

Planungsleitfaden Plusenergie

Energieeffizienz und gebäudeintegrierte regenerative
Energieträgertechnologien in Vorentwurf und Entwurf

Teil 3 – Parameterstudien und Planungsempfehlungen
zur Entwurfsoptimierung und Steigerung der
Energieeffizienz von Gebäuden

C. Ipser, T. Steiner, K. Kreč, K. Stieldorf

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

56d/2012

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Planungsleitfaden Plusenergie

Energieeffizienz und gebäudeintegrierte regenerative

Energieträgertechnologien in Vorentwurf und Entwurf

Teil 3 – Parameterstudien und Planungsempfehlungen

zur Entwurfsoptimierung und Steigerung der

Energieeffizienz von Gebäuden

DI Christina Ipser, Prof. DI Dr. Klaus Kreč, DI Tobias Steiner,
Prof. DI Dr. Karin Stieldorf
Institut für Architektur und Entwerfen
Technische Universität Wien

Wien, Juni 2012

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“).

Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1 Modellgebäude	4
1.1 Wohngebäude	4
1.1.1 Kleingartenwohnhaus	5
1.1.2 Einfamilienhaus	9
1.1.3 Reihenhauses	15
1.1.4 Mehrfamilienwohnhaus.....	23
1.2 Bürogebäude	30
1.3 Gewerbebetrieb	32
2 Heizwärmebedarf in Wohngebäuden	34
2.1 Definition.....	34
2.2 Annahmen zu den Simulationsstudien	35
2.3 Parameterstudien und Simulationsergebnisse - Heizwärmebedarf	36
2.3.1 Bauweise	36
2.3.2 Standort	36
2.3.3 Gebäudetyp und Kompaktheit.....	38
2.3.4 Orientierung.....	39
2.3.5 Verglasungsanteil der Südfassade.....	41
2.3.6 Verschattung	43
2.3.7 Lüftungswärmerückgewinnung.....	45
2.3.8 Übersicht simulierter Varianten	46
3 Sommertauglichkeit in Wohngebäuden.....	51
3.1 Definition und Grundannahmen.....	51
3.2 Testräume zur Sommertauglichkeit.....	52
3.2.1 Testraum Kleingartenhaus	52
3.2.2 Testraum Einfamilienhaus	53
3.2.3 Testraum Reihenhauses	55
3.2.4 Testraum Mehrfamilienhaus	58
3.2.5 Aufbauten	64
3.2.6 Bauteilschichten und Materialkennwerte.....	70
3.2.7 Verglasungen	72
3.3 Parameterstudien und Simulationsergebnisse - Sommertauglichkeit.....	72
3.3.1 Testräume – Raumgröße und Anzahl der Lüftungsebenen	72
3.3.2 Standort	74
3.3.3 Südorientierte Verglasungsflächen	75
3.3.4 Bauweise	77
3.3.5 Orientierung.....	78
3.3.6 Dachgeschoßräume mit Schrägverglasung	80

4 Simulationsreihe Bürogebäude	83
4.1 Annahmen zu den Simulationsstudien	83
4.2 Testraum Bürogebäude	84
4.3 Parameterstudien und Simulationsergebnisse Bürogebäude	86
4.3.1 Orientierung	86
4.3.2 Verglasungsanteil	88
4.3.3 Verglasungsart	90
4.3.4 Nachtlüftung	92
5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Planungsempfehlungen.....	94
5.1 Standortklima.....	94
5.2 Südorientierte Verglasungsflächen.....	95
5.3 Verglasungsanteil der Fassade im Bürobau.....	97
5.4 Orientierung großer Glasflächen	98
5.5 Speichermasse	99
5.6 Kompaktheit des Baukörpers	100
5.7 Gebäudeabstand im dichtverbauten Stadtraum.....	100
5.8 Lüftungswärmerückgewinnung.....	101
5.9 Nachtlüftung.....	102
5.10 Schrägverglasungen.....	103
5.11 Verglasungsart.....	104
5.12 Zusammenfassende Planungsleitsätze.....	105
6 Literatur	107

1 Modellgebäude

Zur Ermittlung der Optimierungspotentiale im Neubau wurde eine Analyse der architektonischen Rahmenbedingungen für die Konzeption hocheffizienter Gebäude-Energiesysteme mittels Simulation an vier Typen von Modellgebäuden durchgeführt. Die Ausarbeitung der Prototypen spielte dabei zusammen mit der Auswahl der zu untersuchenden Parameter und der Entwicklung einer Struktur für die vorgesehenen Simulationsreihen eine entscheidende Rolle.

Da für die Formulierung allgemeingültiger Planungsempfehlungen möglichst repräsentative Modellgebäude erforderlich sind, wurden für die Prototypenentwicklung Bebauungsbestimmungen, Förderrichtlinien, Benchmarks und statistische Daten herangezogen. Zur Weiterbearbeitung wurden die Modellgebäude jeweils grafisch aufbereitet und die Gebäudehülle flächenanteilig nach Eigenschaften wie Transparenz, Wärmedurchgangskoeffizient, Orientierung, usw. in Tabellen erfasst. Diese Tabellen enthalten außerdem jeweils eine kurze Gebäudebeschreibung sowie Informationen zum Baukörper (Kompaktheit, Nutzfläche, Bruttogrundfläche), zur Nutzung, zur Personenbelegung und zu den vorgesehenen Simulationsvarianten.

1.1 Wohngebäude

Wohngebäude machen mehr als 85% des österreichischen Gebäudebestandes aus (Statistik Austria 2007). Der Gebäudetyp Wohngebäude wurde in den Simulationsstudien daher eingehend betrachtet. Den unterschiedlichen Wohnformen entsprechend wurde zwischen Gebäuden mit 1 oder 2 Wohneinheiten und Gebäuden mit mehreren Wohneinheiten unterschieden. Beim Gebäudetyp Einfamilienhaus wurden außerdem die Sonderformen Reihenhaus und Kleingartenwohnhaus untersucht.

Bei der Entwicklung der Wohngebäude-Prototypen wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

Die Wohnnutzfläche (WNFL) ergibt sich aus 90% der Nettogrundfläche ohne Berücksichtigung der Innenwände, bzw. aus 90% der Bruttogrundfläche (BGF) abzüglich der Konstruktionsgrundfläche der Außenwände (KGF_{AW}):

$$WNFL = (BGF - KGF_{AW}) \times 0,9$$

Die übrigen 10% werden pauschal für Innenwände und vertikale Erschließungsflächen angesetzt.

Eine Kurzrecherche ergab bei Mehrfamilienwohnhäusern ein durchschnittliches Verhältnis der gesamten Wohnnutzfläche zur Nutzfläche der Aufenthaltsräume von 0,75. Bei den untersuchten Einfamilienhäusern lag das Verhältnis mit 0,7 im Mittel etwas niedriger, was auf mehr Verkehrsflächen und Nebenräume zurückzuführen ist. Für die Ermittlung der mindesterforderlichen Belichtungsfläche der Modellgebäude nach OIB Richtlinie 3 wurden die

Nutzflächen der Aufenthaltsräume einheitlich mit 75% der gesamten Wohnnutzfläche angenommen.

$$NFL_{Aufenth} = WNFL \times 0,75$$

Für die Bestimmung der Personenbelegung der Modellgebäude wurde von einer durchschnittlichen Nutzfläche von 43 m² pro Person (42,9 m² lt. Statistik Austria 2009) ausgegangen.

1.1.1 Kleingartenwohnhaus

Typ:	Kleingartenwohnhaus mit ganzjähriger Wohnnutzung
Kürzel:	GZH
Beschreibung:	Kleingartenwohnhaus (Kleingartengebiet für ganzjähriges Wohnen) in Passivhausbauweise nach Wiener Kleingartengesetz (max. 50 m ² bebaute Fläche, Kubatur über verglichenem Gelände max. 265 m ³ , oberster Abschluss max. 5,5 m über verglichenem Gelände)
Baukörper:	2 Geschosse (Nettogeschosshöhe = 2,4 m), Kellergeschoss innerhalb der Passivhaushülle, Flachdach, Größe der Fensteröffnungen entsprechen der mindesterforderlichen Belichtungsfläche nach OIB RL 3 (davon 10% nach Norden, je 25% nach Osten und Westen, 50% nach Süden)
BGF:	149,95 m ²
WNFL:	64,12 m ²
NFL Keller:	32,06 m ²
Volumen:	457,34 m ³
Hüllfläche:	359,09 m ²
AV-Verhältnis:	0,79
Personenbelegung:	statistisch: 1,5 Personen berücksichtigt: 2 Personen
Veränderliche Parameter:	Größe der Glasfläche in der Südfassade (V1, V2, V3)
Testraum	süd-westorientierter Wohnraum im OG, zwei Fassadenebene mit
Sommertauglichkeit:	Lüftungsöffnungen, 10,8 m ² Nutzfläche

Tabelle 1: Nutzungsprofil Modellgebäude Kleingartenwohnhaus

Dateibezeichnung:	GEBIN_N 1.01
Soll-Temperatur:	20°C
Energetisch wirksame Luftwechselzahl:	0,4 h ⁻¹ (permanent)
Nutzung:	Permanent, Betriebszeit 00:00 bis 24:00; keine Betriebsunterbrechungen
Innenwärmen:	

Personen:	1 Person von 08:00 bis 18:00; 2 Personen von 18:00 bis 08:00 → mittlere tägliche Personenbelegung: 1,583 Annahme: Wärmeabgabe pro Person: 90 W → mittlere tägliche Wärmeabgabe: 142,5 W Brutto-Grundfläche: BGF=149,946 m ² → 142,5/149,946 = 0,95 Wm ⁻² _{BGF} BGF pro Person: 149,946/1,583 = 94,7 m ² _{BGF}
Beleuchtung und Geräte:	B8110-5: Personen, Beleuchtung und Geräte für Passivhäuser: 2,10 Wm ⁻² _{BF} Nach B8110-6 gilt: BF = 0,8 * BGF → gesamte flächenbezogene Innenwärmen: 0,8*2,10 = 1,68 Wm ⁻² _{BGF} Abzüglich der Abwärmen durch Personen verbleiben für Beleuchtung und Geräte somit: 1,68 – 0,95 = 0,73 Wm ⁻² _{BGF}

Tabelle 2: Flächenaufstellung Modellgebäude Kleingartenwohnhaus

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Nord	38,26	38,26	38,26	0	0,12	0	0	
Außenwand Ost	36,35	36,35	36,35	0	0,12	90	0	
Außenwand Süd	39,31	36,61	31,11	0	0,12	180	0	
Außenwand West	36,35	36,35	36,35	0	0,12	270	0	
Flachdach	49,98	49,98	49,98	0	0,1	0	90	
Kelleraußenwand	97,81	97,81	97,81	0	0,15	TK	0	
Bodenplatte	49,98	49,98	49,98	0	0,15	TK	-90	
Eingangstüre	2,42	2,42	2,42	0	0,75	0	0	
Fensterrahmen Nord	0,22	0,22	0,22	0	0,7	0	0	
Fensterrahmen Ost	0,44	0,44	0,44	0	0,7	90	0	
Fensterrahmen Süd	1,12	1,42	2,12	0	0,7	180	0	
Fensterrahmen West	0,44	0,44	0,44	0	0,7	270	0	
Verglasung Keller	1,60	1,60	1,60	1	0,7	0	0	0,55
Verglasung Nord	0,48	0,48	0,48	1	0,7	0	0	0,55

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Verglasung Ost	0,96	0,96	0,96	1	0,7	90	0	0,55
Verglasung Süd	2,40	4,80	9,60	1	0,7	180	0	0,55
Verglasung West	0,96	0,96	0,96	1	0,7	270	0	0,55
Summe	359,08	359,08	359,08					

Tabelle 3: Wärmebrücken Modellgebäude Kleingartenwohnhaus

	Länge V1 [m]	Länge V2 [m]	Länge V3 [m]	ψ-Wert
Glasrandverbund	41,12	47,12	60,72	0,034
Summe	41,12	47,12	60,72	

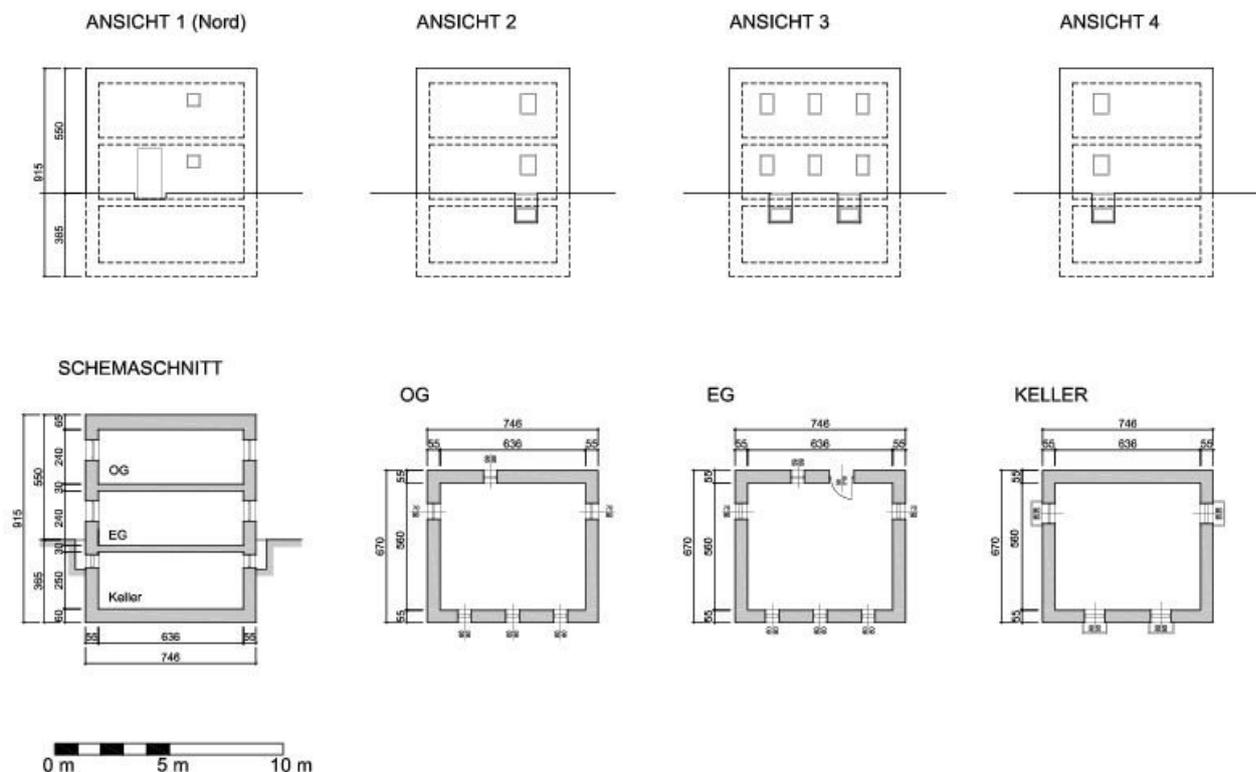


Abbildung 1: Modellgebäudetyp Kleingartenhaus V1

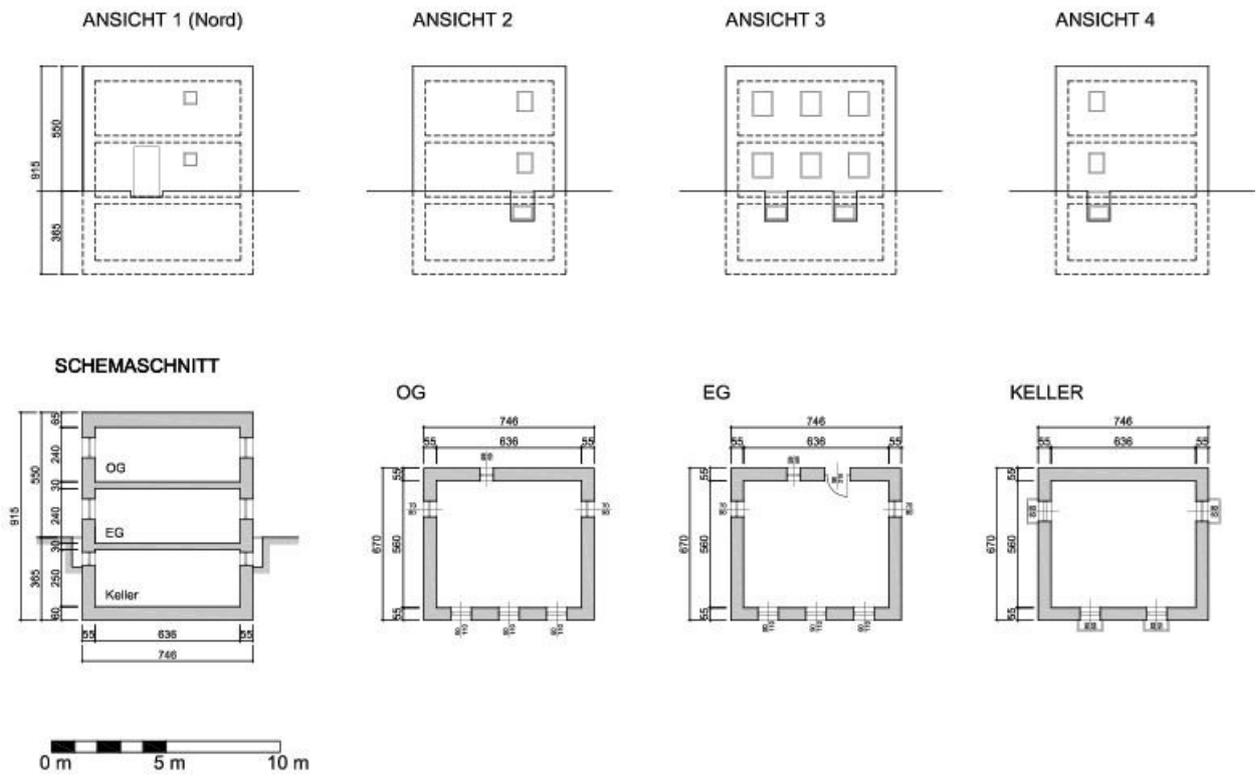


Abbildung 2: Modellgebäudetyp Kleingartenhaus V2

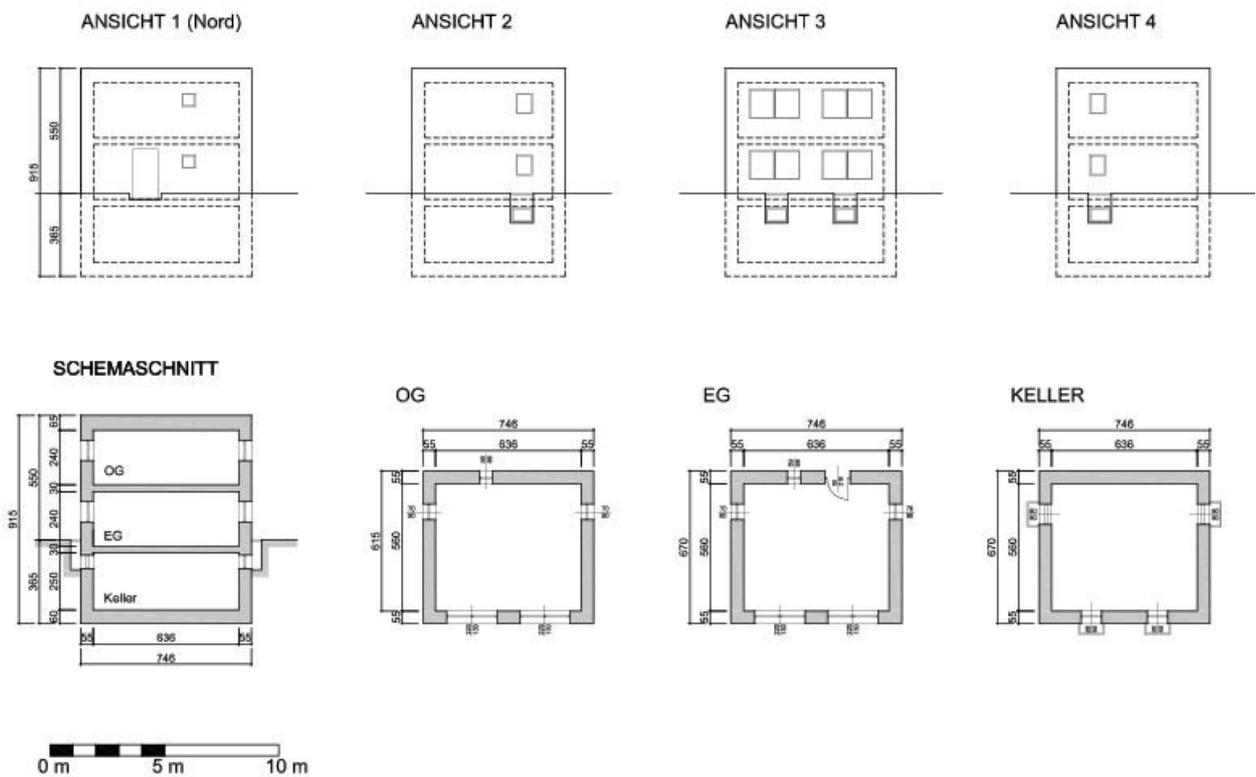


Abbildung 3: Modellgebäudetyp Kleingartenhaus V3

1.1.2 Einfamilienhaus

Typ:	Einfamilienhaus
Kürzel:	EFH
Beschreibung:	durchschnittlich großes Einfamilienhaus in Passivhausbauweise (maximale Fördergröße laut österreichischen Wohnbauförderungsgesetzen beträgt 130 - 150 m ² NFL, die durchschnittliche NFL bei Wohnungen von Hauseigentümern beträgt laut Statistik Austria 2009 135 m ²)
Baukörper:	kompakter Baukörper (quadratischer Grundriss), 2 Geschosse (Nettogeschoßhöhe = 2,6 m), nicht unterkellert, Flachdach, Größe der Fensteröffnungen entsprechen der mindesterforderlichen Belichtungsfläche nach OIB RL 3 (davon 10% nach Norden, je 25% nach Osten und Westen, 50% nach Süden)
BGF:	179,36 m ²
WNFL:	126,11 m ²
Volumen:	609,82 m ³
Hüllfläche:	436,95 m ²
AV-Verhältnis:	0,72
Personenbelegung:	statistisch: 2,96 Personen berücksichtigt: 3 Personen
Veränderliche Parameter:	Größe der Glasfläche in der Südfassade (V1, V2, V3) Variante mit Kellergeschoss innerhalb der Passivhaushülle (vgl. Abbildung 8) einhüftiges Satteldach (vgl. Abbildung 7)
Testraum	süd-westorientierter Wohnraum im OG, zwei Fassadenebene mit
Sommertauglichkeit:	Lüftungsöffnungen, 16,62 m ² Nutzfläche

Tabelle 4: Nutzungsprofil Modellgebäude Einfamilienhaus

Dateibezeichnung:	GEBIN_N 1.03
Soll-Temperatur:	20°C
Energetisch wirksame Luftwechselzahl:	0,4 h ⁻¹ (permanent)
Nutzung:	Permanent, Betriebszeit 00:00 bis 24:00; keine Betriebsunterbrechungen
Innenwärmen:	
Personen:	1,5 Person von 08:00 bis 18:00; 3 Personen von 18:00 bis 08:00 → mittlere tägliche Personenbelegung: 2,375 Annahme: Wärmeabgabe pro Person: 90 W → mittlere tägliche Wärmeabgabe: 213,75 W Brutto-Grundfläche: BGF=179,36 m ² → 213,75/179,36 = 1,19 Wm ⁻² _{BGF} BGF pro Person: 179,36/2,375 = 75,5 m ² _{BGF}

Beleuchtung und Geräte: B8110-5: Personen, Beleuchtung und Geräte für Passivhäuser: $2,10 \text{ Wm}^{-2}_{\text{BF}}$
 Nach B8110-6 gilt: $\text{BF} = 0,8 * \text{BGF} \rightarrow$ gesamte flächenbezogene Innenwärmen:
 $0,8 * 2,10 = 1,68 \text{ Wm}^{-2}_{\text{BGF}}$
 Abzüglich der Abwärmen durch Personen verbleiben für Beleuchtung und Geräte somit:
 $1,68 - 1,19 = 0,49 \text{ Wm}^{-2}_{\text{BGF}}$

Tabelle 5: Flächenaufstellung Modellgebäude Einfamilienhaus

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Nord	60,84	60,84	60,84	0	0,12	0	0	
Außenwand Ost	61,90	61,90	61,90	0	0,12	90	0	
Außenwand Süd	58,34	53,03	42,30	0	0,12	180	0	
Außenwand West	61,90	61,90	61,90	0	0,12	270	0	
Flachdach	89,68	89,68	89,68	0	0,1	0	90	
Bodenplatte	89,68	89,68	89,68	0	0,15	TK	-90	
Eingangstüre	2,42	2,42	2,42	0	0,75	0	0	
Fensterrahmen Nord	0,30	0,30	0,30	0	0,7	0	0	
Fensterrahmen Ost	0,59	0,59	0,59	0	0,7	90	0	
Fensterrahmen Süd	1,31	1,88	3,17	0	0,7	180	0	
Fensterrahmen West	0,59	0,59	0,59	0	0,7	270	0	
Verglasung Nord	0,94	0,94	0,94	1	0,7	0	0	0,55
Verglasung Ost	1,90	1,90	1,90	1	0,7	90	0	0,55
Verglasung Süd	4,72	9,46	18,90	1	0,7	180	0	0,55
Verglasung West	1,90	1,90	1,90	1	0,7	270	0	0,55
Summe	437,01	437,01	437,01					

Tabelle 6: Flächenaufstellung Modellgebäude Einfamilienhaus mit einhüftigem Satteldach

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Nord	58,83	58,83	58,83	0	0,12	0	0	

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Ost	64,62	64,62	64,62	0	0,12	90	0	
Außenwand Süd	51,71	46,40	35,67	0	0,12	180	0	
Außenwand West	64,62	64,62	64,62	0	0,12	270	0	
Geneigtes Dach Nord	75,61	75,61	75,61	0	0,1	0	8	
Geneigtes Dach Süd	20,83	20,83	20,83	0	0,1	180	45	
Bodenplatte	89,68	89,68	89,68	0	0,15	TK	-90	
Eingangstüre	2,42	2,42	2,42	0	0,75	0	0	
Fensterrahmen Nord	0,30	0,30	0,30	0	0,7	0	0	
Fensterrahmen Ost	0,59	0,59	0,59	0	0,7	90	0	
Fensterrahmen Süd	1,31	1,88	3,17	0	0,7	180	0	
Fensterrahmen West	0,59	0,59	0,59	0	0,7	270	0	
Verglasung Nord	0,94	0,94	0,94	1	0,7	0	0	0,55
Verglasung Ost	1,90	1,90	1,90	1	0,7	90	0	0,55
Verglasung Süd	4,72	9,46	18,90	1	0,7	180	0	0,55
Verglasung West	1,90	1,90	1,90	1	0,7	270	0	0,55
Summe	440,57	440,57	440,57					

Tabelle 7: Wärmebrücken Modellgebäude Einfamilienhaus und Einfamilienhaus mit einhäufigem Satteldach

	Länge V1 [m]	Länge V2 [m]	Länge V3 [m]	ψ-Wert
Glasrandverbund	52,24	63,60	88,80	0,034
Summe	52,24	63,6	88,8	

Tabelle 8: Flächenaufstellung Modellgebäude Einfamilienhaus mit Keller innerhalb der Passivhaushülle

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Nord	56,58	56,58	56,58	0	0,12	0	0	
Außenwand Ost	58,05	58,05	58,05	0	0,12	90	0	

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Süd	54,90	49,59	38,85	0	0,12	180	0	
Außenwand West	58,05	58,05	58,05	0	0,12	270	0	
Flachdach	89,68	89,68	89,68	0	0,1	0	90	
Kelleraußenwand	124,99	124,99	124,99	0	0,15	TK	0	
Bodenplatte	89,68	89,68	89,68	0	0,15	TK	-90	
Eingangstüre	2,42	2,42	2,42	0	0,75	0	0	
Fensterrahmen Nord	0,30	0,30	0,30	0	0,7	0	0	
Fensterrahmen Ost	0,73	0,73	0,73	0	0,7	90	0	
Fensterrahmen Süd	1,59	2,16	3,46	0	0,7	180	0	
Fensterrahmen West	0,73	0,73	0,73	0	0,7	270	0	
Verglasung Keller	1,60	1,60	1,60	1	0,7	0	0	0,55
Verglasung Nord	0,94	0,94	0,94	1	0,7	0	0	0,55
Verglasung Ost	1,90	1,90	1,90	1	0,7	90	0	0,55
Verglasung Süd	4,72	9,46	18,90	1	0,7	180	0	0,55
Verglasung West	1,90	1,90	1,90	1	0,7	270	0	0,55
Summe	548,76	548,76	548,76					

Tabelle 9: Wärmebrücken Modellgebäude Einfamilienhaus und Einfamilienhaus mit einhäufigem Satteldach

Wärmebrücke	Länge V1 [m]	Länge V2 [m]	Länge V3 [m]	ψ-Wert
Glasrandverbund	62,64	74,00	99,20	0,034
Summe	62,64	74	99,2	

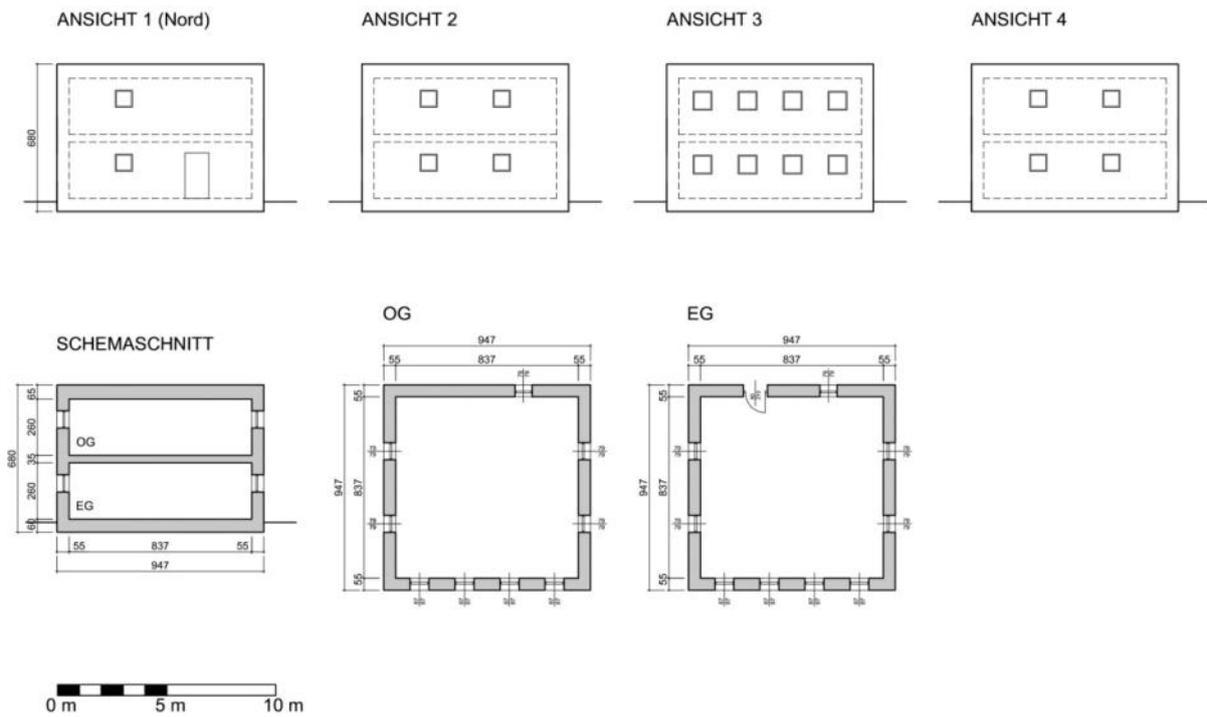


Abbildung 4: Modellgebäudetyp Einfamilienhaus V1

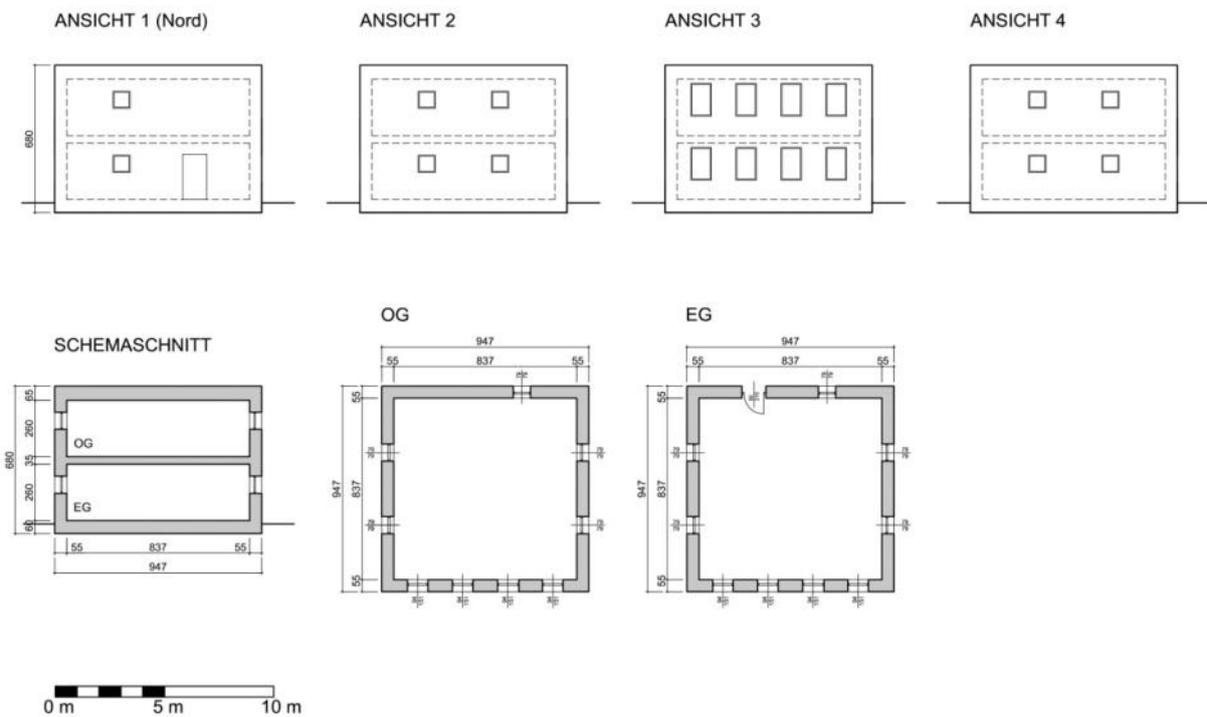


Abbildung 5: Modellgebäudetyp Einfamilienhaus V2

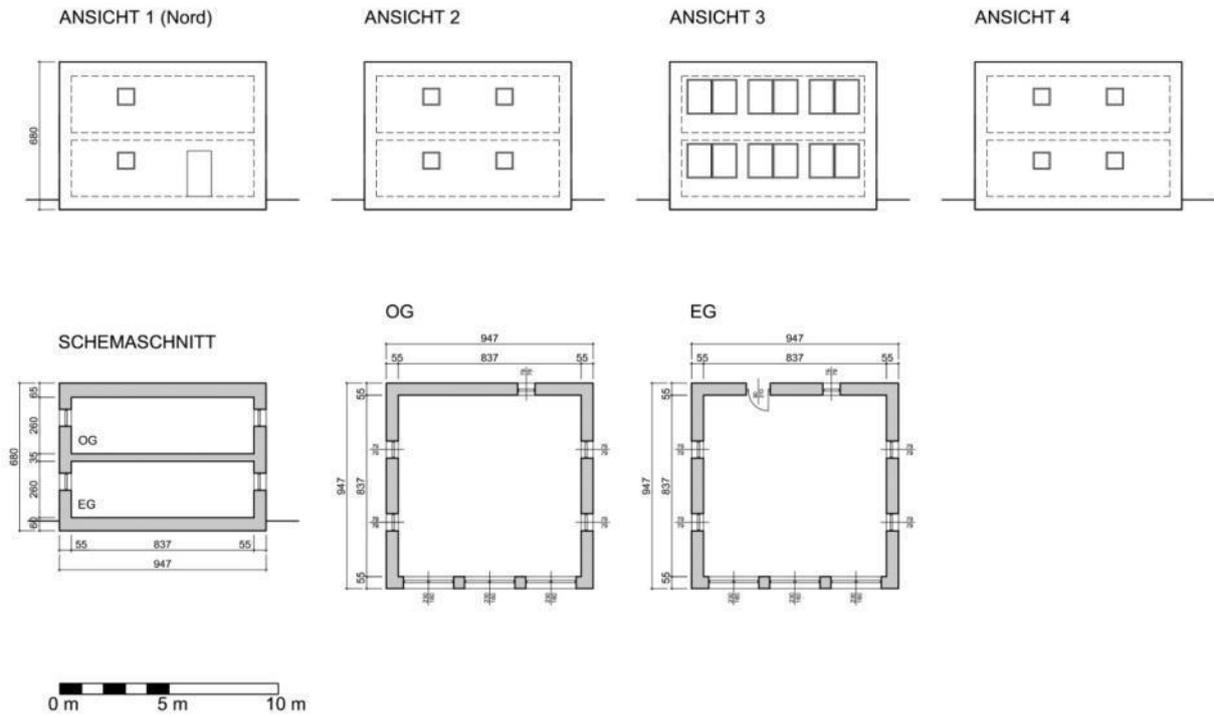


Abbildung 6: Modellgebäudetyp Einfamilienhaus V3

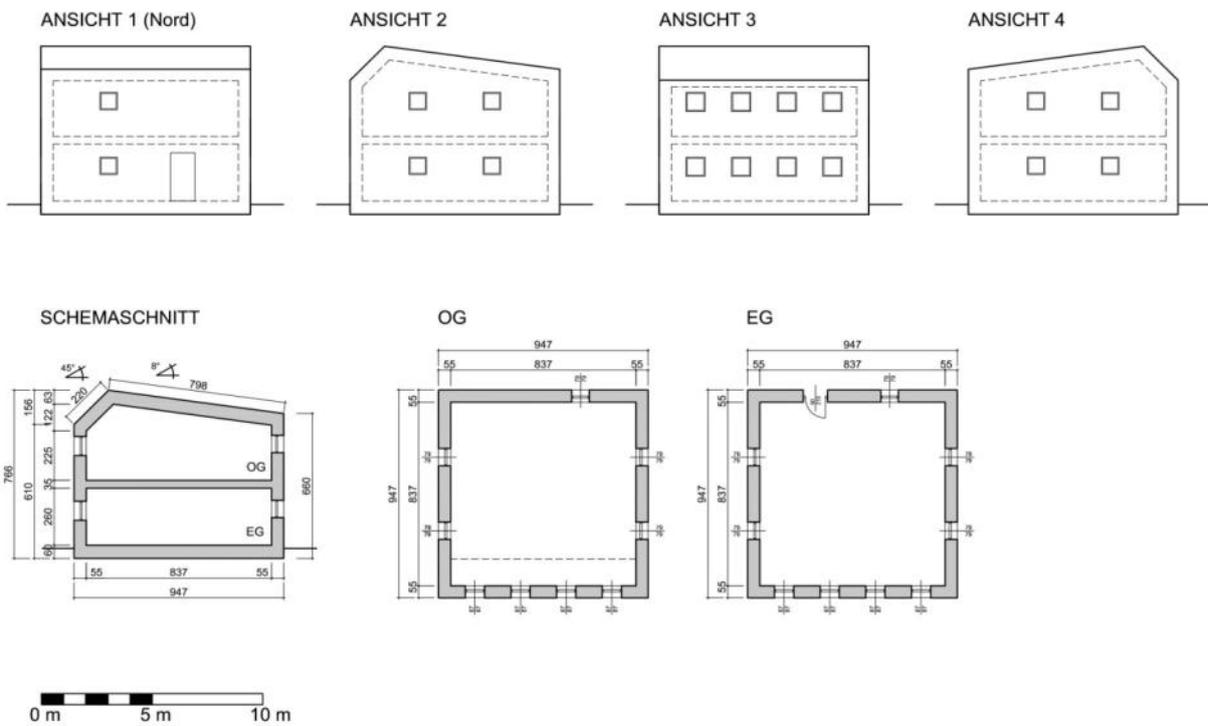


Abbildung 7: Modellgebäudetyp Einfamilienhaus V1 mit einhäutigem Satteldach

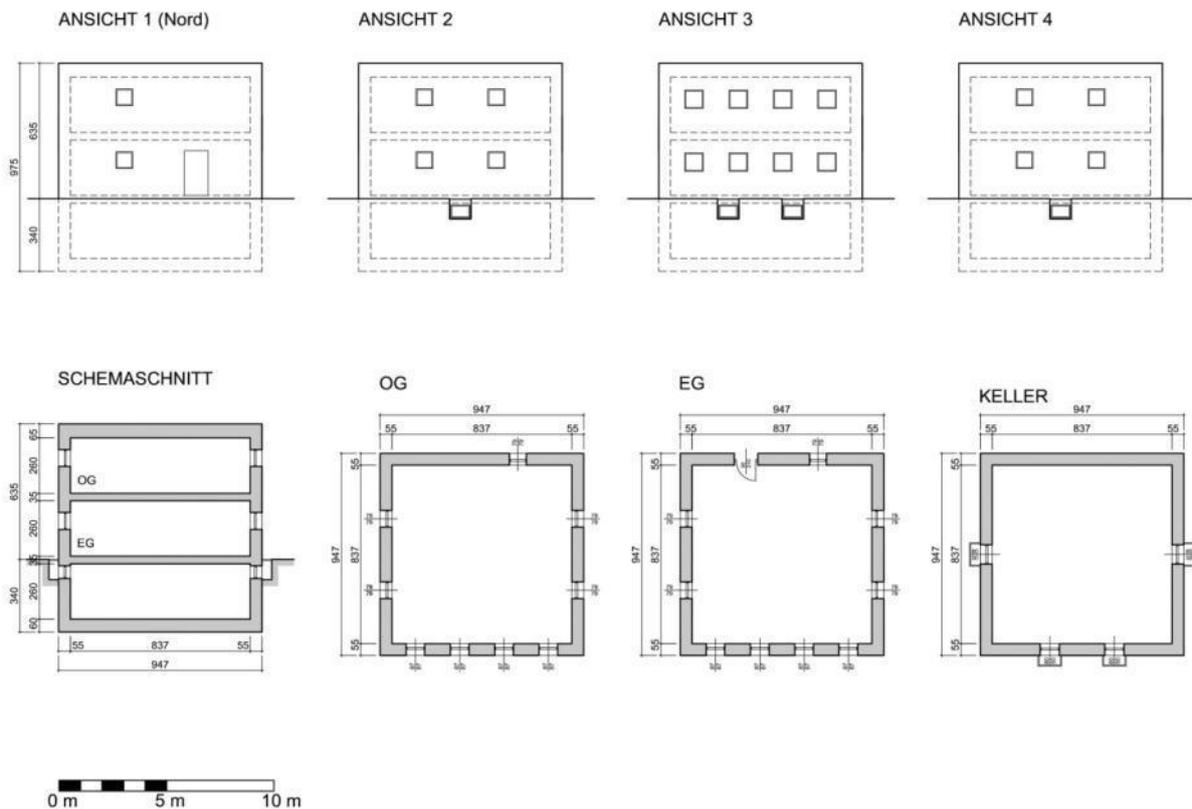


Abbildung 8: Modellgebäudetyp Einfamilienhaus V1 mit Keller innerhalb der Passivhaushülle

1.1.3 Reihenhaus

Da sich die Baukörperform von Reihenhäusern typischerweise nach den für die Belichtung verfügbaren Fassadenflächen richtet, wurde hier ein Ost-West- und ein Nord-Süd-orientierter Reihenhaustyp entwickelt.

