

Diploma Thesis

# Hygrothermal simulation of a solid wood construction system in comparison to the monthly calculation method

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of  
Diplom-Ingenieur / Diplom-Ingenieurin  
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

---

DIPLOMARBEIT

## Hygrothermische Gebäudesimulation eines Massivholz-Systems im Vergleich zum Monats- Bilanzverfahren

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer  
Diplom-Ingenieurin  
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Vera Höckner**

Matr.Nr.: 00825730

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Azra Korjenic**

Univ.Ass. Mag.rer.nat. **David Tudiwer**

Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie  
Forschungsbereich E207-03 Ökologische Bautechnologien  
Technische Universität Wien,  
Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Wien, im Februar 2019

---

## Danksagung

Mein größter Dank gilt, wie in so vielen anderen Lebenslagen, meinen Eltern, meiner Schwester, meinem Großvater und Dominik, sowie auch seiner Familie, die mich während des gesamten Studiums in jeder erdenklichen Weise unterstützt haben, und jeden aufkommenden Zweifel über meine eigenen Fähigkeiten mit unfassbarer Geduld aus dem Weg geräumt haben.

Für ihre Geduld und ihr Vertrauen darf ich mich auch bei meiner Diplomarbeiten-Betreuerin Prof. Azra Korjenic herzlich bedanken, die mein Interesse an diesem Themenbereich erkannt und durch die Durchführung dieser Diplomarbeit noch gesteigert hat.

Zu guter Letzt noch ein herzlicher Dank an die Fachschaft Bauingenieurswesen: danke für unzählige Kaffees, danke dass ihr unermüdlich die Interessen der Studierenden umsetzt, danke dass ihr immer ein offenes Ohr habt und danke für so viele großartige und lustige Gespräche und Freundschaften.

## **Hygrothermische Gebäudesimulation eines Massivholz-Systems im Vergleich zum Monats-Bilanzverfahren**

Rund 40% des gesamten Energieverbrauchs der EU wird durch Gebäude verursacht [EUR10], zusätzlich werden bei der Produktion, Nutzung und Entsorgung von herkömmlichen Baumaterialien oftmals schädliche Substanzen freigesetzt, welche unseren Lebensraum belasten. Die Verwendung von umweltfreundlichen, ökologischen Materialien scheint daher eine logische Maßnahme zu sein, um die Umweltbelastung während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zu reduzieren, aufgrund vieler Vorurteile hat sich die ökologische Bauweise jedoch noch immer nicht durchgesetzt, und der Forschungsbedarf in diesem Bereich ist sehr hoch.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird das Vollholz-Bausystem Naturi® untersucht, ein patentiertes System, bei welchem aus chemisch unbehandelten Baumstämmen puzzelförmige Stäbe gefräst werden, die ineinander greifend zu flächigen Wandbauteilen verarbeitet werden. Durch das natürliche Quell- und Schwindverhalten des Holzes entsteht ohne zusätzliche Folien eine luftdichte Wand. In der Praxis hat sich in den vergangenen Jahren gezeigt, dass bei gebauten Objekten ein niedrigerer Heizenergiebedarf vorhanden war, als durch den Energieausweis prognostiziert wurde. Als mögliche Ursachen für diese Beobachtung wird vermutet, dass durch die Vernachlässigung der opaken Wärmegewinne, sowie eine Überschätzung der Wärmebrücken bei der vereinfachten Berechnung, im Energieausweis höhere Verluste als in der Realität auftreten, und durch die geschlossenen und kleinräumigen Luftkammern im System der Wärmedurchlasswiderstand erhöht wird.

Durch hygrothermische Bauteil- und Gebäudesimulationen wird in Abstimmung mit Messungen an bestehenden Gebäuden ein Modell gebildet, mit dem in weiterer Folge eine Parameterstudie zur Feststellung bzw. Verifizierung der möglichen Ursachen für den geringeren Wärmeverbrauch möglich ist.

Mit einem Vergleich des Modells mit dem Monats-Bilanz-Verfahren soll die vorhandenen günstigen Abweichungen quantifizierbar gemacht werden, um Überlegungen für die Abbildung des günstigeren Verhaltens des Naturi®-Systems, bzw. von anderen Massivholz-Systemen, in der Praxis anzuregen.

## **Hygrothermal simulation of a solid wood construction system in comparison to the monthly calculation method**

While around 40% of the total energy consumption within the EU is caused by buildings [EUR10], the release of harmful substances during the production, usage and disposal of building materials leads to additional strain on our environment. The utilisation of environmentally friendly, ecological materials seems to be a logical measure to take with an aim to reduce the negative impact a building has during its life cycle. Due to many preconceptions about ecological construction methods, however, this approach still has not gained public acceptance, which serves to show that the need for further research in this area is abundant.

This thesis examines the solid wood construction system Naturi®. Naturi® is a patented method of milling chemically untreated timber into puzzle-shaped wooden poles, which then form an interlocked, two-dimensional wall element. Due to the natural shrinkage and swelling behaviour of wood, the resulting wall is airtight without further need for membranes. Experience in the past years has shown, that the energy needed to heat buildings is lower than is to be expected according to the calculation of energy performance certificates. Possible causes for this observation lie in the energy performance certificate's neglect of solar heat gains of opaque components in residential buildings and overvalues the losses through thermal bridges in the simplified calculation method, while the small, self-contained air cells within the construction lead to a higher heat transfer resistance.

By simulating hygrothermal models of the wall itself as well as of whole buildings, and by verifying the results with measurements conducted in existing buildings, it is possible to perform a parametric study to determine the possible reasons for the observed deviation of heat consumption.

In comparing the hygrothermal models with the monthly calculation method employed for the purposes of the energy performance certificate, this thesis seeks to quantify these favourable deviations, with an aim to reflect on possible ways to integrate the beneficial characteristics of Naturi® and similar solid wood construction systems in practise.

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen .....	1
1.1	Naturi-Wandsystem .....	1
1.2	Stoffphysikalische Eigenschaften Holz .....	4
1.3	Rechtliche Grundlagen.....	8
1.3.1	Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden .....	8
1.3.2	OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz .....	9
1.3.3	ÖNORM B 8110-6-1: Heizwärmebedarf und Kühlbedarf .....	10
1.3.4	Landesgesetze.....	11
2	Untersuchungsmethoden .....	12
2.1	Messung der Wärmestromdichte .....	12
2.1.1	Ableitung des Wärmedurchgangskoeffizienten und der Wärmeleitfähigkeit aus der Messung .....	13
2.1.2	Vergleich Wärmestrommessung mit hygrothermischer Bauteilsimulation .....	15
2.2	Vergleich Innenklimamessung mit vereinfachter Berechnung und Gebäudesimulation .....	15
2.2.1	Innenklimamessung und Wärmeverbrauch.....	15
2.2.2	Monats-Bilanzverfahren .....	16
2.3	Simulation und Variantenstudie .....	19
3	Messung des Wärmedurchgangskoeffizienten.....	20
3.1	Kerngedämmte Außenwand, 3633 Lichtenau .....	20
3.1.1	Versuchsaufbau .....	20
3.1.2	Messergebnisse .....	24
3.2	Außenwand 30cm, 1210 Floridsdorf .....	26
3.2.1	Versuchsaufbau .....	26
3.2.2	Messergebnisse .....	29
4	Vergleich Wärmestrommessung mit hygrotherm. Bauteilsimulation .....	32
4.1	Versuchsaufbau und Messergebnisse .....	32
4.2	Bauteil-Simulation mit WUFI® 2D.....	32
4.2.1	Modellbildung.....	32
4.2.2	Randbedingungen.....	34
4.2.3	Simulationsergebnisse und Vergleich mit Messergebnissen .....	35
5	Vergleich Innenklimamessung mit vereinfachter Berechnung.....	39
5.1	Versuchsaufbau .....	39
5.2	Messergebnisse .....	41
5.3	Monats-Bilanzverfahren (Energieausweis).....	43

---

5.3.1	Randbedingungen.....	43
5.3.2	Berechnungsergebnisse und Vergleich mit Messergebnissen...	43
6	Simulation und Variantenstudie.....	47
6.1	Bauteil-Simulation mit WUFI® 2D und WUFI® plus .....	47
6.1.1	Austrocknungs- und Auffeuchtungsverhalten 30cm Wand .....	47
6.1.2	Einfluss solarer Einstrahlung.....	50
6.2	Gebäude-Simulation mit WUFI® plus .....	51
6.2.1	Bürogebäude mit kerngedämmter Außenwand.....	51
	Einfamilienhaus mit 30cm Außenwand .....	53
7	Berechnung ausgewählter Wärmebrücken .....	55
7.1.1	Anschlussdetail Sockel .....	55
7.1.2	Anschlussdetail Außenwandecke .....	59
7.1.3	Schlussfolgerung Wärmebrücken .....	61
8	Zusammenfassung.....	63
9	Verzeichnisse .....	64
9.1	Abbildungsverzeichnis .....	64
9.2	Tabellenverzeichnis .....	65
10	Literatur .....	67
11	Anhang.....	69

## 1 Grundlagen

### 1.1 Naturi-Wandsystem

Das in dieser Arbeit untersuchte Vollholz-System Naturi® ist ein patentiertes System, bei dem einzelne, unbehandelte Baumstämme in profilierte Stäbe gefräst werden, deren Grundrissform einem Puzzlestein ähnelt. Vor dem Einbau werden diese Stäbe bis unter 10% Holzfeuchte getrocknet, und dann stehend und ineinandergreifend, wie in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellt, zusammengesetzt und mit Holzdübeln fixiert. Durch das natürliche Quellen des Holzes bei Erlangen der Ausgleichsfeuchte vergrößern sich die Holzstäbe und bilden so ohne zusätzliche Folien einen winddichten Bauteil. Die Ausführung ist in unterschiedlichen Höhen, Wanddicken und Holzarten möglich, wobei in dieser Arbeit Ausführungsvarianten mit Fichtenholz und außenliegender Lärchenholzverkleidung untersucht wurden. [NAT19]

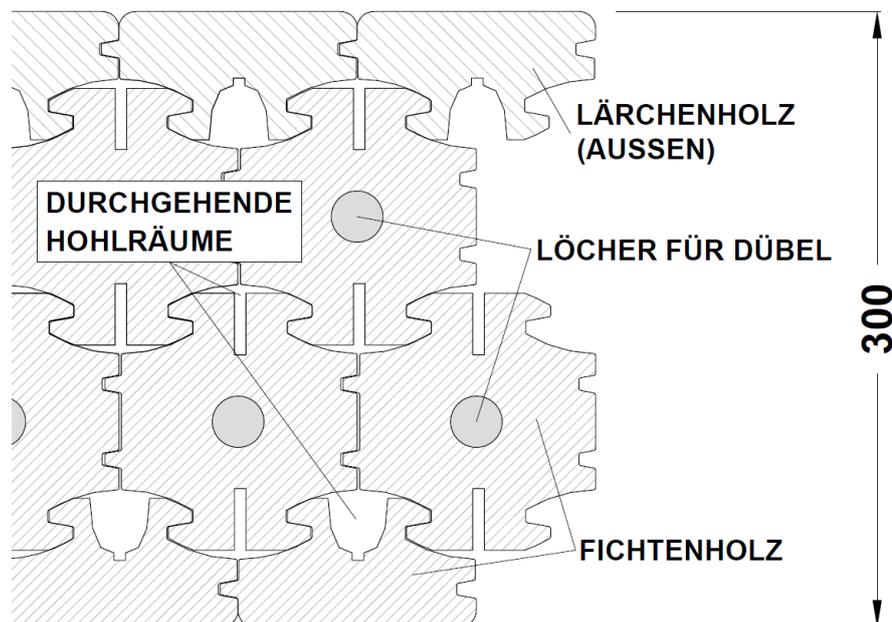


Abb. 1: Naturi®-System mit 30cm Gesamtdicke

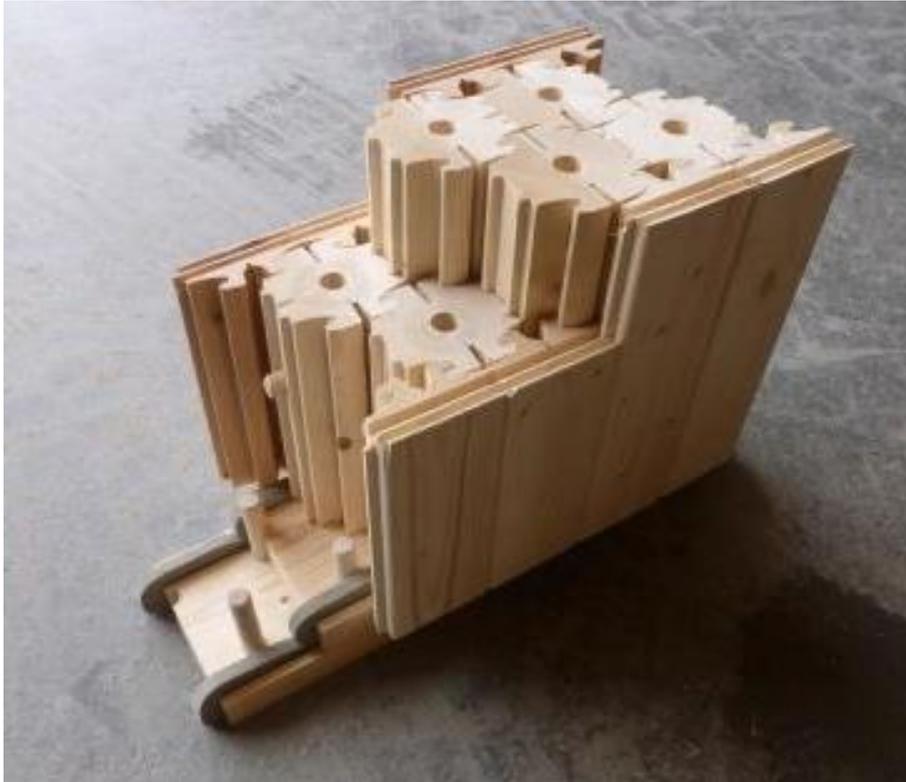


Abb. 2: Muster-Aufbau Naturi® (Quelle: Holzbau Zainzinger)

Zusätzlich zu den Aufbauvarianten mit unterschiedlichen Wandstärken gibt es die Möglichkeit, Außenwände mit Kerndämmung auszuführen.

Nachfolgend sind die Wandeigenschaften laut unterschiedlicher Prüfzeugnisse bzw. Herstellerangaben in Tab. 1 bis Tab. 4 zusammengefasst.

Tab. 1: Flächengewicht und Masse laut Herstellerangaben

Aufbau	Dicke des Holzteiles [m]	Flächengewicht [kg/m <sup>2</sup> ]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]
20er Naturi® (nur Fichte)	0,20	75	375
30er Naturi® (äußerer Halb-Stab Lärche)	0,30	118	393
40er Naturi® (äußerer Halb-Stab Lärche)	0,40	156	390
48er Naturi® (äußerer Halb-Stab Lärche) ohne Dämmung gerechnet	0,34	140	412

Tab. 2: Prüfergebnisse Wärmeschutz

Aufbau	Dicke [m]	Wärmedurchlass- widerstand $R_t$ [m <sup>2</sup> K/W]	Wärmeleitwert $\lambda$ [W/mK]
20er Naturi®	0,20	2,00	0,10
Prüfbericht TGM – VA WS 10490, Auftragsnummer 2697.01, 22. April 2002			

Tab. 3: Prüfergebnisse Schallschutz

Aufbau	Dicke [m]	$R_w$ (C; $C_{tr}$ ; $C_{100-5000}$ ; $C_{tr,100-5000}$ )	Prüfbericht Nr.: 2009-0388-
Naturi® WS 15 2x6,5cm profilierte Stäbe aus Fichte mit Kern aus 2cm Weichfaserplatte	0,15	40 (-1;-6; 0;-6)	-02
Naturi® WS 17 2x6,5cm profilierte Stäbe aus Fichte mit Kern aus 2cm Weichfaserplatte und beidseitiger Verkleidung mit 1cm Fermacell	0,17	48 (-2;-6;-1;-6)	-03
Naturi® WS 20 20cm profilierte Stäbe aus Fichte	0,20	37 (-1;-3;0;-3)	-04
Naturi® WS 26 20cm profilierte Stäbe aus Fichte mit beidseitiger Verkleidung aus 2cm Weichfaserplatten und 1cm Fermacell	0,26	50 (-3;-9;-2;-9)	-05
Naturi® WS 30 20cm profilierte Stäbe aus Fichte mit beidseitiger Verkleidung aus 4cm Weichfaserplatten und 1cm Fermacell	0,30	54 (-3;-11;-2;- 11)	-06
Naturi® WS 30 30cm profilierte Stäbe aus Fichte	0,30	40 (-1;-3;0;-3)	-01

Tab. 4: Sonstige Prüfberichte und Gutachten

<b>Aufbau</b>	<b>Dicke [m]</b>	<b>Prüfung</b>	<b>Prüfbericht-Nr.</b>
48er Naturi® (20cm Fichte, 14cm Zellulose, 20cm Fichte)	0,48	Differenzklima-Prüfung und hygrothermische Simulation durch HFA	540/2015/2 – BB vom 03.09.2015
20er Naturi® (Fichte)	0,20	Prüfung der Luftdurchlässigkeit und Schlagregendichtheit durch HFA	540/2015/1 – BB vom 06.08.2015
30er Naturi® (Fichte)	0,30	Feuerwiderstand durch MA 39	VFA 2009- 0389.01 vom 02.04.2009
20er Naturi® 14er Naturi® (Fichte)	0,20 0,14	Statische Stellungnahme – Brandbemessung durch Dr. Karlheinz Hollinsky & Partner	GZ 15 725 Oktober 2015
30er Naturi® (Fichte)	0,30	Statische Stellungnahme – Aussteifungswirkung durch Dr. Karlheinz Hollinsky & Partner	GZ 13290 März 2014
30er Naturi® (äußerer Halb-Stab Lärche)	0,30	Gutachten zur Ermittlung der Schirmdämpfung gegen elektro- magnetische Wellen durch Prof. DI P. Pauli	13.12.2005

## 1.2 Stoffphysikalische Eigenschaften Holz

Die Bemessungswerte für Vollholz aus Fichten- oder Lärchenholz ergeben sich nach ÖNORM B 8110-7 [ONO13] Tabelle 72, Zeile 2 und 3 wie in Abb. 3 dargestellt.

Baustoff/Bauprodukt	$\rho$ Mittelwert	Bemessungswert $\lambda_r$		$c$	$\mu$		Zeile
		Defaultwert ohne Nachweis	möglicher Wert mit Nachweis		trocken	feucht	
	kg/m <sup>3</sup>	W/(m · K)	W/(m · K)	kJ/(kg · K)			
Nutzholz	425	0,110	–	1,6	–	–	1
zB Fichte/Tanne	475	0,120	–	1,6	50	20	2
zB Lärche	525	0,130	–	1,6	50	20	3
zB Eiche	675	0,160	–	1,6	200	50	4

Abb. 3: Wärmeschutztechnische Bemessungswerte Tabelle 72 [ONO13]

Für Fichtenholz gibt es abweichende bzw. genauere Materialkennwerte des Fraunhofer Institut für Bauphysik, welche in der Materialdatenbank des hier verwendeten hygrothermischen Simulationsprogrammes WUFI® enthalten sind. Diese Werte sind stark abhängig davon, ob der Wärme- und Feuchtetransport in axiale (dies entspricht der Faserrichtung) oder radiale Richtung stattfindet. Ein Vergleich von Simulationsergebnissen mit Messungen und Freilandversuchen für den Feuchtetransport in axialer Richtung in [FIB99] zeigt, dass eine gute Übereinstimmung zwischen Mess- und Simulationsergebnissen erreicht werden kann.

Bauteile aus Massivholz werden im Allgemeinen so eingebaut, dass die Wärme- und Feuchtetransportrichtung quer zur Faserrichtung, also radial/tangential und nicht longitudinal, liegt. Da dies auch für das in dieser Arbeit untersuchte System gilt, werden nachfolgend in Tab. 5 und Abb. 4 nur diese Werte dargestellt.

Tab. 5: Materialeigenschaften von Fichte (radial); WUFI® Materialdatenbank

Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	455
Porosität [-]	0,73
Spezifische Kapazität [J/kgK]	1500
Thermal conductivity, dry, 10°C/50°F [W/mK]	0,09
Wasserdampf Diffusionswiderstandsfaktor	130
Typische Einbaufeuchte [kg/m <sup>3</sup> ]	80
Wärmeleitfähigkeit Ergänzung [%/M.-%]	1,3
Temp-abh. thermische [W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002

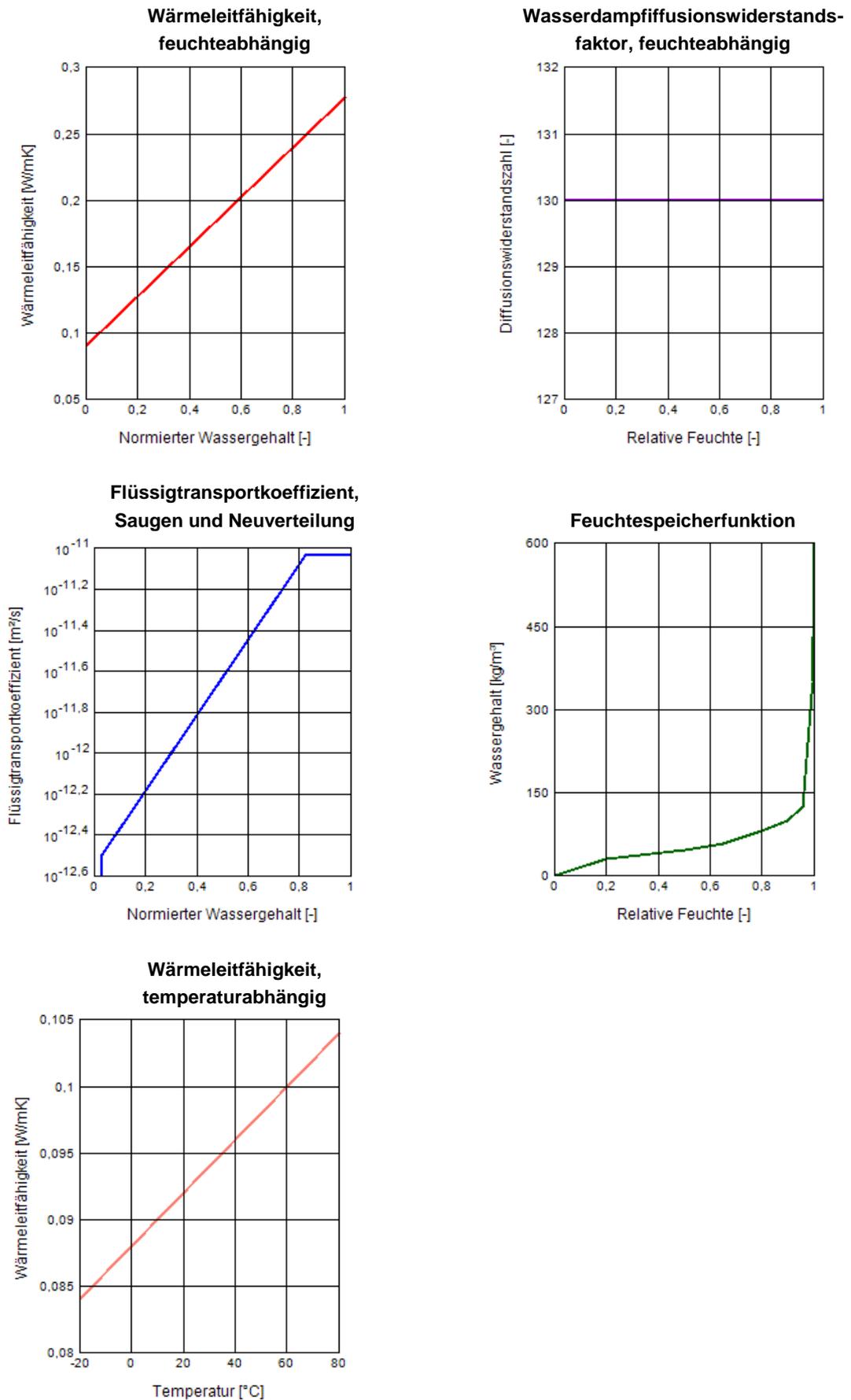


Abb. 4: Materialeigenschaften von Fichte (radial) laut WUFI® Materialdatenbank

Für Lärchenholz liegen keine genauen Materialuntersuchungen des Fraunhofer Instituts vor, auch in Normen und Literaturquellen wurden keine entsprechenden Angaben gefunden. Für die Simulationen werden daher die Werte in Anlehnung an [ONO13], Abb. 3, im Vergleich zum Fichtenholz leicht erhöht.

#### Anm. zur Berücksichtigung der langwelligen Strahlungsemission in WUFI®

Der Wärmeübergang an Oberflächen findet sowohl durch Konvektion als auch durch Strahlung statt, wird jedoch für die meisten bauphysikalischen Berechnungen in einem gemeinsamen Wärmeübergangswiderstand zusammengefasst, vgl. Anhang A der ÖNORM EN ISO 6946 [ONO18.2]. Dies führt für die meisten baupraktischen Untersuchungen zu einem ausreichend genauen Ergebnis. Für Fragestellungen, die speziell die Oberfläche eines Bauteils betreffen, wie beispielsweise der Einfluss von Tauwasser auf Algenwachstum, kann es durch diese Vereinfachung zu einer Unterschätzung des Auskühl-Effekts durch Strahlungsaustausch mit klarem Nachthimmel kommen. Dies betrifft vor allem Oberflächen mit hohem Sichtfaktor des Himmels (horizontale Oberflächen).

Das hygrothermische Simulationsprogramm WUFI® 2D berücksichtigt die langwellige Strahlungsemission nur bei Verwendung der Klimadatenfile-Formate \*.try und \*.dat, wenn ausreichende Daten zur atmosphärischen Gegenstrahlung vorliegen. Für die untersuchten Aufbauten liegen diese Messdaten nicht vor. Da es sich jedoch um vertikale Bauteile handelt und der gesamte Bauteil untersucht wird, ist anzunehmen, dass die Genauigkeit der Simulation ohne Berücksichtigung der langwelligen Strahlungsemission ausreichend ist.

Folgende Werte sind als Strahlungsabsorptions- und Emissionsgrade für Holz laut WUFI® einzusetzen.

Tab. 6: Absorptions- und Emissionsgrade von Holz; WUFI® Materialdatenbank

Oberfläche	Kurzwelliger Strahlungsabsorptionsgrad	Langwelliger Strahlungsemissionsgrad
Holz (Fichte) braun gestrichen	0,8	0,9
Holz (Fichte) unbehandelt	0,4	0,9
Holz (Fichte) verwittert (silbergrau)	0,7	0,9

### 1.3 Rechtliche Grundlagen

#### 1.3.1 Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

Die am 08.Juli 2010 in Kraft getretene EU-Richtlinie über Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [EUR10] kommt der Vereinbarung des Kyoto-Protokolls nach, den weltweiten Temperaturanstieg unter 2°C zu halten sowie bis 2020 die Gesamttreibhausgasemissionen im Vergleich zu den Werten von 1990 um mind. 20% zu senken. Da auf Gebäude 40% des Gesamtenergieverbrauchs der Union fallen, ist die Verringerung des Energieverbrauchs im Gebäudesektor ein wesentliches Instrument zur Umsetzung.

Folgende Punkte der Richtlinie [EUR10] werden im Zuge dieser Arbeit als besonders relevant gesehen:

(9) "Die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sollte nach einer Methode berechnet werden, die national und regional differenziert werden kann. Dabei sollten zusätzlich zu den Wärmeeigenschaften auch andere Faktoren von wachsender Bedeutung einbezogen werden, z.B. Heizungssysteme und Klimaanlage, (...) und Konstruktionsart des Gebäudes."

(17) "Es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Zahl der Gebäude zu erhöhen, die nicht nur die geltenden Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz erfüllen, sondern noch energieeffizienter sind, um damit sowohl den Energieverbrauch als auch die Kohlendioxidemissionen zu senken."

Artikel 9, Abs. (1) "Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass

a) bis 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind und (...)"

### 1.3.2 OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz

Die OIB-Richtlinien werden vom Österreichischen Institut für Bautechnik herausgegeben und dienen der Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften in Österreich. Sie sind in unterschiedlicher Fassung in den jeweiligen Landesgesetzen verankert, wobei Abweichungen grundsätzlich zulässig sind, solange der Bauwerber nachweisen kann, dass ein gleichwertiges Schutzniveau wie bei Einhaltung der Richtlinien erreicht wird [OIB19].

