturstunden sind zu klären. Zu den möglichen baulichen Maßnahmen gehört

bekanntermaßen u.a. die Erhöhung der thermischen Massen. Weiterhin bietet eine (geeignete) Wärmepumpe in Kombination mit den vorhandenen Flächenheizungen die Möglichkeit, in den Sommermonaten eine geringe Kühlleistung in das Gebäude einzubringen. Dabei sind u.a. die Berücksichtigung von Behaglichkeitskriterien sowie Feuchteausfallgrenze wichtige limitierende Randbedingungen.

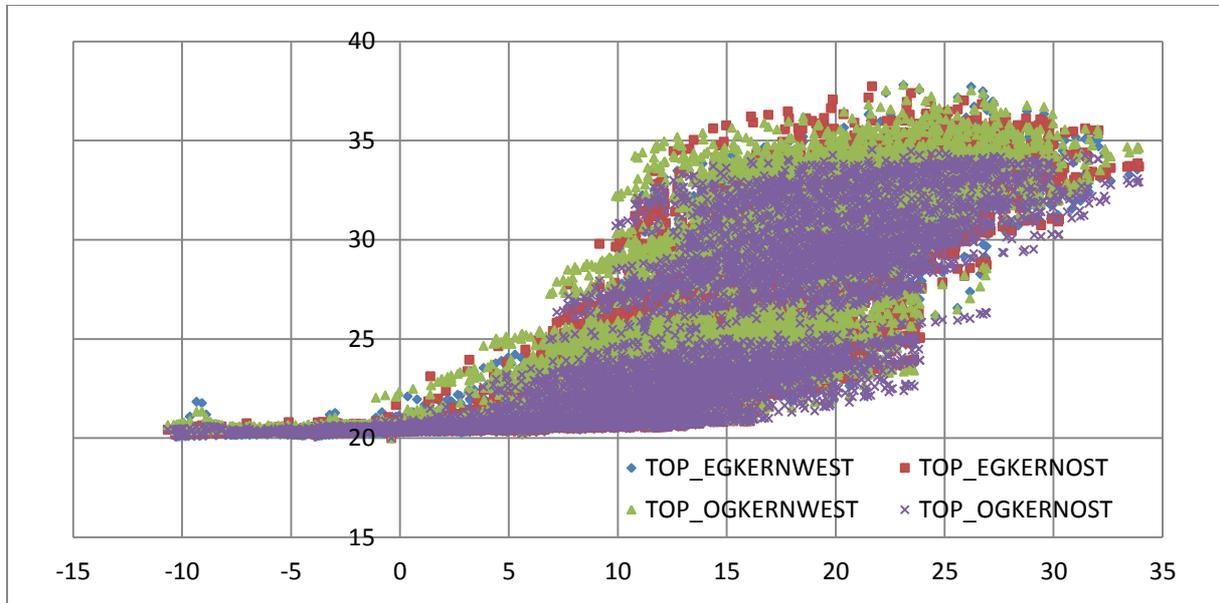


Abbildung 25: SK0 - Operative Temperaturen aufgetragen über Außenlufttemperatur

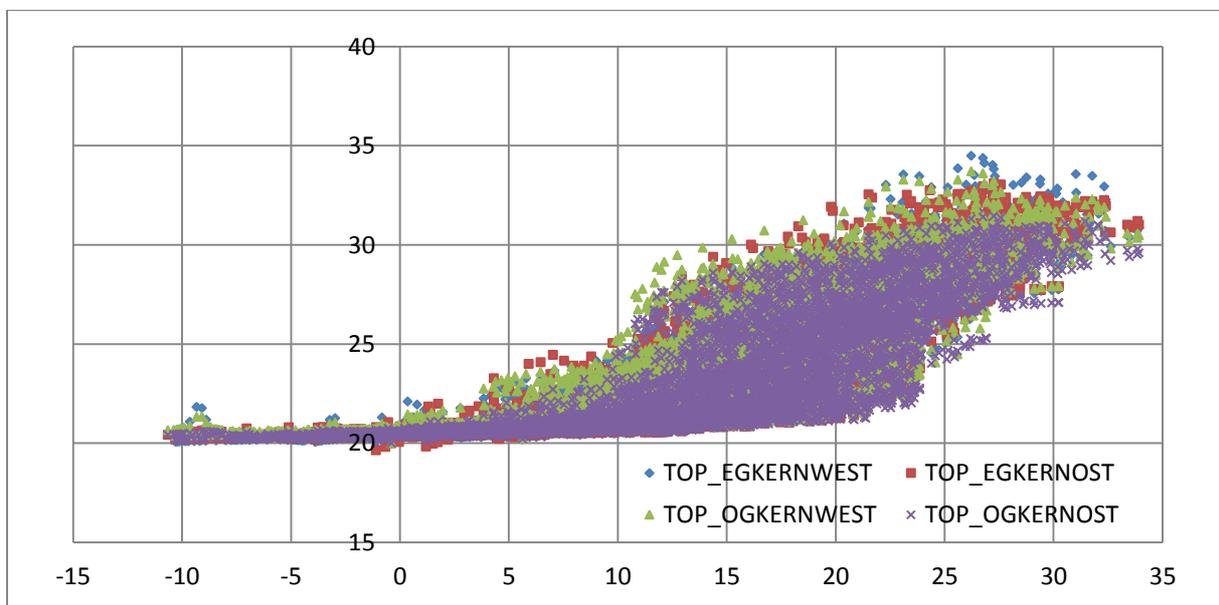


Abbildung 26: SK0 (Mit erhöhter sommerlicher Luftwechsel 3 1/h)- Operative Temperaturen aufgetragen über Außenlufttemperatur

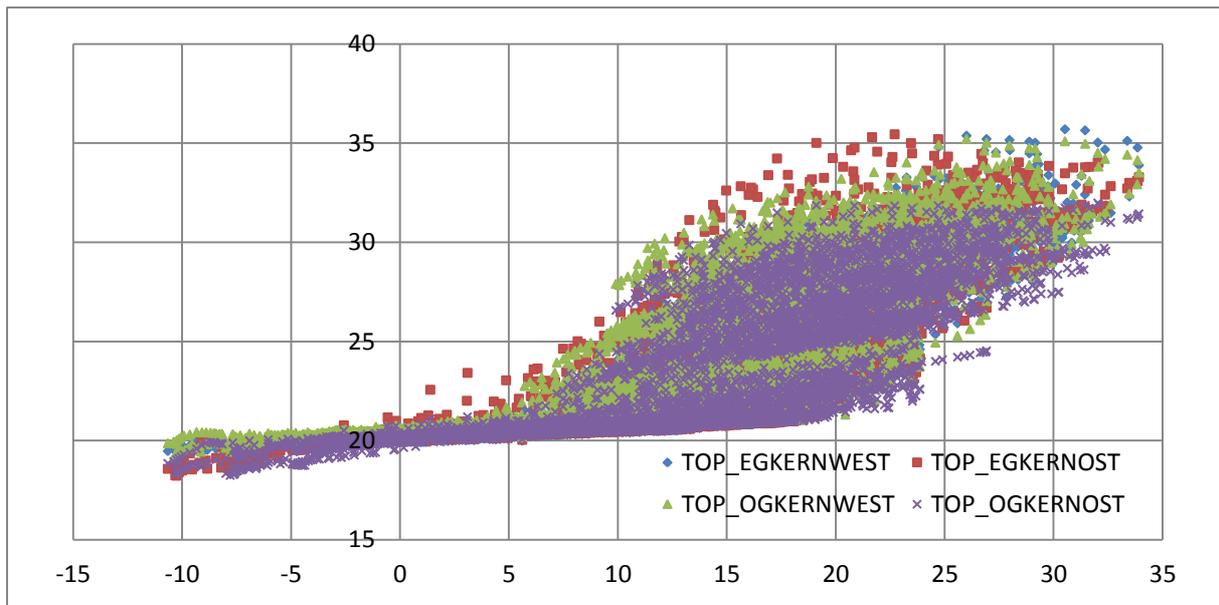
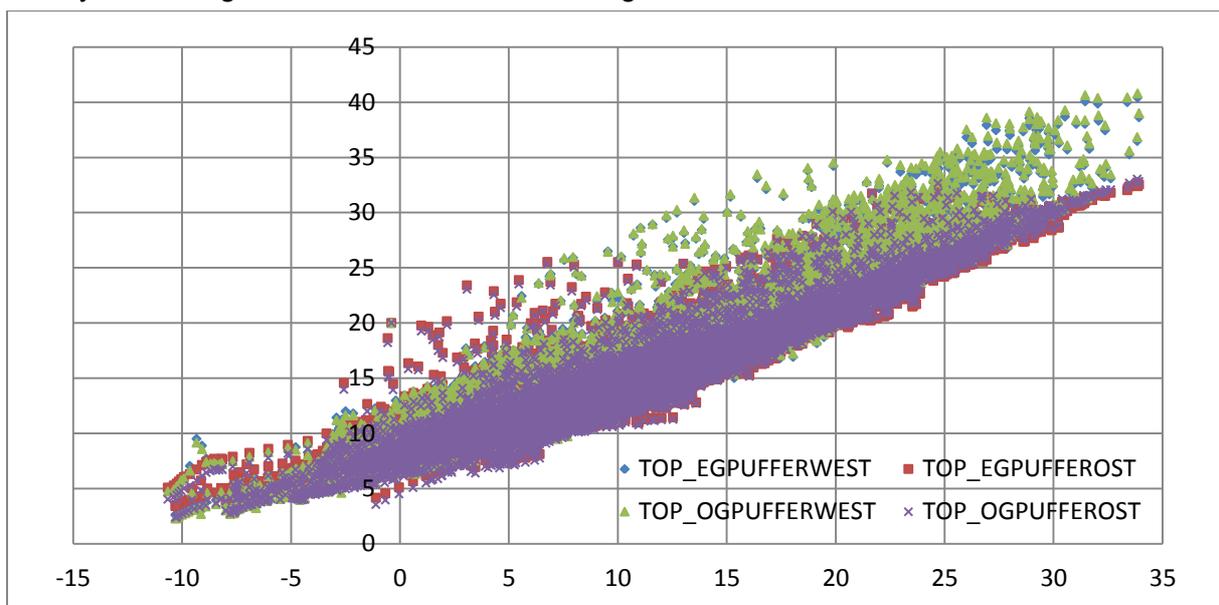


Abbildung 27: REF - Operative Temperaturen aufgetragen über Außenlufttemperatur

Die Systemkonfigurationen mit einer Einbindung der Pufferzone mit einem



Pufferzonen nutzbare Zeiten

Zur Klärung der Fragestellung, wie intensiv die Pufferzonen des Gebäudes nutzbar sind, wurden die operativen Temperaturen dieser Bereiche analysiert. Dabei werden alle Zeiten gezählt, bei welchen sich eine operative Temperatur zwischen 20 °C und 26°C eingestellt hat. Für das zu untersuchende Energiekonzept SK0 ergeben sich die in Tabelle 5 aufgeführten Zeiten. Damit kann gefolgert werden, dass die angestrebte energetische Sanierungsmaßnahme, neben dem energetischen Vorteil, aus thermischer Sicht zu rund 20% des Jahres als eine optionale Wohnraumerweiterung fungieren kann. In diesen Betrachtungen wurden keine Tageszeiten oder andere Randbedingungen berücksichtigt. Diese Untersuchung basiert auf das Standard-Wetterjahr in der Simulation und genügen keinen detaillierten Behaglichkeitsanalysen.

Tabelle 5: Anzahl / Anteil der Stunden im Jahr, in welcher die operative Temperatur in den Pufferzonen im Bereich 20°C bis 26°C liegt

	EG-WEST	OG-West	EG-OST	OG-OST
Stunden	1835	1739	1937	1910
Prozentual	20,95	19,85	22,11	21,80

In Abbildung 28 ist der Jahresverlauf der simulierten mittleren operativen Temperaturen im Jahresverlauf dargestellt. Es ist zu berücksichtigen, dass thermische Schichtungseffekte in dieser Betrachtung keine Berücksichtigung finden. Dadurch können zeitweise weitaus höhere Temperaturen herrschen. Zur Überprüfung der Beständigkeit der verwendeten Materialien oder genauere Aussagen zu Temperaturasymmetrien oder auch Gesundheitsschutz von Mensch und Tier usw. sind detailliertere Betrachtungen notwendig, die über die vorliegende „energetische“ Simulation hinausgehen.

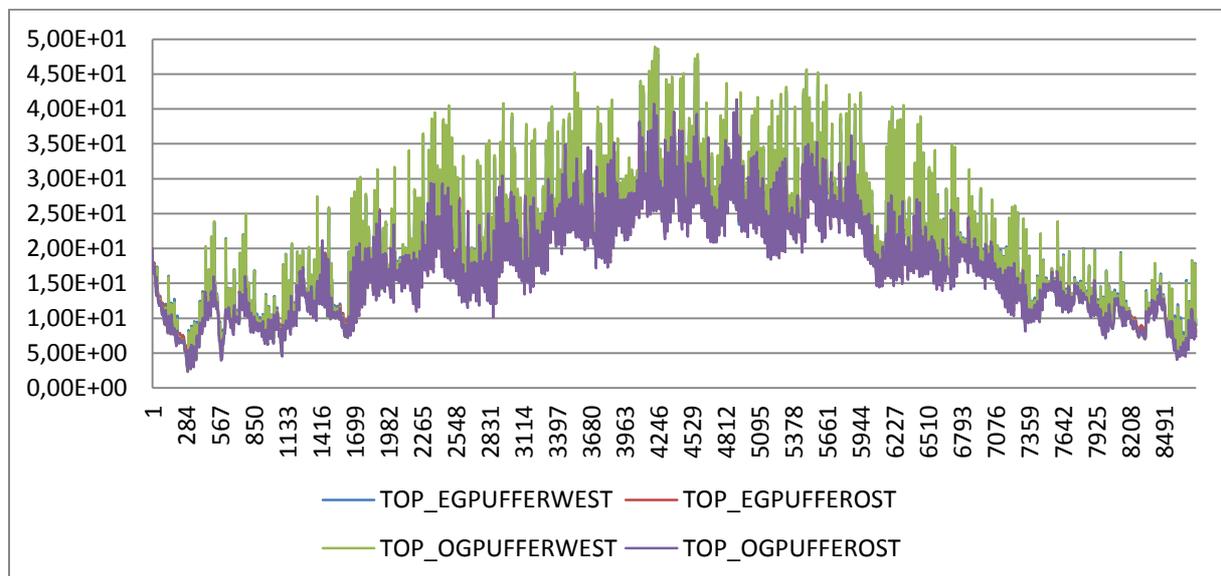


Abbildung 28: Operative Temperaturen in den Pufferzonen im simulierten Jahresverlauf. Hierbei liegt der Standardwetterdatensatz zugrunde.

Abschließende Anmerkungen

Der Bodenaufbau aus Parkettholz stellt einen großen thermischen Widerstand in Bezug auf den Energieeintrag zwischen Wärmeträgermedium und Raumboflächen dar. Auch können zu warme Zeiten die thermischen Massen des Gebäudes weniger ihre positive Wirkung entfalten.

Es ist zu berücksichtigen, dass eine zu hohe (oder zu niedrige) Oberflächentemperaturen der Fußböden aus Behaglichkeitsgründen zu vermeiden ist.

Ein zusätzlicher Luftversorgungs kanal bzw. Luftzufuhr der Wärmepumpe sollte sichergestellt werden (Energiekonzept).

Die Dimensionierung bzw. die Systemintegration der Wärmepumpe, Anlagentechnik, Wärmeschutzmaßnahmen usw. sind grundsätzlich regelkonform und unabhängig von der vorliegenden Simulationsstudie sicherzustellen.

Die thermische Schichtung innerhalb einer Zone wird bei den aus der (energetischen) Simulation resultierenden Temperaturen nicht berücksichtigt. Im Betrieb kann es durch die thermische Schichtung und durch abweichenden Luftwechsel zu stark abweichenden Minimal- und Maximaltemperaturen kommen.

Simulationen sind mehrfach mit Unsicherheiten behaftet, beginnend von den Wetterdaten hin zu Modellvereinfachungen. Das Bestandsgebäude wird nach aktuellem Projektstand im Rahmen der Sanierungsmaßnahme aus thermischer Sicht stark verändert. Damit liegt kein reales Objekt für eine Validierung des spezifischen Gebäudemodells vor. Dadurch geben sich Abweichungen. Entsprechend sind die quantitativen Aussagen nicht direkt auf die Realität übertragbar. Verlässlicher sind vergleichende Betrachtungen, die von einem Grundmodell abgeleitet wurden.

Geringste Veränderungen der Gebäudeparameter gegenüber der für die Simulation zugrunde gelegten Werten, können große Unterschiede herbeiführen.

Quellen

[1] Edin Seranjic. Email Text und Anhang [2] am 2017-04-28 16:27.

[2] Broschüre Hell und klar im Vorteil. Makrolon® multi UV Stegplatten.

[3] Energiekonzept TWE

[4] Luftwechselzahlen nach TWE

Am TWE haben folgende Personen mitgewirkt: Reza Shahbazfar, Dieter Blome, Ümit Esiyok, Wieland Weise, Karsten Tichelmann

In die Untersuchungen fließen eine Vielzahl weiterer Inhalte aus den vielzähligen Projektbesprechungen sowie den am 02.05.2017 zur Verfügung gestellten umfangreichen Eingangsdatensatz mit ein.

Anhang

Präsentation der ersten Teilstudie

Die nachfolgenden Darstellungen beinhalten diverse Annahmen. Teile dieser Annahmen sind gezielt atypisch gewählt und könnten zu falschen Schlussfolgerungen führen, wenn der Zweck nicht bekannt ist. Verschiedene Randbedingungen der nachfolgenden Untersuchungen sind im aktuellen Projektstand zudem überholt.

Gliederung

- Erläuterung des Modells
- Simulationsergebnisse
- Ausblick

Arbeitsstandbesprechung Thermische Simulationen Dämmerstock2020

TWE@TU Darmstadt
02.02.2017
Dr.-Ing. Reza Shahbazfar

27.05.17

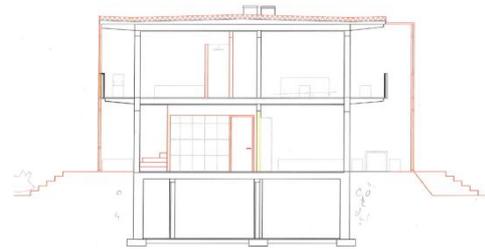
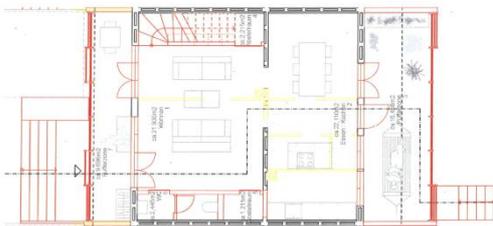
In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

2

27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

1



27.05.17

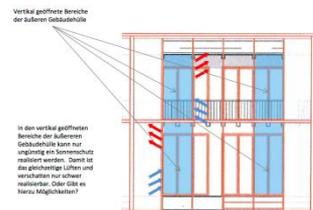
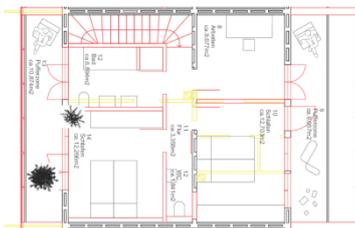
In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

4

27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

3



27.05.17

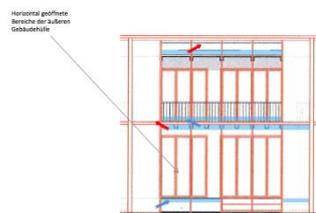
In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

5

27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

6



Lüftungs- & Energiekonzept

- Nur zur Berücksichtigung in Simulationen
- Eine Entwicklung des Lüftungs- & Energiekonzepts ist unabhängigerweise bzw. vielleicht darauf aufbauenderweise notwendig

27.05.17

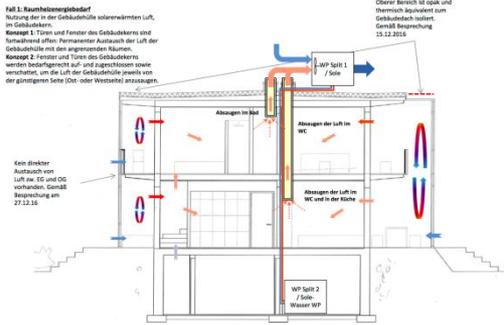
In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

7

27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

8

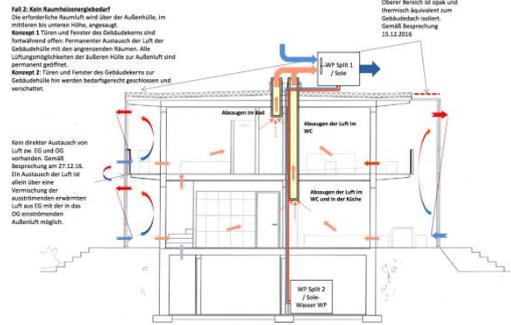


Der Mindestluftwechsel ist für alle Räume gesondert zu prüfen.

27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

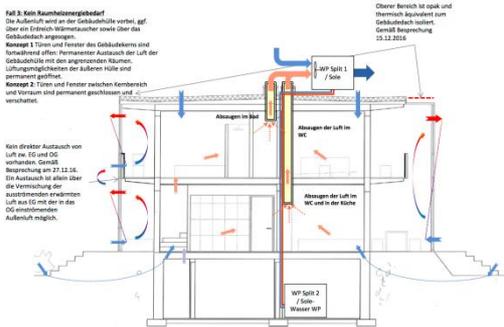
9



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

10



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

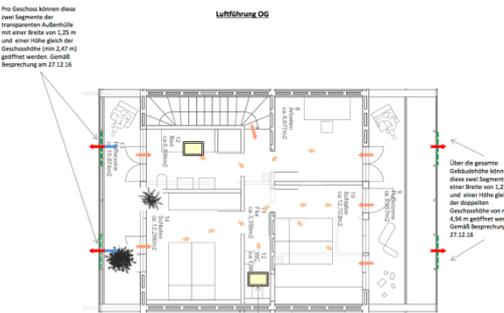
11



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

12



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

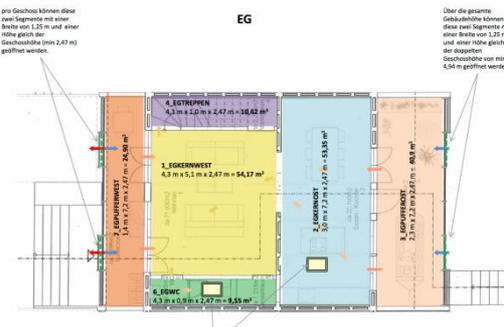
13

GEBÄUDEMODELL

27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

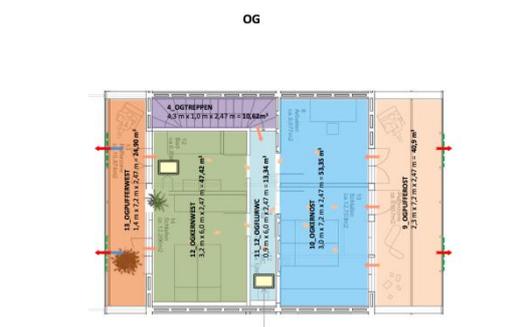
14



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

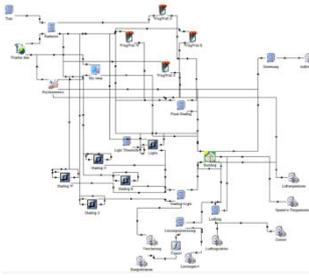
15



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

16

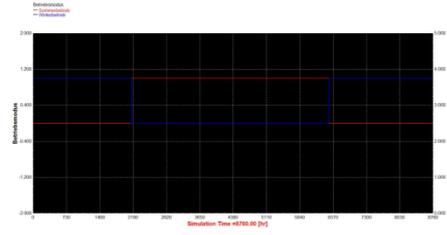


27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

17

Betriebsmodus Winter / Sommer

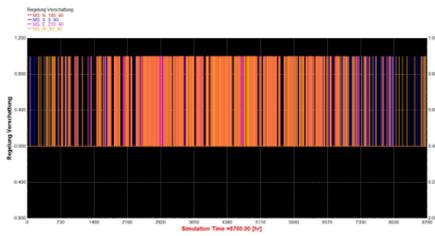


27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

18

Verschattung

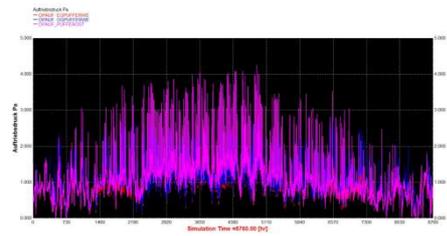


27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

19

Dynamisch berechnete Auftriebskraft

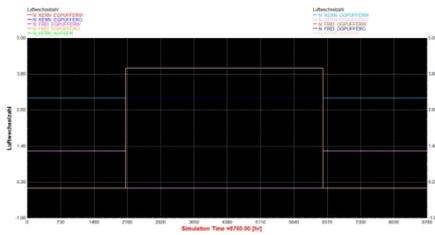


27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

20

Vereinfachte Modellierung der Lüftung für den derzeitigen Entwicklungsstand des Simulationsmodells

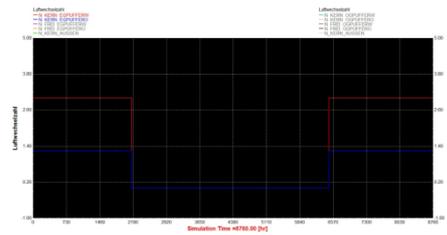


27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

21

Vereinfachte Modellierung der Lüftung für den derzeitigen Entwicklungsstand des Simulationsmodells

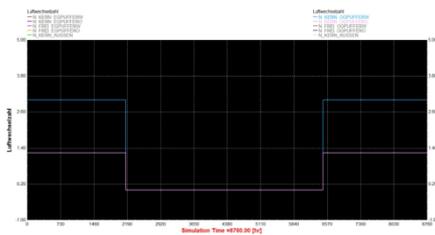


27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

22

Vereinfachte Modellierung der Lüftung für den derzeitigen Entwicklungsstand des Simulationsmodells

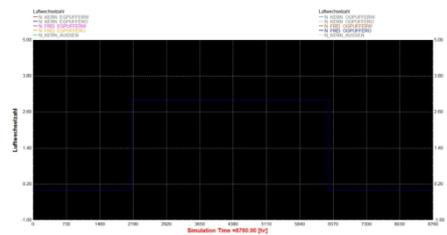


27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

23

Vereinfachte Modellierung der Lüftung für den derzeitigen Entwicklungsstand des Simulationsmodells

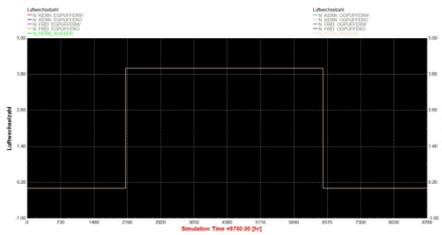


27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

24

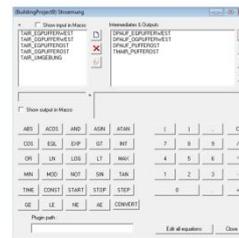
Vereinfachte Modellierung der Lüftung für den derzeitigen Entwicklungsstand des Simulationsmodells



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

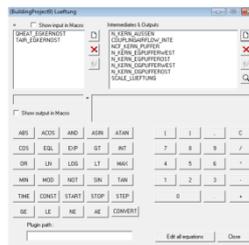
25



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

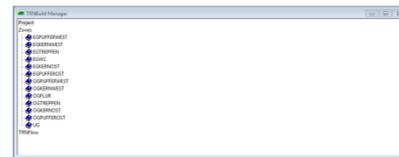
26



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

27



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

28

- Verschattung Intern
- 0.48



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

30



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

29

Anmerkungen

- Alle nachfolgenden Temperaturen sind mittlere Temperaturen für eine Zone. In allen Zonen, insbesondere bei einer ungenügend durchlüfteten Pufferzone kommt es zu einer thermischen Schichtungen. Darüber stellt sich ein starker Temperaturgradient ein, welcher zu weitaus höheren Temperaturen führen kann, als in den nachfolgend dargestellten Temperaturen berücksichtigt. Zu dieser Fragestellung werden gesonderte Untersuchungen empfohlen.
- Bereits geringe Änderungen der Konstruktion, oder ungünstige Umsetzung der realen Konstruktion, können große thermisch-energetische Auswirkungen haben. Untersuchungen sind dann erneut durchzuführen.



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

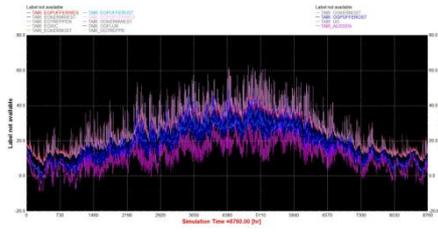
30

27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

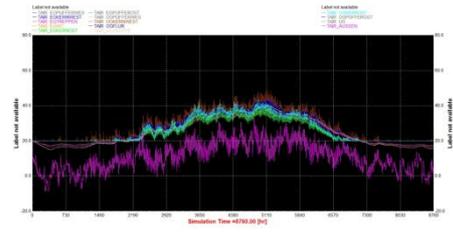
31

ohne_lueftung_ohne_verschattung



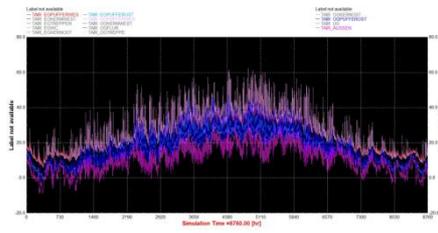
27.05.17 In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar 32

ohne_lueftung_ohne_verschattung_innen



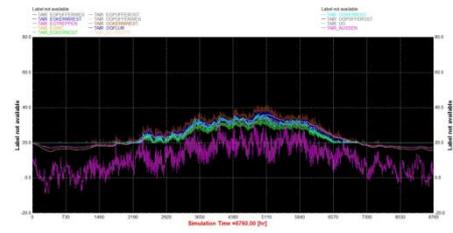
27.05.17 In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar 33

ohne_lueftung_mit_verschattung



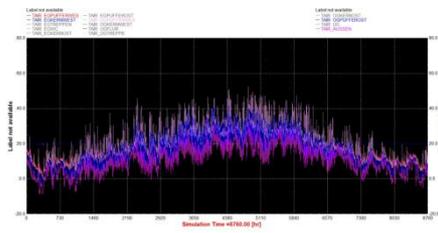
27.05.17 In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar 34

ohne_lueftung_mit_verschattung_innen



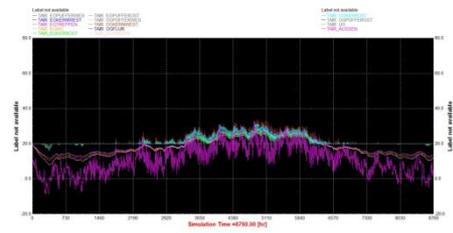
27.05.17 In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar 35

mit_lueftung_mit_verschattung



27.05.17 In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar 36

mit_lueftung_mit_verschattung_innen



27.05.17 In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar 37

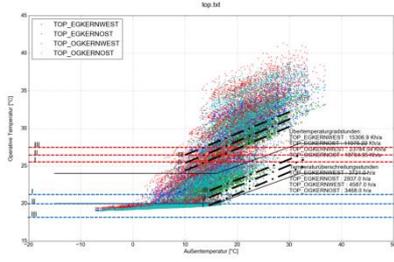
TEMPERATURANALYSE

27.05.17 In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar 38

27.05.17 In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar 39

Fall 0

- ◆ Wetter
 - ◆ Verschattungsanteil
 - ◆ Verschattungssteuerung
 - ◆ Lüftung Innenraum
 - ◆ Lüftung Pufferzone
 - ◆ Interne Lasten
 - ◆ Konstruktion Putz
 - ◆ Konstruktion Transparenz oben
 - ◆ Konstruktion Außenverschattung
- (Legende: Außenhalb Normbereich, Innerhalb Normbereich)



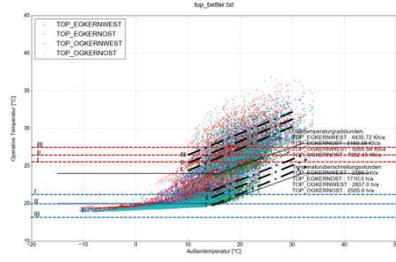
27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

40

Fall1

- ◆ Wetter
 - ◆ Verschattungsanteil
 - ◆ Verschattungssteuerung
 - ◆ Lüftung Innenraum
 - ◆ Lüftung Pufferzone
 - ◆ Interne Lasten
 - ◆ Konstruktion Putz
 - ◆ Konstruktion Transparenz oben
 - ◆ Konstruktion Außenverschattung
- (Legende: Außenhalb Normbereich, Innerhalb Normbereich)



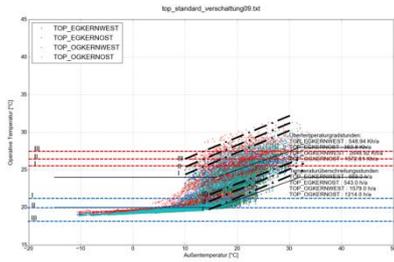
27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

41

Fall2

- ◆ Wetter
 - ◆ Verschattungsanteil
 - ◆ Verschattungssteuerung
 - ◆ Lüftung Innenraum
 - ◆ Lüftung Pufferzone
 - ◆ Interne Lasten
 - ◆ Konstruktion Putz
 - ◆ Konstruktion Transparenz oben
 - ◆ Konstruktion Außenverschattung
- (Legende: Außenhalb Normbereich, Innerhalb Normbereich)



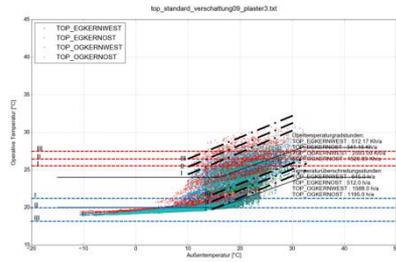
27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

42

Fall3

- ◆ Wetter
 - ◆ Verschattungsanteil
 - ◆ Verschattungssteuerung
 - ◆ Lüftung Innenraum
 - ◆ Lüftung Pufferzone
 - ◆ Interne Lasten
 - ◆ Konstruktion Putz
 - ◆ Konstruktion Transparenz oben
 - ◆ Konstruktion Außenverschattung
- (Legende: Außenhalb Normbereich, Innerhalb Normbereich)



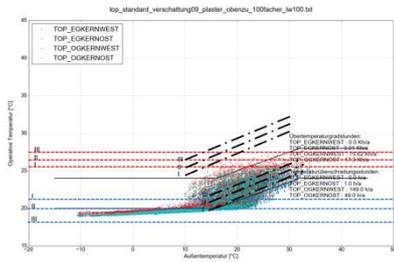
27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

43

Fall4

- ◆ Wetter
 - ◆ Verschattungsanteil
 - ◆ Verschattungssteuerung
 - ◆ Lüftung Innenraum
 - ◆ Lüftung Pufferzone
 - ◆ Interne Lasten
 - ◆ Konstruktion Putz
 - ◆ Konstruktion Transparenz oben
 - ◆ Konstruktion Außenverschattung
- (Legende: Außenhalb Normbereich, Innerhalb Normbereich)



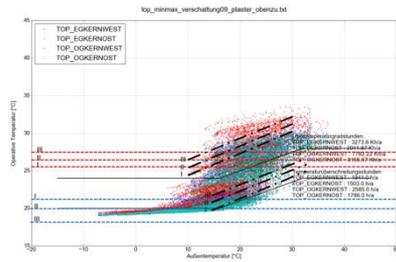
27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

44

Fall5

- ◆ Wetter
 - ◆ Verschattungsanteil
 - ◆ Verschattungssteuerung
 - ◆ Lüftung Innenraum
 - ◆ Lüftung Pufferzone
 - ◆ Interne Lasten
 - ◆ Konstruktion Putz
 - ◆ Konstruktion Transparenz oben
 - ◆ Konstruktion Außenverschattung
- (Legende: Außenhalb Normbereich, Innerhalb Normbereich)



27.05.17

In Bearbeitung. Alle Informationen sind verfügbar

45

Zusammenfassung / Ausblick

- Alle Ergebnisse noch nicht verbindlich -> Arbeitsbesprechungscharakter. Dies liegt u.a. daran:
 - da eine hinreichende Modellvalidierung nicht erfolgt ist
 - Bauteilkonstruktionen noch nicht eindeutig geklärt sind
 - interne Lasten nicht berücksichtigt sind
 - weitere Detailmodellierung erforderlich ist
 - Limitationen der TRNSYS-Modelle (z.B. Glasanteil)
 - Strahlungsasymmetrien und vertikale Wärmeverteilung im Raum sowie lokale Erhöhung der Luftgeschwindigkeit noch nicht
- Sich tendenziell abzeichnende Erkenntnisse:
 - Bei einer regelkonformen Modellierung werden Komfort-Ziele nicht erreicht.
 - Es bestehen konstruktive Möglichkeiten das thermische Verhalten zu verbessern. Jedoch alleine ausreichen diese nicht aus. U.a. sind beispielsweise
 - Erhöhung der thermischen Massen (Statik -> » Tonnen pro Whg.)
 - Außenliegende Verschattung (gemäß Vereinbarung noch nicht untersucht)
 - Verbesserung der thermischen Eigenschaften der Gebäudehülle
 - mechanische Lüftung der Pufferzonen, in der Sommermonaten
 - Im wissenschaftlichen Kontext könnten aber durchaus einige normative Parameter hinterfragt werden u.a.
 - Luftwechselzahlen im Gebäude: Erhöhung im Sommer möglich?
 - Komfortgrenzen
 - Verschattungsregelung
 - Außenverschattung ist gemäß erster Vereinbarung (noch) nicht untersucht

27.05.17

in Bearbeitung. Alle Informationen sind vorläufig

46

Zusammenfassung / Ausblick

- Aufgrund der teilweise hohen Sensitivität bestimmter Einflussparameter sind bei Veränderung gegenüber dem hier Berücksichtigten Stand die Ergebnisse nicht gültig.
- Das hier vorgestellte Lüftungskonzept ist nur für die Durchführung der Simulationen. Eine davon unabhängige, aber womöglich darauf aufbauende, Entwicklung des Lüftungskonzepts ist erforderlich.
- Insbesondere Temperaturgradienten innerhalb der Zonen (thermische Schichtung) sind nicht berücksichtigt. Es wird dringend empfohlen diese gesondert zu untersuchen, da sie einen erheblichen kritischen Einfluss auf Komfort, Gesundheit und Bauteilschutz haben können.
- Vorschlag: wissenschaftliche Randuntersuchung Untersuchungen zur energetischen Bilanz und Systemintegration von dualbetriebenen Wärmepumpen (Wärme und Kältebereitstellung)
- Geräuscentwicklung der Split-Wärmepumpen

27.05.17

in Bearbeitung. Alle Informationen sind vorläufig

47

Anmerkungen- bzw. Vorschlagskatalog

- Abluftsystem, Einzelventilator-Lüftungsanlage mit Außen-Luftdurchlass (Lüftungskomponenten, die das Durchströmen von Luft durch die Gebäudehülle ermöglicht, umfasst auch entsprechend ausgebildete Lüftungskomponenten in Fenstern und Türen.
- Soll die WP nicht auch zu Klimatisierungszwecken verwendet werden? Über die angedachten Flächenheizsystem wäre dies im begrenztem Umfang möglich.
- Mechanische Lüftung, da die Sicherstellung der erforderlichen Mindestlüftungszahlen durch den Wegfall des Winddrucks infolge der transparente Gebäudehülle sowie die erhöhte strömungsmechanischen Widerständen durch diesen im derzeitigen Entwurfsstand kritisch scheint.
- Geräuscentwicklung der Split-Wärmepumpen auf dem Dach kann für die umliegenden Gebäude kritisch werden. Hierzu sind detaillierte Untersuchungen erforderlich.
- Zusätzlich zu den vorliegenden Untersuchungen sind die erforderlichen Mindestluftwechselzahlen (Beispielsweise wegen Feuchteschutz, etc.) sicherzustellen.
- Strahlungsasymmetrien und vertikale Wärmeverteilung im Raum sowie lokale Erhöhung der Luftgeschwindigkeit werden nicht betrachtet.
- Luftfeuchtigkeit und ein Feuchteschutz findet in den vorliegenden Simulationen keine Berücksichtigung und muss unabhängig sichergestellt werden.
- Es wird in der gesamten Wohneinheit ein Fußbodenheizsystem berücksichtigt.
- Gemäß Vereinbarung am 27.12.2016 werden alle Maße mit entsprechender Ablesgenauigkeit aus den übergebenen gedruckten Zeichnungen ermittelt. Entsprechend der Vereinbarung wird die lichte Raumhöhe 2,47 m gerechnet.