Typ:	Reihenhaus Ost-West
Kürzel:	RH_ow
Beschreibung:	Ost-West orientiertes Reihenhaus in Passivhausbauweise und durchschnittlicher Einfamilienhausgröße
Baukörper:	langer und schmaler Baukörper, längsseitig angebaut, 2 Geschosse (RH = 2,6 m), nicht unterkellert, Flachdach, Fensteröffnungen entsprechen der mindesterforderlichen Belichtungsfläche nach OIB RL 3 (50% nach Osten, 50% nach Westen)
BGF:	166,32 m ²
WNFL:	126,03 m ²
Volumen:	565,49 m ³
Hüllfläche:	264,24 m ² *

AV-Verhältnis:	0,47*
Personenbelegung:	statistisch: 2,96 Personen berücksichtigt: 3 Personen
Veränderliche Parameter:	Variante mit einhäufigem Satteldach (vgl. Abbildung 10)
Testraum	westorientierter Wohnraum im OG, eine Fassadenebene mit
Sommertauglichkeit:	Lüftungsöffnungen, 15,8 m ² Nutzfläche
* Flächen die an benachbarte Gebäude grenzen sind hier nicht berücksichtigt	

Typ:	Reihenhaus Nord-Süd
Kürzel:	RH_ns
Beschreibung:	Nord-Süd orientiertes Reihenhaus in Passivhausbauweise und durchschnittlicher Einfamilienhausgröße
Baukörper:	langer und schmaler Baukörper, breitseitig angebaut, 2 Geschosse (RH = 2,6 m), nicht unterkellert, Flachdach, Fensteröffnungen entsprechen der mindesterforderlichen Belichtungsfläche nach OIB RL 3 (50% nach Norden, 50% nach Süden)
BGF:	170,82 m ²
WNFL:	126,11 m ²
Volumen:	580,19 m ³
Hüllfläche:	319,74 m ² *
AV-Verhältnis:	0,55*
Personenbelegung:	statistisch: 2,96 Personen berücksichtigt: 3 Personen
Veränderliche Parameter:	Größe der Glasfläche in der Südfassade (V1, V2, V3) Variante mit einhäufigem Satteldach (vgl. Abbildung 14)
Testraum	südorientierter Wohnraum im OG, eine Fassadenebene mit
Sommertauglichkeit:	Lüftungsöffnungen, 15,8 m ² Nutzfläche
* Flächen die an benachbarte Gebäude grenzen sind hier nicht berücksichtigt	

Tabelle 10: Nutzungsprofil Modellgebäude Reihenhaus

Dateibezeichnung:	GEBIN_N 1.02
Soll-Temperatur:	20°C
Energetisch wirksame Luftwechselzahl:	0,4 h ⁻¹ (permanent)
Nutzung:	Permanent, Betriebszeit 00:00 bis 24:00; keine Betriebsunterbrechungen
Innenwärmen:	

Personen:	1,5 Person von 08:00 bis 18:00; 3 Personen von 18:00 bis 08:00 → mittlere tägliche Personenbelegung: 2,375 Annahme: Wärmeabgabe pro Person: 90 W → mittlere tägliche Wärmeabgabe: 213,75 W
	Brutto-Grundfläche: BGF=166,32 m ² → 213,75/166,32 = 1,29 Wm ⁻² _{BGF} BGF pro Person: 166,32/2,375 = 70,0 m ² _{BGF}
Beleuchtung und Geräte:	B8110-5: Personen, Beleuchtung und Geräte für Passivhäuser: 2,10 Wm ⁻² _{BF} Nach B8110-6 gilt: BF = 0,8 * BGF → gesamte flächenbezogene Innenwärmen: 0,8*2,10 = 1,68 Wm ⁻² _{BGF} Abzüglich der Abwärmen durch Personen verbleiben für Beleuchtung und Geräte somit: 1,68 – 1,29 = 0,39 Wm ⁻² _{BGF}

Tabelle 11: Flächenaufstellung Modellgebäude Reihenhaus Ost-West

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Trennwand Nord	78,54	0	0,12	0	0	
Außenwand Ost	40,67	0	0,12	90	0	
Trennwand Süd	78,54	0	0,12	180	0	
Außenwand West	40,67	0	0,12	270	0	
Flachdach	83,16	0	0,1	0	90	
Bodenplatte	83,16	0	0,15	TK	-90	
Eingangstüre	2,42	0	0,75	90	0	
Terrassentüre	2,42	0	0,75	270	0	
Fensterrahmen Ost	1,13	0	0,7	90	0	
Fensterrahmen West	1,13	0	0,7	270	0	
Verglasung Ost	4,72	1	0,7	90	0	0,55
Verglasung West	4,72	1	0,7	270	0	0,55
Summe	421,28					

Tabelle 12: Flächenaufstellung Modellgebäude Reihenhaus Ost-West mit einhüftigem Satteldach

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Trennwand Nord	73,90	0	0,12	0	0	
Außenwand Ost	43,38	0	0,12	90	0	
Trennwand Süd	73,90	0	0,12	180	0	
Außenwand West	43,38	0	0,12	270	0	
Geneigtes Dach Nord	67,57	0	0,1	0	8	
Geneigtes Dach Süd	25,41	0	0,1	180	45	
Bodenplatte	83,16	0	0,15	TK	-90	
Eingangstüre	2,42	0	0,75	90	0	
Terrassentüre	2,42	0	0,75	270	0	
Fensterrahmen Ost	1,13	0	0,7	90	0	
Fensterrahmen West	1,13	0	0,7	270	0	
Verglasung Ost	4,72	1	0,7	90	0	0,55
Verglasung West	4,72	1	0,7	270	0	0,55
Summe	427,24					

Tabelle 13: Wärmebrücken Modellgebäude Reihenhaus Ost-West und Reihenhaus Ost-West mit einhüftigem Satteldach

Wärmebrücke	Länge V1 [m]	ψ -Wert
Glasrandverbund	42,96	0,034
Summe	42,96	

Tabelle 14: Flächenaufstellung Modellgebäude Reihenhaus Nord-Süd

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Nord	66,17	66,17	66,17	0	0,12	0	0	
Trennwand Ost	53,04	53,04	53,04	0	0,12	90	0	
Außenwand Süd	66,17	60,48	49,98	0	0,12	180	0	

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Trennwand West	53,04	53,04	53,04	0	0,12	270	0	
Flachdach	85,41	85,41	85,41	0	0,1	0	90	
Bodenplatte	85,41	85,41	85,41	0	0,15	TK	-90	
Eingangstüre	2,42	2,42	2,42	0	0,75	0	0	
Terrassentüre	2,42	2,42	2,42	0	0,75	180	0	
Fensterrahmen Nord	1,13	1,13	1,13	0	0,7	0	0	
Fensterrahmen Süd	1,13	2,10	3,13	0	0,7	180	0	
Verglasung Nord	4,72	4,72	4,72	1	0,7	0	0	0,55
Verglasung Süd	4,72	9,44	18,91	1	0,7	180	0	0,55
Summe	425,78	425,78	425,78					

Tabelle 15: Flächenaufstellung Modellgebäude Reihenhaus Nord-Süd mit einhäufigem Satteldach

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Nord	64,87	64,87	64,87	0	0,12	0	0	
Trennwand Ost	55,46	55,46	55,46	0	0,12	90	0	
Außenwand Süd	58,50	52,80	42,32	0	0,12	180	0	
Trennwand West	55,46	55,46	55,46	0	0,12	270	0	
Geneigtes Dach Nord	69,20	69,20	69,20	0	0,1	0	8	
Geneigtes Dach Süd	24,09	24,09	24,09	0	0,1	180	45	
Bodenplatte	85,41	85,41	85,41	0	0,15	TK	-90	
Eingangstüre	2,42	2,42	2,42	0	0,75	0	0	
Terrassentüre	2,42	2,42	2,42	0	0,75	180	0	
Fensterrahmen Nord	1,13	1,13	1,13	0	0,7	0	0	
Fensterrahmen Süd	1,13	2,10	3,13	0	0,7	180	0	
Verglasung Nord	4,72	4,72	4,72	1	0,7	0	0	0,55
Verglasung Süd	4,72	9,45	18,90	1	0,7	180	0	0,55
Summe	429,53	429,53	429,53					

Tabelle 16: Wärmebrücken Modellgebäude Reihenhauses Nord-Süd und Reihenhauses Nord-Süd mit einhäufigem Satteldach

	Länge V1 [m]	Länge V2 [m]	Länge V3 [m]	ψ -Wert
Glasrandverbund	42,96	61,28	81,84	0,034
Summe	42,96	61,28	81,84	

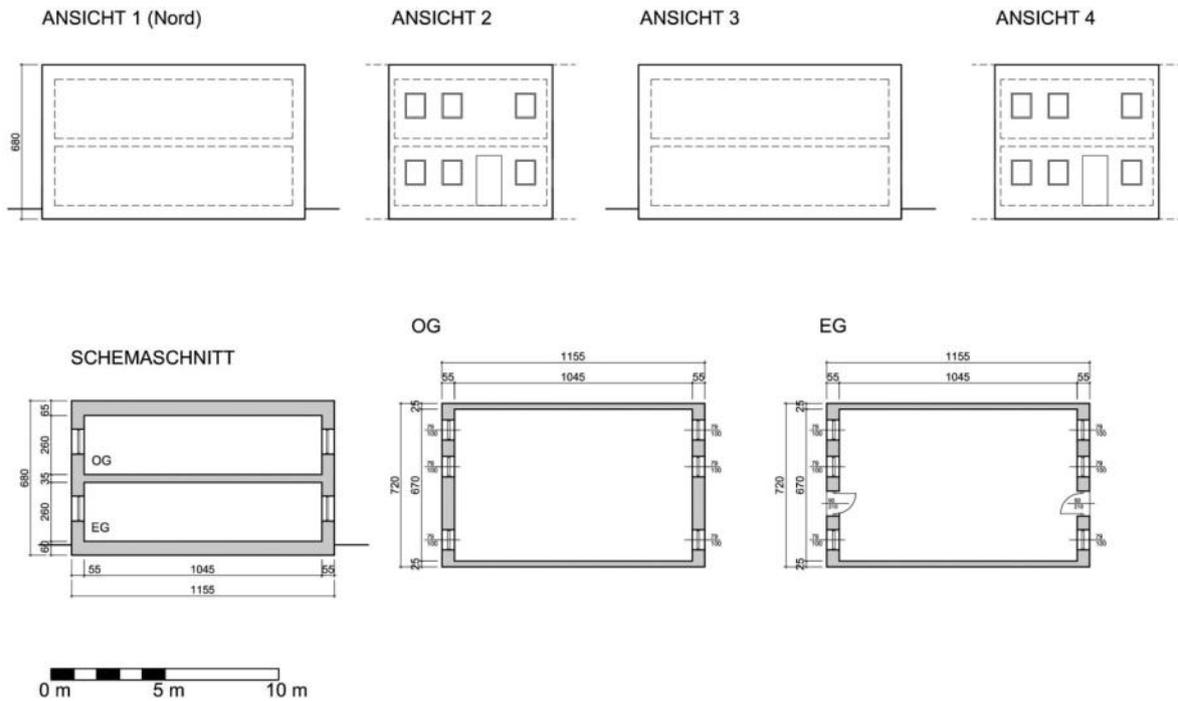


Abbildung 9: Modellgebäudetyp Reihenhauses Ost-West

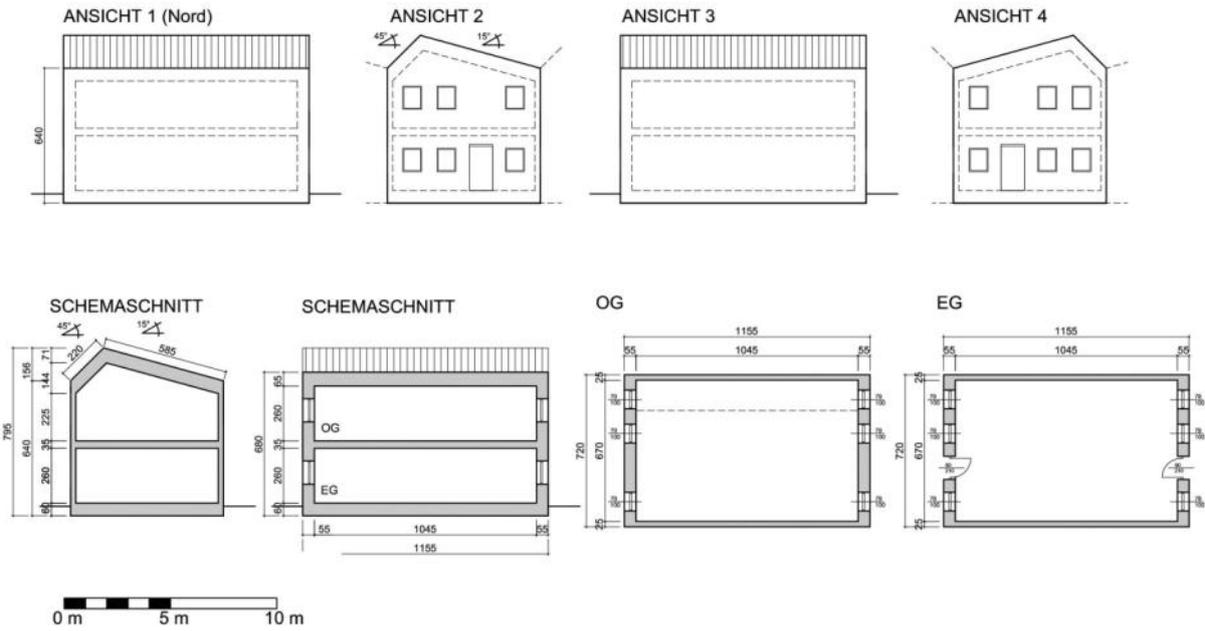


Abbildung 10: Modellgebäudetyp Reihenhaus Ost-West mit einhüftigem Satteldach

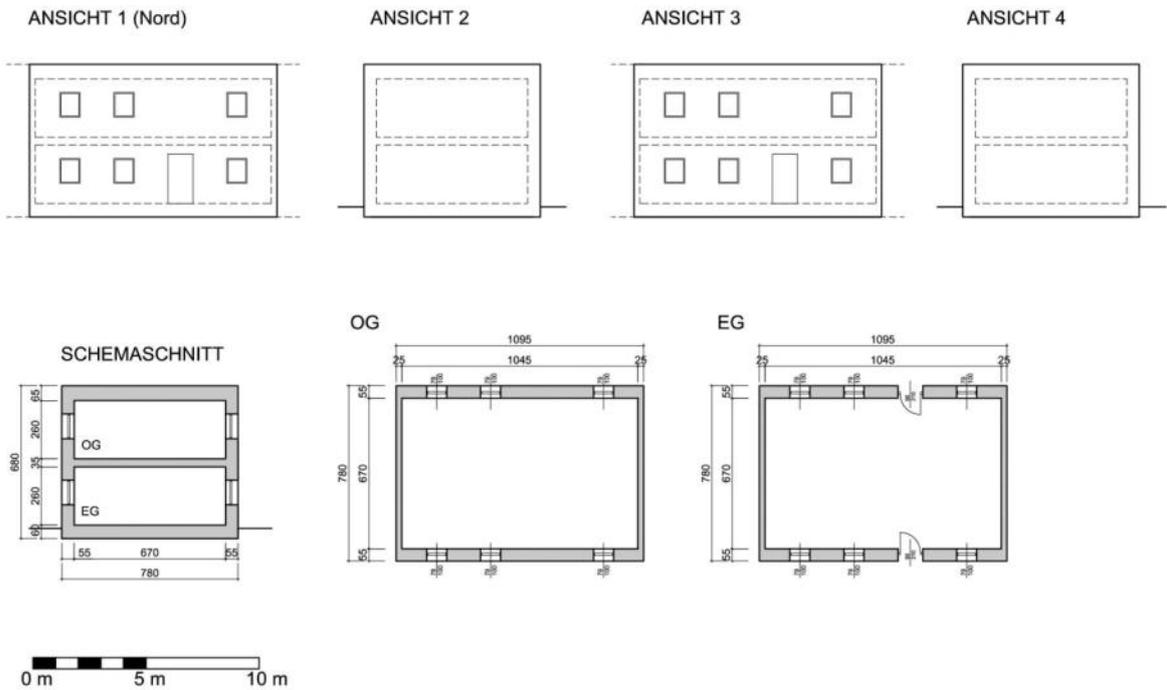


Abbildung 11: Modellgebäudetyp Reihenhaus Nord-Süd V1

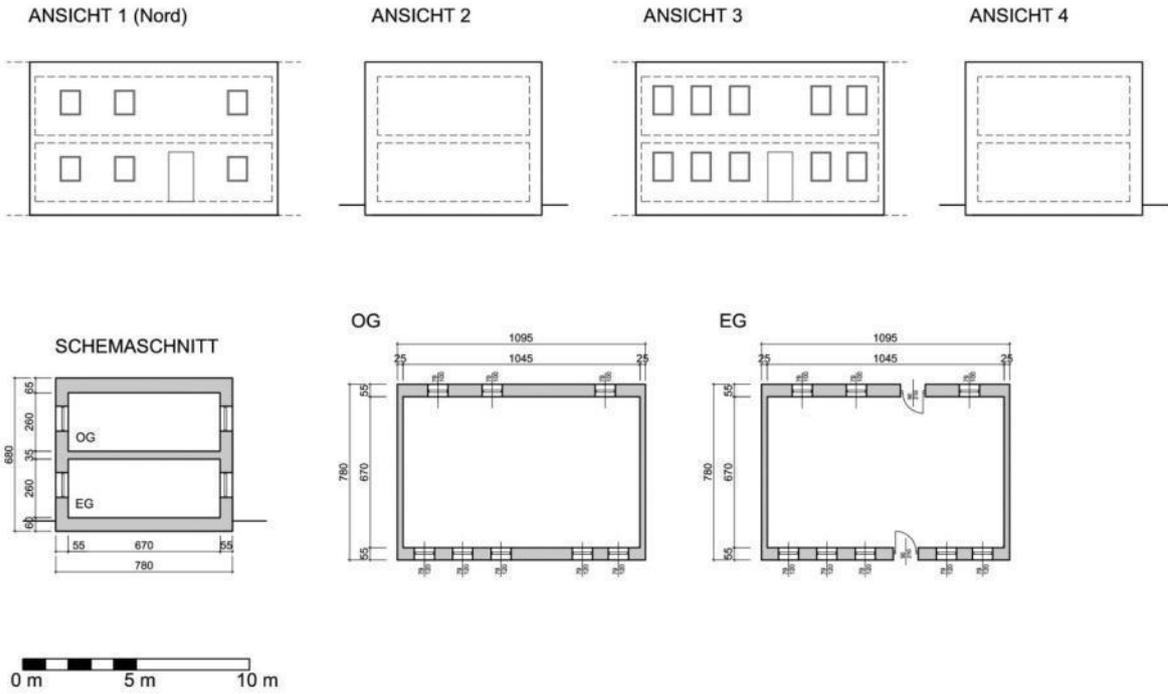


Abbildung 12: Modellgebäudetyp Reihenhaus Nord-Süd V2

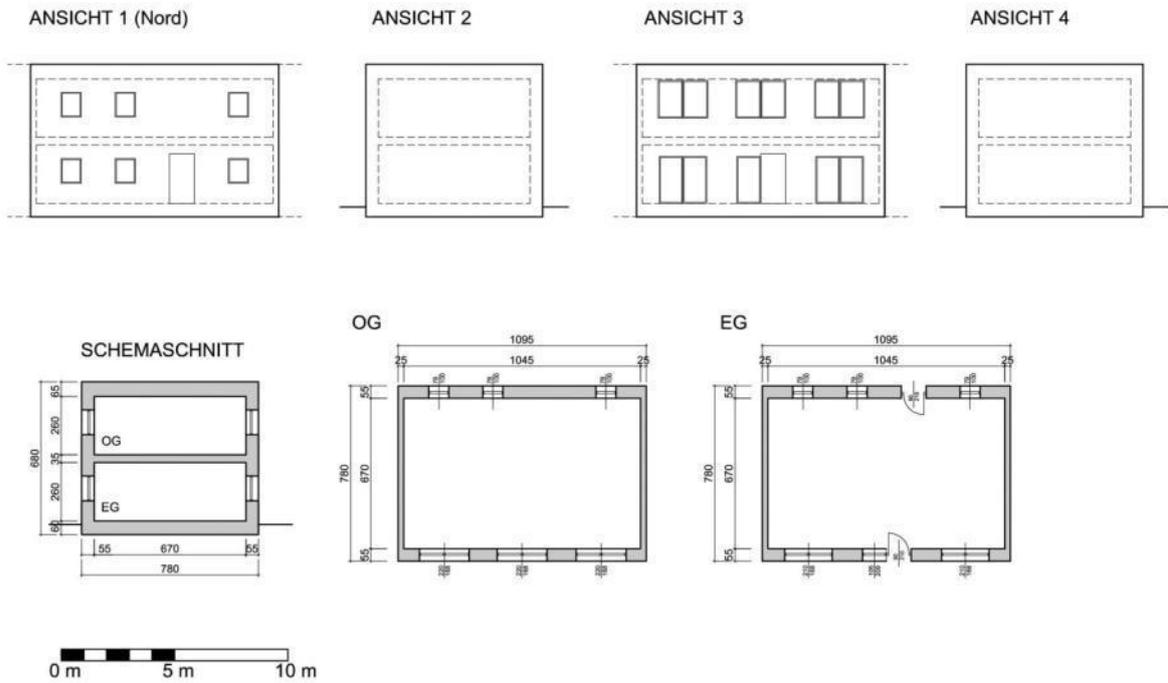


Abbildung 13: Modellgebäudetyp Reihenhaus Nord-Süd V3

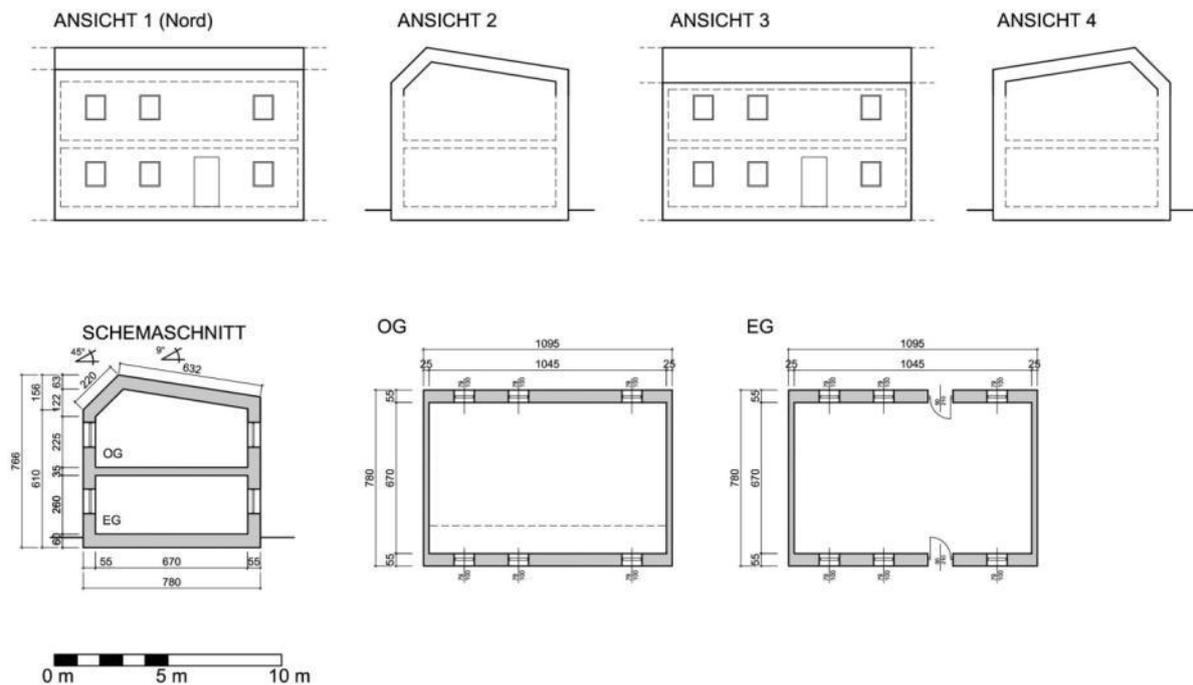


Abbildung 14: Modellgebäudetyp Reihenhaus Nord-Süd V1 mit einhüftigem Satteldach

1.1.4 Mehrfamilienwohnhaus

Um die Rahmenbedingungen für einen urbanen Mehrfamilienhaus-Prototypen festzustecken, wurde von einem Gebäude in einer „typischen“ Wiener Gründerzeitbaulücke ausgegangen. Der Baukörper wird Nord-Süd- als auch Ost-West-orientiert untersucht.

Typ:	Mehrfamilienhaus
Kürzel:	MFH
Beschreibung:	Nord-Süd-, bzw. Ost-West-orientiertes Mehrfamilienhaus in „typischer“ Wiener Gründerzeitbaulücke, Bauklasse III, geschlossene Bauweise
Baukörper:	länglicher Baukörper (20 m breit, 13 m Trakttiefe, 16 m Gebäudehöhe), beidseitig angebaut, 45° Dachneigung, abgeflachter First mit Nord-Süd-Verlauf, 5 Vollgeschosse und 2 Dachgeschosse (Raumhöhe = 2,6 m), Dachgeschosse teilweise terrassiert, 17 Wohneinheiten (im Schnitt 72,3 m ²), Keller außerhalb der Passivhaushülle, Fensteröffnungen entsprechen der mindesterforderlichen Belichtungsfläche nach OIB RL 3 (50% nach Norden, 50% nach Süden)
BGF:	1637,82 m ²
WNFL:	1229,05 m ²
Volumen:	5025,58 m ³
Hüllfläche:	1302,89 m ² *
AV-Verhältnis:	0,26*
Personenbelegung:	statistisch: 28,9 Personen

	berücksichtigt: 29 Personen
Veränderliche Parameter:	Größe der Glasfläche in der Südfassade
Testraum	süd- bzw. westorientierter Wohnraum im Dachgeschoss, 45° Dachschräge,
Sommertauglichkeit:	Drempelwand innen h= 100 cm, eine Fassadenebene mit Lüftungsöffnung, 10,88 m ² Nutzfläche
	* Flächen die an benachbarte Gebäude grenzen sind hier nicht berücksichtigt

Tabelle 17: Nutzungsprofil Modellgebäude Mehrfamilienwohnhaus

Dateibezeichnung:	GEBIN_N 1.04
Soll-Temperatur:	20°C
Energetisch wirksame Luftwechselzahl:	0,4 h ⁻¹ (permanent)
Nutzung:	Permanent, Betriebszeit 00:00 bis 24:00; keine Betriebsunterbrechungen
Innenwärmen:	
Personen:	14,5 Person von 08:00 bis 18:00; 29 Personen von 18:00 bis 08:00 → mittlere tägliche Personenbelegung: 22,96 Annahme: Wärmeabgabe pro Person: 90 W → mittlere tägliche Wärmeabgabe: 2066,25 W
	Brutto-Grundfläche: BGF=1637,82 m ² → 2066,25/1637,82 = 1,26 Wm ⁻² _{BGF} BGF pro Person: 1637,82/22,96 = 71,3 m ² _{BGF} B8110-5: Personen, Beleuchtung und Geräte für Passivhäuser: 2,10 Wm ⁻² _{BF}
Beleuchtung und Geräte:	Nach B8110-6 gilt: BF = 0,8 * BGF → gesamte flächenbezogene Innenwärmen: 0,8*2,10 = 1,68 Wm ⁻² _{BGF} Abzüglich der Abwärmen durch Personen verbleiben für Beleuchtung und Geräte somit: 1,68 – 1,26 = 0,42 Wm ⁻² _{BGF}

Tabelle 18: Flächenaufstellung Modellgebäude Mehrfamilienwohnhaus Ost-West

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Feuermauer Nord	255,33	0	0,12	Q	0	
Außenwand Nord	7,30	0	0,12	0	0	
Außenwand Ost	302,50	0	0,12	90	0	

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Feuermauer Süd	255,33	0	0,12	Q	0	
Außenwand Süd	7,30	0	0,12	180	0	
Außenwand West	302,50	0	0,12	270	0	
Flachdach	107,00	0	0,1	0	90	
Geneigtes Dach Ost	99,24	0	0,1	90	45	
Geneigtes Dach West	99,24	0	0,1	270	45	
Kellerdecke	260,00	0	0,15	I	-90	
Eingangstüre	2,42	0	0,75	90	0	
Eingangstüre	2,42	0	0,75	270	0	
Fensterrahmen Ost	7,90	0	0,7	90	0	
Fensterrahmen DFLF Ost	2,56	0	2,04	90	45	
Fensterrahmen West	7,90	0	0,7	270	0	
Fensterrahmen DFLF West	2,56	0	2,04	270	45	
Verglasung Ost	39,76	1	0,7	90	0	0,55
Verglasung DFLF Ost	6,34	1	0,62	90	45	0,45
Verglasung West	39,76	1	0,7	270	0	0,55
Verglasung DFLF West	6,34	1	0,62	270	45	0,45
Summe	1813,7					

Tabelle 19: Wärmebrücken Modellgebäude Mehrfamilienhaus

Wärmebrücke	Länge V1 [m]	ψ-Wert
Glasrandverbund	290,24	0,034
Glasrandverbund DFLF	46,48	0,061
Einbaurand DFLF	54,56 m	0,068
Summe	391,28	

Tabelle 20: Flächenaufstellung Modellgebäude Mehrfamilienwohnhaus Nord-Süd

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Transparenz	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert
Außenwand Nord	302,50	302,50	0	0,12	0	0	
Feuermauer Ost	255,33	255,33	0	0,12	Q	0	
Außenwand Ost	7,30	7,30	0	0,12	90	0	
Außenwand Süd	302,50	255,30	0	0,12	180	0	
Feuermauer West	255,33	255,33	0	0,12	Q	0	
Außenwand West	7,30	7,30	0	0,12	270	0	
Flachdach	107,00	107,00	0	0,1	0	90	
Geneigtes Dach Nord	99,28	99,28	0	0,1	0	45	
Geneigtes Dach Süd	99,28	90,42	0	0,1	180	45	
Kellerdecke	260,00	260,00	0	0,15	I	-90	
Eingangstüre	2,42	2,42	0	0,75	0	0	
Eingangstüre	2,42	2,42	0	0,75	180	0	
Fensterrahmen Nord	7,90	7,90	0	0,7	0	0	
Fensterrahmen DFLF Nord	2,52	2,52	0	2,04	0	45	
Fensterrahmen Süd	7,90	15,40	0	0,7	180	0	
Fensterrahmen DFLF Süd	2,52	5,01	0	2,04	180	45	
Verglasung Nord	39,76	39,76	1	0,7	0	0	0,55
Verglasung DFLF Nord	6,34	6,34	1	0,62	0	45	0,45
Verglasung Süd	39,76	79,49	1	0,7	180	0	0,55
Verglasung DFLF Süd	6,34	12,68	1	0,62	180	45	0,45
Summe	1813,7	1813,7					

Tabelle 21: Wärmebrücken Modellgebäude Mehrfamilienhaus

Wärmebrücke	Länge V1 [m]	Länge V2 [m]	ψ-Wert
Glasrandverbund	290,24	434,79	0,034
Glasrandverbund DFLF	46,48	69,73	0,061
Einbaurand DFLF	54,56 m	64,26	0,068
Summe	391,28	568,78	

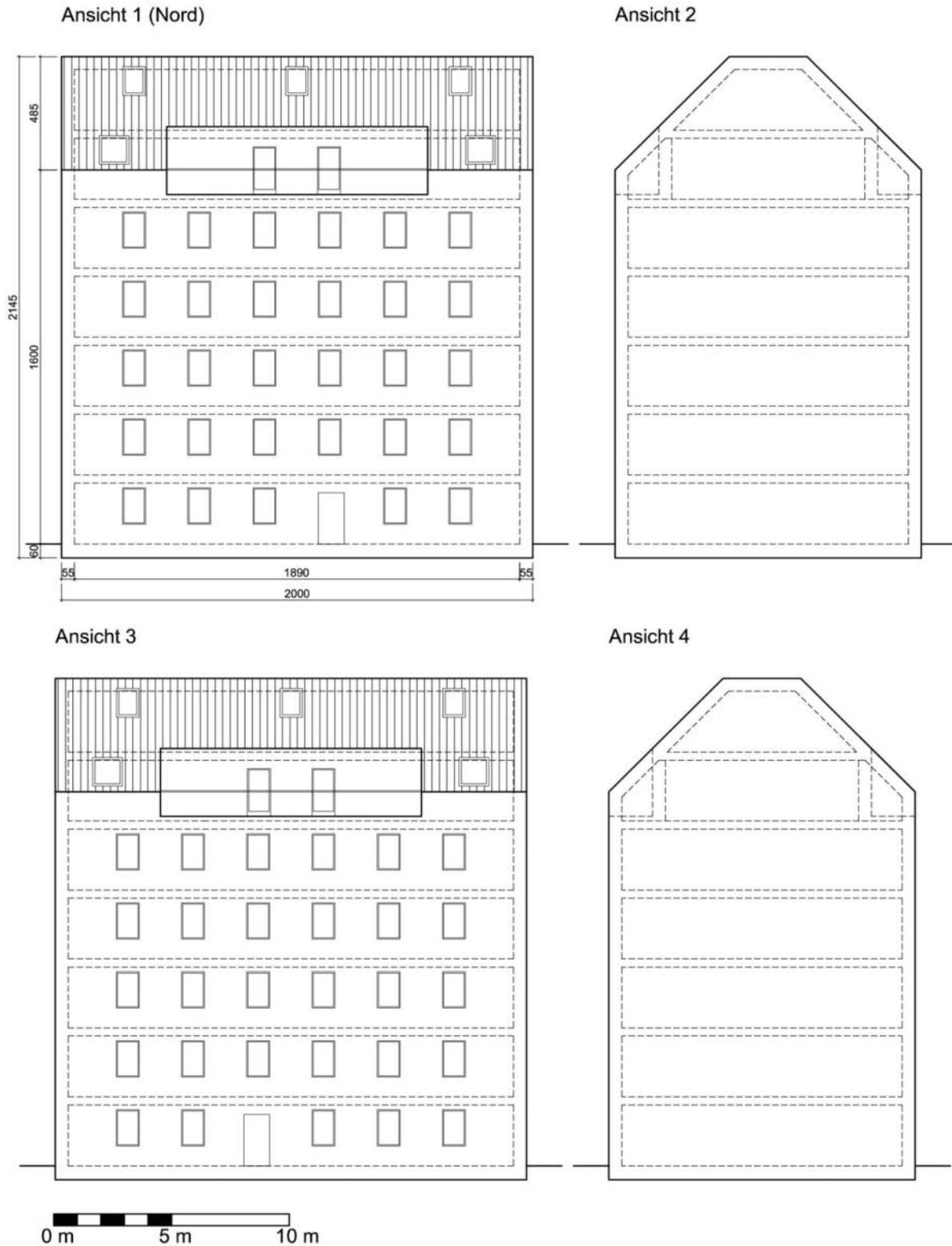


Abbildung 15: Ansichten Modellgebäudetyp Mehrfamilienwohnhaus Nord-Süd V1 (Modellgebäudetyp Mehrfamilienhaus Ost-West analog aber um 90° gedreht)

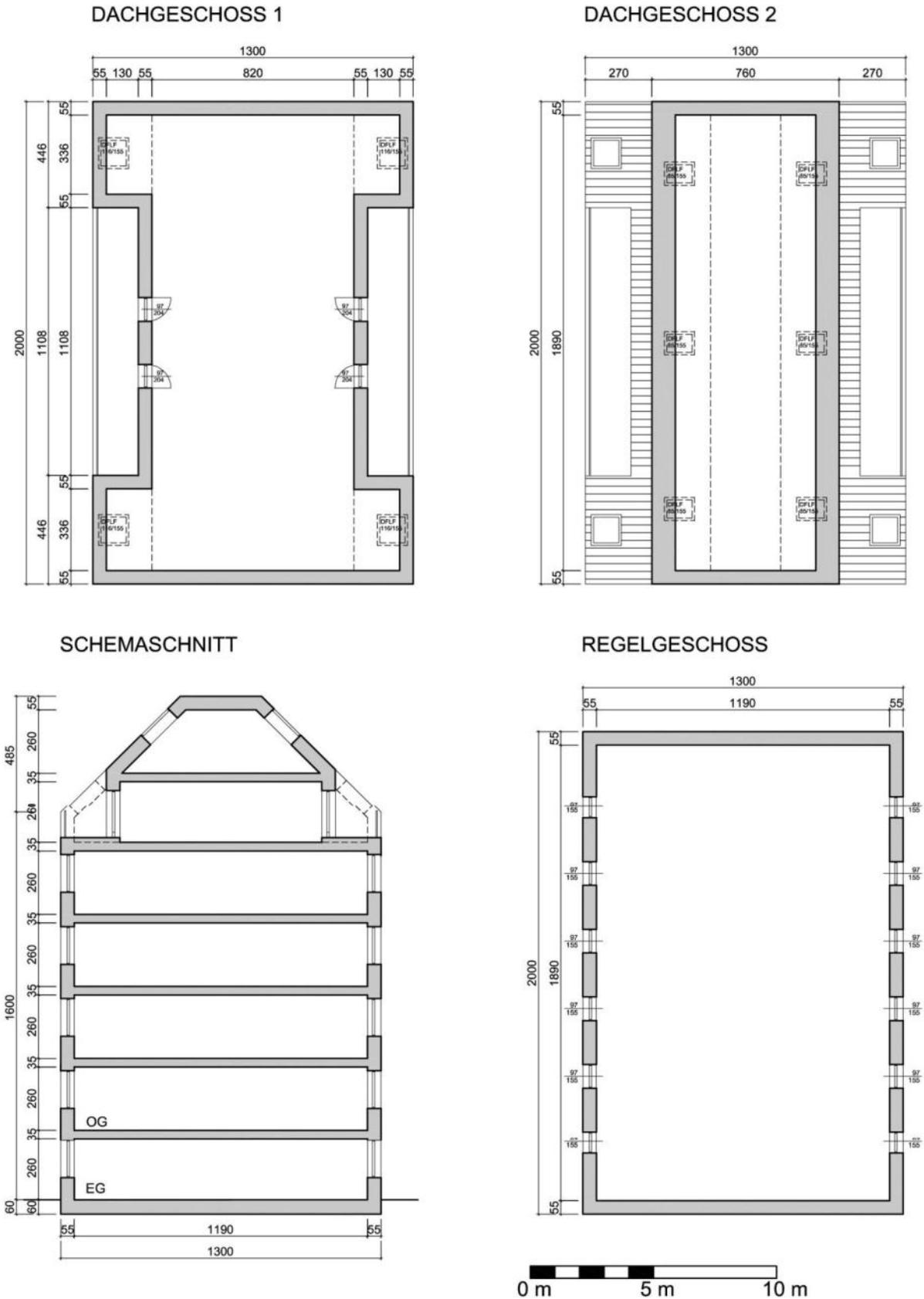


Abbildung 16: Schemaschnitt und Grundrisse Modellgebäudetyp Mehrfamilienwohnhaus Nord-Süd V1 bzw. Mehrfamilienwohnhaus Ost-West

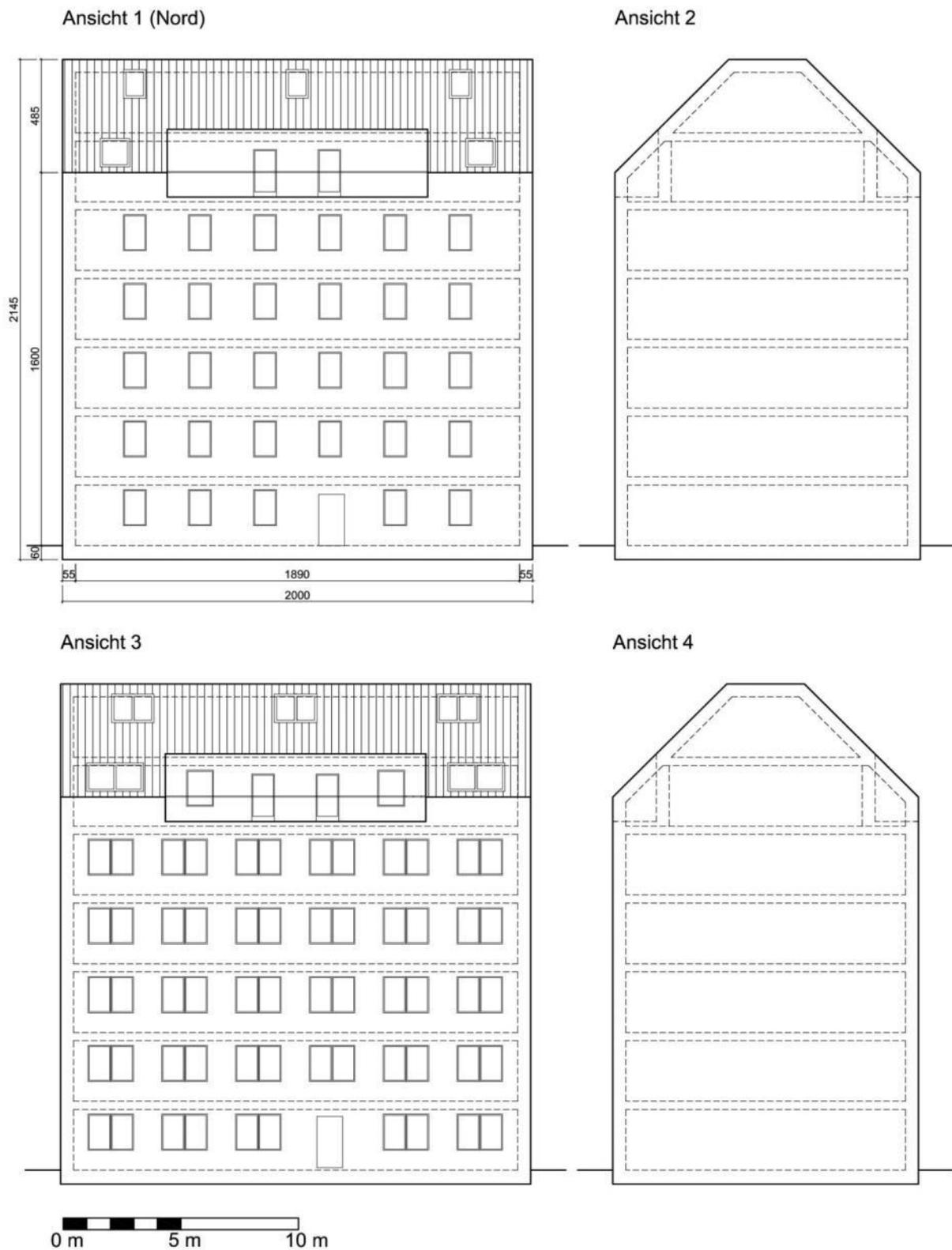


Abbildung 17: Ansichten Modellgebäudetyp Mehrfamilienwohnhaus Nord-Süd V2

1.2 Bürogebäude

Das Modell-Bürogebäude wurde in Bezug auf Größe und Geschößzahl in Anlehnung an das Chemiehochhaus der TU-Wien am Getreidemarkt entwickelt. Die Gebäudetiefe wurde jedoch aktuellen Bürobauprojekten entsprechend von rund 24 m auf 15 m reduziert.