Die OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz [OIB15.1], legt somit österreichweit Anforderungen fest, welche in zweijährigen Intervallen in Abstimmung mit dem „Nationalen Plan“ [OIB18] angepasst werden, um die Anforderung der EU-Richtlinie über Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [EUR10] bis 2020 zu erfüllen.

Im Nationalen Plan [OIB18] werden als Anforderungen für ab 01.01.2021 errichtete Wohngebäude, und somit laut EU-Richtlinie [EUR10] geforderte Niedrigstenergiegebäude, die in Tab. 7 enthaltenen Werte festgelegt.

Tab. 7 Mindestanforderung an die Gesamtenergieeffizienz von Neubauten ab 2021 [OIB18]

HWB <sub>max</sub> [kWh/m <sup>2</sup> a]	EEB <sub>max</sub> [kWh/m <sup>2</sup> a]	f <sub>GEE,max</sub> [-]	PEB <sub>HEB,zul,n.ern.</sub> <sup>(1)</sup> [kWh/m <sup>2</sup> a]
$10 \cdot \left(1 + \frac{3}{l_c}\right)$	mittels HTEB <sub>Ref</sub>		41
oder			
$16 \cdot \left(1 + \frac{3}{l_c}\right)$		0,75	
<sup>(1)</sup> ...im Sinne der RL 2010/31/EU ohne Haushaltsstrombedarf und für hocheffiziente alternative Energiesysteme, wobei auch Erträge, die zur Reduktion des Haushaltsstrombedarfs erwirtschaftet werden, begrenzt anrechenbar sind			

Die Berechnung der Energiekennzahlen hat gemäß OIB-Leitfaden „Energietechnisches Verhalten von Gebäuden“ [OIB15.2] zu erfolgen, welcher

für die Berechnung von Heizwärme- und Kühlbedarf auf die ÖNORM B 8110-6 [ONO19] verweist.

### 1.3.3 ÖNORM B 8110-6-1: Heizwärmebedarf und Kühlbedarf

Die ÖNORM B 8110-6-1 „Wärmeschutz im Hochbau Teil 6-1: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf“ [ONO19] ist gemeinsam mit ÖNORM EN ISO 13790 [ONO08] anzuwenden<sup>1</sup> und enthält nationale Festlegungen und Ergänzungen zu dieser.

Gemäß Punkt 9.1 [ONO19] darf der Heizwärme- und Kühlbedarf von Gebäude(-teilen) mit

1) Dynamischen Verfahren:

- Berechnungsverfahren bei ausführlicher Simulation
- Vollständig beschriebenes vereinfachtes Stunden-Berechnungsverfahren

2) Quasi-stationären Verfahren:

- Monats-Bilanzverfahren

ermittelt werden, wobei ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass die Genauigkeit entsprechend der obigen Reihenfolge abnimmt.

Bei der Berechnung mittels des Monats-Bilanzverfahrens gibt es wiederum die Möglichkeit, bei der Ermittlung des Transmissionsleitwertes eine detaillierte Berechnung gemäß Punkt 5.2 [ONO19] durchzuführen oder eine vereinfachte Berechnung gemäß Punkt 5.3 [ONO19], ebenso kann der Verschattungsgrad wahlweise vereinfacht oder detailliert ermittelt werden, wobei der Pauschalwert bei der vereinfachten Berechnung von der Nutzung als Wohn- oder Nichtwohngebäude und der Bruttogrundfläche des Gebäudes abhängig ist.

---

<sup>1</sup> Anmerkung: Die zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Diplomarbeit aktuelle Version der ÖNORM B 8110-6-1 [ONO19] verweist nicht mehr auf die ÖNORM EN ISO 13790 [ONO08], die zugehörigen Validierungsbeispiele sind jedoch erst als Normentwurf erhältlich, weshalb die ÖNORM EN ISO 13790 [ONO08] noch anzuwenden ist.

#### 1.3.4 Landesgesetze

Da die OIB-Richtlinie 6 [OIB15.1] in allen österreichischen Bundesländern für verbindlich erklärt ist [OIB19], sind österreichweit die unter Punkt 1.3.3 genannten Verfahren zur Berechnung des Heizwärme- und Kühlbedarfs zulässig.

## 2 Untersuchungsmethoden

### 2.1 Messung der Wärmestromdichte

Die In-Situ-Messung des Wärmedurchgangskoeffizienten, auch als U-Wert bezeichnet, wurde mittels dem Gerät Squirrel Typ 2F8 (Abb.5) im eingebauten Zustand an zwei Wandtypen durchgeführt. Dafür wurde an der innenseitigen Oberfläche eine Wärmestrommessfolie vollflächig angebracht, welche die Wärmestromdichte in  $W/m^2$  in Intervallen von einer Minute maß.



Abb. 5: Messgerät Wärmestrommessung

Gleichzeitig wurde über das gleiche Gerät die Temperatur an den Wandoberflächen und in unmittelbarer Nähe der Oberflächen aufgenommen. Die parallellaufende Messung der Raumtemperatur und relativen Luftfeuchte mittels RTR-Sensoren war nicht unmittelbar für die Bestimmung des U-Wertes notwendig, sondern diente lediglich der Überprüfung der Plausibilität der klimatischen Randbedingungen für die Simulation, weshalb für diese ein Messintervall von zehn Minuten gewählt wurde.

Eine grafische Darstellung des Messaufbaus ist in Abb. 6 enthalten.

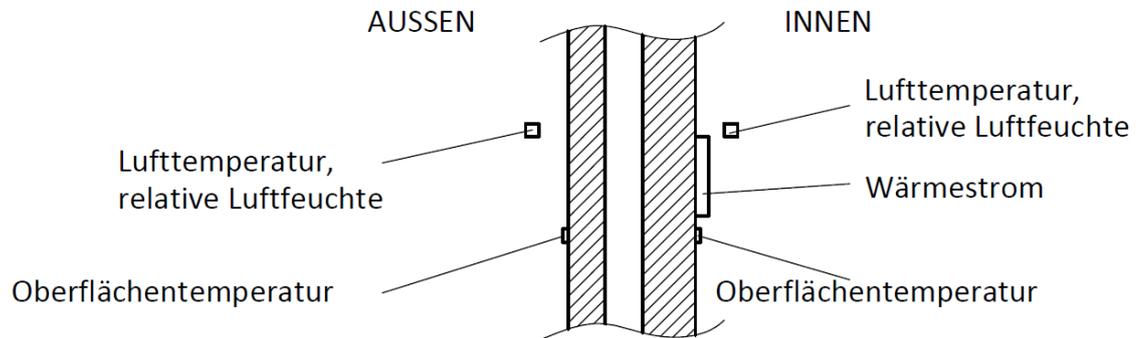


Abb. 6: Versuchsaufbau Wärmestrommessung

### 2.1.1 Ableitung des Wärmedurchgangskoeffizienten und der Wärmeleitfähigkeit aus der Messung

Der Wärmedurchgangskoeffizient, ist laut ÖNORM EN ISO 7345 [ONO18.1] definiert als der „Quotient aus Wärmestrom im stationären Zustand und dem Produkt aus Fläche und Temperaturdifferenz zwischen den Umgebungen auf jeder Seite eines flachen gleichmäßigen Systems:“

$$U = \frac{\Phi}{(T_1 - T_2) \cdot A} \quad (1)$$

U        Wärmedurchgangskoeffizient in W/(m<sup>2</sup>K)

Φ        Wärmestrom in W

(T<sub>1</sub> – T<sub>2</sub>) Temperaturdifferenz in K

A        Fläche in m<sup>2</sup>

Nachfolgend werden die Seiten des Systems als Innen- und Außenseite definiert, und die Temperaturdifferenz als (T<sub>i</sub> – T<sub>e</sub>) bezeichnet.

Der Kehrwert des Wärmedurchgangskoeffizienten ergibt den Gesamtwärmedurchgangswiderstand zwischen den Umgebungen auf beiden Seiten des flachen gleichmäßigen Systems (Anmerkung 3 in [ONO18.1]).

Für homogene Bauteile ergibt sich der Gesamtwärmedurchgangswiderstand laut ÖNORM EN ISO 6946 [ONO18.2] wie folgt:

$$R_{\text{tot}} = R_{S,i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{S,e} \quad (2)$$

$R_{\text{tot}}$  Gesamt-Wärmedurchgangswiderstand in  $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$

$R_{S,i}$  Wärmeübergangswiderstand innenseitig in  $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$

$R_{S,e}$  Wärmeübergangswiderstand außenseitig in  $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$

$d_i$  Dicke der i-ten Bauteilschicht in m

$\lambda$  Wärmeleitfähigkeit der i-ten Schicht in  $\text{W}/(\text{mK})$

Sofern im Bauteilaufbau nur der  $\lambda$ -Wert eines Materials unbekannt ist, kann dieser durch Kombination und Umformung der Formeln (1) und (2) wie folgt berechnet werden:

$$\lambda = \frac{d}{\frac{(T_i - T_e) \cdot A}{\Phi} - (R_{S,i} + R_{S,e})} \quad (3)$$

Aus den in ÖNORM B 8110-2 [ONO03] angegebenen Formeln zur Berechnung der Oberflächentemperatur können zudem mithilfe der gemessenen Temperaturen und des Wärmedurchgangskoeffizienten die Wärmeübergangswiderstände bestimmt werden.

$$R_{S,i} = \frac{T_i - T_{S,i}}{U \cdot (T_i - T_e)} \quad (4)$$

$$R_{S,e} = \frac{T_{S,e} - T_e}{U \cdot (T_i - T_e)} \quad (5)$$

$T_i$  Lufttemperatur innen in  $^{\circ}\text{C}$

$T_e$  Lufttemperatur außen in  $^{\circ}\text{C}$

$T_{S,i}$  Oberflächentemperatur des Bauteils innenseitig in  $^{\circ}\text{C}$

$T_{S,e}$  Oberflächentemperatur des Bauteils außenseitig in  $^{\circ}\text{C}$

Da der U-Wert laut oben genannter Definition in [ONO18.1] mittels Wärmestrom im stationären Zustand berechnet wird, wurden für die weitere Berechnung jene Werte aus den Messwerten ausgefiltert, bei denen die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen über einen Zeitraum von 24 Stunden möglichst konstant und möglichst groß war. Zudem wurde als

Montageort für die Messfolie bei beiden Objekten eine nordseitige Wand ausgewählt, um den Einfluss von Solarstrahlung möglichst zu minimieren.

Für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten wurde das arithmetische Mittel aus den gefilterten Werten gebildet.

### 2.1.2 Vergleich Wärmestrommessung mit hygrothermischer Bauteilsimulation

Die beim Versuchsaufbau in 2.1 gemessenen Werte der Wärmestromdichte wurden mit einer zweidimensionalen, hygrothermischen Bauteilsimulation verglichen, um die Modellannahmen zu validieren.

Für die hygrothermische Bauteilsimulation wurde das Programm WUFI® 2D-3.4 vom Fraunhofer Institut für Bauphysik gewählt, welches eine instationäre Berechnung mit unterschiedlichen Randbedingungen erlaubt.

## **2.2 Vergleich Innenklimamessung mit vereinfachter Berechnung und Gebäudesimulation**

### 2.2.1 Innenklimamessung und Wärmeverbrauch

Für die Messung des Innenraumklimas wurden mittels RTR-Sensoren (Abb. 7) in 10-minütigen Intervallen die Lufttemperatur und Raumlufftfeuchte in allen Räumen des Bürogebäudes in Lichtenau, sowie parallel dazu die Werte der Außenluft an der Nordseite des Gebäudes aufgenommen. Für die weitere Berechnung wurde für die Innenluft das arithmetische Mittel aller Räume gebildet.

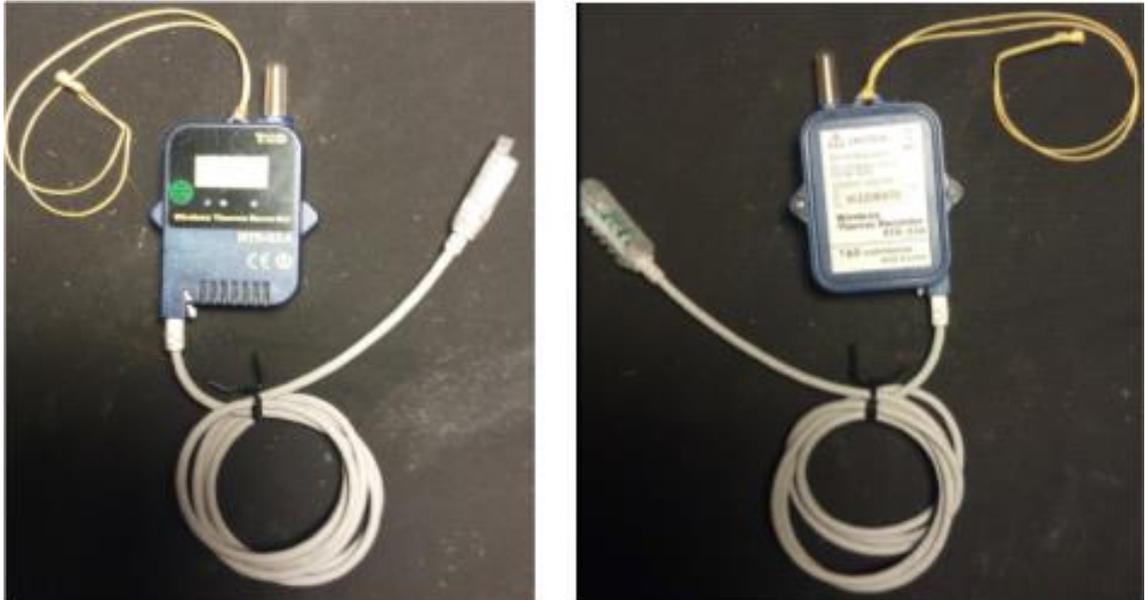


Abb. 7: RTR-Sensor

Die Beheizung des Gebäudes erfolgt sowohl durch Abwärme aus dem benachbarten Trockenraum des Sägewerks als auch durch elektrische Energie. Da für die Versorgung mit Abwärme kein Zähler zur Anzeige des Wärmeeintrages eingebaut ist, wurde während des Messzeitraumes die Zufuhr von Abwärme eingestellt und das Gebäude nur über elektrische Energie beheizt, welche durch einen Zähler vor und nach der Messung abgelesen werden konnte. Als Wärmeabgabesystem dienen Heizkörper und eine Fußbodenheizung, welche jedoch nach Angaben der Mitarbeiter nie in Verwendung ist.

Zu normalen Büronutzungszeiten ist eine häufig wechselnde Personenanzahl zu verzeichnen, daher wurde für die Messung ein Zeitraum gewählt in welchem keine Personen anwesend waren, um die Einflüsse der Wärmeabgabe durch Personen vernachlässigen zu können.

### 2.2.2 Monats-Bilanzverfahren

Beim Monats-Bilanzverfahren, welches üblicherweise zur Erstellung von Energieausweisen verwendet wird, werden zur Ermittlung des Heizwärme- und Kühlbedarfs die monatlichen Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung, sowie die Wärmegewinne durch solare Einträge und innere Gewinne mit klimatischen Monats-Mittelwerten ermittelt, Verluste und Gewinne gegenübergestellt und in Abhängigkeit der Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes bilanziert. Die ermittelten Monatswerte werden summiert und auf die

konditionierte Brutto-Grundfläche oder das konditionierte Brutto-Volumen bezogen.

Wie in 1.3.3 beschrieben, weist dieses Verfahren die niedrigste Berechnungsgenauigkeit auf, und auch innerhalb des Verfahrens sind unterschiedlich detaillierte Berechnungsmöglichkeiten verwendbar, wobei die vereinfachte Variante häufig „auf der sicheren Seite“ liegt und damit zu höheren Werten führt.

Für die genaue Vorgehensweise zur Ermittlung des Heizwärme- und Kühlbedarfs wird auf die ÖNORM B 8110-6 [ONO19] verwiesen. Einige für diese Arbeit besonders relevante Formeln sind nachfolgend in (6) bis (12) zusammengefasst.

$$L_{T,h} = \sum_i f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i + L_{\psi} + L_{\chi} \quad \text{im Heizfall} \quad (6)$$

$L_{T,h}$  Transmissionsleitwert im Heizfall in W/K

$f_{i,h}$  Temperaturkorrekturfaktoren der Bauteile gemäß Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5 [ONO19] im Heizfall

$A_i$  Fläche des Bauteils  $i$  in der Gebäudehülle in  $m^2$

$U_i$  Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils  $i$  in  $W/(m^2K)$

$L_{\psi}, L_{\chi}$  Leitwertzuschlag für zweidimensionale bzw. dreidimensionale Wärmebrücken in W/K

$$L_{\psi} + L_{\chi} = 0,2 \cdot \left( 0,75 - \frac{\sum_i f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \sum_i f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i \geq 0,1 \cdot (L_e + L_u + L_g) \quad (7)$$

$L_{\psi}$  Leitwertzuschlag für zweidimensionale Wärmebrücken in W/K

$L_{\chi}$  Leitwertzuschlag für dreidimensionale Wärmebrücken in W/K

$L_e$  thermischer Leitwert für alle Bauteile, die den konditionierten Innenraum und die Außenluft thermisch verbinden in W/K

$L_u$  thermischer Leitwert für Bauteile, die den konditionierten

Innenraum über unkonditionierte Räume mit der Außenluft  
verbinden in W/K

$L_g$  thermischer Leitwert für Bauteile, die den konditionierten  
Innenraum über den Boden mit der Außenluft verbinden in W/K

$$L_V = c_{p,L} \cdot \rho_L \cdot n_{nL} \cdot V_V \quad (8)$$

$$V_V = 0,8 \cdot BGF \cdot 2,6 \quad (9)$$

$L_V$  Lüftungsleitwert in W/K

$c_{p,L} \cdot \rho_L$  volumenbezogene Wärmespeicherfähigkeit von Luft in Wh/(m<sup>3</sup>K);  
mit  $c_{p,L} \cdot \rho_L = 0,34$  Wh/(m<sup>3</sup>K)

$n_{nL}$  Luftwechselrate bei natürlicher Lüftung in h<sup>-1</sup> (gemäß  
ÖNORM B 8110-5)

$V_V$  energetisch wirksames Luftvolumen in m<sup>3</sup>

BGF Brutto-Grundfläche in m<sup>2</sup>

$$Q_{s,h} = \sum_j \left( I_{s,j} \cdot \sum_k A_{trans,h,k,j} \right) \quad (10)$$

$Q_{s,h}$  solare Wärmegewinne für Wohngebäude bzw. für Nicht-  
Wohngebäude im Heizfall in kWh/M

$I_{s,j}$  Gesamtenergie der Globalstrahlung auf eine Flächeneinheit mit  
der Orientierung j während des jeweiligen Monats nach ÖNORM  
B 8110-5 in kWh/m<sup>2</sup>

$A_{trans,h,k,j}$  solar wirksame Kollektorfläche der transparenten Oberfläche k mit  
der Orientierung j in m<sup>2</sup>

$$A_{trans,h} = A_g \cdot F_s \cdot g \cdot F_g \quad (11)$$

$A_g$	Verglasungsfläche in $m^2$
$F_s$	Verschattungsfaktor gemäß 8.3.1.2 [ONO19] im Heizfall
$g$	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung
$F_g$	Abminderungsfaktor für solare Erträge der Verglasung auf Grund von $F_g = 0,9$ .

$$Q_l = Q_T + Q_V \quad (12)$$

$Q_l$	monatlicher Gesamtwärmeverlust eines Gebäudes/Gebäudeteils mit gleichmäßiger Innentemperatur in kWh/M
$Q_T$	Transmissionswärmeverlust für den jeweiligen Monat in kWh/M
$Q_V$	Lüftungswärmeverluste für den jeweiligen Monat in kWh/M

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs erfolgte mit dem Programm ArchiPHYSIK® der Firma A-Null.

### 2.3 Simulation und Variantenstudie

Für die hygrothermische Gebäudesimulation wurde das Programm WUFI® plus vom Fraunhofer Institut für Bauphysik gewählt, welches eine instationäre Berechnung mit unterschiedlichen Randbedingungen erlaubt.

Der dynamisch für Stundenwerte ermittelte Heizbedarf wurde über eine Dauer von einem Jahr summiert und kann so mit dem Heizwärmebedarf laut Energieausweis verglichen werden. Die Änderung einzelner Parameter ermöglicht eine Quantifizierung des Einflusses auf den Wärmebedarf durch diese.

### 3 Messung des Wärmedurchgangskoeffizienten

#### 3.1 **Kerngedämmte Außenwand, 3633 Lichtenau**

##### 3.1.1 Versuchsaufbau

Die Messung des ersten Wandaufbaus wurde von 15.10.2016 bis 12.11.2016 durchgeführt.

Im ersten Objekt, dem Bürogebäude der Firma Naturi am Gelände des Sägewerks in Lichtenau im Waldviertel, wurde die Außenwand aus Fichtenholz mit Zelluloseflocken als Kerndämmung, wie in Abb. 8 ersichtlich, errichtet. Die äußerste Lage Holz wurde aus Lärchenholz ausgeführt.

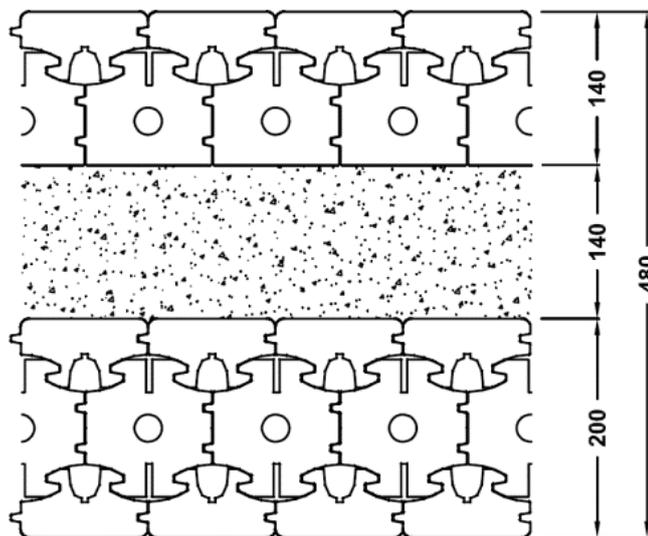


Abb. 8: Kerngedämmtes Naturi®-Wandsystem 48cm

Für die Zellulosedämmung der Firma Isocell kann laut Herstellerangaben der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit mit  $\lambda_{\text{Zellulose}} = 0,039 \text{ W/(mK)}$  angenommen werden.

Der Grundriss des Gebäudes und Anbringungsort der Wärmestrommessfolie ist in Abb. 9 dargestellt.

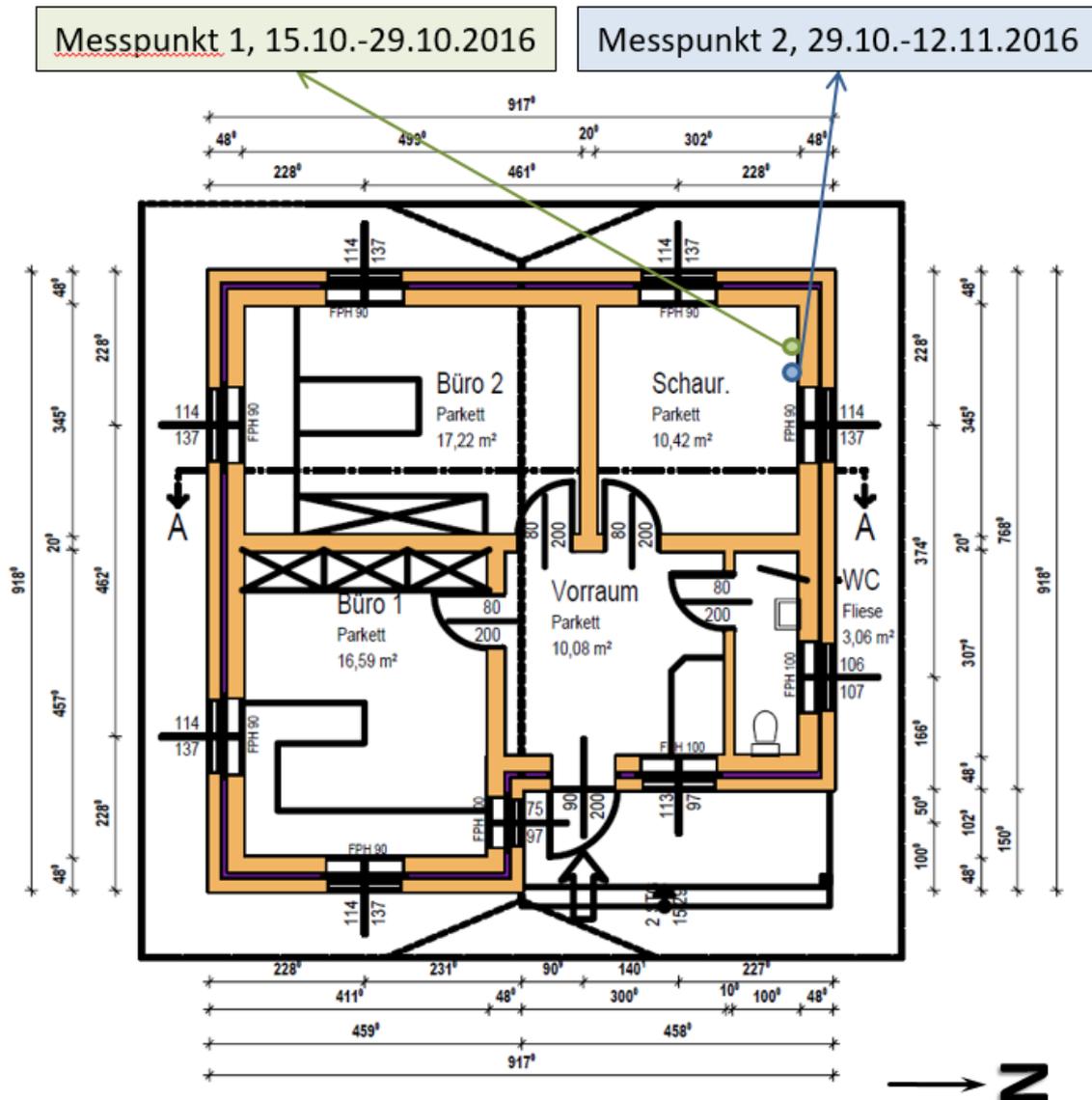


Abb. 9: Grundriss Erdgeschoß und Anordnung der Messpunkte, Lichtenau

Die Wärmestrommessfolie wurde mit Gewebeklebeband befestigt, umseitig abgeschlossen und die Fugen zwischen den Holzstäben mit wieder ablösbaren, knetbaren Klebepads abgedichtet, um eine Hinterströmung der Folie mit Luft zu verhindern. Die Temperatursensoren wurden mit einer dünnen Schicht Sekundenkleber vollflächig auf die Holzoberflächen aufgebracht, einer der innenliegenden Sensoren wurde zur Überprüfung der Heizkörpertemperatur an dessen Oberfläche geklebt.

In Abb. 10 bis Abb. 14 ist die Anbringung der Folie und der Temperatursensoren fotografisch dokumentiert.



Abb. 10: Außenansicht nordseitige Außenwand



Abb. 11: Anbringung Temperatursensoren außen



Abb. 12: Innenansicht nordseitige Außenwand



Abb. 13: Anbringung der Wärmestrommessfolie



Abb. 14: Messfolie und Temperatursensor innen Endzustand

### 3.1.2 Messergebnisse

Die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten und des  $\lambda$ -Wertes aus den Messergebnissen erfolgte wie in 2.1 erläutert. Da die Differenz zwischen der Oberflächen- und Lufttemperatur nicht gemessen wurde (einer der innenliegenden Sensoren wurde zur Überwachung des Heizkörpers verwendet), wurden die Wärmeübergangswiderstände nach [ONO18.2] angenommen.

Die Ergebnisse für unterschiedliche Temperaturdifferenzen werden in Tab. 8 aufgelistet.