27.05.17

in Bearbeitung. Alle Informationen sind vorläufig

48

Anlage KAP. III

A 3. 5

Thermische Gebäudesimulation mit WUFI / Simulation 2

Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik

Fachbereich Architektur

Technische Universität Darmstadt

Thermische Gebäudesimulation mit WUFI
Projekt Dammerstock 2020
Falkenweg 69 Karlsruhe

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich 15 Architektur

Fachgebiet für Tragwerksentwicklung und
Bauphysik
Prof. Dr.-Ing. Karsten Tichelmann

El-Lissitzky-Str. 1
64285 Darmstadt

Verfasser: Dipl.-Ing. Dieter Blome
15.08.2017

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
1. Modellierung	3
1.2. Zonierung	4
1.3 Klima	5
1.4 Anlagentechnik	6
1.5 Interne Lasten	6
1.6 Natürliche Lüftung und Leckagen	7
2. Untersuchung der Varianten	8
2.1 Methodik	8
2.2 Fenster Konfiguration Kerngebäude und Pufferzonen V1 – V10	9
2.2.1 Ergebnisse Variantenuntersuchung V1 – V10	11
2.3 Untersuchung von unterschiedlichen Verschattungen V11 – 22	13
2.3.1 Ergebnisse V11 – V22	14
2.4 Untersuchungen bei Annahme eines natürlichen Luftwechsels von 0,5/h V23 - V34	15
2.4.1 Ergebnisse V22-V34	16
2.5 Integration einer mechanischen Lüftungsanlage und Öffnung der Pufferzone im Sommer um Überhitzungen zu vermeiden V35 – V50	17
2.5.1 Ergebnisse V35-V50	18
2.5.2 Untersuchungen sommerlicher Wärmeschutz V35-V50	20
2.5.3 Detailuntersuchungen V4 und V5	22
2.5.4 Ergebnisse Detailuntersuchungen V4 und V5	29
3.0 Schlussfolgerungen	30

Einleitung

Die thermischen Simulationen für das Projekt Dammerstock 2020 untersuchen die thermische Behaglichkeit im Kerngebäude und der Pufferzone im Jahresverlauf in Relation zum Energiebedarf des Gebäudes.

Aus den vorhergehenden Simulationen haben sich offene Fragestellungen ergeben. Die in diesem Bericht erläuterten Ergebnisse zeigen die Potentiale zu folgenden Punkten:

1. Veränderung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Fassadenelemente sowie Erhöhung des g-Wertes der Verglasung Pufferzone und der des Kerngebäudes
2. Erhöhung der Verschattungsanteile in der Fassade von 30% auf 50% und 70%.
3. Öffnen der Pufferzone bei hohen Temperaturen und somit Vermeidung der Überhitzung in der Kernzone

1. Modellierung

Die thermische Simulation wurde mit dem Programm WUFI Plus¹ in über 50 Varianten durchgeführt. Das untersuchte Gebäude Falkenweg 69 wurde auf Basis des Planungstands vom 20.4.2017 mit Sketch-Up als 3-D Modell entwickelt und importiert.

Für die Variantenbildung wurden die Bauteilaufbauten der Pufferzone in unterschiedlichen Konfigurationen betrachtet. Die Bauteilaufbauten des Kerngebäudes wurden als Konstante auf Basis des Energiekonzeptes vom 20.4.2017 angenommen.²

Statt der Betrachtung einer einzelnen Wohnung wurde in den Simulationen das gesamte Kerngebäude abgebildet sowie die Erweiterungen der unbeheizten Glasvorbauten im Osten und Westen (im folgenden Pufferzonen Ost und West). Auf eine Zonierung der Grundrisse wurde in diesem Schritt verzichtet, um in der Verarbeitung der Ergebnisse vorerst Tendenzen der zu erwartenden thermischen Konditionierung zu untersuchen. Die Betrachtung des gesamten Gebäudes erforderte in Anbetracht der Komplexität der Berechnungen eine Abstrahierung um Rechenzeiten möglichst effizient zu nutzen.

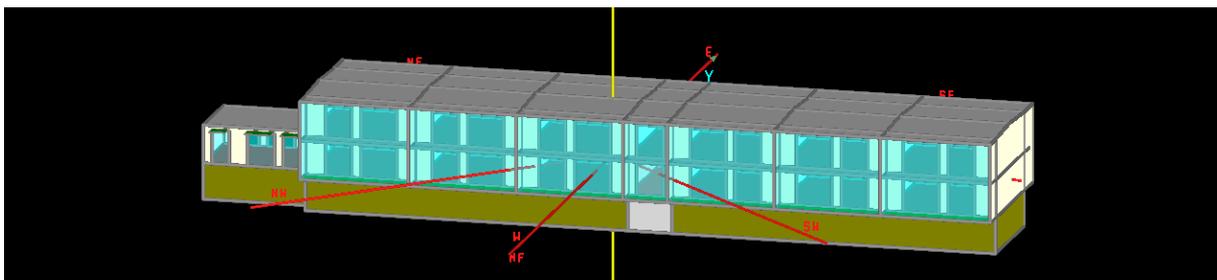


Abbildung 1 Grafische Darstellung des simulierten Gebäudes

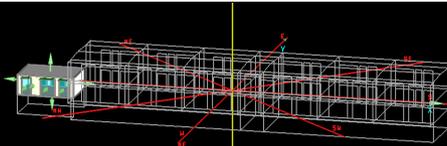
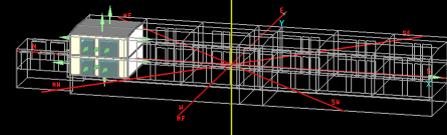
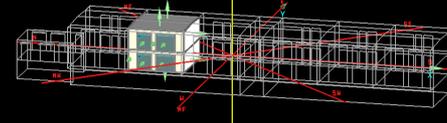
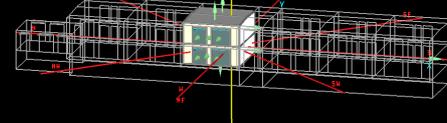
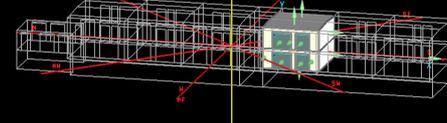
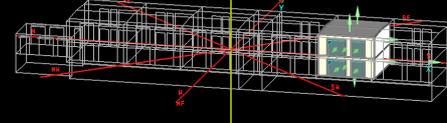
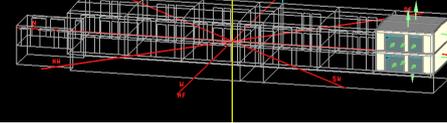
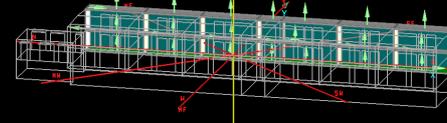
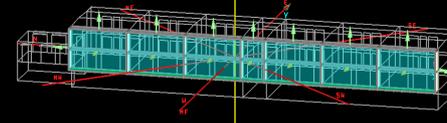
¹ WUFI® (Wärme Und Feuchte Instationär) ist eine Software-Familie zur realitätsnahen instationären Berechnung des gekoppelten ein- und zweidimensionalen Wärme- und Feuchtetransports in mehrschichtigen Bauteilen und Gebäuden unter natürlichen Klimabedingungen.

Quelle: <https://wufi.de> (abgerufen am 3.8.2017)

² siehe Anlage Bauteilaufbauten – TWE vom 20.4.2016

1.2. Zonierung

Es wurden 11 Zonen modelliert, davon 9 Zonen mit variierenden Parametern simuliert.

Zone	Wohnung	BRI	NRI	m ²	
1	Einlieger	117,17	47,38	41,175	
2	1	344,55	224,32	122	
3	2	334,95	222,33	118	
4	3	334,95	222,33	118	
5	4	366,28	260,92	118	
6	5	287,19	174,57	118	
7	6	294,0	171,62	122	
8	Puffer Puffer Ost	826,59	646,23	264,51	
9	Puffer Puffer West	706,66	595,72	226,13	

10	Treppenhau s unbeheizt				
11	Keller Unbeheizt				

1.3 Klima

Das Programm bietet Klimabibliotheken um Wetterdaten an verschiedenen Standorten zu simulieren.

Die Wetterdaten aus Karlsruhe sind nicht in die Programmbibliothek implementiert, daher wurden die Simulationen mit Klimadaten aus Mannheim durchgeführt, die annähernd ähnliche Klimaverhältnisse abbilden.

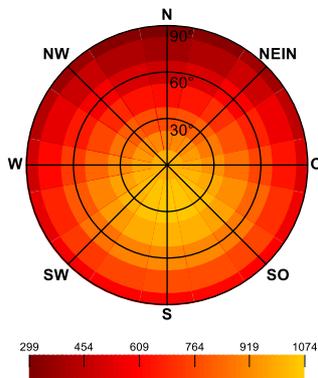


Abbildung 6 Sonnenstunden Quelle: WUFI

Mannheim (Test Reference Year (2004))	
Breitengrad [°]	49,5
Längengrad [°]	8,6
Meter über NN [m]	96
Zeitzone [Stunden Unterschied zu UTC]	1
Weitere Daten	
Albedo	Angewitterter Beton
Terrestrischer Reflexionsgrad kurzwellig	0,2
Terrestrischer Reflexionsgrad langwellig	0,1
Terrestrischer Emissionsgrad langwellig	0,9
Bewölkungsgrad (nur WET-Datei)	0,7
CO2-Konzentration [mg/m³]	350

Abbildung 2 Klimadaten Quelle: WUFI

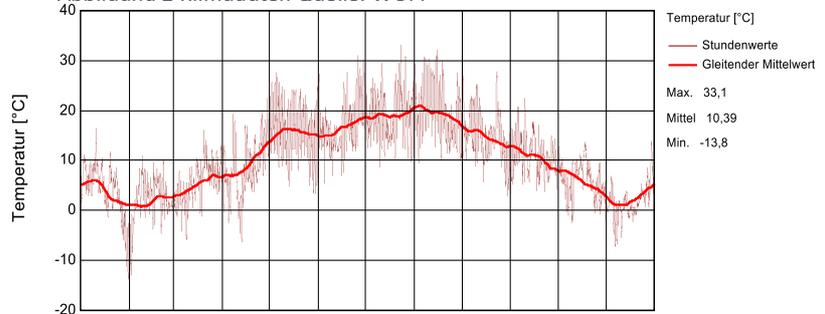


Abbildung 3 Temperaturen Mannheim Quelle : WUFI

Abbildung 5 Sonnenstunden Mannheim / Karlsruhe
Quelle: wetteronline.de

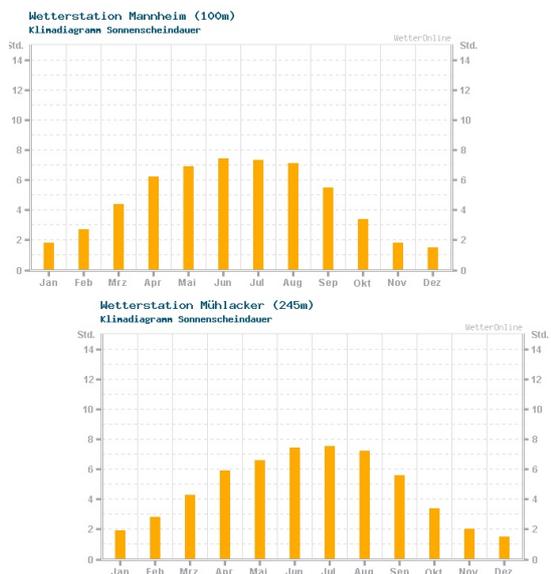
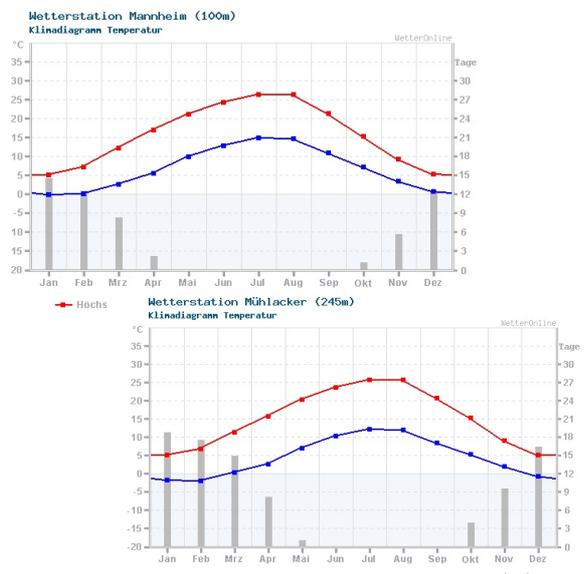


Abbildung 4 Temperaturen Mannheim / Karlsruhe
Quelle: wetteronline.de



1.4 Anlagentechnik

Die Software ermöglicht die Implementierung einer ideellen Anlagentechnik, um die erforderliche Heizleistung in Form der Nutzenergie zu ermitteln. Die simulierte Bereitstellung der Nutzenergie ist dementsprechend unabhängig von Primärenergiefaktoren.

Im Rahmen der gewählten Untersuchungsmethodik wurde, für die Ermittlung der Tendenzen des sich einzustellenden Klimas in den ersten 30 Varianten, eine Versorgung durch einen zentralen Gasbrennwertkessel mit einer Leistung von 60 KW simuliert. Die Versorgungsdeckung wurde prozentual an die Zonen angepasst.

In der weiteren qualitativen Analyse wurde, für die detaillierte Variantenbetrachtung, die Versorgung durch eine zentrale Wärmepumpe (60 KW) in Kombination mit einer mechanischen Abluftanlage mit einer Maximalleistung von 3000 m³/h und einem Wärmerückgewinnungsfaktor für die Wärmepumpe von 90% untersucht.

1.5 Interne Lasten

Die Nutzung der Wohneinheiten wurde durch eine 4-köpfige Familie in den Zonen 2-7 angenommen und die Einliegerwohnung (Zone1) mit einen 2-Personenhaushalt.

Das Nutzungsprofil der jeweiligen Akteure unterscheidet einen Wochenbetrieb (Mo. bis Fr.) und einen Wochenendbetrieb (Sa. & So.).

Die resultierenden konvektiven und strahlenden Wärmeströme der internen Lasten wurden in die Berechnung implementiert.

Weitere ausschlaggebende Parameter wurden wie folgt definiert:

Bekleidung [clo]	0,7
Luftgeschwindigkeit [m/s]	0,1

Die internen Lasten wurden für die Untersuchung aller detaillierten Varianten zur Grundlage gelegt und zeigen wie in Diagramm 1 dargestellt im Jahresverlauf konvektive Wärmegewinne von bis zu 5 KW.

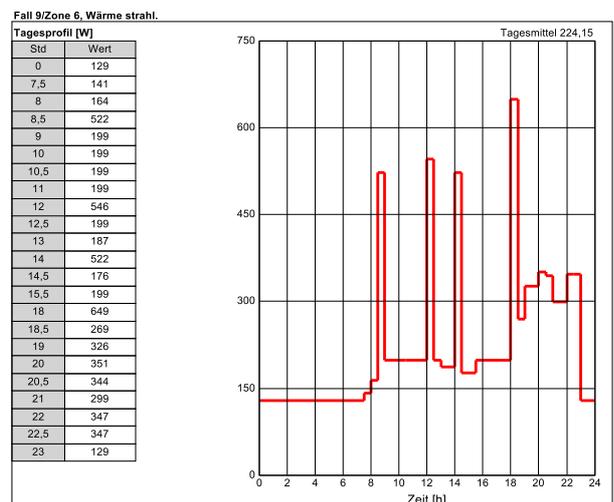


Abbildung 7 Beispiel Annahme interne Lasten - Nutzerprofil 4 köpfige Familie Mo-Fr Quelle: WUFI

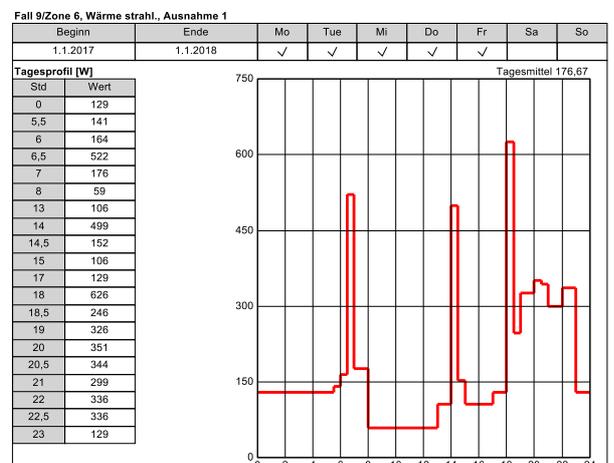
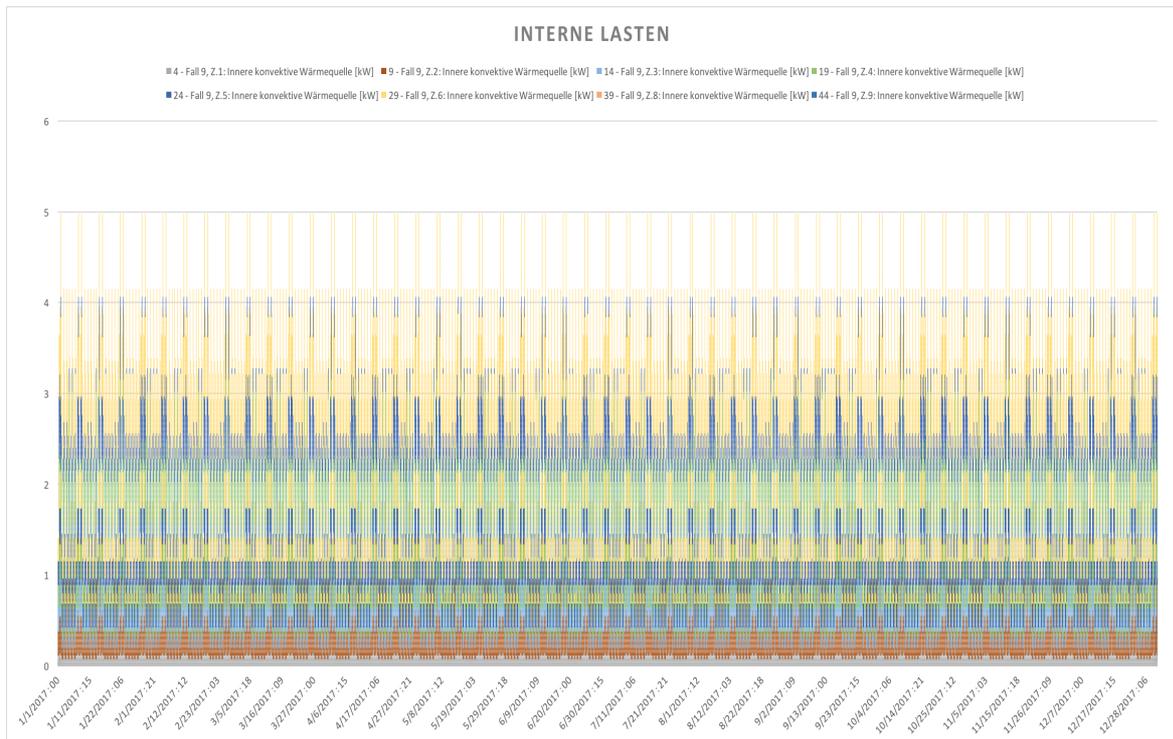


Abbildung 8 Beispiel Annahme interne Lasten - Nutzerprofil 4 köpfige Familie Sa-So Quelle: WUFI

Diagramm 1 Interne Lasten durch konvektive Wärmequelle



1.6 Natürliche Lüftung und Leckagen

Für alle Varianten wurde ein Luftwechsel von 0,1 durch Leckagen angenommen.

In den ersten 10 Varianten wurde kein natürlicher Luftwechsel simuliert, um aus den Bauteiluntersuchungen klare Ergebnisse ohne weitere Einflüsse zu identifizieren.

In den weiteren Varianten wurde ein natürlicher Luftwechsel von 0,5/h im Kerngebäude angenommen.

In den Varianten 35 – 50 wurde in den Pufferzonen die Öffnung der Pufferzone durch einen stufenweisen natürlichen Luftwechsel bis zu 5/h simuliert.

Fall 8/Zone 8, Natürliche Lüftung, Ausnahme 1

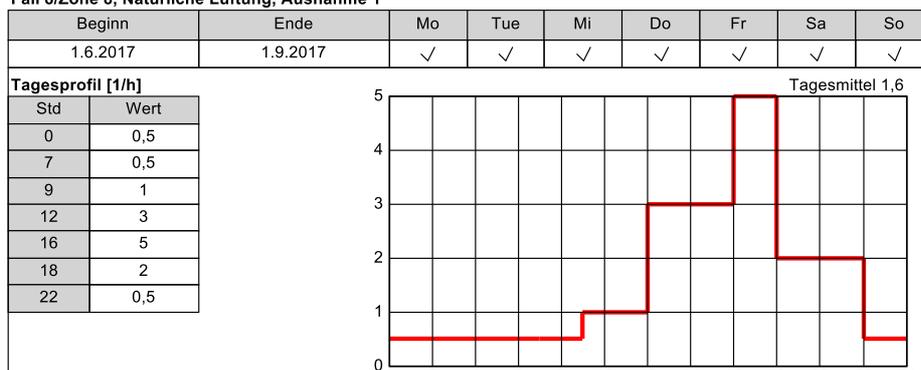


Abbildung 9 Grafische Darstellung der Luftwechsels in den Pufferzonen

2. Untersuchung der Varianten

2.1 Methodik

Die Untersuchungen der Varianten gliedern sich in 4 Kategorien:

1. V1 – V10 Fenster Konfiguration Kerngebäude und Pufferzone
2. V11 – 22 Verschattung von V1, V4, V5 und V10
3. V22 - V34 Annahme eines natürlichen Luftwechsels von 0,5/h
4. V35 – V50 Integration einer mechanischen Lüftungsanlage und Öffnung der Pufferzone im Sommer um Überhitzungen zu Vermeiden

Die jeweiligen Ergebnisse der Untersuchungsschritte detaillieren stufenweise eine realitätsnahe Konfiguration der Bauteile, des Luftwechsels und der Anlagentechnik. Die stufenweise Betrachtung unter Ausschluss von den einflussgebenden Faktoren (natürlicher Luftwechsel und mechanische Lüftungsanlage) liefert klare Ergebnisse der thermischen Prozesse durch die solare Einstrahlung in der Pufferzone. Die Auswertung der Ergebnisse führte zur Identifikation von Potentialen, die Grundlage für die weiteren Detailierungsschritte waren.

Variante 4 und 5 wurden weiteren Untersuchungen detailliert unter den nachfolgenden Aspekten verglichen:

- Operative Temperaturen
- Solare Gewinne
- Heizleistung
- Wärmeströme :
 - Fenster
 - Opake Flächen
 - Lüftung

2.2 Fenster Konfiguration Kerngebäude und Pufferzonen V1 – V10

Eine Zusammenstellung von verschiedenen Fensterkonfigurationen in der Pufferzone und dem Kerngebäude untersucht das Verhältnis zwischen den solaren Gewinnen und den Transmissionswärmeverlusten. Die unterschiedlichen Parameter der jeweiligen Verglasung wurden aus den Bibliotheken von WUFI gewählt. Insbesondere die Einflussgrößen des hemisphärischen SHGC Wertes (solar heat gain = g-Wert äquivalent) und der jeweilige U-Wert stehen im Fokus der Untersuchungen. Wie eingangs erwähnt wurde in dieser Untersuchungsreihe auf die Simulation einer natürlichen und mechanischen Lüftung verzichtet.

	Variantenbeschreibung	Verglasung der Pufferzone	U-wert (W/m ² K)	SHGC ^{II}	Verglasung Kerngebäude	U-Wert (W/m ² K)	SHGC
V1	Pufferzone einfachverglast	Umgeschichtete Einfachverglasung	5,0	0,73	Unbeschichtete Doppelverglasung	2,73	0,6
V2	Pufferzone zweifachverglast	Unbeschichtete Doppelverglasung	2,73	0,6	Unbeschichtete Doppelverglasung	2,73	0,11
V3	Pufferzone 2fach unbeschichtet Kern 2 Fach beschichtet	Unbeschichtete Doppelverglasung	2,73	0,6	Beschichtete Doppelverglasung	2,73	0,11
V4	Pufferzone 2fach beschichtet Kern 2 Fach beschichtet	Beschichtete Doppelverglasung	2,73	0,11	Beschichtete Doppelverglasung	2,73	0,11
V5	Pufferzone 2fach beschichtet Kern 2 Fach beschichtet besserer U-Wert	Beschichtete Doppelverglasung	2,73	0,11	Doppelverglasung mit low-e	1,99	0,53
V6	Pufferzone 2fach beschichtet Kern 2 Fach beschichtet besserer U-Wert	Doppelverglasung mit low-e	1,99	0,53	Doppelverglasung mit low-e	1,99	0,53
V7	Pufferzone 2fach beschichtet Kern 2 Fach beschichtet besserer U-Wert	Doppelverglasung mit low-e	1,99	0,53	Dreifachverglasung	1,76	0,51
V8	Pufferzone 2fach beschichtet Kern 2 Fach beschichtet besserer U-Wert	Dreifachverglasung	1,76	0,51	Dreifachverglasung	1,76	0,51
V9	Pufferzone 3fach beschichtet Kern 1 Fach beschichtet besserer U-Wert	Dreifachverglasung	1,76	0,51	Unbeschichtete Einfachverglasung	5	0,73
V10	Pufferzone 3fach beschichtet Kern 2 Fach beschichtet besserer U-Wert	Dreifachverglasung	1,76	0,51	Beschichtete Doppelverglasung	2,73	0,11

Tabelle 1 Übersicht der Fensterkombinationen

KENNWERTE DER FÜR DIE THERMISCHE SIMULATION VERWENDETEN FENSTER³

Fensterart (Id 4): Unbeschichtete Einfachverglasung		Strahlungswinkel abhängige Daten	
Uw -montiert [W/m²K]	5	Einfallswinkel [°]	SHGC gesamt [-]
Rahmenreduktionsfaktor [-]	0,7		
SHGC (hemisphärisch) [-]	0,73	0	0,81
Langw. Strahlungsem.-grad (Mittel Verglasung/Rahmen) [-]	0,85	60	0,73
		80	0,39

Fensterart (Id 5): Unbeschichtete Doppelverglasung		Strahlungswinkel abhängige Daten	
Uw -montiert [W/m²K]	2,73	Einfallswinkel [°]	SHGC gesamt [-]
Rahmenreduktionsfaktor [-]	0,7		
SHGC (hemisphärisch) [-]	0,6	0	0,7
Langw. Strahlungsem.-grad (Mittel Verglasung/Rahmen) [-]	0,85	60	0,58
		80	0,23

Fensterart (Id 1): Beschichtete Doppelverglasung		Strahlungswinkel abhängige Daten	
Uw -montiert [W/m²K]	2,73	Einfallswinkel [°]	SHGC gesamt [-]
Rahmenreduktionsfaktor [-]	0,7		
SHGC (hemisphärisch) [-]	0,11	0	0,13
Langw. Strahlungsem.-grad (Mittel Verglasung/Rahmen) [-]	0,85	60	0,11
		80	0,06

Fensterart (Id 6): Doppelverglasung mit low-e an Schicht 2, e=0,2		Strahlungswinkel abhängige Daten	
Uw -montiert [W/m²K]	1,99	Einfallswinkel [°]	SHGC gesamt [-]
Rahmenreduktionsfaktor [-]	0,7		
SHGC (hemisphärisch) [-]	0,53	0	0,6
Langw. Strahlungsem.-grad (Mittel Verglasung/Rahmen) [-]	0,2	60	0,51
		80	0,21

Fensterart (Id 7): Dreifachverglasung		Strahlungswinkel abhängige Daten	
Uw -montiert [W/m²K]	1,76	Einfallswinkel [°]	SHGC gesamt [-]
Rahmenreduktionsfaktor [-]	0,7		
SHGC (hemisphärisch) [-]	0,51	0	0,61
Langw. Strahlungsem.-grad (Mittel Verglasung/Rahmen) [-]	0,85	60	0,48
		80	0,16

³ 3 Bibliothekselemente aus WUFI Plus

2.2.1 Ergebnisse Variantenuntersuchung V1 – V10

Die Simulation wurde im Jahres Turnus mit 8760 h durchgeführt. Die Ergebnisse in Diagramm 2 zeigen die jeweils höchsten und niedrigsten Temperaturen, die in einer den simulierten Zonen auftreten. V4 und V5 zeigen annähernd behagliche Temperaturen.

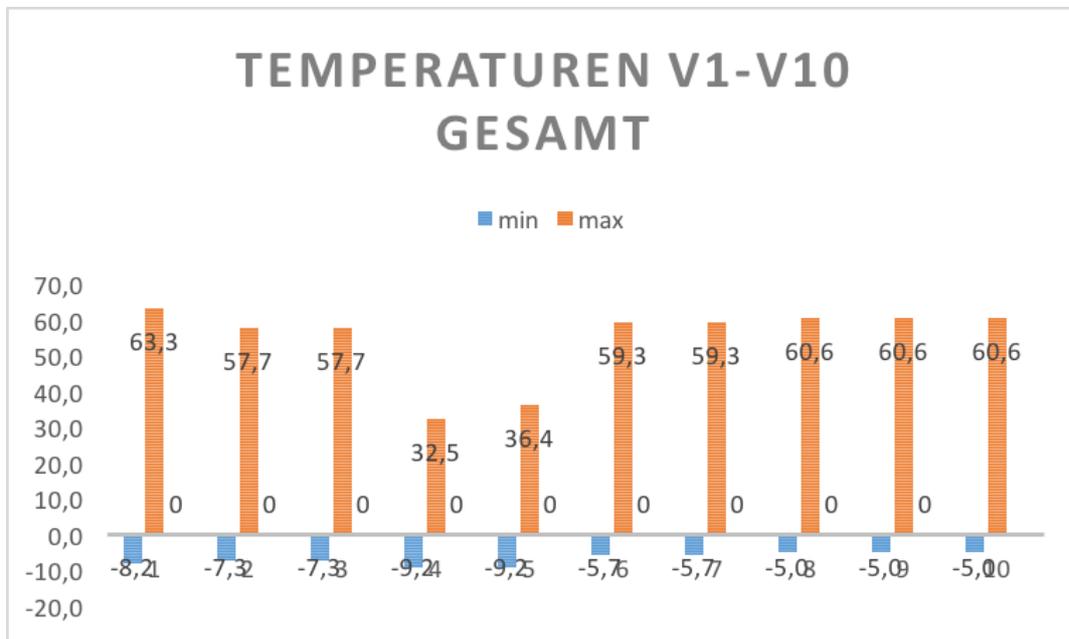


Diagramm 2 Maximale und Minimale Temperaturen der Varianten V1-V10 in allen Zonen

In einem weiteren Schritt wurde die Temperatur Entwicklung in den einzelnen Zonen der Varianten betrachtet, wie in Diagramm 3 dargestellt.

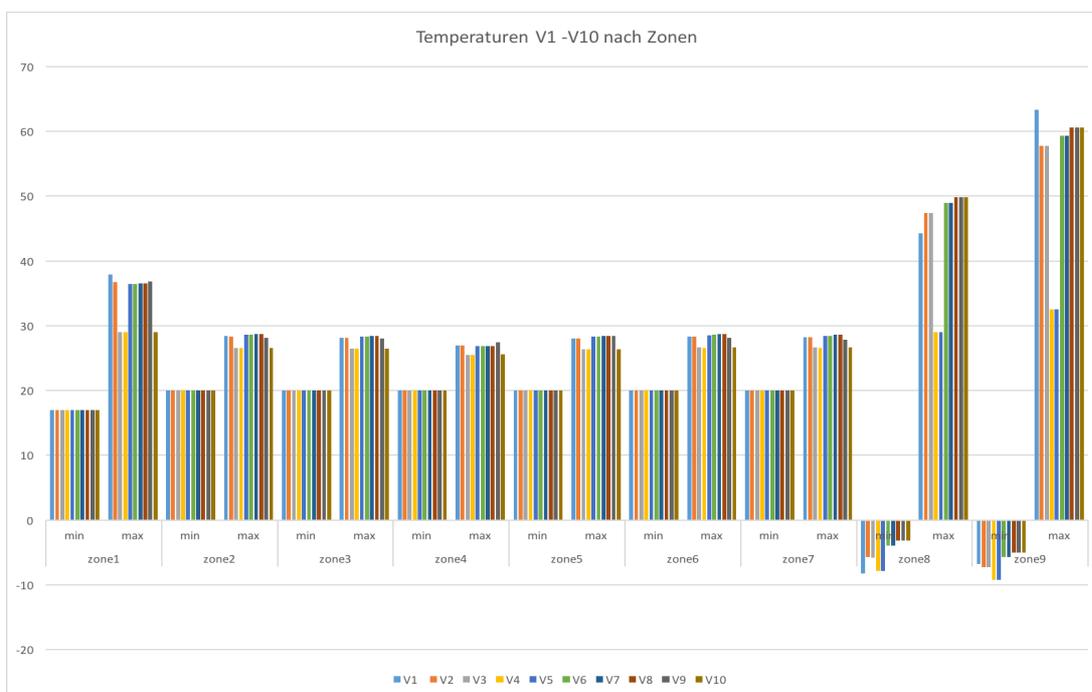


Diagramm 3 Temperaturen nach Zonen V1-V10

Das Ergebnis zeigt, dass sich insbesondere in der unbeheizten Pufferzone extreme Temperaturen im Jahresverlauf entwickeln. In der Einliegerwohnung, die ohne Pufferzone direkt der solaren Einstrahlung ausgesetzt ist, entwickeln sich Temperaturen von knapp unter 40°C. Das lässt sich auf das Verhältnis von hoher Transparenz der Hülle zu geringem Volumen zurückführen.

Diagramm 4 stellt die Ergebnisse der Temperaturen im Verhältnis zu dem berechneten Heizwärmebedarf der jeweiligen Variante dar. Es zeigt sich deutlich, dass sich in Variante V4 die niedrigste Temperatur einstellt, jedoch im Vergleich zu den anderen Varianten einen relativ hoher Heizenergiebedarf resultiert. Variante 5 zeigt in den untersuchten Varianten das beste Verhältnis zwischen annähernden Behaglichkeitstemperaturen und Energiebedarf. Es zeigen sich in V7 und V8 die niedrigsten Energieverbräuche, jedoch verhältnismäßig hohe Temperaturen. In Anbetracht der hohen Investitionskosten für die Dreifachverglasung und Sonnenschutzverglasung wurde diese Variante von weiteren Untersuchungen ausgeschlossen.

Im Weiteren wurden V1 und V10 detaillierter betrachtet. V1 zeigt bei niedrigen Investitionskosten für eine unbeschichtete Einfachverglasung einen verhältnismäßig niedrigen Energiebedarf. V10 soll in den weiteren Untersuchungen zeigen wie sich ein höherer U-Wert in der Pufferzone gegenüber einem niedrigeren U-Wert im Kerngebäude auswirkt.