Typ:	Bürogebäude
Kürzel:	BÜRO
Beschreibung:	Ost-West- bzw. Nord-Süd-orientiertes, neungeschossiges, freistehendes Bürogebäude, in Anlehnung an das Chemiehochhaus der TU-Wien am Getreidemarkt (ca. 230 APL bei 30 m ² NGF/APL, 9 Geschöße von OG 2 bis OG 10), Flachdach
Baukörper:	länglicher, hoher Baukörper mit Flachdach
BGF:	6750,00 m ²
NGF:	5737,50 m ²
Volumen:	27600,00 m ³
Hüllfläche:	6284,00 m ²
AV-Verhältnis:	0,23
Personenbelegung:	ca. 230 Arbeitsplätze (bei 25m ² NGF/APL)
Veränderliche Parameter:	Verglasungsanteil in der Fassade (Brüstungsbereich opak, Vollverglasung, Vollverglasung mit PV im Brüstungsbereich)
Testraum	Grundfläche ca. 44 m ² , im Achsmaß von der Fassade bis zur Gebäudemitte aus dem Regelgeschoss ausgeschnitten, eine Fassadenebene mit Lüftungsöffnungen
Kühlbedarf:	

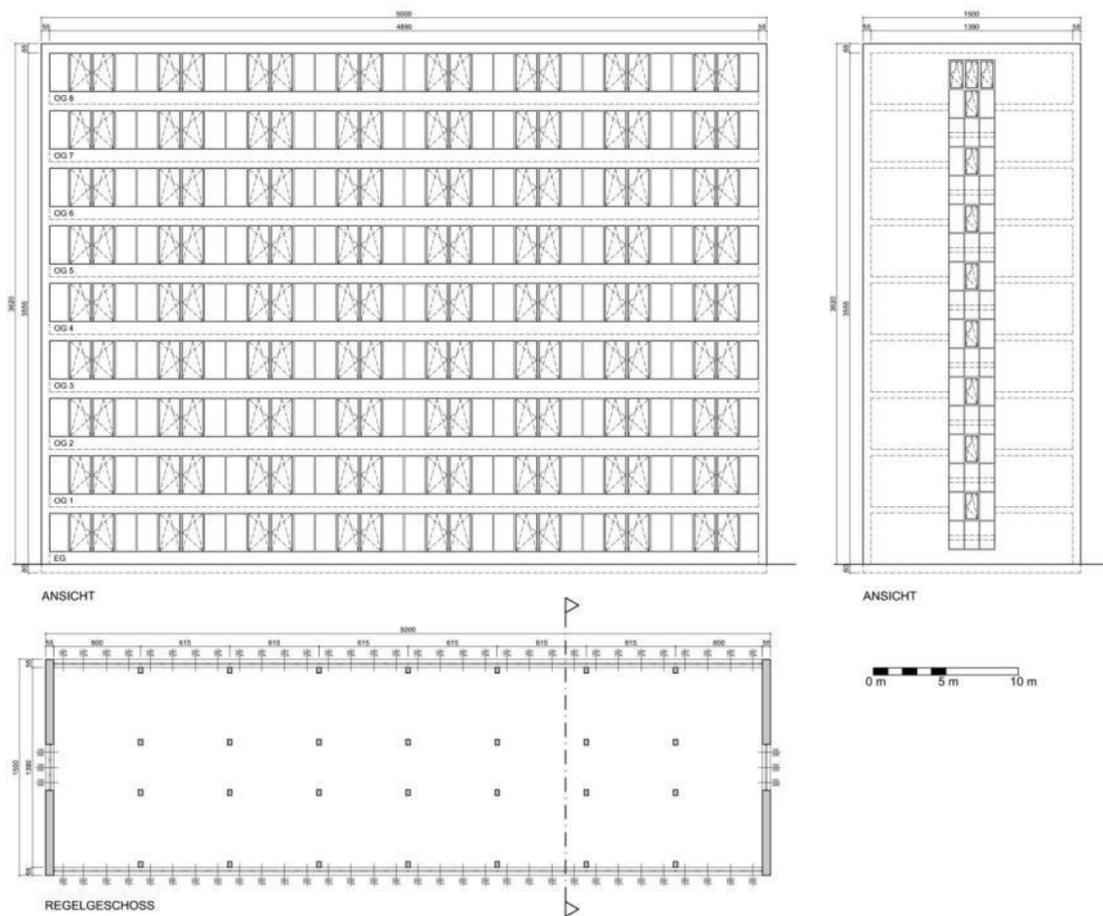


Abbildung 18: Ansichten und Regelgeschoss-Grundriss zu Modellgebäudetyp Bürohochhaus

Typ:	Nutzungstyp für Modellgebäude Bürogebäude
Kürzel:	BÜRO
Dateibezeichnung:	GEBIN_N 2.01
Soll-Temperatur:	Heizfall 20°C Kühlfall 26°C
Energetisch wirksame Luftwechselzahl:	0,1 h ⁻¹ Fugenluftwechsel + 30 m ³ /Person hygienisch erforderlicher Luftwechsel (nur während der Betriebszeit)
Nutzung:	Bürozeit 07:00 bis 19:00; (12h nach ÖNorm B8110-3; Betriebsunterbrechungen: Sa.+So.)
Innenwärmen nach ÖNORM B 8110-5:	Heizfall: 3,50 Wm ⁻² _{BF} (Personen, Beleuchtung und Geräte für Passivhäuser) Kühlfall: 7,5 Wm ⁻²
Personen:	230 Personen
Betriebszeit:	von 07:00 bis 19:00; Dauer: 12 Std. 0 Min.

1.3 Gewerbebetrieb

Für den Prototypen Gewerbebetrieb sollte ursprünglich eine Werkshalle in Anlehnung an die neue Werkshalle des Instituts für Fertigungstechnik der TU-Wien entwickelt werden. Die Pläne zur Errichtung eines Neubaus wurden mittlerweile überholt. Stattdessen ist derzeit eine Sanierung und Umnutzung der „Siemens-Halle“ im Arsenal Center (Objekt 221) vorgesehen. Der Werkshallen-Prototyp wurde daher lediglich in Bezug auf seine Größe und die dreischiffige Baukörperform an die „Siemens-Halle“ angelehnt.

Typ:	Werkshalle IFT
Kürzel:	WIFT
Beschreibung:	dreischiffige, freistehende Werkshalle (ohne angebauten Büro-, Verwaltungstrakt), in Anlehnung an die neue Werkshalle des IFT (Nettogrundfläche ca. 3000 m ² ohne Büroflächen), Flach- bzw. Pultdach, überhöhtes Mittelschiff für seitliche Belichtung der Mittelhalle
Baukörper:	kompakter Baukörper mit Flach- bzw. Pultdach und überhöhtem Mittelschiff
BGF:	3144,69 m ²
NGF:	3048,25 m ²
Volumen:	35945,09 m ³
Hüllfläche:	9006,90 m ²
AV-Verhältnis:	0,25
Personenbelegung:	lt. Raumbuch IFT
Veränderliche Parameter:	Ost-West-verlaufender Sheddachkonstruktion

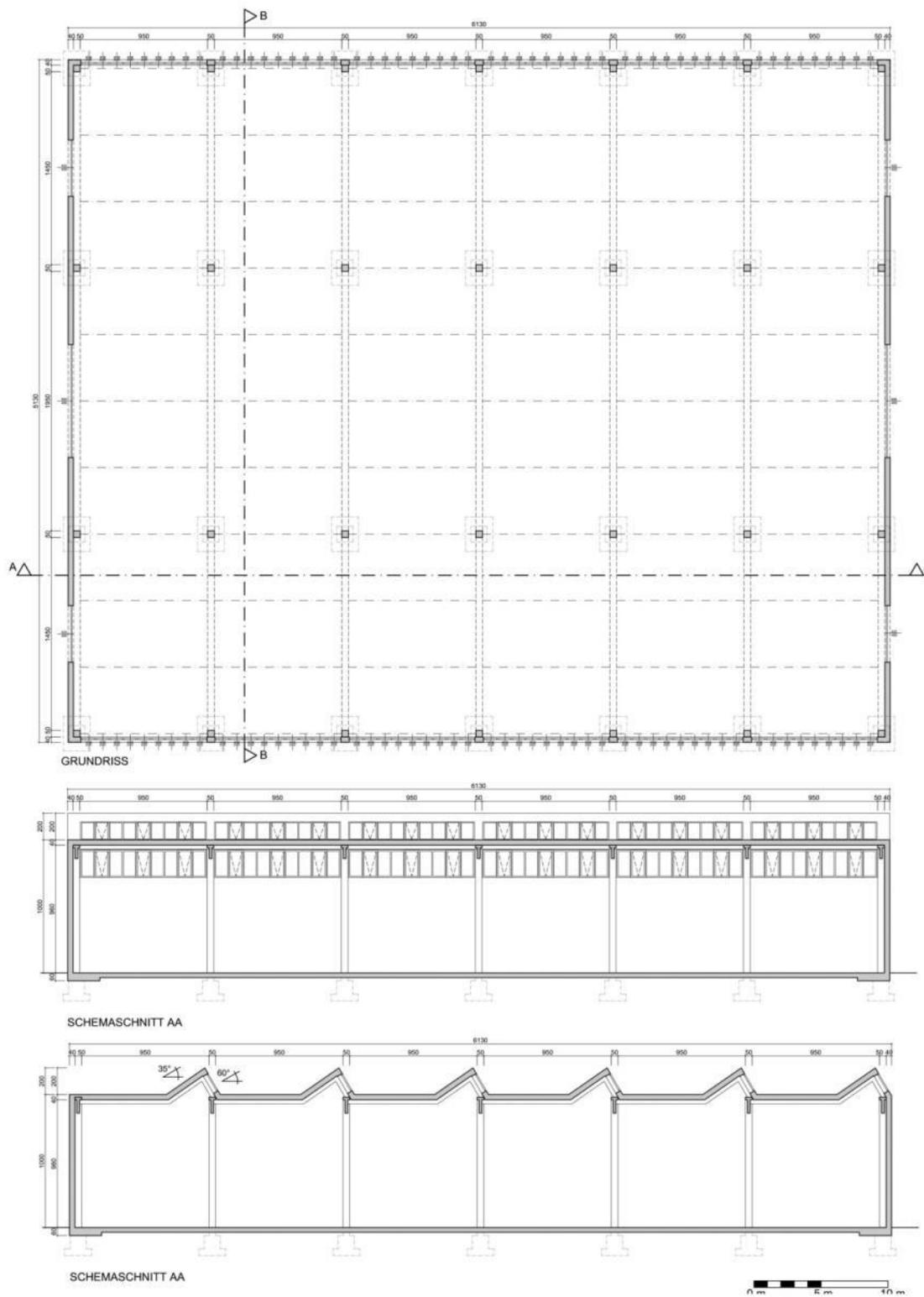


Abbildung 19: Grundriss und Schemaschnitte zu Modellgebäudetyp Werkshalle mit Flachdach und mit Sheddachkonstruktion

2 Heizwärmebedarf in Wohngebäuden

2.1 Definition

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes wird als jene Wärmemenge definiert, die im Laufe einer Heizsaison der Innenluft eines Gebäudes zugeführt werden muss, um den für die Betriebszeit des Gebäudes geforderten Wert der Innenlufttemperatur zu gewährleisten. Der Heizwärmebedarf wird für die im langjährigen Schnitt am Gebäudestandort zu erwartenden außenklimatischen Bedingungen errechnet. Der Einfluss der Gebäudenutzung auf den Heizwärmebedarf ist dabei durch Vorgabe von fiktiven Nutzungsbedingungen zu berücksichtigen.

Gemäß ÖNORM B8110, Teil 1, ist der HWB_{BGF} -Wert der auf die Bruttogeschosßfläche bezogene Heizwärmebedarf. Der HWB_{BGF} -Wert ist eine flächenbezogene Wärmemenge und wird üblicherweise in $[kWh/m^2]$ angegeben.

Jedes Verfahren zur Berechnung des Heizwärmebedarfs fußt auf der Lösung der Wärmebilanzgleichung für das Gebäude. Da der Heizwärmebedarf eine Größe ist, die Aussagen über das thermische Verhalten während relativ langer Zeiträume (mehrere Monate) beinhaltet, spielt das tägliche Auf und Ab realer außenklimatischer Bedingungen für das Berechnungsergebnis – den Heizwärmebedarf – kaum eine Rolle; auch die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes beeinflusst den Heizwärmebedarf kaum.

Heizwärmebedarfsberechnungen können „stationär“ (zeitunabhängig), „quasistationär“ (zeitabhängig unter Vernachlässigung von Wärmespeichereffekten) oder „instationär“ (zeitabhängig) durchgeführt werden.

Im Rahmen dieses Projekts wird die „instationäre“ (zeitabhängige) Berechnung mit dem Programmpaket EuroWAEED für die Simulation des Heizwärmebedarfs angewendet, da sie zum einen die größte Genauigkeit in den Ergebnissen liefert und zum Anderen die Einflussgrößen am besten abbildet. Die Wärmebedarfsberechnung im Zeitbereich unter Berücksichtigung des näherungsweise ermittelten Wärmespeichervermögens der Bauteile, erlaubt es, die Auswirkungen verschiedener Planungsmaßnahmen auf den zu erwartenden Wärmebedarf des Gebäudes detailliert zu untersuchen. Hierbei werden die Nutzungsbedingungen, die Klimabedingungen und die thermischen Eigenschaften des Gebäudes berücksichtigt.

Die Heizwärmebedarfsberechnung mittels EuroWAEED liefert neben dem Wärmebedarf detaillierte Informationen über:

- die sich einstellenden Raumlufftemperaturen,
- die Transmissionswärmeverluste,
- die Lüftungswärmeverluste,

- die Wärmegewinne aufgrund von Sonneneinstrahlung,
- die Wärmegewinne aufgrund von Beleuchtung und Geräten und
- die Wärmegewinne aufgrund von Personenbelegung.
- Zudem wird die Länge der Heizsaison ermittelt.

2.2 Annahmen zu den Simulationsstudien

Für die Simulation wurden für 5 Standorte unter Zugriff auf das Programmpaket OEKLIM (Kreč 2010) mit neuester Klimadatenbasis halbsynthetische Klimadaten erstellt.

Die Normaußentemperaturen für die Simulation wurden aus den oben genannten Klimadaten abgeleitet und können nach Kappelmüller (2000) wie folgt angenommen werden:

Wien:	-3°C
Klagenfurt:	-3°C
Innsbruck:	-6°C
Mallnitz:	-6°C
Radstadt:	-7°C

Da die Simulationsstudie auf eine Optimierung hochenergieeffizienter Gebäude abzielt, wurden die herangezogenen Modellgebäude mit einem hohen Wärmedämmstandard und einer effizienten Wärmerückgewinnung konzipiert. Die thermische Dämmqualität der Gebäudehülle wird über den U-Wert der Bauteile definiert. Aufstellungen der Flächen nach Bauteil und Orientierung mit den dazugehörigen U-Werten, sowie den für die Simulationsreihen erforderlichen Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ -Werten) befinden sich bei den Modellgebäuden in Kapitel 1.1.

Bei den Modellgebäuden Einfamilienhaus, Reihenhauses und Kleingartenhaus wurde ein Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnungsanlage von 0,90 angenommen. Für das Modellgebäude (MFH) wurde die Auswirkung des Wirkungsgrads der Wärmerückgewinnung auf den HWB untersucht. Bezugnehmend auf die VDI-Richtlinie 3804, S. 34 wurde für die übrigen Simulationen des MFH ein Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung von 0,80 festgelegt. Dies entspricht auch Angaben in Greml, et al. (2004), wo mechanischen Lüftungsanlagen mit verschiedenen Wärmetauschern durchschnittlich Wärmerückgewinnungsgrade von 0,80 erreichen.

In der ÖNORM B 8110 Teil 5 sind in Tabelle 2 Normnutzungsprofile festgelegt. Im Gegensatz zur ÖNORM B 8110-5 sind bei der Simulation im Programmpaket EuroWAEBED grundsätzlich Bruttoflächen zu verwenden, weshalb die normgemäßen Innenwärmen hier auf Bruttoflächen umgerechnet wurden. Zudem wurden die inneren Wärmegewinne in Personenwärme und Abwärme durch Beleuchtung und Geräte aufgetrennt, da eine vereinfachte Berechnung gemäß B 8110-5 ohne explizite Personenbelegung in EuroWAEBED zu einer unrealistischen

Überwärmung des Gebäudes führen kann. Die in der B 8110-5 für Passivhäuser angesetzten, auf die (Energie-) Bezugsfläche bezogenen Werte für die Innenwärmen (Abwärmen von Personen, Beleuchtung und Geräten) stimmen mit den im PHPP-Handbuch (Feist 2007) ausgewiesenen Werten überein.

Detaillierte Angaben zur Gebäudenutzung (Solltemperatur, energetisch wirksame Luftwechselzahl, Nutzungszeiten, Personenbelegung, Beleuchtung und Geräte) finden sich bei den Nutzungsdaten der jeweiligen Modellgebäude unter Kapitel 1.1.

Neben den inneren Wärmegewinnen durch Personen und Geräte werden in der Simulation auch solare Wärmeeinträge berücksichtigt. Grundsätzlich wurde bei der Heizwärmebedarfsberechnung von einer vollkommenen Verschattungsfreiheit der Gebäude ausgegangen. Für die Modellgebäude Mehrfamilienhaus (MFH) und Reihenhaus (RH) wurden ergänzend Verschattungsszenarien (siehe Kap. 2.3.6) entworfen und damit der Einfluss dichter Verbauung auf den Heizwärmebedarf untersucht.

Für die Modellgebäude Kleingartenwohnhaus, Reihenhaus und Einfamilienhaus wurde ein Ein-Zonen-Modell für die Heizwärmebedarfsberechnung verwendet. Beim Mehrfamilienhaus wurden, für die Heizwärmebedarfsberechnung, bezugnehmend auf eine Fallstudie von Kreč (1994) für den unterhalb des Gebäudes liegenden Keller unterschiedliche Kellertemperaturen (6°, 8°, 10°, 12°, 14°) untersucht. Vereinfacht wurde anschließend für alle Simulationsreihen eine konstante Kellertemperatur von 10°C angenommen.

2.3 Parameterstudien und Simulationsergebnisse - Heizwärmebedarf

In den durchgeführten Simulationsstudien wurde der Einfluss verschiedener veränderlicher Parameter auf den Heizwärmebedarf der Modellgebäude untersucht. Dabei wurden nicht alle Parameter an allen Modellgebäuden und Varianten untersucht, sondern anhand von Rechercheergebnissen zielführende Simulationsreihen aufgestellt. Die betrachteten Parameter werden im folgenden Kapitel beschrieben. Die ans Ende gestellte Übersicht in 2.3.8 zeigt für welche Varianten der Heizwärmebedarf simuliert wurde.

2.3.1 Bauweise

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs erfolgte ausschließlich für Massivbauweise. Bei den Studien zur Sommertauglichkeit wurden auch Varianten in Leicht- und Mischbauweise untersucht (siehe Kapitel 3.3.4), da die Speichermasse in diesem Zusammenhang eine größere Rolle spielt.

2.3.2 Standort

Die lokalen klimatischen Gegebenheiten spielen bei der energetischen Optimierung von Gebäuden eine entscheidende Rolle, daher wurden für die durchgeführten Simulationsstudien Standorte in unterschiedlichen österreichischen Klimlagen ausgewählt. Die Auswahl der Standorte erfolgte anhand der Kriterien Klimazone, Höhenlage und lokaler Bautätigkeit:

Wien

Klimaregion Nord , Referenzstandort

Lage: 48° 13' N, 16° 22' O

Seehöhe: 170 m

Innsbruck

Klimaregion Nord – Föhngebiet, Standort mit relativ hohen Strahlungsgewinnen

Lage: 47° 16' N, 11° 24' O

Seehöhe: 570 m

Klagenfurt

Klimaregion Beckenlandschaften im Süden, Standort mit relativ niedrigen Temperaturen

Lage: 46° 37' N, 14° 19' O

Seehöhe: 450 m

Mallnitz

Klimaregion Beckenlandschaft im Süden, Standort in alpiner Lage

Lage: 46° 59' N, 13° 10' O

Seehöhe: 1191 m

Radstadt

Klimaregion Alpine Zentrallage, Standort in alpiner Lage mit hohen Strahlungsgewinnen

Lage: 47° 23' N, 13° 27' O

Seehöhe: 858 m

Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen wie stark der Einfluss der lokalen klimatischen Gegebenheiten auf den Heizwärmebedarf von Gebäuden ist. Die ausgewählten Teststandorte sind in den Grafiken von links aufsteigend nach ihrer jeweiligen Höhenlage geordnet. Auf diese Weise ist gut erkennbar, dass der Heizwärmebedarf mit zunehmender Seehöhe tendenziell steigt. Dieser Effekt lässt sich durch die in der Regel mit zunehmender Seehöhe sinkenden Lufttemperaturen erklären.

Eine Ausnahme bildet jeweils der Teststandort Innsbruck. Der Heizwärmebedarf der Modellgebäude ist hier aufgrund der hohen passiven Solarenergiegewinne deutlich geringer als am etwas niedriger gelegenen Standort Klagenfurt und teilweise sogar geringer als am Teststandort Wien auf nur 170 m Seehöhe.

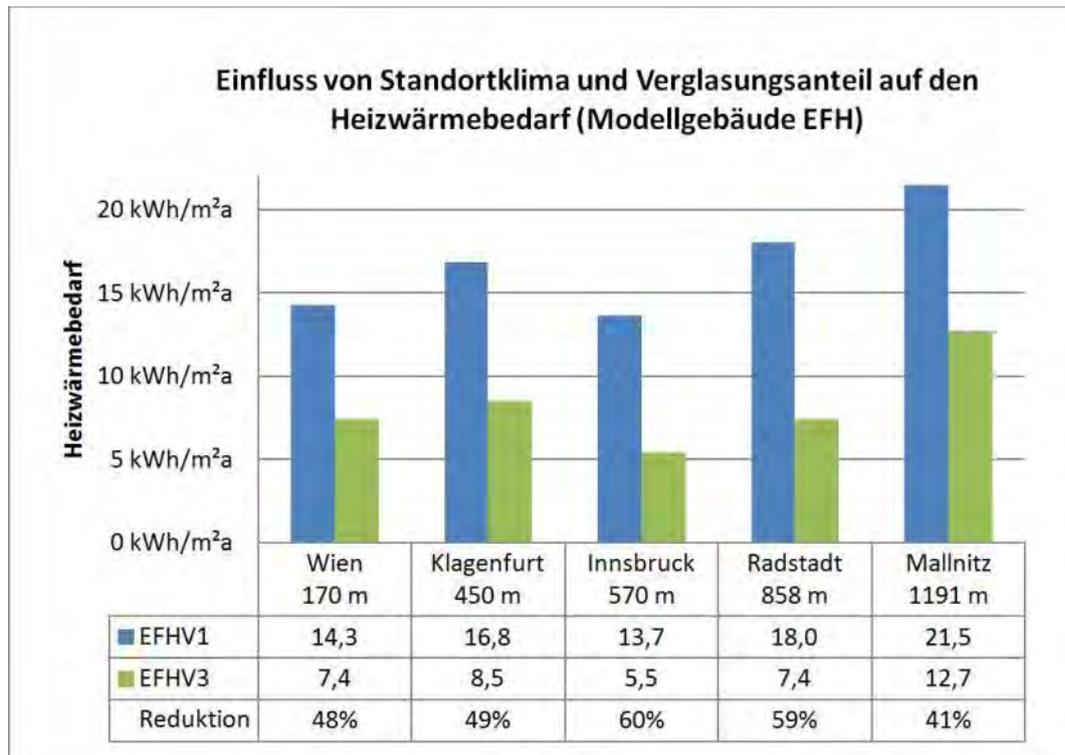


Abbildung 20: Heizwärmebedarfs des südorientierten Modellgebäudes EFH mit kleinstem südorientiertem Verglasungsanteil (V1) und größtem südorientiertem Verglasungsanteil (V3) an den unterschiedlichen ausgewählten Teststandorten.

Generell lässt sich sagen, dass die Temperaturen mit zunehmender Seehöhe im Allgemeinen abnehmen, die Strahlungsintensität jedoch zunimmt. Betrachtet man in Abbildung 20 die beiden Standorte Klagenfurt und Radstadt, so zeigt sich dass der Heizwärmebedarf in Radstadt bei kleinster südorientierter Belichtungsfläche höher, bei großer südorientierter Glasfläche jedoch geringer ist als am Standort Klagenfurt. Die durch die niedrigen Temperaturen bedingten Transmissionswärmeverluste können in Radstadt also bei großzügiger Öffnung der Südfassade durch höhere Strahlungsgewinne ausgeglichen werden.

2.3.3 Gebäudetyp und Kompaktheit

Die Kompaktheit von Gebäuden wurde im Zuge der durchgeführten Parameterstudien nicht explizit untersucht. Die Modellgebäude weisen jedoch unterschiedliche Oberflächen-Volumsverhältnisse (A/V-Verhältnis) auf, was sich deutlich auf den jeweiligen Heizwärmebedarf auswirkt (siehe Abbildung 21).

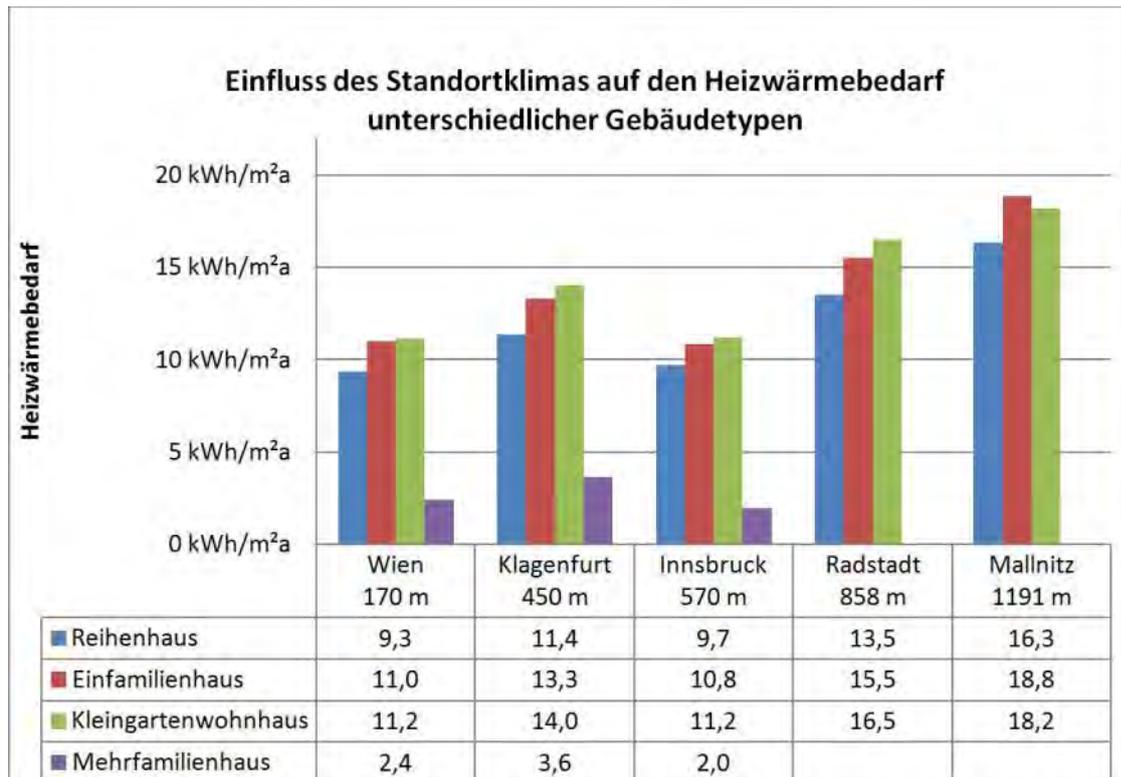


Abbildung 21: Gegenüberstellung des Heizwärmebedarfs unterschiedlicher Gebäudetypen in Abhängigkeit des Gebäudestandorts. Es werden hier die nach Süden ausgerichteten Gebäude mit Verglasungsvariante V1 dargestellt.

Das an zwei Seiten an Nachbargebäude grenzende Reihenhaus mit einem A/V-Verhältnis von 0,47 weist einen deutlich niedrigeren flächenbezogenen Heizwärmebedarf auf, als das gleich große freistehende Einfamilienhaus (A/V 0,72) und das deutlich kleinere Kleingartenwohnhaus (A/V 0,79). Den niedrigsten Heizwärmebedarf weist mit Abstand das beidseitig angebaute und sehr kompakte Mehrfamilienhaus mit einem A/V-Verhältnis von nur 0,26 auf.

Bei der Betrachtung des flächenbezogenen Heizwärmebedarfs sollte jedoch nicht vergessen werden, dass das Kleingartenwohnhaus insgesamt einen geringeren Heizwärmebedarf hat als das flächen- und volumenmäßig größere Einfamilienhaus.

In der Grafik fällt außerdem auf, dass der flächenbezogene Heizwärmebedarf des Kleingartenwohnhauses am Standort Mallnitz etwas niedriger ist als der Heizwärmebedarf des Einfamilienhauses. Die etwas höheren flächenbezogenen inneren Gewinne des Kleingartenhauses führen hier in der Übergangszeit zu einer Verkürzung der Heizsaison im Vergleich zum Einfamilienhaus und damit zu einem niedrigeren Heizwärmebedarf.

2.3.4 Orientierung

Bei den Modelltypen Einfamilienhaus (EFH), Kleingartenwohnhaus (GZH), nord-südorientiertes Reihenhaus (RH_ns) und nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus (MFh_ns) ist die Hauptfassade in der Grundvariante exakt südorientiert. Um den Einfluss der Orientierung auf die aktiven und passiven solaren Gewinne zu beurteilen wurden die Gebäude in einer

Simulationsstudie in jeweils drei 15°-Schritten aus der exakten Südorientierung nach Osten bzw. Westen gedreht. Die Hauptfassade weicht somit um jeweils 15° (O2/W2), 30° (O3/W3) und 45° (O4/W4) von der genauen Südorientierung ab.

Abbildung 22 zeigt beispielhaft den Einfluss der Orientierung auf den Heizwärmebedarf für das Modellgebäude Einfamilienhaus mit Keller (EFHk) am Standort Radstadt mit den Verglasungsvarianten V1 (kleinste südseitige Verglasungsfläche), V2 (doppelte südseitige Verglasungsfläche) und V3 (vierfache südseitige Verglasungsfläche). Der niedrige Sonnenstand im Winterhalbjahr bewirkt, dass die solaren Einträge auf der vertikalen Fassade während der Heizsaison bei exakter Südorientierung am höchsten sind.

Wird die Fassade aus der Südorientierung gedreht, so nimmt der Heizwärmebedarf mit der Abweichung aus der Südachse etwas zu. Wie stark diese Zunahme ausfällt, hängt vom jeweiligen Standortklima und dem Verglasungsanteil ab. Bei sehr großen südseitigen Verglasungen und den damit verbundenen hohen passiven solaren Gewinnen ist bei einer Winkelabweichung von mehr als 30° eine markante Erhöhung des Heizwärmebedarfs feststellbar.

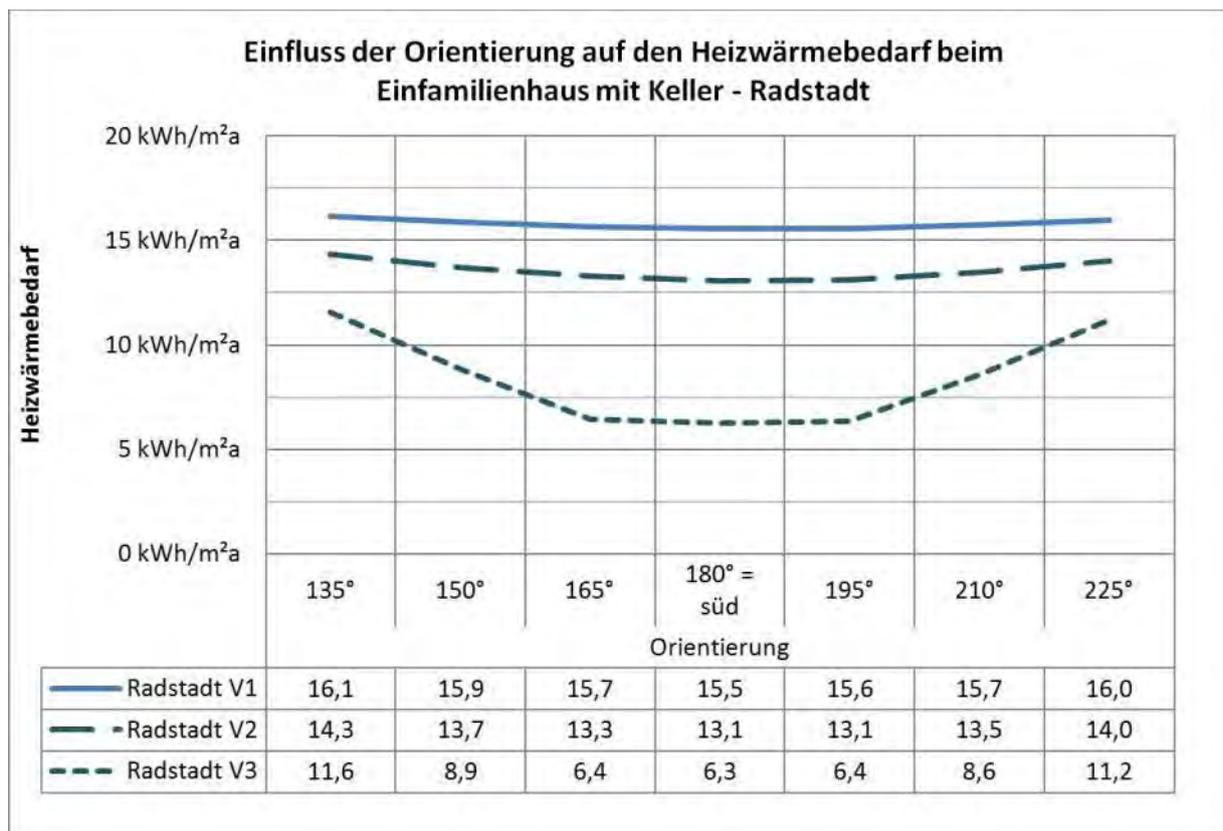


Abbildung 22: Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Abweichung aus der exakten Südorientierung beim Einfamilienhaus mit Keller (EFHk) am Standort Radstadt mit den Verglasungsvarianten V1, V2 und V3.

Der Einfluss der Orientierung auf den Heizwärmebedarf beim Mehrfamilienhaus (MFH) an verschiedenen Standorten bei den Verglasungsvarianten V1 und V2 wird in Abbildung 23

dargestellt. Wie auch beim Einfamilienhaus ist bei Winkelabweichungen der Südfassade von mehr als 30° aus der Südachse eine deutliche Erhöhung des Heizwärmebedarfs festzustellen.

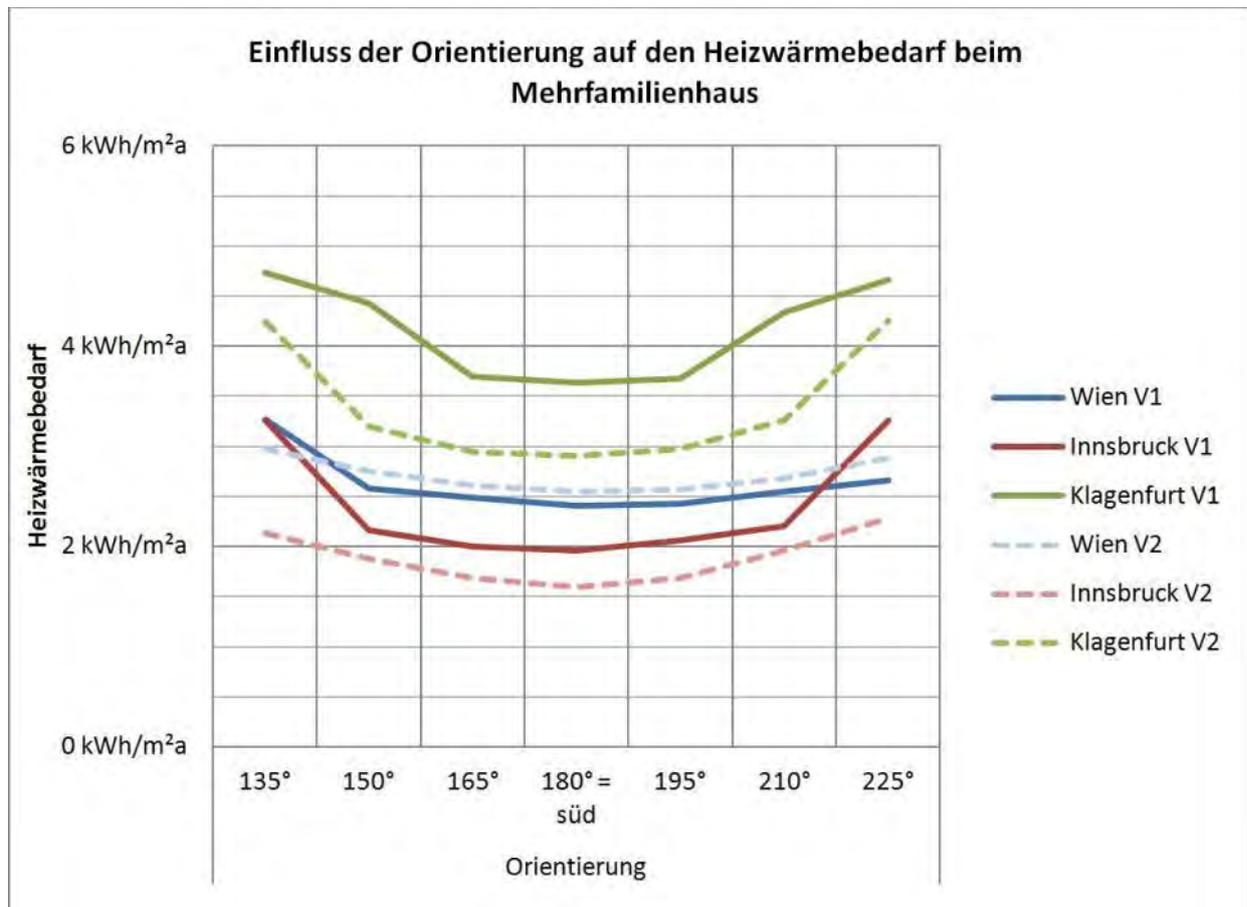


Abbildung 23: Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Abweichung aus der exakten Südorientierung beim Mehrfamilienhaus (MFH) an verschiedenen Standorten bei den Verglasungsvarianten V1 und V2.

2.3.5 Verglasungsanteil der Südfassade

Für alle Modellgebäude mit Wohnnutzung wurde jeweils eine Grundvariante mit mindesterforderlicher Belichtungsfläche nach OIB-Richtlinie 3 modelliert. Das heißt die gesamte Glasfläche in der Fassade beträgt 10% der Bodenfläche der Aufenthaltsräume, wobei die Fläche der Aufenthaltsräume mit 75% der Wohnnutzfläche berücksichtigt wurde.

Bei den Modellgebäuden Kleingartenhaus und Einfamilienhaus befinden sich 50% der Verglasungsflächen in der Südfassade, jeweils 20% in der Ost- und Westfassade und 10% in der Nordfassade. Bei den Modellgebäuden Reihenhaushaus und Mehrfamilienhaus sind jeweils 50% der Glasflächen in die gegenüberliegenden Außenwände (Ost-West bzw. Nord-Süd) integriert.

Für die Parameterstudien wurde die Glasfläche in der Südfassade in einem ersten Schritt verdoppelt (V2) und anschließend bezogen auf die Grundvariante vervierfacht (V3). Durch größere südseitige Verglasungsflächen können mehr passive solare Gewinne erzielt werden.

Gleichzeitig sinkt jedoch der mittlere U-Wert der Gebäudehülle und es kommt zu einer Reduktion der verfügbaren Flächen für aktive energieproduzierende Bauteile. Je größer die südorientierten Glasflächen sind, desto schwerer wird es auch Sommertauglichkeit zu erreichen (siehe Kapitel 3.3.3).

Welchen Einfluss der Verglasungsanteil auf den Heizwärmebedarf des Modellgebäudetyps Einfamilienhaus hat, war bereits weiter oben in Abbildung 20 erkennbar. In Abbildung 24 ist dieser Effekt noch einmal detaillierter anhand des Modellgebäudes nord-südorientiertes Reihenhaus dargestellt.

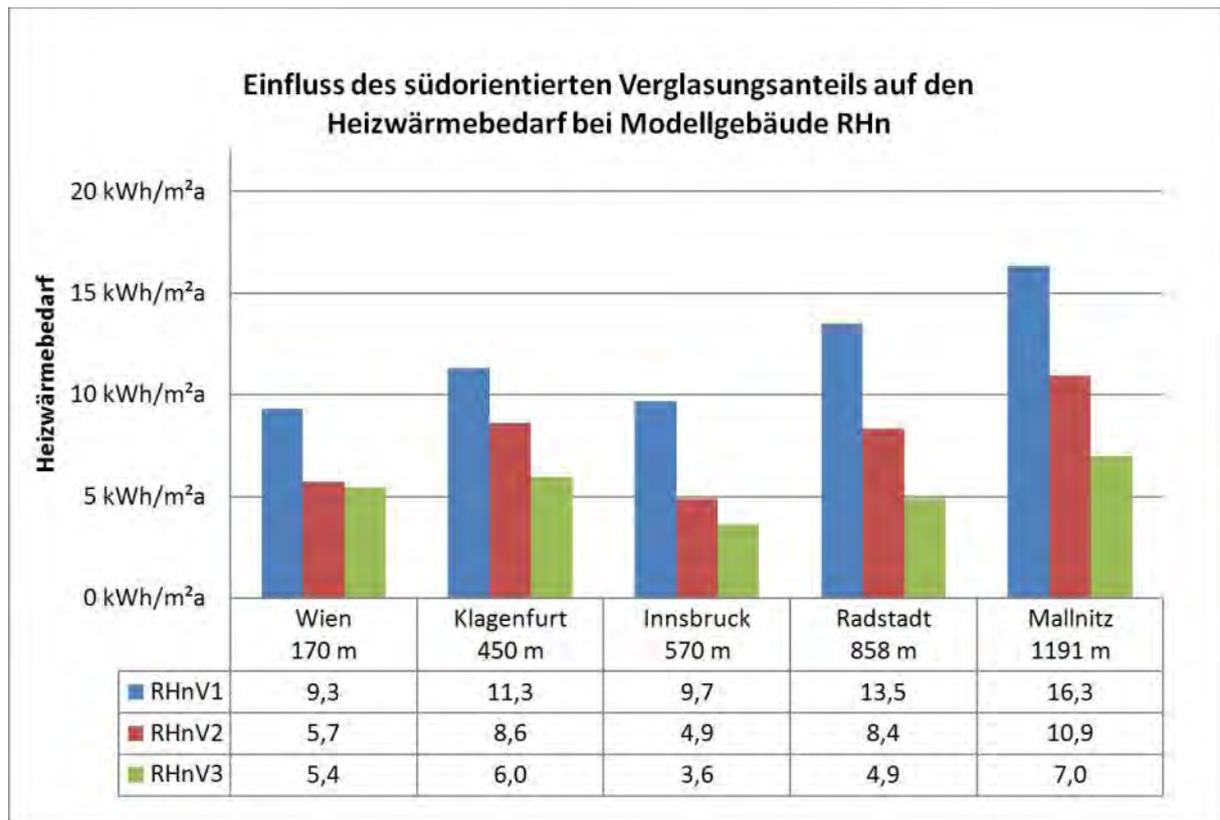


Abbildung 24: Flächenbezogener Heizwärmebedarf des nord-südorientierten Reihenhauses bei unterschiedlich großer südorientierterer Verglasungsfläche an verschiedenen Standorten.