Tab. 8: U-Werte bei unterschiedlichen Temperaturdifferenzen, Lichtenau

Filter		Messwerte (Mittelwert)				Berechnungswerte							
$\Delta T_o$ & $\Delta T_{O,24h}$ [K]	$\Delta T_{O,max,24h}$ - $\Delta T_{O,min,24h}$ [K]	Anzahl Messw.	$T_{S,i}$ [°C]	$T_{S,e}$ [°C]	q [W/m <sup>2</sup> ]	$\Delta q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$R_{s,i}$ [m <sup>2</sup> K/W]	$R_{s,e}$ [m <sup>2</sup> K/W]	mittl. $\Delta T_o$ [K]	mittl. $\Delta T_{O,24h}$ [K]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	$\lambda_{Zellulose}$ [W/mK]	$\lambda_{Naturi}$ [W/mK]
$\geq 10$	$\leq 7$	14.956	19,85	3,84	1,99	$\geq -0,5$ und $\leq 0,5$	0,13	0,04	16,02	15,35	0,122	0,039	0,076
$\geq 12$		10.637	19,92	2,16	2,30				17,76	16,95	0,128		0,084
$\geq 14$		8.571	19,90	1,27	2,38				18,62	17,85	0,126		0,081
$\geq 15$		7.404	19,91	0,88	2,44				19,03	18,35	0,126		0,082
$\geq 16$		6.366	19,91	0,65	2,48				19,26	18,75	0,127		0,083
$\geq 18$		3.892	19,75	-0,33	2,46				20,07	19,41	0,121		0,075

$\Delta T_o$	Temperaturdifferenz zwischen den Oberflächen in K
$\Delta T_{O,24h}$	gleitendes Mittel der Temperaturdifferenz über 24h in K
$T_{S,i}$	Oberflächentemperatur des Bauteils innenseitig in °C
$T_{S,e}$	Oberflächentemperatur des Bauteils außenseitig in °C
$q$	Wärmestromdichte in W/m <sup>2</sup>
$\Delta q$	Differenz der Wärmestromdichte zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messzeitpunkten in W/m <sup>2</sup>
$R_{S,i}$	Wärmeübergangswiderstand innenseitig in (m <sup>2</sup> K)/W
$R_{S,e}$	Wärmeübergangswiderstand außenseitig in (m <sup>2</sup> K)/W

Die Differenz der maximalen und minimalen Temperaturdifferenz in einem Zeitraum von 24h sollte möglichst niedrig gehalten werden, um der Anforderung an den U-Wert, dass dieser mit einem stationären Wärmestrom ermittelt wird, möglichst gerecht zu werden. In diesem Fall wurde aufgrund der relativ hohen Außentemperatur im Messzeitraum ein höherer Wert von 7K gewählt, um noch eine auswertbare Anzahl an Messdaten für die gewünschten Temperaturdifferenzen zu erhalten.

## 3.2 Außenwand 30cm, 1210 Floridsdorf

### 3.2.1 Versuchsaufbau

Die Messung des zweiten Wandaufbaus wurde von 14.12.2016 bis 02.01.2017 durchgeführt.

Bei diesem Objekt, einem Kleingartenwohnhaus in Floridsdorf in Wien, wurde die Außenwand aus 30cm Fichtenholz, wie in Abb. 15 ersichtlich, errichtet. Die äußerste Lage Holz wurde aus Lärchenholz ausgeführt.



Kleberückständen mit einer dünnen Schicht der ablösbaren, knetbaren Klebepads vollflächig auf die Holzoberflächen aufgebracht.

In Abb. 17 bis Abb. 19 ist die Anbringung der Folie und der Temperatursensoren fotografisch dokumentiert.

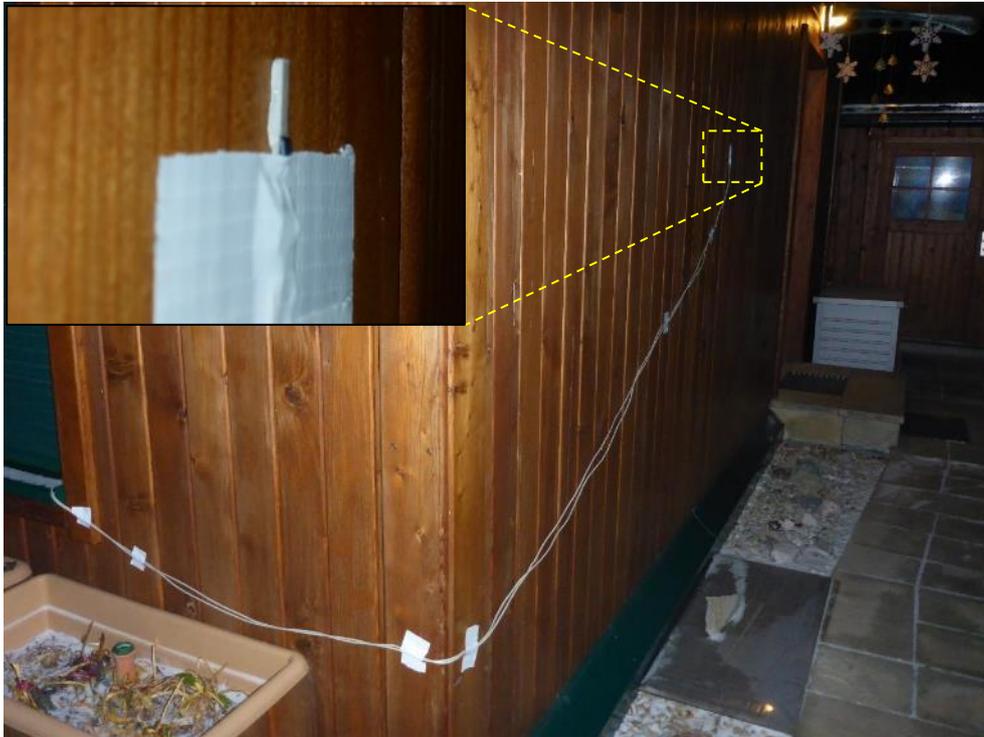


Abb. 17: Anbringung Temperatursensoren außen



Abb. 18: Innenansicht nordseitige Außenwand



Abb. 19: Messfolie und Temperatursensor innen Endzustand

### 3.2.2 Messergebnisse

Die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten und des  $\lambda$ -Wertes aus den Messergebnissen erfolgte wie in 2.1 erläutert.

Die Differenz der maximalen und minimalen Temperaturdifferenz in einem Zeitraum von 24h sollte möglichst niedrig gehalten werden, um der Anforderung an den U-Wert, dass dieser mit einem stationären Wärmestrom ermittelt wird, möglichst gerecht zu werden. In diesem Fall konnte aufgrund der niedrigen Außentemperatur im Messzeitraum ein Wert von 3K gewählt werden, um noch eine auswertbare Anzahl an Messdaten für die gewünschten Temperaturdifferenzen zu erhalten.

Die Ergebnisse für unterschiedliche Temperaturdifferenzen werden in Tab. 9 aufgelistet.

Tab. 9: U-Werte bei unterschiedlichen Temperaturdifferenzen, Florldsdorf

Filter		Messwerte (Mittelwert)				Berechnungswerte						
$\Delta T_O$ & $\Delta T_{O,24h}$	$\Delta T_{O,max,24h}$ - $\Delta T_{O,min,24h}$	Anzahl Messw.	$T_{S,i}$	$T_{S,e}$	q	$\Delta q$	$R_{s,i}$	$R_{s,e}$	mittl. $\Delta T_O$	mittl. $\Delta T_{O,24h}$	U-Wert	$\lambda_{Naturi}$
[K]	[K]	[-]	[°C]	[°C]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> K/W]	[m <sup>2</sup> K/W]	[K]	[K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/mK]
$\geq 10$		2.141	20,55	-1,06	6,21		0,12	0,07	21,60	21,74	0,271	0,086
$\geq 12$		2.141	20,55	-1,06	6,21		0,12	0,07	21,60	21,74	0,271	0,086
$\geq 14$		2.141	20,55	-1,06	6,21		0,12	0,07	21,60	21,74	0,271	0,086
$\geq 15$		2.141	20,55	-1,06	6,21	$\geq -0,5$	0,12	0,07	21,60	21,74	0,271	0,086
$\geq 16$	$\leq 3$	1.998	20,50	-1,54	6,42	und $\leq 0,5$	0,12	0,08	22,04	22,12	0,275	0,087
$\geq 18$		1.949	20,48	-1,69	6,49		0,12	0,08	22,17	22,27	0,277	0,088
$\geq 20$		1.638	20,49	-1,96	6,68		0,12	0,07	22,45	22,72	0,282	0,089
$\geq 22$		1.437	20,50	-2,08	6,73		0,12	0,07	22,58	22,85	0,283	0,090

---

$\Delta T_o$	Temperaturdifferenz zwischen den Oberflächen in K
$\Delta T_{O,24h}$	gleitendes Mittel der Temperaturdifferenz über 24h in K
$T_{S,i}$	Oberflächentemperatur des Bauteils innenseitig in °C
$T_{S,e}$	Oberflächentemperatur des Bauteils außenseitig in °C
$q$	Wärmestromdichte in W/m <sup>2</sup>
$\Delta q$	Differenz der Wärmestromdichte zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messzeitpunkten in W/m <sup>2</sup>
$R_{S,i}$	Wärmeübergangswiderstand innenseitig in (m <sup>2</sup> K)/W
$R_{S,e}$	Wärmeübergangswiderstand außenseitig in (m <sup>2</sup> K)/W

## 4 Vergleich Wärmestrommessung mit hygrotherm. Bauteilsimulation

Der Vergleich zwischen der Wärmestrommessung und simulierten Wärmestromdichte wurde an der Außenwand mit 30cm Dicke in Floridsdorf durchgeführt.

### 4.1 Versuchsaufbau und Messergebnisse

Der Versuchsaufbau wird in 3.2 beschrieben. Der gemessene Wärmestrom wird in Abb. 20 dargestellt.

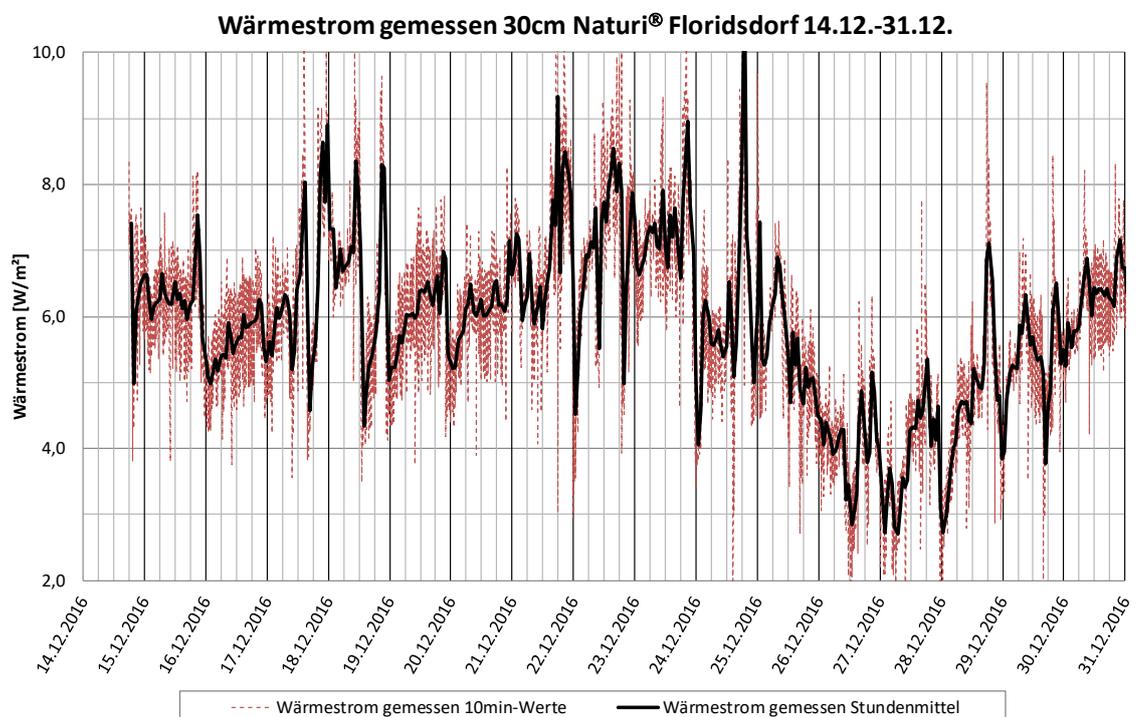


Abb. 20: Diagramm Ergebnisse Wärmestrommessung Floridsdorf

### 4.2 Bauteil-Simulation mit WUFI® 2D

#### 4.2.1 Modellbildung

Da im Programm WUFI® 2D nur die Berücksichtigung von rechteckigen Flächen möglich ist, wurden das tatsächliche Modell des Aufbaus durch Rechtecke angenähert. Um die Simulationsdauer möglichst zu verringern, wurden weiters Symmetrieachsen genutzt, an denen adiabatische Randbedingungen herrschen. Die Vorgehensweise für die Anpassung des Modells ist in Abb. 21 und Abb. 22 dargestellt.

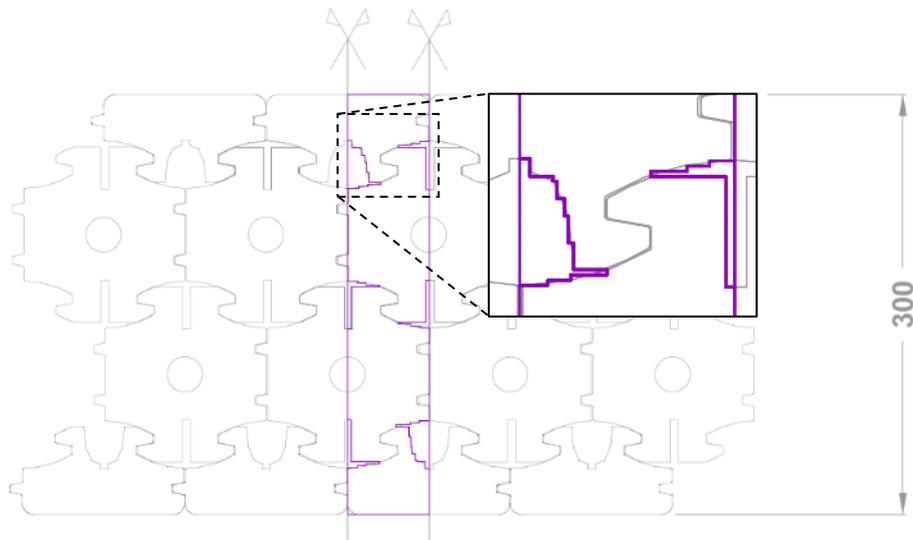


Abb. 21: Vereinfachung des 30cm Naturi®-Aufbaus durch orthogonale Linien

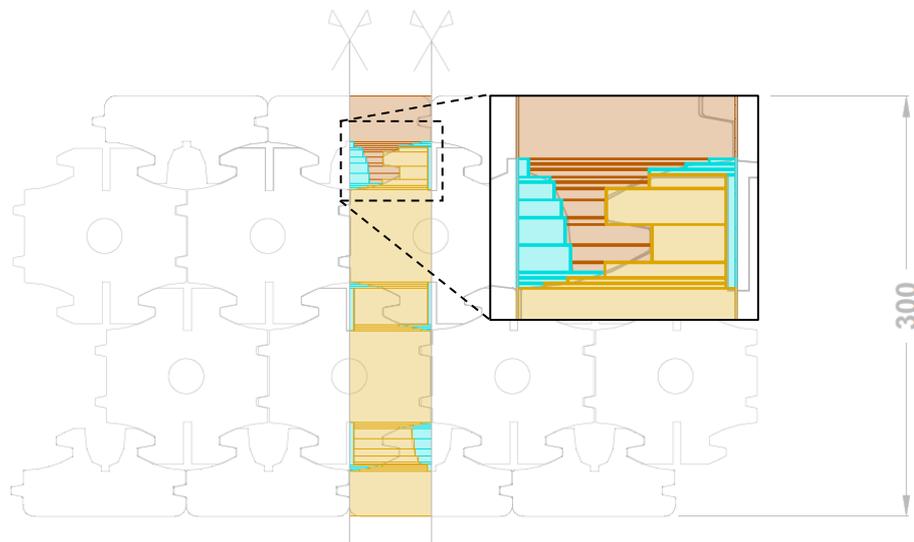


Abb. 22: Unterteilung des vereinfachten Modells in Rechtecke

Die Schutzabdeckung der Folie wurde als 1mm dicke PVC-Schicht an der inneren Oberfläche in der Simulation berücksichtigt.

Aufgrund der hohen Anzahl an Rechtecken, die sich durch die Geometrie ergibt, wurde für das Berechnungsgitter ein mittlerer Feinheitsgrad in Richtung des Wärmestromes und ein grober Feinheitsgrad orthogonal zum Wärmestrom gewählt, da sich sonst eine sehr lange Simulationsdauer ergäbe.

Da im Gebäudesimulationsmodell WUFI plus nur die Eingabe homogener Bauteile möglich ist, wurde zur Überprüfung der ausreichenden Genauigkeit zusätzlich ein Modell mit homogenen Holzschichten simuliert.

#### 4.2.2 Randbedingungen

Für die Simulation wurde ein Klimafile für ein 10-minütiges Zeit-Intervall erstellt, bei dem die vor Ort gemessenen Oberflächentemperaturen und relative Feuchte des gemessenen Raumes und Außenklimas verwendet wurden.

Die Erstellung eines Intervalls, welches nicht eine Stunde beträgt, ist nicht in allen in WUFI® verfügbaren Dateiformaten für Klimafiles möglich, daher wurde für die Klimadatei der Dateityp „.kli“ gewählt, da dieser am geeignetsten erschien. Bei diesem Format findet keine Umrechnung der horizontalen Globalstrahlung auf vertikale Bauteile statt, und der Schlagregen wird nicht aus der Regenmenge und Windgeschwindigkeit- und -stärke ermittelt, sondern mit bereits speziell für den zu simulierenden Bauteil gemessenen oder berechneten Werten. Daher wurde für die Simulation die Strahlung und Regenlast vernachlässigt.

Um eine ausreichende Einschwingdauer des Bauteils zu ermöglichen, wurde als Startdatum für die Simulation der 1. Dezember gewählt. Die Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft wurde für den zweiwöchigen Zeitraum vor Beginn der Wärmestrommessung aus den Messdaten der Wetterstation der BOKU übernommen (Abb. 23), für den Innenraum wurden konstant 20°C und 40% relative Feuchte angenommen (Abb. 24).

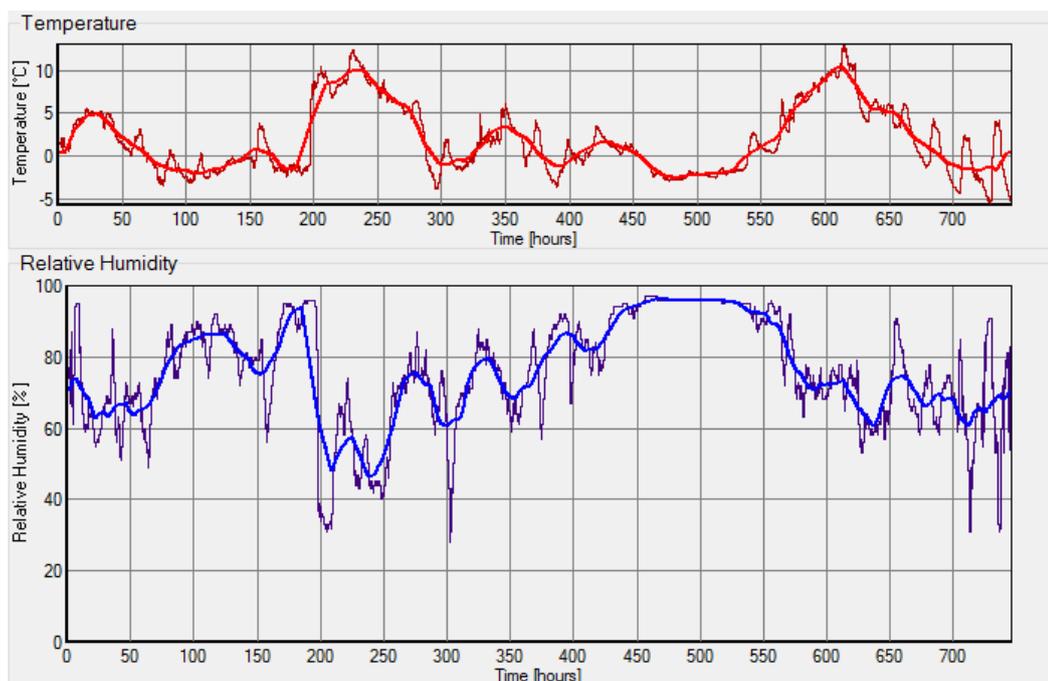


Abb. 23: Temperatur und rel. Feuchte außen, EFH Floridsdorf, Dez. 2016

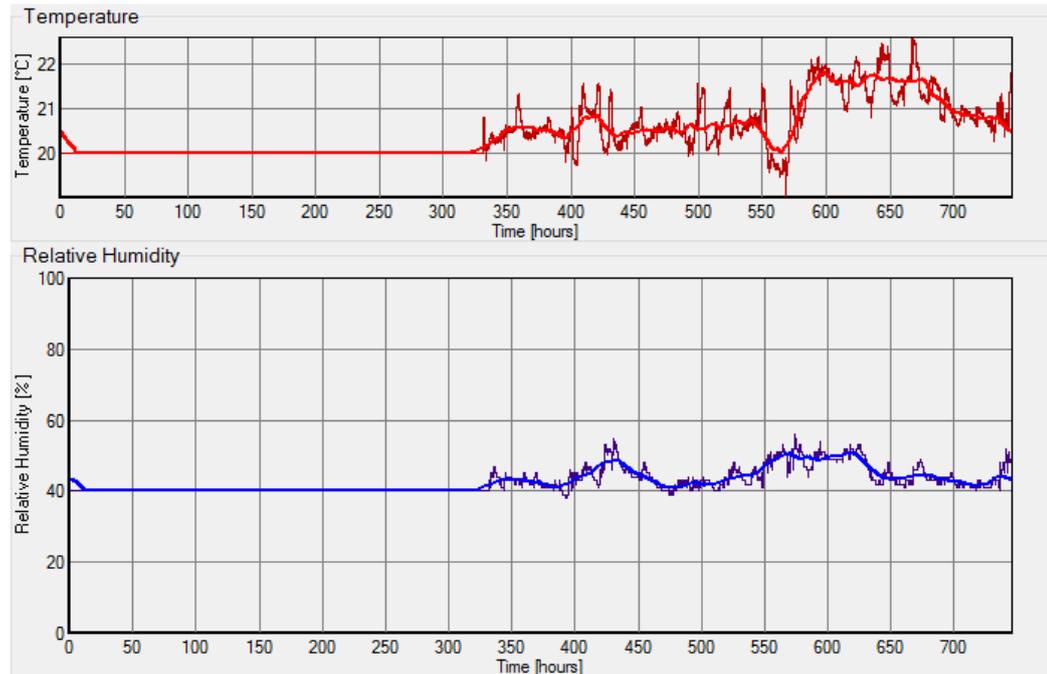


Abb. 24: Temperatur und rel. Feuchte innen, EFH Floridsdorf, Dez. 2016

Da für die erstellte Klimadatei die gemessenen Oberflächentemperaturen eingesetzt wurden, wurden die Wärmeübergangswiderstände  $R_{se}$  und  $R_{si}$  möglichst niedrig mit  $0,02 \text{ m}^2\text{K/W}$  angesetzt. Grundsätzlich müssten diese Werte gar nicht berücksichtigt werden, bei einem weiteren Herabsetzen des Wertes kam es jedoch in der Simulation zu numerischen Problemen.

Für das Fichten- und Lärchenholz wurde als Anfangsfeuchte 12M.-% gewählt.

#### 4.2.3 Simulationsergebnisse und Vergleich mit Messergebnissen

Die größte Abweichung zwischen den gemessenen und den simulierten Werten lässt sich im Zeitraum der Weihnachts-Feiertage zwischen 25.12. und 27.12. erkennen, vgl. Abb. 25. Da in diesem Zeitraum laut Aussage der Bewohner eine erhöhte Anwesenheit von Personen zu vermerken war, ist diese stärkere Abweichung auf die Wechselwirkung zwischen der Wärmestrommessfolie und der Umgebung zurückzuführen, welche in der Simulation nicht berücksichtigt werden konnte, wie beispielsweise der Strahlungsaustausch zwischen der Folie und Personen.

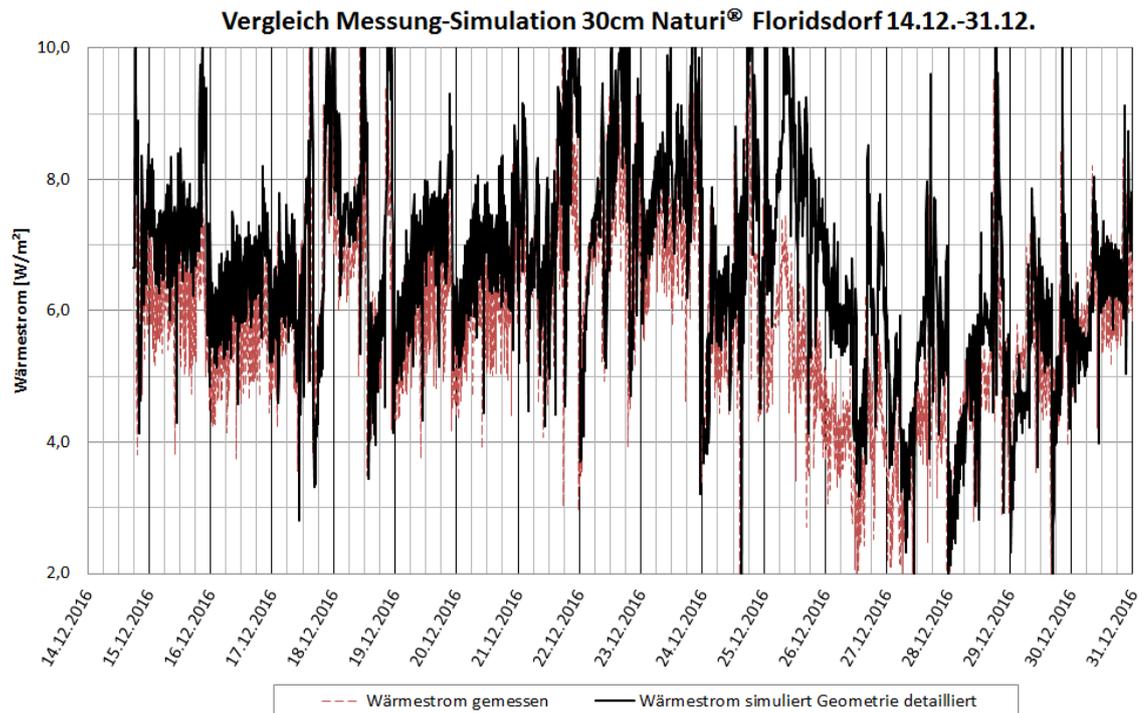


Abb. 25: Diagramm Wärmestrom-Vergleich 14.12.-31.12.

Bei einer detaillierteren Betrachtung eines dreitägigen Zeitraumes (Abb. 26) ist eine gute Übereinstimmung der Werte zu sehen, wobei die simulierten Werte tendenziell etwas höher liegen als die gemessene Wärmestromdichte, und somit auf der sicheren Seite liegen.

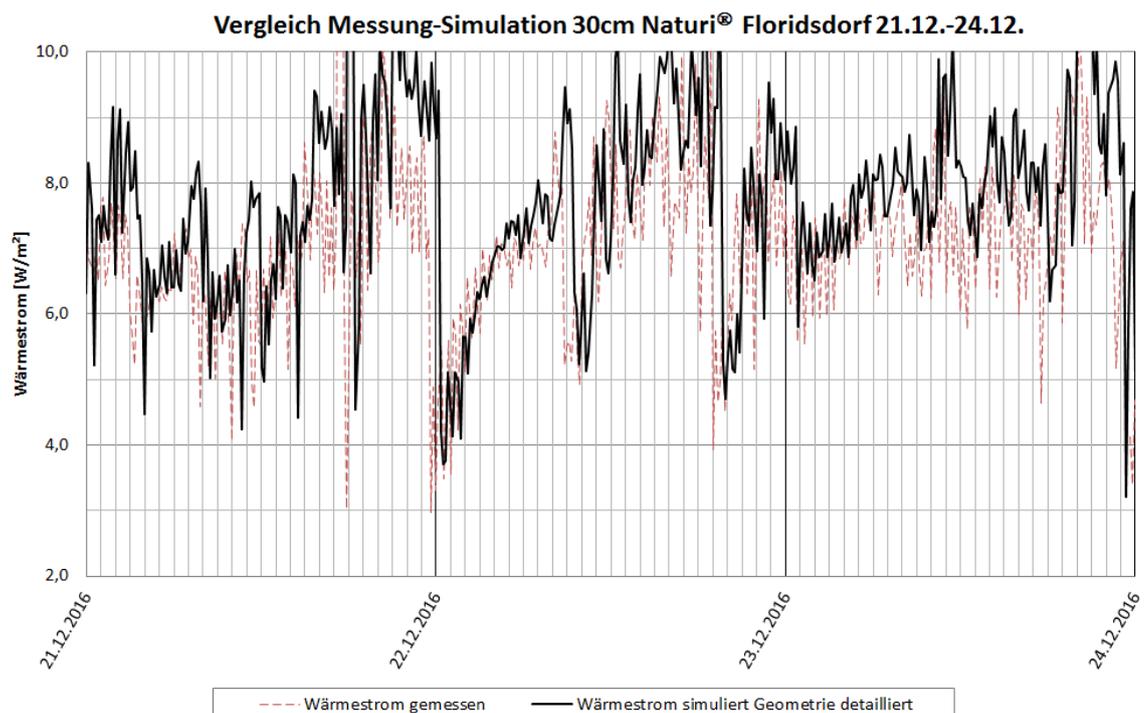


Abb. 26: Diagramm Wärmestrom Vergleich 21.12.-24.12.