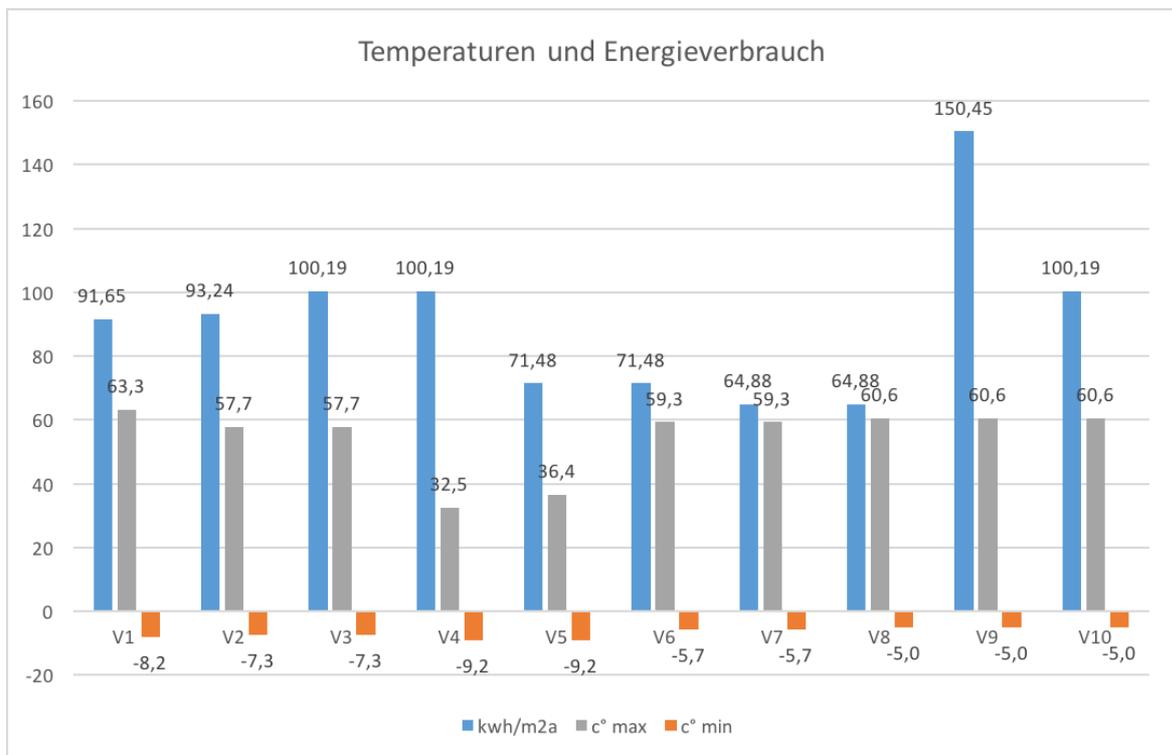


Diagramm 4 Temperaturen und Energieverbrauch im Vergleich V1-V10

Verallgemeinernd lässt sich feststellen, dass eine Kombination der Verglasung mit einem niedrigeren U-Wert und mit einem hohen G-Wert die niedrigsten Temperaturspitzen in der positiven Skala entwickeln, jedoch auch die höchsten Minusgrade.

2.3 Untersuchung von unterschiedlichen Verschattungen V11 – 22

Die vorhergehende thermische Simulation vom 31.5.2017 untersuchte die Verschattung der Pufferzone gemäß des Planungsstands vom 20.4.2017 mit den feststehenden opaken Polycarbonat Platten, die mit Streckblech kombiniert wurden.

Die Ergebnisse von V1 – V10 zeigen Potentiale in den Varianten V1, V4, V5 und V10.

In der weiteren Untersuchung wurde eine außenliegende Verschattung der Pufferzone simuliert.

Um eine dynamische Verschattung zu abbilden wurden 2 Arten des Sonnenschutzes in unterschiedlichen prozentualen Stufen gewählt. Der prozentuale Verschattungsgrad wurde als Konstante angenommen.

In dieser Untersuchung wurde die Auswirkung der Verglasung der Pufferzonen mit unterschiedlichen Wärmedurchgangskoeffizienten und verschiedenen G-Werten fokussiert. Im Gegensatz zu den vorigen Untersuchungen wurde die Pufferzone in den Eingangsparametern als komplett verglast angenommen. Die Entscheidung dazu liegt zum einen in dem Entwurfsansatz begründet, die Fassade des Kerngebäudes dem ursprünglichen Entwurf entsprechend zurückzubauen und durch die Transparenz der Pufferzone ablesbar zu gestalten. Zum anderen untersucht die Simulation insbesondere die Betrachtung einer dynamischen (beweglichen) Verschattung, die z. B. durch die Streckblechelemente ohne Kombination von feststehenden Polycarbonat Platten angenommen wurde.

Die Transluzenz der angenommenen Verschattungselemente variiert zwischen 30%, 50% und 70%. Eine Dynamik (Beweglichkeit) der Verschattung wurde anhand zweier Steuerungsparameter untersucht. Die Verschattung der 4 unterschiedlichen Varianten wurden einerseits bei einem Grenzwert der solaren Einstrahlung von 200W/m² simuliert. Andererseits wurde die Verschattung bei Überhitzung aktiviert, d. h. wenn die Innentemperatur über die maximale Auslegungsbedingung von 27 °C steigt.

Die Untersuchung der ausgewählten Varianten fokussiert das Identifizieren weiterer Tendenzen und Potentiale. Folgende Konfigurationen wurden untersucht:

Tabelle 2 Zusammenstellung der untersuchten Verschattungsvarianten

	Untersuchte Variante	Art der Verschattung	Prozentualer Anteil Verschattung
V11	V1	Verschattung bei 200 W/m ²	70%
V12	V1	Verschattung bei 200 W/m ²	50 %
V13	V1	Verschattung bei 200 W/m ²	30%
V14	V1	Verschattung bei Überhitzung	70%
V15	V1	Verschattung bei Überhitzung	50 %
V16	V1	Verschattung bei Überhitzung	30%
V17	V4	Verschattung bei 200 W/m ²	70%
V18	V4	Verschattung bei Überhitzung	70%
V19	V5	Verschattung bei 200 W/m ²	70%
V20	V5	Verschattung bei Überhitzung	70%
V21	V10	Verschattung bei 200 W/m ²	70%
V22	V10	Verschattung bei Überhitzung	70%

2.3.1 Ergebnisse V11 – V22

Wie die Ergebnisse zeigen, stellen sich in allen Varianten durch einen höheren Grad der Verschattung behaglichere Temperaturen ein. Der Vergleich zeigt, dass sich die Steuerungsmechanik „Vermeidung von Überhitzung“ zu behaglicheren Temperaturen führt. Die Verringerung der solaren Einstrahlung durch die Verschattungssimulation aller Varianten zeigt marginale Veränderungen des Heizwärmebedarfs gegenüber der Untersuchungen V1-V10. Das liegt darin begründet, dass in der Berechnung der Heizenergiebedarf in Zonen 1-7 bereits die Wärmegewinne aus der solaren Strahlung berücksichtigt und die Verschattung nur bei Übergradtemperaturen aktiviert wird.

Die Untersuchung von Variante 1 zeigt, dass die Extremtemperaturen bei gleichbleibenden Heizenergiebedarf durch einen höheren Grad der Verschattung reduzieren lassen. Aus diesem Grund wurden für die Untersuchten der Varianten V4, V5 und V10 jeweils die maximale Verschattung von 70% simuliert, um die niedrigsten Temperaturen zu identifizieren.

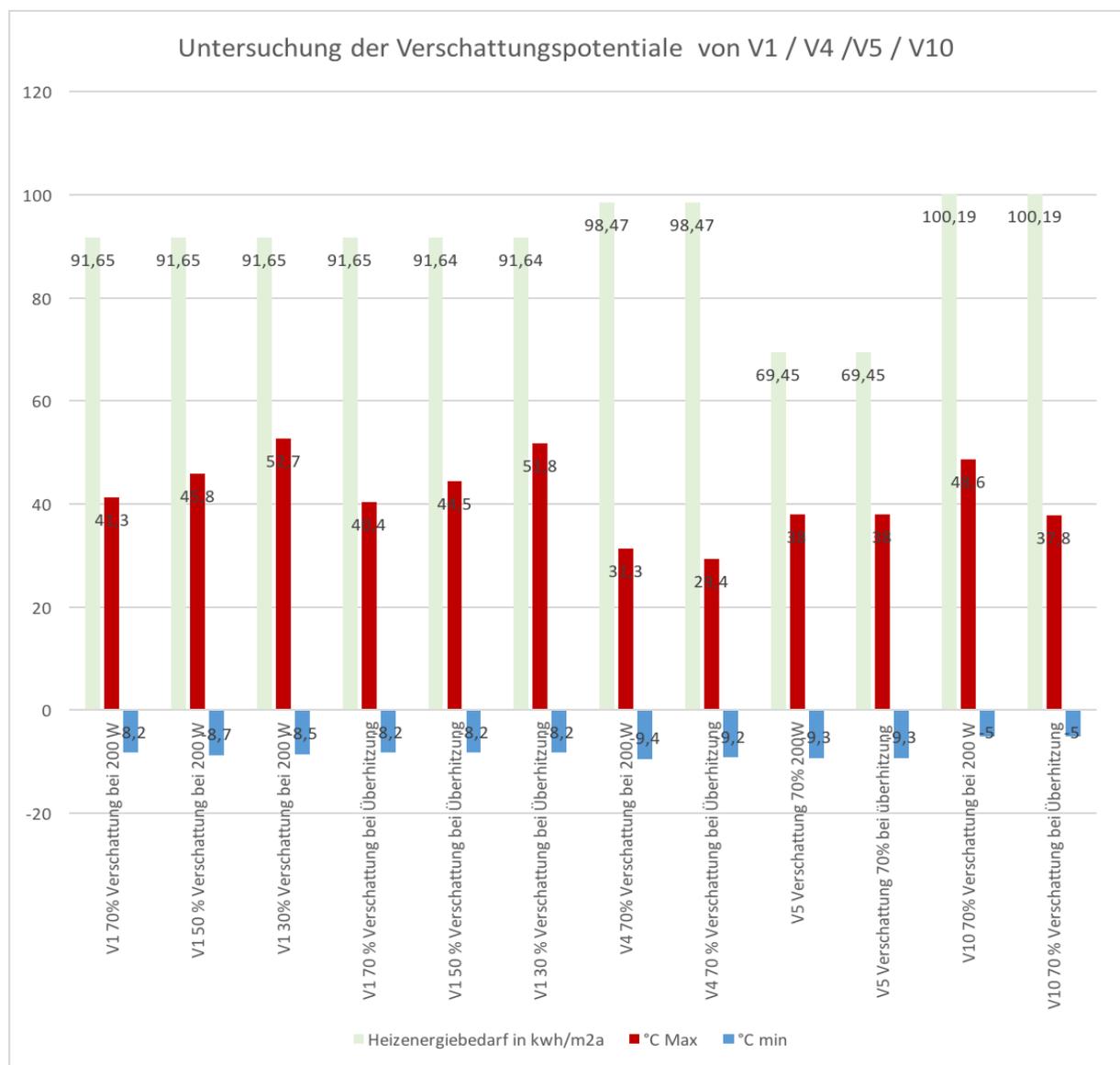


Diagramm 5 Verschattung Ergebnisse V11- V22

2.4 Untersuchungen bei Annahme eines natürlichen Luftwechsels von 0,5/h V23 - V34

Die Varianten V1 – V22 wurden bislang unter „Laborbedingungen“ simuliert, um Erkenntnisse der thermischen Wärmeströme zu fokussieren. Für eine stufenweise Annäherung an realitätsnahe Bedingungen wurden in V23-V34 die jeweiligen Konfigurationen in allen Zonen mit einem Luftwechsel von 0,5 simuliert. Der gewählte Luftwechsel entspricht nicht den Anforderungen der DIN 1946-6 für den entwickelten Grundriss, simuliert aber für das abstrahierte Modell ein realitätsnahes Lüftungsverhalten durch Fensteröffnungen.



Diagramm 6 Ergebnisse V23-34 – Untersuchungen von natürlichem Luftwechsel 0,5/h

2.4.1 Ergebnisse V22-V34

Die Ergebnisse in Diagramm 6 und Tabelle 3 zeigen deutlich einen erhöhten Heizenergiebedarf im Vergleich zu den vorhergegangenen Untersuchungen von V11-V22. Der unkontrollierte Luftaustausch ohne Wärmerückgewinnung durch die simulierte Fensterlüftung erhöht die thermischen Verluste.

Variantenbezeichnung	Temperatur max. V11-V22	Temperatur max. V23-V34	Differenz °C	Heizenergiebedarf max. V11-V22	Heizenergiebedarf max. V23-V34	Differenz (KW)
V1 70% Verschattung bei 200 W	41,3	44	2,7	91,65	115,81	24
V1 50% Verschattung bei 200 W	45,8	49	3,2	91,65	115,81	24
V1 30% Verschattung bei 200 W	52,7	51,5	-1,2	91,65	115,81	24
V1 70 % Überhitzung	40,4	39,9	-0,5	91,65	115,81	24
V1 50 % Überhitzung	44,5	45	0,5	91,65	115,1	23
V1 30 % Überhitzung	51,8	45,2	-6,6	91,65	117,43	26
V4 70% Verschattung bei 200 W	31,3	31,5	0,2	98,47	123,54	25
V4 70 % Überhitzung	29,4	29,5	0,1	98,47	125,3	27
V5 70% Verschattung bei 200W	38	37,4	-0,6	69,45	92,9	23
V5 70% Überhitzung	38	37,4	-0,6	69,45	92,9	23
V10 70% Verschattung bei 200W	48,6	46,8	-1,8	100,19	122,82	23
V10 70 % Überhitzung	37,8	35,9	-1,9	100,19	125,27	25

Tabelle 3 Vergleich Varianten V11-22 und V23-34

Interessant sind die Differenzen in den maximalen Temperaturwerten. Während sich bei V5 und V10 durch den erhöhten Luftwechsel eine Verbesserung darstellt verschlechtern sich in V4 und teilweise in V1.

Mögliche Ursachen der Unterschiede in den Ergebnissen sind die verschiedenen Temperaturentwicklungen in den einzelnen Zonen. Wie in Diagramm 3 dargestellt zeigen sich insbesondere in Zone 1, Zone 8 und 9 das Auftreten von Übergraden. Bei Regulation der Sonneneinstrahlung in der Pufferzone durch die Verschattung, jedoch nicht in Zone 1 kann es zu höheren Temperaturen in der Einliegerwohnung kommen.

Das Phänomen wurde in den weiteren Variantenuntersuchungen detailliert beleuchtet.

Es zeigt sich deutlich, dass sich in V1 durch die Erhöhung des Sonnenschutzes kein behagliches Klima einstellt.

2.5 Integration einer mechanischen Lüftungsanlage und Öffnung der Pufferzone im Sommer um Überhitzungen zu vermeiden V35 – V50

Die Untersuchungsreihe V35 – V50 analysiert die Konfigurationen aus V1, V4, V5 und V10. V5 wurde um eine 30%ige und 50%ige Verschattung je Steuerungsmechanismus erweitert.

Alle Varianten dieser Reihe sind mit einer temperaturgesteuerten Abluftanlage mit einer Maximalleistung von 3000m³/h simuliert, die prozentual anteilig auf die Zonen 2-6 umgelegt wurde. Die Abluftanlage wird ab einer Überhitzung von 30°C aktiviert (3K über Auslegungsbedingung von 27°C). Die Abluft wurde der Luft/ Wasser Wärmepumpe mit einer Leistung von 50 KW direkt zugeführt.

Der natürliche Luftwechsel wurde mit 0,5/h angenommen.

Die Pufferzonen wurden durch die in Punkt 7 dargestellte Öffnungszeiten im Zeitraum vom 1.6. bis 1.9 als geöffnet simuliert, um Temperaturstauungen und Überhitzungen zu vermeiden.

Variante	Ursprungs- variante	Verglasung Pufferzone	Verglasung Kerngebäude	Nat. Lüftung Pufferzone 1.6 – 1.9 Tagesmittel.	Mechanische Lüftung	Lüftung durch Leckagen alle	Natürlicher Luftwechsel	Temperaturst euerung Abluftanlage	Wärmepumpe	Speicher WW	Leistung Lüftungsanlag	Verschattung	Verschattungs- steuerung	Verschattung b. Überhitzung
V35	V1 70% 200 W	1-Fach unbeschichtet	2-Fach unbeschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	30°	x	x	3000	70%	200 W	
V36	V1 50 % 200 W	1-Fach unbeschichtet	2-Fach unbeschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	55%	200 W	
V37	V1 30% 200 W	1-Fach unbeschichtet	2-Fach unbeschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	30%	200 W	
V38	V1 70 % Überhitzung	1-Fach unbeschichtet	2-Fach unbeschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	70%		x
V39	V1 50 % Überhitzung	1-Fach unbeschichtet	2-Fach unbeschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	55%		x
V40	V1 30 % Überhitzung	1 Fach unbeschichtet	2-Fach unbeschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	30%		x
V41	V4 70% 200 W	2 Fach beschichtet	2-Fach beschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	70%	200 W	
V42	V4 70 % Überhitzung	2-Fach beschichtet	2-Fach beschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	70%		x
V43	V5 70 % 200 W	2 Fach beschichtet	2 Fach beschichtet besserer U-Wert	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	70%	200 W	
V44	V5 70 % Überhitzung	2 Fach beschichtet	2 Fach beschichtet besserer U-Wert	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	70%		x
V45	V5 50 % 200 W	2 Fach beschichtet	2 Fach beschichtet besserer U-Wert	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	50%	200 W	
V46	V5 50% Überhitzung	2 Fach beschichtet	2 Fach beschichtet besserer U-Wert	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	50%		x
V47	V5 30% 200 W	2 Fach beschichtet	2 Fach beschichtet besserer U-Wert	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	30%	200 W	
V48	V5 30% Überhitzung	2 Fach beschichtet	2 Fach beschichtet besserer U-Wert	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	30%		x
V49	V10 70% 200 W	3 Fach Verglasung	2 Fach beschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	70%	200 W	
V50	V10 70 % Überhitzung	3 Fach Verglasung	2 Fach beschichtet	1,4	nein	0,1	0,5	3 K	x	x	3000	70%		x

Tabelle 4 Übersicht der Eingangsparameter von Varianten V35-V50

2.5.1 Ergebnisse V35-V50

Der Vergleich der Varianten zeigt für V1, V5 und V10 (200W) eine Reduktion der Spitzentemperaturen gegenüber der Untersuchungsreihe V22-V34.

V4 und V10 (Verschattung bei Überhitzung) zeigen eine leichte Erhöhung der Spitzentemperaturen von 0,3°C -0,9°.

Der Wechsel von Gas auf die Wärmepumpe zeigt kaum Einfluss auf den Heizenergiebedarf. Zum einen liegt dies darin begründet, dass die Primärenergiefaktoren in dieser Bilanzierung unberücksichtigt bleiben. Zum anderen können die Wärmegewinne aus der Abluft zur Erhöhung der Jahresarbeitszahl nur bedingt durch die Berechnungssystematik berücksichtigt werden.

Verallgemeinernd lässt sich feststellen, dass der Einsatz einer Abluftanlage bei dem genannten Luftwechsel sowie die Öffnung der Pufferzone im Sommer eine Temperaturverbesserung von bis zu 2°C ermöglicht.

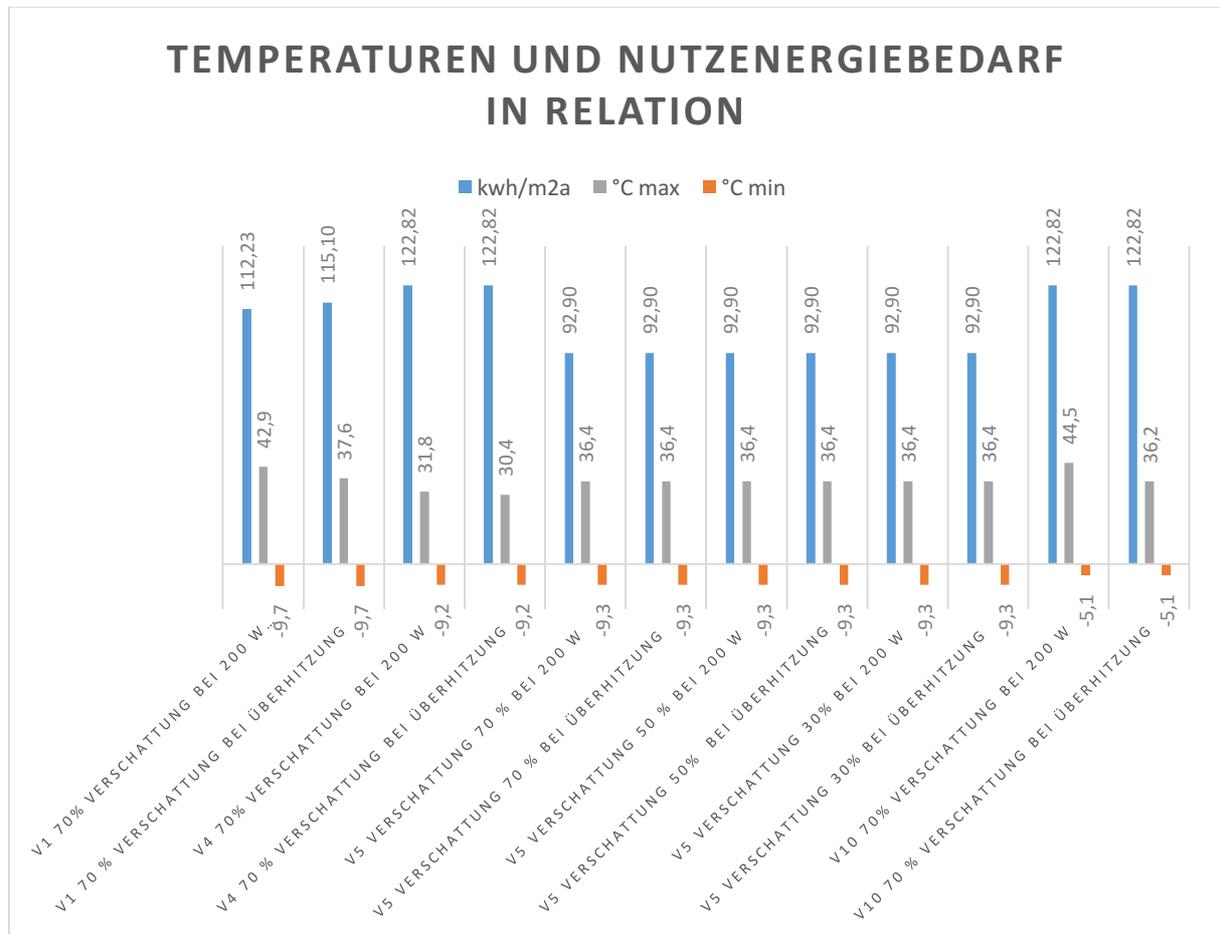


Diagramm 7 Temperaturen und Heizenergiebedarf (Nutzenergie) V35-V50

Auffallend ist die gleichbleibende Temperatur bei V5 trotz Erhöhung der Verschattung. Die zonale Untersuchung (Diagramm 8) zeigt, dass sich für V5 in der Einliegerwohnung (Zone1) Temperaturen bis 36,4°C entwickeln, in der Pufferzone West (Zone 9) jedoch Temperaturen zwischen 30,6°C-31,7°C.

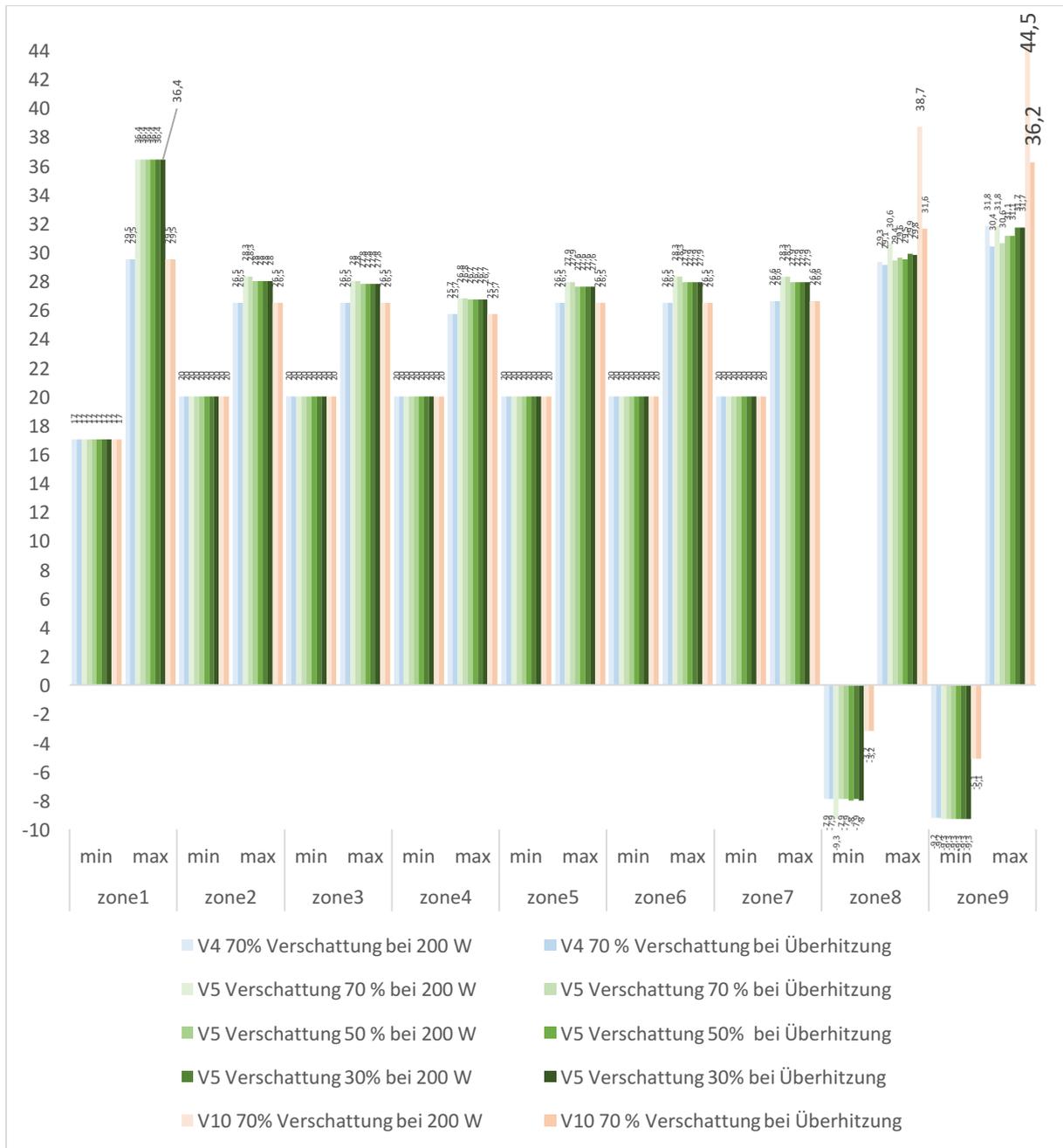


Diagramm 8 Zonale Betrachtung der Temperaturentwicklung V35-V50

2.5.2 Untersuchungen sommerlicher Wärmeschutz V35-V50

Die Varianten V35 – V50 wurden neben der thermischen Gebäudesimulation in WUFI Plus auf die Anforderungen des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß DIN 4108-2:2013 untersucht. Die Ergebnisse werden in diesem Bericht in den wesentlichen Ergebnissen zusammengefasst.

In Diagramm 7 werden die Übertemperaturgradstunden der Zonen 1,8 und 9 dargestellt. Auffallend ist die Temperaturentwicklung in der Einliegerwohnung, die in V4 und V10 unterschritten wird und in V1 und V5 den Anforderungswert um das 3-fache übersteigt.

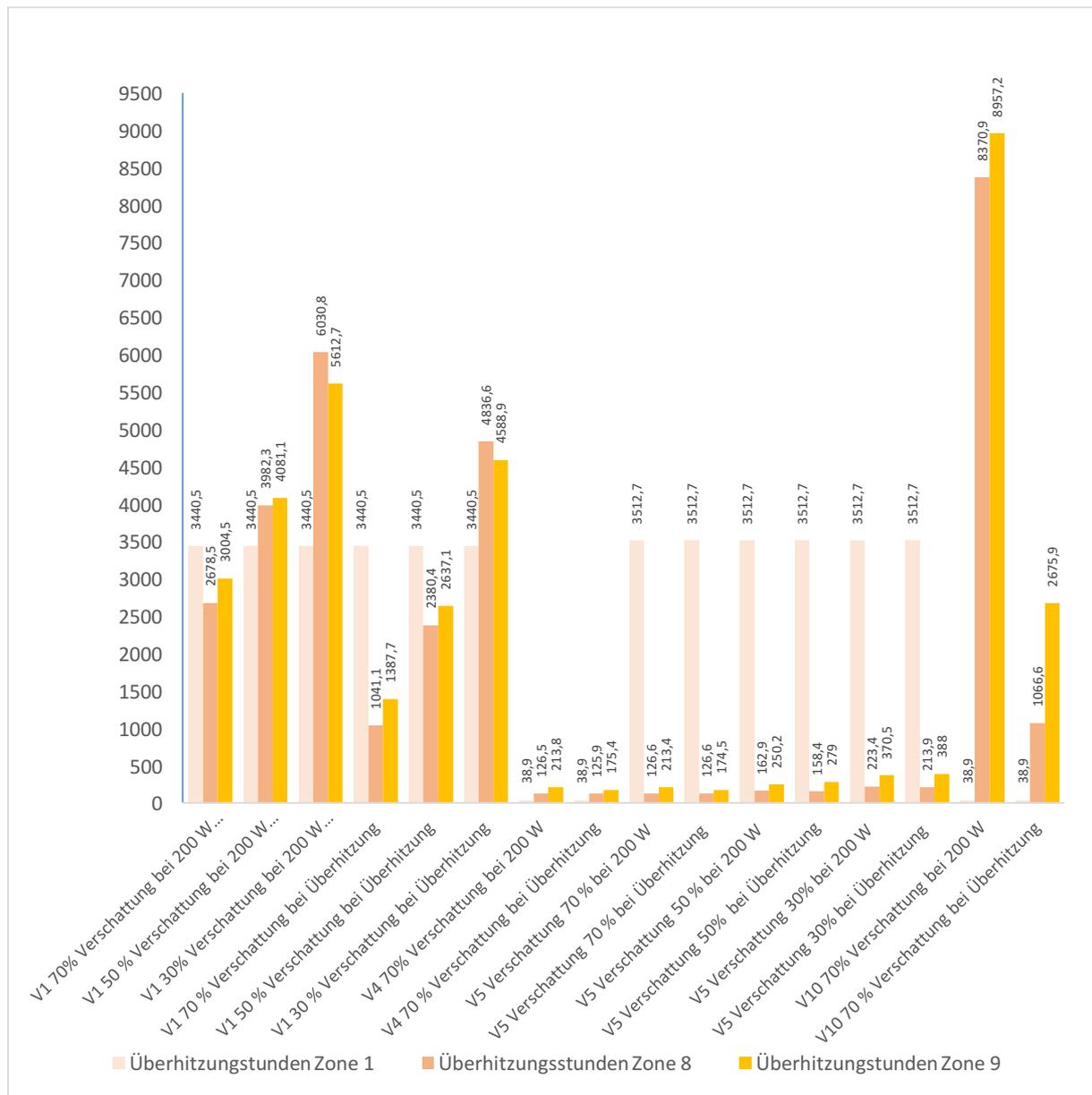


Diagramm 9 Übertemperaturgradstunden (kKh/a) der untersuchten Varianten V34-V50

In der Konfiguration der Fenster von V4 und V10 wurden die beschichtete Doppelverglasung mit einem SHGC Wert hemisphärisch von 0,11 verwendet. Der Vergleich in den Abbildungen 10 und 11 der Fensterkonfigurationen der Varianten V4 und V5 in Zone 1 zeigt die Unterschiede und Gemeinsamkeiten. Aus dem schlechteren U-Wert resultieren höhere Transmissionswärmeverluste. Der schlechtere SHGC Wert sorgt für höhere solare Gewinne. Das führt, mit den Erkenntnissen aus der zonalen Betrachtung, zu der Schlussfolgerung, dass ein hoher g-Wert (ca. 0,9) maßgeblich zur Reduktion von Überhitzungen beiträgt.

Variante 4 /Zone 1/Fenster : Allgemeine Daten

Name	Fenster Kerngebäude
Typ	Transparent
Innenseite	Zone/Raum 1: Einlieger Wohnung
Außenseite	Außenluft
Fensterart	Fensterart (Id 1): Beschichtete Doppelverglasung
Sonnenschutz	
Uw -montiert [W/m²K]	2,73
Geometrie	
Fläche [m²]	21,3
Neigung [°]	90
Ausrichtung	Ost (52 %), West (48 %)
Oberfläche	
Wärmeübergangskoeffizient, konvektiv, außen [W/m²K]	18,5
Wärmeübergangskoeffizient, strahlend, außen [W/m²K]	6,5
Wärmeübergangskoeffizient, konvektiv, innen [W/m²K]	3,19231
Wärmeübergangskoeffizient, strahlend, innen [W/m²K]	4,5
Rse / Rsi (Gemäß Bauteiltyp) [-]	0,04 / 0,13
Verschattungsfaktor, konstant [-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen [-]	0,139

Fensterart (Id 1): Beschichtete Doppelverglasung

Uw -montiert [W/m²K]	2,73
Rahmenreduktionsfaktor [-]	0,7
SHGC (hemisphärisch) [-]	0,11
Langw. Strahlungsem.-grad (Mittel Verglasung/Rahmen) [-]	0,85

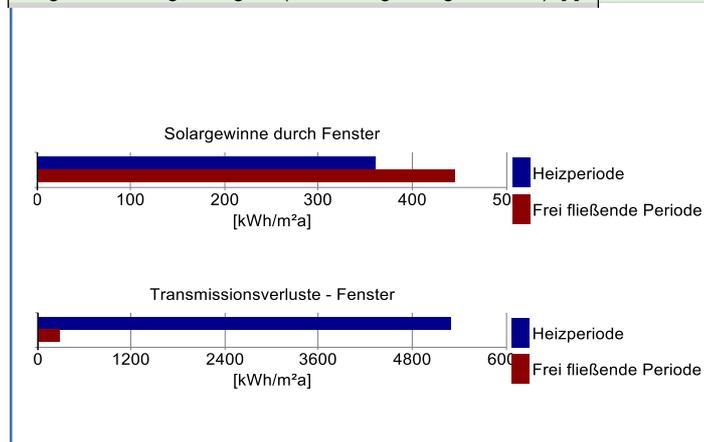


Abbildung 11 Fensterkonfiguration V4

Variante 5 /Zone 1/Bauteil Fenster: Allgemeine Daten

Name	Fenster Kerngebäude
Typ	Transparent
Innenseite	Zone/Raum 1: Einlieger Wohnung
Außenseite	Außenluft
Fensterart	Fensterart (Id 6): Doppelverglasung mit low-e an Schicht 2, e=0,2
Sonnenschutz	
Uw -montiert [W/m²K]	1,99
Geometrie	
Fläche [m²]	21,3
Neigung [°]	90
Ausrichtung	Ost (52 %), West (48 %)
Oberfläche	
Wärmeübergangskoeffizient, konvektiv, außen [W/m²K]	18,5
Wärmeübergangskoeffizient, strahlend, außen [W/m²K]	6,5
Wärmeübergangskoeffizient, konvektiv, innen [W/m²K]	3,19231
Wärmeübergangskoeffizient, strahlend, innen [W/m²K]	4,5
Rse / Rsi (Gemäß Bauteiltyp) [-]	0,04 / 0,13
Verschattungsfaktor, konstant [-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen [-]	0,139

Fensterart (Id 6): Doppelverglasung mit low-e an Schicht 2, e=0,2

Uw -montiert [W/m²K]	1,99
Rahmenreduktionsfaktor [-]	0,7
SHGC (hemisphärisch) [-]	0,58
Langw. Strahlungsem.-grad (Mittel Verglasung/Rahmen) [-]	0,2

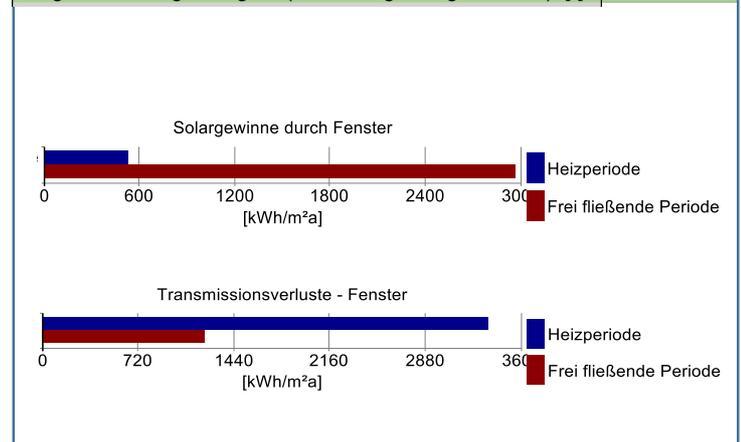


Abbildung 10 Fensterkonfiguration V5

Abbildung 12 V4 Detailergebnisse Zone 9

Abbildung 13 V5 Detailergebnisse Zone 9

mit weiteren werden V4 mit 70 % Verschattung und V5 mit 50 % Verschattung im Jahresverlauf unter den nachfolgenden Aspekten verglichen:

- Operative Temperaturen
- Solare Gewinne
- Heizleistung
- Wärmeströme Fenster und opake Flächen