Die Grafik zeigt, dass der Heizwärmebedarf auch hier durch eine Vergrößerung des südorientierten Verglasungsanteils und einer Maximierung der passiven Solarenergiegewinne deutlich gesenkt werden kann. Die Gefahr einer sommerlichen Überwärmung muss hier jedoch unbedingt berücksichtigt werden.

Wie stark und auf welche Weise sich eine Vergrößerung der südseitigen Glasflächen auf den Heizwärmebedarf auswirkt ist u.a. vom Baukörper und vom jeweiligen Standortklima abhängig. In Abbildung 23 ist etwa erkennbar, dass das Modellgebäude Mehrfamilienhaus am Standort Wien (blau) mit verdoppelter südseitiger Glasfläche (V2, gestrichelt) einen höheren Heizwärmebedarf aufweist als mit kleinerem südseitigem Verglasungsanteil (V1, durchgezogen). Hier werden die geringfügig höheren solaren Gewinne durch die ebenfalls

höheren Transmissionswärmeverluste ausgeglichen. An den übrigen Standorten zeigt sich auch beim Mehrfamilienhaus bei Vergrößerung des Glasanteils eine Senkung des Heizwärmebedarfs.

2.3.6 Verschattung

Bei den Modelltypen Einfamilienhaus (EFH) und Kleingartenwohnhaus (GZH) und Reihenhaus (RH) wurde in den Simulationsstudien keine Verschattung der Fassade berücksichtigt. Für den Modellgebäudetyp Mehrfamilienhaus (MFH) wurden verschiedene Verschattungssituationen definiert um den Einfluss der umliegenden Bebauung auf den Heizwärmebedarf beurteilen zu können.

Das betrachtete Modellgebäude MFH wird beidseitig von gegenüberliegenden Gebäudezeilen verschattet. Die Zeilen werden dabei als unendlich lang angenommen. Es wurden folgende Szenarien modelliert (vgl. Abbildung 25):

Reine Diffusstrahlung

Es trifft keine Direktstrahlung auf die Fassade bis zum einschließlich 4. Obergeschoß auf. Die um 45 ° geneigten Dachgeschoßfenster werden auf Grund Ihrer Lage als nicht verschattet angenommen.

Verschattungswinkel 50° (H1)

Diese Variante entspricht der typischen Situation in einem Wiener Gründerzeitviertel. Der Abstand der verschattenden Gebäudezeile vom Modellgebäude MFH beträgt 17 m, die Höhe 20,5 m. Der Verschattungswinkel am untersten Fassadenpunkt des MFH beträgt 50°.

Verschattungswinkel 40° (H2)

Der Abstand der verschattenden Gebäudezeile vom Modellgebäude MFH beträgt 24,43 m bei einer Höhe von 20,5 m. Der Verschattungswinkel am untersten Fassadenpunkt des Mehrfamilienhauses beträgt 40°.

Verschattungswinkel 30° (H3)

Der Abstand der verschattenden Gebäudezeile vom Modellgebäude MFG wird auf 35,51 m bei gleichbleibender Höhe von 20,5 m vergrößert. Der resultierende Verschattungswinkel am untersten Fassadenpunkt des Mehrfamilienhauses beträgt 30°.

Unverschattet

In dieser Variante wird für die Simulation des Heizwärmebedarfs das Gebäude als vollkommen unverschattet angenommen.

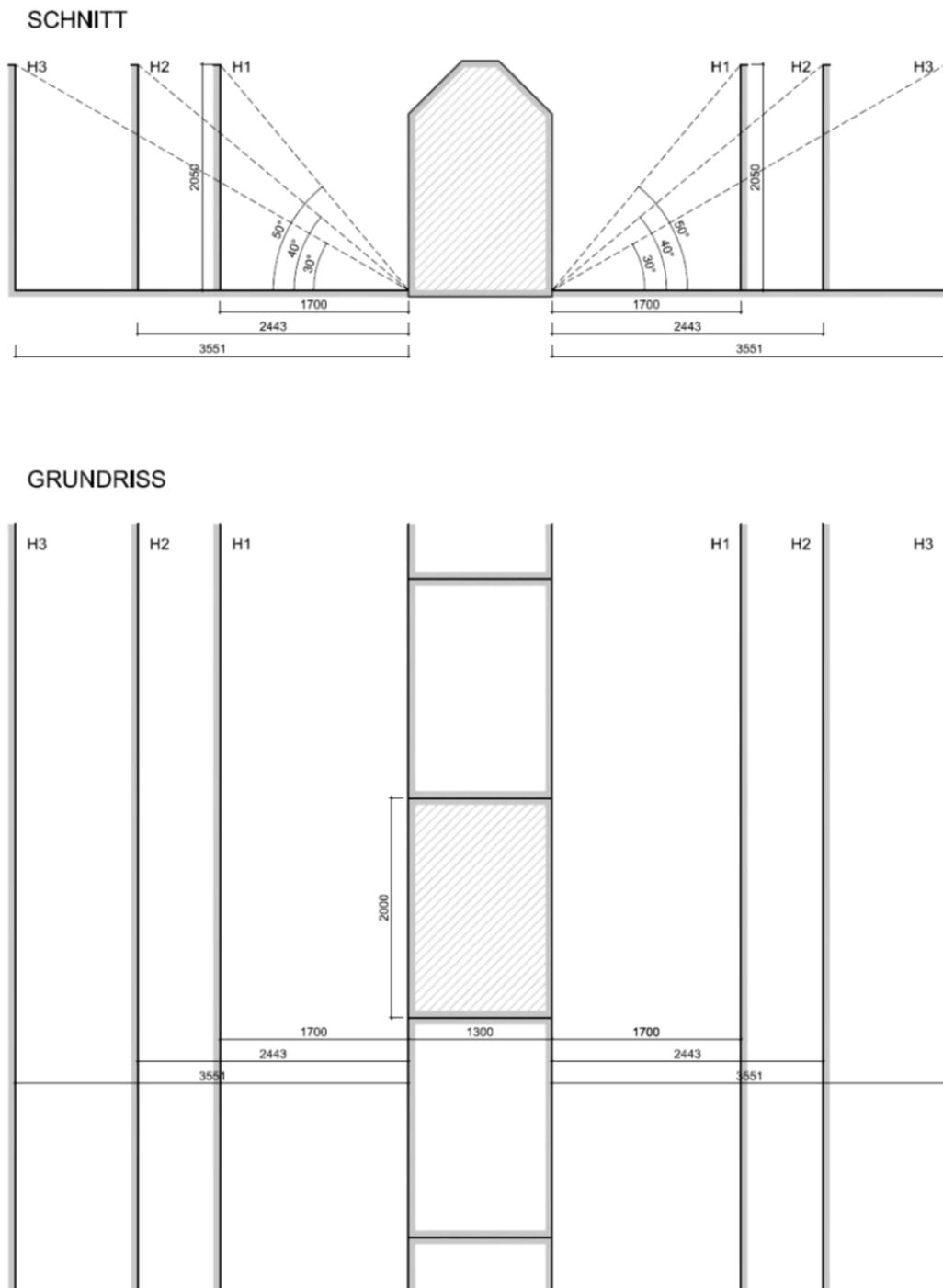


Abbildung 25: Definierte Verschattungssituationen H1, H2 und H3 zu Modellgebäude Mehrfamilienhaus (MFH).

Der Einfluss der Verschattung ist bei der Planung von Plusenergiegebäuden nicht nur für die Optimierung der Erträge aus Photovoltaik und Solarthermie relevant. Verschattungen der Fassade wirken sich auch auf die erzielbaren passiven Solarenergiegewinne und damit auf den Heizwärmebedarf des Gebäudes aus (vgl. Abbildung 26).

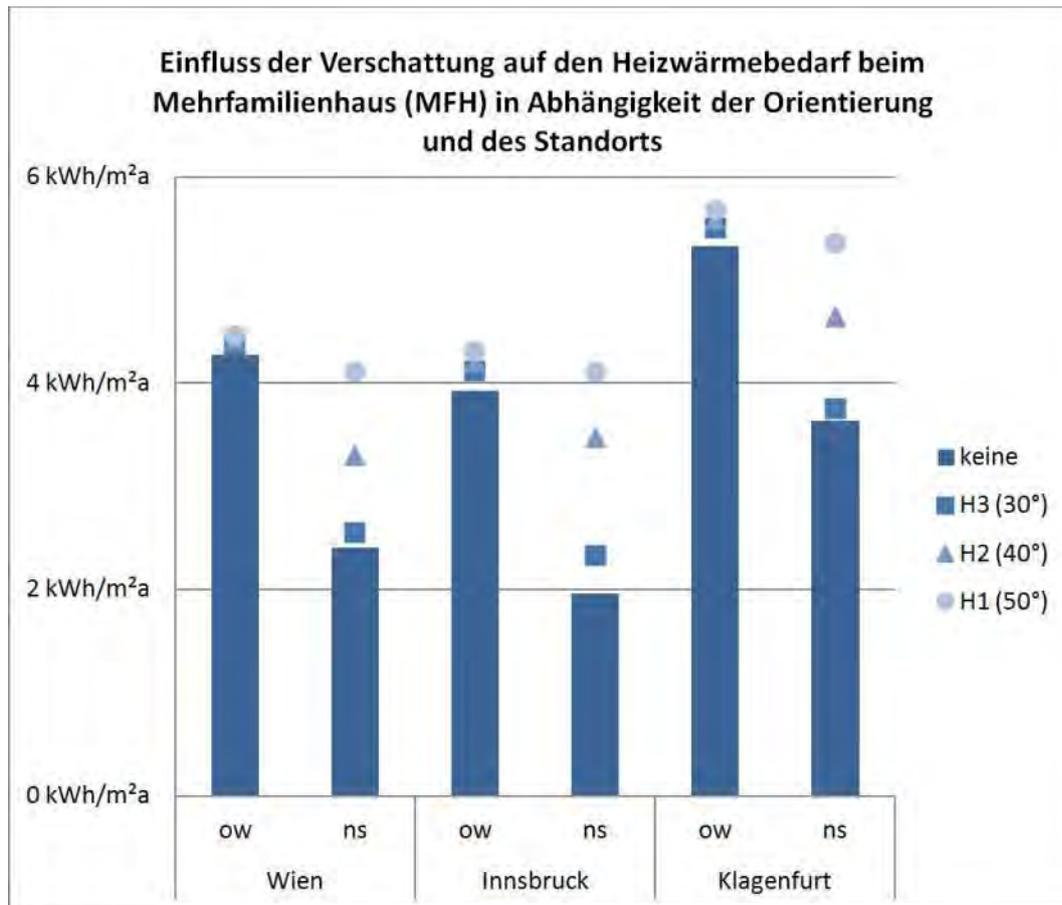


Abbildung 26: Einfluss der Verschattung auf den Heizwärmebedarf beim ost-west- und nord-südorientierten Mehrfamilienhaus (MFHow bzw. MFHns) mit kleinstem Verglasungsanteil (V1) an unterschiedlichen Standorten.

Die Darstellung zeigt, dass das ost-westorientierte und das nord-südorientierte Modellgebäude bei einer typischen Verschattungssituation wie im Wiener Gründerzeitviertel (H1, 30° Verschattungswinkel vom Fassadenfußpunkt) einen annähernd gleichen Heizwärmebedarf aufweisen. Bei Nord-Südorientierung reduziert sich der Heizwärmebedarf bei günstigeren Verschattungsverhältnissen (H2, H3) durch größere Straßenbreiten erheblich, während der Einfluss der Verschattung auf den Heizwärmebedarf beim ost-westorientierten Modellgebäude gering ist. Je nach Standortklima ist dieser Einfluss ebenso wie die Schwankungsbreite des Heizwärmebedarfs unterschiedlich ausgeprägt.

2.3.7 Lüftungswärmerückgewinnung

Für das Modellgebäude (MFH) wurde die Auswirkung des Wirkungsgrads der Wärmerückgewinnung auf den Heizwärmebedarf untersucht, wobei stufenweise von „keine Rückgewinnung“ über einen Wirkungsgrad von 0,45, 0,55, 0,65 und 0,75 bis 0,85 simuliert wurde.

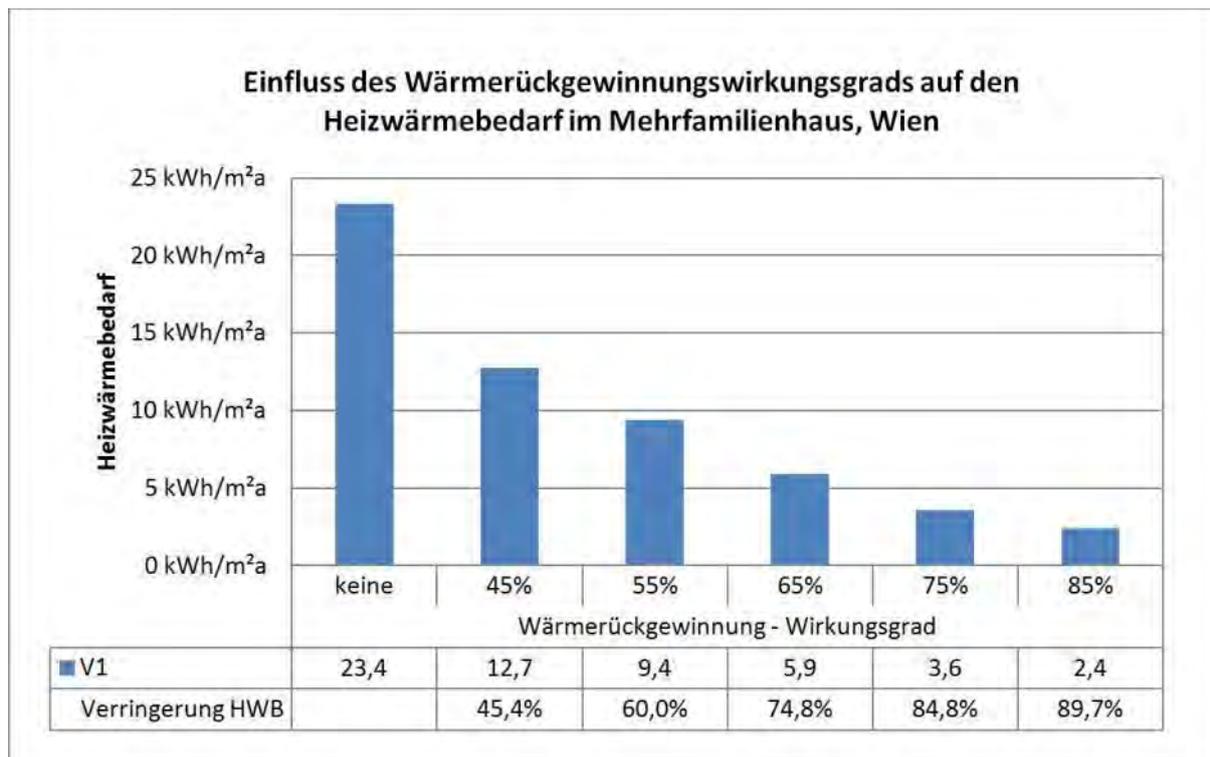


Abbildung 27: Einfluss der Lüftungswärmerückgewinnung auf den Heizwärmebedarf beim Mehrfamilienhaus am Standort Wien, V1.

In Abbildung 27 ist erkennbar, dass der Heizwärmebedarf durch den Einsatz einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung beim Modellgebäude Mehrfamilienhaus drastisch reduziert werden kann. Der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnungsanlage wirkt sich dabei stark auf die jeweilige erzielbare Energieeinsparung aus.

2.3.8 Übersicht simulierter Varianten

Die nachfolgende Übersicht zeigt für welche Varianten der Heizwärmebedarf simuliert wurde, wobei die Kürzel der Dateibezeichnungen wie folgt zu verstehen sind:

Tabelle 22: Erläuterungen zu den Bezeichnungen der Varianten

Kürzel	Beschreibung
GZH	Kleingartenwohnhaus
EFH	Einfamilienhaus
RH	Reihenhaus
MFH	Mehrfamilienwohnhaus
W	Wien, 170 m
K	Klagenfurt, 450
I	Innsbruck, 570 m

Kürzel	Beschreibung
R	Radstadt, 858 m
M	Mallnitz, 1190 m
V1	Verglasungsanteil V1
V2	Verglasungsanteil V2
V3	Verglasungsanteil V3
s	mit einhüftigem Satteldach
k	mit Keller
3	Orientierung der „Süd“-Fassade 135°
2	Orientierung der „Süd“-Fassade 150°
1	Orientierung der „Süd“-Fassade 165°
ohne	Orientierung der „Süd“-Fassade 180°
4	Orientierung der „Süd“-Fassade 195°
5	Orientierung der „Süd“-Fassade 210°
6	Orientierung der „Süd“-Fassade 225°

Tabelle 23: Übersicht simulierter Varianten - Heizwärmebedarf mit Verglasung V1

Modelltyp	EFH	EFHs	EFHk	GZH	Rhow	Rhsow	RHns	RHsns	MFHow	MFHns
weitere Parameter						Verschattung		Verschattung	Verschattung	Verschattung Keller-temp. Wärmerückgew.
V1	EFHV1W3	EFHsV1W3	EFHkV1W3	GZHV1W3			RHnV1W3	RHsnV1W3	MFHowW3	MFHV1W3
	EFHV1W2	EFHsV1W2	EFHkV1W2	GZHV1W2			RHnV1W2	RHsnV1W2	MFHowW2	MFHV1W2
	EFHV1W1	EFHsV1W1	EFHkV1W1	GZHV1W1			RHnV1W1	RHsnV1W1	MFHowW1	MFHV1W1
	EFHV1W	EFHsV1W	EFHkV1W	GZHV1W	RHoV1W	RHsoV1W	RHnV1W	RHsnV1W	MFHowW	MFHV1W
	EFHV1W4	EFHsV1W4	EFHkV1W4	GZHV1W4			RHnV1W4	RHsnV1W4	MFHowW4	MFHV1W4
	EFHV1W5	EFHsV1W5	EFHkV1W5	GZHV1W5			RHnV1W5	RHsnV1W5	MFHowW5	MFHV1W5
	EFHV1W6	EFHsV1W6	EFHkV1W6	GZHV1W6			RHnV1W6	RHsnV1W6	MFHowW6	MFHV1W6
	EFHV1I3	EFHsV1I3	EFHkV1I3	GZHV1I3			RHnV1I3	RHsnV1I3	MFHowI3	MFHV1I3
	EFHV1I2	EFHsV1I2	EFHkV1I2	GZHV1I2			RHnV1I2	RHsnV1I2	MFHowI2	MFHV1I2
	EFHV1I1	EFHsV1I1	EFHkV1I1	GZHV1I1			RHnV1I1	RHsnV1I1	MFHowI1	MFHV1I1
	EFHV1I	EFHsV1I	EFHkV1I	GZHV1I	RHoV1I	RHsoV1I	RHnV1I	RHsnV1I	MFHowI	MFHV1I
	EFHV1I4	EFHsV1I4	EFHkV1I4	GZHV1I4			RHnV1I4	RHsnV1I4	MFHowI4	MFHV1I4
	EFHV1I5	EFHsV1I5	EFHkV1I5	GZHV1I5			RHnV1I5	RHsnV1I5	MFHowI5	MFHV1I5
	EFHV1I6	EFHsV1I6	EFHkV1I6	GZHV1I6			RHnV1I6	RHsnV1I6	MFHowI6	MFHV1I6
	EFHV1K3	EFHsV1K3	EFHkV1K3	GZHV1K3			RHnV1K3	RHsnV1K3	MFHowK3	MFHV1K3
	EFHV1K2	EFHsV1K2	EFHkV1K2	GZHV1K2			RHnV1K2	RHsnV1K2	MFHowK2	MFHV1K2
	EFHV1K1	EFHsV1K1	EFHkV1K1	GZHV1K1			RHnV1K1	RHsnV1K1	MFHowK1	MFHV1K1

	EFHV1K	EFHsV1K	EFHkV1K	GZHV1K	RHoV1K	RHsoV1K	RHnV1K	RHsnV1K	MFHowK	MFHV1K
	EFHV1K4	EFHsV1K4	EFHkV1K4	GZHV1K4			RHnV1K4	RHsnV1K4	MFHowK4	MFHV1K4
	EFHV1K5	EFHsV1K5	EFHkV1K5	GZHV1K5			RHnV1K5	RHsnV1K5	MFHowK5	MFHV1K5
	EFHV1K6	EFHsV1K6	EFHkV1K6	GZHV1K6			RHnV1K6	RHsnV1K6	MFHowK6	MFHV1K6
	EFHV1M3	EFHsV1M3	EFHkV1M3	GZHV1M3			RHnV1M3	RHsnV1M3		
	EFHV1M2	EFHsV1M2	EFHkV1M2	GZHV1M2			RHnV1M2	RHsnV1M2		
	EFHV1M1	EFHsV1M1	EFHkV1M1	GZHV1M1			RHnV1M1	RHsnV1M1		
	EFHV1M	EFHsV1M	EFHkV1M	GZHV1M	RHoV1M	RHsoV1M	RHnV1M	RHsnV1M		
	EFHV1M4	EFHsV1M4	EFHkV1M4	GZHV1M4			RHnV1M4	RHsnV1M4		
	EFHV1M5	EFHsV1M5	EFHkV1M5	GZHV1M5			RHnV1M5	RHsnV1M5		
	EFHV1M6	EFHsV1M6	EFHkV1M6	GZHV1M6			RHnV1M6	RHsnV1M6		
	EFHV1R3	EFHsV1R3	EFHkV1R3	GZHV1R3			RHnV1R3	RHsnV1R3		
	EFHV1R2	EFHsV1R2	EFHkV1R2	GZHV1R2			RHnV1R2	RHsnV1R2		
	EFHV1R1	EFHsV1R1	EFHkV1R1	GZHV1R1			RHnV1R1	RHsnV1R1		
	EFHV1R	EFHsV1R	EFHkV1R	GZHV1R	RHoV1R	RHsoV1R	RHnV1R	RHsnV1R		
	EFHV1R4	EFHsV1R4	EFHkV1R4	GZHV1R4			RHnV1R4	RHsnV1R4		
	EFHV1R5	EFHsV1R5	EFHkV1R5	GZHV1R5			RHnV1R5	RHsnV1R5		
	EFHV1R6	EFHsV1R6	EFHkV1R6	GZHV1R6			RHnV1R6	RHsnV1R6		

Tabelle 24: Übersicht simulierter Varianten - Heizwärmebedarf mit Verglasung V2

Modelltyp	EFH	EFHs	EFHk	GZH	Rhow	Rhsow	RHns	RHsns	MFHow	MFHns
weitere Parameter						Verschattung		Verschattung	Verschattung	Verschattung Kellertemp. Wärmerückgew.
V2	EFHV2W3	EFHsV2W3	EFHkV2W3	GZHV2W3			RHnV2W3	RHsnV2W3		MFHV2W3
	EFHV2W2	EFHsV2W2	EFHkV2W2	GZHV2W2			RHnV2W2	RHsnV2W2		MFHV2W2
	EFHV2W1	EFHsV2W1	EFHkV2W1	GZHV2W1			RHnV2W1	RHsnV2W1		MFHV2W1
	EFHV2W	EFHsV2W	EFHkV2W	GZHV2W			RHnV2W	RHsnV2W		MFHV2W
	EFHV2W4	EFHsV2W4	EFHkV2W4	GZHV2W4			RHnV2W4	RHsnV2W4		MFHV2W4
	EFHV2W5	EFHsV2W5	EFHkV2W5	GZHV2W5			RHnV2W5	RHsnV2W5		MFHV2W5
	EFHV2W6	EFHsV2W6	EFHkV2W6	GZHV2W6			RHnV2W6	RHsnV2W6		MFHV2W6
	EFHV2I3	EFHsV2I3	EFHkV2I3	GZHV2I3			RHnV2I3	RHsnV2I3		MFHV2I3
	EFHV2I2	EFHsV2I2	EFHkV2I2	GZHV2I2			RHnV2I2	RHsnV2I2		MFHV2I2
	EFHV2I1	EFHsV2I1	EFHkV2I1	GZHV2I1			RHnV2I1	RHsnV2I1		MFHV2I1
	EFHV2I	EFHsV2I	EFHkV2I	GZHV2I			RHnV2I	RHsnV2I		MFHV2I
	EFHV2I4	EFHsV2I4	EFHkV2I4	GZHV2I4			RHnV2I4	RHsnV2I4		MFHV2I4
	EFHV2I5	EFHsV2I5	EFHkV2I5	GZHV2I5			RHnV2I5	RHsnV2I5		MFHV2I5
	EFHV2I6	EFHsV2I6	EFHkV2I6	GZHV2I6			RHnV2I6	RHsnV2I6		MFHV2I6
	EFHV2K3	EFHsV2K3	EFHkV2K3	GZHV2K3			RHnV2K3	RHsnV2K3		MFHV2K3
	EFHV2K2	EFHsV2K2	EFHkV2K2	GZHV2K2			RHnV2K2	RHsnV2K2		MFHV2K2
	EFHV2K1	EFHsV2K1	EFHkV2K1	GZHV2K1			RHnV2K1	RHsnV2K1		MFHV2K1
	EFHV2K	EFHsV2K	EFHkV2K	GZHV2K			RHnV2K	RHsnV2K		MFHV2K
	EFHV2K4	EFHsV2K4	EFHkV2K4	GZHV2K4			RHnV2K4	RHsnV2K4		MFHV2K4
	EFHV2K5	EFHsV2K5	EFHkV2K5	GZHV2K5			RHnV2K5	RHsnV2K5		MFHV2K5

	EFHV2K6	EFHsV2K6	EFHkV2K6	GZHV2K6			RHnV2K6	RHsnV2K6		MFHV2K6
	EFHV2M3	EFHsV2M3	EFHkV2M3	GZHV2M3			RHnV2M3	RHsnV2M3		
	EFHV2M2	EFHsV2M2	EFHkV2M2	GZHV2M2			RHnV2M2	RHsnV2M2		
	EFHV2M1	EFHsV2M1	EFHkV2M1	GZHV2M1			RHnV2M1	RHsnV2M1		
	EFHV2M	EFHsV2M	EFHkV2M	GZHV2M			RHnV2M	RHsnV2M		
	EFHV2M4	EFHsV2M4	EFHkV2M4	GZHV2M4			RHnV2M4	RHsnV2M4		
	EFHV2M5	EFHsV2M5	EFHkV2M5	GZHV2M5			RHnV2M5	RHsnV2M5		
	EFHV2M6	EFHsV2M6	EFHkV2M6	GZHV2M6			RHnV2M6	RHsnV2M6		
	EFHV2R3	EFHsV2R3	EFHkV2R3	GZHV2R3			RHnV2R3	RHsnV2R3		
	EFHV2R2	EFHsV2R2	EFHkV2R2	GZHV2R2			RHnV2R2	RHsnV2R2		
	EFHV2R1	EFHsV2R1	EFHkV2R1	GZHV2R1			RHnV2R1	RHsnV2R1		
	EFHV2R	EFHsV2R	EFHkV2R	GZHV2R			RHnV2R	RHsnV2R		
	EFHV2R4	EFHsV2R4	EFHkV2R4	GZHV2R4			RHnV2R4	RHsnV2R4		
	EFHV2R5	EFHsV2R5	EFHkV2R5	GZHV2R5			RHnV2R5	RHsnV2R5		
	EFHV2R6	EFHsV2R6	EFHkV2R6	GZHV2R6			RHnV2R6	RHsnV2R6		

Tabelle 25: Übersicht simulierter Varianten - Heizwärmebedarf mit Verglasung V3

Modelltyp	EFH	EFHs	EFHk	GZH	Rhow	Rhsow	RHns	RHsns	MFHow	MFHns
weitere Parameter						Verschattung		Verschattung	Verschattung	Verschattung Keller-temp. Wärmerückgew.
V3	EFHV3W3	EFHsV3W3	EFHkV3W3	GZHV3W3			RHnV3W3	RHsnV3W3		
	EFHV3W2	EFHsV3W2	EFHkV3W2	GZHV3W2			RHnV3W2	RHsnV3W2		
	EFHV3W1	EFHsV3W1	EFHkV3W1	GZHV3W1			RHnV3W1	RHsnV3W1		
	EFHV3W	EFHsV3W	EFHkV3W	GZHV3W			RHnV3W	RHsnV3W		
	EFHV3W4	EFHsV3W4	EFHkV3W4	GZHV3W4			RHnV3W4	RHsnV3W4		
	EFHV3W5	EFHsV3W5	EFHkV3W5	GZHV3W5			RHnV3W5	RHsnV3W5		
	EFHV3W6	EFHsV3W6	EFHkV3W6	GZHV3W6			RHnV3W6	RHsnV3W6		
	EFHV3I3	EFHsV3I3	EFHkV3I3	GZHV3I3			RHnV3I3	RHsnV3I3		
	EFHV3I2	EFHsV3I2	EFHkV3I2	GZHV3I2			RHnV3I2	RHsnV3I2		
	EFHV3I1	EFHsV3I1	EFHkV3I1	GZHV3I1			RHnV3I1	RHsnV3I1		
	EFHV3I	EFHsV3I	EFHkV3I	GZHV3I			RHnV3I	RHsnV3I		
	EFHV3I4	EFHsV3I4	EFHkV3I4	GZHV3I4			RHnV3I4	RHsnV3I4		
	EFHV3I5	EFHsV3I5	EFHkV3I5	GZHV3I5			RHnV3I5	RHsnV3I5		
	EFHV3I6	EFHsV3I6	EFHkV3I6	GZHV3I6			RHnV3I6	RHsnV3I6		
	EFHV3K3	EFHsV3K3	EFHkV3K3	GZHV3K3			RHnV3K3	RHsnV3K3		
	EFHV3K2	EFHsV3K2	EFHkV3K2	GZHV3K2			RHnV3K2	RHsnV3K2		
	EFHV3K1	EFHsV3K1	EFHkV3K1	GZHV3K1			RHnV3K1	RHsnV3K1		
	EFHV3K	EFHsV3K	EFHkV3K	GZHV3K			RHnV3K	RHsnV3K		
	EFHV3K4	EFHsV3K4	EFHkV3K4	GZHV3K4			RHnV3K4	RHsnV3K4		
	EFHV3K5	EFHsV3K5	EFHkV3K5	GZHV3K5			RHnV3K5	RHsnV3K5		
	EFHV3K6	EFHsV3K6	EFHkV3K6	GZHV3K6			RHnV3K6	RHsnV3K6		
	EFHV3M3	EFHsV3M3	EFHkV3M3	GZHV3M3			RHnV3M3	RHsnV3M3		
	EFHV3M2	EFHsV3M2	EFHkV3M2	GZHV3M2			RHnV3M2	RHsnV3M2		
	EFHV3M1	EFHsV3M1	EFHkV3M1	GZHV3M1			RHnV3M1	RHsnV3M1		
	EFHV3M	EFHsV3M	EFHkV3M	GZHV3M			RHnV3M	RHsnV3M		
	EFHV3M4	EFHsV3M4	EFHkV3M4	GZHV3M4			RHnV3M4	RHsnV3M4		
	EFHV3M5	EFHsV3M5	EFHkV3M5	GZHV3M5			RHnV3M5	RHsnV3M5		
	EFHV3M6	EFHsV3M6	EFHkV3M6	GZHV3M6			RHnV3M6	RHsnV3M6		
	EFHV3R3	EFHsV3R3	EFHkV3R3	GZHV3R3			RHnV3R3	RHsnV3R3		
	EFHV3R2	EFHsV3R2	EFHkV3R2	GZHV3R2			RHnV3R2	RHsnV3R2		
	EFHV3R1	EFHsV3R1	EFHkV3R1	GZHV3R1			RHnV3R1	RHsnV3R1		
	EFHV3R	EFHsV3R	EFHkV3R	GZHV3R			RHnV3R	RHsnV3R		
EFHV3R4	EFHsV3R4	EFHkV3R4	GZHV3R4			RHnV3R4	RHsnV3R4			
EFHV3R5	EFHsV3R5	EFHkV3R5	GZHV3R5			RHnV3R5	RHsnV3R5			
EFHV3R6	EFHsV3R6	EFHkV3R6	GZHV3R6			RHnV3R6	RHsnV3R6			

3 Sommertauglichkeit in Wohngebäuden

3.1 Definition und Grundannahmen

Entsprechend ÖNORM B 8110, Teil 3 gilt sommerliche Überwärmung in Wohngebäuden als vermieden, wenn die empfundene Raumtemperatur während einer Hitzeperiode im jeweiligen Nutzungszeitraum eine festgelegte Grenztemperatur von + 27°C am Tag und +25°C in der Nacht nicht überschreitet. Wird dieser Nachweis für einen als kritisch zu betrachtenden Einzelraum des Gebäudes erbracht, so kann auch für alle übrigen Räume von einer Unterschreitung der Grenztemperatur ausgegangen werden. Entsprechend wurden für die Modellgebäude mit Wohnnutzung kritische Testräume definiert und jeweils in den Ausführungsvarianten Leicht- und Massivbauweise untersucht.

Als kritischer Raum wurde dazu jeweils ein süd- oder südwestorientierter, relativ kleiner Wohnraum im Ober- bzw. Dachgeschoss des Gebäudes mit einer Personenbelegung von 1 Person zwischen 7:00 bis 20:00 angenommen (Wohnraumnutzung nach ÖNORM B 8110-3, Tabelle E.1). Die anwesende Person wurde mit einer Heizleistung von 90 W berücksichtigt.

Eine gezielte Nachtlüftung und ein effektiver Sonnenschutz sind für das Erreichen der Sommertauglichkeit in der Regel unvermeidbar. In den Simulationsrechnungen wurde daher für alle Glasflächen die Benutzung von Außenjalousien mit einem Abminderungsfaktor $z = 0,27$ (unterlüftete bewegliche Außenjalousie nach ÖNORM B 8110-3, Tabelle 7) während des gesamten Einstrahlungszeitraums zwischen 05:00 und 22:00 angenommen. Für die Abbildung einer effektiven Nachtlüftung wurde der Lüftungsgang jeweils so festgelegt, dass die Lüftung nur dann unterbrochen wird, wenn die Außenlufttemperatur die Innenlufttemperatur übersteigt. Dabei wurde von einer vollen Öffnung der Lüftungsflügel ausgegangen und die Luftwechselzahl entsprechend ÖNORM B 8110-3, Tabelle 3 angesetzt. Die an den Testraum angrenzenden Innenräume wurden als Räume gleicher Nutzung angesetzt. In der Simulation wurde ihnen jeweils gleiches Temperaturverhalten wie dem Testraum selbst unterstellt.

Die Berechnung des Tagesganges der empfundenen Raumtemperatur im zeitlich periodisch eingeschwungenen Zustand, erfolgte mit dem Simulationsprogramm GEBA V7.0. Gemäß ÖNORM B 8110-3 ist dabei mit jenem Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur zu rechnen, dessen Überschreitungshäufigkeit 130 Tage in 10 Jahren beträgt. Für die ausgewählten Standorte wurden dazu unter Zugriff auf das Programmpaket OEKLIM (Kreč 2010) mit neuester Klimadatenbasis folgende Werte ermittelt:

Wien :	24 Grad (48° 13' N, 16° 22' O, Seehöhe: 170 m)
Innsbruck:	23 Grad (47° 16' N, 11° 24' O, Seehöhe: 570 m)
Klagenfurt:	23 Grad (46° 37' N, 14° 19' O, Seehöhe: 450 m)
Mallnitz:	18 Grad (46° 59' N, 13° 10' O, Seehöhe: 1191 m)
Radstadt:	20 Grad (47° 23' N, 13° 27' O, Seehöhe: 858 m)

Ebenfalls entsprechend ÖNORM B 8110-3 wurde die Tagesamplitude mit 14 K angenommen und als Datum für die Berechnung der Bestrahlungsstärken der 15. Juli festgesetzt.

3.2 Testräume zur Sommertauglichkeit

Die für die Sommertauglichkeitssimulation definierten Testräume wurden jeweils grafisch aufbereitet. Die raumangrenzenden Bauteile wurden flächenanteilig nach Eigenschaften wie Transparenz, Wärmedurchgangskoeffizient, Orientierung, usw. tabellarisch erfasst. Die jeweiligen Tabellen enthalten außerdem eine kurze Raumbeschreibung mit Informationen zu den Raumabmessungen, zu den vorgesehenen Simulationsvarianten sowie die in der Simulation angesetzte Luftwechselzahl.

3.2.1 Testraum Kleingartenhaus

Typ:	Testraum zu Modellgebäude Kleingartenhaus für ganzjähriges Wohnen
Kürzel:	GZH
Beschreibung:	kleiner süd-westorientierter Wohnraum im Obergeschoß, zwei Fassadenebene mit Lüftungsöffnungen
NFL:	10,80 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	
Länge:	377,5 cm
Breite:	345,5 cm
Höhe:	287,5 cm
Volumen:	37,50 m ³
Luftwechselzahl n.	
ÖNORM B 8110-3:	2,50 1/h
Varianten:	
Leichtbau:	Flachdach und Außenwand: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, Geschoßdecke: Massivholz, Innenwand: Leichtbau
Massivbau:	Flachdach und Geschossdecke: Stahlbeton, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
GZH_V1:	1,19 m ² süd- und 0,48 m ² westorientierte Glasfläche, ges. 1,66 m ² (mindest erforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL)
GZH_V2:	2,37 m ² süd- und 0,48 m ² westorientierte Glasfläche, ges. 2,84 m ² (2 x südorientierten Glasfläche von V1)
GZH_V3:	4,74 m ² süd- und 0,48 m ² westorientierte Glasfläche, ges. 5,2 m ² (4 x südorientierten Glasfläche von V1)

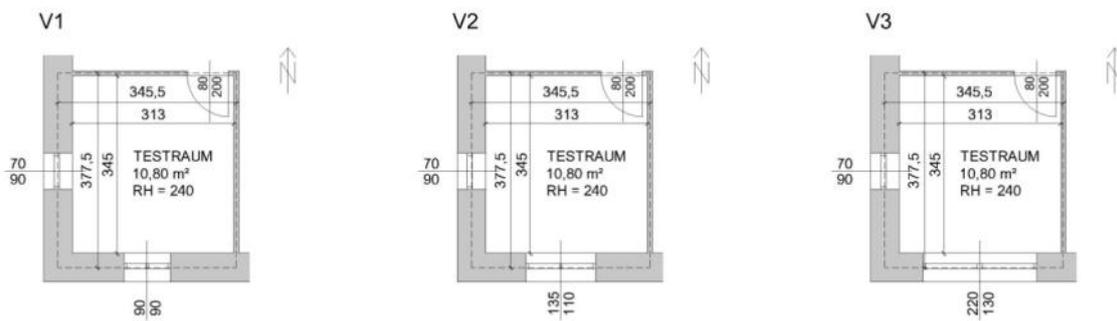


Abbildung 28: Grundriss Testraum GZH (Kleingartenhaus mit ganzjähriger Wohnnutzung) mit unterschiedlich großer südorientierter Verglasung.

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau massiv	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Außenwand Süd	9,12	8,45	7,07	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	180	0		
Außenwand West	10,22	10,22	10,22	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	270	0		
Innenwand	19,19	19,19	19,19	0	IWI 01 e	0,372	IWm 01 e	1,299	X	0		
Innentüre	1,60	1,60	1,60	0	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	X	0		
Fensterrahmen Süd	0,21	0,29	0,46	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	180	0		
Fensterrahmen West	0,15	0,15	0,15	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	270	0		
Verglasung Süd	0,60	1,20	2,40	1	6.512.08	0,7	6.512.08	0,7	180	0	0,6	0,54
Verglasung West	0,48	0,48	0,48	1	6.512.08	0,7	6.512.08	0,7	270	0	0,6	0,54
Geschossdecke	13,04	13,04	13,04	0	GDh 01 e	0,303	GDm 01 e	0,772	0	-90		
Flachdach	13,04	13,04	13,04	0	DAI 05 a	0,093	DAm 03 a	0,102	0	90		
Summe	67,66	67,66	67,66									

Tabelle 26: Flächenaufstellung zu Testraum GZH (Kleingartenhaus mit ganzjähriger Wohnnutzung)

3.2.2 Testraum Einfamilienhaus

Typ:	Testraum zu Modellgebäude Einfamilienhaus
Kürzel:	EFH
Beschreibung:	süd-westorientierter Wohnraum im Obergeschoß, zwei Fassadenebene mit Lüftungsöffnungen
NFL:	16,62 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	

Länge: 446,0 cm
Breite: 434,5 cm
Höhe: 310,0 cm
Volumen: 60,07 m ³
Luftwechselzahl n.
ÖNORM B 8110-3: 2,50 1/h
Varianten:
Leichtbau: Flachdach und Außenwand: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, Geschoßdecke: Massivholz, Innenwand: Leichtbau
Massivbau: Flachdach und Geschossdecke: Stahlbeton, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
EFH_V1: 1,19 m ² süd- und 0,48 m ² westorientierte Glasfläche, ges. 1,66 m ² (mindest erforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL)
EFH_V2: 2,37 m ² süd- und 0,48 m ² westorientierte Glasfläche, ges. 2,84 m ² (2 x südorientierten Glasfläche von V1)
EFH_V3: 4,74 m ² süd- und 0,48 m ² westorientierte Glasfläche, ges. 5,2 m ² (4 x südorientierten Glasfläche von V1)

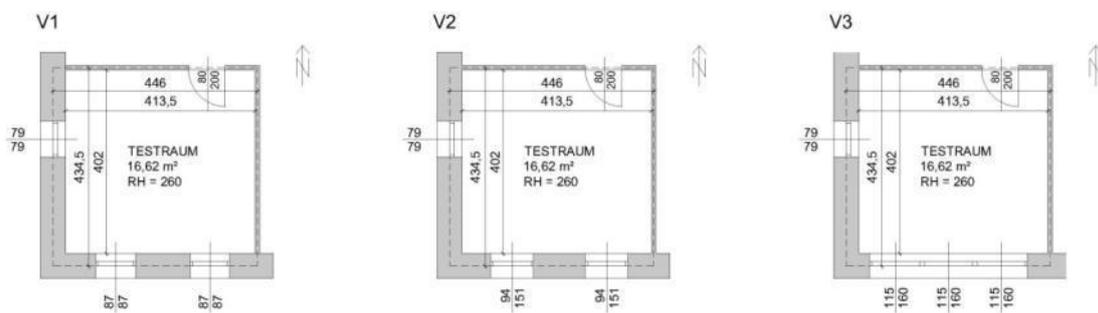


Abbildung 29: Grundriss Testraum EFH (Einfamilienhaus) mit unterschiedlich großer südorientierter Verglasung.

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau massiv	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	t-Wert
Außenwand Süd	12,31	10,99	8,31	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	180	0		
Außenwand West	12,85	12,85	12,85	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	270	0		
Innenwand	25,70	25,70	25,70	0	IWI 01 e	0,372	IWm 01 e	1,299	X	0		

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau massiv	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Innentüre	1,60	1,60	1,60	0	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	X	0		
Fensterrahmen Süd	0,33	0,47	0,80	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	180	0		
Fensterrahmen West	0,15	0,15	0,15	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	270	0		
Verglasung Süd	1,19	2,37	4,73	1	6.512.08	0,7	6.512.08	0,7	180	0	0,6	0,27
Verglasung West	0,48	0,48	0,48	1	6.512.08	0,7	6.512.08	0,7	270	0	0,6	0,27
Geschossdecke	19,38	19,38	19,38	0	GDh 01 e	0,303	GDm 01 e	0,772	0	-90		
Flachdach	19,38	19,38	19,38	0	DAI 05 a	0,093	DAm 03 a	0,102	0	90		
Summe	93,35	93,35	93,35									

Tabelle 27: Flächenaufstellung zu Testraum EFH (Einfamilienhaus)

3.2.3 Testraum Reihenhaus

Entsprechend den unterschiedlich orientierten Modellgebäudetypen Reihenhaus (ost-west- und nord-südorientiert) wurden zwei unterschiedlich orientierte Testräume definiert.