Bei noch genauerer Untersuchung eines Zeitraumes, in dem nicht mit der Anwesenheit von Personen in der Nähe der Wärmestrommessfolie zu rechnen ist (Abb. 27), lässt sich erkennen, dass eine genaue Übereinstimmung zwar auch hier nicht erreicht wird, die Größenordnung der Wärmestromdichte sowie die Form der Kurve jedoch sehr ähnlich sind. In Anbetracht der Vernachlässigung der Strahlung und des Regens an der Außenseite, sowie des Einflusses von strahlenden Gegenständen auf der Innenseite (beispielsweise einer nahegelegenen Infrarotheizung), ist die Übereinstimmung genau genug.

Der Vergleich mit der Simulation des vereinfachten Modells in Abb. 28 zeigt, dass nur marginale Unterschiede zur detaillierten Berechnung vorhanden sind, woraus folgt dass die vereinfachte Berechnung für weitere Parameterstudien und die Gebäudesimulation ausreichend genau sind.

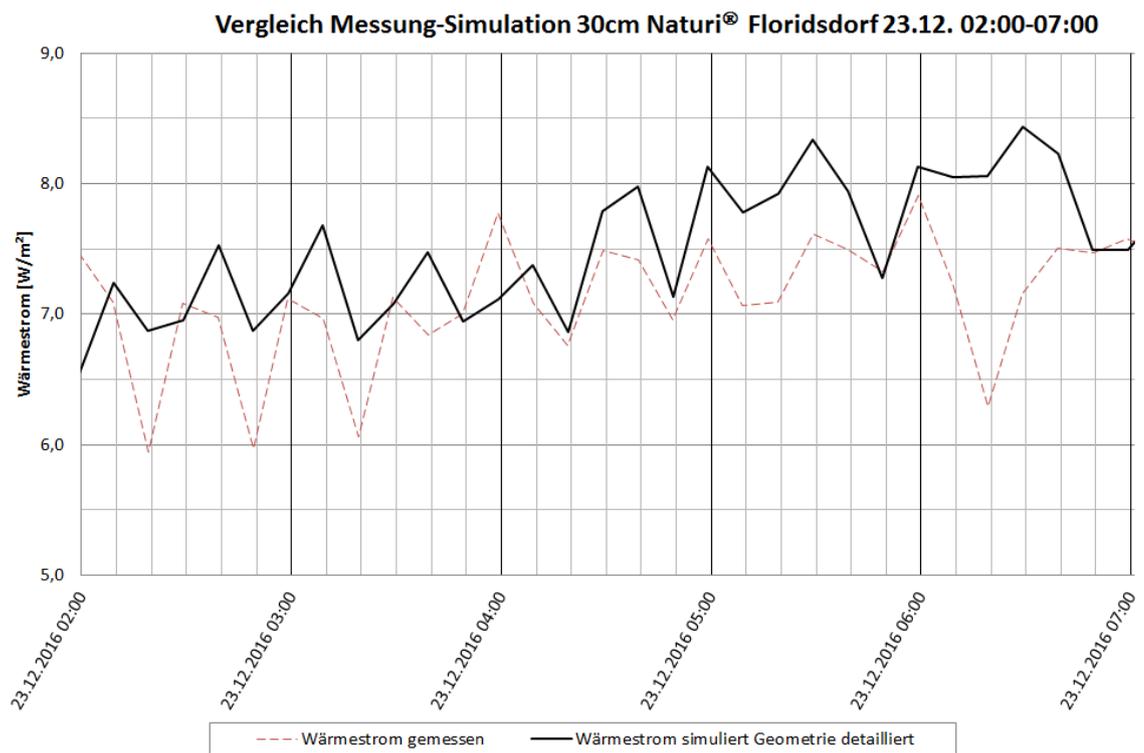


Abb. 27: Diagramm Wärmestrom Vergleich 23.12., detailliertes Modell

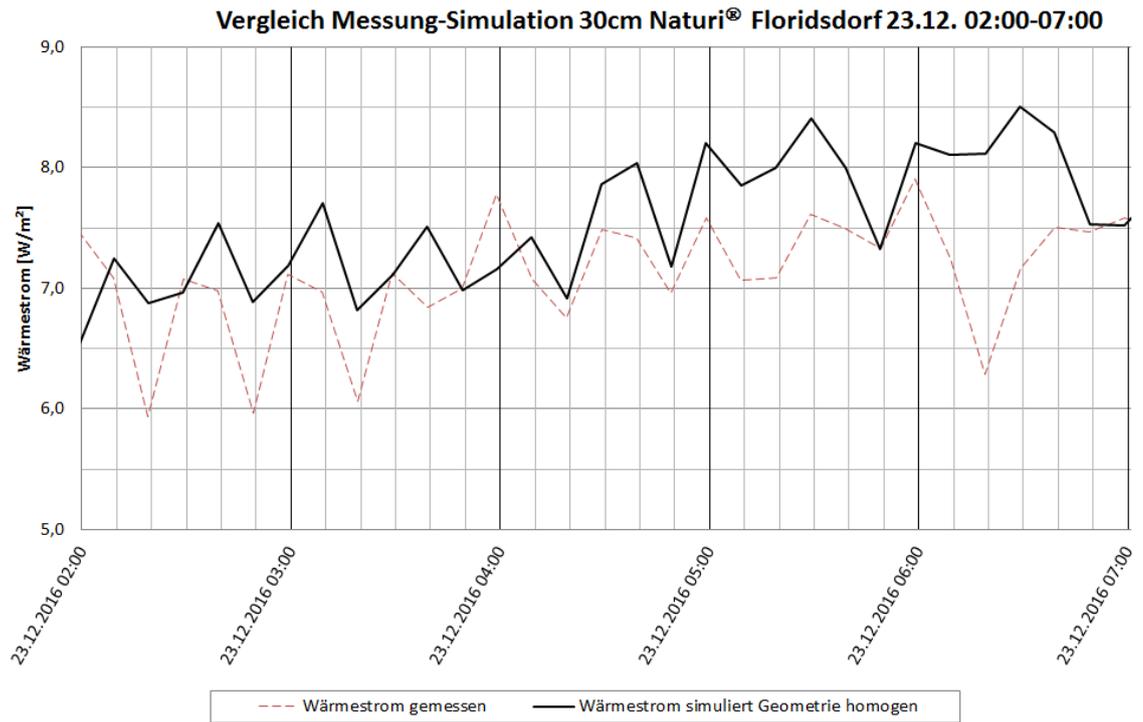


Abb. 28: Diagramm Wärmestrom Vergleich 23.12., vereinfachtes Modell

## 5 Vergleich Innenklimamessung mit vereinfachter Berechnung

Diese Messung zum Vergleich mit der vereinfachten Berechnung wurde im Bürogebäude in Lichtenau durchgeführt, da hier die Abwesenheit von Personen über die Weihnachtsfeiertage möglich war und so die Gewinne durch die Wärmeabgabe von Personen vernachlässigt werden konnten.

### 5.1 Versuchsaufbau

Für die Messung der Innenklimabedingungen wurden in allen Räumen des Gebäudes, mit Ausnahme von Toilette/Abstellraum ein RTR-Datenlogger mit mindestens 0,5m Abstand zur Decke wie in Abb. 29 bis Abb. 31 ersichtlich angebracht.

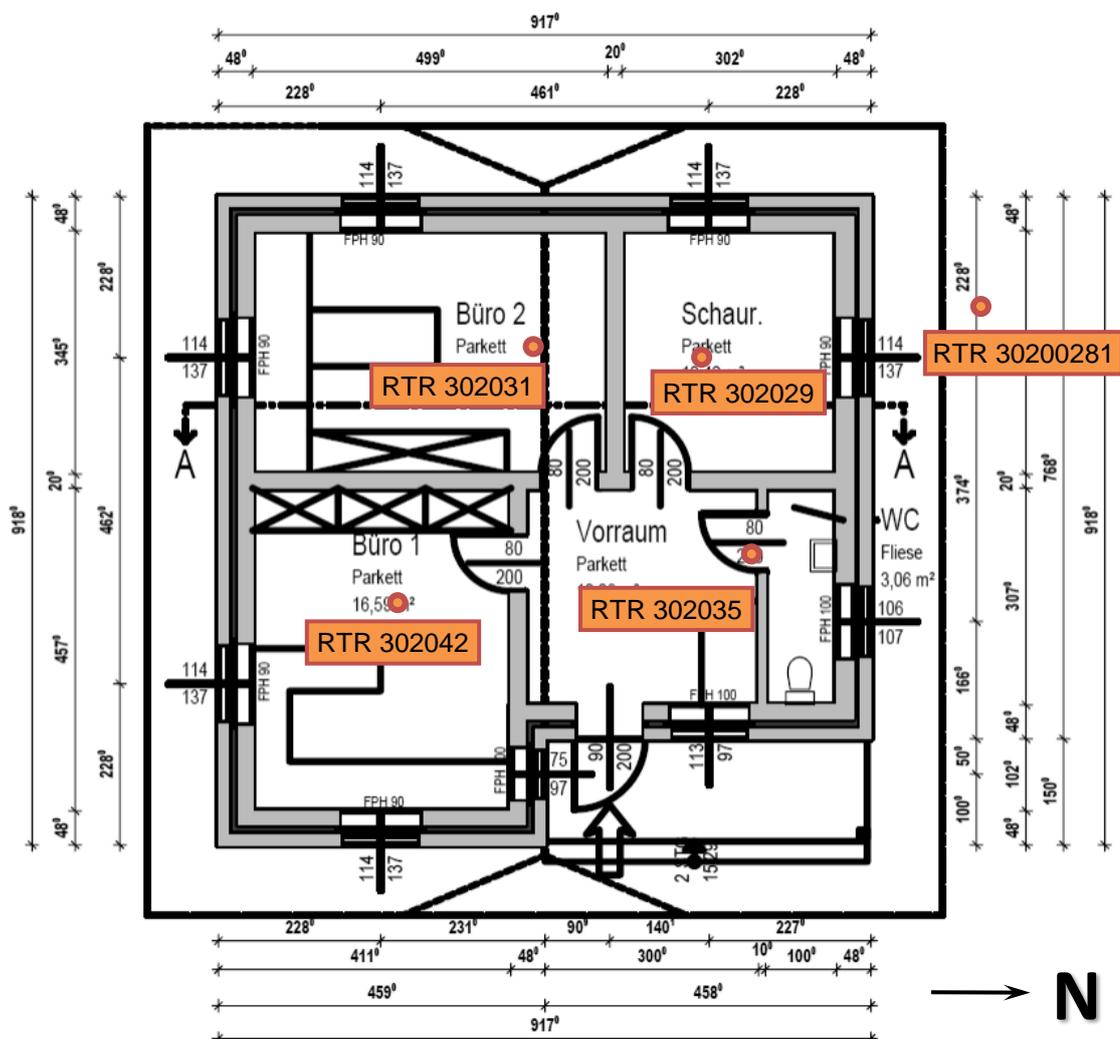


Abb. 29: Übersichtsplan Anbringungsorte RTR-Sensoren



Abb. 30: RTR-Sensor 320035 im Vorraum



Abb. 31: RTR-Sensor 320029 im Schauraum

Die Messung des Außenklimas erfolgte mit einem strahlungs- und regengeschützten RTR-Sensor vor der nordseitigen Fassade des Gebäudes wie in Abb. 32 zu sehen.



Abb. 32: Außensensor mit Strahlungs- und Regenschutz

Die Sensoren wurden am 23.12.2016 montiert, als Startzeit für die Messung wurde 14:00 Uhr gewählt. Am 26.12. zwischen 10:30Uhr und 10:40Uhr fand eine Auslesung statt, die Sensoren waren noch bis 22.01.2017 befestigt.

Die erste Ablesung für den Startwert des Zählerstandes für den elektrischen Energieverbrauch fand bei Verlassen des Gebäudes durch die Mitarbeiter am 23.12. um 16:00 Uhr statt, die zweite Ablesung des Endwertes am 26.12. um 10:20 Uhr. Dieser Zeitraum wurde daher auch für den Vergleich mit dem Monats-Bilanzverfahren ausgewählt.

Die Fenster und Türen blieben im Messzeitraum verschlossen, das Wetter war bewölkt bzw. größtenteils neblig. Laut Angaben des Besitzers war er im Messzeitraum zweimal für etwa eine Stunde im Gebäude anwesend.

## 5.2 Messergebnisse

Der Verlauf des gemittelten Innenraumklimas und des Außenklimas für den Zeitraum 23.12.16:00 Uhr bis 26.12. 10:20 Uhr ist in Abb. 33 und Abb. 34 dargestellt. Die Minimal-, Mittel- und Maximalwerte werden in Tab. 10 und Tab. 11 zusammengefasst.

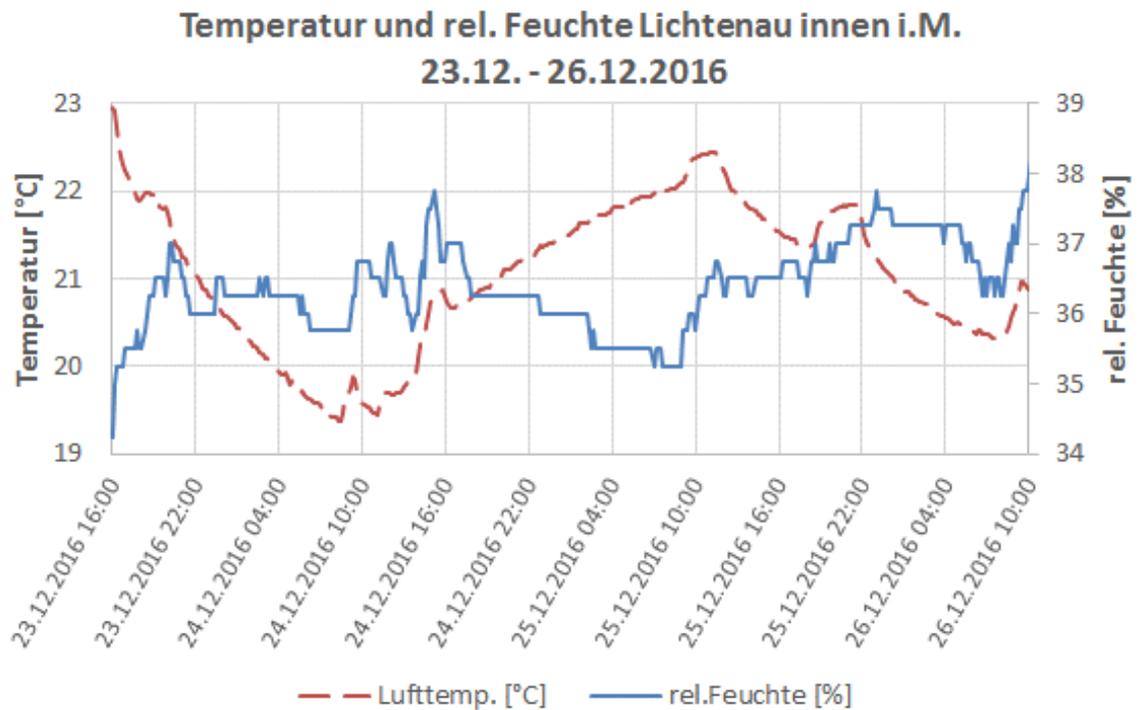


Abb. 33: Verlauf Innenraumklima

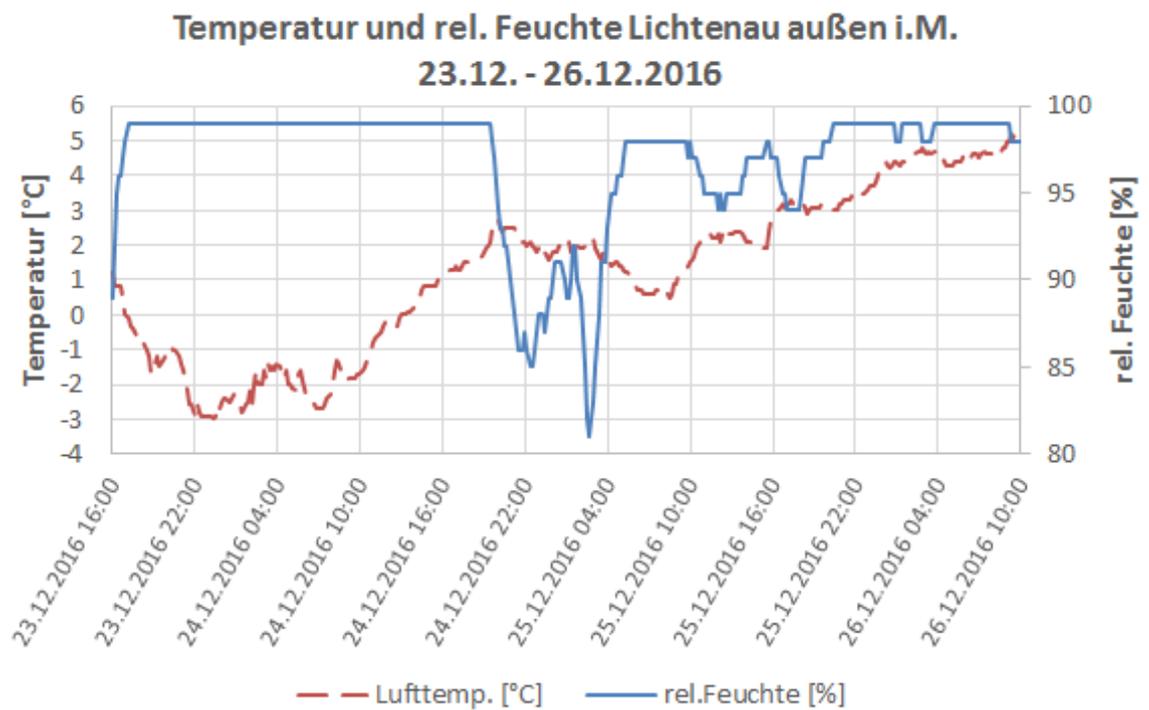


Abb. 34: Verlauf Außenklima

Tab. 10: Messergebnisse Schauraum und Büros

	Schauraum		Büro 1		Büro 2	
	Lufttemp. [°C]	rel. Feuchte [%]	Lufttemp. [°C]	rel. Feuchte [%]	Lufttemp. [°C]	rel. Feuchte [%]
Minimum	18,8	36	19,8	33	19,2	33
Mittelwert	20,56	37,44	21,20	35,99	21,16	36,12
Maximum	21,9	39	23,6	39	23,4	38

Tab. 11: Messergebnisse Vorraum, Mittelwert Innenklima und Außenklima

	Vorraum		Mittelwert Innen		Messung Außen	
	Lufttemp. [°C]	rel. Feuchte [%]	Lufttemp. [°C]	rel. Feuchte [%]	Lufttemp. [°C]	rel. Feuchte [%]
Minimum	19,3	34	19,375	34,25	-3	81
Mittelwert	21,26	35,98	21,04	36,39	1,25	97,00
Maximum	23,1	38	22,95	38,25	5,3	99

Für den Messzeitraum von 66,33 h wurde eine Heizenergie von 60,4 kWh verbraucht, wie in Tab. 12 ersichtlich.

Tab. 12: gemessener Energieverbrauch

	Energieverbrauch gemessen	
	Heizung [kWh]	Strom [kWh]
23.12.2016 16:00	926,84	743,85
26.12.2016 10:20	984,89	746,2
66,33 h	58,05	2,35

### 5.3 Monats-Bilanzverfahren (Energieausweis)

#### 5.3.1 Randbedingungen

Der Heizwärmebedarf wurde für den Standort 3633 Schönbach, Katastralgemeinde 24207 Bernton gerechnet.

#### 5.3.2 Berechnungsergebnisse und Vergleich mit Messergebnissen

Für alle Varianten wurden die inneren Gewinne vernachlässigt, da die Gewinne durch Personen aufgrund der Abwesenheit von Personen (mit Ausnahme von etwa 2 h) minimal waren und die Gewinne durch Geräte über die

Messung der elektrischen Energie mit abgelesen wurden und zum Heizwärmebedarf mitgezählt wurden.

Da im Messzeitraum laut Aussage der Besitzer fast durchgängig nebliges Wetter, mit Ausnahme von kurzen Perioden mit Bewölkung und Regen, zu vermerken war, wurden bei den Anpassungsvarianten die solaren Gewinne für alle Fenster mit der Strahlungssumme für Norden angenähert.

### Energieausweis Grundversion

Der von der Fa. Zainzinger angegebene Energieausweis wurde mit ArchiPHYSIK nachgerechnet und als erster Vergleichswert mit dem gemessenen Ergebnis wurden die Wärmeverluste für Dezember laut Energieausweis auf die Messdauer von 66,33 h wie in den Formeln (13) und (14) zurückgerechnet.

$$Q_{T,Dez} + Q_{V,Dez} - Q_{S,Dez} = 1.160 + 414 - 59 = 1.515 \text{ kWh} \quad (13)$$

$$Q_{\text{Messdauer,EA}} = 1.515 \cdot \frac{66,33 \text{ h}}{31 \cdot 24 \text{ h}} = 135 \text{ kWh} \quad (14)$$

### Energieausweis 1.Anpassung

Für die erste Anpassung wurde der Transmissionsleitwert  $L_T = 68,16 \text{ W/K}$  des Energieausweises übernommen.

Da die Fenster im Messzeitraum geschlossen gehalten wurden, wurde der Lüftungsleitwert mit dem Infiltrationsluftwechsel wie in (15) dargestellt berechnet.

$$L_V = 0,34 \cdot n_x \cdot V_V = 0,34 \cdot 0,07 \cdot 1,5 \cdot 160,8 = 5,74 \text{ W/K} \quad (15)$$

Die beiden Leitwerte wurden zusammenaddiert, mit der gemessenen Temperatur multipliziert und über den Messzeitraum aufsummiert. Somit ergeben sich für die erste Anpassung Wärmeverlust von  $Q_{l,\text{Messdauer},1} = 97,0 \text{ kWh}$ .

Die solaren Gewinne für die Annahme der nördlichen Fensterausrichtung beträgt  $Q_{S,\text{Nord}} = 1,74 \text{ kWh}$ . Daher ergibt sich für die erste Anpassung der Wärmeverlust von  $Q_{\text{Messdauer},1} = 95,3 \text{ kWh}$ .

### Energieausweis 2.Anpassung

Für die zweite Anpassung wurde der Transmissionsleitwert durch folgende Maßnahmen verbessert:

- Verwendung des gemessenen U-Werts  $U = 0,126 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Keine Berücksichtigung der Fußbodenheizung, da diese nicht verwendet wurde
- Anpassung des Temperaturkorrekturfaktors der Decke gegen ungedämmten Dachraum auf  $f_h = 0,9$

Damit ergibt sich der Transmissionsleitwert laut Berechnungsprogramm mit  $L_T = 62,94 \text{ W/K}$

Der Lüftungsleitwert der ersten Anpassung wurde mit  $L_V = 5,74 \text{ W/K}$  beibehalten.

Die beiden Leitwerte wurden zusammenaddiert, mit der gemessenen Temperatur multipliziert und über den Messzeitraum aufsummiert. Somit ergeben sich für die erste Anpassung Gesamtwärmeverluste von  $Q_{\ell, \text{Messdauer}, 2} = 90,2 \text{ kWh}$ .

Nach Abzug der solaren Gewinne wie bei der ersten Anpassung ergibt sich somit ein Wärmeverlust von  $Q_{\text{Messdauer}, 2} = 88,5 \text{ kWh}$ .

### Energieausweis 3. Anpassung

Da es bei gut gedämmten Anschlüssen, wie sie bei diesem Gebäude vorliegen, bei Anwendung der vereinfachten Formel für Wärmebrücken (7) häufig zu einer starken Überschätzung der Wärmebrücken kommt, insbesondere bei Anschlüssen von Holzkonstruktionen, wurde in diesem dritten Schritt der Wärmebrückenzuschlag vernachlässigt. Somit ergibt sich der Transmissionsleitwert  $L_T = 56,61 \text{ W/K}$ .

Der Lüftungsleitwert und die solaren Gewinne wurden wie in den ersten beiden Anpassungen beibehalten und die Gesamtwärmeverluste analog ermittelt. Der Wärmeverlust für die dritte Anpassung ergibt sich mit  $Q_{\text{Messdauer}, 3} = 80,1 \text{ kWh}$ .

Die Zusammenfassung der Anpassungen sowie eine prozentuelle Gegenüberstellung mit dem Messwert ist in Tab. 13 dargestellt

Tab. 13: Zusammenfassung Wärmeverbrauch

	Messung	EA	EA 1.Anpassung	EA 2.Anpassung	EA 3.Anpassung
Wärmever- brauch [kWh]	60,4	135,0	95,3	88,5	80,1
Wärmever- brauch [%]	100	224	158	147	133

## **6 Simulation und Variantenstudie**

Nach der Überprüfung des vereinfachten Modells 4 wird die Variantenstudie mit dem in der Wufi Datenbank enthaltenen Klima-Datensatz für Wien gerechnet.

### **6.1 Bauteil-Simulation mit WUFI® 2D und WUFI® plus**

#### **6.1.1 Austrocknungs- und Auffeuchtungsverhalten 30cm Wand**

Der vom Fraunhofer Institut vorgeschlagene Wert für die typische Einbaufeuchte liegt bei ca. 18M.-% bzw. 80kg/m<sup>3</sup> Wassergehalt, welcher sich auch bei Simulation des Holzes bei 23°C und 80% relativer Luftfeuchte einstellt, für die der Umrechnungsfaktor des Bemessungswert für die Wärmeleitfähigkeit des Holzes laut ÖNORM B8110-7 [ONO13] vorgegeben wird. Da das System Naturi® das natürliche Quellverhalten des Holzes nutzt um eine ausreichende „Verkeilung“ der einzelnen Stäbe miteinander zu erzielen, wird das Holz vor dem Einbau auf unter 10% Holzfeuchte getrocknet. Da durch den Verzicht von Folien sowohl eine schnellere Abgabe von Feuchtigkeit an angrenzende Oberfläche möglich ist, aber der Aufbau auch umgekehrt schneller Feuchte aufnehmen kann, wurde mit einer Simulation in WUFI plus über 20 Jahre der Feuchtetransport mit jeweils niedriger und hoher Anfangsfeuchte untersucht.

Das Innenraumklima wurde mit einer Mindesttemperatur von 20°C angenommen und simuliert, wobei sich hier in der Simulation eine relative Feuchte von 25-45% einstellt.

In Abb. 35 und Abb. 36 zeigt sich, dass sich bei einer Anfangsfeuchte von 8M% ganzjährig eine über den Querschnitt gemittelte Feuchtigkeit von unter 10,5M% erreicht wird. Die Ausrichtungen Nord und West wurden ausgewählt, da nordseitig die geringste Austrocknung durch solare Gewinne erfolgt und westseitig am Standort Wien die höchste Schlagregen-Belastung auftritt.