Diagramm 10 V4 operative Temperaturen

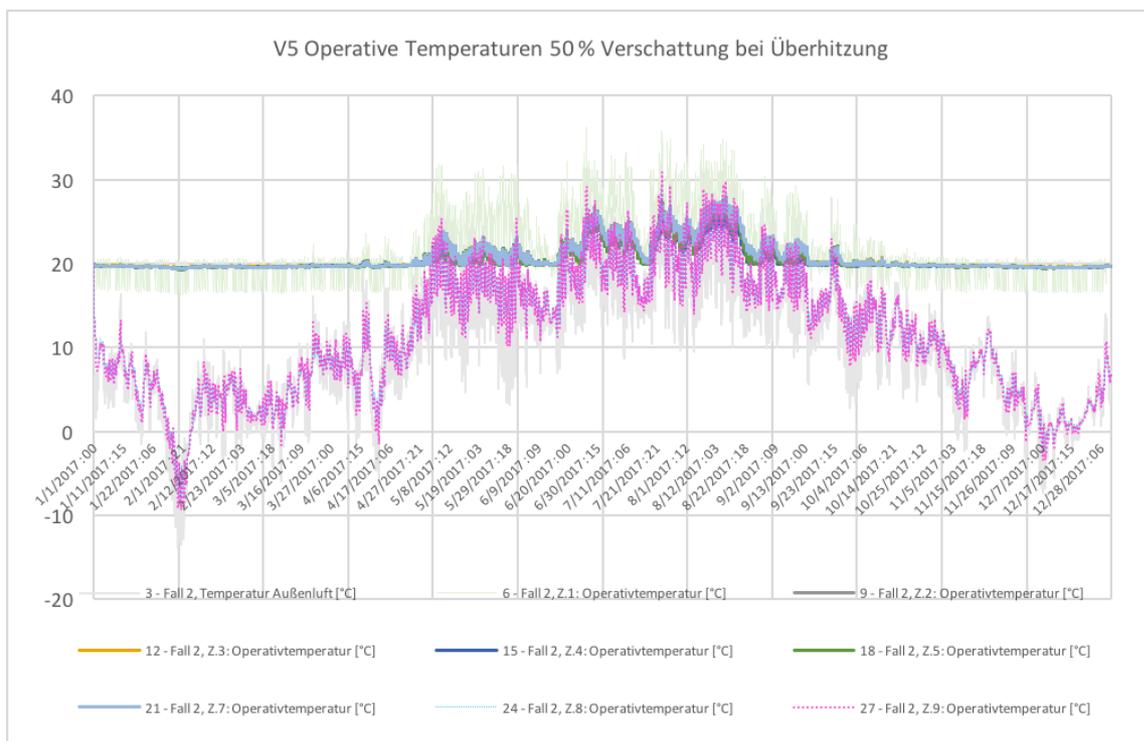
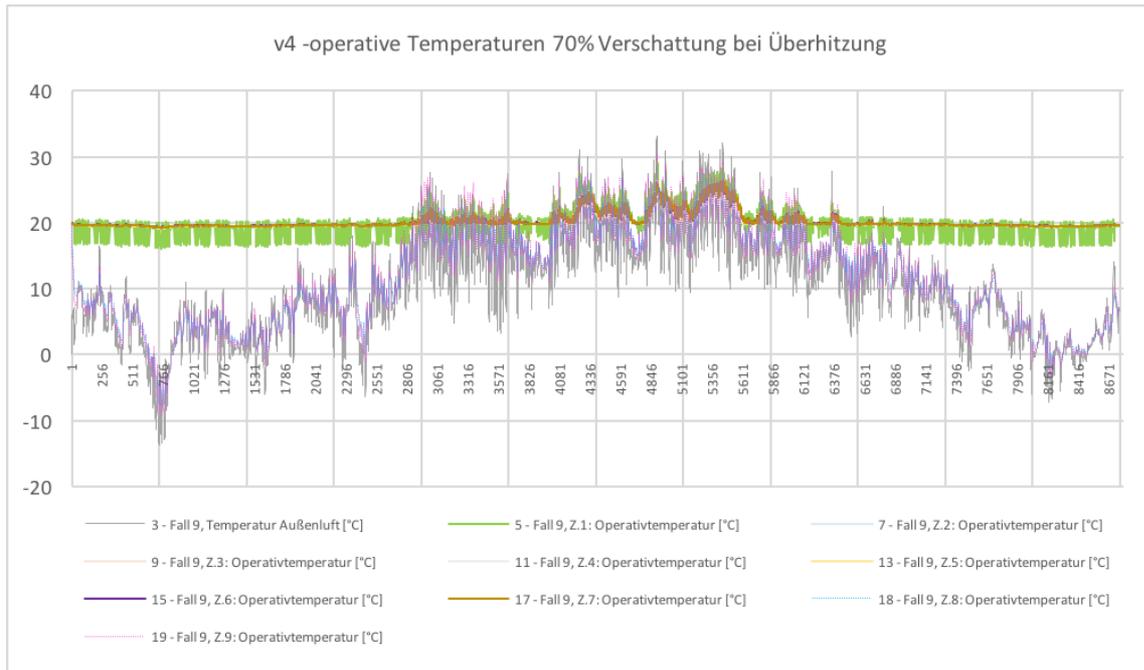


Diagramm 11 V5 operative Temperaturen

Diagramm 12 V4 erforderliche Heizleistung

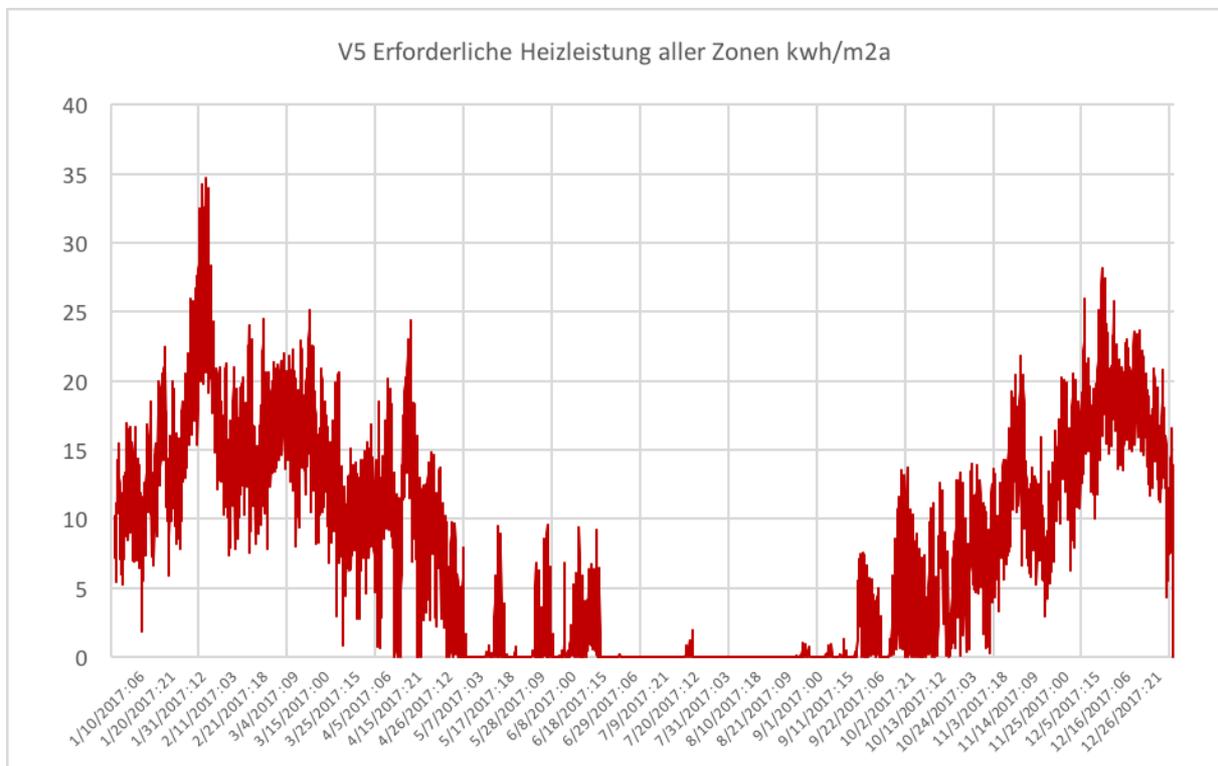
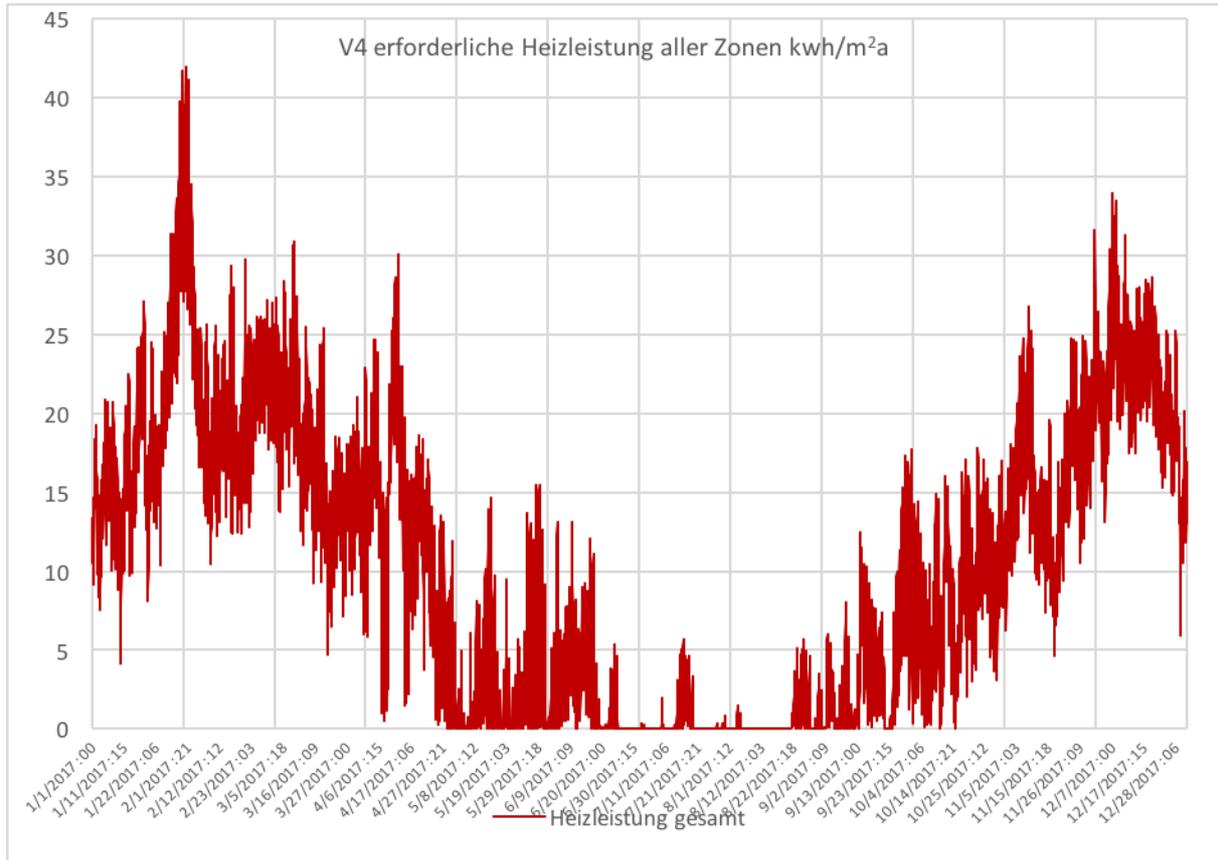


Diagramm 13 V5 erforderliche Heizleistung

Diagramm 14 V4 Solare Wärmegewinne

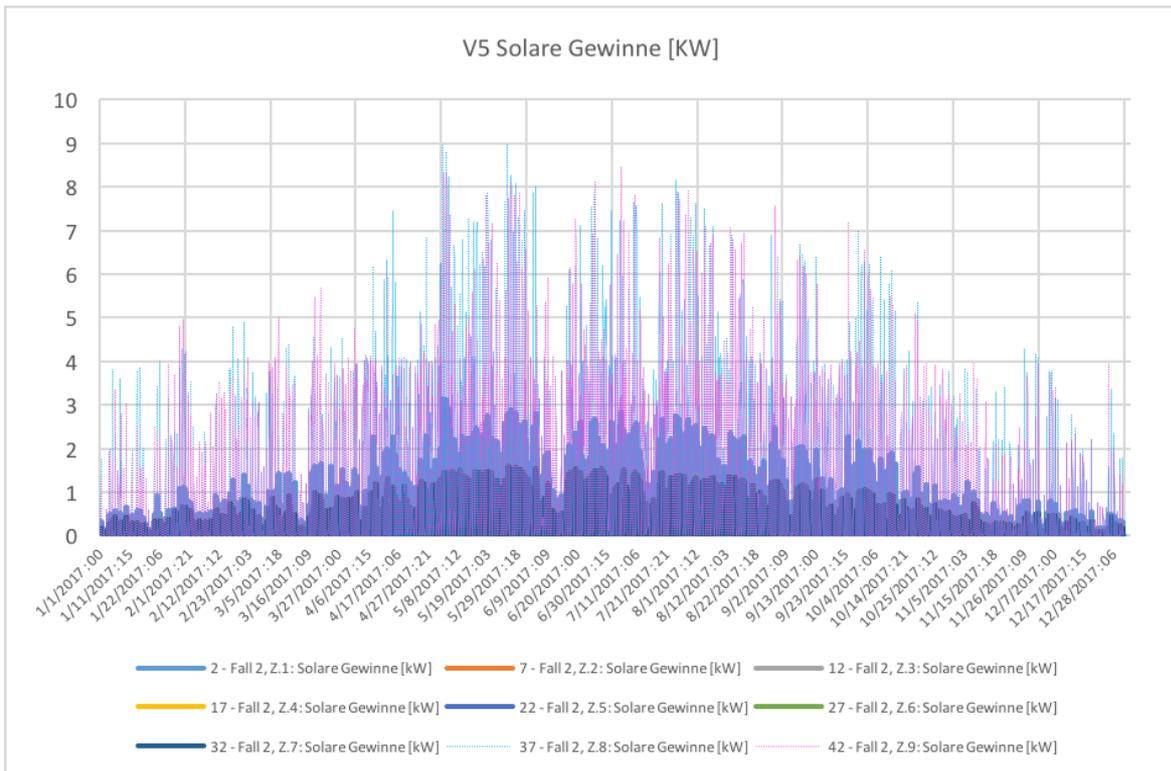
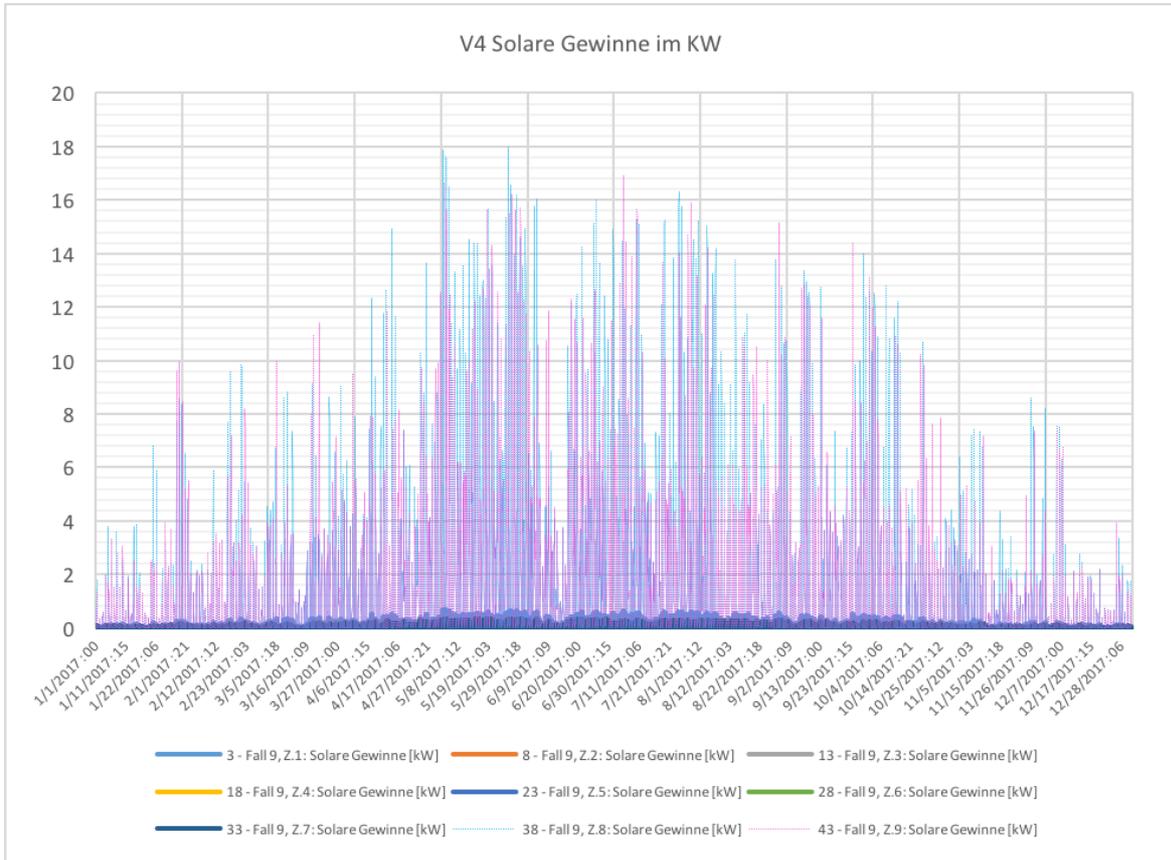


Diagramm 15 V5 Solare Wärmegewinne

Diagramm 16 V4 Wärmeaustausch Fenster

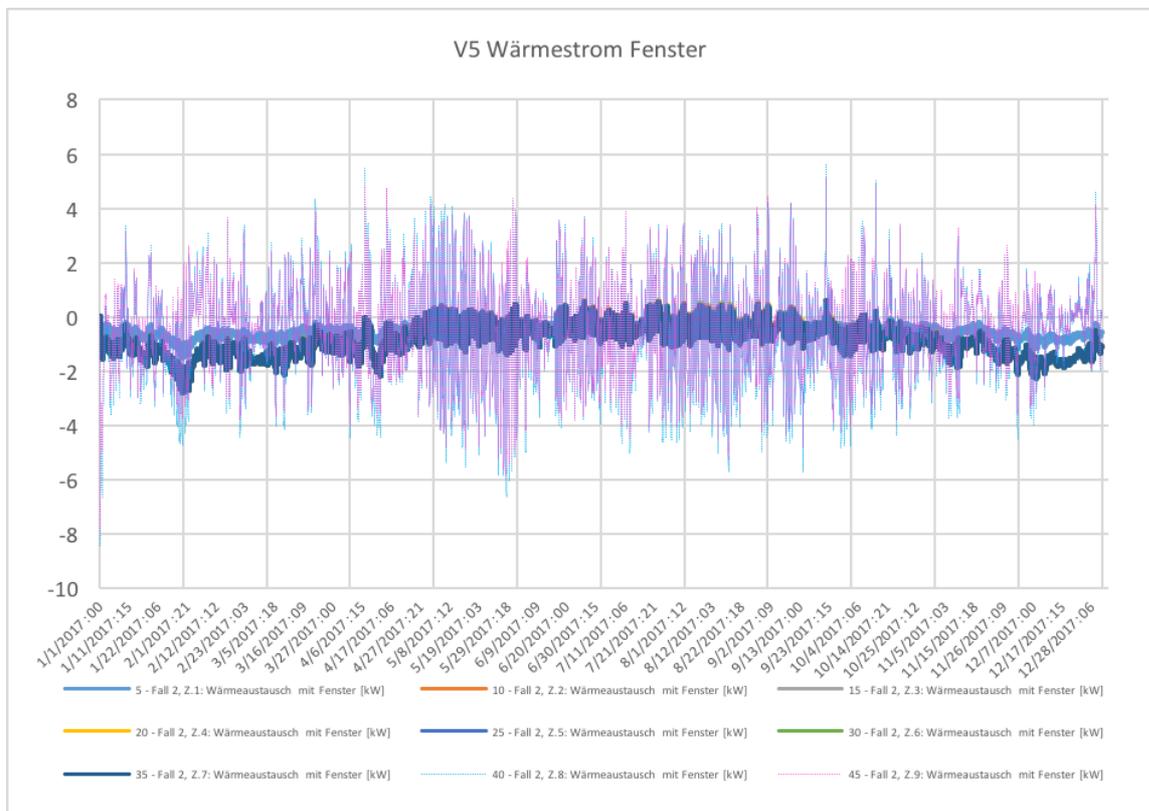
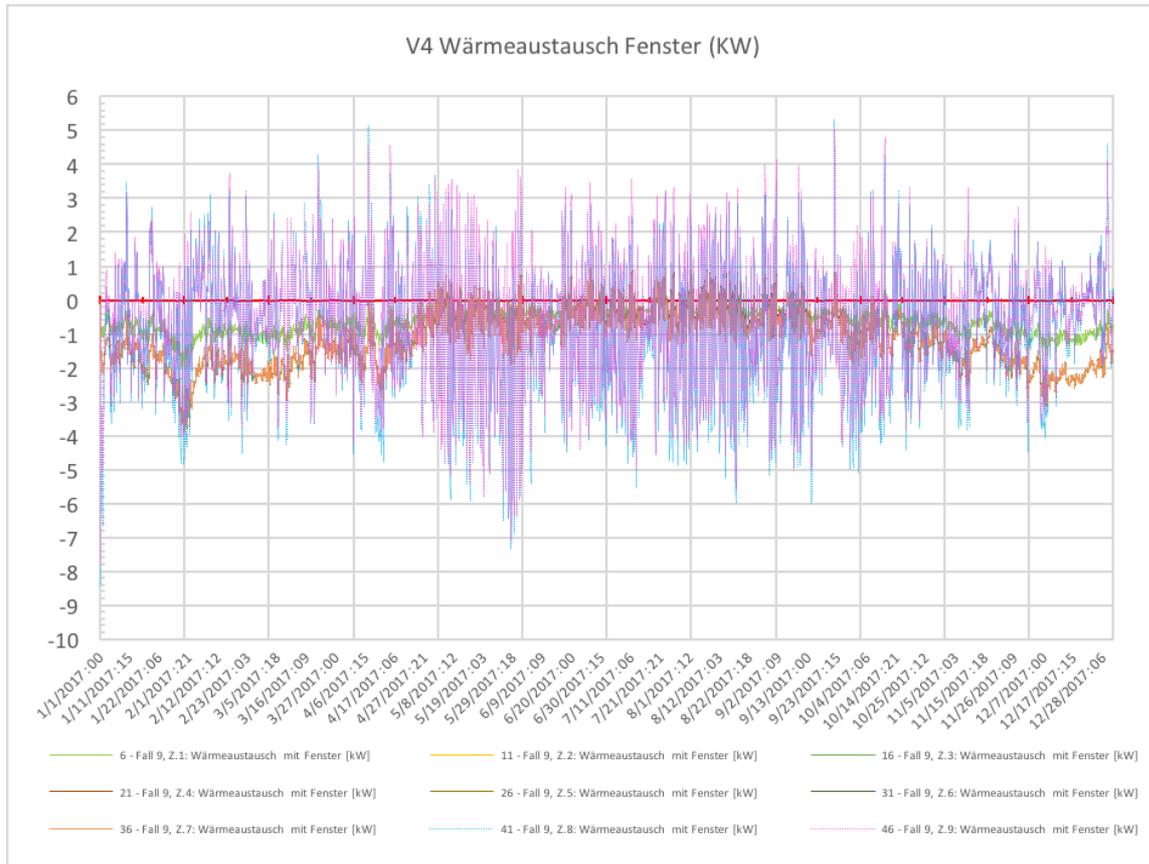


Diagramm 17 V5 Wärmeaustausch Fenster

THERMISCHE GEBÄUDESIMULATION FALKENWEG 69

Diagramm 18 V4 Wärmeaustausch opake Flächen

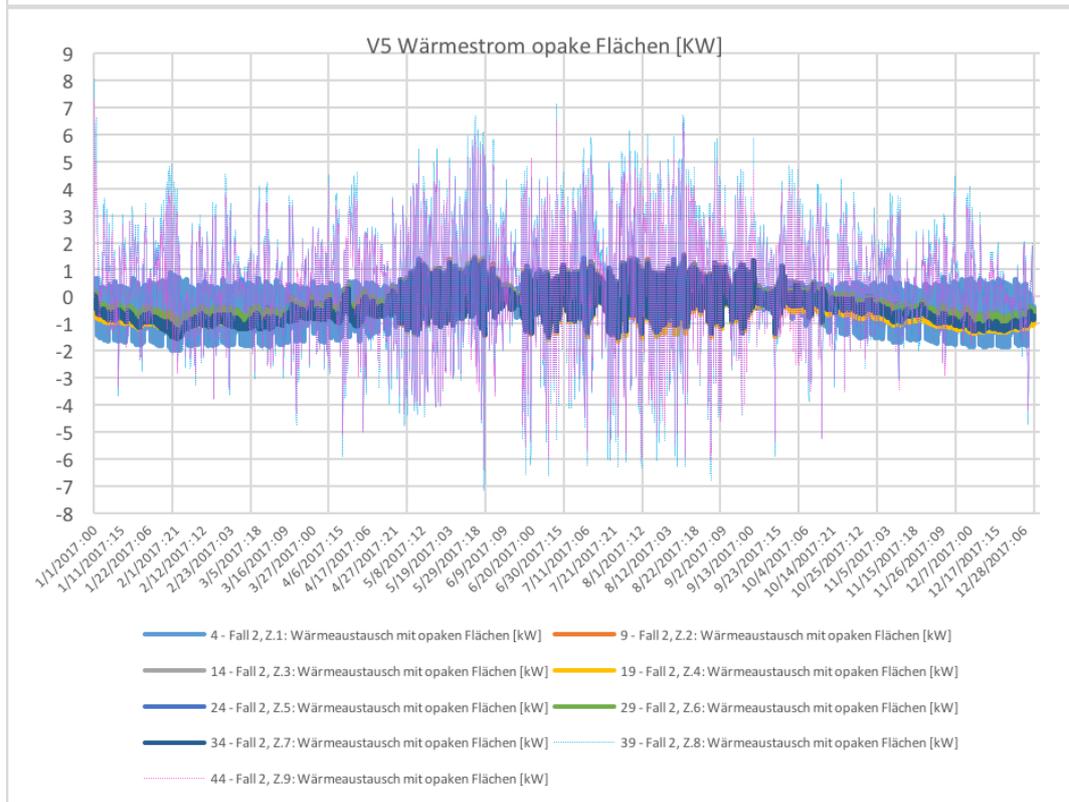
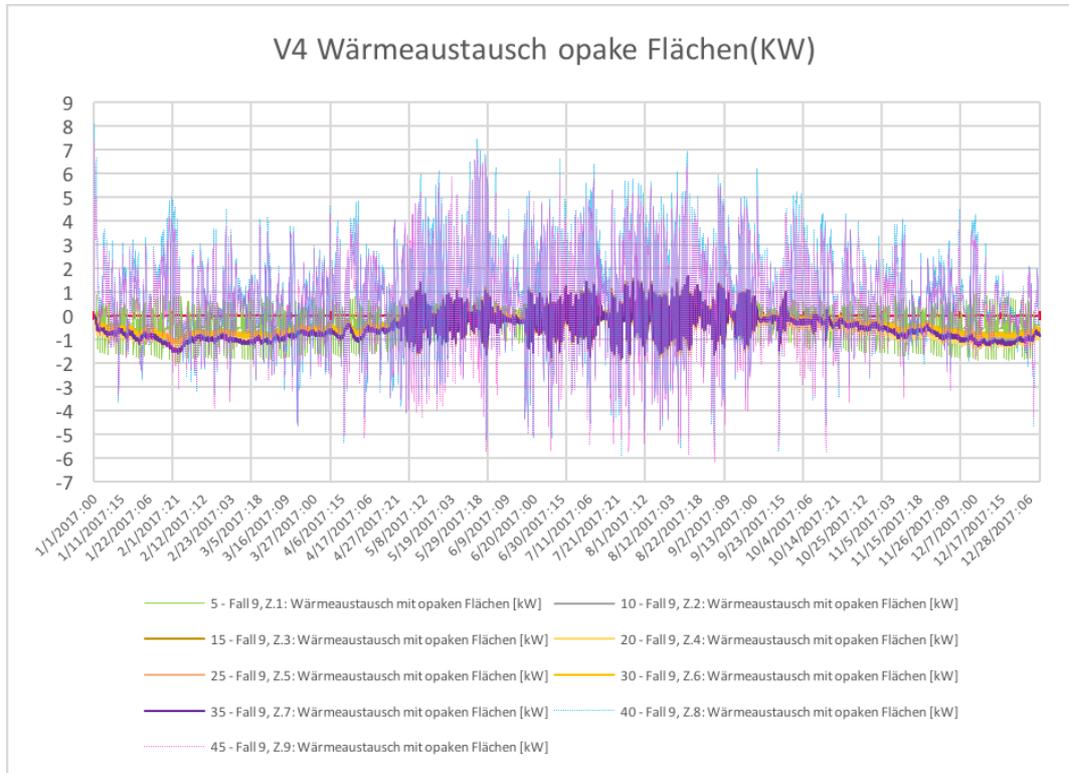


Diagramm 19 V5 Wärmeaustausch opake Flächen

Diagramm 20 V4 Wärmestrom Lüftung

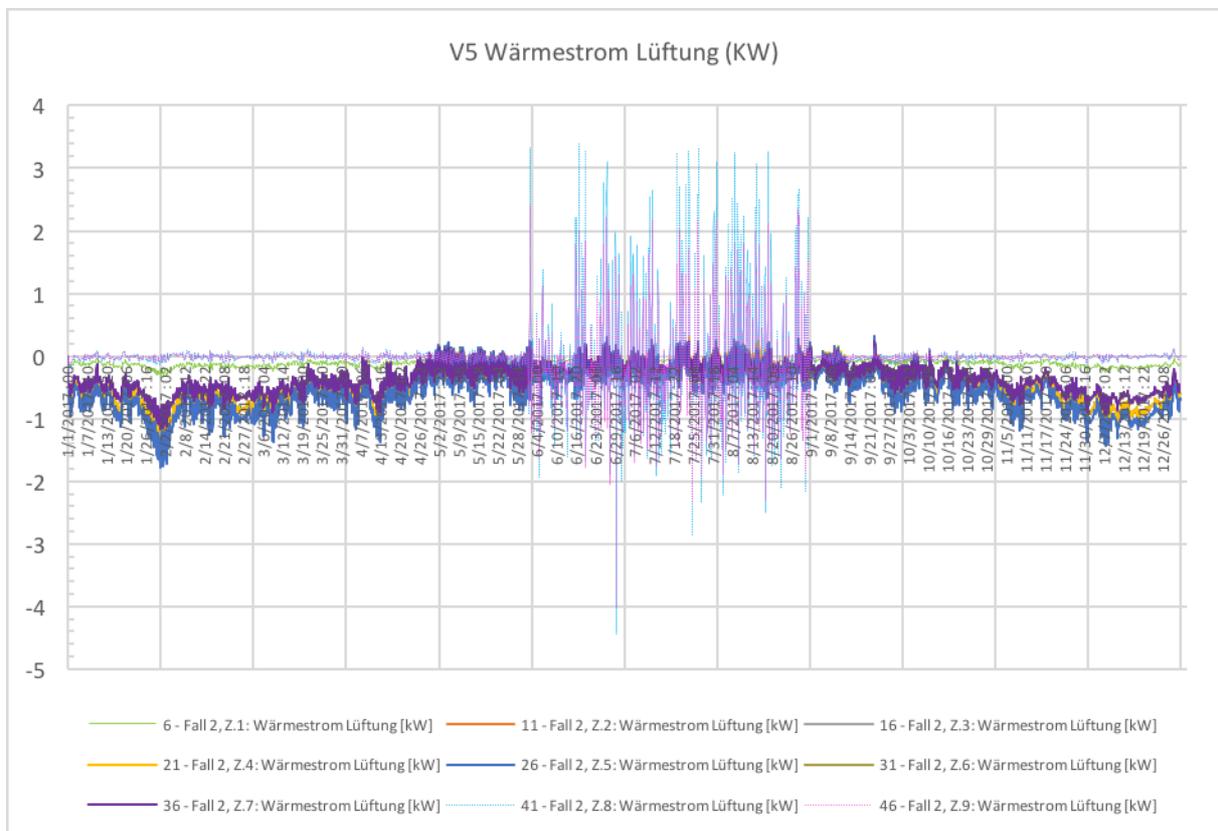
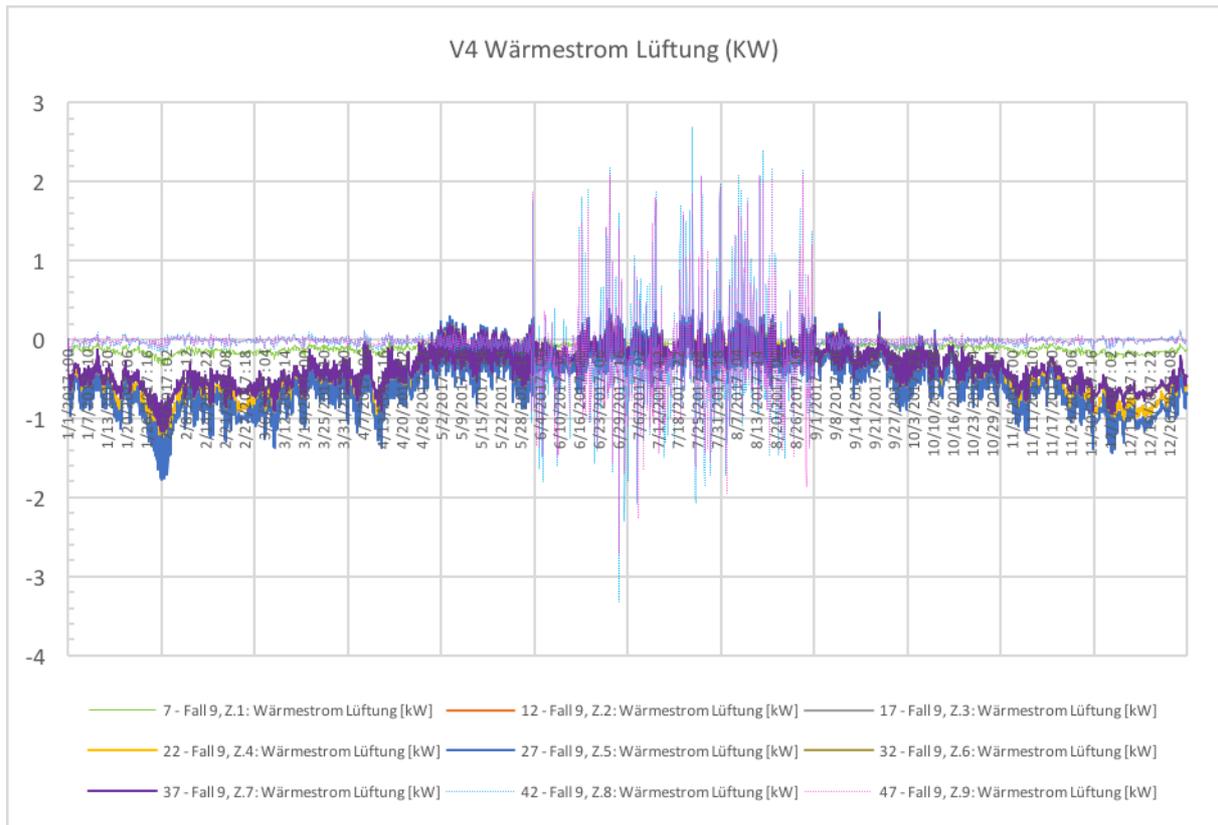


Diagramm 21 V5 Wärmestrom Lüftung

**Fall 7/Zone 8: Wärmegewinne/-verluste - gesamte
Berechnungsperiode [kWh]**

Nr.	Bauteil	Gewinn	Verlust
1	Bauteil 1: Dach Pufferzone Ost	476	11
2	Bauteil 2: Dach Pufferzone Ost	198	5
3	Bauteil 3: Dach Pufferzone Ost	489	11
4	Bauteil 4: Dach Pufferzone Ost	476	11
5	Bauteil 5: Dach Pufferzone Ost	489	11
6	Bauteil 6: Dach Pufferzone Ost	476	11
7	Bauteil 7: Dach Pufferzone Ost	476	11
8	Bauteil 14: Bodenplatte Pufferzone	314	310
9	Bauteil 15: Bodenplatte Pufferzone	323	318
10	Bauteil 16: Bodenplatte Pufferzone	314	310
11	Bauteil 17: Bodenplatte Pufferzone	131	129
12	Bauteil 18: Bodenplatte Pufferzone	314	310
13	Bauteil 19: Bodenplatte Pufferzone	314	310
14	Bauteil 20: Bodenplatte Pufferzone	323	318
15	Bauteil 25: Schotten Pufferzone	290	64
16	Bauteil 30: Schotten Pufferzone	261	74
17	Fenster 1	2414	1666
18	Fenster 2	2414	1666
19	Fenster 3	2484	1714
20	Fenster 4	1006	694
21	Fenster 5	2414	1666
22	Fenster 6	2484	1714
23	Fenster 7	2414	1666

**Fall 7/Zone 9: Wärmegewinne/-verluste - gesamte
Berechnungsperiode [kWh]**

Nr.	Bauteil	Gewinn	Verlust
1	Bauteil 8: Dach Pufferzone West	317	5
2	Bauteil 9: Dach Pufferzone West	320	5
3	Bauteil 10: Dach Pufferzone West	311	5
4	Bauteil 11: Dach Pufferzone West	311	5
5	Bauteil 12: Dach Pufferzone West	129	2
6	Bauteil 13: Dach Pufferzone West	311	5
7	Bauteil 14: Dach Pufferzone West	313	5
8	Bauteil 15: Bodenplatte Pufferzone	265	234
9	Bauteil 16: Bodenplatte Pufferzone	258	228
10	Bauteil 17: Bodenplatte Pufferzone	258	228
11	Bauteil 18: Bodenplatte Pufferzone	107	95
12	Bauteil 19: Bodenplatte Pufferzone	258	228
13	Bauteil 20: Bodenplatte Pufferzone	259	229
14	Bauteil 21: Bodenplatte Pufferzone	263	233
15	Bauteil 22: Schotten Pufferzone	178	46
16	Bauteil 29: Schotten Pufferzone	197	40
17	Fenster 1	2366	1524
18	Fenster 2	2300	1481
19	Fenster 3	958	617
20	Fenster 4	2300	1481
21	Fenster 5	2300	1481
22	Fenster 6	2333	1502
23	Fenster 7	2333	1502

2.5.4 Ergebnisse Detailuntersuchungen V4 und V5

Der detaillierte Vergleich von V4 und V5 zeigt, dass die solaren Gewinne in V4 höher sind jedoch nicht wirksam zur Reduktion des Energiebedarfs in dem Maße beitragen wie in V5 wie in Diagramm 12 und 13 ersichtlich.

Der Wärmeaustausch durch die Fenster zeigt ein ähnliches Tag-Nachtprofil in V4 und V5, wobei in V4 vereinzelt höhere Temperaturschläge auftreten.

Der Wärmestrom durch die opaken Flächen ist bei V4 und V5 nahezu gleich. In den opaken Bauteilaufbauten wurden keine variierenden Parameter angenommen.

Die Analyse des Wärmestroms durch die Lüftung zeigt deutlich die Spitzen zw. 1.6 und 1.9 durch die erhöhten natürlichen Luftwechsel die ein Öffnen der Fassade simulieren. Im Vergleich zeigt sich, dass V5 im Tagesprofil höhere Wärmegewinne durch die Lüftung erträgt als V4.

3 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen zeigen, dass ein passendes Verhältnis des U-Wertes der Verglasung mit hohem Sonnenschutz durch Beschichtung (G-Wert) die Voraussetzung ist, um die Überhitzungen in unbeheizten Erweiterungsbauten zu vermeiden und dennoch hohe Energiegewinne durch die Solarstrahlung einzutragen und den Heizenergiebedarf zu reduzieren.

V5 zeigt eine Annäherung an ein leistungsfähiges Verhältnis mittels einer 50-%igen Verschattung. Die Anforderungen an Übertemperaturgradtage werden in V5 unterschritten und zeigen eine ganzjährige Behaglichkeit im Kerngebäude wie auch einen Temperaturkorridor zw. 12° und 30° C in der Pufferzone im Zeitraum von Mitte März bis Ende Oktober / Anfang November (siehe Diagramm 10 und 11).