Typ:	Testraum zu Modellgebäude nord-südorientiertes Reihenhaus
Kürzel:	RHn
Beschreibung:	südorientierter Wohnraum im Obergeschoss, eine Fassadenebene mit Lüftungsöffnungen
NFL:	15,80 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	
Länge:	502,5 cm
Breite:	362,5 cm
Höhe:	310,0 cm
Volumen:	56,47 m ³
Luftwechselzahl n.	
ÖNORM B 8110-3:	1,50 1/h
Varianten:	
Leichtbau:	Flachdach und Außenwand: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, Geschoßdecke: Massivholz, Innenwand: Leichtbau
Massivbau:	Flachdach und Geschossdecke: Stahlbeton, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel

RH_ns_V1: 1,58 m ² südorientierte Glasfläche (mindest erforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL)
RH_ns_V2: 2,37 m ² südorientierte Glasfläche (1,5 * V1, da angenommen wird, dass die zusätzlichen Verglasungsflächen auch auf Nicht-Aufenthaltsräume wie Verkehrsflächen, Sanitärräume, ... verteilt werden)
RH_ns_V3: 4,74 m ² südorientierte Glasfläche (2 * V2)

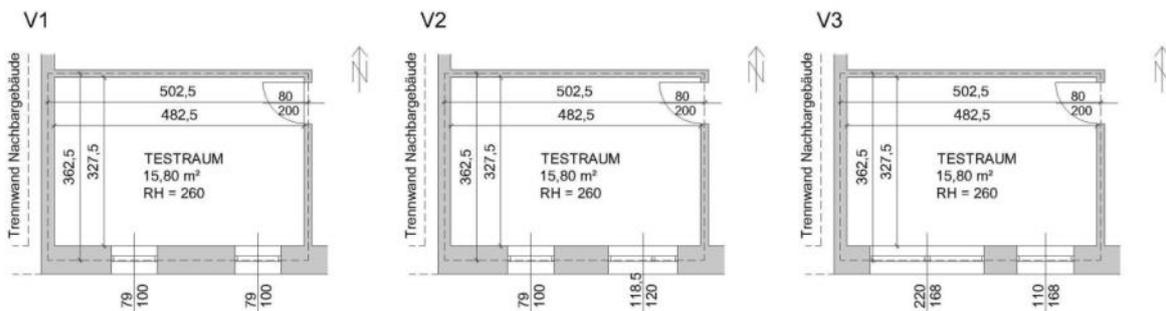


Abbildung 30: Grundriss Testraum RHn (nord-südorientiertes Reihenhaus) mit unterschiedlich großer südorientierter Verglasung.

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau massiv	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	t-Wert
Außenwand	13,62	12,69	10,03	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	180	0		
Trennwand	11,24	11,24	11,24	0	TWI 01 e	0,169	TWm 01 e	0,35	X	0		
Innenwand	25,22	25,22	25,22	0	IWI 01 e	0,373	IWm 01 e	1,299	X	0		
Innentüre	1,60	1,60	1,60	0	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	X	0		
Fensterrahmen	0,38	0,52	0,80	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	180	0		
Verglasung	1,58	2,37	4,74	1	6.512.08	0,7	6.512.08	0,7	180	0	0,6	0,54
Geschossdecke	18,22	18,22	18,22	0	GDh 01 e	0,303	GDm 01 e	0,772	0	-90		
Flachdach	18,22	18,22	18,22	0	DAI 05 a	0,093	DAm 03 a	0,102	0	90		
Summe	90,06	90,06	90,06									

Tabelle 28: Flächenaufstellung zu Testraum RHn (nord-südorientiertes Reihenhaus)

Typ:	Testraum zu Modellgebäude ost-westorientiertes Reihenhaus
Kürzel:	RH_ow
Beschreibung:	westorientierter Wohnraum im OG, eine Fassadenebene mit Lüftungsöffnungen
NFL:	15,80 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	Länge: 515,0 cm

Breite: 345,0 cm
Höhe: 310,0 cm
Volumen: 55,08 m ³
Luftwechselzahl n.
ÖNORM B 8110-3: 1,50 1/h
Varianten:
Leichtbau: Flachdach und Außenwand: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, Geschoßdecke: Massivholz, Innenwand: Leichtbau
Massivbau: Flachdach und Geschossdecke: Stahlbeton, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
RH_ow_V1: 1,58 m ² südorientierte Glasfläche (mindest erforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL)

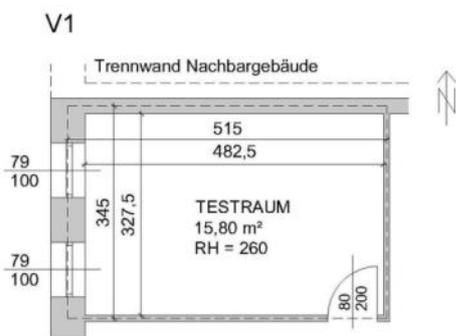


Abbildung 31: Grundriss Testraum RHo (ost-westorientiertes Reihenhaus).

Bauteil	Fläche V1	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m²K]	Aufbau massiv	U-Wert [W/m²K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Außenwand	8,74	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	270	0		
Trennwand	15,97	0	TWI 01 e	0,169	TWm 01 e	0,35	X	0		
Innenwand	25,06	0	IWI 01 e	0,373	IWm 01 e	1,299	X	0		
Innentüre	1,60	0	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	X	0		
Fensterrahmen	0,38	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	270	0		
Verglasung	1,58	1	6.512.08	0,7	6.512.08	0,7	270	0	0,6	0,54
Geschossdecke	17,77	0	GDh 01 e	0,303	GDm 01 e	0,772	0	-90		
Flachdach	17,77	0	DAI 05 a	0,093	DAm 03 a	0,102	0	90		
Summe	88,86									

Tabelle 29: Flächenaufstellung zu Testraum RHo (ost-westorientiertes Reihenhaus)

3.2.4 Testraum Mehrfamilienhaus

Wie auch beim Reihenhaus, so wurden auch beim Mehrfamilienhaus den unterschiedlich orientierten Modellgebäudetypen entsprechend (ost-west- und nord-südorientiert) zwei unterschiedlich orientierte Testräume (MFo und MFn) definiert. Da der im Dachgeschoss gelegene Testraum mit 45° geneigter Schrägverglasung besonders problematisch ist, wurde zum südorientierten Testraum MFn außerdem ein weiterer Testraum mit einer zweiten Lüftungsebene (T2) sowie ein vergrößerter Testraum (T3) definiert und eine Variante mit einer speziellen Sonnenschutzverglasung (g-Wert = 0,24) untersucht. Um außerdem den Gebäudebestand und die aktuelle Planungssituation in Bezug auf Dachgeschoßräume besser abzubilden wurde neben der Leicht- und Massivbauvariante noch eine gemischte Variante mit massiven Wänden und einer Leichtbau-Dachkonstruktion definiert.

Typ:	Testraum zu Modellgebäude nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus
Kürzel:	MFn
Beschreibung:	südorientierter Wohnraum im Dachgeschoss, 45° Dachschräge, Drempelwand innen h= 100 cm, eine Fassadenebene mit Lüftungsöffnung
NFL:	10,88 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	
Länge:	398,5 cm
Breite:	329,7 cm
Höhe:	305,0 cm
Volumen:	33,90 m ³
Luftwechselzahl n.	
ÖNORM B 8110-3:	1,50 1/h
Varianten:	
Leichtbau:	Flachdach, Schrägdach und Außenwand: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innenwand: Leichtbau
Mischbau:	Flach- und Schrägdach: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
Massivbau:	Flach- und Schrägdach: Stahlbeton-Sargdeckelkonstruktion, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
MFn_V1:	1,09 m ² südorientierte Glasfläche mit 45° Neigung (mindest erforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL)
MFn_V2:	V2: 2,18 m ² südorientierte Glasfläche mit 45° Neigung (2 x südorientierten Glasfläche von V1)
Sonnenschutzglas:	Glasflächen mit spezieller Sonnenschutzverglasung (U-Wert 0,6 / g-Wert = 0,24/ τ-Wert = 0,42) ausgeführt

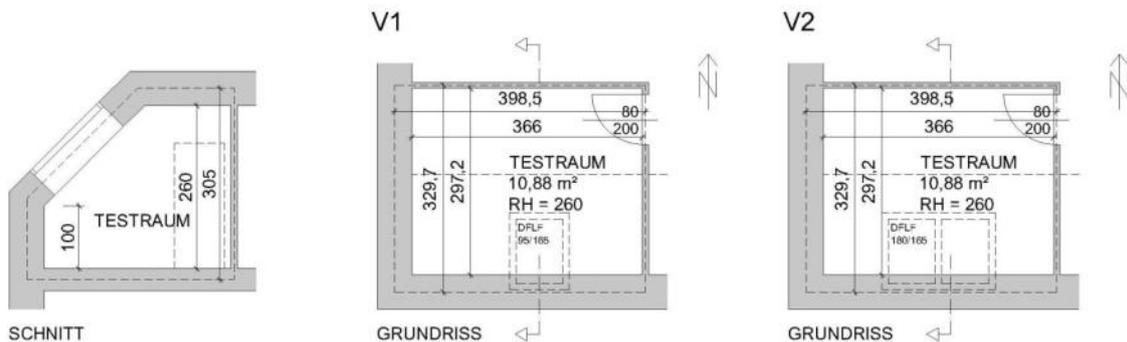


Abbildung 32: Schnitt und Grundriss Testraum MFn (nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus) mit unterschiedlich großer südorientierter Verglasung.

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau gemischt	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau massiv	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Außenwand S	5,14	5,14	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	180	0		
Außenwand W	8,51	8,51	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	270	0		
Innenwand	19,06	19,06	0	IWI 01 e	0,373	IWm 01 e	1,299	IWm 01 e	1,299	X	0		
Innentüre	1,60	1,60	0	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	X	0		
Fensterrahmen	0,48	0,80	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	180	45		
Verglasung	1,09	2,18	1	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	180	45	0,47	0,39
Geschossdecke	13,14	13,14	0	GDm 01 e	0,712	GDm 01 e	0,772	GDm 01 e	0,772	0	-90		
Flachdach	6,12	6,12	0	DAI 05 a	0,093	DAI 05 a	0,093	DAm 03 a	0,102	0	90		
Schrägdach	8,36	6,95	0	DAI 03 a	0,098	DAI 03 a	0,098	DAm 01 e	0,103	180	45		
Summe	63,49	63,49											

Tabelle 30: Flächenaufstellung zu Testraum MFn (nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus)

Typ:	Testraum 2 zu Modellgebäude nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus
Kürzel:	MFn T2
Beschreibung:	südorientierter Wohnraum im Dachgeschoss, 45° Dachschräge, Drepelwand innen h= 100 cm, zwei Fassadenebenen mit Lüftungsöffnung
NFL:	10,88 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	
Länge:	398,5 cm
Breite:	329,7 cm

Höhe:	305,0 cm
Volumen:	33,90 m ³
Luftwechselzahl n.	
ÖNORM B 8110-3:	2,50 1/h
Varianten:	
Leichtbau:	Flachdach, Schrägdach und Außenwand: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innenwand: Leichtbau
Mischbau:	Flach- und Schrägdach: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
Massivbau:	Flach- und Schrägdach: Stahlbeton-Sargdeckelkonstruktion, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
MFn_V1:	1,09 m ² südorientierte Glasfläche mit 45° Neigung (= mindesterforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL), zusätzlich 0,48 m ² westorientierte Glasfläche
Sonnenschutzglas:	Glasflächen mit spezieller Sonnenschutzverglasung (U-Wert 0,6 / g-Wert = 0,24/ τ-Wert = 0,42) ausgeführt

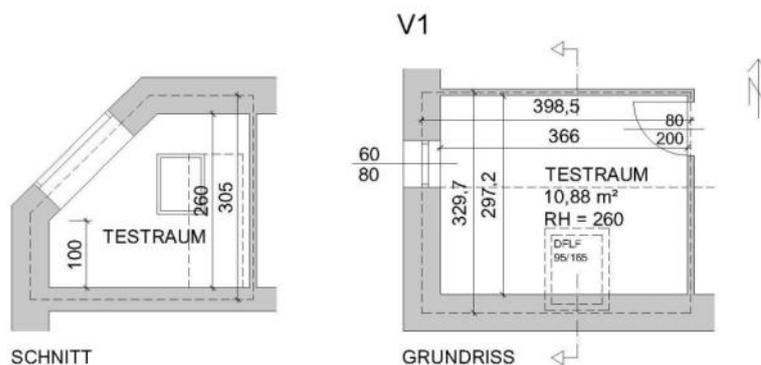


Abbildung 33: Schnitt und Grundriss Testraum MFn T2 (nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus) mit unterschiedlich großer südorientierter Verglasung.

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau gemischt	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau massiv	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Außenwand S	5,14	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	180	0		
Außenwand W	7,88	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	270	0		
Innenwand	19,06	0	IWI 01 e	0,373	IWm 01 e	1,299	IWm 01 e	1,299	X	0		
Innentüre	1,60	0	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	X	0		

Fensterrahmen S	0,48	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	180	45		
Verglasung S	1,09	1	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	180	45	0,47	0,39
Geschossdecke	13,14	0	GDm 01 e	0,712	GDm 01 e	0,772	GDm 01 e	0,772	0	-90		
Flachdach	6,12	0	DAI 05 a	0,093	DAI 05 a	0,093	DAm 03 a	0,102	0	90		
Schrägdach	8,36	0	DAI 03 a	0,098	DAI 03 a	0,098	DAm 01 e	0,103	180	45		
Fensterrahmen W	0,15	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	270	0		
Verglasung W	0,48	1	6.512.08	0,7	6.512.08	0,7	6.512.08	0,7	270	0	0,6	0,54
Summe	63,49											

Tabelle 31: Flächenaufstellung zu Testraum MFn T2 (nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus)

Typ:	Testraum 3 zu Modellgebäude nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus
Kürzel:	MFn T3
Beschreibung:	nord-südorientierter Wohnraum im Dachgeschoss, 45° Dachschräge, Drempelewand innen h= 100 cm, zwei Fassadenebenen mit Lüftungsöffnung
NFL:	21,75 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	
Länge:	659,4 cm
Breite:	329,5 cm
Höhe:	305,0 cm
Volumen:	66,77 m ³
Luftwechselzahl n.	
ÖNORM B 8110-3:	2,50 1/h
Varianten:	
Leichtbau:	Flachdach, Schrägdach und Außenwand: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innenwand: Leichtbau
Mischbau:	Flach- und Schrägdach: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
Massivbau:	Flach- und Schrägdach: Stahlbeton-Sargdeckelkonstruktion, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
MFn_V1:	1,09 m ² südorientierte und 1,09 m ² nordorientierte Glasfläche mit je 45° Neigung (= mindesterforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL)

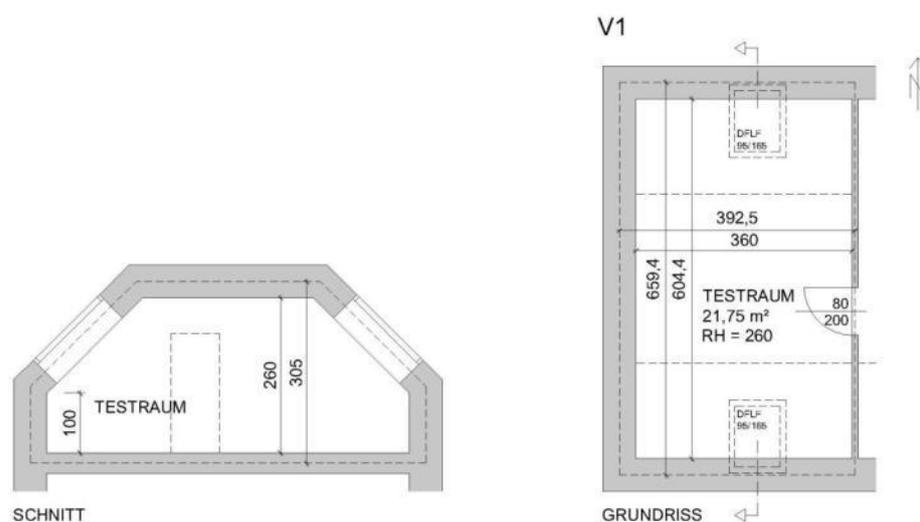


Abbildung 34: Schnitt und Grundriss Testraum MFn T3 (nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus) mit unterschiedlich großer südorientierter Verglasung.

Bauteil	Fläche [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau gemischt	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau massiv	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Außenwand S	5,06	0	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	180	0		
Außenwand W	17,01	0	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	270	0		
Innenwand	15,41	0	IWm 01 e	1,299	IWm 01 e	1,299	IWm 01 e	1,299	X	0		
Innentüre	1,60	0	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	X	0		
Fensterrahmen S	0,48	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	180	45		
Verglasung S	1,09	1	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	180	45	0,47	0,39
Geschossdecke	25,88	0	GDm 01 e	0,772	GDm 01 e	0,772	GDm 01 e	0,772	0	-90		
Flachdach	12,06	0	DAm 03 a	0,102	DAI 05 a	0,093	DAm 03 a	0,102	0	90		
Schrägdach S	8,21	0	DAm 01 e	0,103	DAI 03 a	0,098	DAm 01 e	0,103	180	45		
Schrägdach N	8,21	0	DAm 01 e	0,103	DAI 03 a	0,098	DAm 01 e	0,103	0	45		
Außenwand N	5,06	0	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	AWm 05 a	0,115	0	0		
Fensterrahmen N	0,48	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	0	45		
Verglasung N	1,09	1	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	270	45	0,47	0,39
Summe	101,63											

Tabelle 32: Flächenaufstellung zu Testraum MFn T3 (nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus)

Typ:	Testraum zu Modellgebäude ost-westorientiertes Mehrfamilienhaus
Kürzel:	Mfo
Beschreibung:	westorientierter Wohnraum im Dachgeschoss, 45° Dachschräge, Drempelewand innen h= 100 cm, eine Fassadenebene mit Lüftungsöffnung
NFL:	10,88 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	
Länge:	398,5 cm
Breite:	329,7 cm
Höhe:	305,0 cm
Volumen:	33,90 m ³
Luftwechselzahl n.	
ÖNORM B 8110-3:	1,50 1/h
Varianten:	
Leichtbau:	Flachdach, Schrägdach und Außenwand: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innenwand: Leichtbau
Mischbau:	Flach- und Schrägdach: Holzkonstruktion mit Doppel-T-Trägern, oberste Geschoßdecke: Stahlbetondecke, Innen- und Außenwand: Hochlochziegel
MFn_V1:	1,09 m ² westorientierte Glasfläche mit 45° Neigung (mindest erforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL)

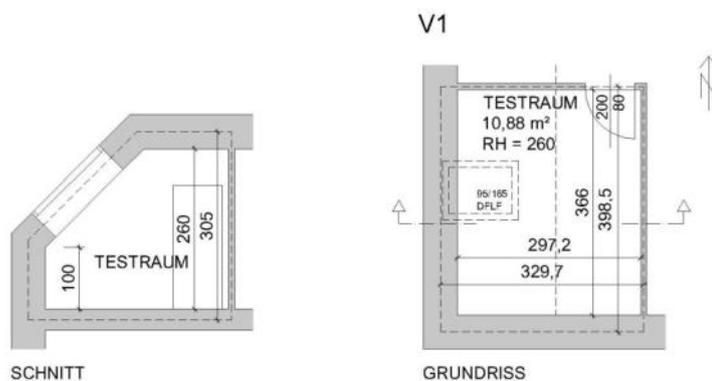


Abbildung 35: Schnitt und Grundriss Testraum Mfo (ost-westorientiertes Mehrfamilienhaus).

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau gemischt	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Außenwand W	5,14	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	270	0		
Außenwand S	8,51	0	AWI 01 a	0,116	AWm 05 a	0,115	180	0		

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Transparenz	Aufbau leicht	U-Wert [W/m ² K]	Aufbau gemischt	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Innenwand	19,06	0	IWI 01 e	0,373	IWm 01 e	1,299	X	0		
Innentüre	1,60	0	IT 01 e	1,798	IT 01 e	1,798	X	0		
Fensterrahmen	0,48	0	FR 01 e	0,704	FR 01 e	0,704	270	45		
Verglasung	1,09	1	6.512.14	0,6	6.512.14	0,6	270	45	0,47	0,39
Geschossdecke	13,14	0	GDm 01 e	0,712	GDm 01 e	0,772	0	-90		
Flachdach	6,12	0	DAI 05 a	0,093	DAI 05 a	0,093	0	90		
Schrägdach	8,36	0	DAI 03 a	0,098	DAI 03 a	0,098	270	45		
Summe	63,49									

Tabelle 33: Flächenaufstellung zu Testraum MFO (ost-westorientiertes Mehrfamilienhaus)

3.2.5 Aufbauten

Bei der Sommertauglichkeitssimulation wurden folgende Bauteilaufbauten angenommen.

Mit dem Kleinbuchstaben a gekennzeichneten Bauteil-Aufbauten wurden der Onlineversion des IBO Passivhaus Bauteilkatalogs (IBO) entnommen. Mit dem Kleinbuchstaben e gekennzeichnete Aufbauten wurden verändert oder hinzugefügt.

AWI 01 a		Holzständer-Außenwand, hinterlüftet			
Material (innen)	d [m]	Produkt		λ [W/mK]	R = d/λ [m ² K/W]
Gipskartonplatte	0,030			0,210	0,143
Inhomogen	0,100	56,3 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)		0,039	2,564
		(Elemente vertikal) 6,3 cm (10%) Holz - Nadel rau, lufttrocken		0,120	0,000
OSB-Platte	0,018			0,130	0,138
Inhomogen	0,180	52,2 cm (83%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)		0,039	4,615
		(Elemente horiz.) 10,3 cm (17%) Holz - Nadel, rau, techn. getr.		0,120	0,000
Inhomogen	0,100	56,3 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)		0,039	2,564
		(Elemente vertikal) 6,3 cm (10%) Holz - Nadel, rau, techn. getr.		0,120	0,000
Windsperr PE	0,000	diffusionsoffen (Dampfbremse Polyethylenbahn)		0,500	0,000
Inhomogen	0,050	Hinterlüftung			
		(Elemente horiz.)			
Holz	0,025	Schnittholz Nadel, gehobelt, technisch getrocknet			
	Σ 50,3	Wärmeübergangswiderstand innen R _{si} [m ² K/W]			0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen R _{se} [m ² K/W]			0,130
		Wärmedurchgangswiderstand R _T			8,638

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$	0,116
--	--------------

AWm 05 a		Hochlochziegel-Außenwand, WDVS		
<i>Material (innen)</i>	<i>d</i> <i>[m]</i>	<i>Produkt</i>	λ <i>[W/mK]</i>	$R = d/\lambda$ <i>[m²K/W]</i>
Kalk-Zementputz	0,015		1,000	0,015
Ziegel	0,250	Hochlochziegel porosiert <=800kg/m³	0,250	1,000
Polystyrol	0,300	EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS	0,040	7,500
Silikatputz armiert	0,002		0,800	0,002
	Σ 56,69	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m²K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m²K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		8,687
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$		0,115

DAI 03 a		Doppel-T-Träger-Steildach		
<i>Material (oben)</i>	<i>d</i> <i>[m]</i>	<i>Produkt</i>	λ <i>[W/mK]</i>	$R = d/\lambda$ <i>[m²K/W]</i>
Dachziegel	0,025			
Hinterlüftung	0,030			
Hinterlüftung	0,050			
Dachauflegebahn	0,001	PE, diffusionsoffen (Tyvek® X3)	0,420	0,002
MDF-Platte	0,016	Holzfasern halbhart	0,100	0,160
Inhomogen	0,040	57,5 cm (92%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)	0,039	1,026
(quer/parallel zur Traufe)		5 cm (8%) OSB-Platte	0,130	0,000
Inhomogen	0,280	61,7 cm (99%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)	0,039	7,179
(quer/parallel zur Traufe)		0,9 cm (1%) Holz - Furnierperrholz	0,440	0,000
Inhomogen	0,040	57,5 cm (92%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)	0,039	1,026
(quer/parallel zur Traufe)		5 cm (8%) OSB-Platte	0,130	0,000
Spanplatte	0,018	V100	0,135	0,133
Dampfbremse	0,000	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,500	0,000
Inhomogen	0,050	56,3 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)	0,039	1,282
(längs/normal zur Traufe)		6,3 cm (10%) Holz - Nadel rauh, lufttrocken	0,120	0,000
Gipskartonplatte	0,030		0,210	0,143
	Σ 58,00	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m²K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m²K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		10,186
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$		0,098

DAI 05 a		Doppel-T-Träger-Flachdach		
-----------------	--	----------------------------------	--	--

Material (oben)	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	$R = d/\lambda$ [m²K/W]
Kies (alt)	0,060		0,700	0,086
Vlies (PP)	0,001		0,220	0,005
Polystyrol	0,080	XPS, CO2-geschäumt	0,041	1,951
Abdichtung	0,008	Polymerbitumen-Dichtungsbahn	0,230	0,034
Spanplatte	0,018	V100	0,135	0,133
Inhomogen	0,040	57,5 cm (92%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	1,026
(quer/parallel zur Traufe)		5 cm (8%) OSB-Platte	0,130	0,000
Inhomogen	0,220	61,7 cm (99%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	5,641
(quer/parallel zur Traufe)		0,9 cm (1%) Holz - Furnierperrholz	0,440	0,000
Inhomogen	0,040	57,5 cm (92%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	1,026
(quer/parallel zur Traufe)		5 cm (8%) OSB-Platte	0,130	0,000
Spanplatte	0,018	V100	0,135	0,133
Alu-Dampfsperre	0,000	selbstklebend (Aluminiumfolie)	221,000	0,000
Inhomogen	0,050	56,3 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	1,282
(längs/normal zur Traufe)		6,3 cm (10%) Holz - Nadel rauh, lufttrocken	0,120	0,000
Gipskartonplatte	0,030		0,210	0,143
	Σ 56,49	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		10,780
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$		0,093

DAm 01 e		Stahlbeton-Steildach		
Material (oben)	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	$R = d/\lambda$ [m²K/W]
Dachziegel	0,025			
Hinterlüftung	0,030			
Hinterlüftung	0,050			
Dachauflegebahn	0,001	PE, diffusionsoffen (Tyvek® X3)	0,420	0,002
Holzschalung	0,024	Holz Nadel rauh, lufttrocken (alt)	0,120	0,200
Inhomogen	0,040	58,5 cm (94%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	1,026
(quer/parallel zur Traufe)		4 cm (6%) Nadel, rauh, technisch getr.	0,120	0,000
Inhomogen	0,300	61,2 cm (98%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	7,692
(quer/parallel zur Traufe)		1,3 cm (2%) OSB-Platte	0,130	0,000
Inhomogen	0,040	58,5 cm (94%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	1,026
(quer/parallel zur Traufe)		4 cm (6%) Holz Nadel, rauh, technisch getr.	0,120	0,000
Stahlbeton	0,180		2,500	0,072
Spachtel	0,003	Gipsspachtel	0,800	0,004
	Σ 69,30	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m ² K/W]		0,100

Wärmedurchgangswiderstand R_T	9,689
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$	0,103

DAm 03 a		Stahlbeton-Flachdach als Warmdach		
Material (oben)	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	$R = d/\lambda$ [m²K/W]
Kies (alt)	0,060		0,700	0,086
Abdichtung	0,008	Polymerbitumen-Dichtungsbahn	0,230	0,034
Dampfdruckausgl.	0,002	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,500	0,003
Polystyrol	0,360	EPS 20	0,038	9,474
Alu-Abdichtung	0,001	Alu-Bitumendichtungsbahn	0,230	0,006
Dampfdruckausgl.	0,002	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,500	0,004
Stahlbeton	0,200		2,500	0,080
Spachtel	0,003	Gipsspachtel (alt)	0,800	0,004
	Σ 63,58	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		9,830
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$		0,102

FR 01 e		Fensterrahmen Holz hochwärmedämmend		
Material	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	$R = d/\lambda$ [m²K/W]
Holz	0,150	Holz Nadel, rauh, technisch getrocknet	0,120	1,250
	Σ 0,15	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m ² K/W]		0,040
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		1,420
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$		0,704

GDh 01 e		Massivholz-Geschossdecke, Nassestrich		
Material (oben)	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	$R = d/\lambda$ [m²K/W]
Parkett	0,010	Hartholzklebeparkett (geklebt)	0,150	0,067
Zementestrich	0,050		1,700	0,029
PE-Bahn	0,001	Polyethylenbahn (PE)	0,500	0,002
Glaswolle	0,030	roh > 40 kg/m ³	0,040	0,750
Polystyrol	0,030	EPS 20	0,038	0,789
Splittschüttung	0,050	zementgebunden	0,900	0,056
Rieselschutz	0,000	Vlies (PP)	0,220	0,001
Holz	0,134	Holz Nadel, rauh, technisch getrocknet (alt)	0,120	1,117
Inhomogen	0,024	52,5 cm (84%) Luftschicht stehend, Wärmefl. n. oben	0,167	0,144

<i>(Elemente quer)</i>		10 cm (16%) Holz - Nadel, rauh, technisch getr.	0,120	0,000
Gipskartonplatte	0,030		0,210	0,143
	Σ 35,92	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m^2K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m^2K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		3,305
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$		0,303

GDM 01 e		Stahlbeton-Geschoßdecke, Nassestrich		
Material (oben)	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	R = d/λ [m^2K/W]
Parkett	0,010	Hartholzklebeparkett (geklebt)	0,150	0,067
Zementestrich	0,060	Polymerbitumen-Dichtungsbahn	1,700	0,035
Dampfbremse	0,000	Polyethylenbahn (PE)	0,500	0,000
Trittschalldämmplatte	0,040	Polystyrol EPS	0,044	0,909
Stahlbeton	0,200		2,500	0,080
Spachtel	0,003	Gipsspachtel (alt)	0,800	0,004
	Σ 31,32	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m^2K/W]		0,100
		Wärmeübergangswiderstand außen R_{se} [m^2K/W]		0,100
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		1,295
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$		0,772

IT 01 e		Innentüre		
Material	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	R = d/λ [m^2K/W]
Spanplatte	0,040	V100	0,135	0,296
	Σ 0,04	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m^2K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m^2K/W]		0,130
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		0,556
		Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T$		1,798

IWI 01 e		Innenwand – Leichtbau		
Material	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	R = d/λ [m^2K/W]
Gipskartonplatte	0,030		0,210	0,143
Inhomogen	0,100	56,5 cm (90%) Glaswolle (25 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	2,564
	<i>(vertikal)</i>	6 cm (10%) Holz - Nadel, rauh, technisch getr.	0,120	0,000
Gipskartonplatte	0,030		0,210	0,143
	Σ 0,16	Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m^2K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} [m^2K/W]		0,130
		Wärmedurchgangswiderstand R_T		2,679

Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT	0,373
--	--------------

IWm 01 e		Innenwand – Ziegel		
Material	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	R = d/λ [m²K/W]
Kalk-Zementputz	0,015		1,000	0,015
Ziegel	0,120	Hochlochziegel porosiert < 800 kg/m ³	0,250	0,480
Kalk-Zementputz	0,015		1,000	0,015
	Σ 0,15	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmedurchgangswiderstand RT		0,770
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		1,299

TWI 01 e		Leichtbau - Trennwand		
Material	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	R = d/λ [m²K/W]
GKF-Platte	0,025	2 x 1,25 cm	0,250	0,100
OSB-Platte	0,015		0,130	0,115
Inhomogen	0,100	56,5 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,039	2,564
	(vertikal)	6 cm (10%) Holz - Nadel, rauh, technisch getr.	0,120	0,000
OSB-Platte	0,015		0,130	0,115
GKF-Platte	0,013	2 x 1,25 cm	0,250	0,050
Glaswolle	0,020	15 < roh <= 25 kg/m ³	0,039	0,513
GKF-Platte	0,013	2 x 1,25 cm	0,250	0,050
OSB-Platte	0,015		0,130	0,115
Inhomogen	0,100	56,5 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,390	0,256
	(vertikal)	6 cm (10%) Holz - Nadel, rauh, technisch getr.	0,120	0,000
OSB-Platte	0,015	Hochlochziegel 1200 kg/m ³	0,130	0,115
GKF-Platte	0,025	2 x 1,25 cm	0,250	0,100
	Σ 0,36	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
		Wärmedurchgangswiderstand RT		5,932
		Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,169

TWm 01 e		Ziegel - Trennwand		
Material	d [m]	Produkt	λ [W/mK]	R = d/λ [m²K/W]
Kalk-Zementputz	0,015		1,000	0,015
Ziegel	0,250	Hochlochziegel 1200 kg/m ³	0,380	0,658
Mineralwolle	0,050	STO-Mineralwolle Dämmplatte	0,040	1,250
Ziegel	0,250	Hochlochziegel 1200 kg/m ³	0,380	0,658

Kalk-Zementputz	0,015	1,000	0,015
Σ 0,58	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
	Wärmeübergangswiderstand innen Rsi [m ² K/W]		0,130
	Wärmedurchgangswiderstand RT		2,856
	Wärmedurchgangskoeffizient U = 1/RT		0,350

3.2.6 Bauteilschichten und Materialkennwerte

Sämtliche für die Sommertauglichkeitssimulation herangezogenen bauphysikalischen Materialkennwerte wie etwa die Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK], die Dichte ρ [kg/m³] und die spezifische Wärmekapazität c [J/kgK] entstammen der Onlineversion des IBO Passivhaus Bauteilkatalogs (IBO).

Nr.	Material	Produkt	d [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]
1	Abdichtung	Polymerbitumen-Dichtungsbahn	0,0078	1.100	0,230	1,260
2	Alu-Dampfsperre	selbstklebend (Aluminiumfolie)	0,0001	2.800	221,000	0,900
3	Alu-Abdichtung	Alu-Bitumendichtungsbahn	0,0014	1.100	0,230	1,260
4	Dachauflegebahn	PE, diffusionsoffen (Tyvek® X3)	0,0010	343	0,420	1,500
5	Dampfbremse PE	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0002	980	0,500	1,260
6	Dampfdruckausgl.	Polyethylenbahn, -folie (PE)	0,0005	980	0,500	1,260
7	Gipskartonplatte	2 x 1,5 cm	0,0300	850	0,210	1,044
8	Gipskartonplatte	1 x 1,25 cm	0,0125	850	0,210	1,044
9	GKF-Platte	2 x 1,25 cm	0,0250	800	0,250	0,960
10	GKF-Platte	1,25 cm	0,0125	800	0,250	0,960
11	Glaswolle	15 < roh <= 25 kg/m ³	0,0200	25	0,039	0,900
12	Glaswolle	roh > 40 kg/m ³	0,0300	70	0,040	0,900
13	Gummigranulatm.	(spez. Wärmekapazität -> Materialdatenkat.)	0,0100	640	0,170	1,260
14	Holz	Holz Nadel, rau, technisch getrocknet	0,1340	500	0,120	2,340
15	Holz	Holz Nadel, rau, technisch getrocknet	0,2000	500	0,120	2,340
16	Kalk-Zementputz		0,0150	1.800	1,000	1,116
17	Kies (alt)		0,0600	1.800	0,700	1,116
18	MDF-Platte	Holzfasern halbhart	0,0160	600	0,100	2,340
19	Mineralwolle	STO-Mineralwolle Dämmplatte	0,0500	145	0,040	0,840
20	OSB-Platte		0,0180	610	0,130	2,340
21	OSB-Platte		0,0150	610	0,130	2,340
22	Parkett	Hartholzklebeparkett (geklebt)	0,0100	740	0,150	2,340
23	Polystyrol	EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS	0,3200	18	0,040	1,400
24	Polystyrol	EPS f. Wärmedämmverbundsysteme WDVS	0,3000	18	0,040	1,400
25	Polystyrol	EPS 20	0,3600	20	0,038	1,400
26	Polystyrol	EPS Trittschalldämmplatte	0,0400	15	0,044	1,400
27	Polystyrol	EPS 20	0,0300	20	0,038	1,400

Nr.	Material	Produkt	d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]
28	Polystyrol	XPS, CO2-geschäumt	0,0800	38	0,041	1,450
29	Silikatputz armiert	(spez. Wärmekapazität -> RÖFIX)	0,0019	1.800	0,800	1,000
30	Spachtel	Gipsspachtel (alt)	0,0030	1.300	0,800	0,900
31	Spanplatte	V100	0,0180	600	0,135	2,340
32	Spanplatte	V100	0,0400	600	0,135	2,340
33	Splittschüttung	zementgebunden	0,0400	1.700	0,900	1,116
34	Splittschüttung	zementgebunden	0,0500	1.700	0,900	1,116
35	Stahlbeton		0,2000	2.400	2,500	1,116
36	Stahlbeton		0,1800	2.400	2,500	1,116
37	Steinwolle	MW-W (25 < roh <= 40 kg/m³)	0,3200	40	0,043	0,900
38	Vlies (PP)		0,0010	600	0,220	0,792
39	Vlies (PP)	Rieselschutz	0,0002	600	0,220	0,790
40	Zementestrich		0,0600	2.000	1,700	1,116
41	Zementestrich		0,0500	2.000	1,700	1,116
42	Ziegel	Hochlochziegel 1200 kg/m³	0,2500	1.200	0,380	0,920
43	Ziegel	Hochlochziegel porosiert <=800kg/m³	0,2500	800	0,250	0,920
44	Ziegel	Hochlochziegel porosiert <=800kg/m³	0,1200	800	0,250	0,920
45	Ziegelhohlkörper	ohne Aufbeton (Decke)	0,2000	1.135	0,670	0,920
46	Inhomogen		0,1000	73	0,047	1,044
	(Dämmung)	56,3 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)		25	0,039	0,900
	(Elemente vertikal)	6,3 cm (10%) Holz - Nadel rauh, lufttrocken		500	0,120	2,340
47	Inhomogen		0,1800	106	0,053	1,145
	(Dämmung)	52,2 cm (83%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)		25	0,039	0,900
	(Elemente horizontal)	10,3 cm (17%) Holz - Nadel, rauh, techn. getr.		500	0,120	2,340
48	Inhomogen		0,0400	72	0,046	1,015
	(Dämmung)	57,5 cm (92%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)		25	0,039	0,900
	(parallel z. Traufe)	5 cm (8%) OSB-Platte		610	0,130	2,340
49	Inhomogen		0,2200	31	0,043	0,914
	(parallel z. Traufe)	61,7 cm (99%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)		25	0,039	0,900
	(parallel z. Traufe)	0,9 cm (1%) Holz - Furnierperrholz		650	0,440	2,340
50	Inhomogen		0,0500	73	0,047	1,044
	(normal z. Traufe)	56,3 cm (90%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)		25	0,039	0,900
	(normal z. Traufe)	6,3 cm (10%) Holz - Nadel rauh, lufttrocken		500	0,120	2,340
51	Inhomogen		0,2800	31	0,043	0,914
	(parallel z. Traufe)	61,7 cm (99%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m³)		25	0,039	0,900
	(parallel z. Traufe)	0,9 cm (1%) Holz - Furnierperrholz		650	0,440	2,340
52	Inhomogen		0,0240	81	0,159	1,217
	(Elemente quer)	52,5 cm (84%) Luftschicht stehend		1	0,167	1,003
	(Elemente quer)	10 cm (16%) Holz - Nadel, rauh, technisch getr.		500	0,120	2,340
53	Inhomogen		0,2200	76	0,391	1,146
	(normal z. Traufe)	8 cm (13%) Holz - Nadel, rauh, technisch getr.	0,2200	500	0,120	2,340
	(normal z. Traufe)	54,5 cm (48%) Luftschicht stehend	0,1200	1	0,750	1,003

Nr.	Material	Produkt	d [m]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]
	(normal z. Traufe)	54,5 cm (40%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)	0,1000	25	0,039	0,900
54	Holz (Rahmen)	Holz Nadel, rau, technisch getrocknet	0,1500	500	0,120	2,340
55	Holz	Holz Nadel, rau, technisch getrocknet	0,2400	500	0,120	2,340
56	Inhomogen		0,4000	54	0,044	0,986
	(Dämmung)	58,5 cm (94%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)		25	0,039	0,900
	(Elemente vertikal)	4 cm (6%) Holz - Nadel rau, lufttrocken		500	0,120	2,340
57	Inhomogen		0,3000	37	0,041	0,929
	(Dämmung)	61,2 cm (98%) Glaswolle (15 < roh <= 25 kg/m ³)		25	0,039	0,900
	(parallel z. Traufe)	1,3 cm (2%) OSB-Platte		610	0,130	2,340

Tabelle 34: Bauteilschichten und Materialkennwerte für die Sommertauglichkeitssimulation.

3.2.7 Verglasungen

Katalog-Nr.	U [W/m ² K]	τ_s	g	Bezeichnung
6.512.08	0.70	0.54	0.60	3-fach Wärmeschutzglas beschichtet 4:-12-4-12-:4 (Kr) SOLAR/ z.B. CLIMATOP Solar WEISSGLAS
6.512.14	0.60	0.39	0.47	3-fach Wärmeschutzglas beschichtet 4:-10-4-10-:4 (Kr) iplus 3CE (INTERPANE)
6.612.12	0.60	0.42	0.24	3-fach Wärme- und Sonnenschutzglas beschichtet 6:-14-4-14-:4 (Ar) Infrastop III Brillant 45/24

Abbildung 36: Verglasungsarten der Testräume zur Sommertauglichkeitssimulation

3.3 Parameterstudien und Simulationsergebnisse - Sommertauglichkeit

3.3.1 Testräume – Raumgröße und Anzahl der Lüftungsebenen

Für die Untersuchungen zur Sommertauglichkeit wurden – den Modellgebäuden entsprechend – unterschiedliche Testräume definiert (vgl. Kapitel 3.2). Die Testräume unterscheiden sich durch ihre Größe (Fläche und Volumen) und durch die Anzahl der vorhandenen Lüftungsebenen voneinander. Der Testraum zu Modellgebäude Mehrfamilienhaus (MFh) unterscheidet sich außerdem durch seine Kubatur mit Dachschräge und die Anordnung der Belichtungsfläche als 45° geneigtes Dachflächenfenster von den übrigen Testräumen.