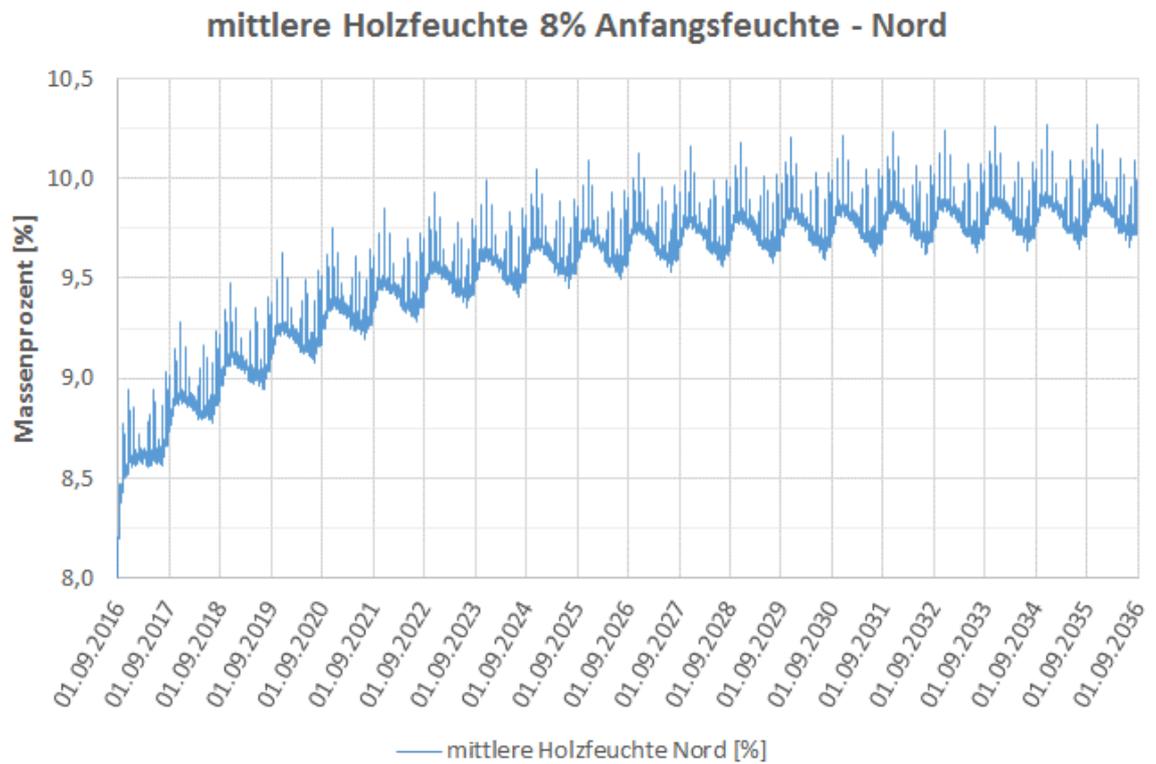


Abb. 35: Austrocknungsverhalten 8% Anfangsfeuchte Nord

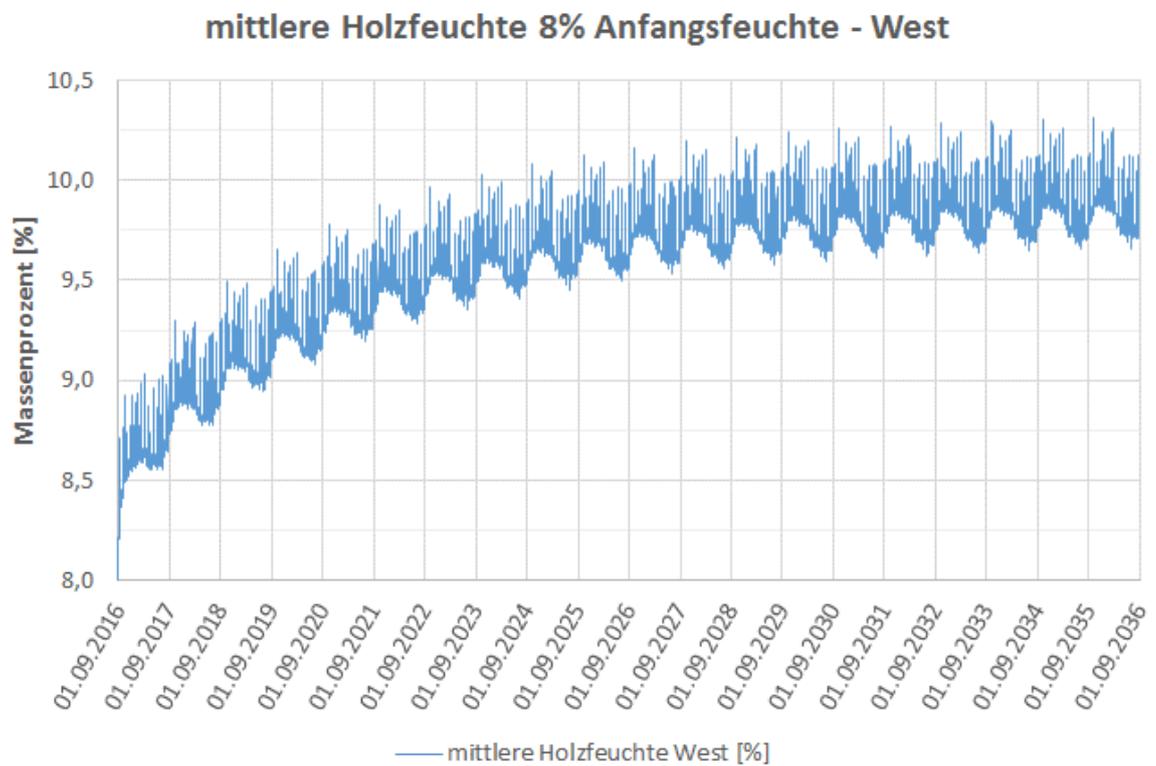


Abb. 36: Austrocknungsverhalten 8% Anfangsfeuchte West

Für die vorgeschlagene Anfangsfeuchte von 18M.-% ergäbe sich nach 20 Jahren wie in Abb. 37 und Abb. 38 erkennbar ebenfalls eine Holzfeuchte unter 11M.-%.

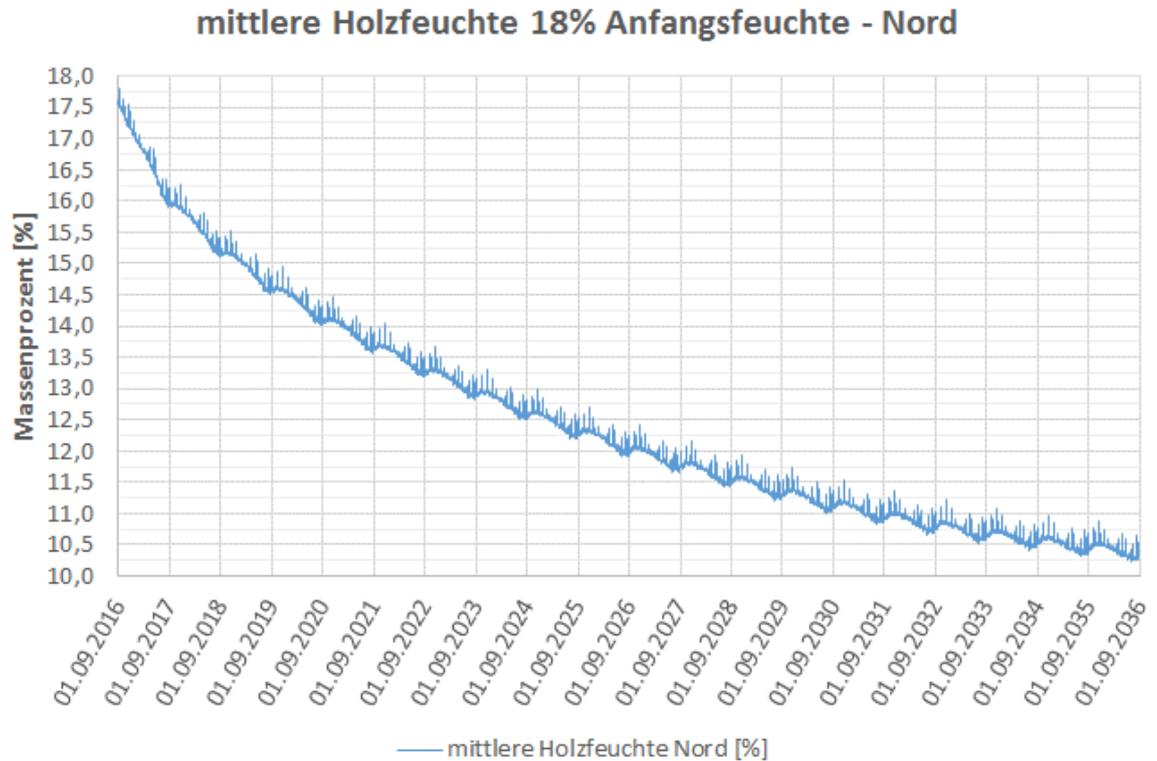


Abb. 37: Austrocknungsverhalten 18% Anfangsfeuchte Nord

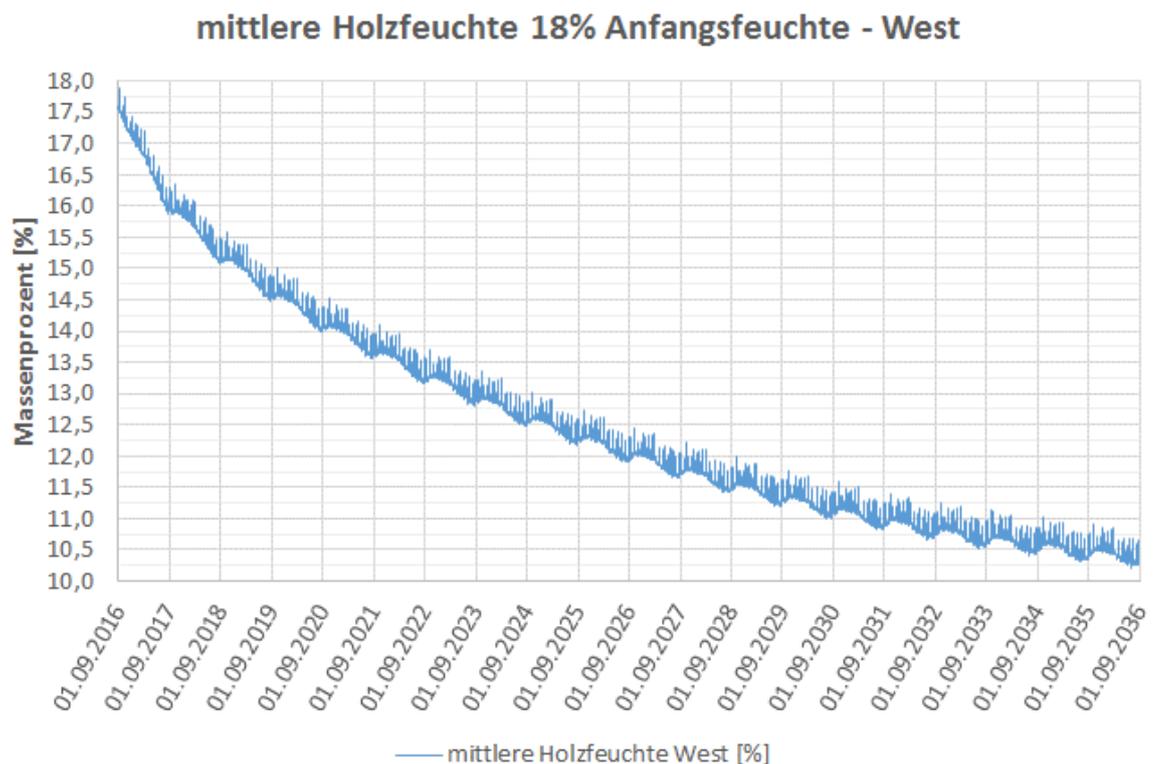


Abb. 38: Austrocknungsverhalten 18% Anfangsfeuchte West

### 6.1.2 Einfluss solarer Einstrahlung

Da die genauen Absorptionsgrade von Lärchenholz nicht bekannt sind, wurde die Auswirkung auf den Wärmestrom einer 30cm Natu<sup>®</sup>-Außenwand mit unterschiedlichen Werten simuliert. Der Vergleich einer südseitig ausgerichteten Wand wird in Abb. 39 dargestellt, die Reduktion des Wärmestromes durch die erhöhten solaren Gewinne ist eindeutig erkennbar.

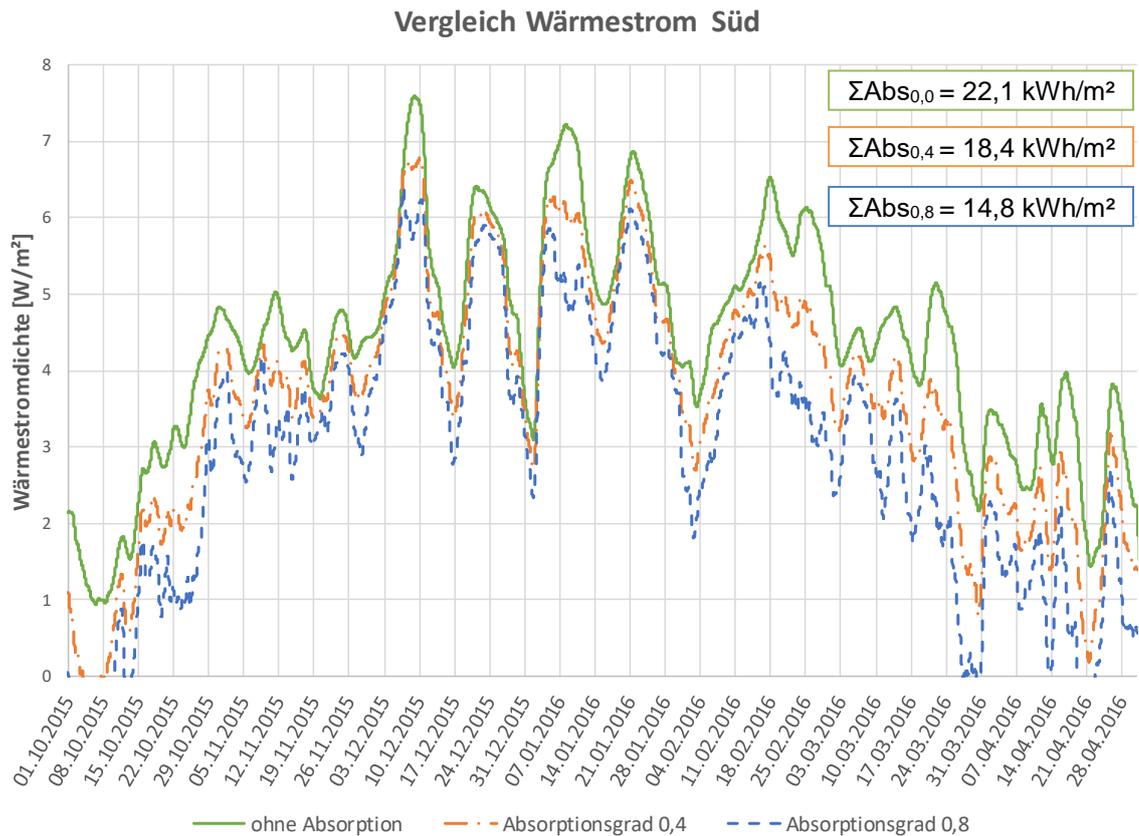


Abb. 39: Vergleich unterschiedlicher Absorptionsgrade

Bei der Simulation einer außenseitig gedämmten Stahlbetonwand mit gleichem U-Wert (20cm Stahlbeton + 13,3cm EPS-F) zeigt sich jedoch, dass der Effekt der solaren Gewinne nahezu gleich groß ist (Abb. 40).

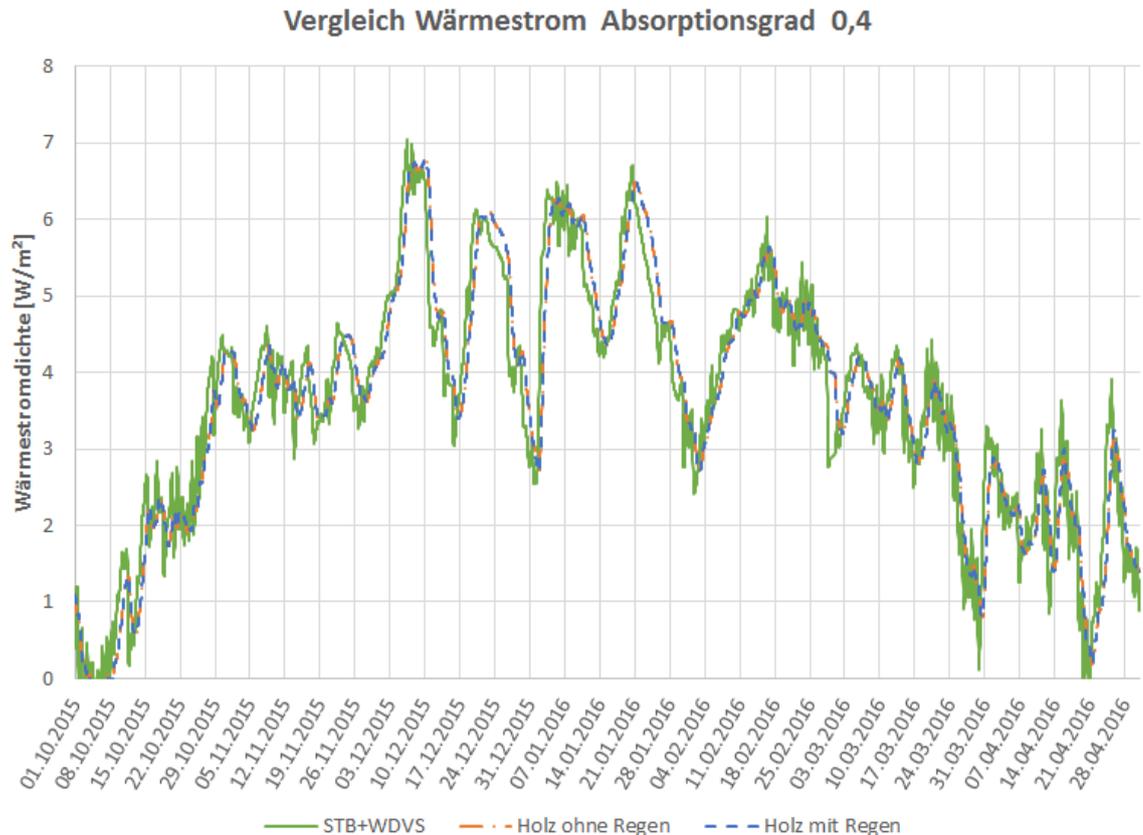


Abb. 40: Vergleich solare Gewinne Holz – Stahlbeton

Bei beiden Simulationen ist anzumerken, dass der Einfluss der langwelligen Gegenstrahlung aufgrund der schon erwähnten nicht vorhandenen Messwerte nicht berücksichtigt wurde, und durch die nächtliche Auskühlung mit einer leichten Erhöhung des Wärmestroms zu rechnen ist.

## 6.2 Gebäude-Simulation mit WUFI® plus

### 6.2.1 Bürogebäude mit kerngedämmter Außenwand

Der laut Energieausweis für den Standort Wien Hohe Warte errechnete Heizwärmebedarf wurde mit dem in der Gebäudesimulation in WUFI® plus errechneten Heizbedarf verglichen (Abb. 41) und anschließend ein Vergleich zur Grundsimulation mit unterschiedlichen Simulationsvarianten gemacht.

### Vergleich Heizwärmebedarf Bürogebäude

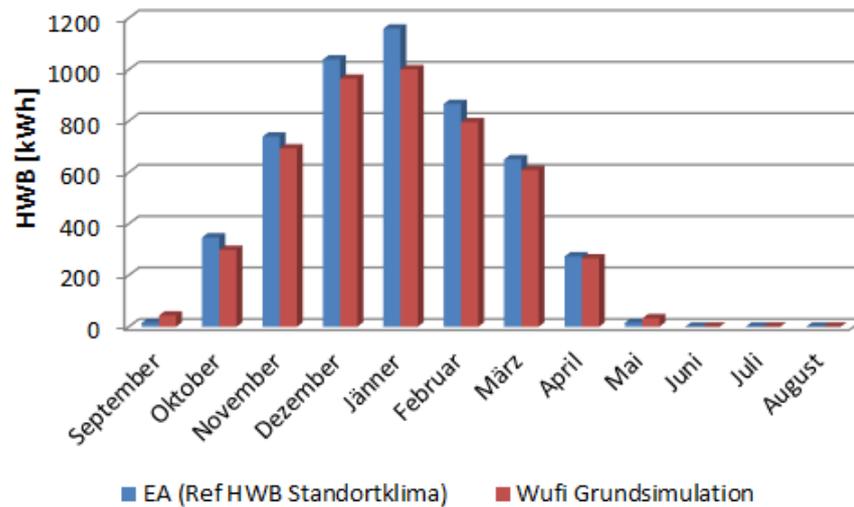


Abb. 41: Diagramm Vergleich HWB - Sim Bürogebäude

Für die unterschiedlichen Varianten wurde jeweils ein Parameter im Vergleich zur Grundsimation geändert, um eine Größenordnung des Einflusses dieses Parameters zu bekommen. Der Vergleich der Varianten ist in Abb. 42 dargestellt.

### Heizbedarf/BGF jährlich Bürogebäude

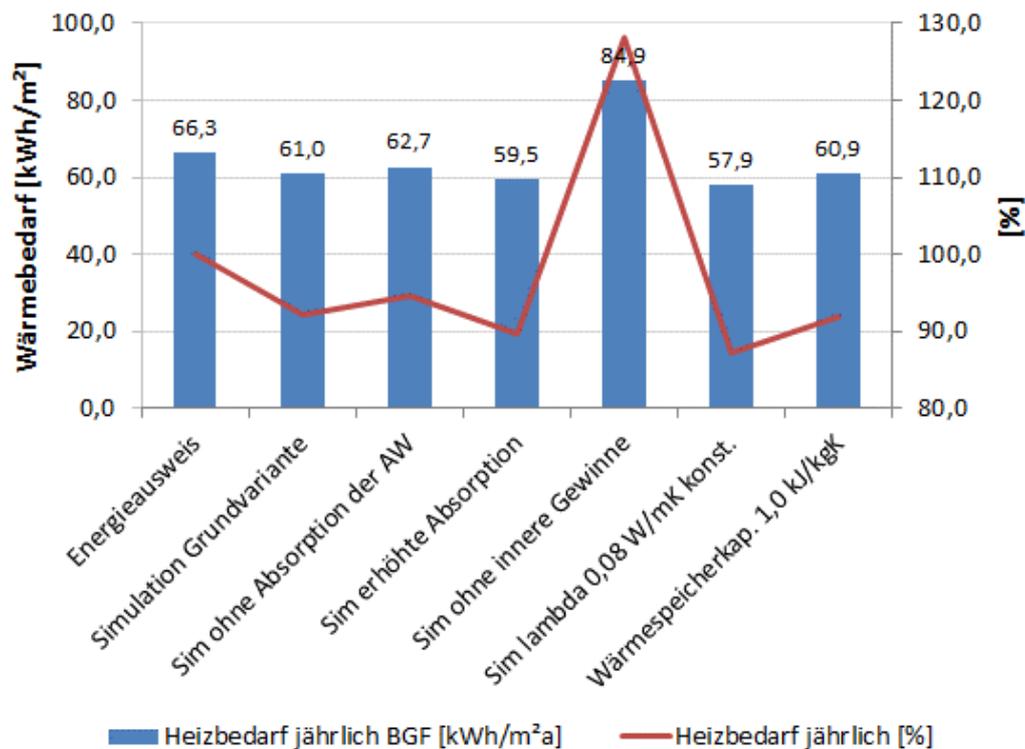


Abb. 42: Diagramm Variantenvergleich Bürogebäude

### Einfamilienhaus mit 30cm Außenwand

Der im Energieausweis errechnete Heizwärmebedarf wurde mit dem in der Gebäudesimulation in WUFI® plus errechneten Heizbedarf verglichen (Abb. 43) und anschließend ein Vergleich zur Grundsimulation mit unterschiedlichen Simulationsvarianten gemacht.

#### **Vergleich Heizwärmebedarf EA - Sim**

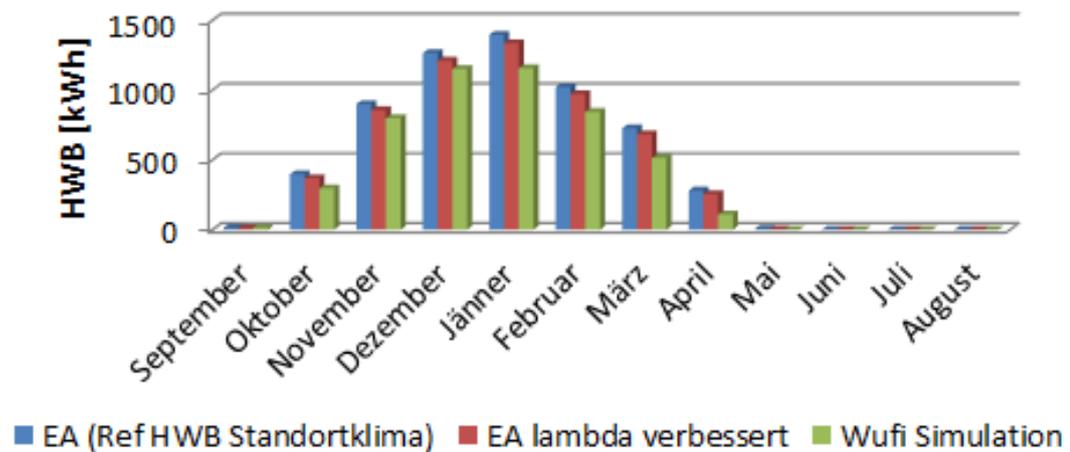


Abb. 43: Diagramm Vergleich HWB - Sim Einfamilienhaus

Für die unterschiedlichen Varianten wurde jeweils ein Parameter im Vergleich zur Grundsimulation geändert, um eine Größenordnung des Einflusses dieses Parameters zu bekommen. Der Vergleich der Varianten ist in Abb. 44 dargestellt.

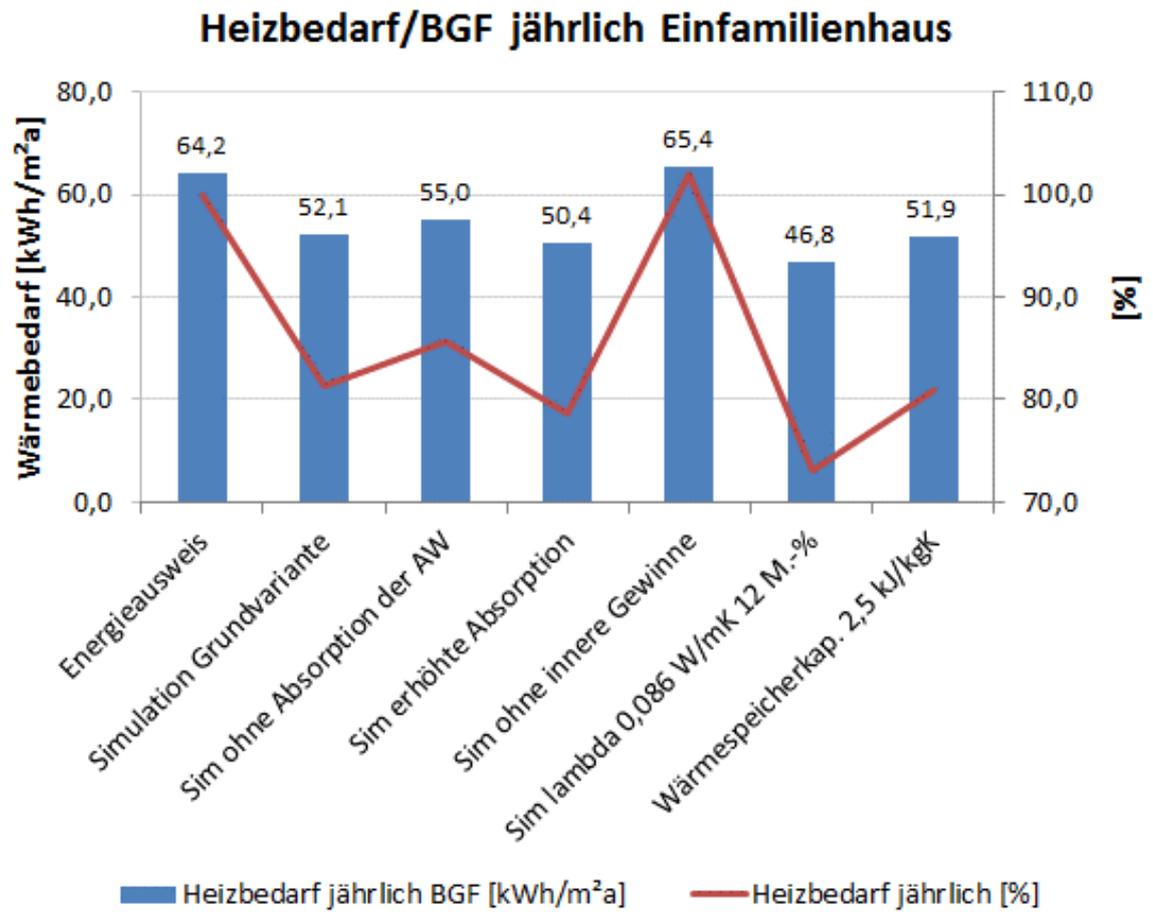


Abb. 44: Diagramm Variantenvergleich Einfamilienhaus

## 7 Berechnung ausgewählter Wärmebrücken

Da beim Vergleich der gemessenen Werte mit den berechneten Werten für den Energiebedarf die Annahme getroffen wurde, dass der Anteil der Wärmebrücken bei der vereinfachten Berechnung überschätzt wird, wurde für einige Anschlussdetails des Naturi®-Systems der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient  $\psi$  gemäß [ONO19] bzw. ÖNORM EN ISO 10211 [ONO18.3] ermittelt.