Im Vergleich zu einer kostenintensiveren 3-fachverglasung, die kostentreibenden Effekte durch z.B. Erhöhung der Traglastreserven mit sich zieht, ist der Einsatz einer beschichteten 2 Scheiben Verglasung in den simulierten Pufferzonen effektiver.

Der Energiebedarf von 92 kWh/m²a wurde durch die ideale Anlagentechnik ermittelt. Die konvektiven Wärmegevinne und durch Strahlung aus der Pufferzone wurden in der Berechnungssystematik teilweise berücksichtigt, jedoch zeigt die Simulation vom 31.5.2017 die detaillierter die Potentiale zur Optimierung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe.

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 GRAFISCHE DARSTELLUNG DES SIMULIERTEN GEBÄUDES	3
ABBILDUNG 2 KLIMADATEN QUELLE: WUFI.....	5
ABBILDUNG 6 TEMPERATUREN MANNHEIM QUELLE : WUFI.....	5
ABBILDUNG 3 TEMPERATUREN MANNHEIM / KARLSRUHE QUELLE:WETTERONLINE.DE	5
ABBILDUNG 4 SONNENSTUNDEN MANNHEIM / KARLSRUHE QUELLE: WETTERONLINE.DE	5
ABBILDUNG 5 SONNENSTUNDEN QUELLE: WUFI	5
ABBILDUNG 7 BEISPIEL ANNAHME INTERNE LASTEN - NUTZERPROFIL 4 KÖPFIGE FAMILIE MO-FR QUELLE: WUFI	6
ABBILDUNG 8 BEISPIEL ANNAHME INTERNE LASTEN - NUTZERPROFIL 4 KÖPFIGE FAMILIE SA-SO QUELLE: WUFI	6
ABBILDUNG 9 GRAFISCHE DARSTELLUNG DER LUFTWECHSELS IN DEN PUFFERZONEN	7
ABBILDUNG 11 FENSTERKONFIGURATION V5	21
ABBILDUNG 10 FENSTERKONFIGURATION V4	21
ABBILDUNG 12 V4 DETAILERGESULTISSE ZONE 9	23
ABBILDUNG 13 V5 DETAILERGESULTISSE ZONE 9	23
DIAGRAMM 1 INTERNE LASTEN DURCH KONVEKTIVE WÄRMEQUELLE.....	7
DIAGRAMM 2 MAXIMALE UND MINIMALE TEMPERATUREN DER VARIANTEN V1-V10 IN ALLEN ZONEN	11
DIAGRAMM 3 TEMPERATUREN NACH ZONEN V1-V10	11
DIAGRAMM 4 TEMPERATUREN UND ENERGIEVERBRAUCH IM VERGLEICH V1-V10	12
DIAGRAMM 5 VERSCHATTUNG ERGEBNISSE V11- V22.....	14
DIAGRAMM 6 ERGEBNISSE V23-34 – UNTERSUCHUNGEN VON NATÜRLICHEM LUFTWECHSEL 0,5/H.....	15
DIAGRAMM 7 TEMPERATUREN UND HEIZENERGIEBEDARF (NUTZENERGIE) V35-V50.....	18
DIAGRAMM 8 ZONALE BETRACHTUNG DER TEMPERATURENTWICKLUNG V35-V50	19
DIAGRAMM 9 ÜBERTEMPERATURGRADSTUNDEN (KKh/A) DER UNTERSUCHTEN VARIANTEN V34-V50	20
DIAGRAMM 10 V4 OPERATIVE TEMPERATUREN	23
DIAGRAMM 11 V5 OPERATIVE TEMPERATUREN.....	23
DIAGRAMM 12 V4 ERFORDERLICHE HEIZLEISTUNG	24
DIAGRAMM 13 V5 ERFORDERLICHE HEIZLEISTUNG	24
DIAGRAMM 14 V4 SOLARE WÄRMEGEWINNE	25
DIAGRAMM 15 V5 SOLARE WÄRMEGEWINNE	25
DIAGRAMM 16 V4 WÄRMEAUSTAUSCH FENSTER.....	26
DIAGRAMM 17 V5 WÄRMEAUSTAUSCH FENSTER.....	26
DIAGRAMM 18 V4 WÄRMEAUSTAUSCH OPAKE FLÄCHEN.....	27
DIAGRAMM 19 V5 WÄRMEAUSTAUSCH OPAKE FLÄCHEN.....	27
DIAGRAMM 20 V4 WÄRMESTROM LÜFTUNG	28
DIAGRAMM 21 V5 WÄRMESTROM LÜFTUNG	28
TABELLE 1 ÜBERSICHT DER FENSTERKOMBINATIONEN.....	9
TABELLE 2 ZUSAMMENSTELLUNG DER UNTERSUCHTEN VERSCHATTUNGSVARIANTEN.....	13
TABELLE 3 TABELLE 3 VERGLEICH VARIANTEN V11-22 UND V23-34.....	16
TABELLE 4 ÜBERSICHT DER EINGANGSPARAMETER VON VARIANTEN V35-V50.....	17

Die thermischen Simulationen für das Projekt Dammerstock2020 wurden am Fachgebiet TWE im Zeitraum vom 21.7-15.8.2017 von Dipl. -Ing. Dieter Blome durchgeführt.

Besonderer Dank gilt Prof. Stefan Schäfer an der TU Darmstadt und seinen Mitarbeitern, insbesondere Robert Burgaß, für die Unterstützung bei den Simulationen in WUFI.

Anlage KAP. III

A 3. 6

Thermische Gebäudesimulation mit WUFI / Simulation 3

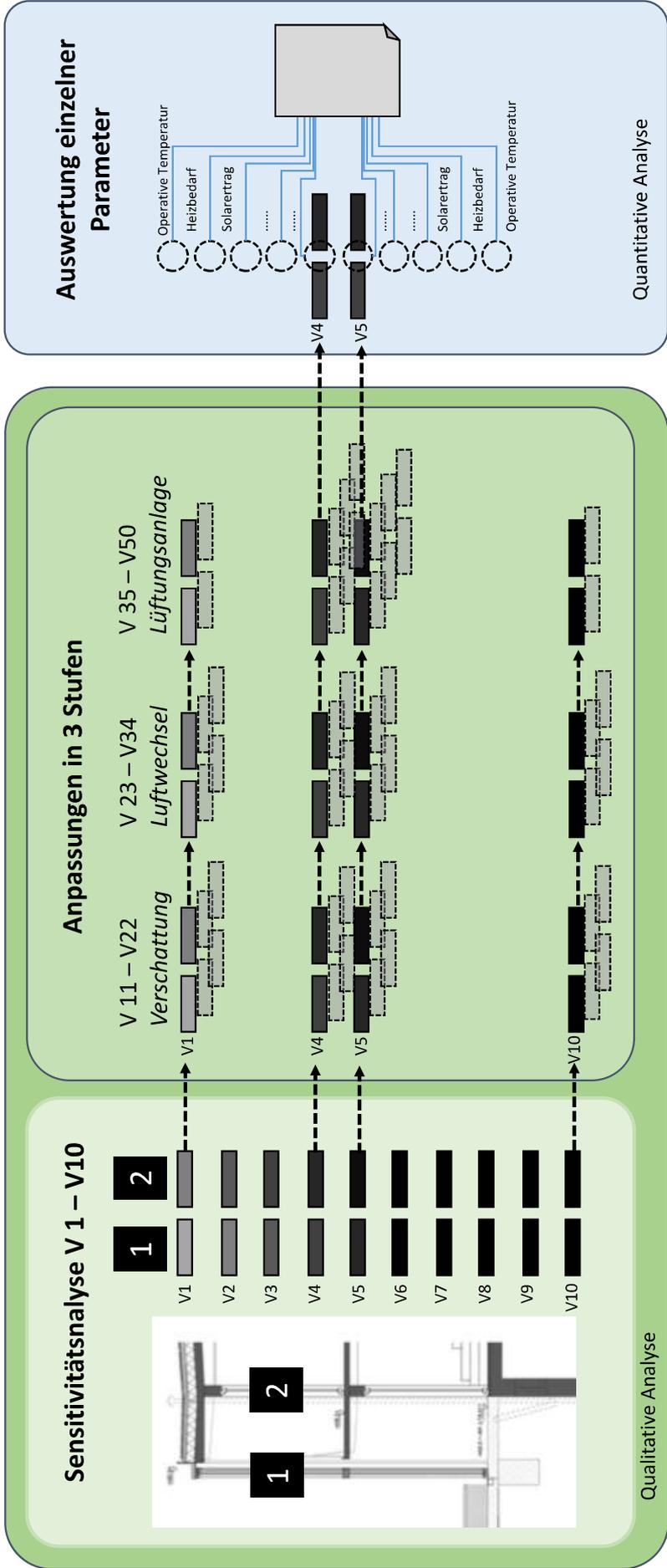
Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik

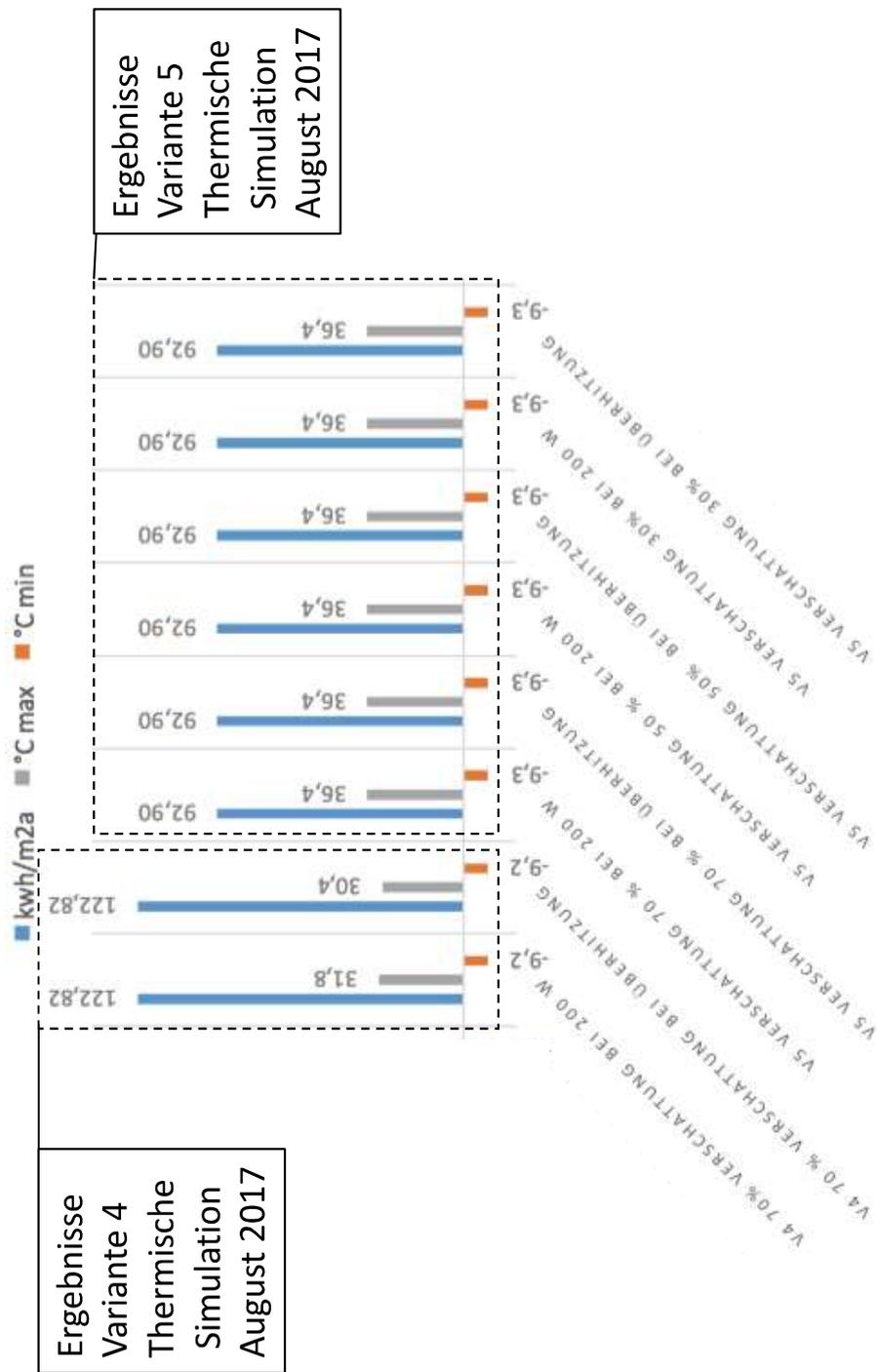
Fachbereich Architektur

Technische Universität Darmstadt

DAMMERSTOCK 2020

Ergebnisse Thermische Simulation

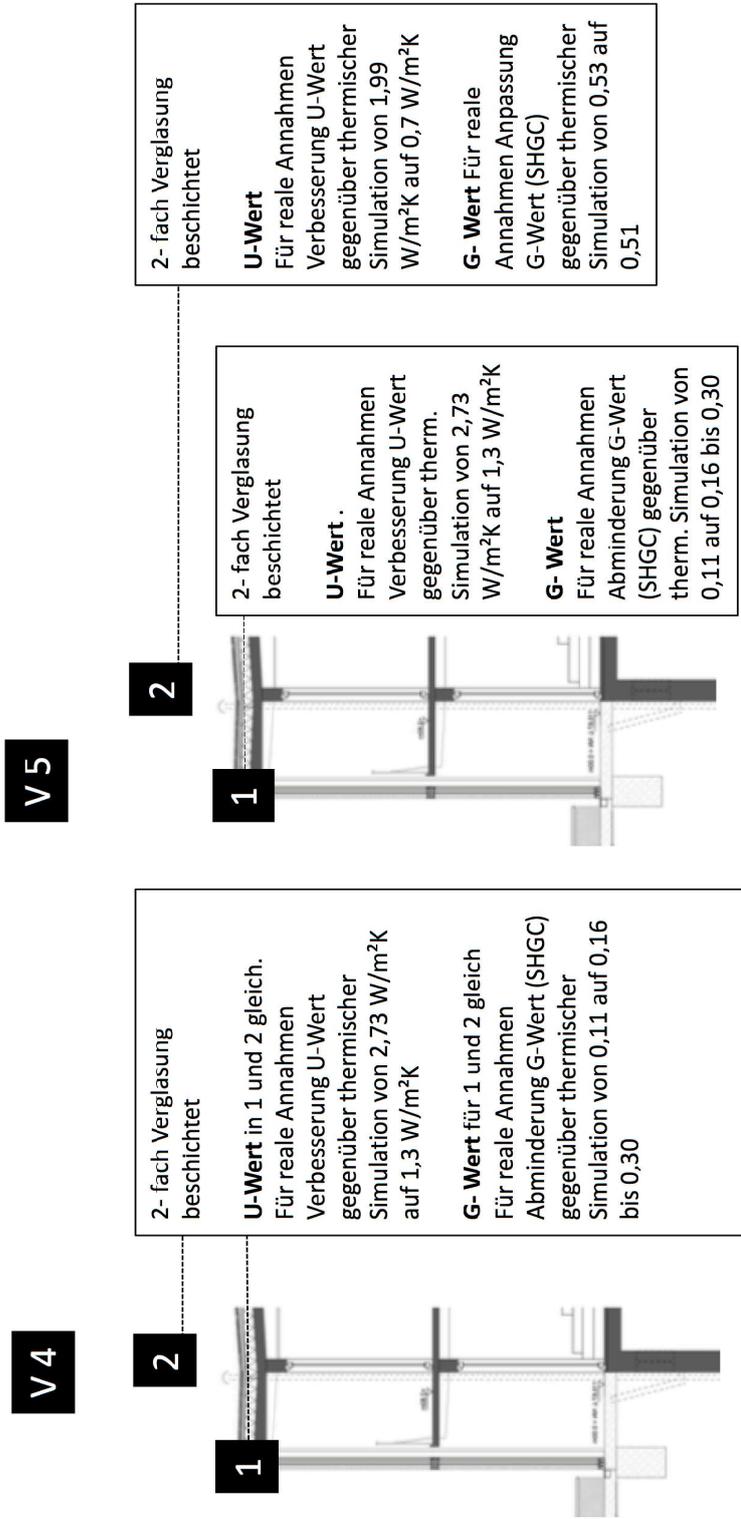




Temperaturen und Heizenergiebedarf (Nutzenergie) V35-V50

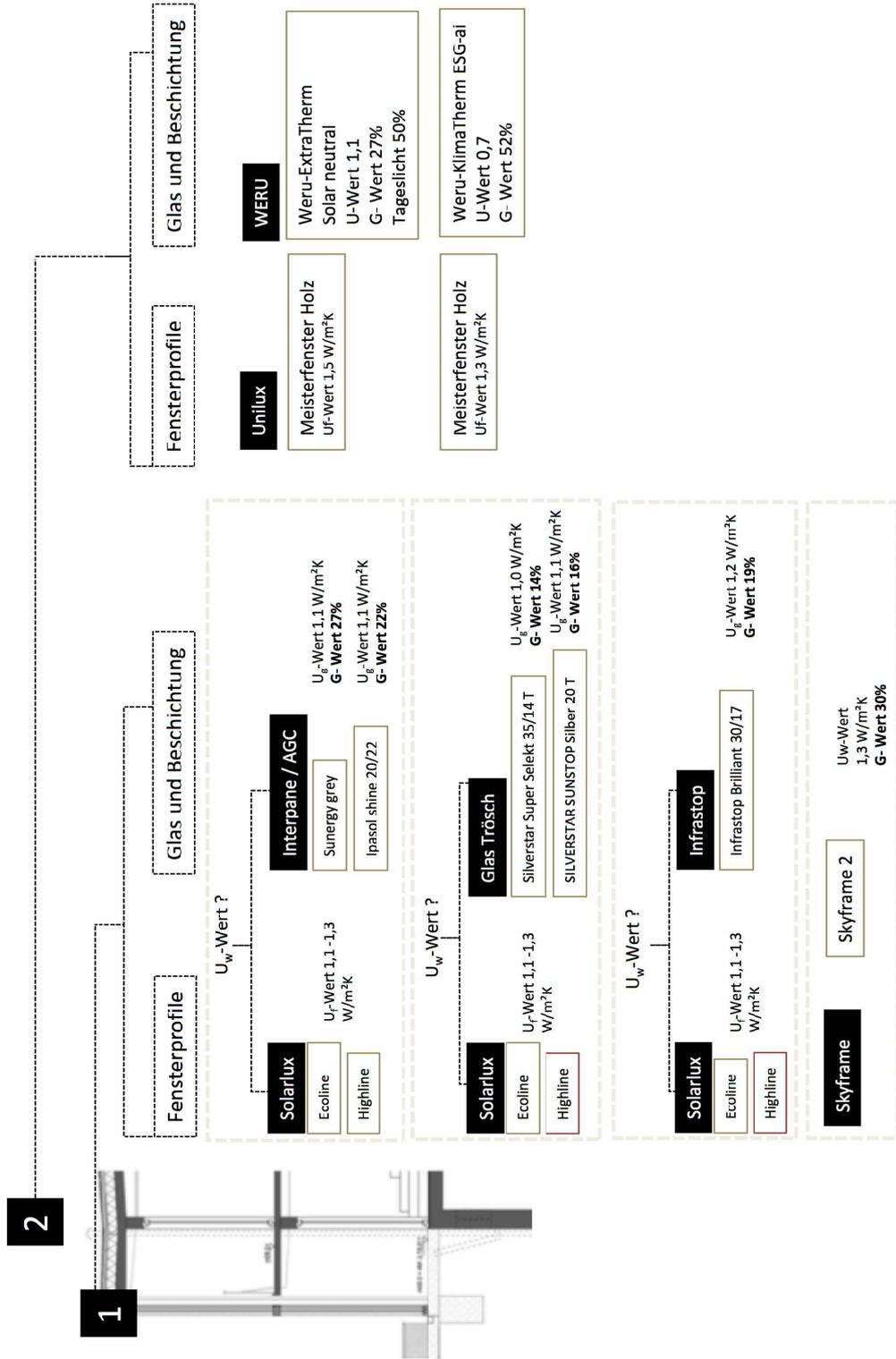
Variantenbildung für die abschließende thermische Simulation mit WUFI

Detailbetrachtung V4 und V5 mit realistischen Annahmen



Variantenbildung für die abschließende thermische Simulation mit WUFI

Detailierung der Fensterprofile und Verglasungen für V4 und V5



Variantebildung für die abschließende thermische Simulation mit WUFI

Beispielhafte Detaillierung der Vertiefung von V4 (4 Verschattungselemente)

1

1

2

2

Sky-Frame 2

Eigenschaften + Features

Sky-Frame 2 bietet folgende Eigenschaften:

- Isolierglas (2iV) **d_{max} = 30mm**
- Glasabdeckung:
 - Wärmeschutz: **g = 60%**
 - Sonnenschutz: **g = 30%**
 - Sonnenschutz-Phase
- Tageslicht / Glanzfrei: **98%**

U-Wert: **0,877** (EN 10877)
 Glas Ug = 1,0 W/m²K Uw = 1,15 W/m²K Uw = 1,27 W/m²K
 (Bauk 1100 + 6,5 + 3)

Miniframen: **EN 10877** (Bauk 1100 + 6,5 + 3)
 Luftdurchlässigkeit: **3 (4)** (EN 12207 (EN 12211))
 Windwiderstandsfähigkeit: **CD** (EN 12207 (EN 12211))
 Abblitzfreiheit: **Kategorie A** (EN 12207 (EN 12211))

Gehäuseschutz: (R+V) **ba 37,40**

Profil & Verglasung

10. Wärmedämmung: U_w-Werte [W/m²K]

U _w [W/m ² K]	LA	EIEX	KI	LA	EIEX
Seit + oben unten	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3
ψ [W/m ² K]	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
ψ [W/m ² K]	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041
WSG 1.1	1,3	1,3	1,4	-	-
WSG 1.0	1,2	1,2	1,3	-	-
WSG 0.9	-	-	1,1	1,2	1,2
WSG 0.8	-	-	1,0	1,1	1,2
WSG 0.7	-	-	0,99	1,0	1,1
WSG 0.6	-	-	0,92	0,95	1,0
WSG 0.5	-	-	0,85	0,88	0,94

Bezogen auf BAM 1230x1480, BR81 / FL70; Kieler

Profil UNILUX

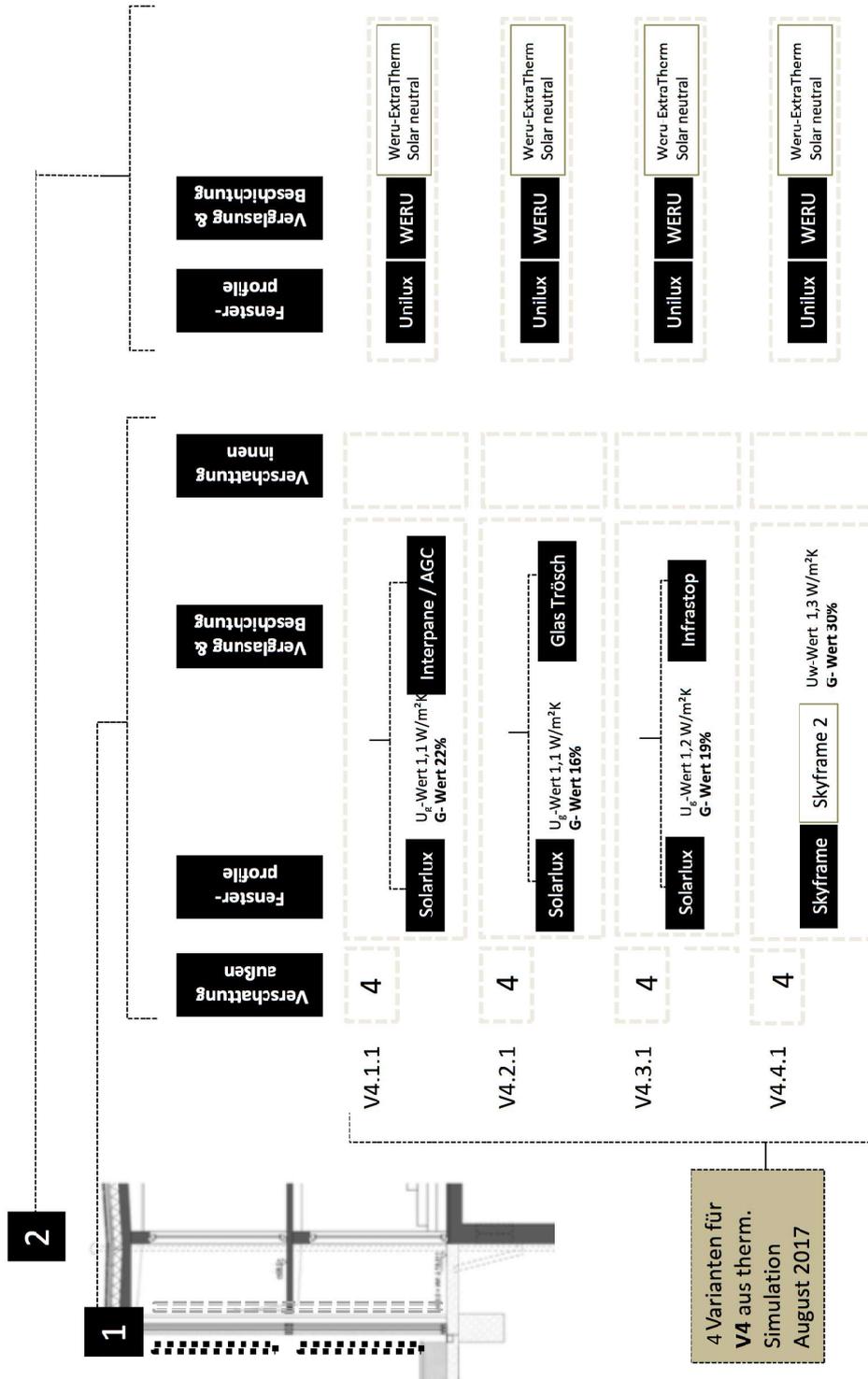
Verglasung WERU

Bezeichnung	U _w -Wert Verglasung (W/m ² K) EN 10877	g-Wert Verglasung (W/m ² K) DIN EN 410
Wien-ExtraTherm	1,1	64%
Wien-ExtraTherm Phon	1,1	63%
Wien-ExtraTherm Phon O	1,1	64%
Wien-ExtraTherm ESG	1,1	63%
Wien-ExtraTherm Secur (0,35 PVB)	1,1	59%
Wien-ExtraTherm Plus Secur (0,38 PVB)	1,1	58%
Wien-ExtraTherm Plus Phon	1,1	62%
Wien-ExtraTherm Secur-I (0,38 PVB)	1,1	64%
Wien-ExtraTherm Plus Secur-I (0,38 PVB)	1,1	64%
Wien-ExtraTherm P2A Secur-I (1,52 PVB)	1,1	51%
Wien-ExtraTherm P2A Secur (1,52 PVB)	1,1	64%
Wien-ExtraTherm P2A Secur (0,76 PVB)	1,1	64%
Wien-ExtraTherm P2A Secur (2,28 PVB)	1,1	57%
Wien-ExtraTherm P2A Secur (0,76 PVB)	1,1	58%
Wien-ExtraTherm Extra Phon SF (0,76 PVB)	1,1	55%
Wien-ExtraTherm Extra Phon Plus	1,1	81%
Wien-ExtraTherm Extra Phon	1,1	61%
Wien-ExtraTherm Phon SF2 (0,76 PVB)	1,1	56%
Wien-ExtraTherm ESG-C	1,1	59%
Wien-ExtraTherm Secur (0,30 PVB)	1,1	59%
Wien-ExtraTherm P2A Plus Secur-I (0,76 PVB)	1,1	59%
Wien-ExtraTherm Solar resultat 50/27	1,1	27%
Wien-ExtraTherm Solar resultat 73/42	1,1	42%

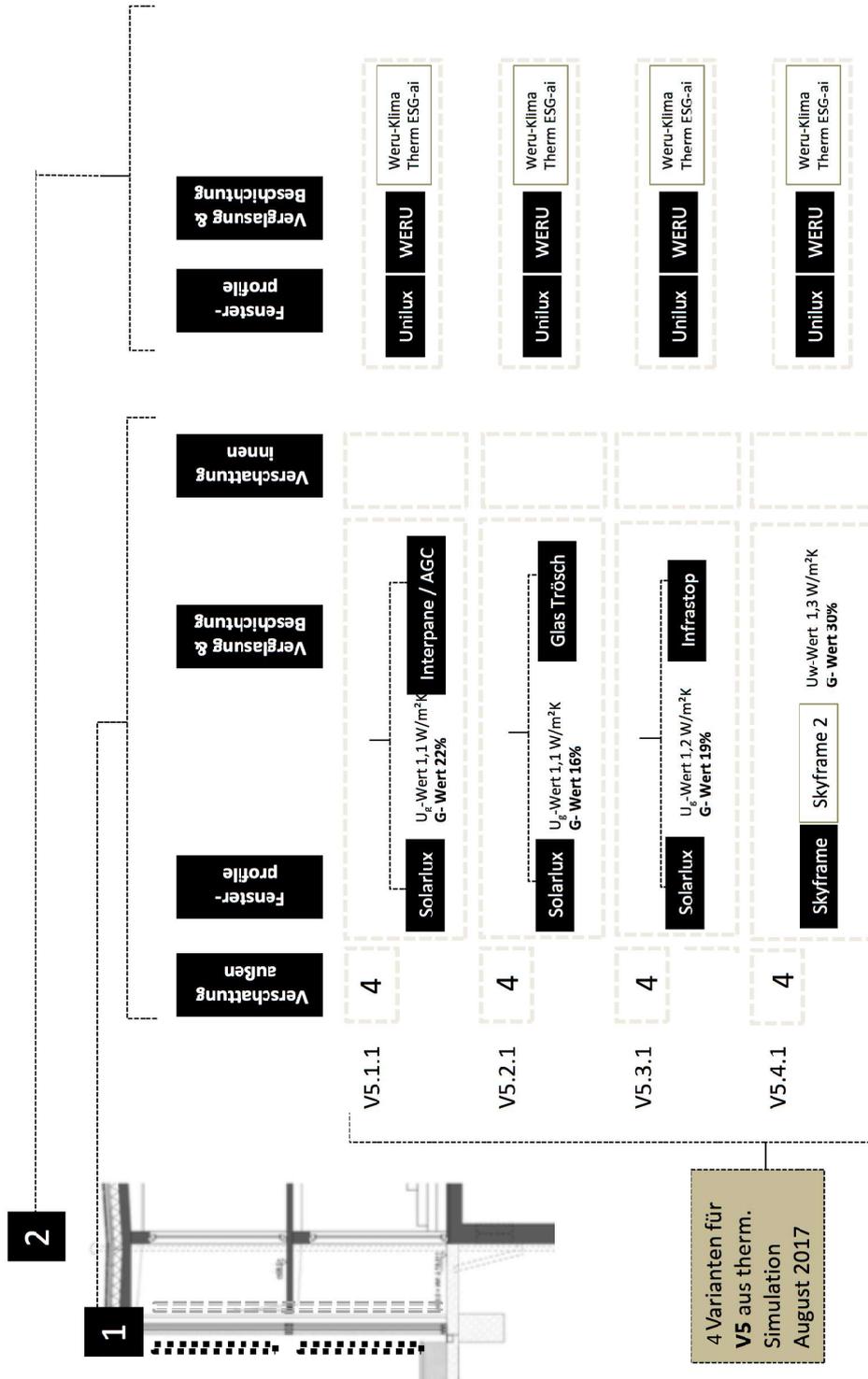
Innenliegender Sonnenschutz in Form eines leicht transparenten Vorhangs

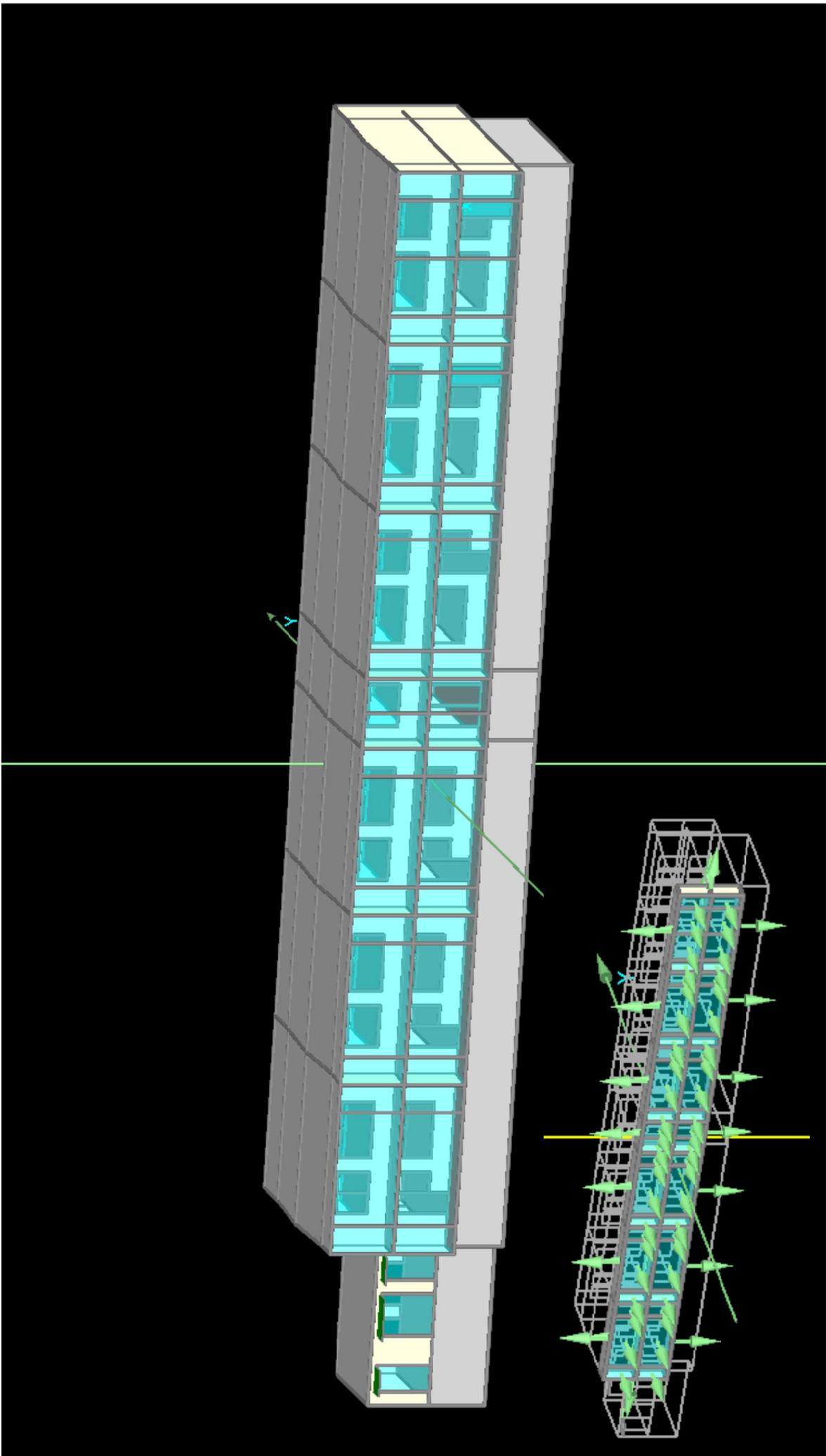
4 Verschattungselemente aus feststehenden Polycarbonatplatten (U-Wert 0,32 W/m²K) und vorgesetzten Streckblech Elementen mit einem Transparenzgrad von 60%

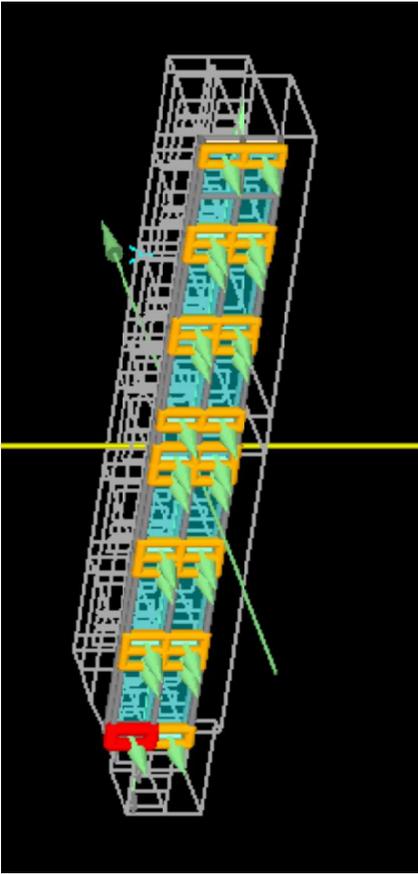
Variantenbildung für die abschließende thermische Simulation mit WUFI



Variantenbildung für die abschließende thermische Simulation mit WUFI







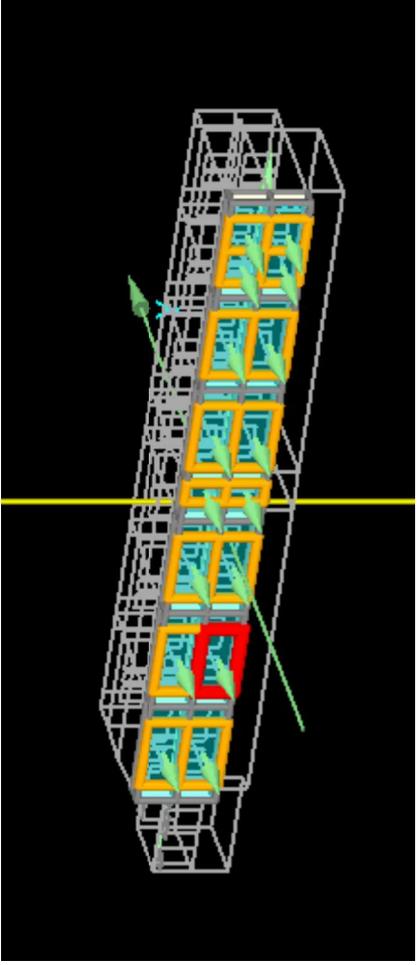
Polycarbonat Platte

Uw -montiert	[W/m²K]	0,8
Rahmenreduktionsfaktor	[-]	0,
SHGC (Kurzwellenstrahlung Mittel)	[-]	0,68
SHGC (hemisphärisch)	[-]	0,68
Langw. Strahlungsem. -grad (Mittel Verglasung/Rahmen)	[-]	0,8