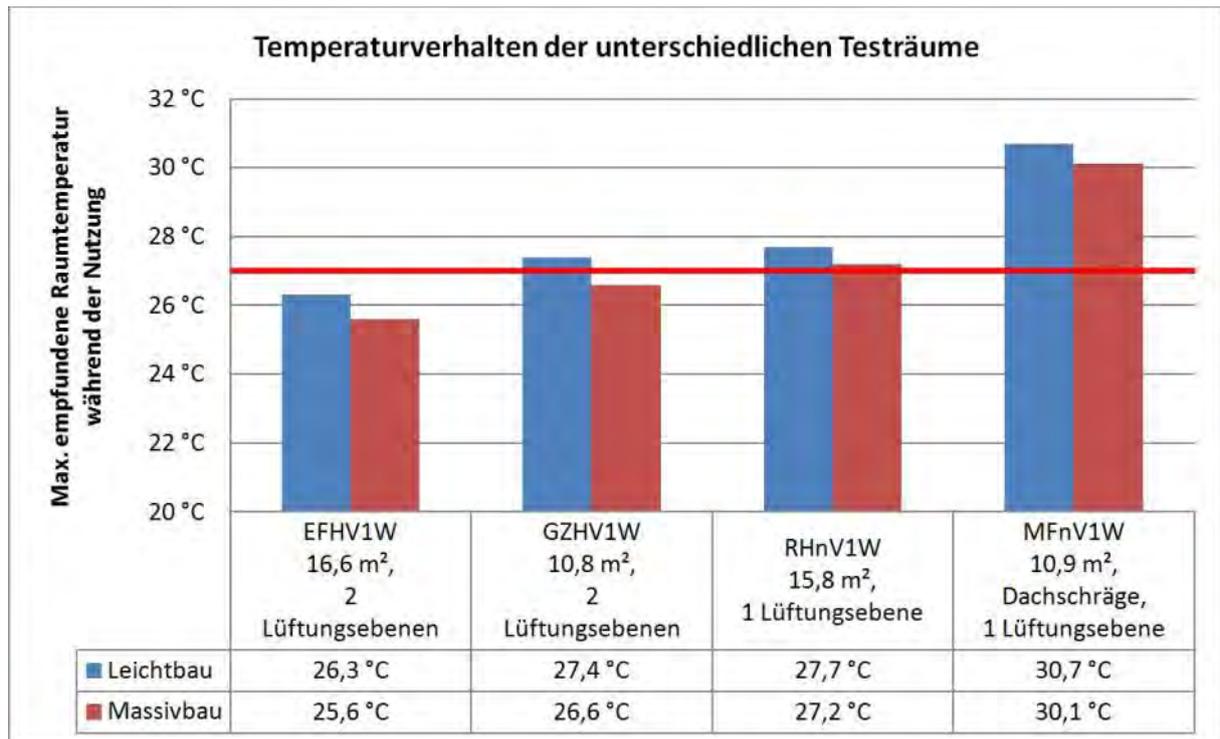


Abbildung 37: Temperaturverhalten der unterschiedlichen Testräume mit kleinstem Verglasungsanteil (V1) in der Sommertauglichkeitssimulation am Standort Wien in Leicht- und Massivbauweise.

In Abbildung 37 sind die in der Simulation maximal auftretenden empfundenen Raumtemperaturen während der Nutzungsdauer für die unterschiedlichen Testräume bei exakter Südorientierung und kleinstem Verglasungsanteil (mindest erforderliche Belichtungsfläche nach OIB RL 3, Glaslichte = 10% der NFL) am Standort Wien, jeweils in Leicht- und Massivbauweise dargestellt.

In der Grafik ist deutlich erkennbar, dass sich der Testraum Einfamilienhaus (EFH) in der Sommertauglichkeitssimulation am günstigsten verhält. Die vorgesehenen Lüftungsöffnungen an zwei unterschiedlichen Fassadenebenen ermöglichen eine Diagonallüftung und damit eine effektive Abkühlung während der Nachtstunden. Die höchste empfundene Raumtemperatur liegt hier daher sowohl bei der Simulation in Massiv- als auch in Leichtbauweise deutlich unter der Grenztemperatur von 27°C (in der Grafik als rote Linie dargestellt).

Kritischer verhält sich der Testraum Kleingartenhaus (GZH). Auch hier erfolgt eine Diagonallüftung über zwei Lüftungsebenen. Der Raum verfügt jedoch über eine kleinere Grundfläche und damit auch über ein kleineres Volumen. Erfolgt die Berechnung des Luftwechsels wie in unserer Simulation entsprechend ÖNORM B 8110-3 vereinfacht mit Luftwechselzahlen¹, so führt ein geringeres Raumvolumen automatisch zu einem geringeren Luftvolumenstrom und damit zu einem geringeren Kühlleistungspotential. Die höheren auftretenden Temperaturen sind hier also durch das Rechenverfahren bedingt.

¹ Die Luftwechselzahl gibt an wie häufig pro Zeiteinheit das Raumvolumen durch Außenluft ersetzt wird.

Der Testraum RHn ist in etwa gleich groß wie der Testraum EFH. Er verfügt jedoch über nur eine Lüftungsebene, wodurch ein niedrigerer Luftwechsel erreicht werden kann. Die erzielte Abkühlung während der nächtlichen Lüftungsphase ist somit geringer und die tagsüber auftretenden Raumlufttemperaturen liegen deutlich höher. Am betrachteten Standort Wien wird für den Testraum RHn sowohl in Leicht- als auch in Massivbauweise keine Sommertauglichkeit mehr erreicht.

Am problematischsten verhält sich der im Dachgeschoß gelegene südorientierte Testraum Mehrfamilienhaus (MFh). Er ist etwa gleich groß wie der Testraum GZH, verfügt jedoch über nur eine Lüftungsebene und aufgrund der Dachschräge über ein etwas geringeres Volumen. Zusätzlich ist bei der 45° geneigten Schrägverglasung der Strahlungseintrag - trotz gleichermaßen berücksichtigter Verschattungseinrichtung - wesentlich höher als bei gleich großer vertikal angeordneter Verglasung. Die maximal auftretenden empfundenen Raumtemperaturen liegen in der Simulation bei diesem Testraum am Standort Wien weit über der in der Norm vorgesehenen Grenztemperatur von 27°C.

3.3.2 Standort

Ebenso wie bei der Optimierung von Wärmegewinnen und -verlusten im Heizfall spielen lokale klimatische Gegebenheiten für die Gebäudeoptimierung im Sommerfall eine maßgebende Rolle. Daher wurden auch bei der Sommertauglichkeitssimulation die fünf klimatisch unterschiedlichen Standorte Wien, Innsbruck, Klagenfurt, Mallnitz und Radstadt betrachtet (siehe auch Kapitel 2.3.2).

Abbildung 38 zeigt die in der Simulation maximal auftretenden empfundenen Raumtemperaturen des Testraumes EFHV3 (Einfamilienhaus mit größter südorientierter Glasfläche) in Leicht- und Massivbauweise an den ausgewählten Standorten. Die Standorte sind in der Grafik von links aufsteigend nach ihrer jeweiligen Höhenlage geordnet. Dadurch ist gut erkennbar, dass die auftretenden Raumtemperaturen mit zunehmender Höhenlage tendenziell abnehmen, was durch die ebenfalls mit zunehmender Seehöhe abnehmenden Außentemperaturen bedingt ist. Eine Ausnahme bilden dabei die Standorte Klagenfurt und Innsbruck. Obwohl der für die Simulation angesetzte Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur mit 23°C für beide Standorte gleich ist (siehe Kapitel 3.1), liegt die maximal auftretende Raumtemperatur beim Modellgebäude in Massivbauweise in Innsbruck geringfügig höher. Eine detaillierte Betrachtung der Wärmebilanzen der beiden Simulationen zeigt als Ursache, dass die solaren Wärmeeinträge in Innsbruck etwas größer sind als jene in Klagenfurt.

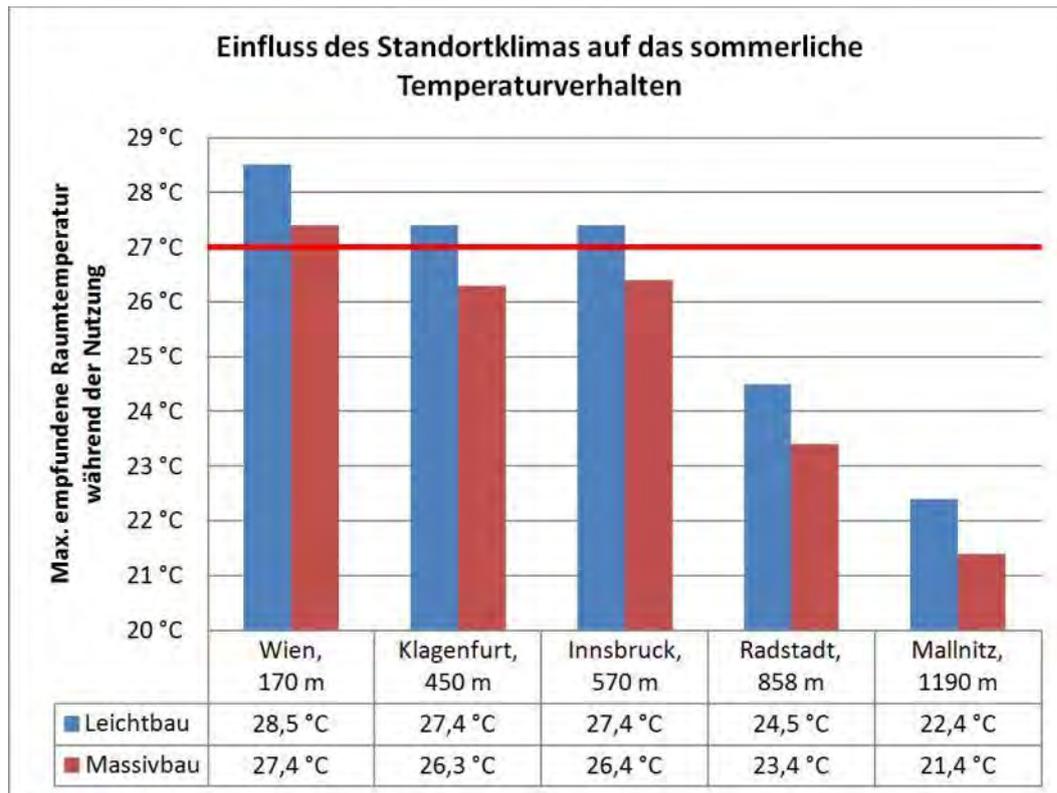


Abbildung 38: Temperaturverhalten des Testraums Einfamilienhaus (EFH) mit großer südorientierter Glasfläche (V3) in der Sommertauglichkeitssimulation an fünf Standorten mit unterschiedlicher Klimalage und Seehöhe.

Insgesamt macht die Grafik deutlich, wie stark die Sommertauglichkeit eines Gebäudes vom jeweiligen Standortklima abhängig ist. Während die Grenztemperatur im betrachteten Testraum zumindest in Leichtbauweise an den Standorten Wien, Klagenfurt und Innsbruck überschritten wird, liegen die empfundenen Raumtemperaturen an den höher gelegenen Standorten Radstadt und Mallnitz sowohl in Leicht- als auch in Massivbauweise weit unterhalb des kritischen Bereichs.

3.3.3 Südorientierte Verglasungsflächen

Durch große südorientierte Glasflächen lassen sich häufig beträchtliche passive solare Energiegewinne erzielen, gleichzeitig steigt aber mit zunehmender Größe der Südverglasung das Risiko der sommerlichen Überwärmung. Daher wurden auch bei der Sommertauglichkeitsberechnung Studien zu Größe der südorientierten Glasfläche durchgeführt.

Für alle Testräume mit Wohnnutzung wurde jeweils eine Grundvariante mit mindesterforderlicher Belichtungsfläche nach OIB-Richtlinie 3 modelliert. Die gesamte Glasfläche in der südorientierten Außenwand beträgt dabei 10% der Bodenfläche des Testraumes. Bei dem Testraum nord-südorientiertes Reihenhaus (RHn) wurden die südorientierte Glasflächen zunächst um die Hälfte vergrößert und anschließend (bezogen auf die Grundvariante) verdreifacht.

Tabelle 35: In der Simulation auftretende maximale empfundene Raumtemperaturen während der Nutzung im Testraum nord-südorientiertes Reihenhaus (RHn) an den Standorten Wien, Innsbruck und Radstadt mit unterschiedlich großer südorientierter Glasfläche.

Max. empfundene Raumtemperatur während der Nutzung in Testraum RHn						
	Wien (170m)		Innsbruck (570m)		Radstadt (858m)	
	Leichtbau	Massivbau	Leichtbau	Massivbau	Leichtbau	Massivbau
V1	27,7 °C	27,2 °C	27,0 °C	26,2 °C	23,7 °C	23,2 °C
V2	28,4 °C	27,8 °C	27,3 °C	26,7 °C	24,3 °C	23,7 °C
V3	30,0 °C	29,3 °C	29,0 °C	28,2 °C	26,0 °C	25,2 °C

In Tabelle 35 sind die Simulationsergebnisse für Testraum RHn beispielhaft für die Standorte Wien, Innsbruck und Radstadt dargestellt. Erwartungsgemäß zeigt sich, dass die maximal auftretenden Temperaturen bei Vergrößerung der südorientierten Glasfläche stark ansteigen. In Abhängigkeit vom Standortklima werden dadurch kritische Temperaturen erreicht. Während im Testraum in Leichtbauweise am Standort Innsbruck die Grenztemperatur von 27°C bereits durch eine 50-prozentige Vergrößerung der südseitigen Verglasung überschritten wird, ist am Standort Radstadt sogar eine Verdreifachung der mindesterforderlichen Belichtungsfläche noch unproblematisch. Auf diese Weise können hier die passiven Solarenergiegewinne ohne die Gefahr einer sommerlichen Überwärmung maximiert werden.

Aufgrund seiner Schrägverglasung wurde der im Dachgeschoß gelegene Testraum zum Modellgebäude nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus in Bezug auf die Sommertauglichkeit von vornherein als kritisch betrachtet. Für diesen Testraum wurde daher lediglich eine einmalige Verdoppelung der südorientierten Glasfläche vorgesehen. Bei der Simulation zeigte sich jedoch, dass die maximal auftretenden empfundenen Raumtemperaturen an den drei relevanten Standorten Wien, Innsbruck und Klagenfurt bereits bei mindesterforderlicher Belichtungsfläche weit über der in der Norm festgelegten Grenztemperatur zu liegen kommen (siehe auch Kapitel 3.3.6).

Tabelle 36: In der Simulation auftretende maximale empfundene Raumtemperaturen während der Nutzung im Testraum nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus (MFn) mit mindesterforderlicher Belichtungsfläche nach OIB Richtlinie 3 an den Standorten Wien, Innsbruck und Klagenfurt.

Max. empfundene Raumtemperatur während der Nutzung in Testraum MFn						
	Wien (170m)		Klagenfurt (450m)		Innsbruck (570m)	
	Leichtbau	Massivbau	Leichtbau	Massivbau	Leichtbau	Massivbau
V1	30,7 °C	30,1 °C	29,7 °C	29,1 °C	29,8 °C	29,1 °C

Für die Parameterstudien zu den Testräumen Kleingartenhaus (GZH) und Einfamilienhaus (EFH) wurde die Glasfläche in der Südfassade verdoppelt und anschließend ein weiteres Mal

verdoppelt - bezogen auf die Grundvariante also vervierfacht. In Abbildung 39 sind die Simulationsergebnisse für den Testraum EFH am Standort Wien dargestellt.

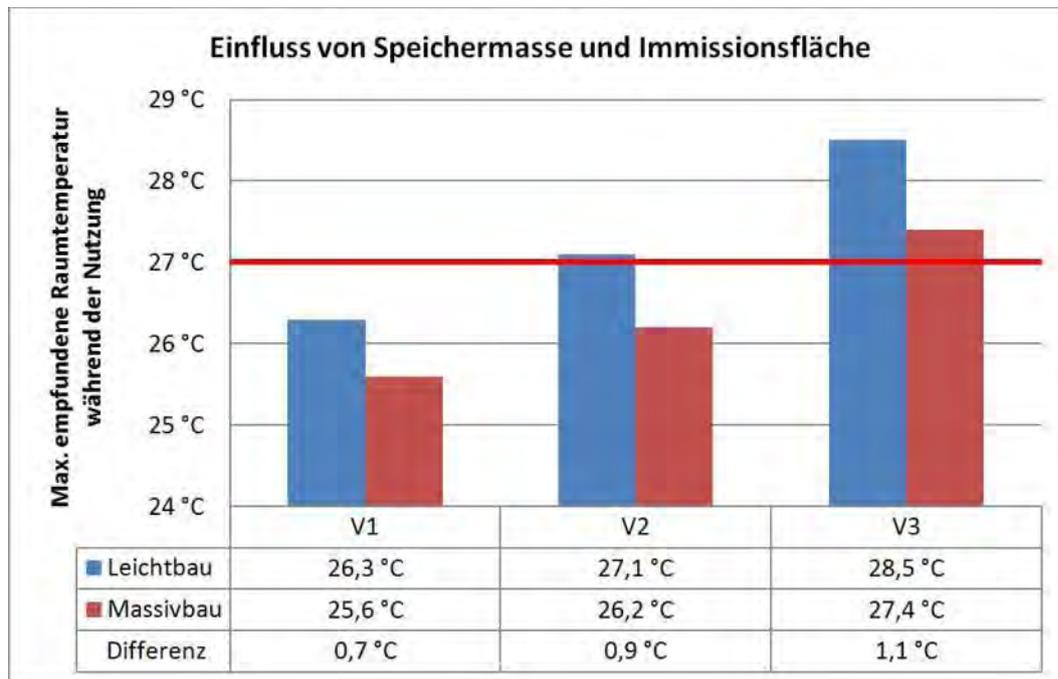


Abbildung 39: Temperaturverhalten des Testraums Einfamilienhaus (EFH) in der Sommertauglichkeitssimulation am Standort Wien mit unterschiedlich großer südorientierter Glasfläche.

Auch hier ist deutlich erkennbar, dass die auftretenden Maximaltemperaturen bei Vergrößerung der südorientierten Glasfläche zunehmen. Bei vierfacher südorientierter Glasfläche (V3) kann sowohl in Leicht- als auch in Massivbauweise keine Sommertauglichkeit mehr erreicht werden. Interessant ist dabei auch, dass die Differenz zwischen den Temperaturmaxima der Testräume in Leicht- und Massivbauweise mit zunehmender Belichtungsfläche ebenfalls etwas zunimmt. Je größer die Immissionsflächen sind, desto wichtiger wird also der gezielte Einsatz von Speichermasse.

3.3.4 Bauweise

In den vorangehenden Kapiteln zeigt sich bereits, dass die verfügbare Speichermasse einen wesentlichen Einfluss auf das sommerliche Temperaturverhalten von Innenräumen hat. Daher wurden bei den Studien zur Sommertauglichkeit jeweils Testraum-Varianten in Massiv-, Leicht- und teilweise in Mischbauweise (siehe auch Kapitel 3.3.6) untersucht. Detaillierte Angaben zu den Aufbauten und Materialeigenschaften finden sich in den Kapiteln 3.2.5 bis 3.2.7.

In Tabelle 35 sind jene Simulationsergebnisse die über der in der Norm vorgegebenen Grenztemperatur von 27°C liegen, rot und fett dargestellt. Ergebnisse der Simulation in Leichtbauweise sind dabei jeweils links angeordnet. Durch die entstehende Diagonale ist auf einen Blick erkennbar, dass die Anzahl der nicht sommertauglichen Varianten bei den Testräumen in Leichtbauweise höher ist, als bei den Testräumen in Massivbauweise.

Tabelle 37 zeigt die Ergebnisse der Simulationen in Leicht- und Massivbauweise, sowie die jeweilige Differenz zwischen den Bauweisen für die Testräume Einfamilienhaus (EFH) und nord-südorientiertes Reihenhaus (RHn). Der Temperaturunterschied liegt bei Testraum EFH zwischen 0,7 K und 1,1 K. Bei Testraum RHn ist der Unterschied etwas geringer (0,5 bis 0,9 K). Allerdings wurde die südseitige Glasfläche hier in der Variante V3 nur verdreifacht und nicht wie bei Testraum EFH vervierfacht.

Auch hier ist im Übrigen gut erkennbar, dass die Differenz zwischen Leicht- und Massivbauweise bei Vergrößerung der südorientierten Glasfläche zunimmt.

Tabelle 37: In der Simulation auftretende maximale empfundene Raumtemperaturen während der Nutzung in den Testräumen Einfamilienhaus (EFH) und nord-südorientiertes Reihenhaus (RHn) in Leicht- und Massivbauweise.

Max. empfundene Raumtemperatur während der Nutzung							
Standort	Testraum EFH			Testraum RHn			
	Leichtbau	Massivbau	Differenz	Leichtbau	Massivbau	Differenz	
V1	Wien, 170 m	26,3 °C	25,6 °C	0,7 K	27,7 °C	27,2 °C	0,5 K
	Klagenfurt, 450 m	25,3 °C	24,5 °C	0,8 K	26,7 °C	26,1 °C	0,6 K
	Innsbruck, 570 m	25,3 °C	24,5 °C	0,8 K	27,1 °C	26,2 °C	0,9 K
	Radstadt, 858 m	22,3 °C	21,5 °C	0,8 K	23,7 °C	23,2 °C	0,5 K
	Mallnitz, 1190 m	20,3 °C	19,5 °C	0,8 K	21,7 °C	21,2 °C	0,5 K
V2	Wien, 170 m	27,1 °C	26,2 °C	0,9 K	28,4 °C	27,8 °C	0,6 K
	Klagenfurt, 450 m	26,0 °C	25,2 °C	0,8 K	27,3 °C	26,7 °C	0,6 K
	Innsbruck, 570 m	26,1 °C	25,2 °C	0,9 K	27,3 °C	26,7 °C	0,6 K
	Radstadt, 858 m	23,1 °C	22,2 °C	0,9 K	24,3 °C	23,7 °C	0,6 K
	Mallnitz, 1190 m	21,1 °C	20,2 °C	0,9 K	22,6 °C	21,7 °C	0,9 K
V3	Wien, 170 m	28,5 °C	27,4 °C	1,1 K	30,0 °C	29,3 °C	0,7 K
	Klagenfurt, 450 m	27,4 °C	26,3 °C	1,0 K	28,9 °C	28,1 °C	0,8 K
	Innsbruck, 570 m	27,4 °C	26,4 °C	1,1 K	29,0 °C	28,2 °C	0,8 K
	Radstadt, 858 m	24,5 °C	23,4 °C	1,0 K	26,0 °C	25,2 °C	0,8 K
	Mallnitz, 1190 m	22,4 °C	21,4 °C	1,0 K	24,0 °C	23,2 °C	0,8 K

3.3.5 Orientierung

Analog zu den Heizwärmebedarfssimulationen wurden die Testräume für die Studien zur Sommertauglichkeit in jeweils drei 15°-Schritten aus der exakten Südorientierung (180°) nach Süd-Osten (135°) bzw. Süd-Westen (225°) gedreht, sodass der Einfluss der Orientierung auf die sommerliche Überwärmung untersucht werden konnte.

Simulationsergebnisse dazu sind für den Testraum nord-südorientiertes Reihenhaus (RHn) in Massivbauweise am Standort Innsbruck in Abbildung 40 dargestellt. In der Grafik ist gut erkennbar, dass die auftretenden Maximaltemperaturen bei Verdrehen aus der Südachse nach Osten oder Westen zunehmen. Je größer die südseitige Glasfläche ist, desto stärker wird dieser Effekt erkennbar (V2 und V3). Er lässt sich durch den sommerlichen Verlauf der Sonnenbahn und dem daraus resultierenden Einfallswinkel der Solarstrahlung auf der vertikalen Fassade erklären. Bei genauer Südorientierung trifft die Sonnenstrahlung seitlich oder von Oben in einem flachen Einfallswinkel auf die Fassade. Ist die Fassade nach Osten oder Westen orientiert, so erfolgt der Sonneneinfall jeweils vormittags oder nachmittags in einem steileren Einfallswinkel. Die dadurch größere Empfängerfläche und der geringere Reflexionsanteil führen zu einem höheren Strahlungseintrag.

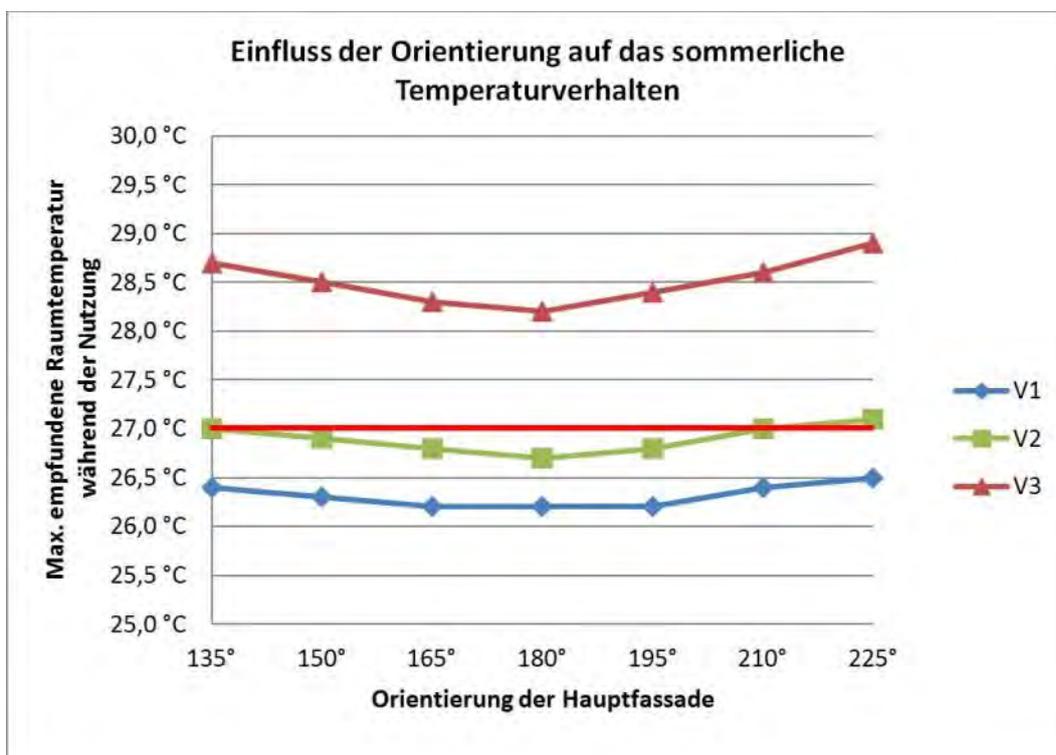


Abbildung 40: Temperaturverhalten des Testraums RHn in Massivbauweise bei Verdrehen der südorientierten Hauptfassade in 15°-Schritten nach Süd-Osten bzw. Süd-Westen mit mindesterforderlicher (V1), doppelter (V2) und vierfacher (V3) südorientierter Belichtungsfläche am Standort Innsbruck.

In der Grafik ist auch eine leichte Asymmetrie erkennbar. Die Temperaturen liegen im Südwesten etwas höher als bei in gleichem Winkel nach Osten gedrehter Hauptfassade. Dieser Effekt lässt sich so erklären, dass die größten Strahlungseinträge bei ostorientierten Verglasungen zeitlich mit niedrigeren Außenlufttemperaturen zusammenfallen als bei westorientierten Verglasungen. Treten die durch die Sonne verursachten hohen Innenwärmen eher vormittags auf, so können sie teilweise noch durch Lüftungswärmeverluste ausgeglichen werden. Nachmittags liegen die Außentemperaturen hingegen über den Raumlufttemperaturen und addieren sich in diesem Fall sogar mit negativen Lüftungswärmeverlusten auf.

3.3.6 Dachgeschoßräume mit Schrägverglasung

In den vorangegangenen Simulationsreihen zeigt sich die Problematik von Dachgeschoßräumen mit Schrägverglasung (hier 45°). Selbst bei mindesterforderlicher Belichtungsfläche treten in der Simulation an den relevanten Standorten Wien, Innsbruck und Klagenfurt weit über dem Grenzwert liegende Temperaturen im Testraum auf.

Für den Teststandort Innsbruck wurden verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Sommertauglichkeit durchgespielt. Dazu wurde zunächst in Leicht-, Misch- und Massivbauweise unterschieden. Vor allem bei nachträglichen Dachgeschossausbauten im Gründerzeitbereich ist eine Ausführung in Leichtbauweise oft die einzig mögliche technisch-konstruktive Lösung (blau/links in Abbildung 41). Auch bei Neubauten mit massiver Ausführung der Decken und Wände wird aus verschiedenen Gründen häufig eine hölzerne Dachstuhlkonstruktion gewählt (rot/mitte) und im selteneren Fall wird die Dachkonstruktion massiv als sogenannter Sargdeckel ausgeführt (rechts grün). Abbildung 41 zeigt, dass die maximal auftretenden Raumtemperaturen mit zunehmender Speichermasse sinken. Dennoch liegen sie an allen drei Teststandorten bei der Grundvariante des Testraums (M0) weit über der Grenztemperatur nach ÖNORM B 8110-3.

Um die Sommertauglichkeit des Testraums zu verbessern, wurde eine Lüftungsöffnung in einer zweiten Fassadenebene eingefügt (M1). Durch die so ermöglichte Querlüftung kann der Luftwechsel im Testraum während der kühlen Nachtstunden vergrößert und die auftretende Maximaltemperatur deutlich gesenkt werden. Auch mit dieser Maßnahme wird jedoch am Standort Innsbruck in der Simulation für den Testraum MFn noch keine Sommertauglichkeit erreicht.

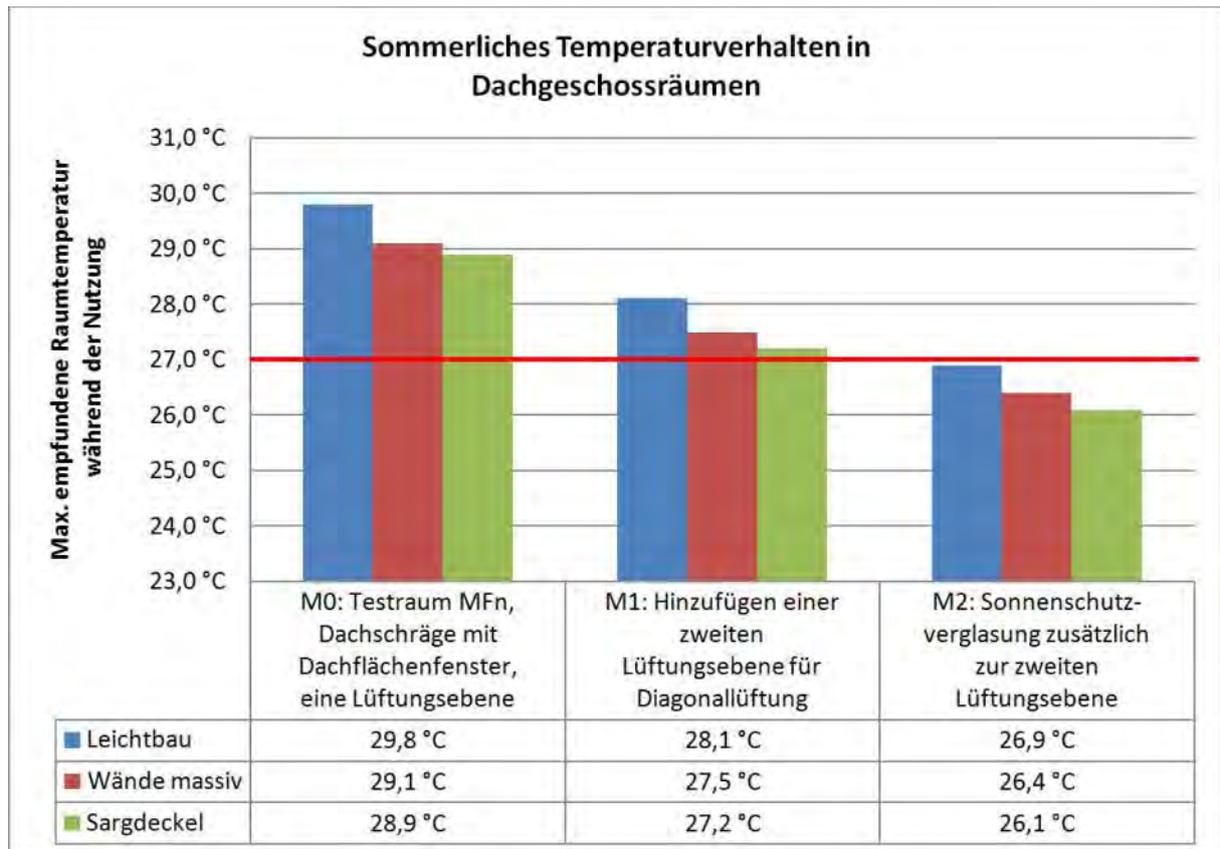


Abbildung 41: Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Verbesserung der Sommertauglichkeit vom Testraum nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus (MFn) am Standort Innsbruck.

Zur weiteren Verbesserung der Sommertauglichkeit wurden - zusätzlich zur zweiten Lüftungsebene - alle Glasflächen durch spezielle Sonnenschutzverglasungen mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) von nur 0,24 ersetzt (M2). Am Standort Innsbruck kann die Grenztemperatur von 27°C in der Simulation auf diese Weise in allen drei Ausführungsvarianten unterschritten werden.

Die Simulationsreihe zeigt wie schwierig es durch die hohen Solarenergieeinträge ist, in Dachgeschoßräumen mit Schrägverglasung Sommertauglichkeit zu erreichen. Um auch im Testraum in Leichtbauweise Temperaturen unterhalb des normgemäßen Grenzwertes zu erreichen, müsste der Luftwechsel - etwa durch das Einfügen einer dritten Lüftungsebene - weiter erhöht werden. Durch eine Vergrößerung des Testraums bei gleichbleibender Personenbelegung und Nutzung könnten die maximal auftretenden Raumtemperaturen zwar für die Ausführungsvariante in Leichtbauweise unter den Grenzwert gesenkt werden, dieser Effekt ist jedoch auf das größere Raumvolumen und somit wieder auf den damit verbundenen höheren Luftwechsel bei normgemäßer Berechnung zurückzuführen (siehe auch Kapitel 3.3.1).

Die Orientierung zeigt bei Testraum Mehrfamilienhaus so gut wie keinen Einfluss auf die im Raum auftretenden Höchsttemperaturen. Die Strahlungseinträge über die 45° geneigte Fensterfläche verändern sich bei Verdrehen aus der Südachse bis hin zur Ost- oder West-Orientierung nur sehr wenig.

Tabelle 38: In der Simulation auftretende maximale empfundene Raumtemperaturen während der Nutzung im Testraum nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus (MFn) und ost-westorientiertes Mehrfamilienhaus (MFo) in Mischbauweise und mit mindesterforderlicher Belichtungsfläche am Standorten Wien in unterschiedlicher Orientierung.

Max. empfundene Raumtemperatur während der Nutzung								
	135°	150°	165°	180°	195°	210°		270°
MFn	30,0 °C	30,1 °C	30,1 °C	30,1 °C	30,1 °C	30,0 °C	MFo	29,8 °C

4 Simulationsreihe Bürogebäude

4.1 Annahmen zu den Simulationsstudien

Bei modernen Bürogebäuden mit hohem Verglasungsanteil und großen, durch Beleuchtung und technische Geräte verursachten inneren Wärmelasten, fällt die im Jahr benötigte Kühlenergie auch in unseren Breitengraden häufig höher aus als der jährliche Heizenergieaufwand. In den durchgeführten Simulationsstudien wurde daher in erster Linie der sensible Kühlbedarf eines Normsommertages an den Teststandorten Wien, Klagenfurt und Innsbruck betrachtet.

Die Berechnung des Tagesverlaufs der erforderlichen Kühlleistung im zeitlich periodisch eingeschwungenen Zustand, erfolgte mit dem Simulationsprogramm GEBA V7.0. Wie bei den Sommertauglichkeitsberechnungen in Kapitel 3 wurde auch hier entsprechend ÖNORM B 8110-3 mit jenem Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur gerechnet, dessen Überschreitungshäufigkeit 130 Tage in 10 Jahren beträgt. Mit neuester Klimadatenbasis wurden für die gewählten Teststandorte unter Zugriff auf das Programmpaket OEKLIM (Kreč 2010) folgende Werte ermittelt:

Wien : 24 Grad (48° 13' N, 16° 22' O, Seehöhe: 170 m)

Klagenfurt: 23 Grad (46° 37' N, 14° 19' O, Seehöhe: 450 m)

Innsbruck: 23 Grad (47° 16' N, 11° 24' O, Seehöhe: 570 m)

Ebenfalls entsprechend ÖNORM B 8110-3 wurde die Tagesamplitude mit 14 K angenommen und als Datum für die Berechnung der Bestrahlungsstärken der 15. Juli festgesetzt.

In den Simulationsrechnungen wurde für alle Glasflächen die Benutzung von Außenjalousien mit einem Abminderungsfaktor $z = 0,27$ (unterlüftete bewegliche Außenjalousie nach ÖNORM B 8110-3, Tabelle 7) während des gesamten Einstrahlungszeitraums zwischen 05:00 und 22:00 angesetzt. Die Nachtlüftung wurde entsprechend ÖNORM B 8110-5 mit einer Luftwechselzahl von $1,5 \text{ h}^{-1}$ für eine Dauer von 8 Stunden abgebildet. Die Solltemperatur entspricht ebenfalls laut B 8110-5 26°C . Weitere Angaben zum Nutzungsprofil des Bürogebäudes finden sich unter Kapitel 1.2.

Alle an den Testraum angrenzenden Innenräume wurden als Räume gleicher Nutzung dargestellt. In der Simulation wird ihnen jeweils gleiches Temperaturverhalten wie dem Testraum selbst unterstellt.

Um die Auswirkungen der untersuchten Parameter auch für den Heizfall abschätzen zu können, wurde außerdem der Heizwärmebedarf eines durchschnittlichen Jänner-Tages simuliert. Der angesetzte Mittelwert der Außenlufttemperatur entspricht den jeweiligen Monatsmittelwerten des Monats Jänner der einzelnen Standorte laut aktueller Klimadatenbasis:

Wien	0.45 °C
Klagenfurt	-3.54 °C
Innsbruck	-0.39 °C

Für alle drei Standorte wurde eine Tagesschwankung von 2,15 K entsprechend dem Österreichischen Klimadatenkatalog für einen langjährigen Jänner-Tag angenommen.

Als Datum für die Berechnung des Sonnengangs wurde der 15. Jänner gewählt. Die Trübungs-faktoren wurden aus den mittleren monatlichen Tagessummen der Global- und Himmelsstrahlung rückgerechnet, um der Simulationen auch eine "mittlere Einstrahlung" zugrunde zu legen.

Linke-Faktoren

Wien:	8.731
Klagenfurt:	7.280
Innsbruck:	6.664

Reitz-Faktoren

Wien:	0.2606
Klagenfurt:	0.3246
Innsbruck:	0.3239

Das Nutzungsprofil für den Heizfall wurde gemäß ÖNORM B 8110-5 angesetzt (siehe Kapitel 1.2).

4.2 Testraum Bürogebäude

Wie auch für die Sommertauglichkeitssimulationen der Wohngebäude, wurde für die Parameterstudien zum Kühlbedarf des Bürogebäudes ein Testraum definiert. Dazu wurde ein Element mit einer Grundfläche von knapp 44 m² im Achsmaß von der Fassade bis zur Gebäudemitte aus dem Regelgeschoss ausgeschnitten und drei unterschiedliche Fassadenvarianten (50%, 75% und 100% Verglasungsanteil) definiert (siehe Abbildung 42). Außenwand und Geschoßdecken wurden in Massivbauweise angenommen, die Innenwände in Leichtbauweise.

Typ:	Testraum Bürogebäude
Kürzel:	BÜRO
Beschreibung:	Büroausschnitt, eine Fassadenebene mit Lüftungsöffnungen
NFL:	43,97 m ²
Berücksichtigte Abmessungen:	
Länge:	715,0 cm
Breite:	615,0 cm

Höhe: 355,0 cm
Volumen: 156,10 m ³
Durchschnittliche Personenbelegung während der Betriebszeit: 1,5 Personen
Luftwechselzahl Nachtlüftung nach ÖNORM B 8110-5: 1,50 1/h
Hygienisch erforderlicher Luftwechsel (30 m³/Person): 0,29 1/h
Varianten:
BÜRO_V1: Fassade zu 50% verglast
BÜRO_V2: Fassade zu 75% verglast
BÜRO_V3: Fassade zu 100% verglast
Orientierung: in 45°-Schritten von 0° (Norden) bis 360°

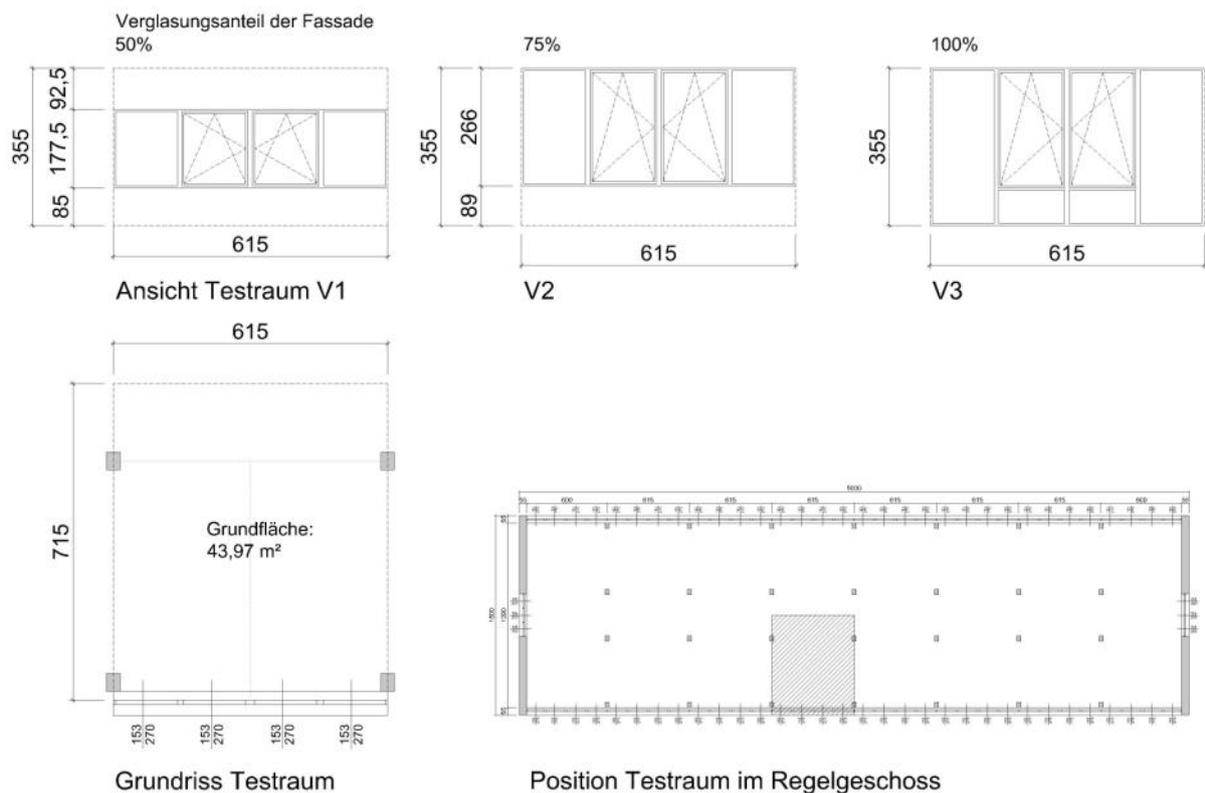


Abbildung 42: Testraum Bürogebäude, Grundriss und Fassadenansichten mit unterschiedlichem Verglasungsanteil

Bauteil	Fläche V1 [m ²]	Fläche V2 [m ²]	Fläche V3 [m ²]	Transparenz	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Orientierung	Neigung	g-Wert	τ-Wert
Außenwand Süd	10,92	5,47	0,00	0	AWm 05 a	0,116	0-360	0		
Innenwand	113,60	113,60	113,60	0	IWI 01 e	0,372	X	0		
Fensterrahmen Süd	1,90	2,44	2,98	0	FR 01 e	0,704	0-360	0		
Verglasung Süd	9,01	13,92	18,85	1	6.512.08	0,7	0-360	0	0,6	0,54
Geschossdecke unten	43,97	43,97	43,97	0	GDm 01 e	0,303	X	-90		
Geschossdecke oben	43,97	43,97	43,97	0	GDm 01 e	0,093	X	90		
Summe	223,37	223,37	223,37							

Tabelle 39: Flächenaufstellung zu Testraum Bürogebäude

4.3 Parameterstudien und Simulationsergebnisse Bürogebäude

4.3.1 Orientierung

In den Parameterstudien zum Modellgebäude Büro wurde in erster Linie die Auswirkung der Fassadengestaltung in unterschiedlichen Orientierungen auf die sensible Kühlleistung untersucht. Dazu wurde der aus dem Modellgebäude "geschnittene" Testraum Büro von Norden beginnend in 45°-Schritten rund um die eigene Achse gedreht, sodass die Außenwand zunächst in Richtung Norden (0°), dann nach Nordosten (45°), nach Osten (90°), usw. zeigt.