Die Berechnung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgte dabei mittels der Formel (16) aus [ONO18.3] und dem Programm THERM 7.5 des LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory), einem Finite-Elemente-Programm zur Berechnung von Wärmeströmen.

$$\psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j \quad (16)$$

$\psi$       längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient in °W/mK

$L_{2D}$     der thermische Leitwert aus einer 2-D-Berechnung des die beiden betrachteten Räume trennenden Bauteils in W/mK

$U_i$       der Wärmedurchgangskoeffizient des die beiden betrachteten Räume trennenden 1-D-Bauteils  $j$  in W/m<sup>2</sup>K

$l_e$       die Länge, über die der Wert  $U_j$  gilt in m

### 7.1.1 Anschlussdetail Sockel

Das von der Firma Zainzinger übermittelte Anschlussdetail (Abb. 45) wurde unter Anwendung der geometrischen Vorgaben laut [ONO18.3] in das Programm eingegeben. Die Temperatur des Erdreichs wurde in einer eigenen Berechnung unter der Annahme einer Erdreichtemperatur von 10°C in 10m Tiefe ermittelt.

Zum Vergleich wurde ein übliches Sockeldetail einer massiven Stahlbeton-Wand mit dem gleichen U-Wert berechnet.

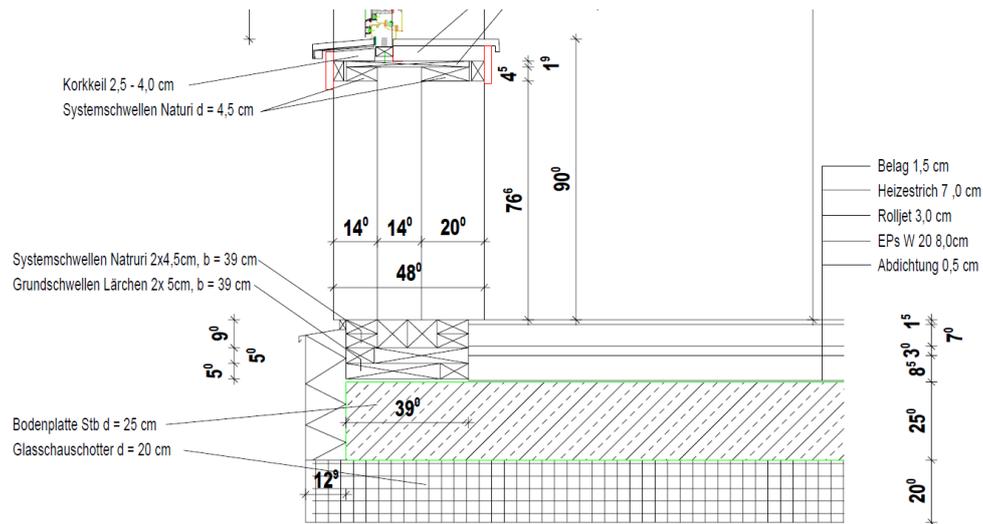


Abb. 45: Sockeldetailplan Naturi®

In Tab. 14 sind die Randbedingungen der Oberflächen für die Berechnung zusammengefasst.

Tab. 14: Randbedingungen der Oberflächen

	Innen	Außen	erdberührt vertikal	erdberührt horizontal
Temperatur [°C]	1,0	0,0	0,0	0,2
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]	0,13	0,04	0,00	0,00

Die Darstellung der Modelle und die Berechnungsergebnisse für den Verlauf der Isotherme sind in Abb. 46 bis Abb. 49 dargestellt.

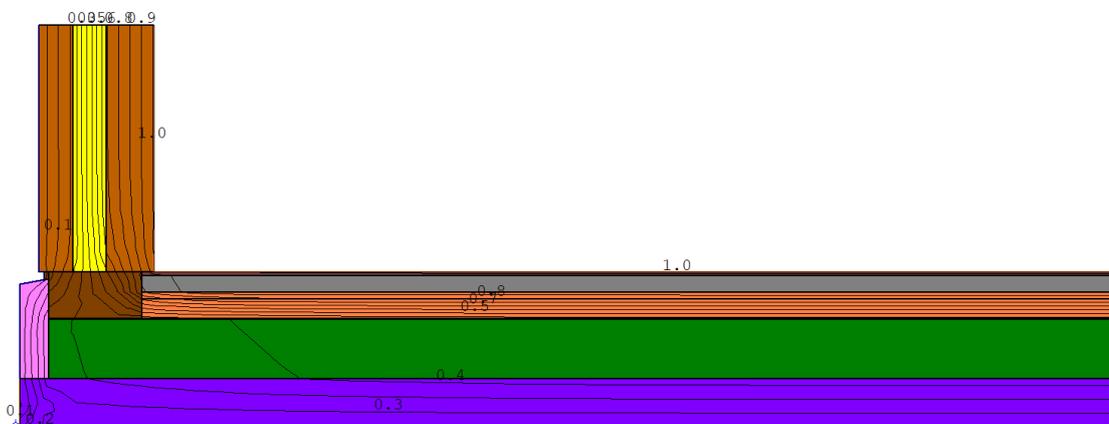


Abb. 46: Sockeldetail Holz, Isothermenverlauf Gesamtmodell



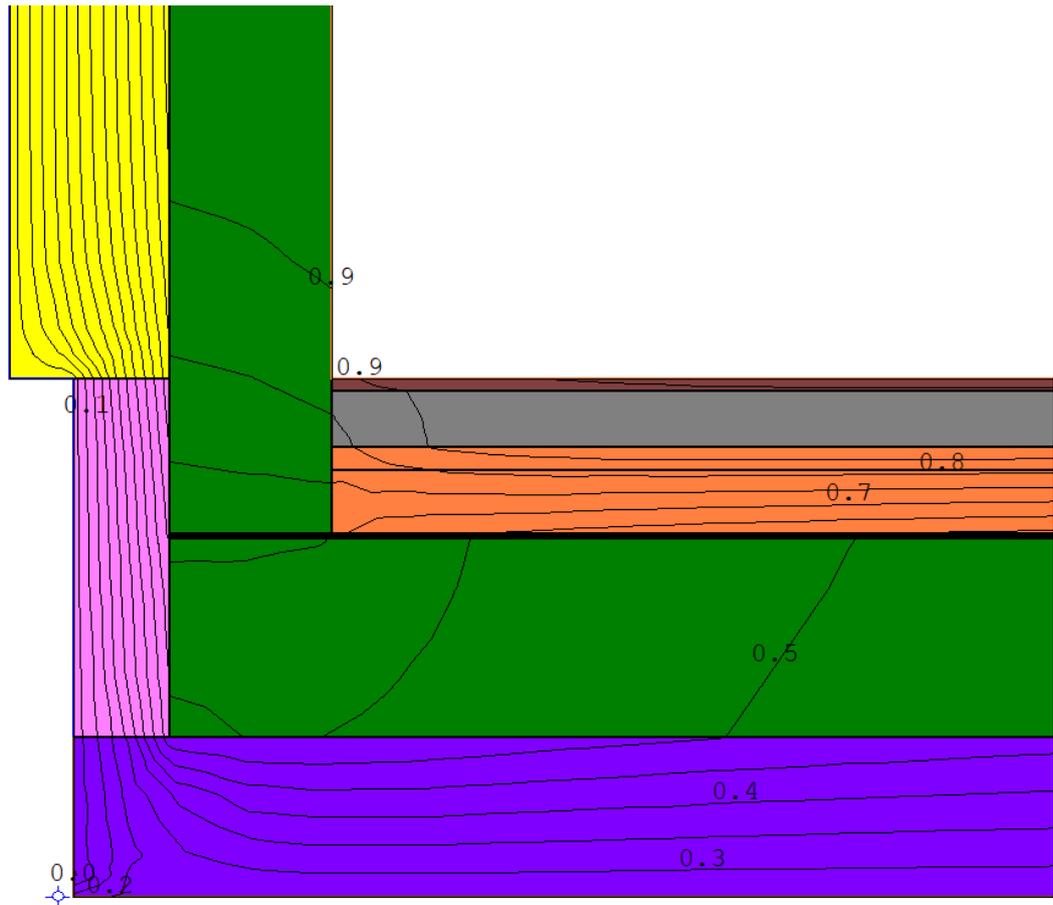


Abb. 49: Sockeldetail Stahlbeton, Isothermenverlauf Ausschnitt

Die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung und der daraus resultierende Wärmedurchgangskoeffizient sind in Tab. 15 und Tab. 16 zusammengefasst. Der Wärmedurchgangskoeffizient wurde bezogen auf die Außenabmessungen (analog zum Energieausweis) berechnet.

Tab. 15: Berechnung  $\psi$ -Wert für Sockeldetail mit Holzwand

Sockeldetail Holz				
Bauteil	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	f [-]	proj. Länge [m]	Leitwert [W/mK]
Außenwand	0,126	1,0	1,4	0,176
Bodenplatte	0,174	0,7	4,48	0,546
			Summe	0,722
L <sub>2D</sub> aus THERM <sup>®</sup> :				0,909
<b>Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient <math>\psi</math>:</b>				<b>0,187</b>

Tab. 16: Berechnung  $\psi$ -Wert für Sockeldetail mit Stahlbetonwand

Sockeldetail Stahlbeton				
Bauteil	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	f [-]	proj. Länge [m]	Leitwert [W/mK]
Außenwand	0,126	1,0	1,4	0,176
Bodenplatte	0,174	0,7	4,40	0,536
			Summe	0,712
L <sub>2D</sub> aus THERM®:				1,089
<b>Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient <math>\psi</math>:</b>				<b>0,376</b>

Anhand der Ergebnisse lässt sich erkennen, dass die Wärmebrücke des Sockelanschlusses in Holzbauweise zu wesentlich geringeren Wärmeverlusten führt als in Massivbauweise.

#### 7.1.2 Anschlussdetail Außenwanddecke

Der Anschluss zweier Außenwände wurde im Vergleich zur Außenwanddecke zweier massiven Stahlbeton-Wände mit dem gleichen U-Wert berechnet.

In Tab. 14 sind die Randbedingungen der Oberflächen für die Berechnung zusammengefasst.

Tab. 17: Randbedingungen der Oberflächen

	Innen	Außen
Temperatur [°C]	1,0	0,0
Wärmeübergangswiderstand [m <sup>2</sup> K/W]	0,13	0,04

Die Darstellung der Modelle und die Berechnungsergebnisse für den Verlauf der Isotherme sind in Abb. 50 und Abb. 51 dargestellt.

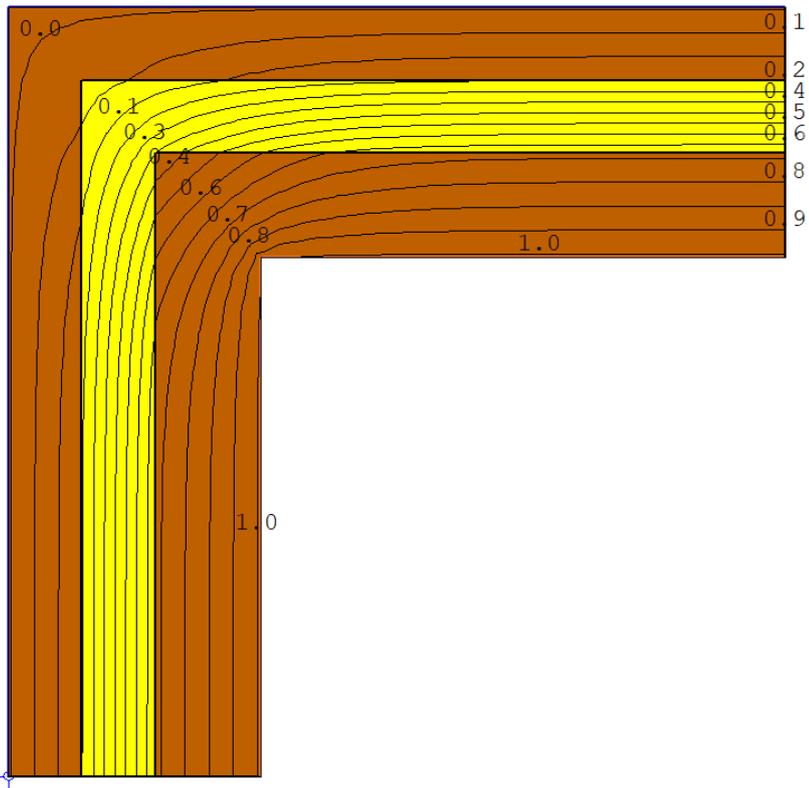


Abb. 50: Außenwandecke Holz, Isothermenverlauf

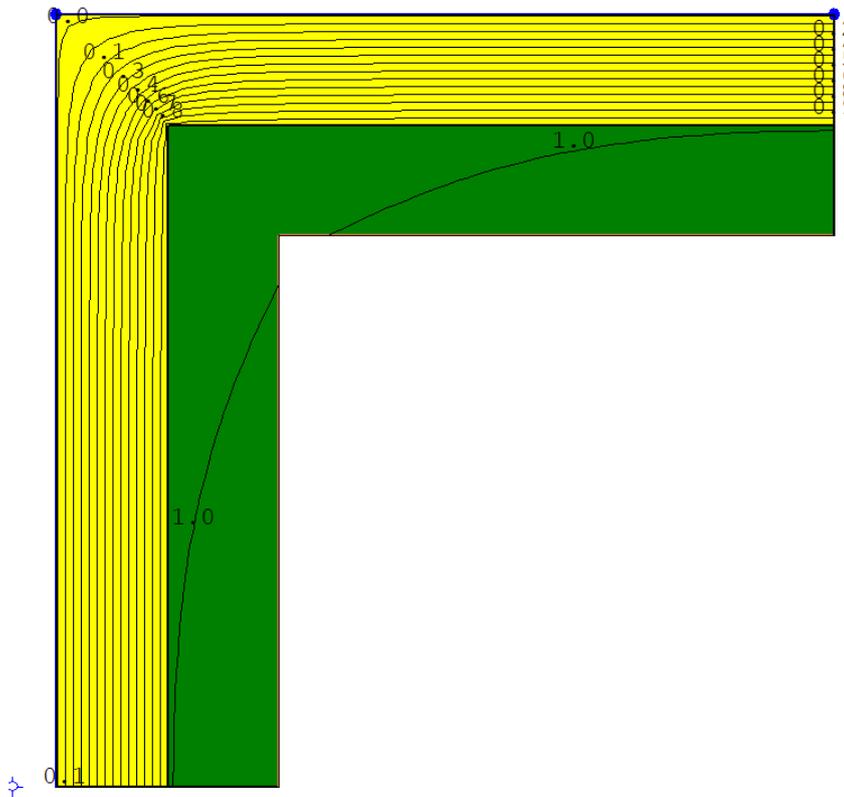


Abb. 51: Außenwandecke Stahlbeton, Isothermenverlauf

Die Ergebnisse der Wärmebrückenberechnung und der daraus resultierende Wärmedurchgangskoeffizient sind in Tab. 18 und Tab. 19 zusammengefasst. Der Wärmedurchgangskoeffizient wurde bezogen auf die Außenabmessungen (analog zum Energieausweis) berechnet.

Tab. 18: Berechnung  $\psi$ -Wert für Außenwanddecke mit Holzwand

Außenwanddecke Holz				
Bauteil	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	f [-]	proj. Länge [m]	Leitwert [W/mK]
Außenwand	0,126	1,0	1,48	0,186
Außenwand	0,126	1,0	1,48	0,186
			Summe	0,373
L <sub>2D</sub> aus THERM®:				0,299
<b>Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient <math>\psi</math>:</b>				<b>-0,074</b>

Tab. 19: Berechnung  $\psi$ -Wert für Außenwanddecke mit Stahlbetonwand

Außenwanddecke Stahlbeton				
Bauteil	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	f [-]	proj. Länge [m]	Leitwert [W/mK]
Außenwand	0,126	1,0	1,4	0,176
Außenwand	0,126	1,0	1,4	0,176
			Summe	0,353
L <sub>2D</sub> aus THERM®:				0,314
<b>Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient <math>\psi</math>:</b>				<b>-0,039</b>

Anhand der Ergebnisse lässt sich erkennen, dass die Wärmebrücke der Außenwanddecke bei beiden Bauweisen einen negativen Wert annimmt, und es in Holzbauweise zu noch wesentlich geringeren Wärmeverlusten kommt als in Massivbauweise.

### 7.1.3 Schlussfolgerung Wärmebrücken

In diesem Kapitel wurden nur zwei der häufigsten Wärmebrücken dieser beider Bauweisen untersucht, eine eindeutige Aussage, ob generell bei standardmäßig ausgeführten Holzbaudetails der Einfluss von Wärmebrücken

niedriger ist als in der Massivbauweise, wäre nur durch umfangreichere Forschungsarbeit und die Berechnung zahlreicher Varianten möglich.

Die dargestellten Wärmebrücken zeigen jedoch, dass die ökologische Holzbauweise die Erstellung von Leitdetails und Wärmebrückenkatalog auch bei den jetzigen Berechnungsnormen bei detaillierter Berechnung einen Vorteil haben kann, und längerfristig eine normative Unterscheidung unterschiedlicher Bauweisen bei der vereinfachten Berechnung untersucht werden sollte.

## **8 Zusammenfassung**

Der erwartete Effekt, dass sich bei dem System mit den eingeschlossenen Luftkammern ein geringerer Wärmedurchgang einstellt als bei der homogenen Berechnung mit den Materialwerten der ÖNORM B 8110-7, konnte bei der In-Situ-Messung bestätigt werden.

Dies kann teilweise auf die stehenden Luftkammern und solaren Gewinne zurückgeführt werden, aber auch auf die im Vergleich zu den Bemessungswerten der Norm niedrigere Holzfeuchte der Konstruktion, die sich durch die systembedingte niedrige Einbaufeuchte und ein schnelles Abtrocknungsvermögen (durch den Verzicht auf Folien und die formbedingten Fugen) bereits ab der Errichtung einstellt. Die mittlere Holzfeuchte von unter 12%, die sich bei der Simulation beider Wandtypen einstellt, stimmt dabei mit den eingebauten Feuchtemessern in der Konstruktion in Lichtenau überein bzw. wird noch unterschritten. Die Wärmeleitfähigkeit des Naturi-Systems ist um einiges niedriger als derzeit für die Energieausweisberechnungen angenommen.

Die solaren Gewinne durch opake Bauteile konnte durch die Simulation auch eindeutig sichtbar gemacht werden. Eine Quantifizierung ist aufgrund mangelnder hygrothermischer Materialkenndaten von Lärchenholz, sowie nicht ausreichenden Daten zur Gegenstrahlung an den Messorten derzeit nicht möglich. Bei der derzeitigen Simulation stimmt die Größenordnung der solaren Gewinne nahezu mit denen eines massiven Wandaufbaus überein. Hier wären weitere Messungen der hygrothermischen Eigenschaften von Lärchenholz und des Strahlungsverhaltens empfehlenswert.

Anhand der Wärmebrückenberechnung von zwei Anschlussdetails konnte dargestellt werden, dass diese im Vergleich zu üblichen Details massiver Bauweise eindeutig zu geringeren Wärmeverlusten führen. Dies kann bereits aktuell als Vorteil für die ökologische Bauweise genutzt werden, indem eine detaillierte Berechnung der Wärmebrücken im Energieausweis durchgeführt wird, längerfristig sollte die Machbarkeit einer Unterscheidung von diversen Bauweisen bei vereinfachten Ansätzen zur Energiebedarfsberechnung untersucht werden.

## 9 Verzeichnisse

### 9.1 **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Naturi®-System mit 30cm Gesamtdicke.....	1
Abb. 2: Muster-Aufbau Naturi® (Quelle: Holzbau Zainzinger) .....	2
Abb. 3: Wärmeschutztechnische Bemessungswerte Tabelle 72 [ONO13] .....	5
Abb. 4: Materialeigenschaften von Fichte (radial) laut WUFI® Materialdatenbank .....	6
Abb. 5: Messgerät Wärmestrommessung.....	12
Abb. 6: Versuchsaufbau Wärmestrommessung.....	13
Abb. 7: RTR-Sensor.....	16
Abb. 8: Kerngedämmtes Naturi®-Wandsystem 48cm .....	20
Abb. 9: Grundriss Erdgeschoß und Anordnung der Messpunkte, Lichtenau ....	21
Abb. 10: Außenansicht nordseitige Außenwand .....	22
Abb. 11: Anbringung Temperatursensoren außen .....	22
Abb. 12: Innenansicht nordseitige Außenwand.....	23
Abb. 13: Anbringung der Wärmestrommessfolie.....	23
Abb. 14: Messfolie und Temperatursensor innen Endzustand.....	24
Abb. 15: Naturi®-Wandsystem 30cm.....	27
Abb. 16: Grundriss Erdgeschoß und Anordnung der Messpunkte, Floridsdorf .	27
Abb. 17: Anbringung Temperatursensoren außen .....	28
Abb. 18: Innenansicht nordseitige Außenwand.....	28
Abb. 19: Messfolie und Temperatursensor innen Endzustand.....	29
Abb. 20: Diagramm Ergebnisse Wärmestrommessung Floridsdorf .....	32
Abb. 21: Vereinfachung des 30cm Naturi®-Aufbaus durch orthogonale Linien .	33
Abb. 22: Unterteilung des vereinfachten Modells in Rechtecke .....	33
Abb. 23: Temperatur und rel. Feuchte außen, EFH Floridsdorf, Dez. 2016 .....	34
Abb. 24: Temperatur und rel. Feuchte innen, EFH Floridsdorf, Dez. 2016 .....	35
Abb. 25: Diagramm Wärmestrom-Vergleich 14.12.-31.12. ....	36
Abb. 26: Diagramm Wärmestrom Vergleich 21.12.-24.12.....	36
Abb. 27: Diagramm Wärmestrom Vergleich 23.12., detailliertes Modell .....	37
Abb. 28: Diagramm Wärmestrom Vergleich 23.12., vereinfachtes Modell .....	38
Abb. 29: Übersichtsplan Anbringungsorte RTR-Sensoren.....	39
Abb. 30: RTR-Sensor 320035 im Vorraum .....	40
Abb. 31: RTR-Sensor 320029 im Schauraum.....	40

Abb. 32: Außensensor mit Strahlungs- und Regenschutz .....	41
Abb. 33: Verlauf Innenraumklima .....	42
Abb. 34: Verlauf Außenklima .....	42
Abb. 35: Austrocknungsverhalten 8% Anfangsfeuchte Nord .....	48
Abb. 36: Austrocknungsverhalten 8% Anfangsfeuchte West .....	48
Abb. 37: Austrocknungsverhalten 18% Anfangsfeuchte Nord .....	49
Abb. 38: Austrocknungsverhalten 18% Anfangsfeuchte West .....	49
Abb. 39: Vergleich unterschiedlicher Absorptionsgrade.....	50
Abb. 40: Vergleich solare Gewinne Holz – Stahlbeton.....	51
Abb. 41: Diagramm Vergleich HWB - Sim Bürogebäude .....	52
Abb. 42: Diagramm Variantenvergleich Bürogebäude .....	52
Abb. 43: Diagramm Vergleich HWB - Sim Einfamilienhaus .....	53
Abb. 44: Diagramm Variantenvergleich Einfamilienhaus .....	54
Abb. 45: Sockeldetailplan Naturi® .....	56
Abb. 46: Sockeldetail Holz, Isothermenverlauf Gesamtmodell .....	56
Abb. 47: Sockeldetail Holz, Isothermenverlauf Ausschnitt .....	57
Abb. 48: Sockeldetail Stahlbeton, Isothermenverlauf Gesamtmodell.....	57
Abb. 49: Sockeldetail Stahlbeton, Isothermenverlauf Ausschnitt .....	58
Abb. 50: Außenwandecke Holz, Isothermenverlauf .....	60
Abb. 51: Außenwandecke Stahlbeton, Isothermenverlauf .....	60

## 9.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Flächengewicht und Masse laut Herstellerangaben .....	2
Tab. 2: Prüfergebnisse Wärmeschutz.....	3
Tab. 3: Prüfergebnisse Schallschutz.....	3
Tab. 4: Sonstige Prüfberichte und Gutachten .....	4
Tab. 5: Materialeigenschaften von Fichte (radial); WUFI® Materialdatenbank....	5
Tab. 6: Absorptions- und Emissionsgrade von Holz; WUFI® Materialdatenbank 8	
Tab. 7 Mindestanforderung an die Gesamtenergieeffizienz von Neubauten ab 2021 [OIB18].....	9
Tab. 8: U-Werte bei unterschiedlichen Temperaturdifferenzen, Lichtenau .....	25
Tab. 9: U-Werte bei unterschiedlichen Temperaturdifferenzen, Floridsdorf .....	30
Tab. 10: Messergebnisse Schauraum und Büros .....	43
Tab. 11: Messergebnisse Vorraum, Mittelwert Innenklima und Außenklima.....	43
Tab. 12: gemessener Energieverbrauch .....	43

---

Tab. 13: Zusammenfassung Wärmeverbrauch .....	46
Tab. 14: Randbedingungen der Oberflächen .....	56
Tab. 15: Berechnung $\psi$ -Wert für Sockeldetail mit Holzwand .....	58
Tab. 16: Berechnung $\psi$ -Wert für Sockeldetail mit Stahlbetonwand .....	59
Tab. 17: Randbedingungen der Oberflächen .....	59
Tab. 18: Berechnung $\psi$ -Wert für Außenwandecke mit Holzwand .....	61
Tab. 19: Berechnung $\psi$ -Wert für Außenwandecke mit Stahlbetonwand .....	61

## 10 Literatur

[EUR10] EU-Richtlinie 2010/31/EU: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. 2010.

[OIB18] OIB-Dokument zur Definition des Niedrigstenergiegebäudes und zur Festlegung von Zwischenzielen in einem „Nationalen Plan“ gemäß Artikel 9 (3) zu 2010/31/EU (OIB-330.6-005/18), Erste Revision nach 5 Jahren. 20. Februar 2018

[OIB15.1] OIB-Richtlinie 6: Wärmeschutz und Energieeinsparung (OIB-330.6-009/15). Österreichisches Institut für Bautechnik. März 2015

[OIB15.2] OIB-Leitfaden OIB-RL 6: Energietechnisches Verhalten von Gebäuden (OIB-330.6-011/15). Österreichisches Institut für Bautechnik. März 2015

[OIB19] Österreichisches Institut für Bautechnik. <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien> Aktualisierungsdatum 23.02.2019

[ONO18.1] ÖNORM EN ISO 7345: Wärmeverhalten von Gebäuden und Baustoffen – Physikalische Größen und Definitionen. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 01. August 2018

[ONO18.2] ÖNORM EN ISO 6946: Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 01. Februar 2018

[ONO08] ÖNORM EN ISO 13790: Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Energiebedarfs für Heizen und Kühlen. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 01. Oktober 2008

[ONO03] ÖNORM B 8110-2: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 01. Juli 2003

[ONO13] ÖNORM B 8110-7: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 7: Tabellierte wärmeschutztechnische Bemessungswerte. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 15. März 2013

[ONO19] ÖNORM B 8110-6-1: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6-1: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Wien: Austrian Standards International. 15. Jänner 2019

[NAT19] Holzbau Säge- und Hobelwerk Zainzinger. <http://www.naturhaus.at/system/> Aktualisierungsdatum 23.02.2019

[FIB99] Krus, M.: Bestimmung feuchtetechnischer Kennwerte und Berechnung des Feuchtehaushaltes von Holz-Prüfkörpern bei natürlicher Bewitterung. Tagungsband 5. Internationales Kolloquium – Werkstoffwissenschaften und Bauinstandsetzen. Seite 283-292. AEDIFICATIO Publishers Freiburg. 1999

[WUF17] <http://www.wufi-wiki.com/mediawiki/index.php/Details:KLI-File>. Aktualisierungsdatum 23.02.2019

[ONO18.3] ÖNORM EN ISO 10211: Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen. Wien: Österreichisches Normungsinstitut. 01. Februar 2018

**11 Anhang**

Anhang A Energieausweis Lichtenau

Anhang B Leitwerte Lichtenau 2. Anpassung

Anhang C.1 WUFI® plus Berechnung Lichtenau: Zusammenfassung der Randbedingungen

Anhang C.2 WUFI® plus Berechnung Lichtenau: Konstruktionen

Anhang D Energieausweis Floridsdorf

Anhang E.1 WUFI® plus Berechnung Floridsdorf: Zusammenfassung der Randbedingungen

Anhang E.2 WUFI® plus Berechnung Floridsdorf: Konstruktionen

# Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

BEZEICHNUNG	Bürohaus Zainzinger		
Gebäude(-teil)	Wohnen	Baujahr	2014
Nutzungsprofil	Bürogebäude	Letzte Veränderung	
Straße	Lichtenau 3	Katastralgemeinde	Bernton
PLZ/Ort	3633 Schönbach	KG-Nr.	24207
Grundstücksnr.	849/2	Seehöhe	735 m

## SPEZIFISCHER STANDORT-REFERENZ-HEIZWÄRMEBEDARF, STANDORT-PRIMÄRENERGIEBEDARF, STANDORT-KOHLENDIOXIDEMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR

	HWB <sub>Ref,SK</sub>	PEB <sub>SK</sub>	CO <sub>2SK</sub>	f <sub>GEE</sub>
A ++				
A +				A+
A				
B				
C				
D	C	D	D	
E				
F				
G				

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

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

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

**KB:** Der **Kühlbedarf** ist jene Wärmemenge, welche aus den Räumen abgeführt werden muss, um unter der Solltemperatur zu bleiben. Er errechnet sich aus den nicht nutzbaren inneren und solaren Gewinnen.