Sonnenschutz

Streckblech

Verschattungsgrad Sonnenschutzvorrichtung	[-]	0,4
Thermischer Widerstand Solarschutz	[m²K/W]	2,
Thermischer Widerstand Hohlräum	[m²K/W]	0
Betriebsart		Zeitplan
Faktor Schließung		1



SolarLUX und Interpane

Uw -montiert	[W/m²K]	1,1
Rahmenreduktionsfaktor	[-]	0,7
SHGC (Kurzwellenstrahlung Mittel)	[-]	0,22
SHGC (hemisphärisch)	[-]	0,22
Langw. Strahlungsem. -grad (Mittel Verglasung/Rahmen)	[-]	0,8

Vorhang

Verschattungsgrad Sonnenschutzvorrichtung	[-]	0,1
Thermischer Widerstand Solarschutz	[m²K/W]	0,01
Thermischer Widerstand Hohlräum	[m²K/W]	0
Betriebsart		Zeitplan

Polycarbonat Platte

PC 2560-12



Baubreite	500 mm -2/+6 mm
Brandklasse	B-s1, d0 nach EN 13501
Up-Wert	0,71-0,77 W/m ² K
Transmissionswerte	kristall ca. 41 % opal antiblend ca. 30 %
Versionen	Color

Sonnenschutz Vorhang

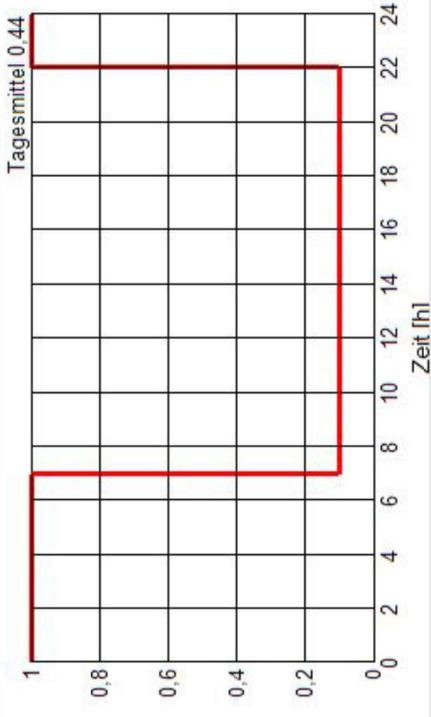
(3) Gesamtenergiedurchlassgrad g_t und Abminderungsfaktor F_c

Codierung Prüfstelle	Gesamtenergiedurchlassgrad g_t	Abminderungsfaktor F_c
PP0706_11_1	0,36	0,52

Anmerkung:
 F_c und g_t Werte gültig für folgende Annahmen laut Norm DIN EN 13363 -1:
 ■ Zweifachverglasung mit Wärmeschutzbeschichtung mit Wärmedurchlassgrad $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ und Gesamtenergiedurchlassgrad $g = 0,70$
 ■ Sonnenschutz innenliegend, geschlossen

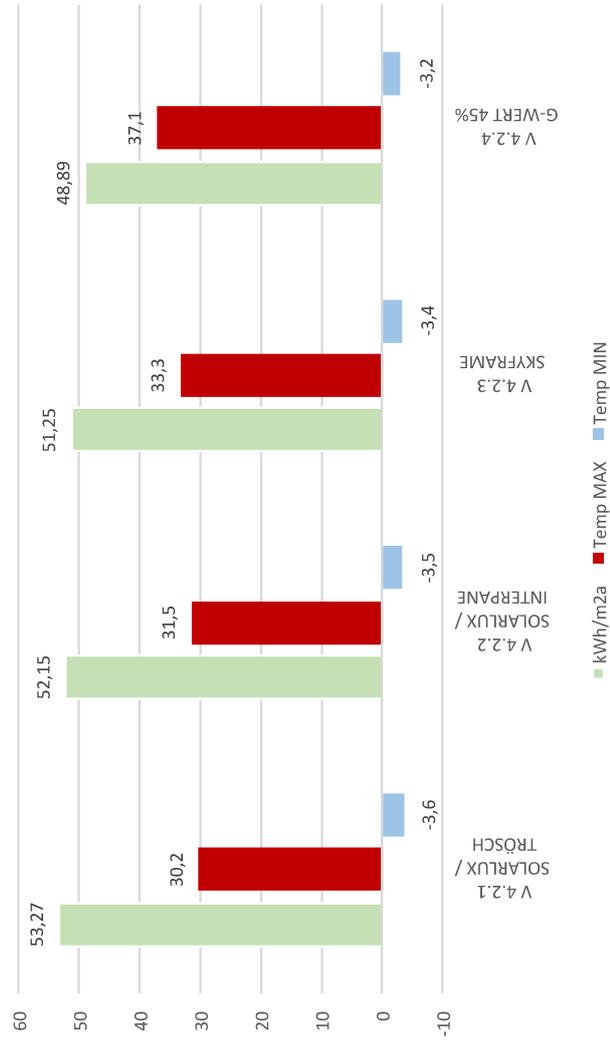
Tagesprofil [-]

Std	Wert
0	1
7	0,1
22	1

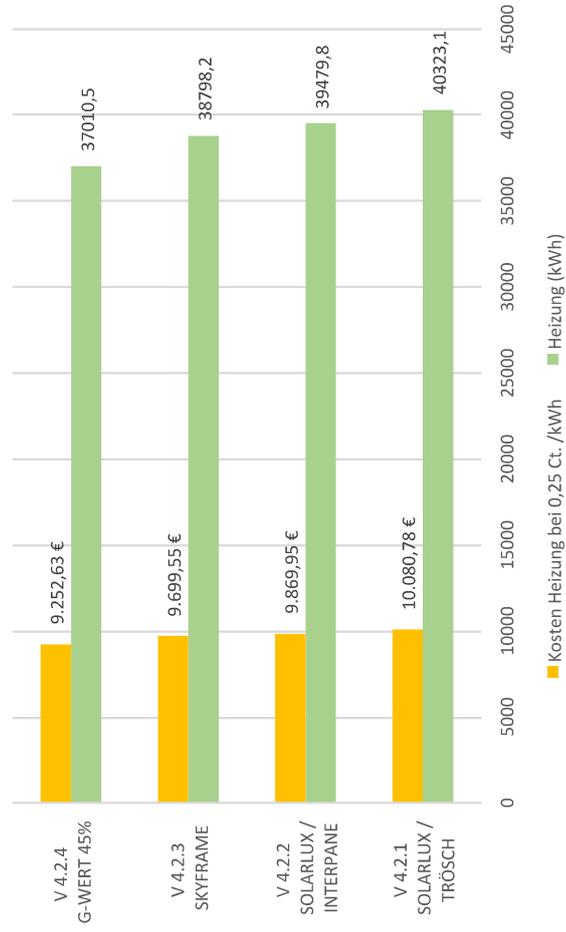


Tagesmittel 0,44

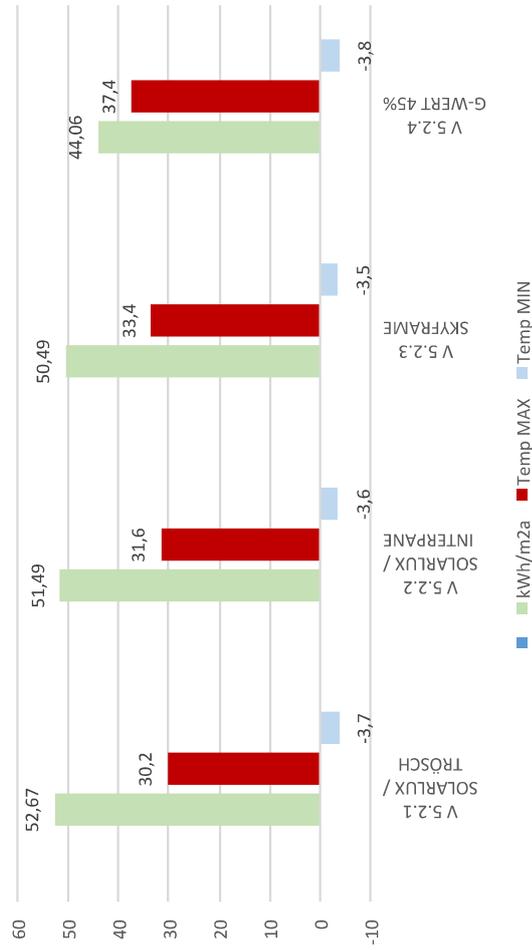
Ergebnisse Untersuchungen V4 Energieverbrauch und Temperaturspitzenwerte



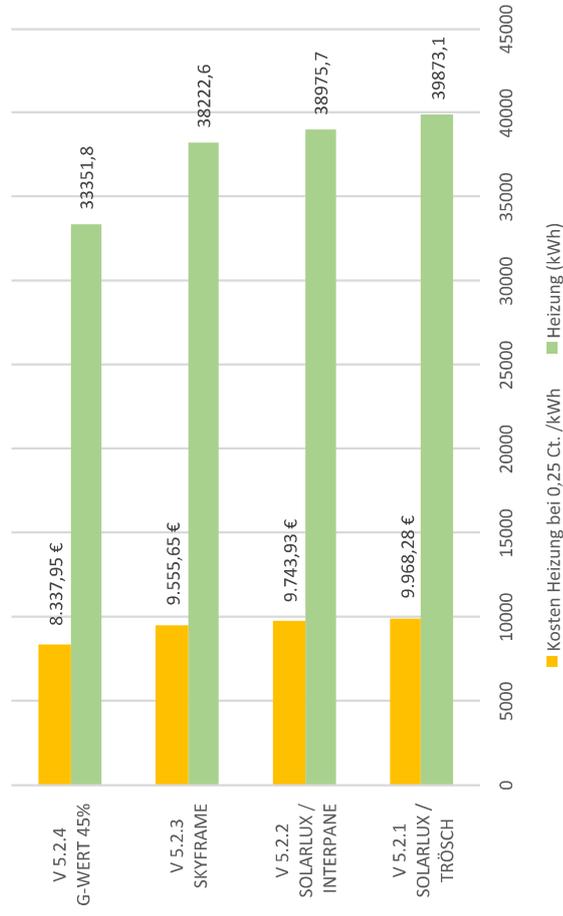
V4 Energieverbrauch und Kosten



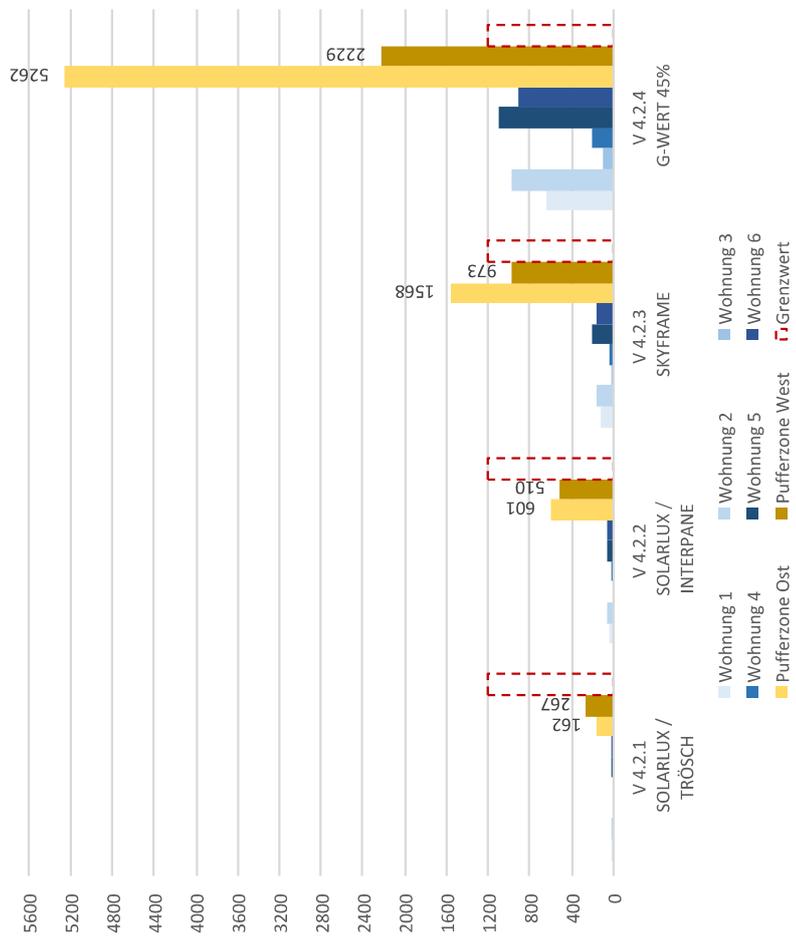
Ergebnisse Untersuchungen V5 Energieverbrauch und Temperaturspitzenwerte



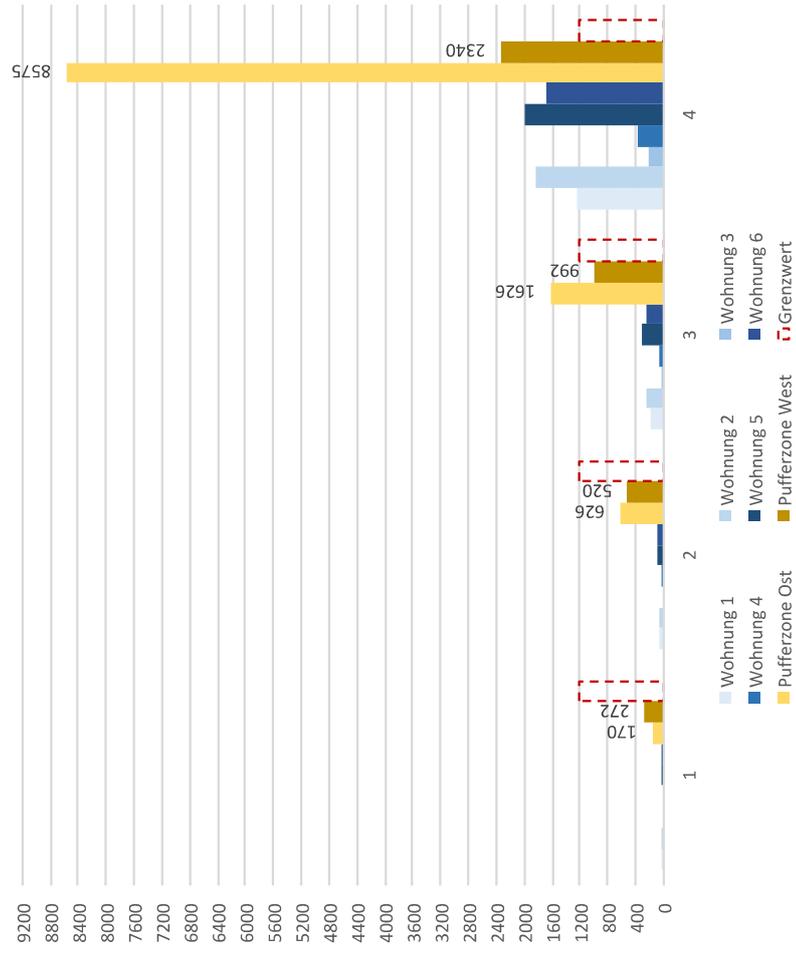
V5 Energieverbrauch und Kosten

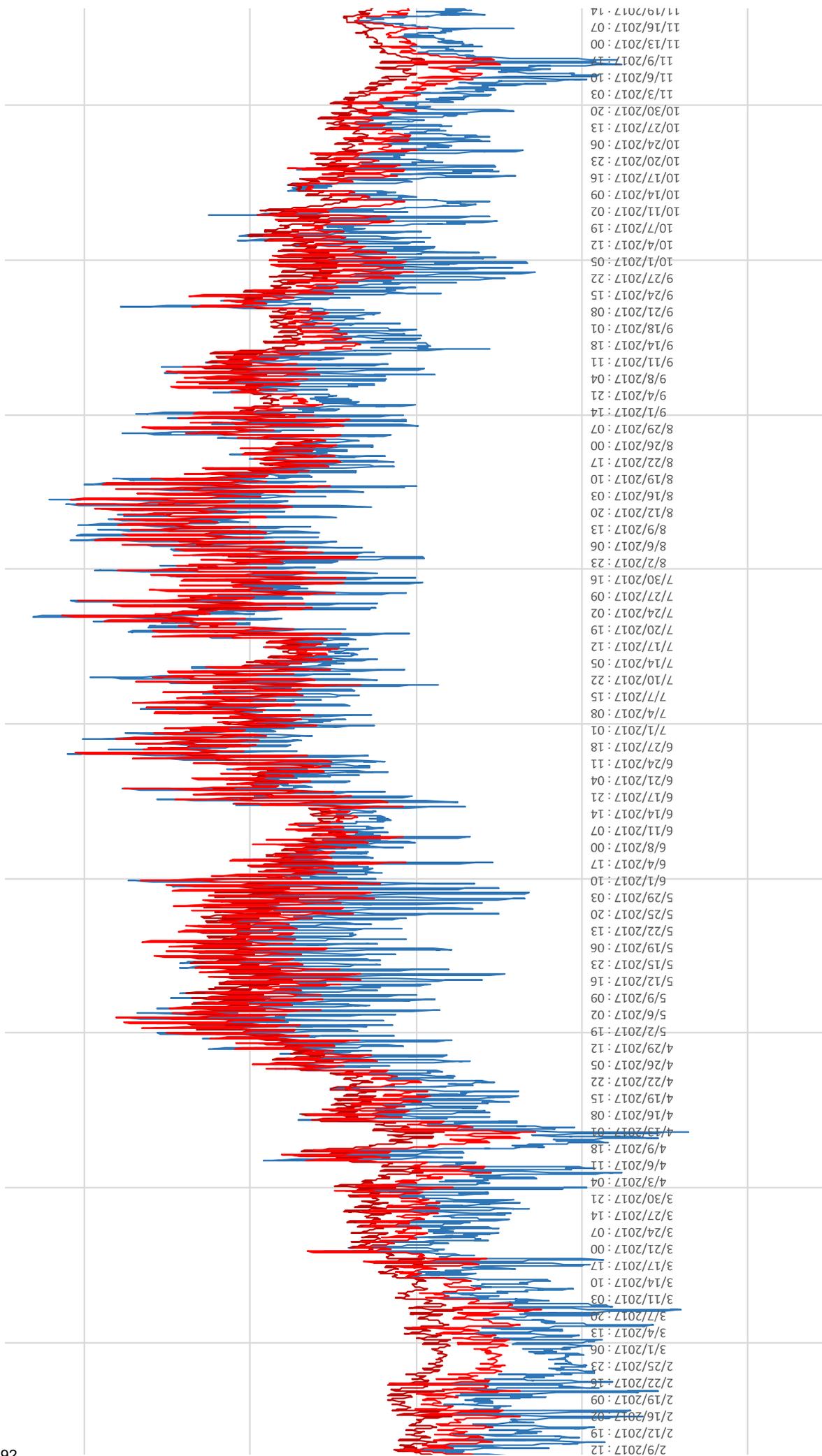


V4 Untersuchung Überheizungsstunden (Kh/a)
Komforttemperatur bei Bezugstemperatur 26°C

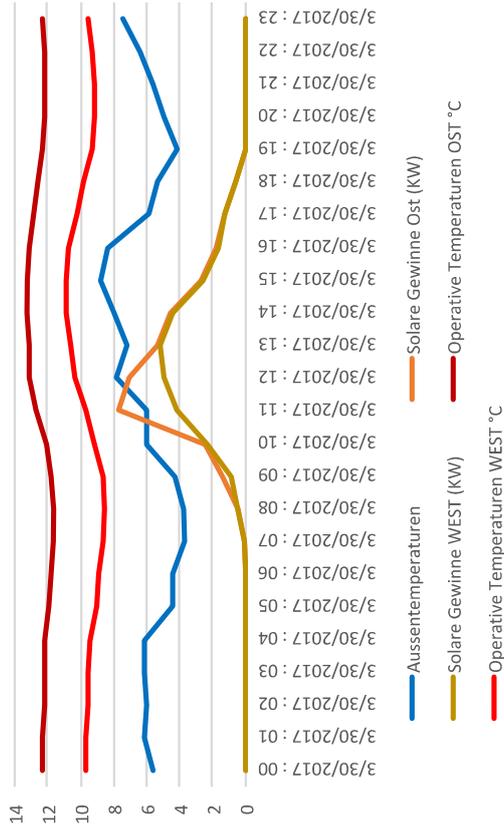


V5 Untersuchung Überheizungsstunden (Kh/a)
Komforttemperatur bei Bezugstemperatur 26°C

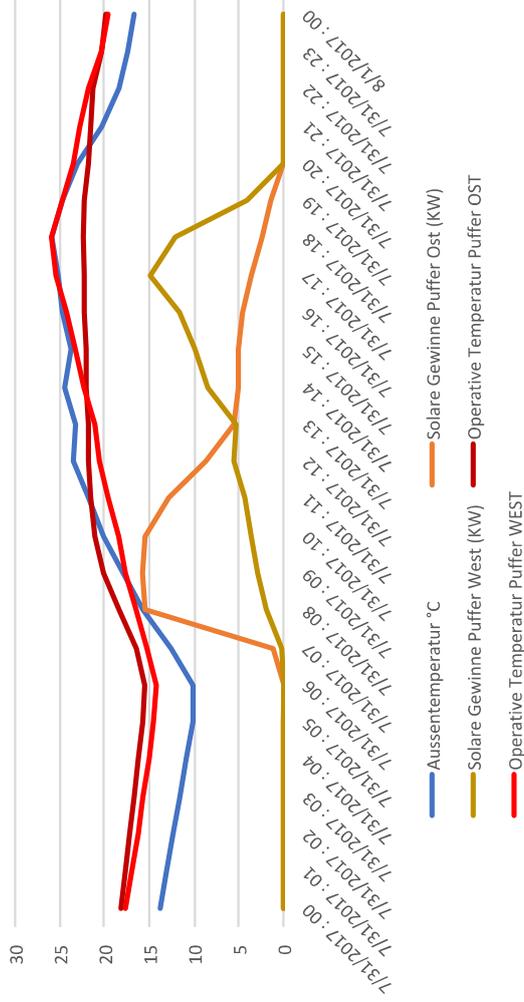




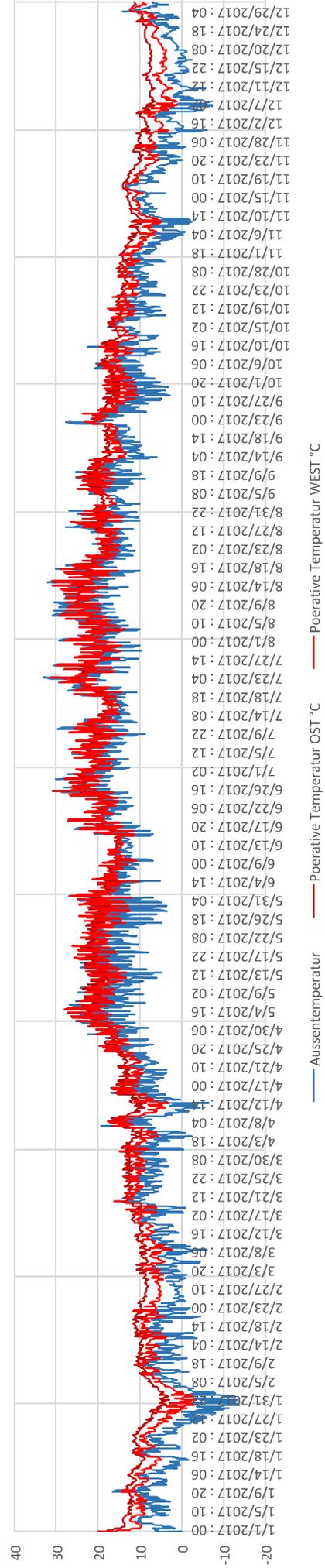
V4.2.2 Temperaturprofil 30.3.
Pufferzone Ost und West



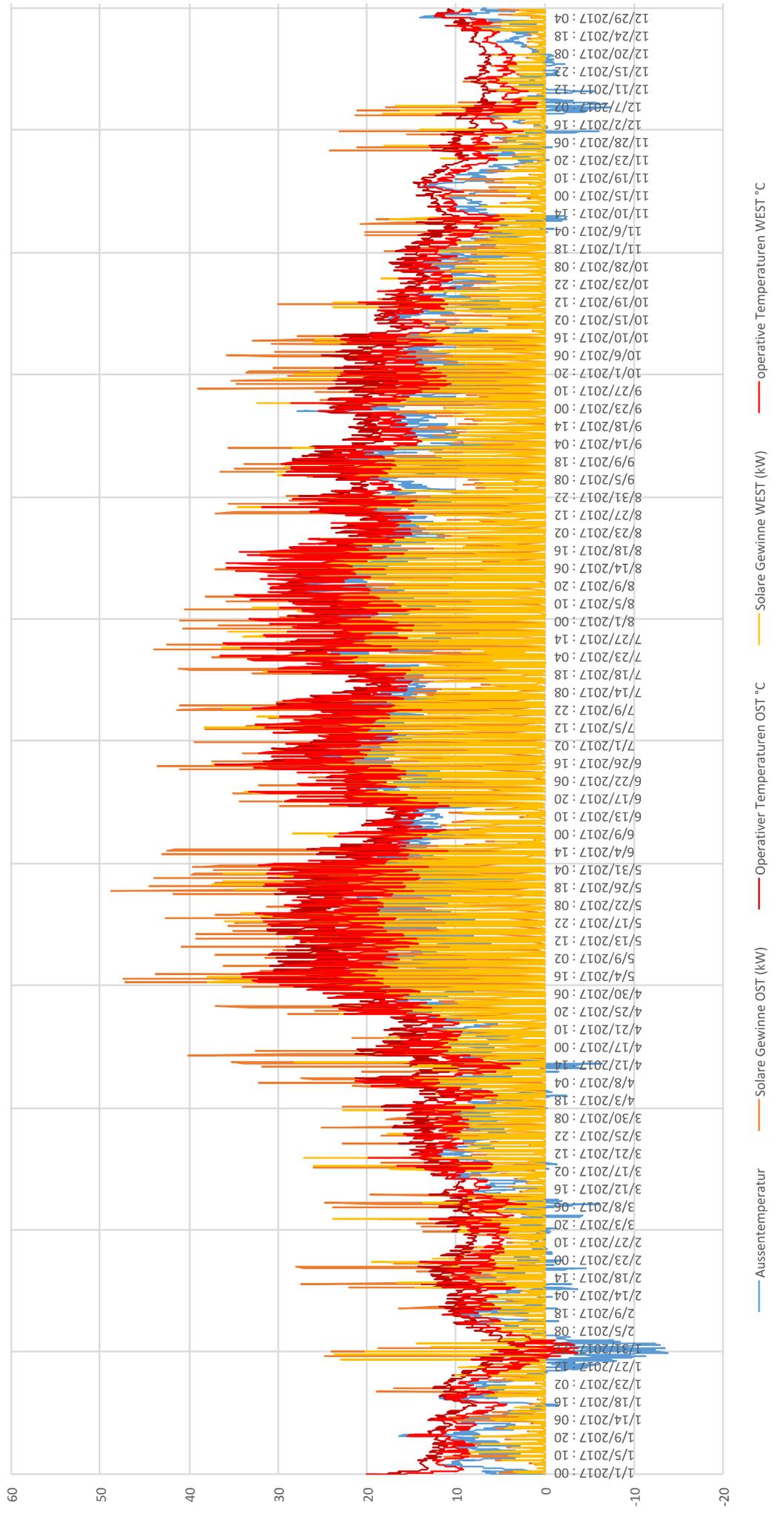
V4.2.2 Temperaturprofil 31.7.
Pufferzone Ost und West



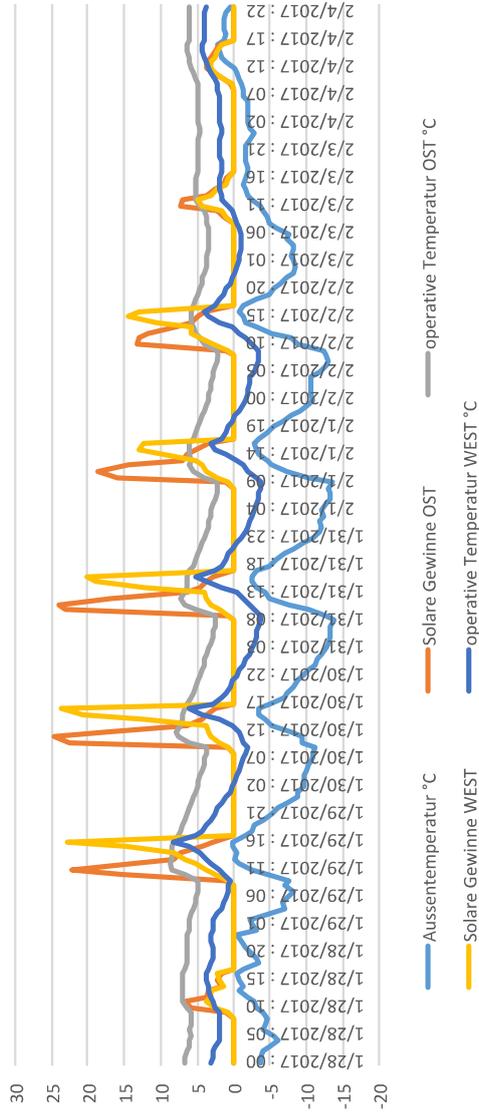
V4.2.2 Jahrestemperaturprofil Pufferzone Ost und West



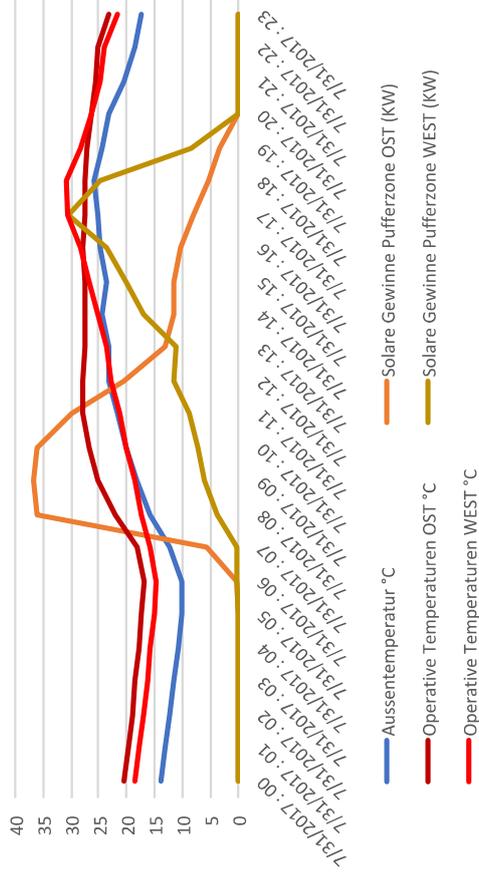
V5.2.4 Jahrestemperaturverlauf und solare Gewinne
Pufferzone Ost und West



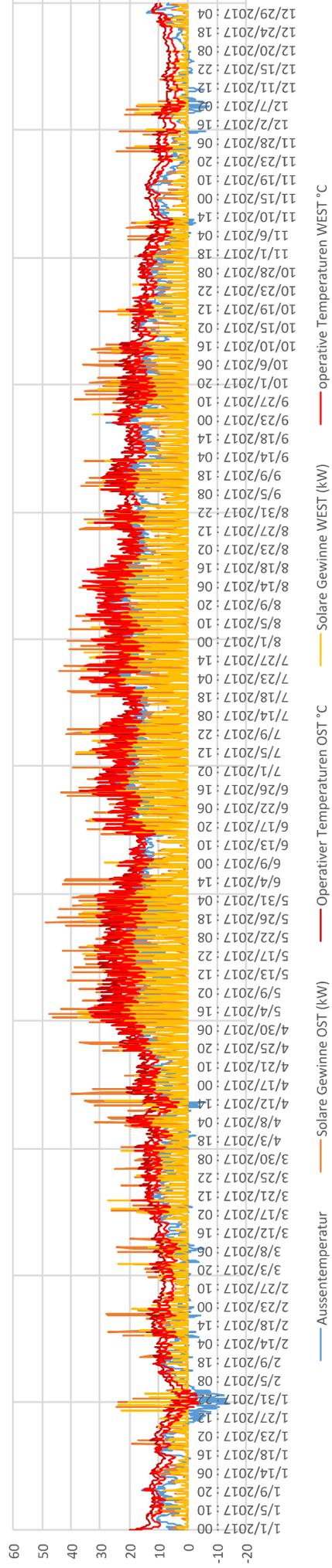
V5.2.4 Wochenprofil 28.1- 4.2 Solare Gewinne und operative Temperaturen Pufferzone Ost und West



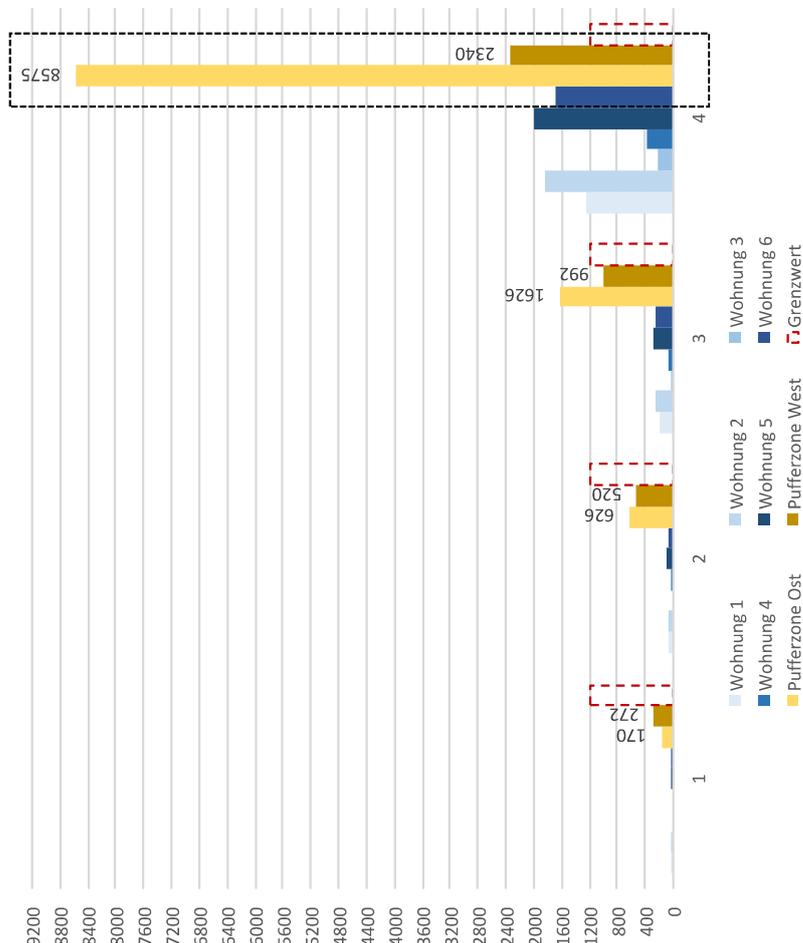
V 5.2.4 Tagesprofil Pufferzone OST und WEST Solare Gewinne und Operative Temperaturen



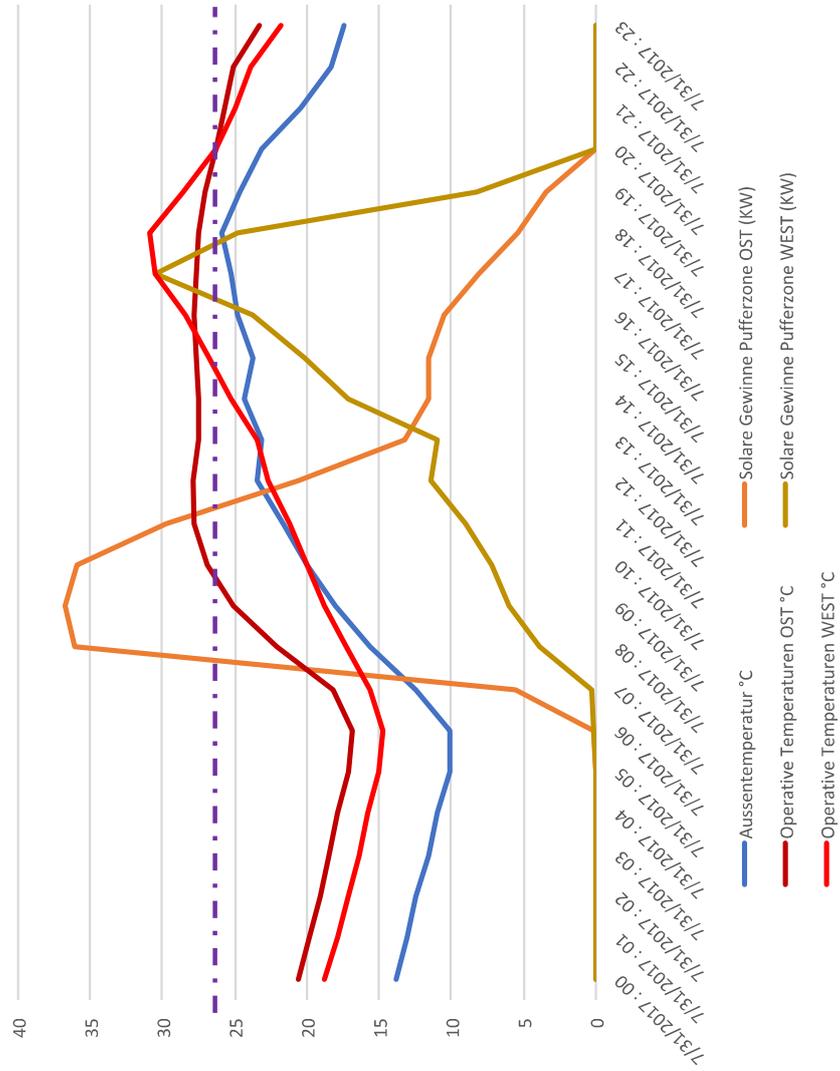
V5.2.4 Jahrestemperaturverlauf und solare Gewinne Pufferzone Ost und West



V5 Untersuchung Überheizungsstunden (Kh/a)
Komforttemperatur bei Bezugstemperatur 26°C



V 5.2.4 Tagesprofil Pufferzone OST und WEST
Solare Gewinne und Operative Temperaturen



	V 4.2.1 SOLARLUX / TRÖSCH	V 4.2.2 SOLARLUX / INTERPANE	V 4.2.3 SKYFRAME	V 4.2.4 G-WERT 45%	V 5.2.1 SOLARLUX / TRÖSCH	V 5.2.2 SOLARLUX / INTERPANE	V 5.2.3 SKYFRAME	V 5.2.4 G-WERT 45%
Heizung (kWh)	40323,1	39479,8	38798,2	37010,5	39873,1	38975,7	38222,6	33351,8
kWh/m2a	53,27	52,15	51,25	48,89	52,67	51,49	50,49	44,06
Kosten Heizung bei 0,25 Ct. /kWh	10.080,78 €	9.869,95 €	9.699,55 €	9.252,63 €	9.968,28 €	9.743,93 €	9.555,65 €	8.337,95 €
Temp MAX	30,2	31,5	33,3	37,1	30,2	31,6	33,4	37,4
Temp MIN	-3,6	-3,5	-3,4	-3,2	-3,7	-3,6	-3,5	-3,8
Denkmalschutz	X	X	a	a	X	X	a	a
Energie	X	a	a	aa	X	a	a	aa
Sommerl. Wärmeschutz	a	a	X (a)	XX	a	a	X (a)	XX

Anlage KAP. III

A 3. 7

Bauphysikalische und energetische Betrachtung der Sanierungsstrategie

Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik

Fachbereich Architektur

Technische Universität Darmstadt

Gliederung

Lebenszyklusanalyse

Vergleich Sanierung zu Neubau in Holzbauweise in hohem Energieeffizienzstandard

Konzeption - EnEV und Null Energie Gebäude.