In Abbildung 43 ist der sensible Kühlbedarf des Testraums V1 am Standort Wien für alle betrachteten Himmelsrichtungen in einer Netzgrafik dargestellt. Dadurch wird rasch erkennbar, dass der Kühlbedarf des Testraums im Süden deutlich höher liegt, als bei Nordorientierung der Außenfassade. Im Osten und Westen erscheint die Ergebniskurve hingegen relativ symmetrisch. Der sensible Kühlbedarf liegt bei südwestlicher, westlicher und nordwestlicher Orientierung nur geringfügig höher, als bei südöstlicher, östlicher und nordöstlicher Orientierung des Testraums.

Anders stellt sich die Situation dar, wenn man die jeweils auftretende Spitze der sensiblen Kühlleistung im Tagesverlauf betrachtet, der zur Einhaltung der vorgegebenen Lufttemperatur (26°C) benötigt wird (Abbildung 44). Hier zeigt sich eine relativ starke Zunahme der sensiblen Kühllast in westlicher Orientierung. Bei genauer Westorientierung des Testraums liegt das Tagesmaximum der Kühlleistung etwa um 50% höher als bei exakter Ostorientierung. Für die Auslegung der Kühlanlage muss also nicht nur der deutliche Unterschied zwischen Nord- und Südorientierung, sondern auch die ebenso stark ausfallende Differenz zwischen Ost- und Westorientierung der betroffenen Räume berücksichtigt werden.

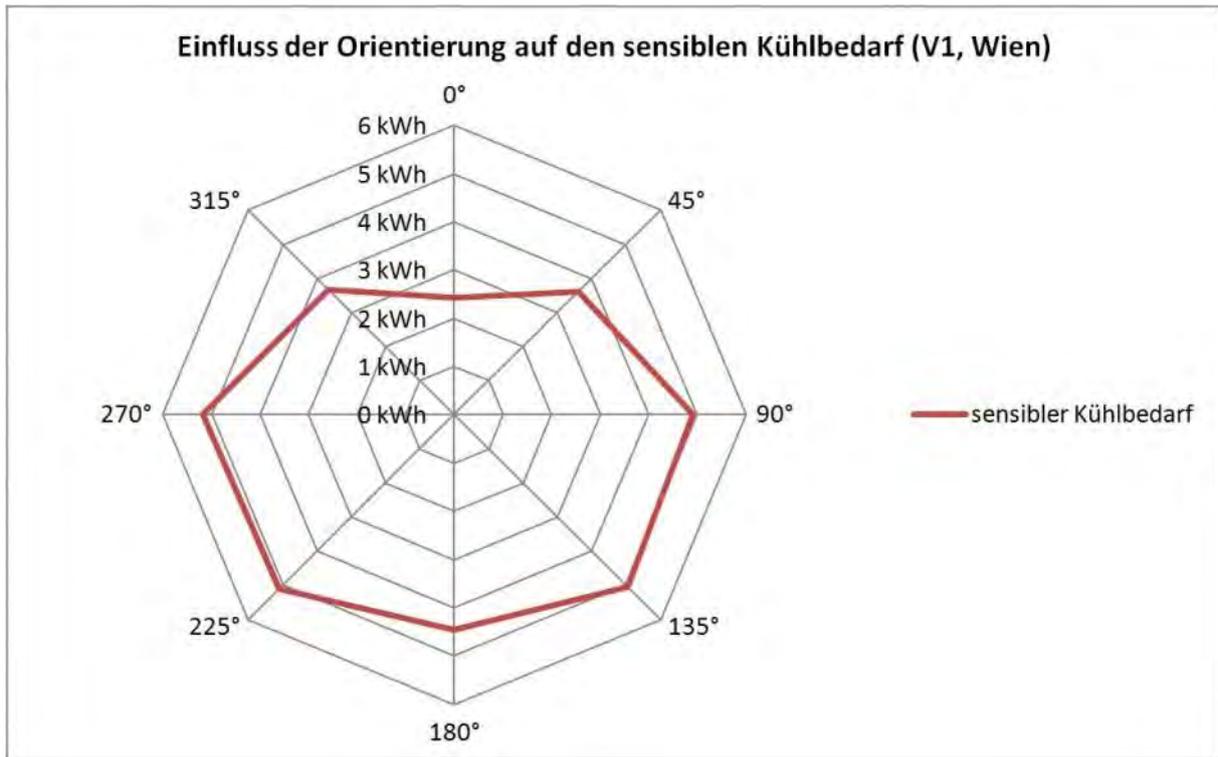


Abbildung 43: Einfluss der Orientierung auf den sensiblen Kühlbedarf eines Normsommertages am Teststandort Wien für Testraum Büro V1

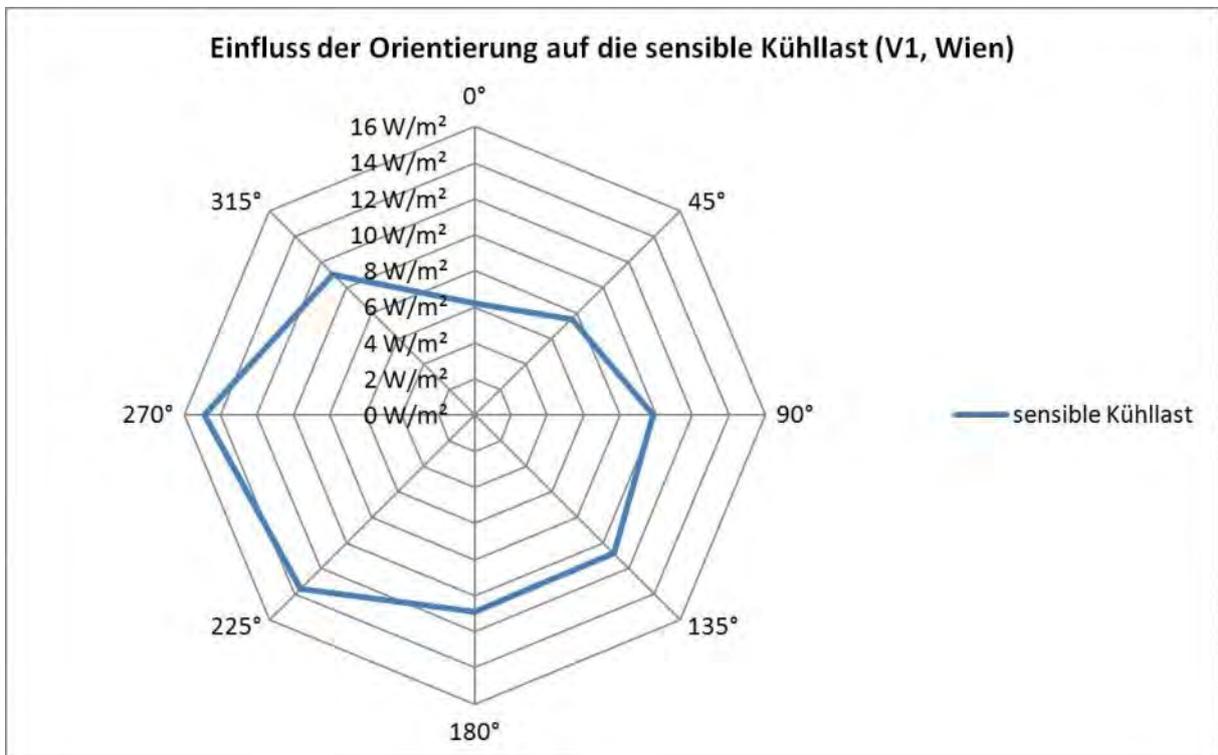


Abbildung 44: Einfluss der Orientierung auf das auftretende Tagesmaximum der sensiblen Kühlleistung eines Normsommertages am Teststandort Wien für Testraum Büro V1

4.3.2 Verglasungsanteil

Gerade im Bürobau stellt auch der Verglasungsanteil der Fassade einen sehr wesentlichen Parameter dar. Für die Simulationsstudien wurden daher Testraumvarianten mit 50%, 75% und 100% Verglasungsanteil in der Außenwand definiert (vgl. Abbildung 42).

In einer entsprechenden Simulationsreihe wurde der sensible Kühlbedarf eines Normsommertages am Standort Wien für die Testraumvarianten V1 (50% Verglasungsanteil), V2 (75% Verglasungsanteil) und V3 (100% Verglasungsanteil) in 45°-Schritten für verschiedene Orientierungen ermittelt und in einem Netzdiagramm aufgetragen (Abbildung 45). In der Grafik ist deutlich erkennbar, dass der Kühlbedarf mit zunehmender Größe der Verglasung in jeder Himmelsrichtung deutlich steigt. Dieser Effekt ist zwar bei östlichen, südlichen und westlichen Orientierungen etwas stärker, der sensible Kühlbedarf fällt jedoch auch in nördlichen Orientierungen bei größeren Verglasungen erkennbar höher aus.

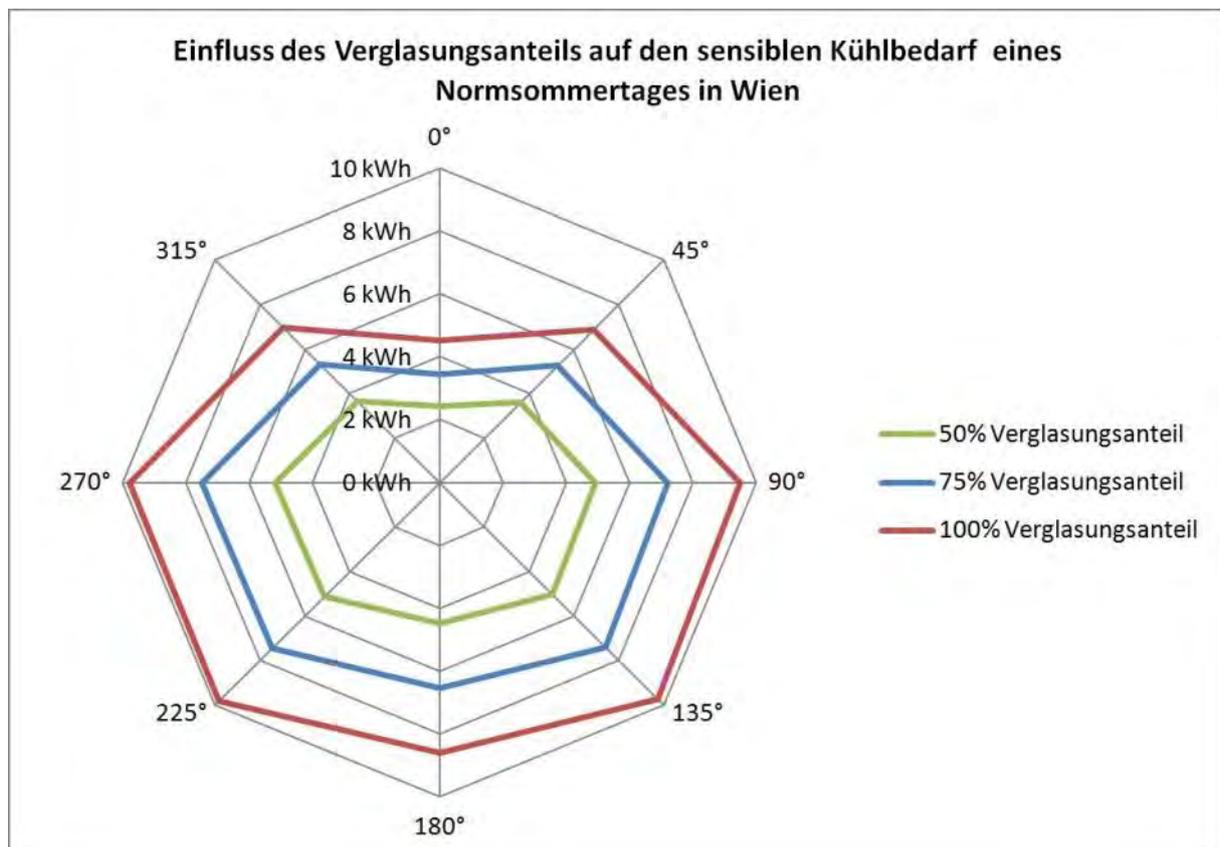


Abbildung 45: Einfluss des Verglasungsanteils in der Fassade auf den sensiblen Kühlbedarf eines Normsommertages für Testraum Büro am Teststandort Wien

Um die Auswirkungen der Verglasungsgröße auch für den Heizfall zeigen zu können, wurde in einer zweiten Simulationsreihe der Heizwärmebedarf eines durchschnittlichen Jänner-Tages simuliert (Abbildung 46). Dabei ist zu beachten, dass bei der Simulation zum Sommerfall ein Extremtag (Normsommertag) betrachtet wurde, im Winterfall jedoch ein langjähriger

durchschnittlicher Jännertag. Die absoluten Ergebniswerte können einander also keinesfalls gegenübergestellt werden.

Um einen energetisch optimalen Verglasungsanteil des Testraums für jede Orientierung zu bestimmen, müssten außerdem - abgesehen von anderen Aspekten wie der Belichtung - Kühl- und Heizwärmebedarf über den ganzen Jahresverlauf betrachtet werden. Durch die Simulation des Heizwärmebedarfs eines einzelnen durchschnittlichen Jännertages lassen sich dennoch einige interessante Informationen gewinnen.

Betrachtet man Abbildung 45 und Abbildung 46 so zeigt sich, dass große Verglasungen in westlicher, nördlicher und östlicher Orientierung sowohl im Heiz-, als auch im Kühlfall nachteilig sind. Erst bei Orientierungen in südlicher Richtung zwischen etwa 105° und 255° tritt eine Umkehr ein. Durch die erhöhten solaren Gewinne im Süden bei niedrigem Sonnenstand, sinkt der Heizwärmebedarf der Testräume mit großer Verglasung hier unter jenen der Testräume mit niedrigerem Verglasungsanteil. Bei vollständiger Verglasung der Außenwand (rote Linie) und exakter Südorientierung sinkt der Heizwärmebedarf im Schnitt im Jänner am Teststandort Wien sogar auf null.

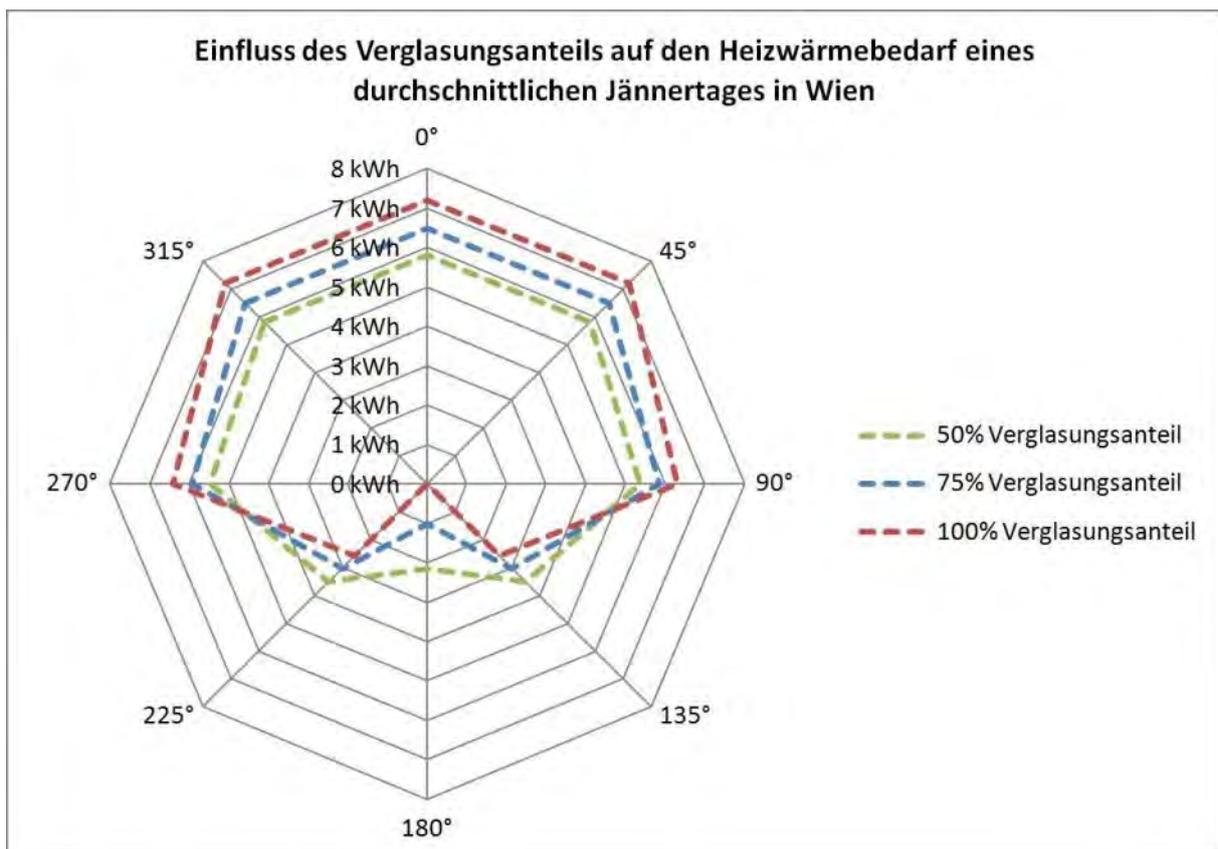


Abbildung 46: Einfluss des Verglasungsanteils in der Fassade auf den Heizwärmebedarf eines mittleren Jännertages für Testraum Büro am Teststandort Wien

Da der Heizwärmebedarf in modernen Bürogebäuden einen eher geringen Anteil des gesamten Energieverbrauchs ausmacht und die hohen solaren Einträge in südlicher Orientierung auch zu

einer deutlichen Verlängerung der Kühlsaison führen können, ist es jedoch unwahrscheinlich, dass sehr große Verglasungen in südlicher Orientierung hier über das ganze Jahr betrachtet zu einer Energieeinsparung führen.

4.3.3 Verglasungsart

In einer weiteren Parameterstudie zur Fassadengestaltung von Bürogebäuden wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Verglasungsarten auf Kühl- und Heizwärmebedarf untersucht. Dazu wurde eine durchschnittliche Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung (6.502.08), einer gewöhnlichen Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung (6.512.12), sowie einer Passivhausverglasung aus speziellem Weißglas (6.512.08) mit relativ hohem Lichttransmissions- (τ_s) und Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) gegenübergestellt (siehe Tabelle 40).

Tabelle 40: Verglasungsarten Testraum Büro

Katalog-Nr.	U [W/m ² K]	τ_s	g	Bezeichnung
6.512.08	0.70	0.54	0.60	3-fach Wärmeschutzglas beschichtet 4:-12-4-12-:4 (Kr) SOLAR/ z.B. CLIMATOP Solar WEISSGLAS
6.512.12	0.70	0.39	0.47	3-fach Wärmeschutzglas beschichtet 4:-12-4-12-:4 (Ar) iplus 3E (INTERPANE)
6.502.08	1.10	0.52	0.60	Zweischeiben-Wärmeschutzglas beschichtet 4-16-:4 (Ar) iplus neutral E (INTERPANE)

Die Passivhausverglasung mit Weißglasscheiben unterscheidet sich in Bezug auf den Gesamtenergiedurchlassgrad nicht von der Zweischeibenverglasung, lediglich der Lichttransmissionsgrad ist durch die speziellen Gläser etwas höher. Dementsprechend weicht auch der sensible Kühlbedarf der beiden Verglasungsvarianten im Testraum nur wenig voneinander ab (vgl. Abbildung 47). Bei der herkömmlichen Dreischeibenverglasung ist der g-Wert jedoch deutlich geringer und damit liegt auch der Kühlbedarf niedriger.

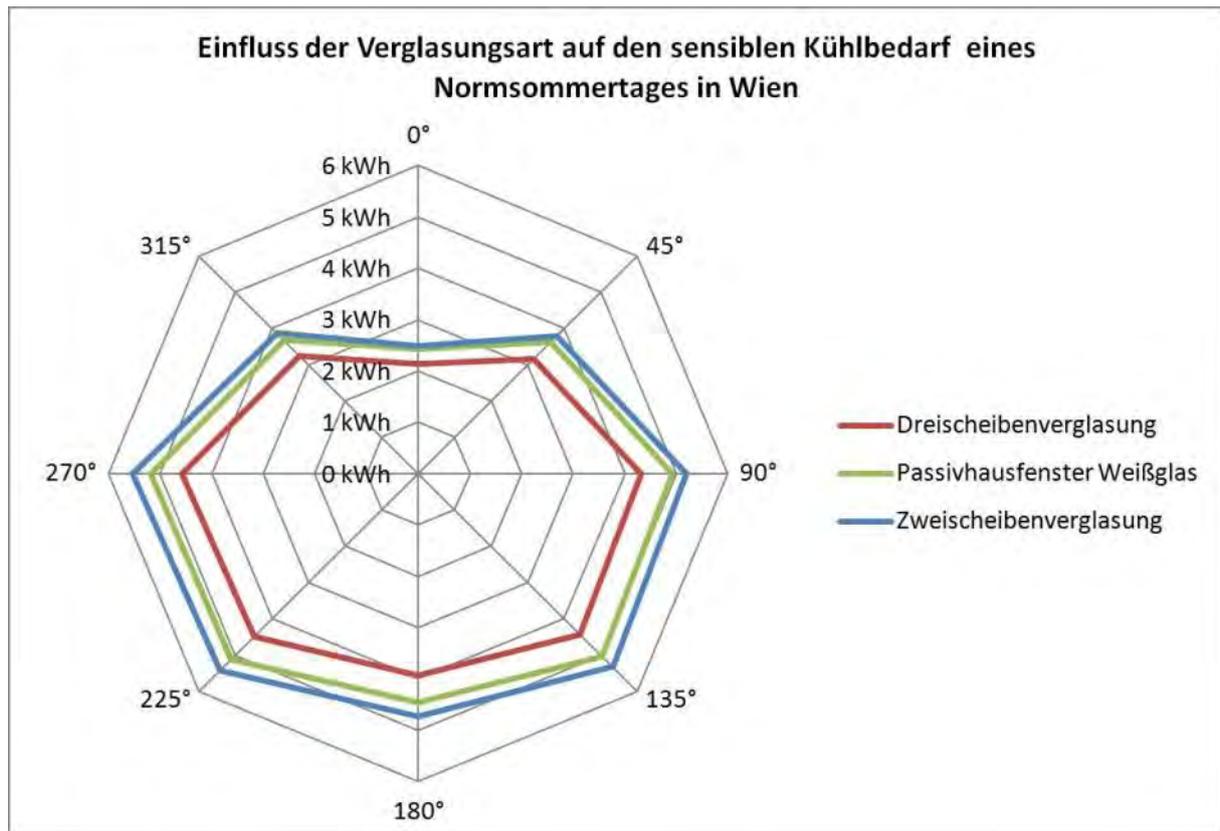


Abbildung 47: Einfluss der Verglasungsart auf den sensiblen Kühlbedarf eines Normsommertages im Testraum Büro V1 am Teststandort Wien.

Betrachtet man den Winterfall (Abbildung 48), so spielt der U-Wert die ausschlaggebende Rolle. Die beiden gewählten Dreischeibenverglasungen haben beide einen U-Wert von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der Heizwärmebedarf im Testraum unterscheidet sich bei diesen beiden Varianten kaum. Lediglich bei südlichen Orientierungen kommt der höhere Gesamtergiedurchlassgrad der Weißgläser zu tragen und der Heizwärmebedarf der speziellen Passivhausverglasung liegt hier erkennbar niedriger als bei der herkömmlichen Dreischeibenverglasung.

Die Zweischeibenverglasung mit dem deutlich höheren U-Wert von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ schneidet in der Simulationsstudie auch im Winterfall in allen Orientierungen am schlechtesten ab. In südlicher Orientierung sinkt der Heizwärmebedarf aufgrund des ebenfalls hohen g-Wertes und der damit verbundenen solaren Strahlungsgewinne auch hier deutlich ab - er reicht jedoch nicht an jenen der Variante mit Dreischeibenverglasung und niedrigerem u-Wert heran.

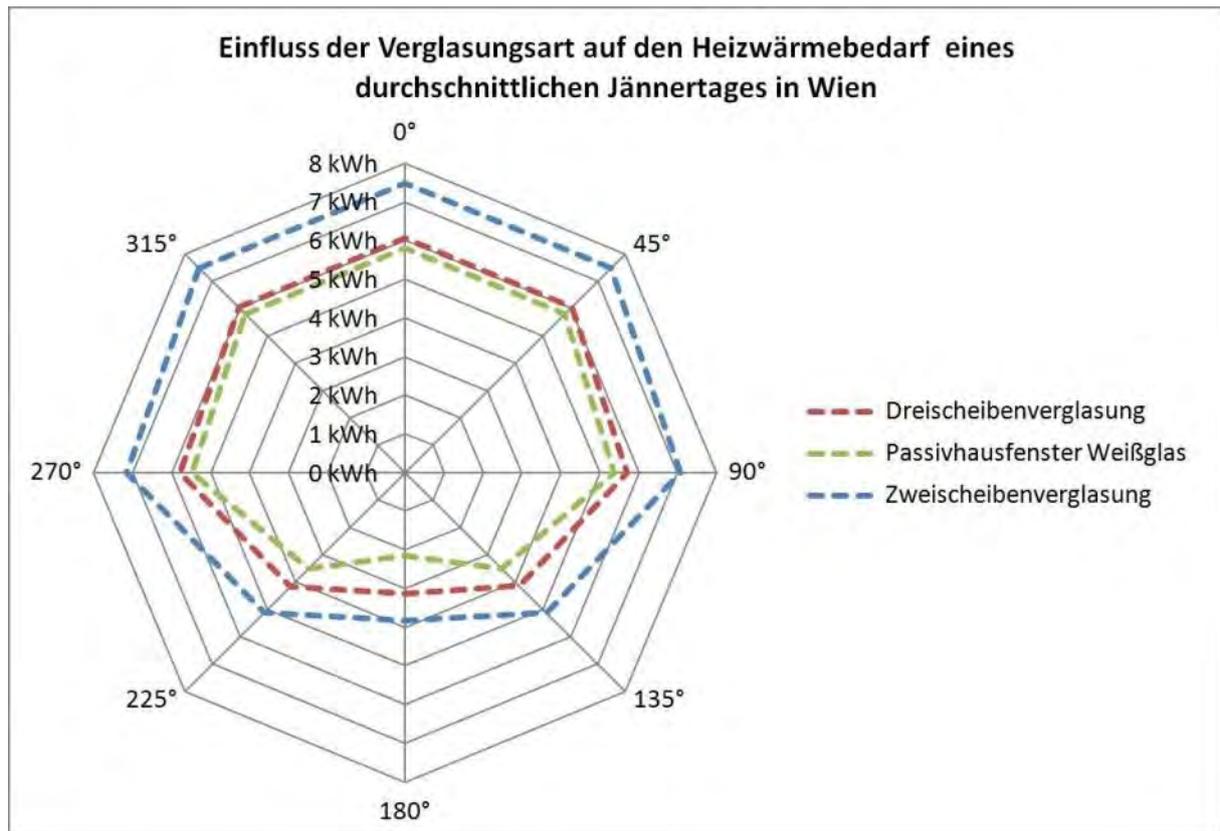


Abbildung 48: Einfluss der Verglasungsart auf den Heizwärmebedarf eines durchschnittlichen Jännertages im Testraum Büro am Teststandort Wien.

4.3.4 Nachtlüftung

In Hinblick auf Sommertauglichkeit und Kühlbedarf spielt die Nachtabkühlung eine sehr wesentliche Rolle. Entsprechend ÖNORM B 8110-5 wurde in den Simulationsreihen für die Nachtlüftung mittels Fensterlüftung eine Luftwechselzahl von 1,5 1/h angesetzt. Erfolgt die Nachtlüftung mit Hilfe der Raumlüftungstechnik, so kann die Luftwechselzahl auf 2,5 1/h erhöht werden.

In Abbildung 49 ist der sensible Kühlbedarf eines Normsommertages bei unterschiedlicher Nachtlüftung in verschiedenen Orientierungen dargestellt. Die Grafik macht deutlich wie stark der Kühlbedarf durch eine effektive Nachtlüftung gesenkt werden kann.

Da in den Modellgebäuden die Nutzung besonders energieeffizienter Geräte unterstellt wird, wurde die durch den Betrieb der Lüftungsanlage erzeugte zusätzliche Wärme in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

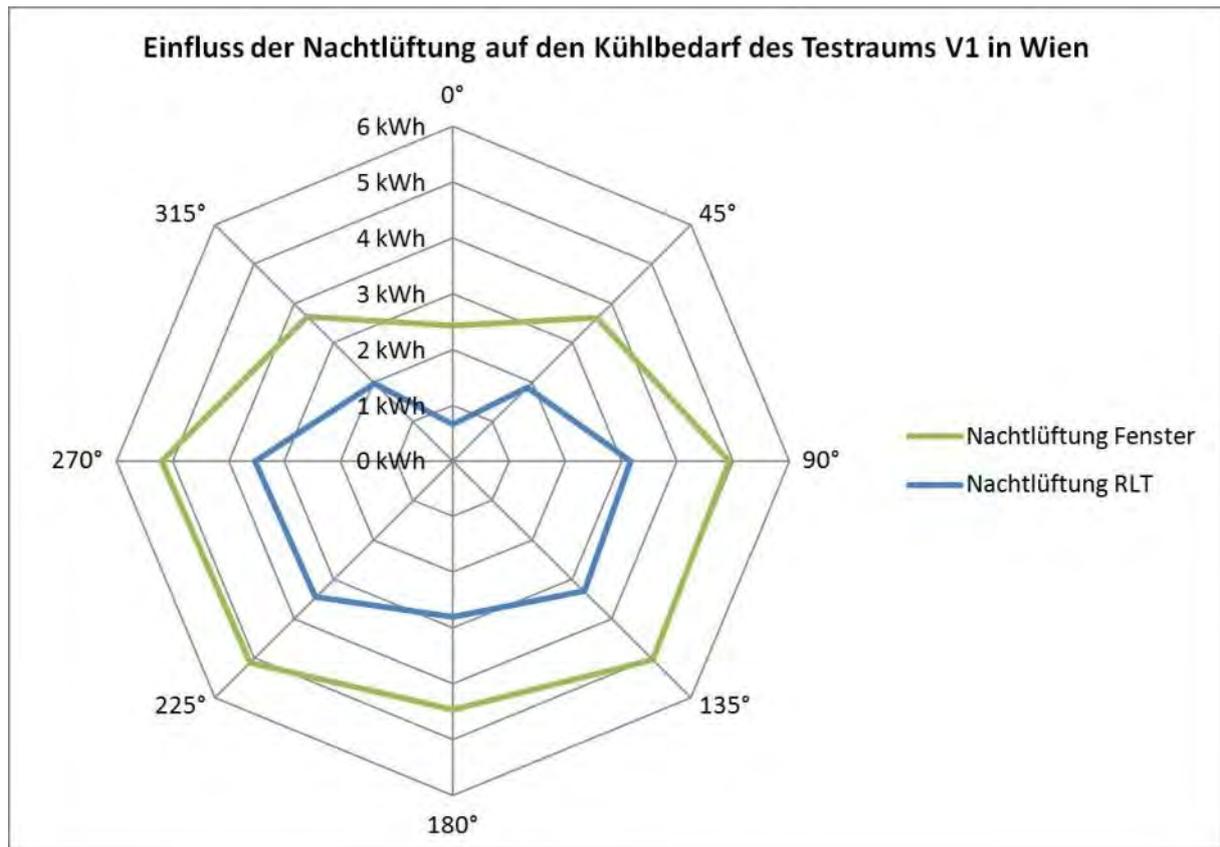


Abbildung 49: Einfluss der Nachtlüftung auf den sensiblen Kühlbedarf eines Normsommertages in Testraum Büro V1 am Teststandort Wien

5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Planungsempfehlungen

Basierend auf den Simulationsergebnissen der Parameterstudien zur Optimierung der architektonischen Rahmenbedingungen für die Konzeption hocheffizienter Gebäude-Energiesysteme, können folgende Ergebnisse zusammengefasst und als Planungsempfehlungen formuliert werden:

5.1 Standortklima

Die lokalen klimatischen Gegebenheiten spielen bei der energetischen Optimierung von Gebäuden eine entscheidende Rolle. In den durchgeführten Parameterstudien wurden der Heizwärmebedarf und das sommerliche Temperaturverhalten der Modellgebäude an fünf Standorten in unterschiedlichen österreichischen Klima- und Höhenlagen untersucht.

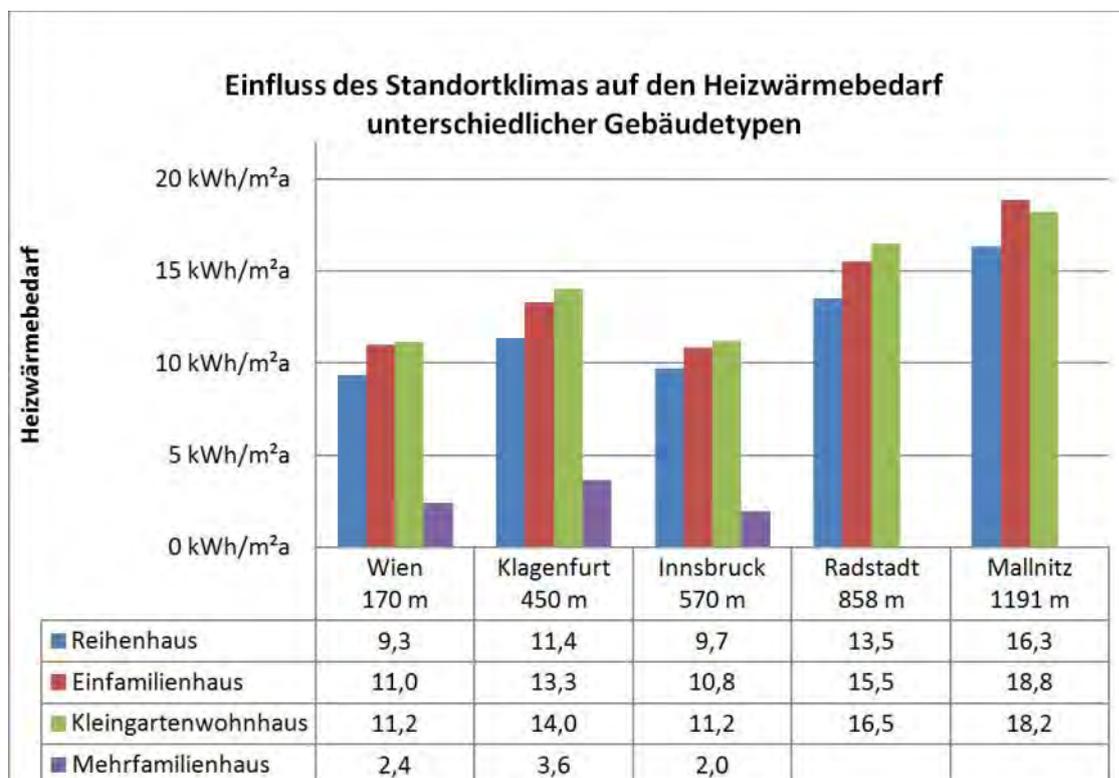


Abbildung 50: Gegenüberstellung des Heizwärmebedarfs unterschiedlicher Gebäudetypen in Abhängigkeit des Gebäudestandorts. Es werden hier die nach Süden ausgerichteten Gebäude mit Verglasungsvariante V1 (kleinste südseitige Verglasung) dargestellt.

In Abbildung 50 und Abbildung 51 sind die ausgewählten Teststandorte von links aufsteigend nach ihrer jeweiligen Höhenlage geordnet. Auf diese Weise ist gut erkennbar, dass der Heizwärmebedarf mit zunehmender Seehöhe tendenziell steigt, während die maximalen sommerlich auftretenden Raumlufttemperaturen sinken. Dieser Effekt lässt sich durch die in der Regel mit zunehmender Seehöhe sinkenden Lufttemperaturen erklären.

Eine Ausnahme bildet in beiden Grafiken der Teststandort Innsbruck. Der Heizwärmebedarf der Modellgebäude ist hier aufgrund der hohen passiven Solarenergiegewinne deutlich geringer als am etwas niedriger gelegenen Standort Klagenfurt. Gleichzeitig liegen auch die sommerlichen Maximaltemperaturen der Raumluft am Standort Innsbruck etwas höher, da die solaren Wärmeeinträge durch die südseitige Verglasung in Innsbruck bei ähnlichen Außenlufttemperaturen etwas größer sind als jene in Klagenfurt. Hier wird deutlich, dass die Berücksichtigung der lokalen klimatischen Gegebenheiten bei der Optimierung der architektonischen Rahmenbedingungen von Plusenergiegebäuden unverzichtbar ist.

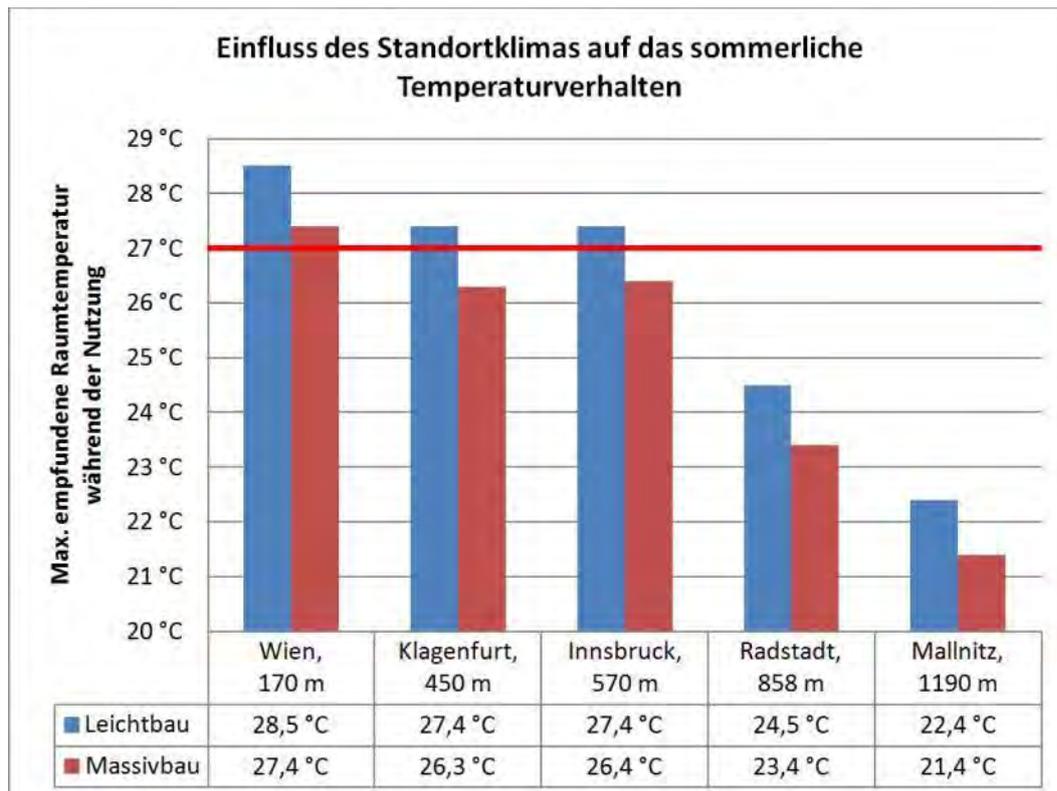


Abbildung 51: Temperaturverhalten des Testraums Einfamilienhaus (EFH) mit großer südorientierter Glasfläche (V3) in der Sommertauglichkeitssimulation an fünf Standorten mit unterschiedlicher Klimalage und Seehöhe.

5.2 Südorientierte Verglasungsflächen

Abbildung 52 zeigt wie stark der Heizwärmebedarf durch eine Vergrößerung des südseitigen Verglasungsanteils durch eine Steigerung der passiven solaren Gewinne reduziert werden kann. Durch eine Vervielfachung der südorientierten Glasflächen konnte in den Simulationsreihen für verschiedene Gebäudetypen eine Verringerung des Heizwärmebedarfs um 35% bis 64% erzielt werden. In Abbildung 54 zeigen sich jedoch die gegenläufigen Interessen. Durch Vergrößerung der südorientierten Glasfläche (V1 kleinste, V2 mittlere, V3 größte südseitige Glasfläche) kann der Heizwärmebedarf zwar reduziert werden (rechte y-Achse, Datenlinie gestrichelt), gleichzeitig wird es jedoch immer schwieriger Sommertauglichkeit zu erreichen (linke y-Achse, Datenlinie durchgezogen).

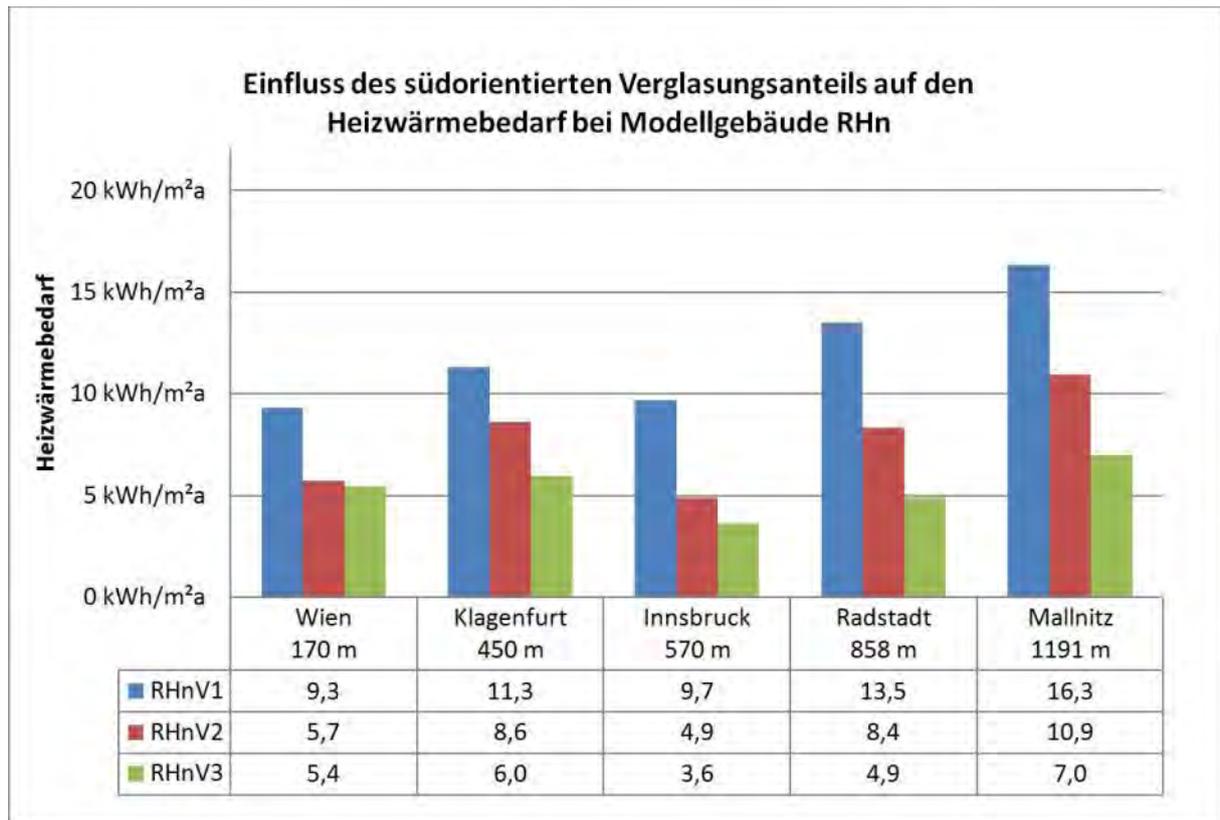


Abbildung 52: Flächenbezogener Heizwärmebedarf des nord-südorientierten Reihenhauses bei unterschiedlich großer südorientierterer Verglasungsfläche an verschiedenen Standorten.