**BeEB:** Beim **Befeuchtungsenergiebedarf** wird der allfällige Energiebedarf zur Befeuchtung dargestellt.

**KEB:** Beim **Kühlenergiebedarf** werden zusätzlich zum Kühlbedarf die Verluste des Kühlsystems und der Kältebereitstellung berücksichtigt.

**BeEB:** Der **Befeuchtungsenergiebedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt und entspricht dem Energiebedarf zur nutzungsgerechten Beleuchtung.

**BSB:** Der **Betriebsstrombedarf** ist als flächenbezogener Defaultwert festgelegt und entspricht der Hälfte der mittleren inneren Lasten.

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

**f<sub>GEE</sub>:** Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

**PEB:** Der **Primärenergiebedarf** ist der Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten. Der Primärenergiebedarf weist einen erneuerbaren (PEB<sub>em</sub>) und einen nicht erneuerbaren (PEB<sub>n,em</sub>) Anteil auf.

**CO<sub>2</sub>:** Gesamte den Endenergiebedarf zuzurechnende **Kohlendioxidemissionen**, einschließlich jener für Vorketten.

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

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und nach Maßgabe der NÖ BTV 2014. Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren für Primärenergie und Kohlendioxidemissionen ist 2004 - 2008 (Strom: 2009 - 2013), und es wurden übliche Allokationsregeln unterstellt.

# Energieausweis für Nicht-Wohngebäude

## GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	77,31 m <sup>2</sup>	charakteristische Länge	1,01 m	mittlerer U-Wert	0,229 W/m <sup>2</sup> K
Bezugsfläche	61,84 m <sup>2</sup>	Klimaregion	N	LEK <sub>T</sub> -Wert	22,80
Brutto-Volumen	301,51 m <sup>3</sup>	Heiztage	260 d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	297,75 m <sup>2</sup>	Heizgradtage	4599 Kd	Bauweise	mittelschwere
Kompaktheit (A/V)	0,99 1/m	Norm-Außentemperatur	-17,1 °C	Soll-Innentemperatur	20 °C

## ANFORDERUNGEN (Referenzklima) Wohnen

Referenz-Heizwärmebedarf	<b>erfüllt</b>	82,42 kWh/m <sup>2</sup> a	≥ HWB <sub>Ref,RK</sub>	69,71 kWh/m <sup>2</sup> a
Außeninduzierter Kühlbedarf	<b>erfüllt</b>	1,00 kWh/m <sup>3</sup> a	≥ KB <sup>*</sup> <sub>RK</sub>	0,00 kWh/m <sup>3</sup> a
End-/Lieferenergiebedarf	<b>erfüllt</b>	177,09 kWh/m <sup>2</sup> a	≥ E/LEB <sub>RK</sub>	130,25 kWh/m <sup>2</sup> a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	<b>erfüllt</b>	0,900	≥ f <sub>GEE</sub>	0,668
Erneuerbarer Anteil	<b>erfüllt</b>			

## WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	7.279 kWh/a	HWB <sub>Ref,SK</sub>	94,16 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizwärmebedarf	6.535 kWh/a	HWB <sub>SK</sub>	84,53 kWh/m <sup>2</sup> a
Warmwasserwärmebedarf	363 kWh/a	WWWB	4,71 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizenergiebedarf	7.526 kWh/a	HEB <sub>SK</sub>	97,35 kWh/m <sup>2</sup> a
Energieaufwandszahl Heizen		e <sub>AWZ,H</sub>	1,09
Kühlbedarf	809 kWh/a	KB <sub>SK</sub>	10,47 kWh/m <sup>2</sup> a
Kühlenergiebedarf	0 kWh/a	KEB <sub>SK</sub>	0,00 kWh/m <sup>2</sup> a
Energieaufwandszahl Kühlen		e <sub>AWZ,K</sub>	0,00
Befeuchtungsenergiebedarf	0 kWh/a	BefEB <sub>SK</sub>	0,00 kWh/m <sup>2</sup> a
Beleuchtungsenergiebedarf	2.489 kWh/a	BelEB	32,20 kWh/m <sup>2</sup> a
Betriebsstrombedarf	1.905 kWh/a	BSB	24,64 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf	11.920 kWh/a	EEB <sub>SK</sub>	154,19 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf	19.698 kWh/a	PEB <sub>SK</sub>	254,80 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	16.052 kWh/a	PEB <sub>n.ern.,SK</sub>	207,63 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf erneuerbar	3.647 kWh/a	PEB <sub>ern.,SK</sub>	47,17 kWh/m <sup>2</sup> a
Kohlendioxidemissionen (optional)	3.368 kg/a	CO <sub>2</sub> <sub>SK</sub>	43,56 kg/m <sup>2</sup> a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor		f <sub>GEE</sub>	0,663
Photovoltaik-Export	0 kWh/a	PV <sub>Export,SK</sub>	0,00 kWh/m <sup>2</sup> a

## ERSTELLT

GWR-Zahl		ArchiPHYSIK - A-NULL - SCHULVERSION
Ausstellungsdatum	11.11.2016	Unterschrift
Gültigkeitsdatum	10.11.2026	

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

# Bauteilliste

Bürohaus Zainzinger

## D01 Decke gg ungedämmten Dachraum

Neubau

AD	O-U	Lage	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	
		1	Vollholzschalung	0,0500	0,140	0,357
		2.0	Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tec Breite: 0,08 m Achsenabstand: 0,80 m	0,5000	0,120	4,167
		2.1	ISOCELL Zellulosefaserdämmstoff	0,5000	0,039	12,821
		3	Vollholzschalung	0,0400	0,140	0,286
		Wärmeübergangswiderstände				0,140
		RT <sub>o</sub> =11,580 m <sup>2</sup> K/W; RT <sub>u</sub> =11,399 m <sup>2</sup> K/W;			<b>0,5900</b>	RT = 11,489
						<b>U = 0,087</b>

## AF01 3fach WSV besch 114/137

Neubau

AF	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
			0,500	0,87	55,70	0,60
				0,69	44,30	1,20
	Glasrandverbund	6,06	0,028			
			vorh.	1,56		<b>0,97</b>

## AF02 2fach WSV besch 114/137

Neubau

AF	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
			0,630	0,87	55,70	1,10
				0,69	44,30	1,90
	Glasrandverbund	6,06	0,090			
			vorh.	1,56		<b>1,80</b>

## AF03 2fach WSV besch 106/107

Neubau

AF	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
			0,630	0,56	49,80	1,10
				0,57	50,20	1,90
	Glasrandverbund	4,68	0,090			
			vorh.	1,13		<b>1,87</b>

# Bauteilliste

Bürohaus Zainzinger

## AF04 2fach WSV besch 113/97

Neubau

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,630	0,55	49,90	1,10
Rahmen				0,55	50,10	1,90
Glasrandverbund	4,42	0,090				
			vorh.	1,10		<b>1,86</b>

## AF05 2fach WSV besch 75/97

Neubau

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,630	0,33	45,20	1,10
Rahmen				0,40	54,80	1,90
Glasrandverbund	3,82	0,090				
			vorh.	0,73		<b>2,01</b>

## AT01 Eingangstür DL 90/20

Neubau

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,440	1,67	74,20	
Rahmen				0,58	25,80	
Glasrandverbund						
			vorh.	2,25		<b>1,67</b>

## AW01 Außenwand Naturi

Neubau

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	• Naturi	0,1400	0,095	1,474
2	ISOCELL Zellulosefaserdämmstoff	0,1400	0,039	3,590
3	• Naturi	0,2000	0,095	2,105
Wärmeübergangswiderstände				0,170
			<b>0,4800</b>	RT = 7,339
				<b>U = 0,136</b>

# Bauteilliste

Bürohaus Zainzinger

**EB01**

**Bodenplatte**

Neubau

EBu

U-O

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	GEOCELL Schaumglasschotter (trocken)	0,2000	0,082	2,439
2	Stahlbeton (R = 2400)	0,2500	2,500	0,100
3	Bauder Elastomerbitumen-Dampfspernbahnen	0,0000	0,170	0,000
4	EPS-W 20	0,1100	0,038	2,895
5	Dampfbremse Polyethylen (PE)	0,0002	0,500	0,000
6	Zementestrich (R = 2000)	0,0700	1,700	0,041
7	Laminatboden DPL (direkt beschichtetes Laminat)	0,0150	0,130	0,115
Wärmeübergangswiderstände				0,170
		<b>0,6450</b>	RT =	5,76
			<b>U =</b>	<b>0,174</b>

# Geschoßfläche und Volumen

Bürohaus Zainzinger

<b>Gesamt</b>			<b>77,31 m<sup>2</sup></b>	<b>301,51 m<sup>3</sup></b>
Wohnen	beheizt		77,31	301,51

## Wohnen

beheizt

		Höhe [m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
<b>Erdgeschoß</b>				
BGF	1x 9,18*9,17-4,58*1,5	3,90	77,31	301,51

# Bauteilflächen

Bürohaus Zainzinger - Alle Gebäudeteile/Zonen

Flächen der thermischen Gebäudehülle			m2
			<b>297,75</b>
Opake Flächen	95,11 %		283,18
Fensterflächen	4,89 %		14,57
Wärmefluss nach oben			77,31
Wärmefluss nach unten			77,31

## Flächen der thermischen Gebäudehülle

Wohnen				Bürogebäude
				<b>m2</b>
AF01	3fach WSV besch 114/137	N	1 x 1,56	<b>1,56</b>
AF02	2fach WSV besch 114/137	O	1 x 1,56	<b>1,56</b>
AF02	2fach WSV besch 114/137	S	2 x 1,56	<b>3,12</b>
AF02	2fach WSV besch 114/137	W	2 x 1,56	<b>3,12</b>
AF03	2fach WSV besch 106/107	N	1 x 1,13	<b>1,13</b>
AF04	2fach WSV besch 113/97	O	1 x 1,10	<b>1,10</b>
AF05	2fach WSV besch 75/97	N	1 x 0,73	<b>0,73</b>
AT01	Eingangstür DL 90/20	O	1 x 2,25	<b>2,25</b>
AW01	<b>Außenwand Naturi</b>			<b>m2</b>
				<b>128,56</b>
	Fläche	N	x+y 1 x 9,18*3,9	35,80
	Ost	O	x+y 1 x 9,17*3,9	35,76
	Süd	S	x+y 1 x 9,18*3,9	35,80
	West	W	x+y 1 x 9,17*3,9	35,76
	3fach WSV besch 114/137		- 1 x 1,56	- 1,56
	2fach WSV besch 114/137		- 2 x 1,56	- 3,12
	2fach WSV besch 114/137		- 2 x 1,56	- 3,12
	2fach WSV besch 114/137		- 1 x 1,56	- 1,56
	2fach WSV besch 106/107		- 1 x 1,13	- 1,13
	2fach WSV besch 113/97		- 1 x 1,10	- 1,10

# Bauteilflächen

Bürohaus Zainzinger - Alle Gebäudeteile/Zonen

---

<i>2fach WSV besch 75/97</i>	- 1	x 0,73	- 0,73
<i>Eingangstür DL 90/20</i>	- 1	x 2,25	- 2,25

<b>D01</b>	<b>Decke gg ungedämmten Dachraum</b>				<b>m2</b>
					<b>77,31</b>
	Fläche	H	x+y	1 x 9,18*9,17-4,58*1,5	77,31
<b>EB01</b>	<b>Bodenplatte</b>				<b>m2</b>
					<b>77,31</b>
	Fläche	H	x+y	1 x 9,18*9,17-4,58*1,5	77,31

# Leitwerte

Bürohaus Zainzinger

## Wohnen

... gegen Außen	Le	49,14
... über Unbeheizt	Lu	0,00
... über das Erdreich	Lg	12,33
... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken		6,68
Transmissionsleitwert der Gebäudehülle	LT	68,16 W/K
Lüftungsleitwert	LV	24,33 W/K
Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	Um	0,229 W/m <sup>2</sup> K

## ... gegen Außen, über Unbeheizt und das Erdreich

Bauteile gegen Außenluft

	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	f	f FH	W/K
<b>Nord</b>					
AF01	3fach WSV besch 114/137	1,56	0,970	1,0	1,51
AF03	2fach WSV besch 106/107	1,13	1,870	1,0	2,11
AF05	2fach WSV besch 75/97	0,73	2,010	1,0	1,47
AW01	Außenwand Naturi	32,38	0,136	1,0	4,40
		<b>35,80</b>			<b>9,49</b>
<b>Ost</b>					
AF02	2fach WSV besch 114/137	1,56	1,800	1,0	2,81
AF04	2fach WSV besch 113/97	1,10	1,860	1,0	2,05
AT01	Eingangstür DL 90/20	2,25	1,670	1,0	3,76
AW01	Außenwand Naturi	30,85	0,136	1,0	4,20
		<b>35,76</b>			<b>12,82</b>
<b>Süd</b>					
AF02	2fach WSV besch 114/137	3,12	1,800	1,0	5,62
AW01	Außenwand Naturi	32,68	0,136	1,0	4,44
		<b>35,80</b>			<b>10,06</b>
<b>West</b>					
AF02	2fach WSV besch 114/137	3,12	1,800	1,0	5,62
AW01	Außenwand Naturi	32,64	0,136	1,0	4,44
		<b>35,76</b>			<b>10,06</b>
<b>Horizontal</b>					
D01	Decke gg ungedämmten Dachraum	77,31	0,087	1,0	6,73
EB01	Bodenplatte	77,31	0,174	0,7	1,30
		<b>154,62</b>			<b>19,07</b>
	Summe	<b>297,75</b>			

## ... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken

Leitwerte über Wärmebrücken

**Wärmebrücken pauschal** **6,68 W/K**

# Leitwerte

Bürohaus Zainzinger

---

## ... über Lüftung

Lüftungsleitwert

### Fensterlüftung

24,33 W/K

keine Nachtlüftung

Lüftungsvolumen	VL =	160,80 m <sup>3</sup>
Hygienisch erforderliche Luftwechselrate	nL =	1,20 1/h
Luftwechselrate Nachlüftung	nL,NL =	1,50 1/h

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
n L,m,h	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445
n L,m,c	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445

# Gewinne

Bürohaus Zainzinger - Wohnen

## Wohnen

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit der Zone

**mittelschwere Bauweise**

## Interne Wärmegewinne

Wärmegewinne Kühlfall	$q_{i,c,n} =$	7,50 W/m <sup>2</sup>
Wärmegewinne Heizfall	$q_{i,h,n} =$	3,75 W/m <sup>2</sup>

## Solare Wärmegewinne

Transparente Bauteile	Anzahl	Fs -	Summe Ag m <sup>2</sup>	g -	A trans,c m <sup>2</sup>	A trans,h m <sup>2</sup>	
<b>Nord</b>							
AF01	3fach WSV besch 114/137 <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	0,86	0,500	0,38	0,28
AF03	2fach WSV besch 106/107 <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	0,56	0,630	0,31	0,23
AF05	2fach WSV besch 75/97 <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	0,32	0,630	0,18	0,13
		<b>3</b>		<b>1,76</b>		<b>0,87</b>	<b>0,65</b>
<b>Ost</b>							
AF02	2fach WSV besch 114/137 <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	0,86	0,630	0,48	0,36
AF04	2fach WSV besch 113/97 <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	0,54	0,630	0,30	0,22
AT01	Eingangstür DL 90/20 <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	1	0,75	1,67	0,440	0,64	0,48
		<b>3</b>		<b>3,08</b>		<b>1,43</b>	<b>1,07</b>
<b>Süd</b>							
AF02	2fach WSV besch 114/137 <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	2	0,75	1,73	0,630	0,96	0,72
		<b>2</b>		<b>1,73</b>		<b>0,96</b>	<b>0,72</b>
<b>West</b>							
AF02	2fach WSV besch 114/137 <i>keine Verschattungseinrichtung</i>	2	0,75	1,73	0,630	0,96	0,72
		<b>2</b>		<b>1,73</b>		<b>0,96</b>	<b>0,72</b>
<b>Opake Bauteile</b>							
					Z ON -	f op kKh	Fläche m <sup>2</sup>
<b>Nord</b>							
AW01	Außenwand Naturi		weiße Oberfläche		1,00	0,00	32,38
							<b>32,38</b>
<b>Ost</b>							
AW01	Außenwand Naturi		weiße Oberfläche		1,13	0,00	30,85
							<b>30,85</b>
<b>Süd</b>							
AW01	Außenwand Naturi		weiße Oberfläche		1,00	0,00	32,68
							<b>32,68</b>

# Gewinne

Bürohaus Zainzinger - Wohnen

Opake Bauteile			Z ON	f op	Fläche
			-	kKh	m2

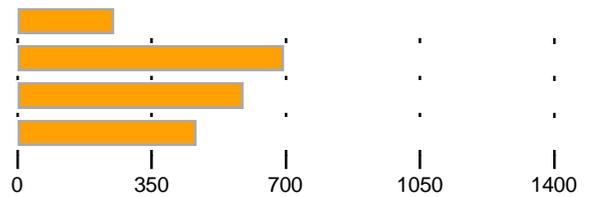
## West

AW01	Außenwand Naturi	weiße Oberfläche	1,13	0,00	32,64
					<b>32,64</b>

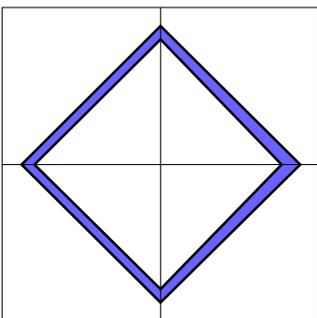
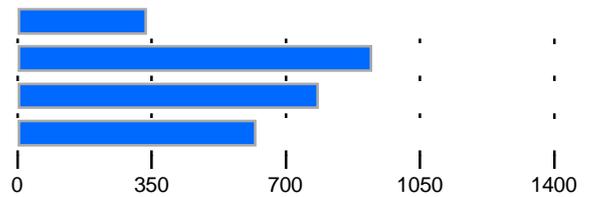
## Horizontal

D01	Decke gg ungedämmten Dachraum	weiße Oberfläche	2,06	0,00	77,31
					<b>77,31</b>

Heizen	Aw m2	Qs, h kWh/a
Nord	3,42	252
Ost	4,91	695
Süd	3,12	590
West	3,12	467
	<b>14,57</b>	<b>2.005</b>



Kühlen	Qs trans, c kWh/a	Qs opak, c kWh/a
Nord	337	0
Ost	926	0
Süd	786	0
West	623	0
	<b>2.674</b>	<b>0</b>



## Orientierungsdiagramm

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

- opak
- transparent

## Strahlungsintensitäten

Schönbach, 735 m

	S kWh/m2	SO/SW kWh/m2	O/W kWh/m2	NO/NW kWh/m2	N kWh/m2	H kWh/m2
Jan.	44,62	34,76	19,12	12,16	11,30	28,97
Feb.	61,06	49,43	30,53	19,38	17,44	48,46
Mär.	77,19	67,54	50,65	32,96	26,53	80,40
Äpr.	80,20	79,06	68,74	51,56	40,10	114,58
Mai	82,38	88,37	86,87	68,90	53,92	149,78
Jun.	71,41	81,61	83,06	69,95	55,37	145,73
Jul.	77,76	86,91	88,43	71,66	56,41	152,48
Aug.	86,42	90,60	83,63	62,72	46,00	139,39
Sep.	81,35	74,49	60,77	43,12	35,28	98,02

**Gewinne**Bürohaus Zainzinger - Wohnen

---

Okt.	69,18	57,75	38,50	24,06	20,45	60,16
Nov.	46,25	36,25	20,31	12,81	12,18	31,25
Dez.	36,93	28,46	14,55	9,12	8,69	21,72

# Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Standort

Bürohaus Zainzinger - Wohnen

Volumen beheizt, BRI: 301,51 m<sup>3</sup>

Geschoßfläche, BGF: 77,31 m<sup>2</sup>

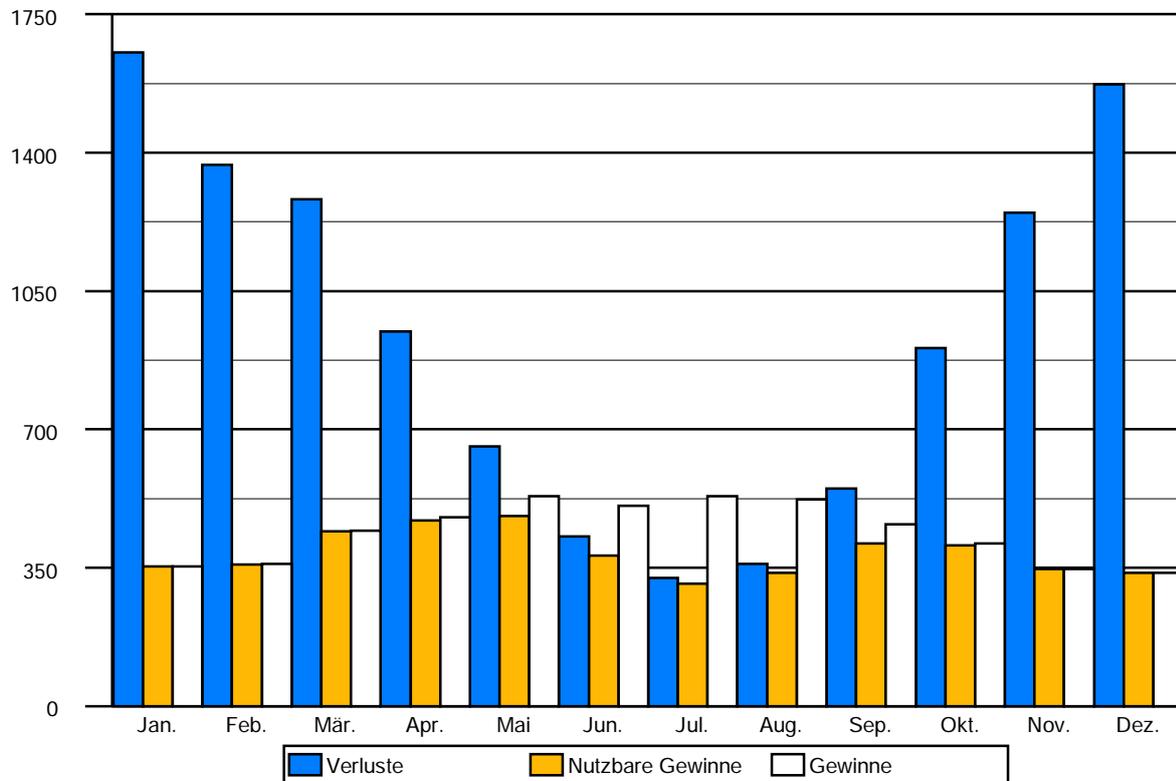
mittelschwere Bauweise

Keine Abluftleuchten

Schönbach, 735 m

Heizgradtage HGT (12/20): 4.599 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-4,03	31,00	1.219	435	1,000	74	287	1.293
Feb.	-2,25	28,00	1.019	350	0,999	111	255	1.004
Mär.	1,36	31,00	945	338	0,997	164	286	833
Apr.	5,72	30,00	701	247	0,984	205	272	472
Mai	10,46	31,00	484	173	0,906	228	260	169
Jun.	13,53	15,02	318	112	0,753	179	208	21
Jul.	15,28		239	85	0,582	147	167	-
Aug.	14,77	1,71	265	95	0,645	157	185	1
Sep.	11,72	30,00	406	143	0,895	172	247	131
Okt.	6,85	31,00	667	238	0,989	132	284	490
Nov.	1,21	30,00	922	325	0,999	78	276	894
Dez.	-2,87	31,00	1.160	414	1,000	59	287	1.228
		289,74	8.346	2.956		1.705	3.014	<b>6.535 kWh</b>



# Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Referenzklima

Bürohaus Zainzinger - Wohnen

Volumen beheizt, BRI: 301,51 m<sup>3</sup>

Geschoßfläche, BGF: 77,31 m<sup>2</sup>

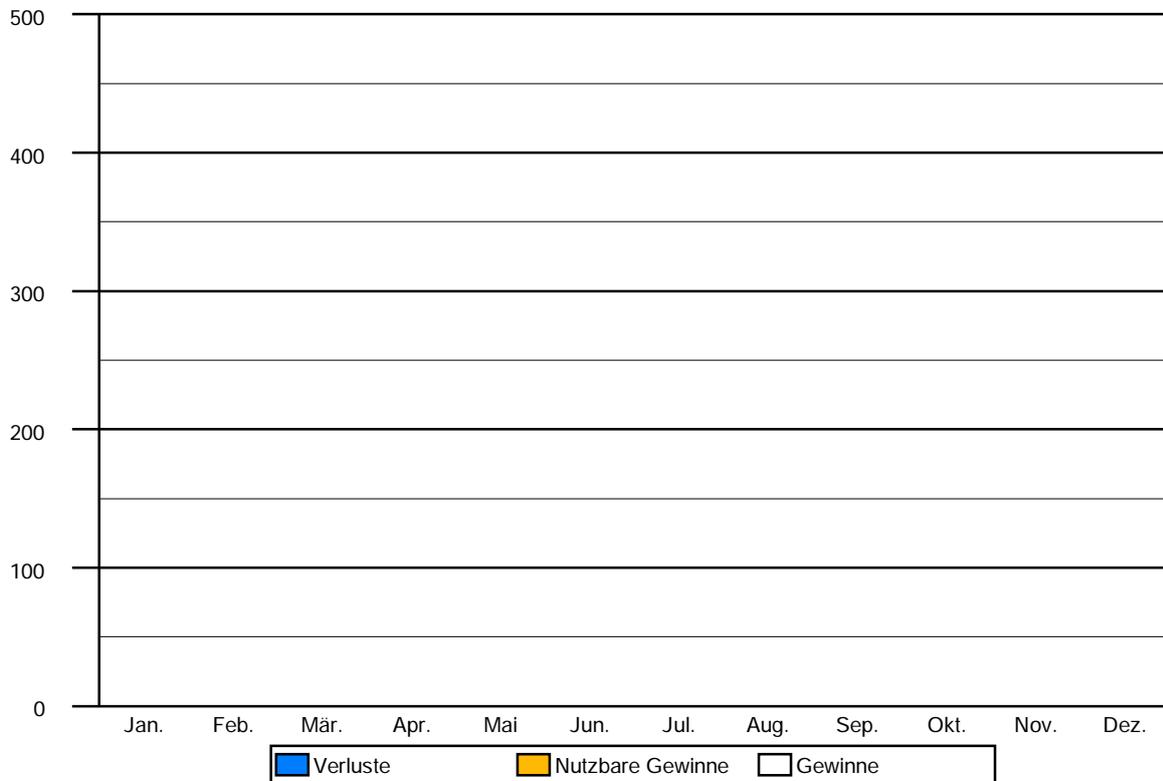
mittelschwere Bauweise

Keine Abluftleuchten

Schönbach, 735 m

Heizgradtage HGT (12/20): 4.599 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53		-	-	*	-	-	-
Feb.	0,73		-	-	*	-	-	-
Mär.	4,81		-	-	*	-	-	-
Apr.	9,62		-	-	*	-	-	-
Mai	14,20		-	-	*	-	-	-
Jun.	17,33		-	-	*	-	-	-
Jul.	19,12		-	-	*	-	-	-
Aug.	18,56		-	-	*	-	-	-
Sep.	15,03		-	-	*	-	-	-
Okt.	9,64		-	-	*	-	-	-
Nov.	4,16		-	-	*	-	-	-
Dez.	0,19		-	-	*	-	-	-
			-	-		-	-	- kWh

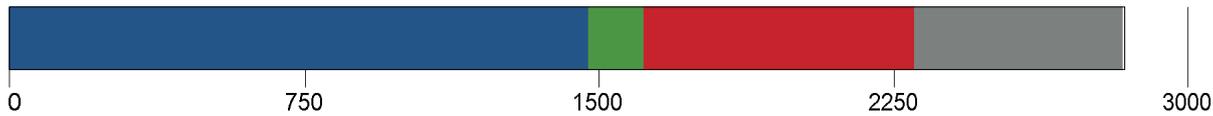


# Anlagentechnik des Gesamtgebäudes

Bürohaus Zainzinger

## Wohnen

Nutzprofil: Bürogebäude



Primärenergie, CO2 in der Zone		Anteil	PEB kWh/a	CO2 kg/a
RH	Raumheizung Anlage 1 Fernwärme (unbekannt)	100,0	7.524	1.440
TW	Warmwasser Anlage 1 Erdgas	100,0	689	139
Bel.	Beleuchtung Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	4.754	687
SB	Betriebsstrombedarf Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	3.638	525

Hilfsenergie in der Zone		Anteil	PEB kWh/a	CO2 kg/a
RH	Raumheizung Anlage 1 Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	255	36
TW	Warmwasser Anlage 1 Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	3	0

Energiebedarf in der Zone		versorgt BGF m2	Lstg. kW	EB kWh/a
RH	Raumheizung Anlage 1	77,31	3	4.950
TW	Warmwasser Anlage 1	77,31	2	589
Bel.	Beleuchtung	77,31		2.489
SB	Betriebsstrombedarf	77,31		1.904

## Raumheizung Anlage 1

Bereitstellung: RH-Wärmebereitstellung zentral, Defaultwert für Leistung (3,34 kW),  
Fernwärme, Sekundärkreis

Speicherung: kein Speicher

Verteileitungen: Längen pauschal proportional, Lage konditioniert, 2/3 gedämmt, Armaturen  
gedämmt

Steigleitungen: Längen detailliert, 2/3 gedämmt, Armaturen gedämmt

Anbindeleitungen: Längen pauschal, 2/3 gedämmt, Armaturen gedämmt

Abgabe: Einzelraumregelung mit Thermostatventilen, individuelle  
Wärmeverbrauchsermittlung, Flächenheizung ( 35 °C / 28 °C )

	Verteileitungen	Steigleitungen	Anbindeleitungen
Wohnen	10,46 m	1,50 m	21,64 m
unkonditioniert	0,00 m	0,00 m	

# Anlagentechnik des Gesamtgebäudes

Bürohaus Zainzinger

## Warmwasser Anlage 1

Bereitstellung: WW- und RH-Wärmebereitstellung getrennt, WW-Wärmebereitstellung zentral, (2,00 kW), Kessel mit Gebläseunterstützung, gasförmige Brennstoffe, Brennwertgerät, Wirkungsgrad eigene Angabe, Baujahr nach 2004, (eta 100 % : 0,90 ), (eta 30 % : 0,85 ), Aufstellungsort konditionierte Lage in Zone Wohnen, modulierend

Speicherung: Kein Warmwasserspeicher

Verteilungen: Längen pauschal proportional, Lage konditioniert, 2/3 gedämmt, Armaturen gedämmt

Steigleitungen: Längen detailliert, 2/3 gedämmt, Armaturen gedämmt

Zirkulationsleitung: Ohne Zirkulation

Stichleitung: Längen pauschal, Kunststoff (Stichl.)