Welche Methodik eignet sich zum Identifizieren der optimalen Sanierungsstrategie?

Energiekonzept

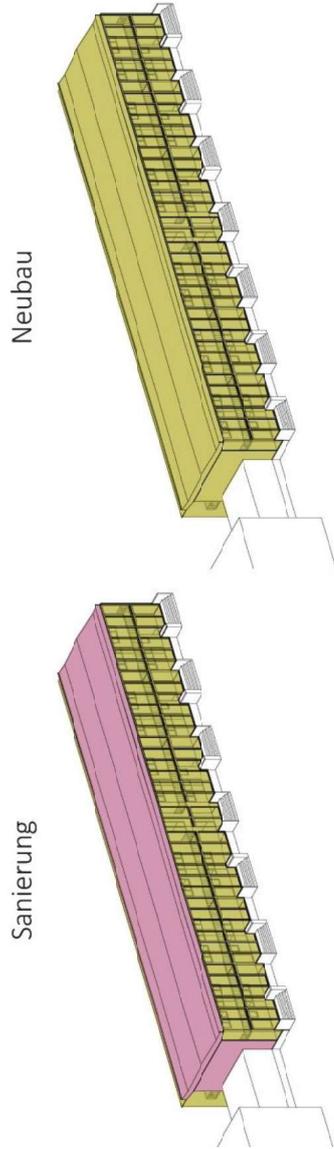
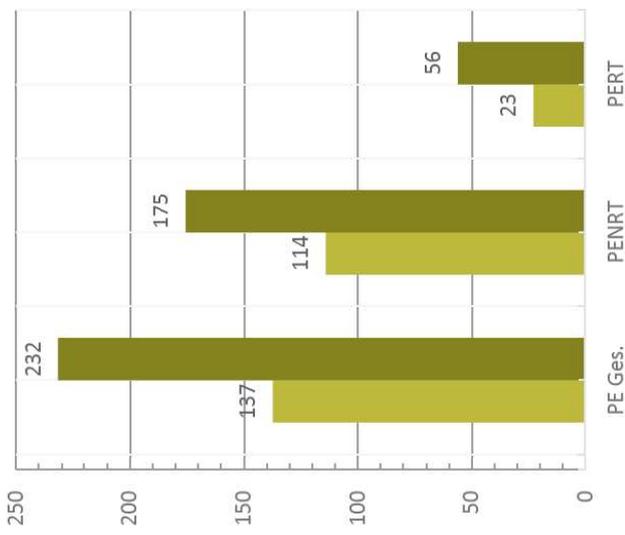
- Bestandsanalyse
- Gebäudehülle
- Anlagentechnik

Detailuntersuchung Fassade Pufferzone

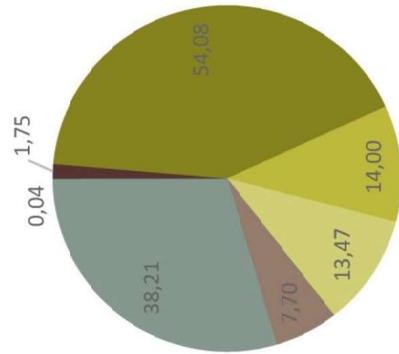
Optimierung der solaren Wärmegewinne in der Pufferzone. Welche Konfiguration der Fenster in Bezug auf U-Wert und G-Wert ermöglichen die größtmögliche Reduktion der Heizenergiebedarfe unter Beachtung des sommerlichen Wärmeschutzes und dem Ensembleschutz

Lebenszyklusanalyse

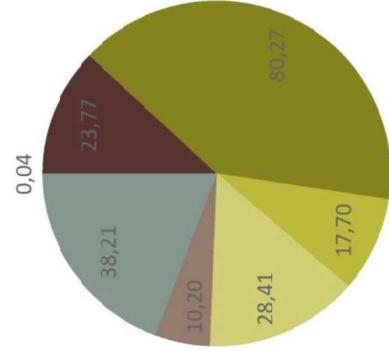
Auswertung Primärenergie



PE Ges. Sanierung Bauteile

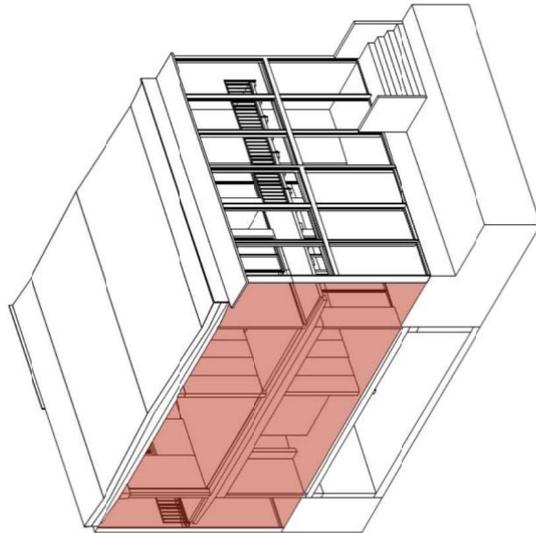


PE Ges. Neubau Bauteile



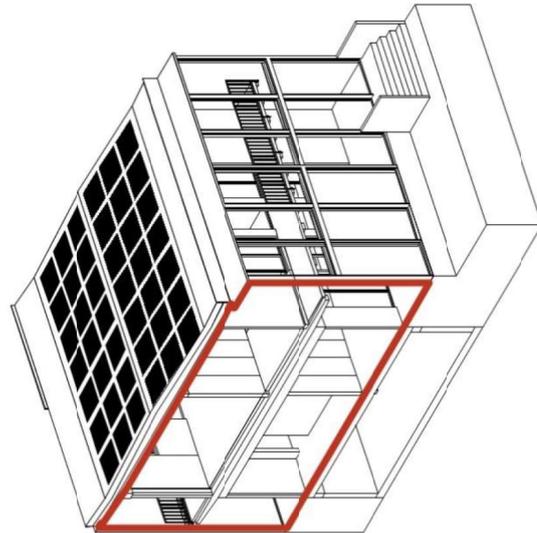
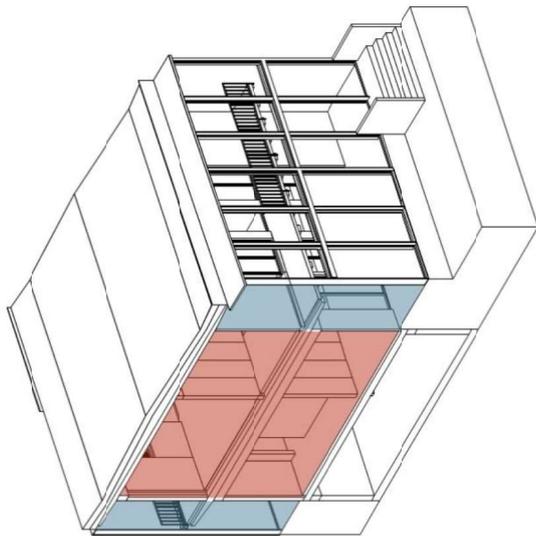
Konzeption EnEV und Null Energie Gebäude.

Umschließende thermische Hülle

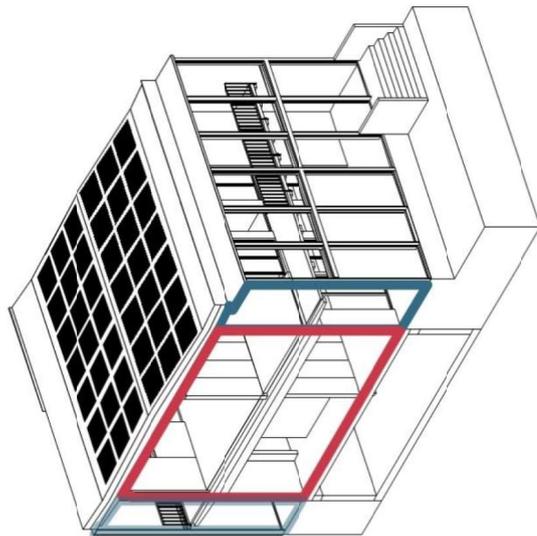


EnEV Standard

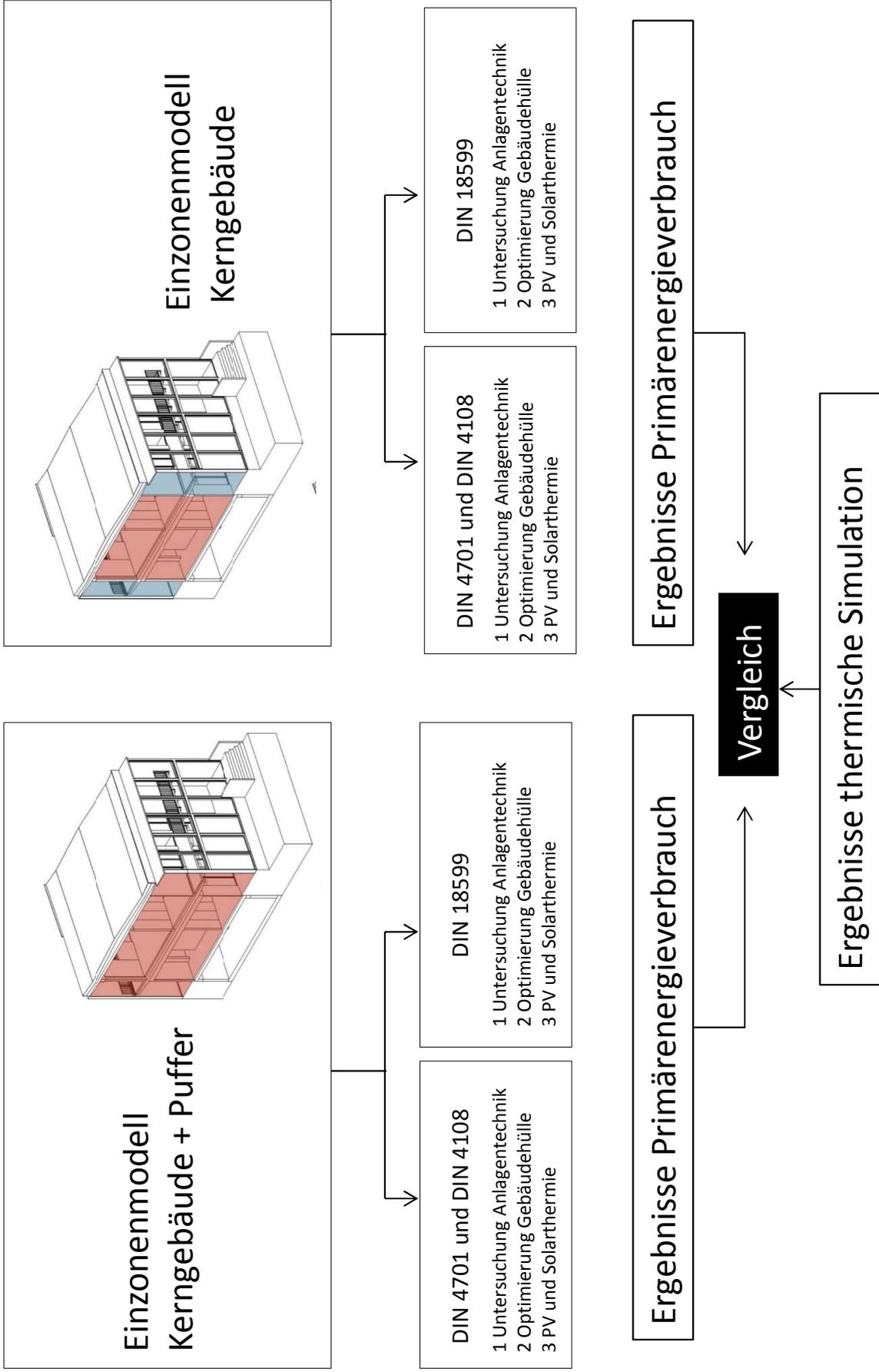
Unbeheizte Pufferzone



Null Energie Gebäude

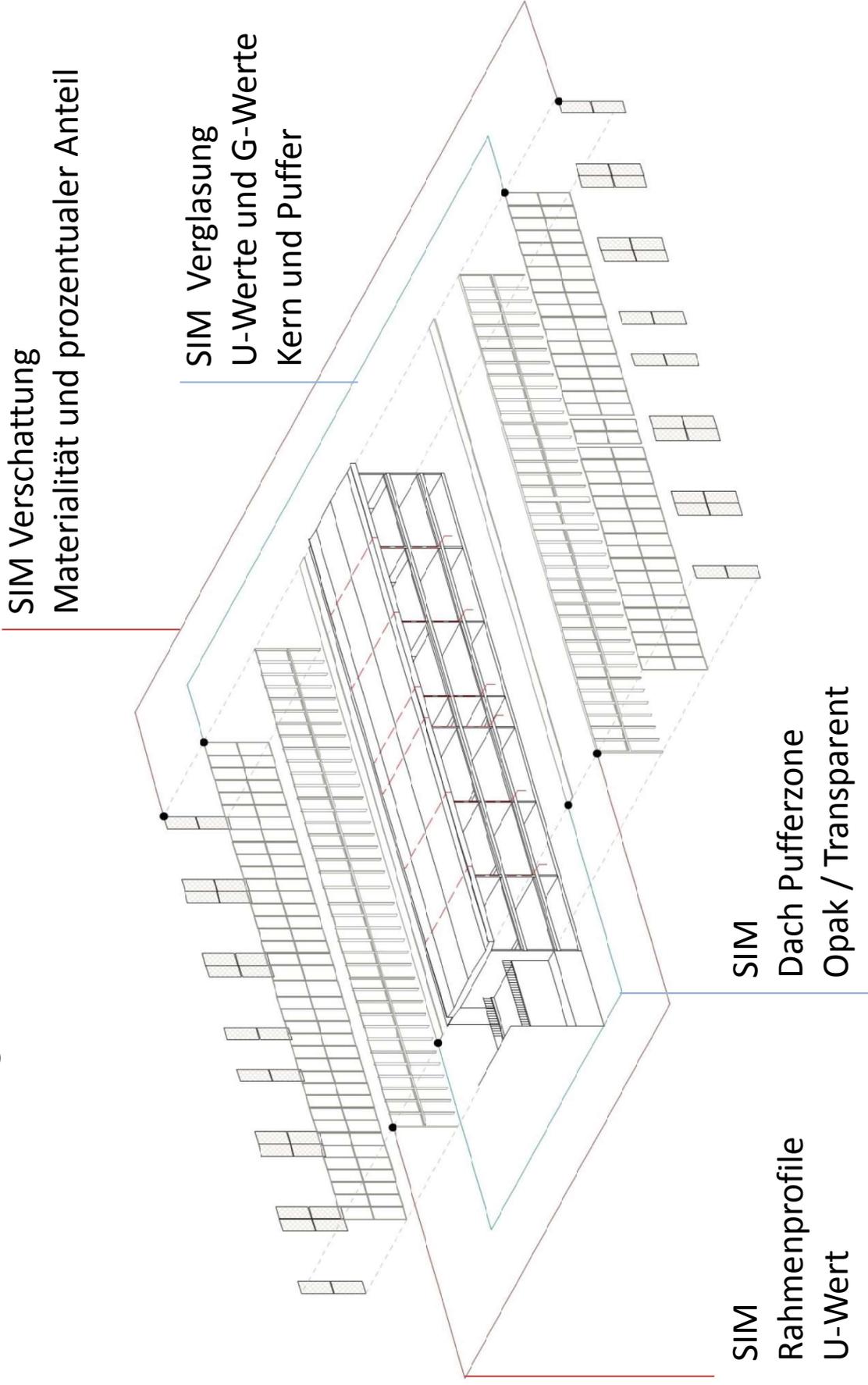


Konzeption EnEV und Null Energie Gebäude Methodik

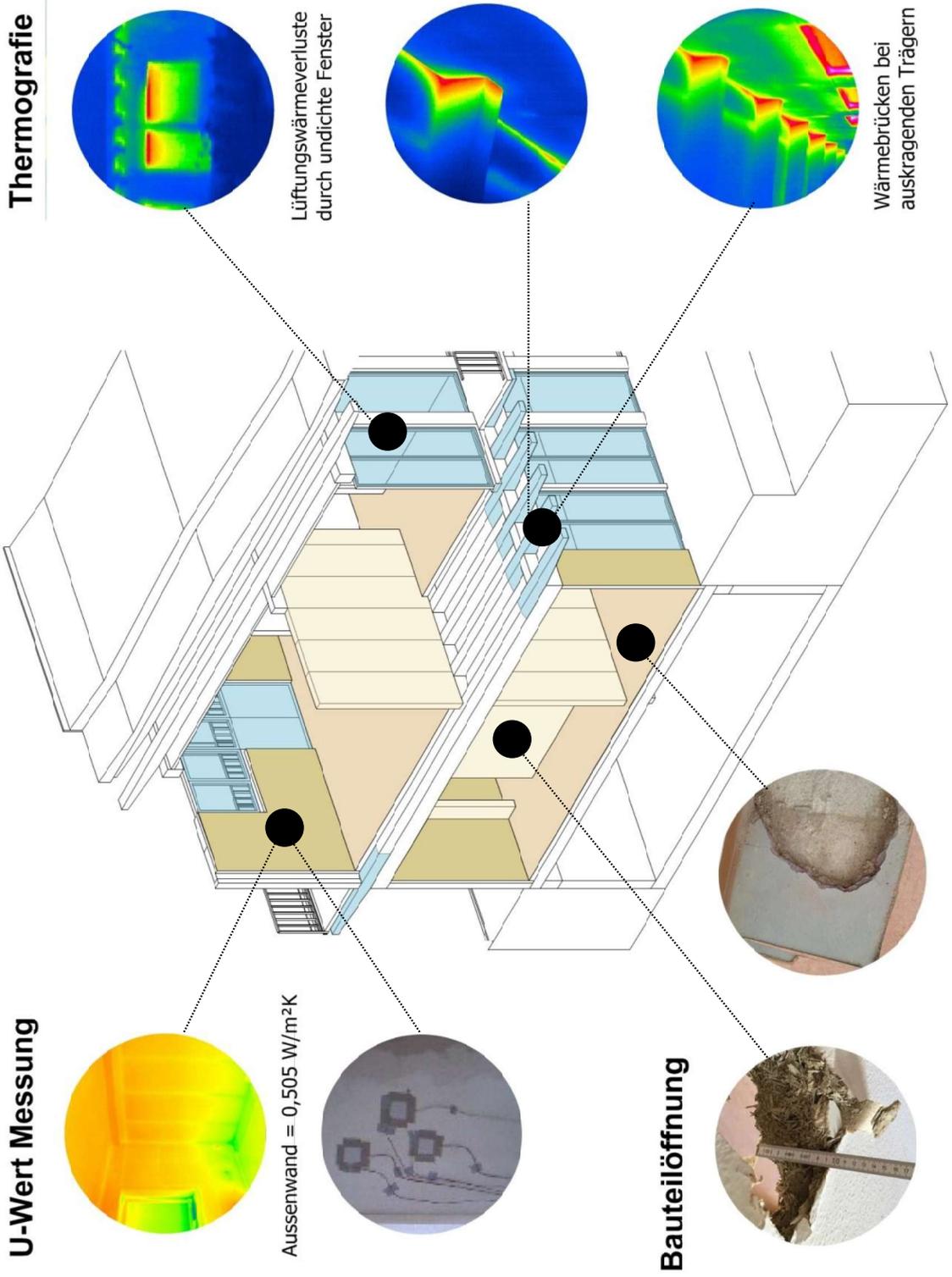


Konzeption EnEV und Null Energie Gebäude

Variantenuntersuchungen



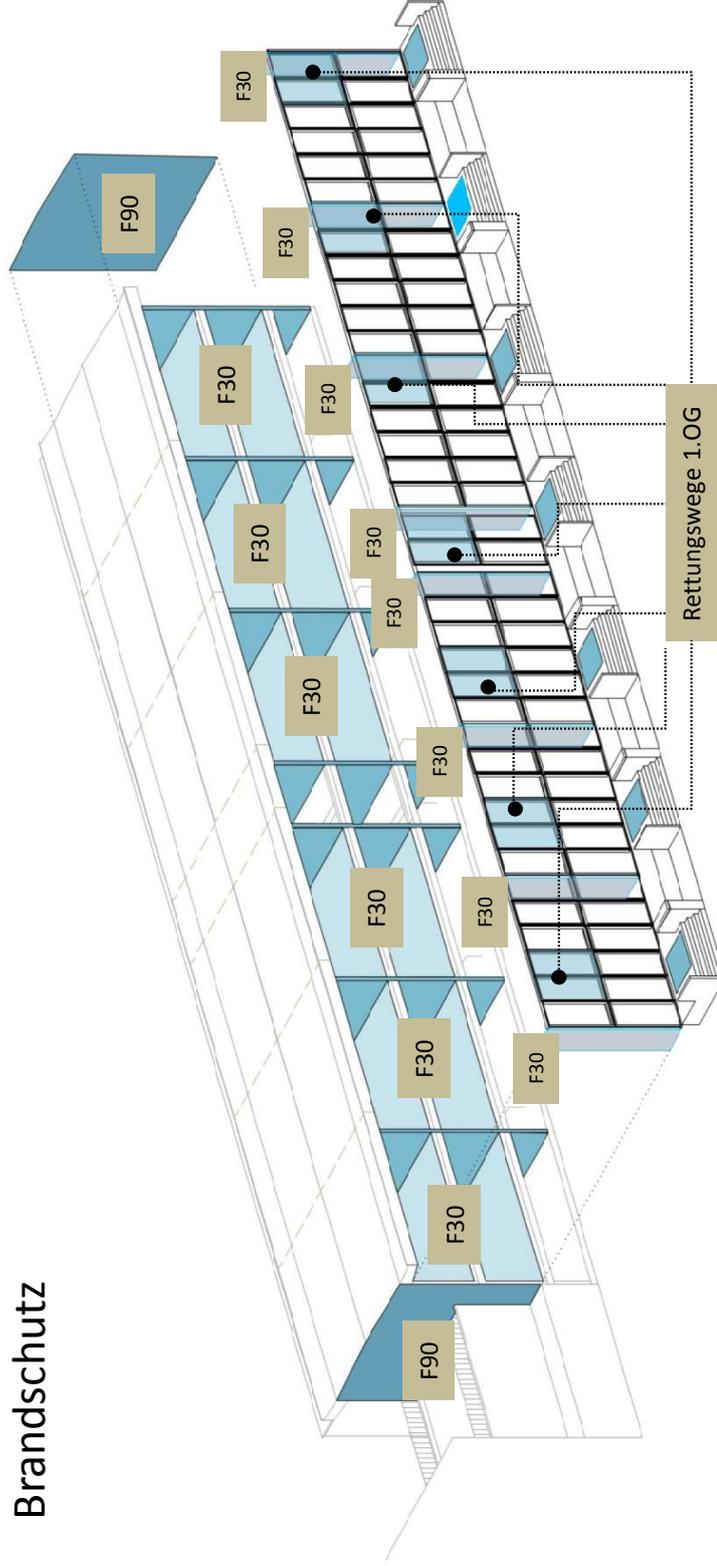
Energiekonzept Bestandsanalyse- Wärmeschutz



Energiekonzept

Bestandsanalyse

- Schallschutz
- Brandschutz



Energiekonzept - Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahmen Rohbau:

Dachaufbau:

- 1 alle Dämmung ersetzen durch 100 mm Autdämmung Wärمدach WLG 035, harte Bedachung, Betonplatten bleiben.

Fassade Pufferzone

- 2 Verschattungselemente bestehend aus Polycarbonat (U-Wert 1,28 W/m²K bei 25 mm Stärke) und Streckmetall, vorge setzt
- 3 Doppelverglasung U-Wert 1,3 Variante :Fenster als Einfachverglasung prüfen und Tendenz ermitteln

Pufferzone

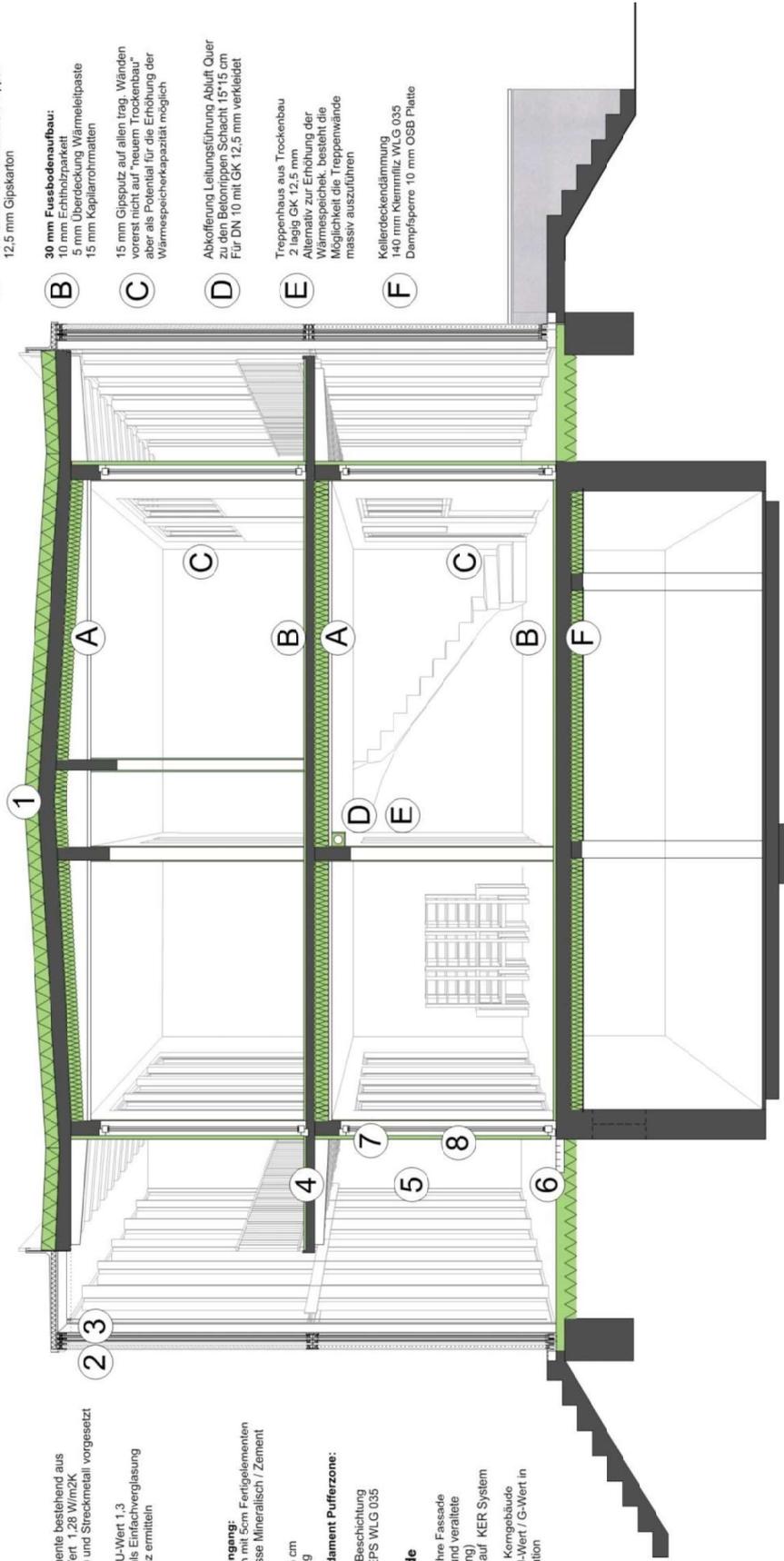
- 4 **Oberfläche Laubengang:** bestehende Rippen mit 5cm Fertigelementen 2 cm Ausgleichsmasse Mineralisch / Zement
- 5 **Aufbau Schotte:** Kalksandstein 17,5 cm 2 cm Putz beidseitig
- 6 **Bodenbelag/ Fundament Pufferzone:** 14 cm Ortbeton 14 cm Mineralische Beschichtung 14 cm Dämmung EPS WLG 035

Fassade Kerngebäude

- 7 Rückbau der 70 Jahre Fassade (Fassadenplatten und veraltete Mineralwolldämmung) 30 mm Dämmputz auf KER System
- 8 Austausch Fenster Kerngebäude Variantenbildung U-Wert / G-Wert in thermischer Simulation

Sanierungsmaßnahmen Innenausbau

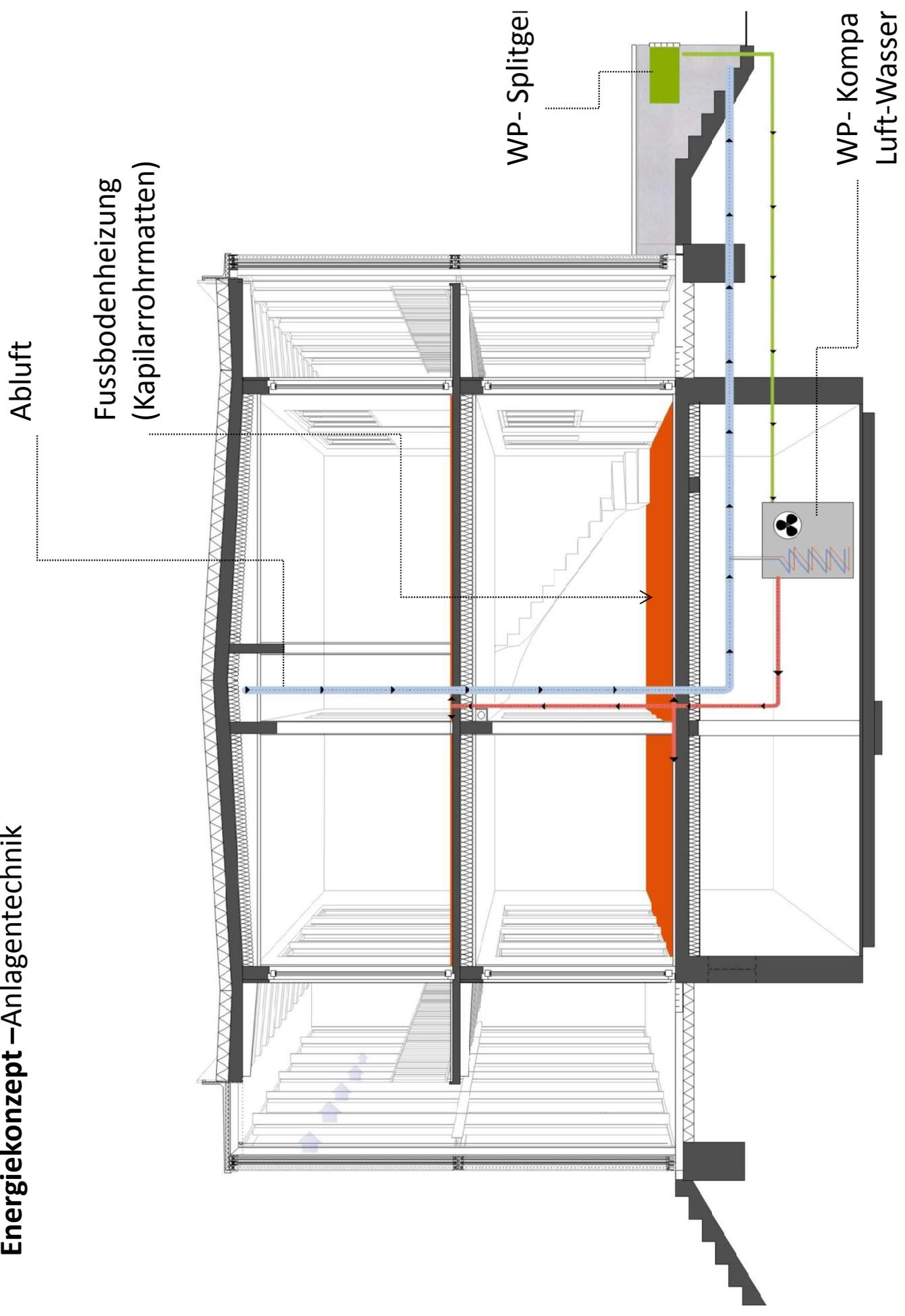
- A **abehängte Decke**
100 mm Mineralwolldämmung in Deckenhohlräumen zw. Betonrippen 12,5 mm Gipskarton
- B **30 mm Fußbodenaufbau:**
10 mm Echtholzparkett
5 mm Überdeckung Wärmeleitpaste
15 mm Kapillarrohrrmatten
- C 15 mm Gipsputz auf allen Trag. Wänden vorerst nicht auf "neuem Trockenbau" aber als Potential für die Erhöhung der Wärmespeicherkapazität möglich
- D Abkofferung Leitungsführung Abluft Quer zu den Betonrippen Schacht 15*15 cm Für DN 10 mit GK 12,5 mm verkleidet
- E Treppenhaus aus Trockenbau 2 lagig GK 12,5 mm Alternativ zur Erhöhung der Wärmespeichek. besteht die Möglichkeit die Treppenwände massiv auszuführen
- F Kellerdeckendämmung 140 mm Klemmfilz WLG 035 Dampfsperre 10 mm OSB Platte



Beispiele nach Besprechung mit Edin Saronicj am 21.4.2017
M 1:50

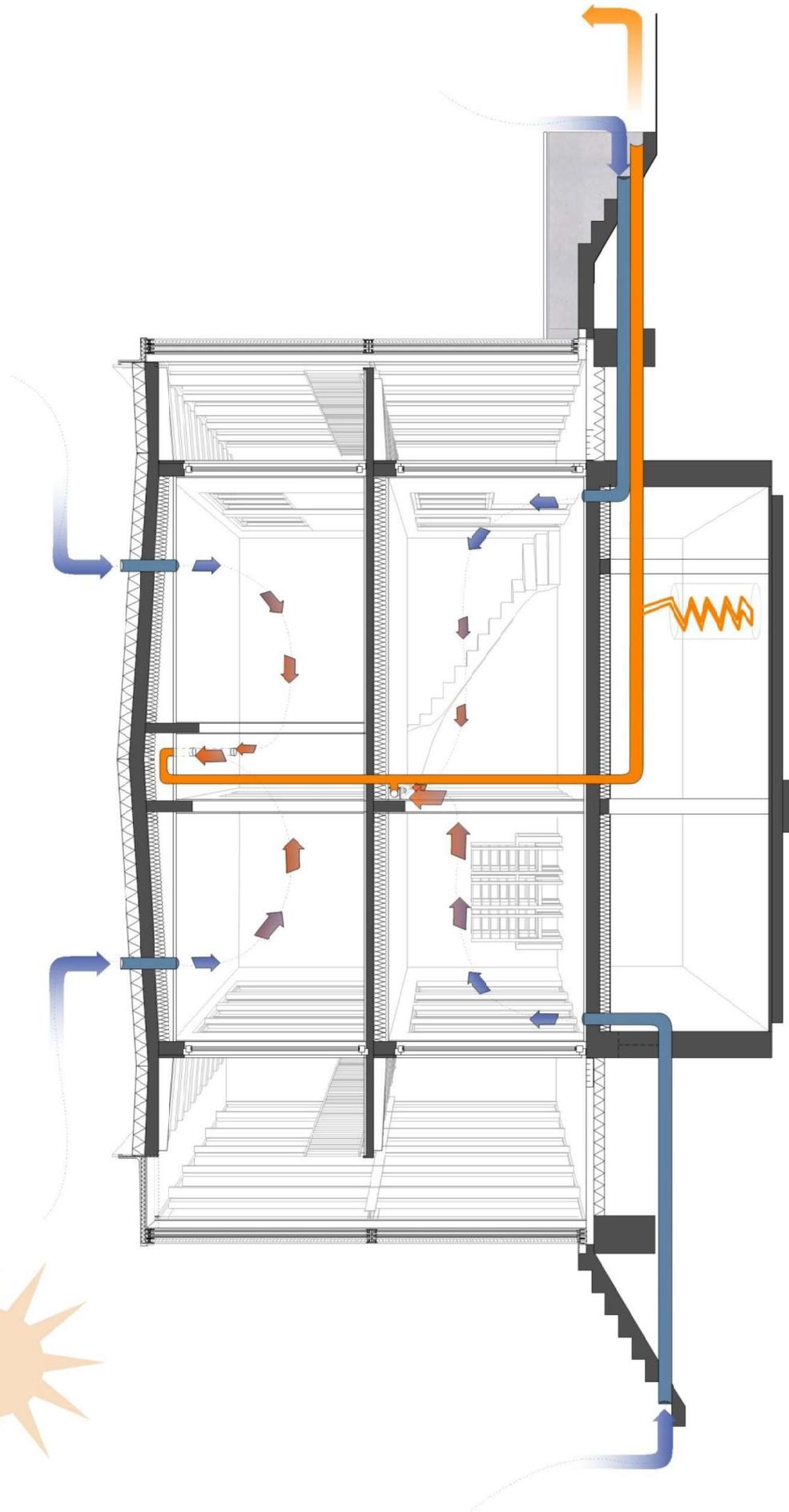
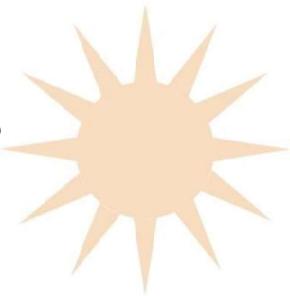
24.4.2017 D.Blome