Wie groß die möglichen Energieeinsparungen tatsächlich sind, hängt unter anderem stark vom jeweiligen Standortklima ab, also von den durchschnittlich auftretenden Lufttemperaturen und Strahlungsintensitäten. Während die auftretenden Lufttemperaturen mit zunehmender Seehöhe in der Regel sinken, nimmt die Strahlungsintensität in größeren Höhenlagen im Allgemeinen zu. Tendenziell sind die erzielbaren Energieeinsparungen durch Vergrößerung der südorientierten Glasflächen hier also höher, während zugleich die Gefahr einer sommerlichen Überwärmung abnimmt (vgl. Abbildung 51). Eine sehr große südseitige Glasfläche ist an den niedriger gelegenen Teststandorten Wien, Klagenfurt und Innsbruck aus Sicht der Sommertauglichkeit auf jeden Fall als kritisch zu betrachten. An den hochgelegenen Teststandorten Radstadt und Mallnitz erreichen die sommerlichen Raumlufttemperaturen auch bei großzügiger Öffnung der Südfassade keine kritischen Werte.

5.3 Verglasungsanteil der Fassade im Bürobau

Auch im Bürobau stellt der Verglasungsanteil der Fassade einen sehr wesentlichen Parameter dar. Moderne Glasarchitektur und hohe innere Wärmelasten im heutigen Bürobetrieb haben dazu geführt, dass der jährliche Heizwärmebedarf in Bürobauten in der Regel vom Kühlbedarf überstiegen wird.

In den Simulationsreihen wurden Testraumvarianten mit 50%, 75% und 100% Verglasungsanteil in der Außenwand untersucht. Dabei zeigte sich, dass große Verglasungen in westlicher, nördlicher und östlicher Orientierung sowohl im Heiz-, als auch im Kühlfall nachteilig sind (vgl. Abbildung 53).

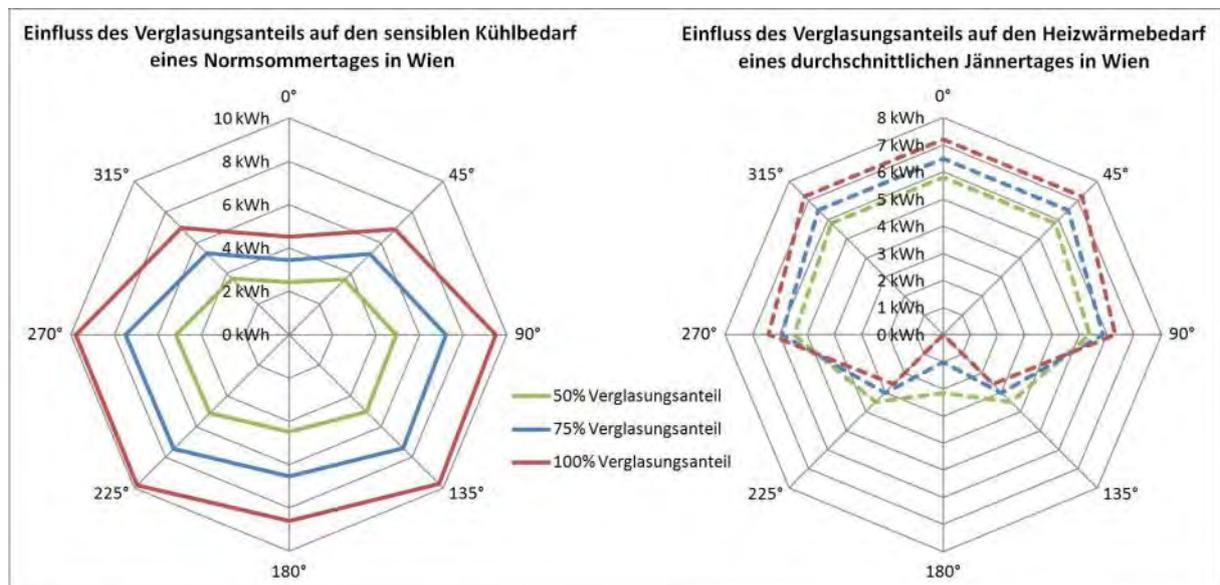


Abbildung 53: Einfluss des Verglasungsanteils in der Fassade auf den sensiblen Kühlbedarf eines Normsommertages und den Heizwärmebedarf eines durchschnittlichen Jännertages im Testraum Büro am Teststandort Wien

Bei Orientierungen in südlicher Richtung zwischen etwa 105° und 255° steigt der Kühlbedarf mit zunehmender Verglasungsgröße noch stärker an, während hier im Winterfall eine Umkehr eintritt. Durch die erhöhten solaren Gewinne im Süden bei niedrigem Sonnenstand, sinkt der Heizwärmebedarf der Testräume mit großer Verglasung unter jenen der Testräume mit niedrigerem Verglasungsanteil.

Da der Heizwärmebedarf in modernen Bürogebäuden einen eher geringen Anteil des gesamten Energieverbrauchs ausmacht und die hohen solaren Einträge in südlicher Orientierung auch zu einer deutlichen Verlängerung der Kühltage führen können, ist es jedoch unwahrscheinlich, dass sehr große Verglasungen in südlicher Orientierung über das ganze Jahr betrachtet zu einer Energieeinsparung führen.

5.4 Orientierung großer Glasflächen

Betrachtet man den Einfluss der Orientierung auf das Gebäude so zeigt sich, dass eine exakte Südorientierung der Hauptfassade gegenüber einer Verschwenkung nach Osten oder Westen sowohl für den Heizwärmebedarf, als auch für die sommerlich auftretenden Temperaturen von Vorteil ist. Die Strahlungseinträge auf der vertikalen Fassade sind im Winter bei niedrigem Sonnenstand im Süden am höchsten. Bei höherem Sonnenstand im Sommer überwiegen auf der senkrechten Fassade die Strahlungseinträge aus Osten und Westen.

Je nach Standort, Bauweise, Gebäudetyp und Größe der südseitigen Verglasung kommt es daher bei Verdrehen des Gebäudes aus der Nord-Südachse zu einem unterschiedlich starken Anstieg des Heizwärmebedarfs und der sommerlichen Raumtemperaturen.

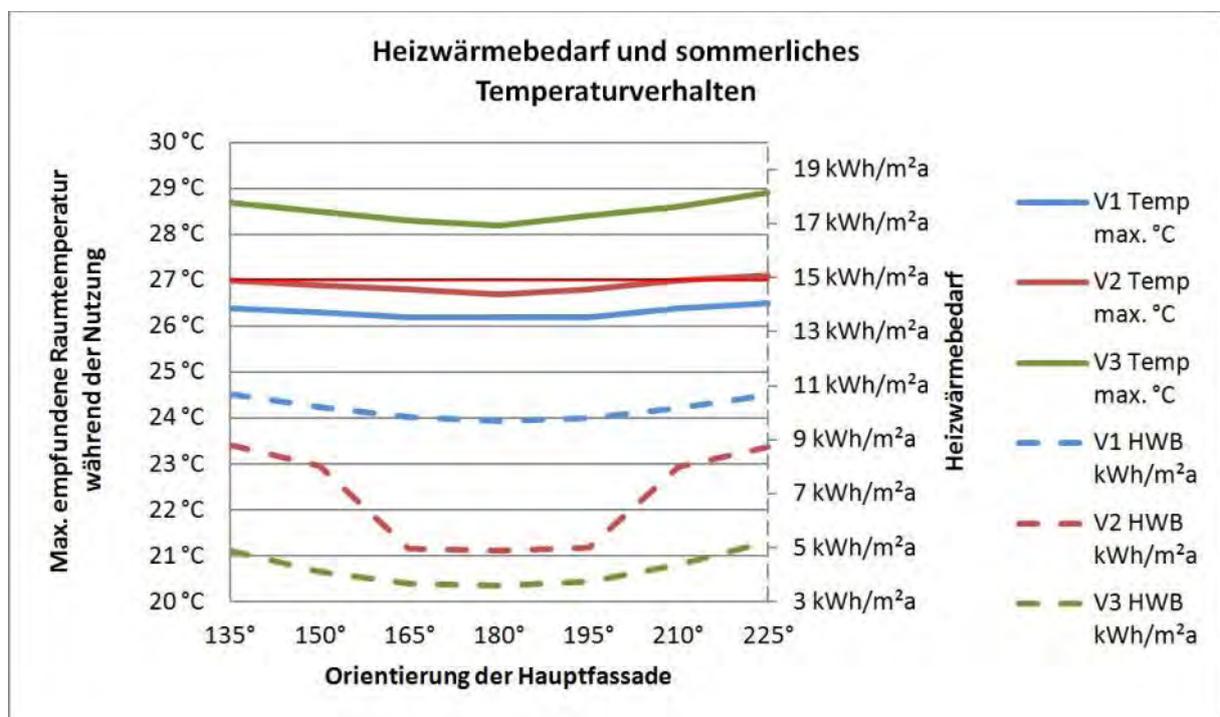


Abbildung 54: Gegenüberstellung der maximal auftretenden sommerlichen Raumtemperaturen in Testraum RHn in Massivbauweise mit dem Heizwärmebedarf des jeweils zugehörigen Modellgebäudes am Standort Innsbruck.

In Abbildung 55 ist der sensible Kühlbedarf des Testraums Büro V1 am Standort Wien in 45°-Schritten für alle Himmelsrichtungen in einer Netzgrafik dargestellt. Auch hier ist deutlich erkennbar, dass der Kühlbedarf bei Südorientierung etwas geringer ausfällt als bei Ost- oder Westorientierung.

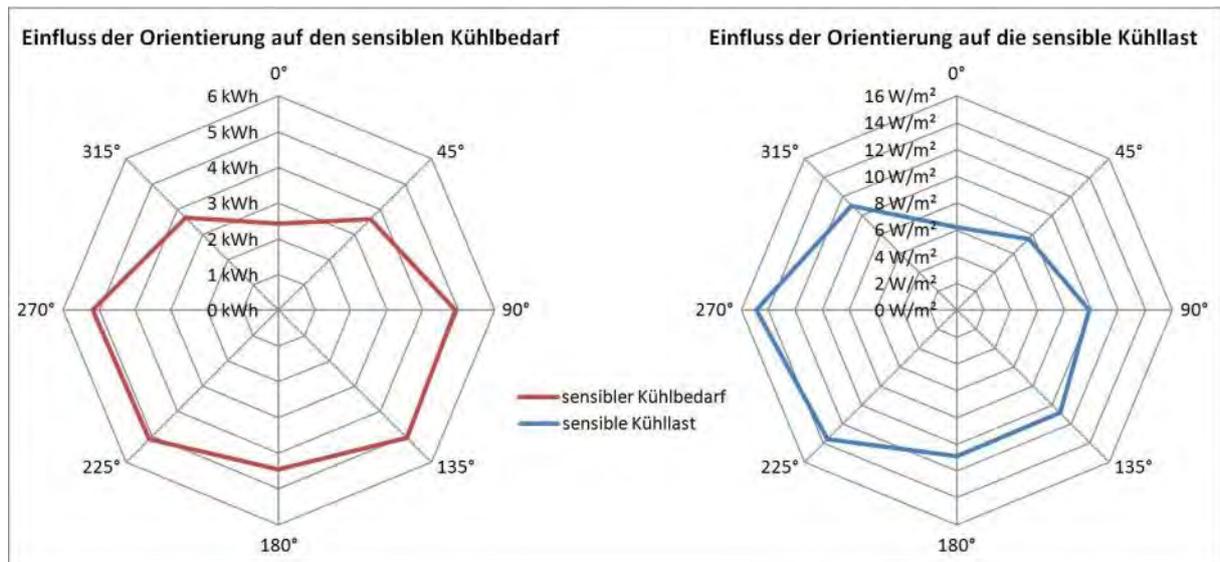


Abbildung 55: Einfluss der Orientierung auf den sensiblen Kühlbedarf und die sensible Kühllast eines Normsommertages am Teststandort Wien für Testraum Büro V1

Nach Osten und Westen erscheint die Ergebniskurve des sensiblen Kühlbedarfs relativ symmetrisch. Anders stellt sich die Situation dar, wenn man die jeweils auftretende Spitze der sensiblen Kühlleistung im Tagesverlauf betrachtet. Hier zeigt sich eine relativ starke Zunahme der sensiblen Kühllast in westlicher Orientierung. Für die Auslegung der Kühlanlage muss also nicht nur der deutliche Unterschied zwischen Nord- und Südorientierung, sondern auch die ebenso stark ausfallende Differenz zwischen Ost- und Westorientierung der betroffenen Räume berücksichtigt werden.

5.5 Speichermasse

Die verfügbare Speichermasse hat einen wesentlichen Einfluss auf das sommerliche Temperaturverhalten von Innenräumen. In den Simulationsstudien lag die Anzahl der nicht sommertauglichen Varianten bei den Testräumen in Leichtbauweise deutlich höher, als bei jenen in Massivbauweise. Der Temperaturunterschied zwischen den Bauweisen lag je nach Gebäudetyp und Standort zwischen 0,2 K und 1,2 K. In Abbildung 56 ist außerdem erkennbar, dass die Differenz zwischen Leicht- und Massivbauweise bei Vergrößerung der südorientierten Glasfläche zunimmt.

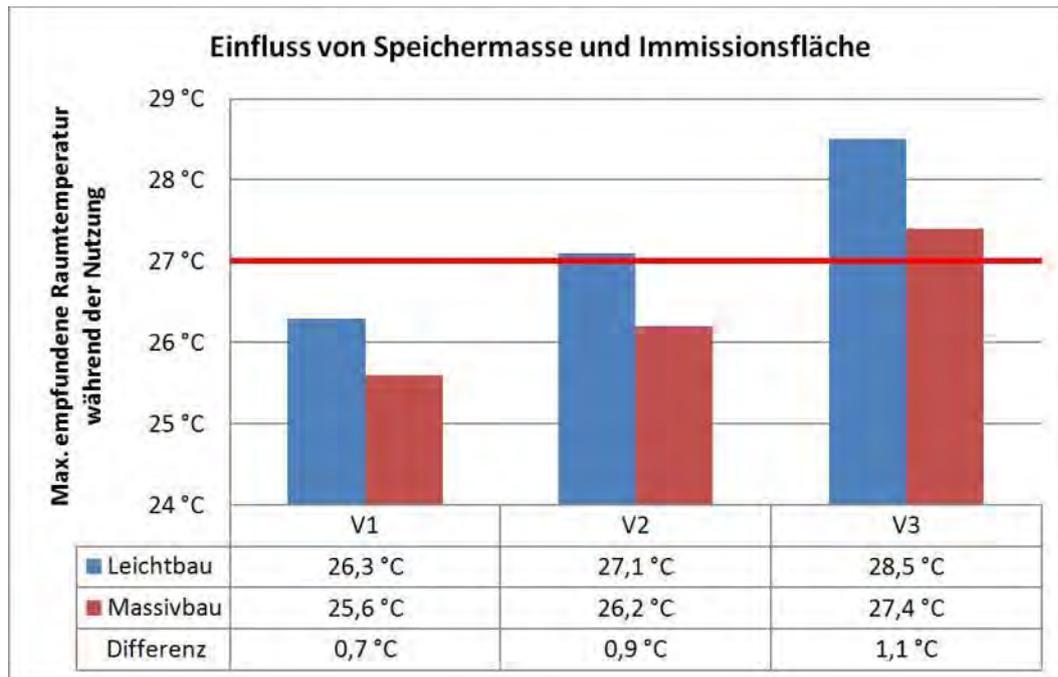


Abbildung 56: Temperaturverhalten des Testraums Einfamilienhaus (EFH) in der Sommertauglichkeitssimulation am Standort Wien mit unterschiedlich großer südorientierter Glasfläche.

5.6 Kompaktheit des Baukörpers

Die Kompaktheit von Gebäuden wurde im Zuge der durchgeführten Parameterstudien nicht explizit untersucht. Die Modellgebäude weisen jedoch unterschiedliche Oberflächen-Volumsverhältnisse (A/V -Verhältnis) auf, was sich deutlich auf den jeweiligen Heizwärmebedarf auswirkt.

In Abbildung 50 ist der Zusammenhang zwischen Heizwärmebedarf und der Kompaktheit des Gebäudes gut erkennbar: Das an zwei Seiten an Nachbargebäude grenzende Reihenhauses mit einem A/V -Verhältnis von 0,47 weist einen deutlich niedrigeren flächenbezogenen Heizwärmebedarf auf, als das gleich große freistehende Einfamilienhaus (A/V 0,72) und das deutlich kleinere Kleingartenwohnhaus (A/V 0,79). Den niedrigsten Heizwärmebedarf weist mit Abstand das beidseitig angebaute und großvolumige Mehrfamilienhaus mit einem A/V -Verhältnis von nur 0,26 auf.

5.7 Gebäudeabstand im dichtverbauten Stadtraum

Abbildung 57 zeigt, dass das ost-westorientierte und das nord-südorientierte Modellgebäude bei einer typischen Verschattungssituation wie im Wiener Gründerzeitviertel (H1, 30° Verschattungswinkel vom Fassadenfußpunkt) einen annähernd gleichen Heizwärmebedarf aufweisen. Bei Nord-Südorientierung reduziert sich der Heizwärmebedarf bei günstigeren Verschattungsverhältnissen (H2, H3) durch einen größeren Gebäudeabstand erheblich, während der Einfluss der Verschattung auf den Heizwärmebedarf beim ost-westorientierten

Modellgebäude gering ist. Je nach Standortklima ist dieser Einfluss ebenso wie die Schwankungsbreite des Heizwärmebedarfs unterschiedlich ausgeprägt.

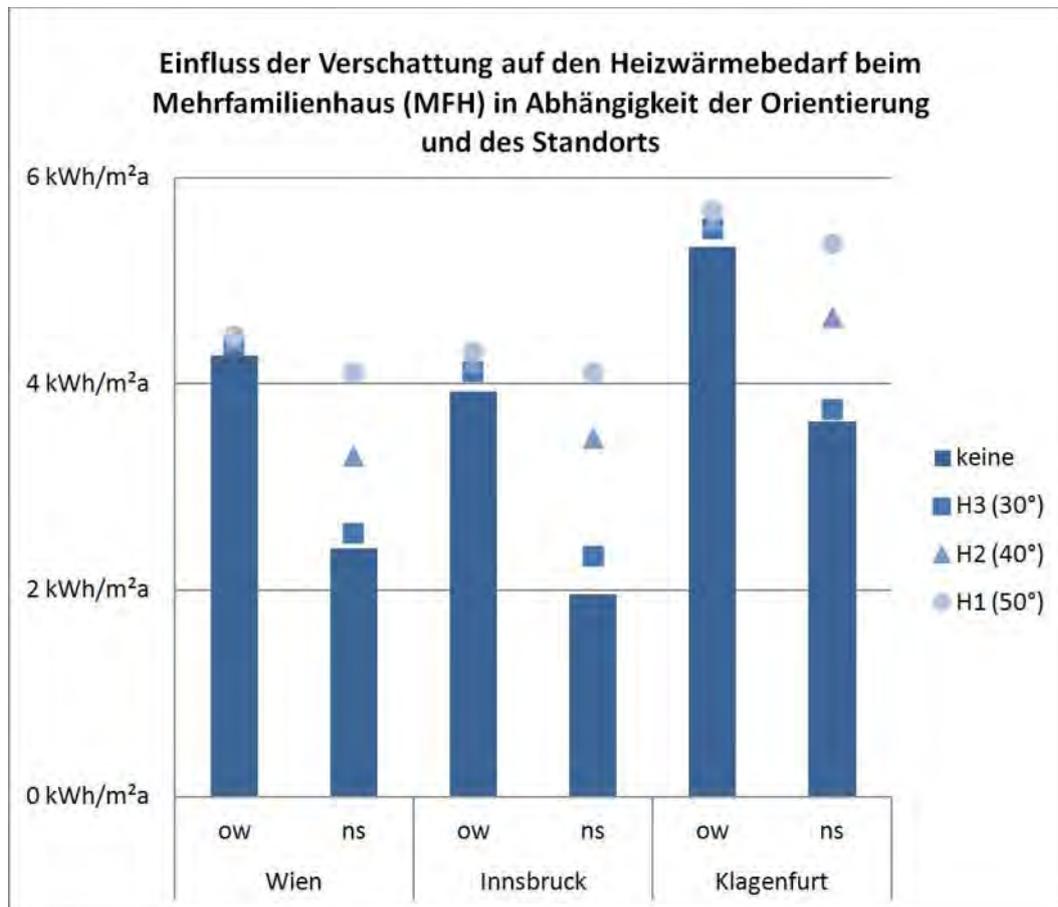


Abbildung 57: Einfluss der Verschattung auf den Heizwärmebedarf beim ost-west- und nord-südorientierten Mehrfamilienhaus (MFHow bzw. MFHns) mit kleinstem Verglasungsanteil (V1) an unterschiedlichen Standorten.

5.8 Lüftungswärmerückgewinnung

Durch den Einsatz einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung kann der Heizwärmebedarf drastisch reduziert werden. Der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnungsanlage wirkt sich dabei stark auf die jeweilige erzielbare Energieeinsparung aus. Abbildung 58 zeigt die erzielten Einsparungen am Beispiel des Modellgebäudes Mehrfamilienhaus für unterschiedliche Wirkungsgrade.

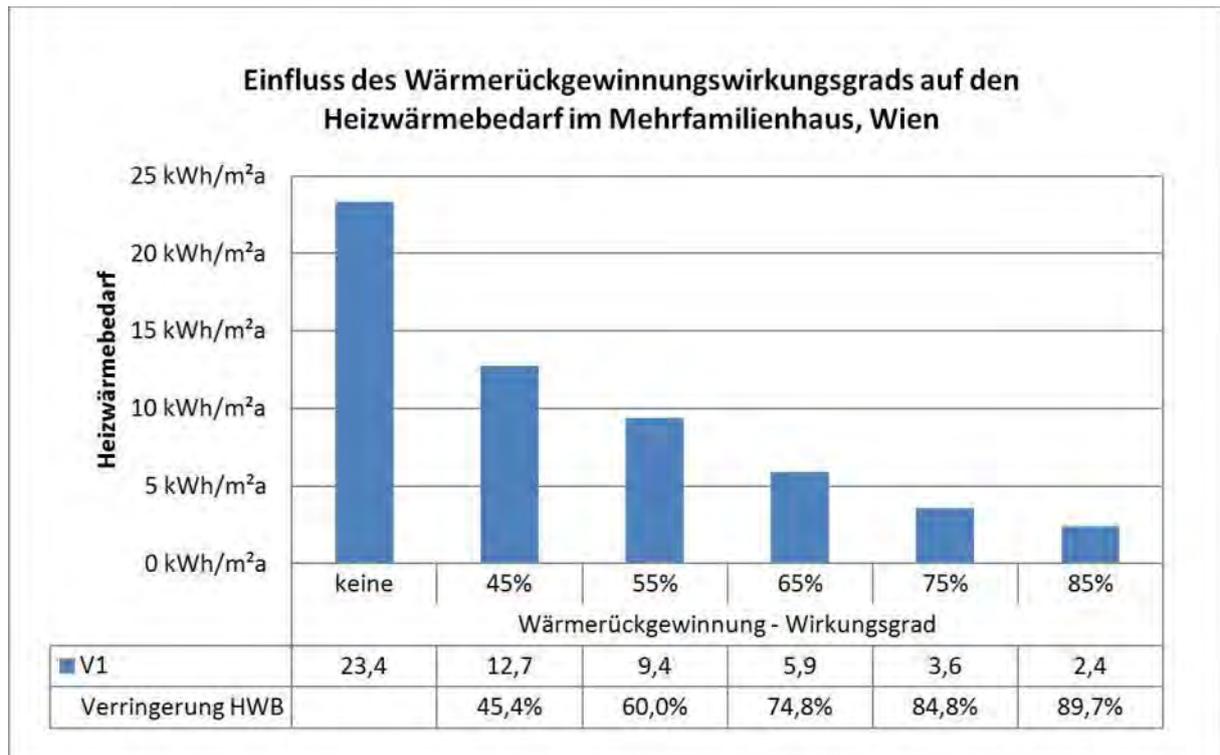


Abbildung 58: Einfluss der Lüftungswärmerückgewinnung auf den Heizwärmebedarf beim Mehrfamilienhaus am Standort Wien, V1.

5.9 Nachtlüftung

Für den Erhalt angenehmer Raumtemperaturen während sommerlicher Hitzeperioden, spielt die effektive Nachtlüftung in unseren Breitengraden eine wesentliche Rolle. Je höher dabei der Luftwechsel ist, desto stärker ist auch die erzielte Abkühlung und desto niedriger liegen die tagsüber auftretenden Raumlufttemperaturen.

Im Wohnbau kann der nächtliche Luftwechsel durch Anordnung von Lüftungsöffnungen in zwei oder mehr unterschiedlichen Fassadenebenen erhöht und die auftretenden Maximaltemperaturen gesenkt werden. In Abbildung 60 ist erkennbar wie sich das Hinzufügen einer zweiten Lüftungsebene (M1) auf die Raumtemperatur im Testraum nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus auswirkt.

Am Teststandort Wien kann in den südorientierten Testräumen mit nur einer Lüftungsebene auch bei mindesterforderlicher Belichtungsfläche nach OIB-Richtlinie kaum Sommertauglichkeit erzielt werden.

Auch im Bürobau spielt die Nachtabkühlung eine sehr wesentliche Rolle. In Abbildung 59 ist erkennbar wie stark der sensible Kühlbedarf eines Normsommertages durch Erhöhen der Luftwechselzahl von 1,5 1/h (Fensterlüftung nach ÖNORM B 8110-5) auf 2,5 1/h (verstärkte Nachtlüftung über RLT-Anlage) gesenkt werden kann.

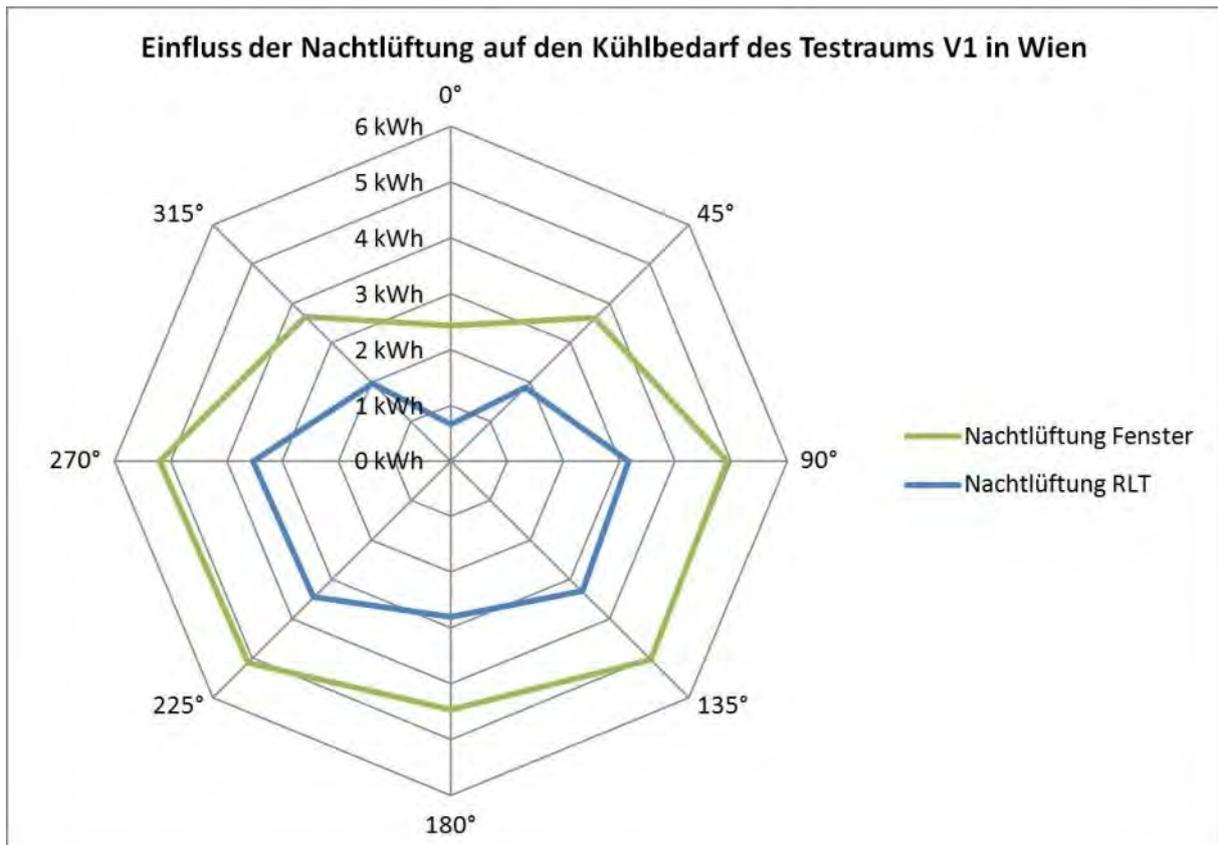


Abbildung 59: Einfluss der Nachtlüftung auf den sensiblen Kühlbedarf eines Normsommertages in Testraum Büro V1 am Teststandort Wien

5.10 Schrägverglasungen

Die durchgeführten Simulationsreihen zeigen, wie schwierig es durch die hohen Solarenergieeinträge ist, in Dachgeschoßräumen mit Schrägverglasung angenehme sommerliche Temperaturen zu erreichen. Selbst bei mindesterforderlicher Belichtungsfläche treten in der Sommertauglichkeitssimulation an den Standorten Wien, Innsbruck und Klagenfurt im Testraum weit über dem Grenzwert liegende Temperaturen auf.

Durch Erhöhen der speicherwirksamen Masse (Wände in Massivbauweise, Sargdeckel), Einfügen einer zweiten Lüftungsebene und die Ausführung der Schrägverglasung mit speziellen Sonnenschutzgläsern (niedriger g-Wert) konnte in der Simulation am Standort Innsbruck Sommertauglichkeit erreicht werden.

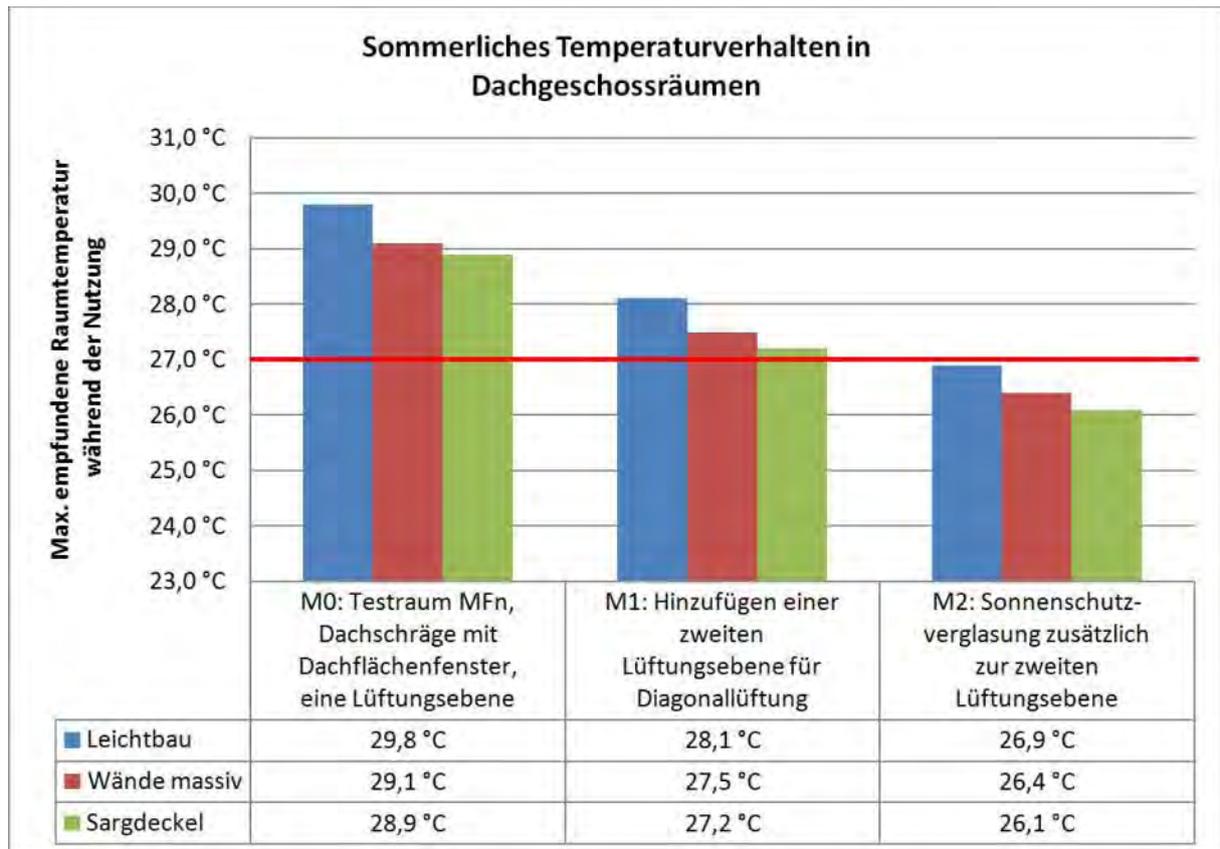


Abbildung 60: Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Verbesserung der Sommertauglichkeit von Testraum nord-südorientiertes Mehrfamilienhaus (MFn) am Standort Innsbruck.

5.11 Verglasungsart

Auch bei der Fassadengestaltung von Bürogebäuden ist neben dem U-Wert der Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der eingesetzten Gläser von Bedeutung. In den durchgeführten Simulationsreihen wurde eine durchschnittliche Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung, einer gewöhnlichen Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung und einer Passivhausverglasung aus speziellem Weißglas mit relativ hohem Lichttransmissions- (τ_s) und Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) gegenübergestellt.

Da die Passivhausverglasung mit Weißglasscheiben und die Zweischeibenverglasung in Bezug auf den g-Wert kaum voneinander abweichen, liegt auch der sensible Kühlbedarf der beiden Verglasungsvarianten nahe beieinander (vgl. Abbildung 61). Bei der herkömmlichen Dreischeibenverglasung ist der g-Wert deutlich geringer und damit fällt auch der Kühlbedarf niedriger aus.

Betrachtet man den Winterfall, so spielt der U-Wert die ausschlaggebende Rolle. Der Heizwärmebedarf der beiden Varianten mit Dreischeibenverglasung und ähnlichem U-Wert unterscheidet sich kaum. Die Zweischeibenverglasung mit dem deutlich höheren U-Wert schneidet in dieser Simulationsstudie jedoch auch im Winterfall in allen Orientierungen am schlechtesten ab.

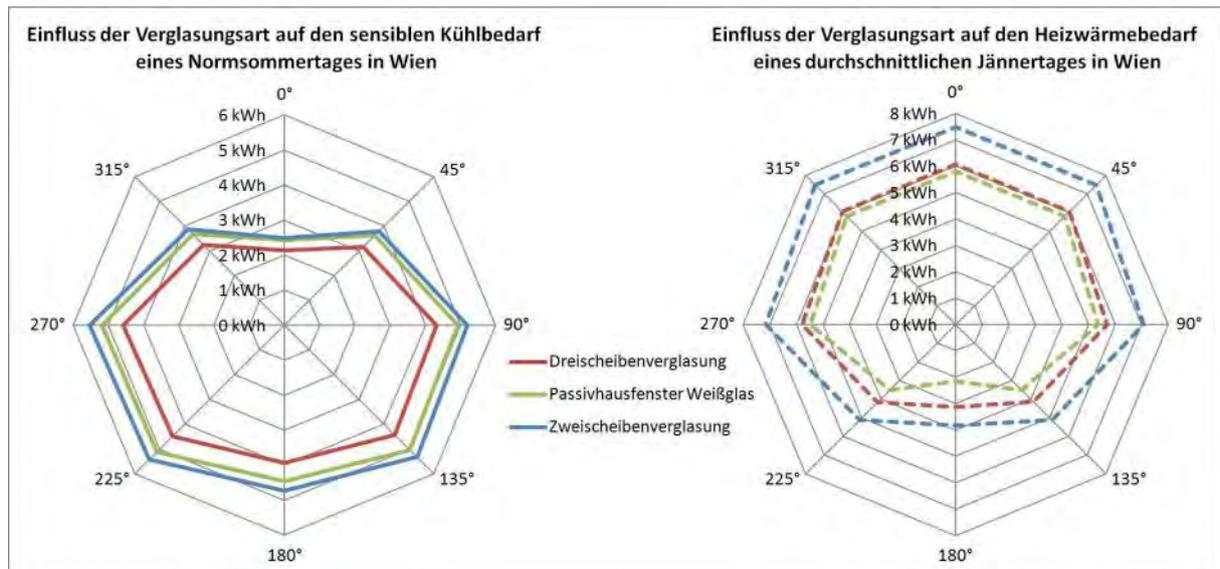


Abbildung 61: Einfluss der Verglasungsart auf den sensiblen Kühlbedarf eines Normsommertages und den Heizwärmebedarf eines durchschnittlichen Jännertages im Testraum Büro V1 am Teststandort Wien

5.12 Zusammenfassende Planungsleitsätze

Zusammenfassend lassen sich aus den Ergebnissen der durchgeführten Simulationsstudien folgende Planungsleitsätze für die Optimierung der architektonischen Rahmenbedingungen von Plusenergiegebäuden formulieren.

- Eine Berücksichtigung der lokalen klimatischen Gegebenheiten ist für die Optimierung der architektonischen Rahmenbedingungen von Plusenergiegebäuden unbedingt erforderlich.
- Durch Vergrößerung der südseitigen Glasflächen lassen sich die passiven solaren Gewinne steigern und der Heizwärmebedarf senken, zugleich steigt jedoch die Gefahr einer sommerlichen Überwärmung.
- Tendenziell nehmen die erzielbaren Energieeinsparungen durch Öffnung der Südfassade mit zunehmender Seehöhe des Gebäudestandortes zu.
- Zugleich nimmt das Risiko einer sommerlichen Überwärmung mit zunehmender Seehöhe des Gebäudestandortes tendenziell ab.
- Eine exakte Südorientierung der Südfassade ist sowohl für den Heizwärmebedarf, als auch für die sommerlich auftretenden Raumtemperaturen gegenüber einer Verschwenkung nach Osten oder Westen von Vorteil.
- Der zu erwartende Kühlbedarf und die maximal auftretenden Raumtemperaturen liegen in westlich orientierten Räumen in der Regel nur geringfügig höher, als in gleichen Räumen mit östlicher Orientierung. Betrachtet man das Tagesmaximum der Kühlleistung (bzw. die Kühllast), so fällt die Differenz zwischen östlicher und westlicher Orientierung wesentlich höher aus.

- Die verfügbare Speichermasse spielt vor allem bei großen südseitigen Glasflächen zur Erzielung von angenehmen Raumtemperaturen im Sommer eine wesentliche Rolle.
- In dichtverbauten stadträumlichen Situationen spielt die Straßenbreite bei ost-westorientierten Gebäudestandorten kaum eine Rolle. Bei nord-südorientierten Gebäuden hingegen wirkt sich der Gebäudeabstand über die Fassadenverschattung deutlich auf die erzielbaren passiven solaren Gewinne und damit auf den Heizwärmebedarf aus.
- Durch den Einsatz einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung kann der Heizwärmebedarf drastisch reduziert werden. Der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnungsanlage wirkt sich dabei stark auf die jeweilige erzielbare Energieeinsparung aus.
- Durch Anordnung von Lüftungsöffnungen in zwei oder mehr unterschiedlichen Fassadenebenen kann der nächtliche Luftwechsel erhöht und die auftretenden Maximaltemperaturen gesenkt werden. Am Teststandort Wien ist bei Einhaltung der mindesterforderlichen Belichtungsflächen ohne mögliche Quer- oder Diagonallüftung kaum Sommertauglichkeit erzielbar.
- Dachgeschoßräume mit Schrägverglasungen in Ost-, Süd- oder Westorientierung sind in Bezug auf die Sommertauglichkeit grundsätzlich als kritisch zu sehen. Nur durch Erhöhen der speicherwirksamen Masse, das ermöglichen einer Quer- oder Diagonallüftung und die Ausführung der Schrägverglasung mit Sonnenschutzgläsern können hier angenehme sommerliche Temperaturen gesichert werden.
- Vollverglaste Fassaden schneiden im Bürobau in nördlicher, östlicher und westlicher Orientierung sowohl im Heizfall als auch im Kühlfall schlechter ab, als Fassaden mit geringerem Verglasungsanteil. Bei Orientierungen in südlicher Richtung zwischen etwa 105° und 255° können sich größere Verglasungsanteile positiv auf den Heizwärmebedarf auswirken, es ist jedoch fraglich, ob der gleichzeitig erhöhte Kühlbedarf in der Ganzjahresbilanz dadurch ausgeglichen werden kann.

6 Literatur

Feist Wolfgang: Passivhaus Projektierungs-Paket 2007: PHPP 2007, Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. Darmstadt, 2007.

Greml Andreas et al.: Technischer Status von Wohnraumlüftungen. Bundesministerium für Verkehr, Innovation u. Technologie, Wien 2004.

IBO: Passivhaus Bauteilkatalog – ökologisch bewertete Konstruktionen. Onlineversion. IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (Verein) und IBO GmbH. (Gefunden unter: <https://www.baubook.at/phbtk/> , abgerufen 10.06.2011, 17:15)

Kappelmüller Martin: Untersuchungen zur Bestimmung der Heizlast für Passivhäuser. Diplomarbeit an der TU Wien, Wien 2000.

Kreč Klaus: Lufttemperatur im unbeheizten Kellergeschoß - eine Fallstudie. In: Zeittechnik-Verlag (Hrsg.): WKSB. Heft 34, S. 42-47, 1994.

Kreč Klaus: OEKLIM, V2.1, Programmpaket zur Berechnung von Temperaturstatistiken für Standorte in Österreich, © K. Kreč 2010.

ÖNORM B 8110-3: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Jänner 2008.

ÖNORM B 8110-3: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse. Dezember 1999.

ÖNORM B 8110-5: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile. März 2011.

OIB-Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz. Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien 2007.

Statistik Austria: Gebäude und Wohnungen 2001 nach Eigentümer, Eigentümerin des Gebäudes und Gebäudeart. Erstellt am: 13.08.2007. (Gefunden unter: http://www.statistik.at/web_de/static/ergebnisse_im_ueberblick_gebaeude_und_wohnungen_02_2978.pdf, abgerufen 12.05.2011, 17:16)

Statistik Austria: Wohnen 2009 – Ergebnisse der Wohnungserhebung im Mikrozensus, Jahresdurchschnitt 2009. Wien 2010. (Gefunden unter: http://www.statistik.at/dynamic/wcmsprod/idcplg?IdcService=GET_NATIVE_FILE&dID=75353&dDocName=048125, abgerufen 12.05.2011, 15:16)

VDI-Richtlinie 3804: Raumluftechnik - Bürogebäude (VDI Lüftungsregeln). Berlin 2009.