Energiekonzept –Anlagentechnik



Energiekonzept Lüftungskonzept und Anlagentechnik

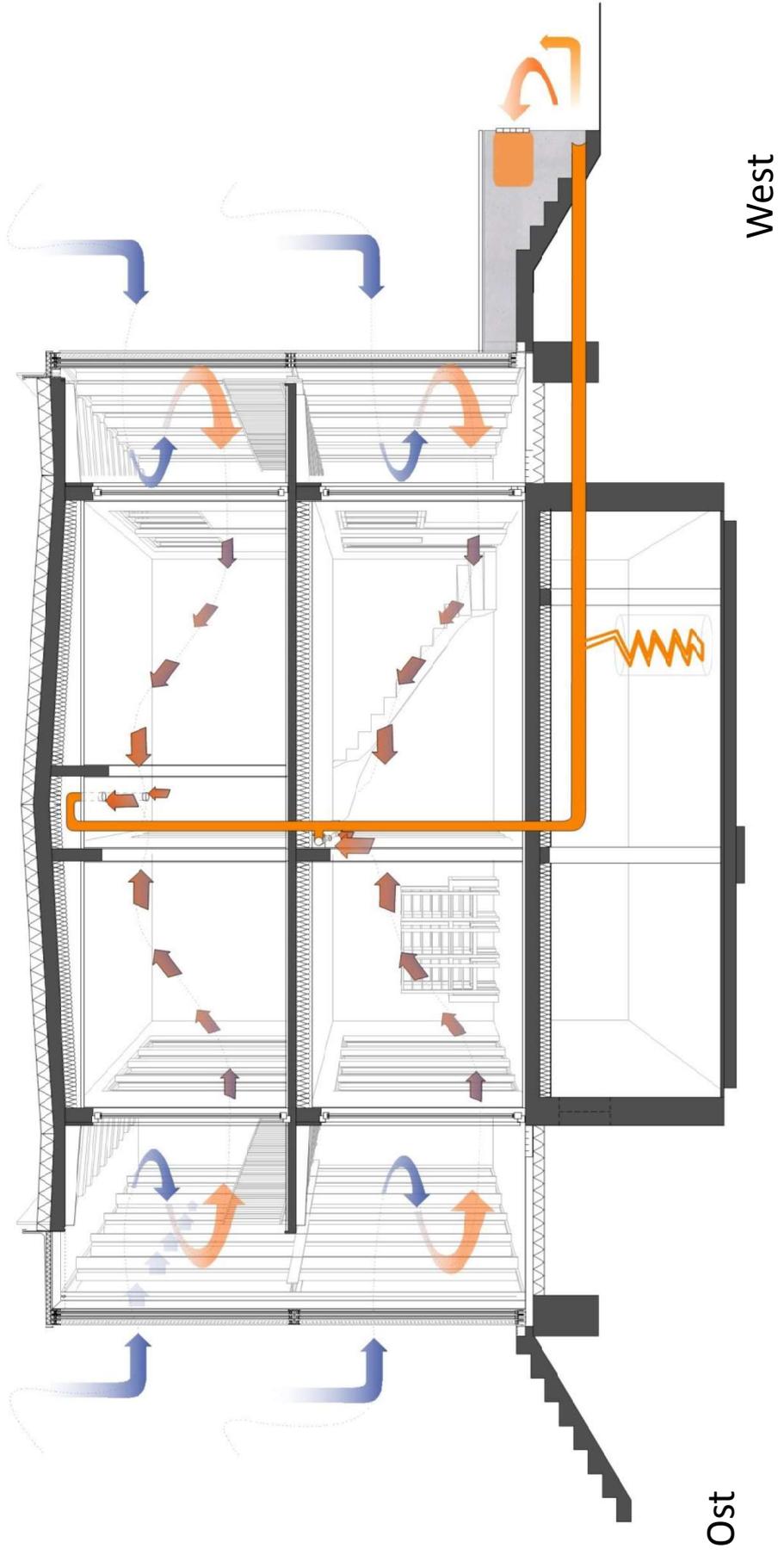
Sommerfall



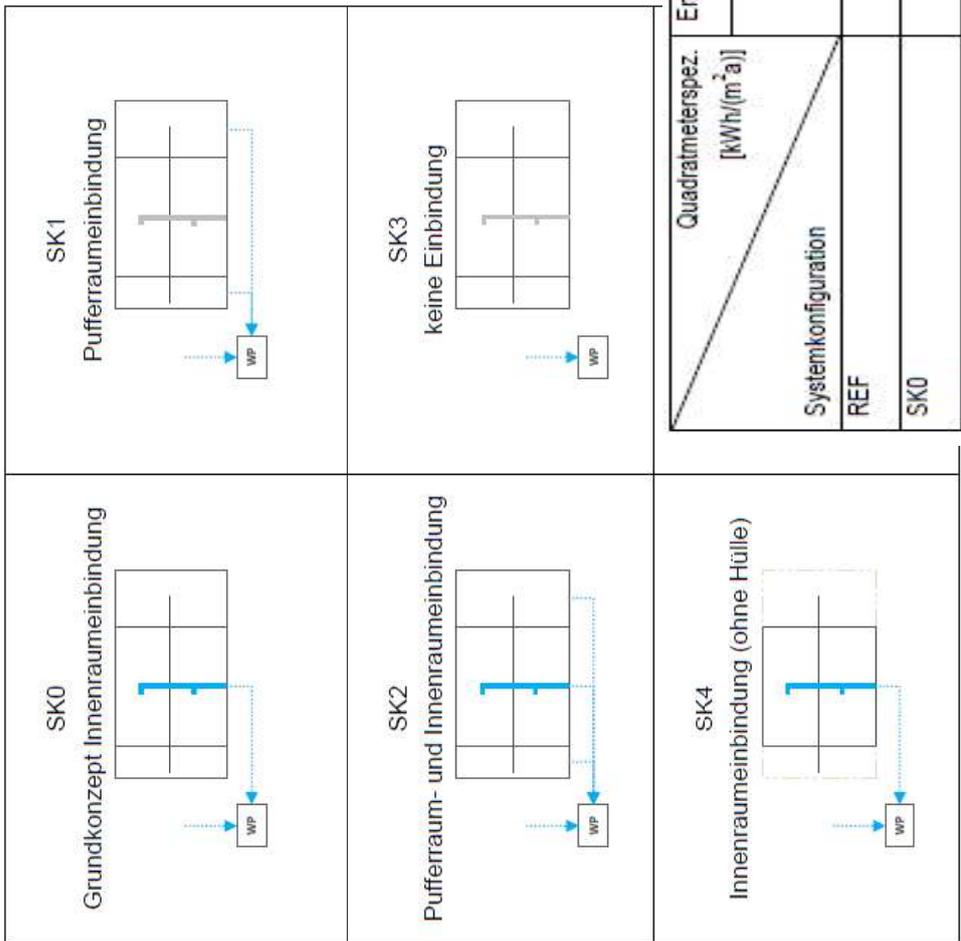
Ost

West

Energiekonzept – Lüftungskonzept und Anlagentechnik Winter und Übergangszeiten

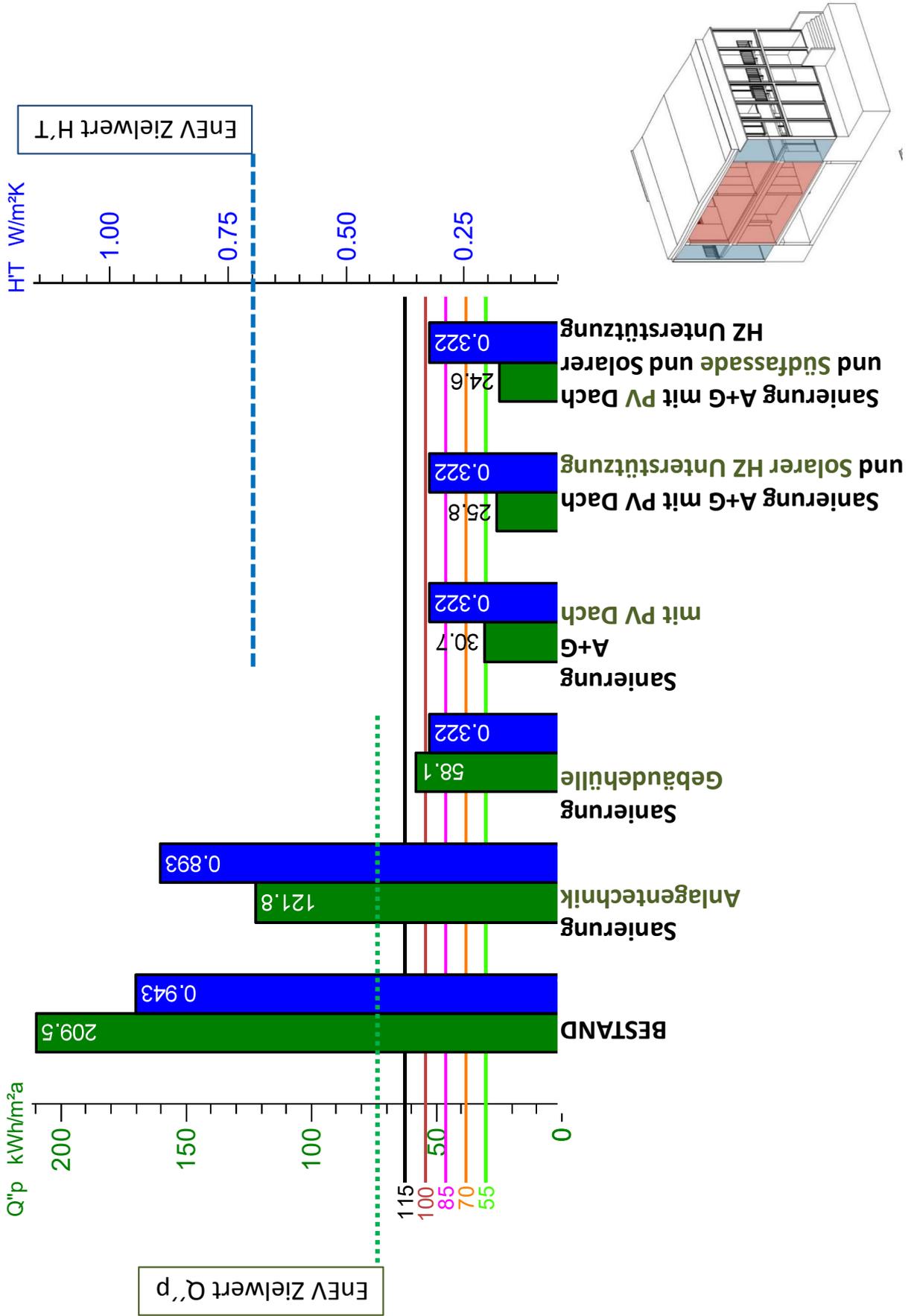


Energiekonzept – Einbindung der Wärmepumpe und Abluftanlage

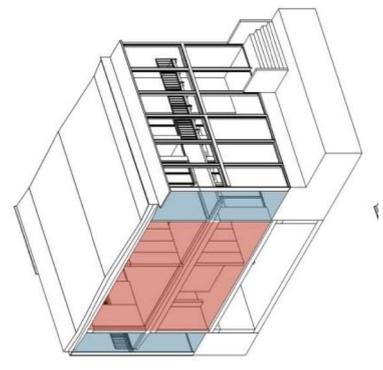
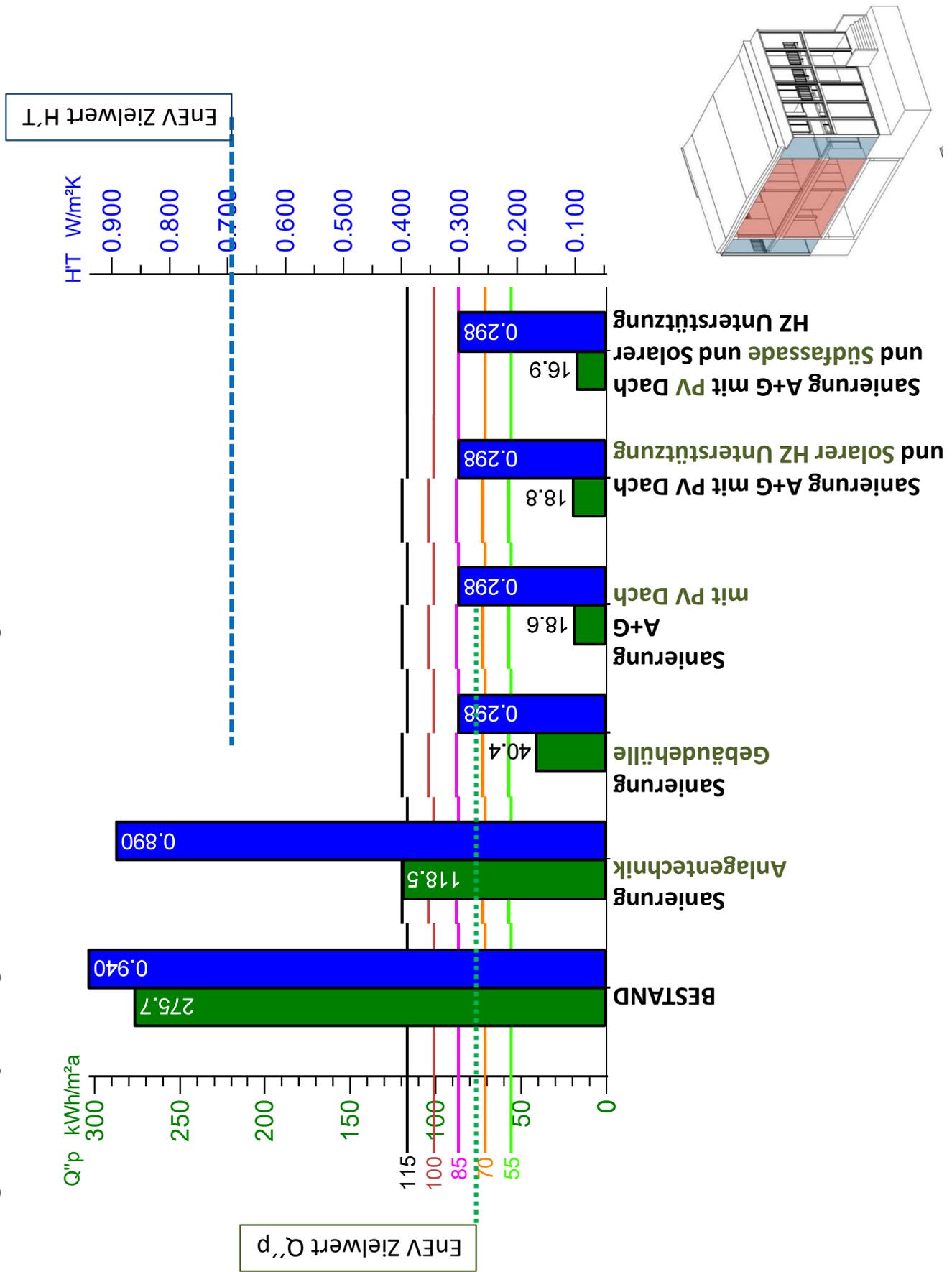


Systemkonfiguration	Endenergiebedarf (Strom)		Nutzenergie (Wärme)	
	RH+TWW	RH	RH	TWW
REF	50,69	37,25	101,70	32,07
SK0	35,45	22,25	61,72	32,07
SK1	37,20	24,02	66,61	32,07
SK1_PERM	48,15	35,54	104,76	32,07
SK2	36,47	23,52	66,61	32,07
SK3	36,18	22,73	61,72	32,07
SK4	49,68	36,47	101,70	32,07

Energiekonzept – Ergebnisse Varianten Kernegebäude nach DIN 4701



Energiekonzept – Ergebnisse Varianten Kerngebäude nach DIN 18599



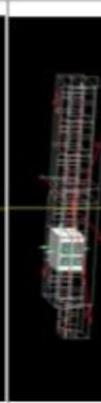
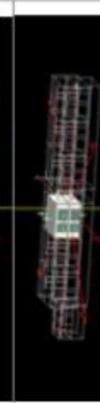
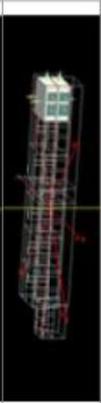
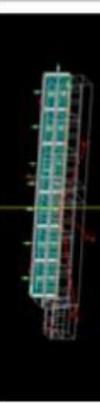
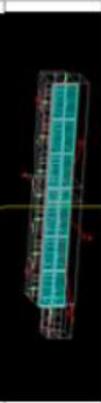
Detailuntersuchung Fassade Pufferzone

Herausforderungen

- Höchstmögliche Transparenz um ursprüngliche Fassade durch die Pufferzone ablesbar zu gestalten
- Höchstmögliche Energieeffizienz um solare Wärmegewinne zur Reduktion des Heizenergiebedarfs zu nutzen
- Behaglichkeit und Vermeidung von Übergradtemperaturen in der Pufferzone

Detailuntersuchung Fassade Pufferzone

Modellierung thermische Simulation

Zone	Wohnung	BRI	NRI	m ²	
1	Einlieger	117,17	47,38	61,175	
2	1	344,55	224,32	122	
3	2	334,95	222,38	118	
4	3	314,95	222,33	118	
5	4	366,28	260,92	118	
6	5	287,19	174,57	118	
7	6	294,0	171,62	122	
8	Puffer Ost	826,59	646,23	264,51	
9	Puffer West	706,66	593,72	226,13	

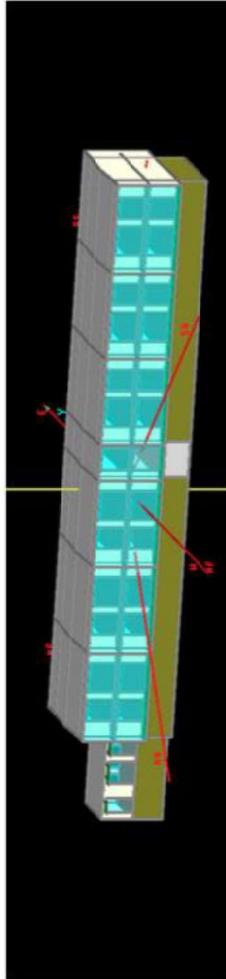
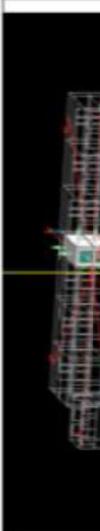


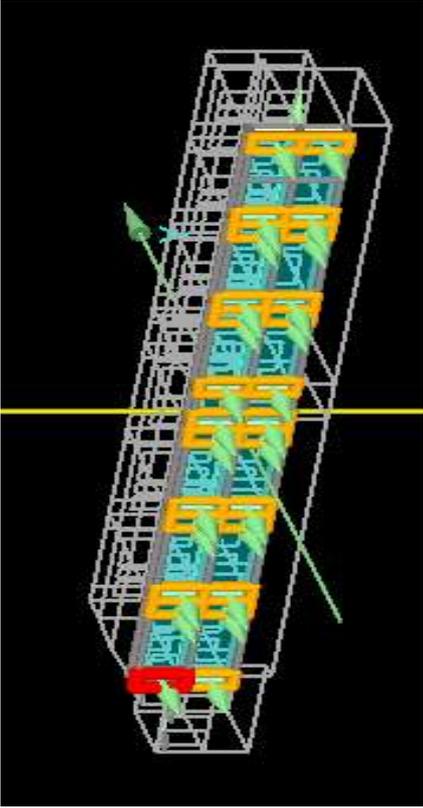
Abbildung 1 Grafische Darstellung des simulierten Gebäudes

10	Treppenhau s unbeheizt	
11	Keller Unbeheizt	

Detailuntersuchung Fassade Pufferzone

Annahmen der Untersuchungsparameter

216



Polycarbonat Platte

Uw -montiert	[W/m ² K]	0,8
Rahmenreduktionsfaktor	[-]	0,7
SHGC (Kurzwellenstrahlung Mittel)	[-]	0,68
SHGC (hemisphärisch)	[-]	0,68
Langw. Strahlungsem. -grad (Mittel Verglasung/Rahmen)	[-]	0,8

Sonnenschutz

Außen : Streckblech

Verschattungsgrad Sonnenschutzvorrichtung	[-]	0,4
Thermischer Widerstand Solarschutz	[m ² K/W]	2,
Thermischer Widerstand Hohlräum	[m ² K/W]	0
Betriebsart		Zeitplan
Faktor Schließung		1



Verglasung

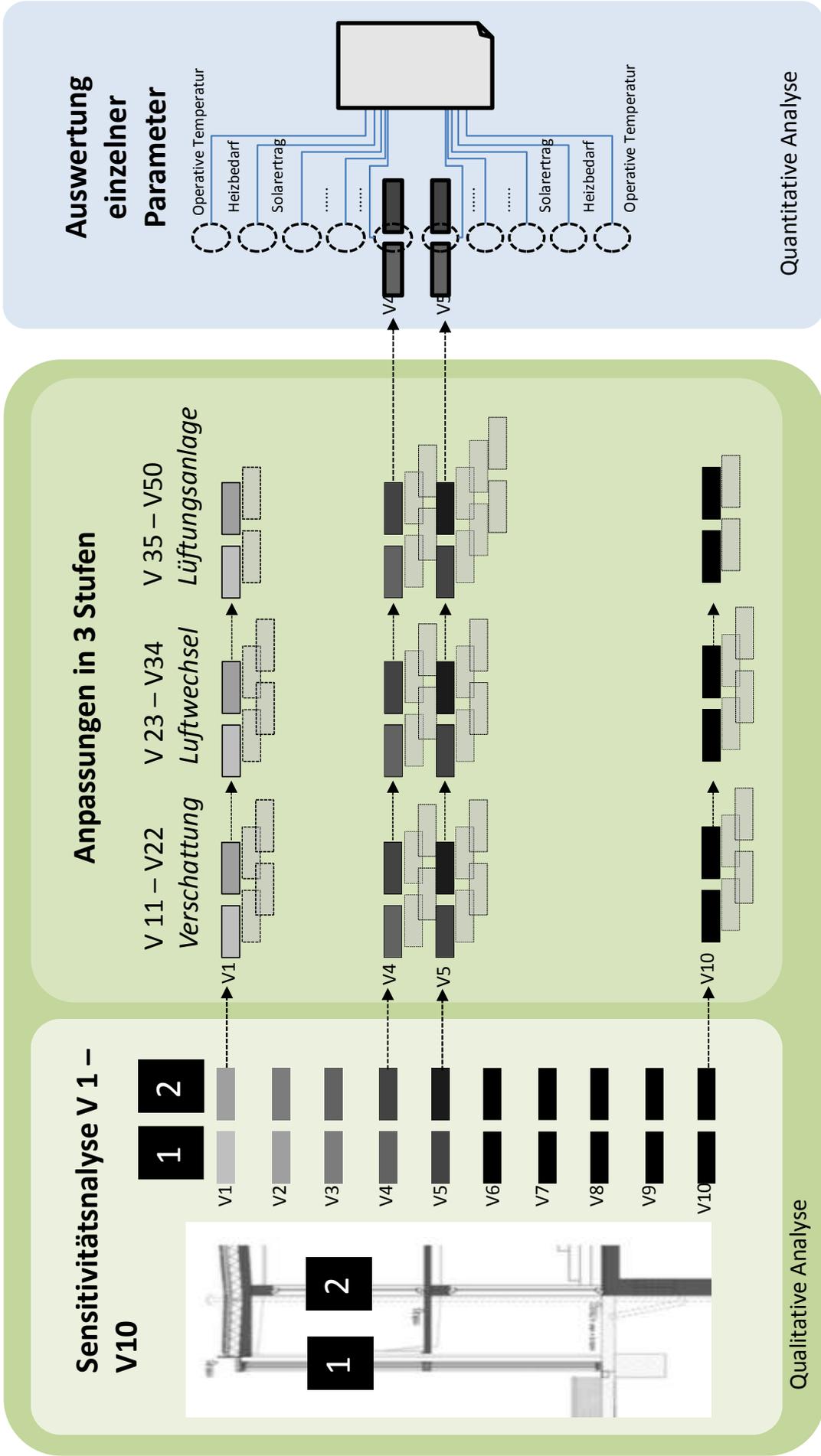
Uw -montiert	[W/m ² K]	1,1
Rahmenreduktionsfaktor	[-]	0,7
SHGC (Kurzwellenstrahlung Mittel)	[-]	0,22
SHGC (hemisphärisch)	[-]	0,22
Langw. Strahlungsem. -grad (Mittel Verglasung/Rahmen)	[-]	0,8

Innen: Vorhang

Verschattungsgrad Sonnenschutzvorrichtung	[-]	0,1
Thermischer Widerstand Solarschutz	[m ² K/W]	0,01
Thermischer Widerstand Hohlräum	[m ² K/W]	0
Betriebsart		Zeitplan

Detailuntersuchung Fassade Pufferzone

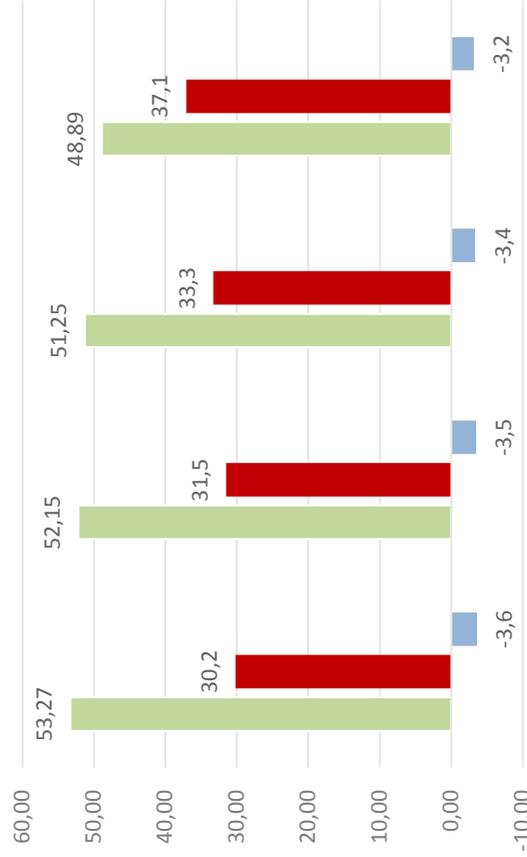
Sensitivitätsanalyse



Detailuntersuchung Fassade Pufferzone

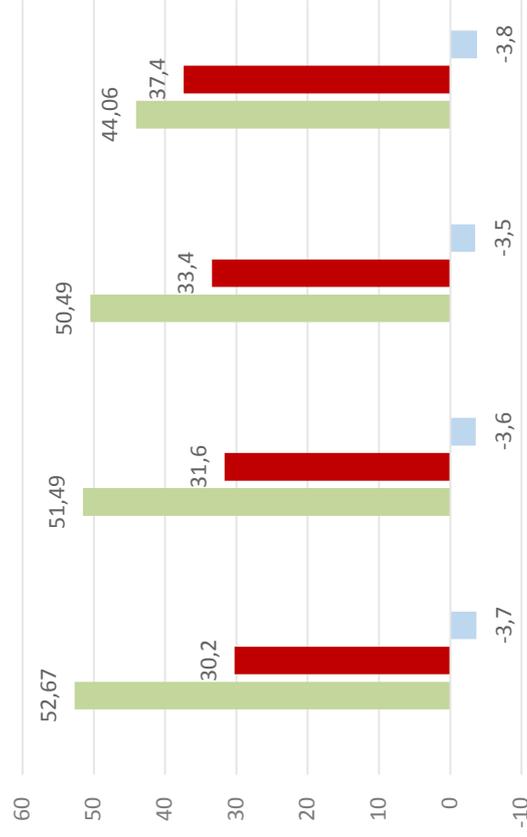
Ergebnisse V4 und V5

Ergebnisse Untersuchungen V4
Energieverbrauch und
Temperaturspitzenwerte



Pufferzone	U-Wert 1,3 W/m²K			
	G-Wert 16%	G-Wert 22%	G-Wert 30%	G-Wert 45%
Kerngebäude	U-Wert 1,3 W/m²K			
	G-Wert 27%			

Ergebnisse Untersuchungen V5
Energieverbrauch und
Temperaturspitzenwerte



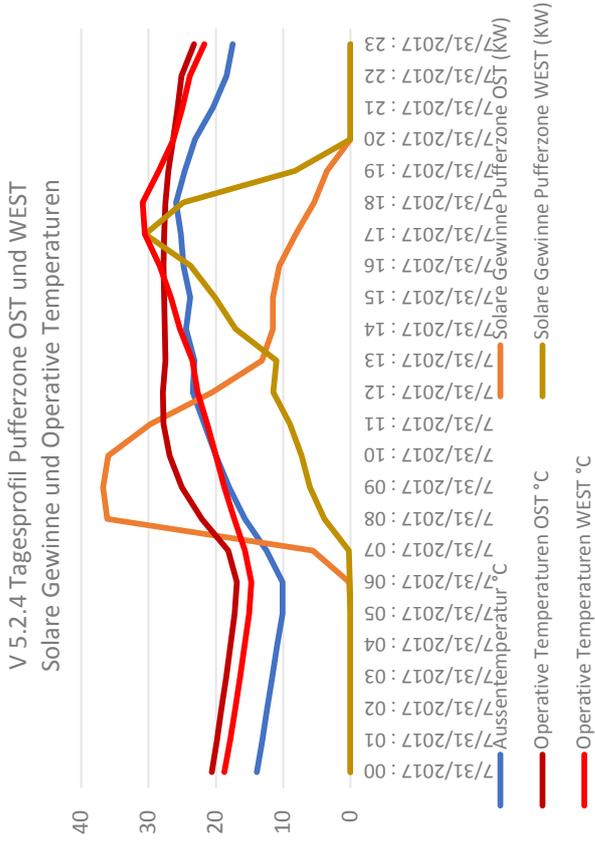
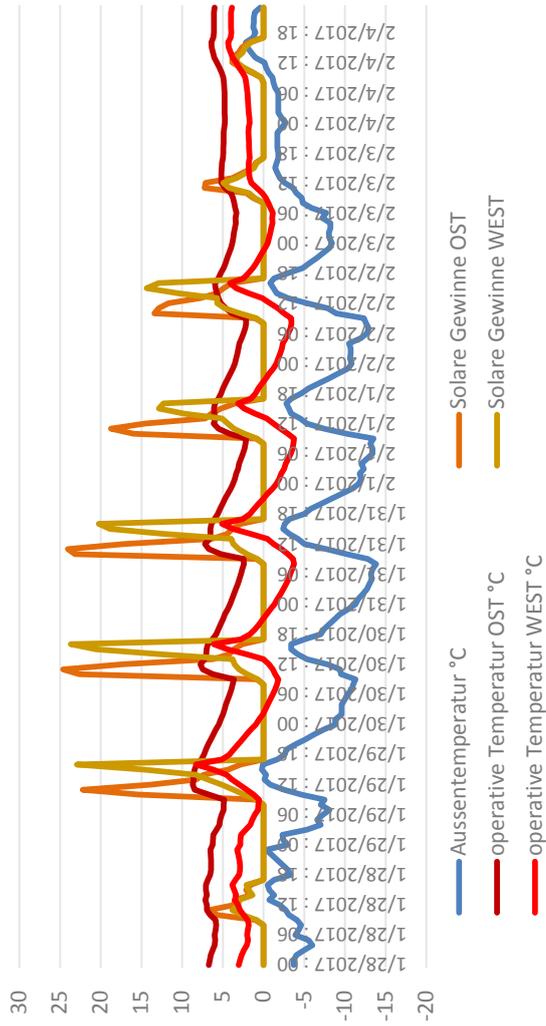
Pufferzone	U-Wert 1,3 W/m²K			
	G-Wert 16%	G-Wert 22%	G-Wert 30%	G-Wert 45%
Kerngebäude	U-Wert 0,7 W/m²K			
	G-Wert 52%			

■ Heizenergiebedarf in kwh/m2a ■ °C Max ■ °C min

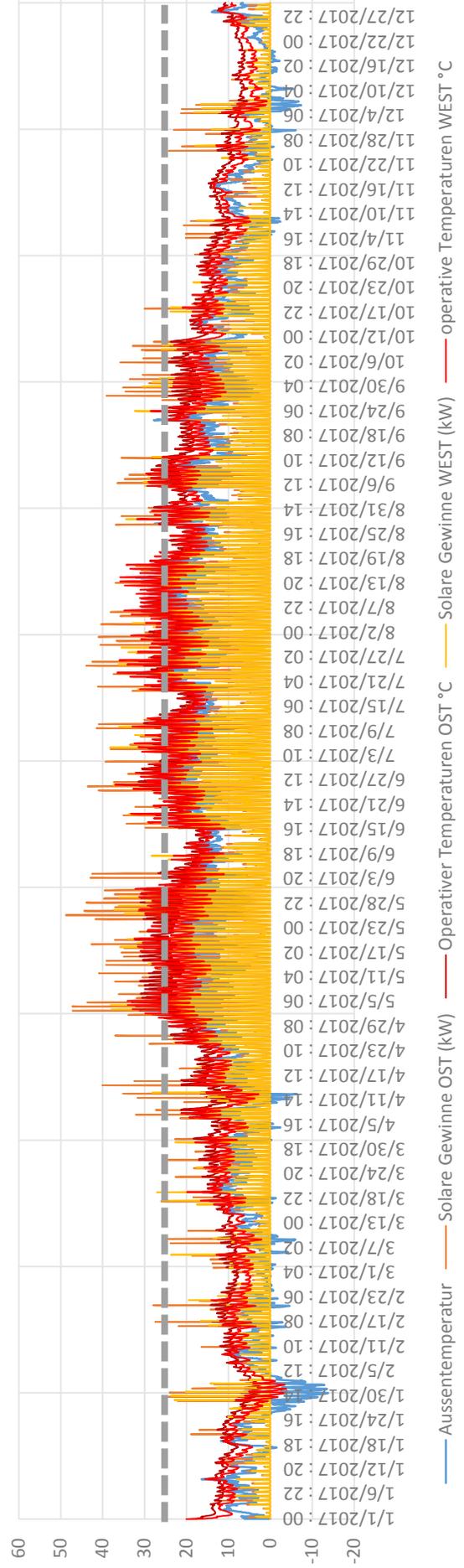
Detailuntersuchung Fassade Pufferzone

Teilergebnisse Thermische Simulation V5

V5.2.4 Wochenprofil 28.1- 4.2 Solare Gewinne und operative Temperaturen Pufferzone Ost und West



V5.2.4 Jahrestemperaturverlauf und solare Gewinne Pufferzone Ost und West

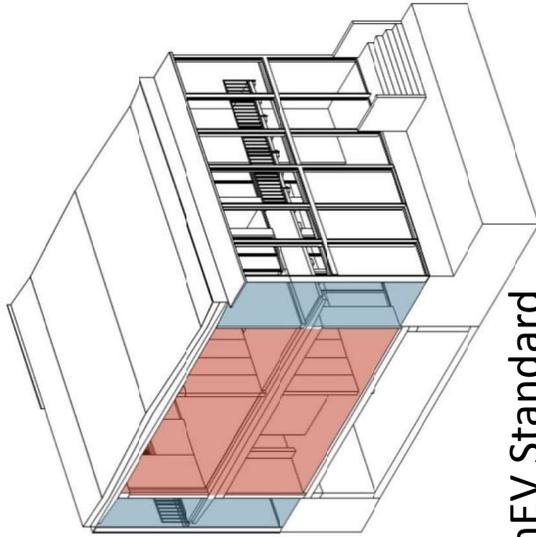


Detailuntersuchung Fassade Pufferzone

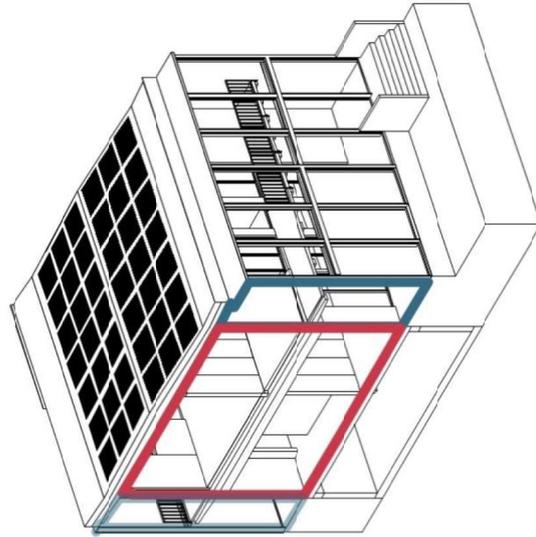
Ergebnisse Thermische Simulation

	V4.2.1	V4.2.2	V4.2.3	V4.2.4	V5.2.1	V5.2.2	V5.2.3	V5.2.4
	G-Wert 16%	G-Wert 22%	G-Wert 30%	G-Wert 45%	G-Wert 16%	G-Wert 22%	G-Wert 30%	G-Wert 45%
Heizung (kWh)	40323,1	39479,8	38798,2	37010,5	39873,1	38975,7	38222,6	33351,8
kWh/m2a	53,27	52,15	51,25	48,89	52,67	51,49	50,49	44,06
Kosten Heizung bei 0,25 Ct./kWh	10.080,78 €	9.869,95 €	9.699,55 €	9.252,63 €	9.968,28 €	9.743,93 €	9.555,65 €	8.337,95 €
Temp MAX	30,2	31,5	33,3	37,1	30,2	31,6	33,4	37,4
Temp MIN	-3,6	-3,5	-3,4	-3,2	-3,7	-3,6	-3,5	-3,8
Denkmalschutz	X	X	✓	✓	X	X	✓	✓
Energie	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓
Sommerl. Wärmeschutz								
DIN 4108 - Teil 3	✓	✓	X	XX	✓	✓	X	XX
Pufferzone Ost	161,8	600,8	1567,5	5262,3	169,5	625,8	1625,8	8575,3
Pufferzone West	266,7	510,3	973,3	2228,8	272,4	520,3	991,6	2339,9
Nachweis Simulation	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Übergradstunden Puffer OST über 26°C	0	9	122	730	0	9	126	1028
Übergradstunden Puffer WEST über 26°C	93	162	147	522	94	162	290	532

Ergebnisse Bilanzierung



EnEV Standard



Null Energie Gebäude

	DIN 4108	DIN 18599	Thermische SIM V5.2.4
--	----------	-----------	--------------------------

Heizenergiebedarf Sanierung Anlagentechnik und Gebäudehülle [kWh/m ² a]	58,8	40,4	44,06
---	-------------	-------------	--------------

Heizenergiebedarf Sanierung Anlagentechnik und Gebäudehülle und 570 m ² PV [kWh/m ² a]	30,7	18,8	17,43
--	-------------	-------------	--------------