Abgabe: Zweigriffarmaturen, individuelle Wärmeverbrauchsermittlung

	Verteilungen	Steigleitungen	Stichleitungen
Wohnen	7,80 m	1,50 m	3,71 m
unkonditioniert	0,00 m	0,00 m	

## Beleuchtung

Berechnung mit Benchmark-Werten

	Fläche	Benchmark
Wohnen	77,31 m <sup>2</sup>	32,20 kWh/m <sup>2</sup> a

# Leitwerte

Bürohaus Zainzinger verbessert

## Wohnen

... gegen Außen	Le	41,13
... über Unbeheizt	Lu	6,05
... über das Erdreich	Lg	9,41
... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken		6,33
Transmissionsleitwert der Gebäudehülle	LT	62,94 W/K
Lüftungsleitwert	LV	24,33 W/K
Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	Um	0,211 W/m <sup>2</sup> K

## ... gegen Außen, über Unbeheizt und das Erdreich

Bauteile gegen Außenluft

	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	f	f FH	W/K
<b>Nord</b>					
AF01	3fach WSV besch 114/137	1,56	0,970	1,0	1,51
AF03	2fach WSV besch 106/107	1,13	1,870	1,0	2,11
AF05	2fach WSV besch 75/97	0,73	2,010	1,0	1,47
AW01	Außenwand Naturi	32,38	0,126	1,0	4,08
		<b>35,80</b>			<b>9,17</b>
<b>Ost</b>					
AF02	2fach WSV besch 114/137	1,56	1,800	1,0	2,81
AF04	2fach WSV besch 113/97	1,10	1,860	1,0	2,05
AT01	Eingangstür DL 90/20	2,25	1,670	1,0	3,76
AW01	Außenwand Naturi	30,85	0,126	1,0	3,89
		<b>35,76</b>			<b>12,51</b>
<b>Süd</b>					
AF02	2fach WSV besch 114/137	3,12	1,800	1,0	5,62
AW01	Außenwand Naturi	32,68	0,126	1,0	4,12
		<b>35,80</b>			<b>9,74</b>
<b>West</b>					
AF02	2fach WSV besch 114/137	3,12	1,800	1,0	5,62
AW01	Außenwand Naturi	32,64	0,126	1,0	4,11
		<b>35,76</b>			<b>9,73</b>
<b>Horizontal</b>					
D01	Decke gg ungedämmten Dachraum	77,31	0,087	0,9	6,05
EB01	Bodenplatte	77,31	0,174	0,7	9,42
		<b>154,62</b>			<b>15,47</b>
	Summe	<b>297,75</b>			

## ... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken

Leitwerte über Wärmebrücken

**Wärmebrücken pauschal** **6,33 W/K**

## Leitwerte

Bürohaus Zainzinger verbessert

---

### ... über Lüftung

Lüftungsleitwert

#### Fensterlüftung

24,33 W/K

keine Nachtlüftung

Lüftungsvolumen	VL =	160,80 m <sup>3</sup>
Hygienisch erforderliche Luftwechselrate	nL =	1,20 1/h
Luftwechselrate Nachlüftung	nL,NL =	1,50 1/h

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
n L,m,h	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445
n L,m,c	0,445	0,428	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445	0,445	0,440	0,445	0,440	0,445

## Konditionierte Zonen

## Fall 1/Zone 1: Allgemeine Daten

Name	Büro
Geometrie	
Bruttorauminhalt	[m <sup>3</sup> ] 320,07
Nettorauminhalt	[m <sup>3</sup> ] 181,04
Bodenfläche	[m <sup>2</sup> ] 77,311
Weitere Parameter	
Anfangstemperatur	[°C] 20
Anfangsfeuchte	[%] 55
Anfangskonzentration CO <sub>2</sub>	[ppmv] 400
Verteilung Solarstrahlung auf innere Oberfläche	Proportional zur Fläche
Solarstrahlung direkt an Innenluft	0,1

## Fall 1/Zone 1: Auslegungsbedingungen

Min. Temperatur (Heizung)	[°C]	20
Max. Temperatur (Kühlen)	[°C]	27
Min. relative Luftfeuchte (Befeuchtung)	[%]	40
Max. relative Luftfeuchte (Entfeuchtung)	[%]	70
Max. CO <sub>2</sub> -Konzentration	[ppmv]	3000
Natürliche Lüftung	[1/h]	0,3
Mechanische Lüftung	[1/h]	0
Leckage Luftwechselrate	[1/h]	0.1

Fall 1/Zone 1: Lasten/Belegung

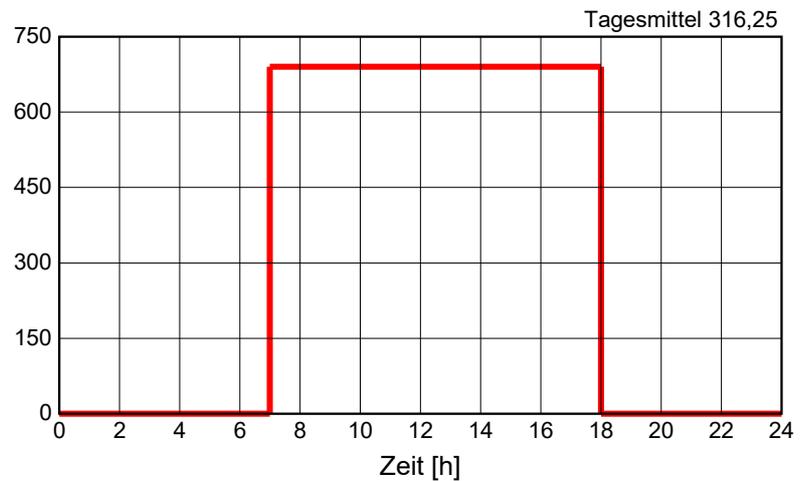
Wärme konvektiv	[W]	0
Wärme strahlend	[W]	0
Feuchtigkeit	[g/h]	0
CO2	[g/h]	0
Tätigkeit	[met]	0
Bekleidung	[clo]	0,7
Luftgeschwindigkeit	[m/s]	0,1

Fall 1/Zone 1, Wärme konvektiv, Ausnahme 1

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

Tagesprofil [W]

Std	Wert
0	0
7	690
18	0



Fall 1/Zone 1, Wärme konvektiv, Ausnahme 2

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

Tagesprofil [W]

Std	Wert
0	0
8	460
17	0



**Fall 1/Zone 1, Wärme strahlend, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

**Tagesprofil [W]**

Std	Wert
0	0
7	123
18	0

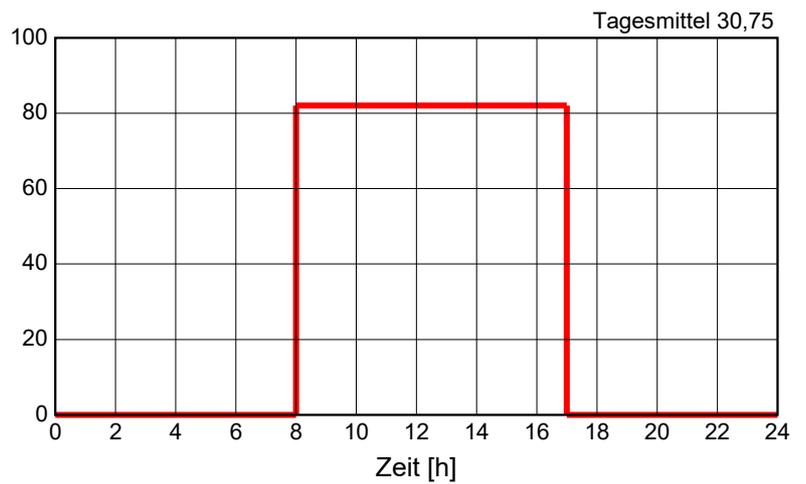


**Fall 1/Zone 1, Wärme strahlend, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

**Tagesprofil [W]**

Std	Wert
0	0
8	82
17	0

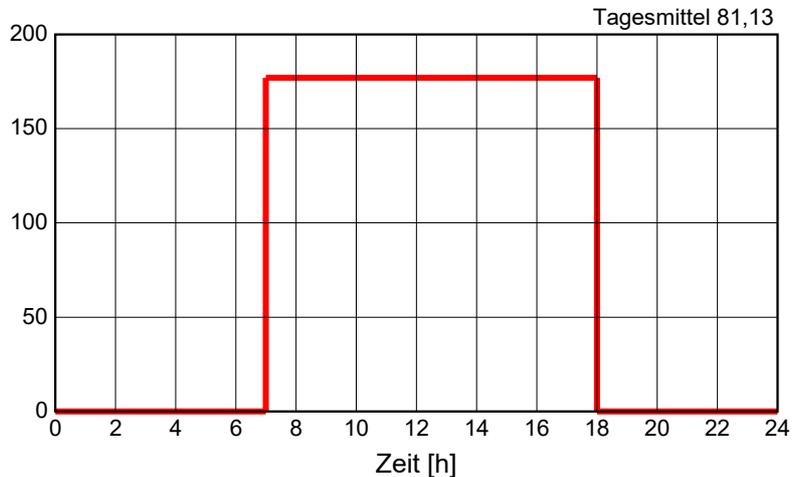


**Fall 1/Zone 1, Feuchtigkeit, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

**Tagesprofil [g/h]**

Std	Wert
0	0
7	177
18	0

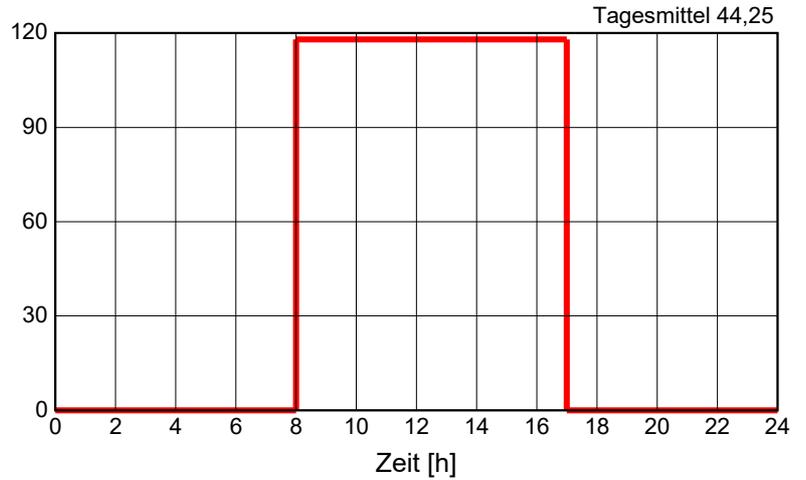


**Fall 1/Zone 1, Feuchtigkeit, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

**Tagesprofil [g/h]**

Std	Wert
0	0
8	118
17	0

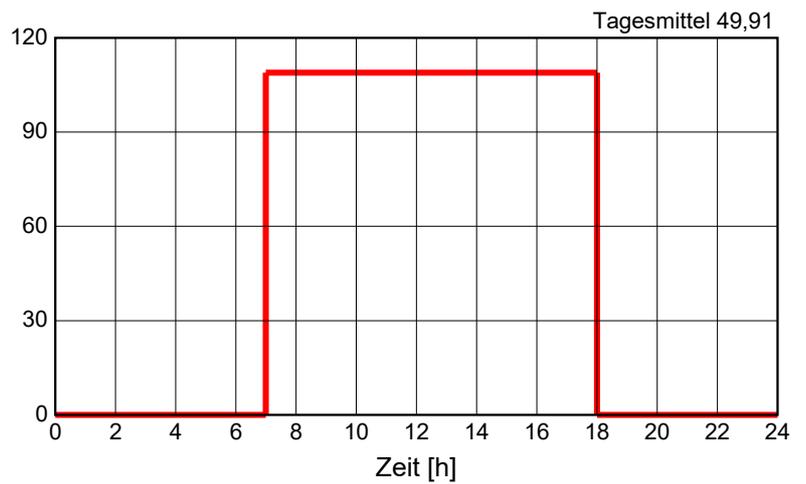


**Fall 1/Zone 1, CO2, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

**Tagesprofil [g/h]**

Std	Wert
0	0
7	108,9
18	0

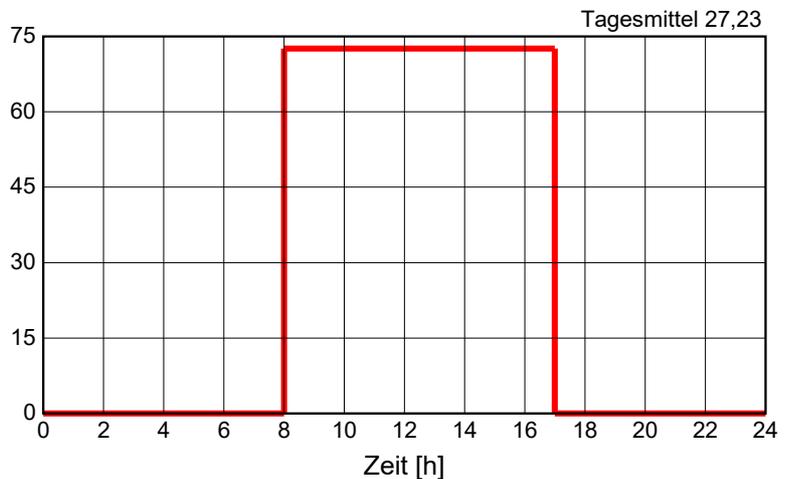


**Fall 1/Zone 1, CO2, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

**Tagesprofil [g/h]**

Std	Wert
0	0
8	72,6
17	0

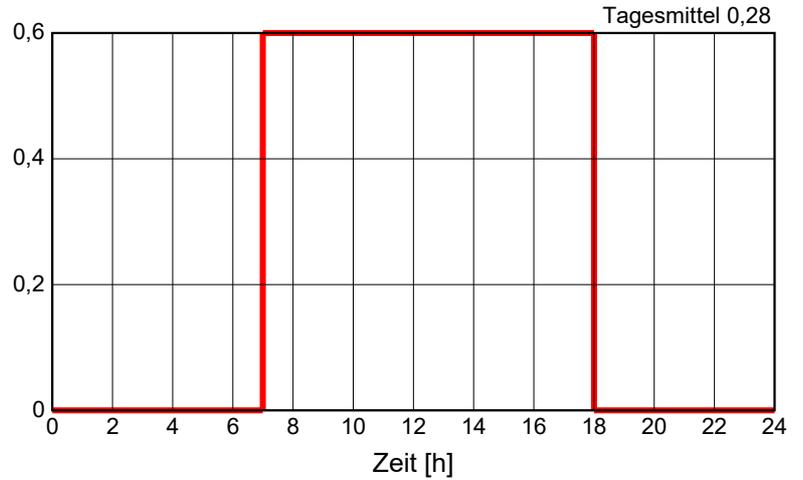


**Fall 1/Zone 1, Tätigkeit, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

**Tagesprofil [met]**

Std	Wert
0	0
7	0,6
18	0

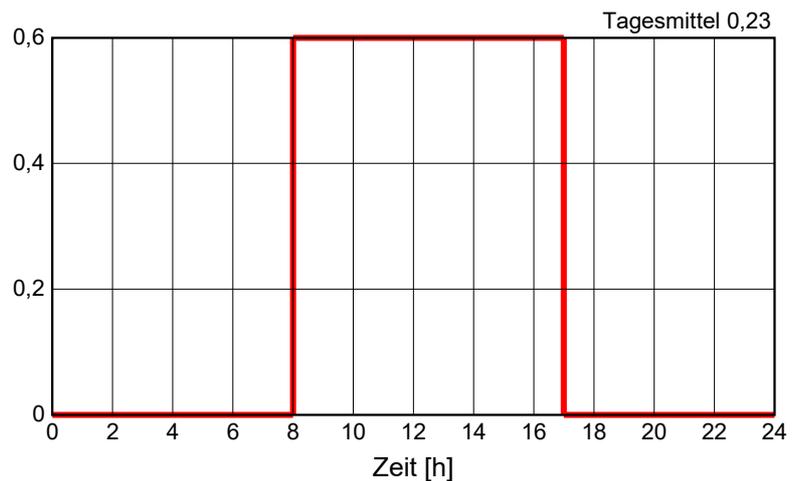


**Fall 1/Zone 1, Tätigkeit, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

**Tagesprofil [met]**

Std	Wert
0	0
8	0,6
17	0



**Fall 1/Zone 1, Bekleidung, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		
0,7 clo								

**Fall 1/Zone 1, Bekleidung, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓
0,7 clo								

**Fall 1/Zone 1, Luftgeschwindigkeit, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		
0,1 m/s								

**Fall 1/Zone 1, Luftgeschwindigkeit, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓
0,1 m/s								

## Fall 1/Zone 1: Bauteile

## Fall 1/Zone 1/Bauteil 1: Allgemeine Daten

Name	Außenwände	
Typ	Opak	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Konstruktion	☐ Naturs Außenwand gedämmt	
U	[W/m²K]	0,1293
Geometrie		
Fläche	[m²]	137,8
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	☐ Süd (25 %), Ost (24 %), West (25 %), Nord (25 %)	
Surface		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Absorption / Emission (Holz (Fichte) unbehandelt)	[-]	0,4 / 0,9
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Regenlast R1/R2 (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0 / 0,07
Regenabsorption (Benutzerdefiniert)	[-]	0,5
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		2,08

## Fall 1/Zone 1/Bauteil 2: Allgemeine Daten

Name	Bodenplatte	
Typ	Opak	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Erdreich	
Konstruktion	☐ Naturs Lichtenau Boden	
U	[W/m²K]	0,1762
Geometrie		
Fläche	[m²]	77,3
Neigung	[°]	180
Ausrichtung	☐ Horizontal (100 %)	
Surface		
Rse / Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0 / 0,17
Absorption / Emission (Benutzerdefiniert)	[-]	0,4 / 0,9
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Regenlast R1/R2 (Keine Regenlast)	[-]	0 / 0
Regenabsorption (Keine Regenabsorption)	[-]	0
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		0

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 3: Allgemeine Daten**

Name	Decke gg Dachraum	
Typ	Opak	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Zone 2: Dachraum	
Konstruktion	<input type="checkbox"/> Naturs Decke gg Dachraum	
U	[W/m²K]	0,0763
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	77,3
Neigung	[°]	0
Ausrichtung	<input type="checkbox"/>	Horizontal (100 %)
<b>Surface</b>		
Rse / Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,1 / 0,1
Absorption / Emission (Benutzerdefiniert)	[-]	0,4 / 0,9
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Regenlast R1/R2 (Keine Regenlast)	[-]	0 / 0
Regenabsorption (Keine Regenabsorption)	[-]	0
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		4,14

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 4: Allgemeine Daten**

Name	114/137	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 2fach WSV besch 114/137	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,8
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	3,1
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/>	Süd (100 %)
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		2,02

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 5: Allgemeine Daten**

Name	114/137	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 2fach WSV besch 114/137	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,8
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	3,1
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> West (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	2,02	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 6: Allgemeine Daten**

Name	113/97	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 2fach WSV besch 113/97	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,86
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	1,1
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Ost (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	2,22	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 7: Allgemeine Daten**

Name	Eingangstür	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	☐ Eingangstür	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,67
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	1,8
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	☐	Ost (100 %)
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		1,68

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 8: Allgemeine Daten**

Name	106/107	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	☐ 2fach WSV besch 106/107	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,87
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	1,1
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	☐	Nord (100 %)
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		2,17

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 9: Allgemeine Daten**

Name	114/137	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 2fach WSV besch 114/137	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,8
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	1,6
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Ost (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	2,02	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 10: Allgemeine Daten**

Name	75/97	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 2fach WSV besch 75/97	
Uw -montiert	[W/m²K]	2
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	0,7
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Nord (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	2,22	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 11: Allgemeine Daten**

Name	114/137	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1: Büro	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 3fach WSV besch 114/137	
Uw -montiert	[W/m²K]	0,97
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	1,6
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Nord (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	2,02	

**Fall 1/Zone 2: Allgemeine Daten**

Name	Dachraum	
<b>Geometrie</b>		
Bruttorauminhalt	[m³]	111,42
Nettorauminhalt	[m³]	69,98
Bodenfläche	[m²]	84,181
<b>Weitere Parameter</b>		
Anfangstemperatur	[°C]	20
Anfangsfeuchte	[%]	55
Anfangskonzentration CO2	[ppmv]	400
Verteilung Solarstrahlung auf innere Oberfläche	Proportional zur Fläche	
Solarstrahlung direkt an Innenluft	0	

## Fall 1/Zone 2: Auslegungsbedingungen

Min. Temperatur (Heizung)	[°C]	20
Max. Temperatur (Kühlen)	[°C]	27
Min. relative Luftfeuchte (Befeuchtung)	[%]	40
Max. relative Luftfeuchte (Entfeuchtung)	[%]	70
Max. CO <sub>2</sub> -Konzentration	[ppmv]	3000
Natürliche Lüftung	[1/h]	0
Mechanische Lüftung	[1/h]	0
Leckage Luftwechselrate	[1/h]	0,1

## Fall 1/Zone 2: Lasten/Belegung

Wärme konvektiv	[W]	0
Wärme strahlend	[W]	0
Feuchtigkeit	[g/h]	0
CO2	[g/h]	0
Tätigkeit	[met]	0
Bekleidung	[clo]	0,7
Luftgeschwindigkeit	[m/s]	0,1

## Fall 1/Zone 2: Bauteile

## Fall 1/Zone 2/Bauteil 1: Allgemeine Daten

Name	
Typ	Opak
Innenseite	Zone 2: Dachraum
Außenseite	Außenluft
Konstruktion	<input type="checkbox"/> Naturl Dachboden
U	[W/m²K] 1,144
Geometrie	
Fläche	[m²] 97,2
Neigung	[°] 30
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Süd (50 %), Nord (50 %)
Surface	
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K] 4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K] 6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K] 1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K] 0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-] 0,1
Absorption / Emission (Dachziegel, rot)	[-] 0,67 / 0,9
Sd-Wert - außen (Keine Beschichtung)	[m] ----
Sd-Wert - innen (Keine Beschichtung)	[m] ----
Regenlast R1/R2 (Keine Regenlast)	[-] 0 / 0
Regenabsorption (Keine Regenabsorption)	[-] 0
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-] 1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	5,46

## Fall 1/Zone 2/Bauteil 2: Allgemeine Daten

Name	
Typ	Opak
Innenseite	Zone 2: Dachraum
Außenseite	Außenluft
Konstruktion	<input type="checkbox"/> Naturi 20er Wand
U	[W/m²K] 0,418
Geometrie	
Fläche	[m²] 24,3
Neigung	[°] 90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Ost (50 %), West (50 %)
Surface	
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K] 4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K] 6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K] 1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K] 0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-] 0,13
Absorption / Emission (Holz (Fichte) unbehandelt)	[-] 0,4 / 0,9
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m] ----
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m] ----
Regenlast R1/R2 (Keine Regenlast)	[-] 0 / 0
Regenabsorption (Keine Regenabsorption)	[-] 0
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-] 1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	5,02

## Fall 1/Zone 2/Bauteil 3: Allgemeine Daten

Name	
Typ	Opak
Innenseite	Zone 2: Dachraum
Außenseite	Außenluft
Konstruktion	<input type="checkbox"/> Naturi Decke gg Dachraum
U	[W/m²K] 0,0762
Geometrie	
Fläche	[m²] 6,9
Neigung	[°] 180
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Horizontal (100 %)
Surface	
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K] 4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K] 6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K] 1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K] 0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-] 0,17
Absorption / Emission (Holz (Fichte) unbehandelt)	[-] 0,4 / 0,9
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m] ----
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m] ----
Regenlast R1/R2 (Keine Regenlast)	[-] 0 / 0
Regenabsorption (Keine Regenabsorption)	[-] 0
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-] 1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	4,14

## Konstruktionen

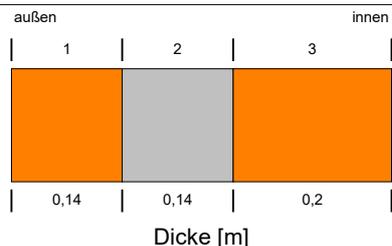
### Konstruktion (Id.1): Naturi Außenwand gedämmt

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 7,562 m<sup>2</sup>K/W (ohne R<sub>si</sub>,R<sub>se</sub>)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,13 W/m<sup>2</sup>K

Dicke: 0,48 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Fichte radial	455	1500	0,09	0,14	
2	ISOCELL Zellulosedämmstoff	50	2110	0,037	0,14	
3	Fichte radial	455	1500	0,09	0,2	

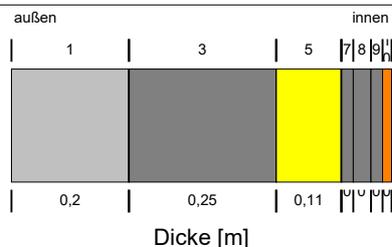
### Konstruktion (Id.2): Naturi Lichtenau Boden

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 5,506 m<sup>2</sup>K/W (ohne R<sub>si</sub>,R<sub>se</sub>)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,18 W/m<sup>2</sup>K

Dicke: 0,648 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Glasschaumschotter	1400	1000	0,082	0,2	
2	Dampfbremse (sd=20m)	130	2300	2,3	0,001	
3	Beton C35/45	2220	850	1,6	0,25	
4	Dampfsperre (sd=1500m)	130	2300	2,3	0,001	
5	EPS (Wärmeleit.: 0.04 W/mK - Dichte: 30 kg/m <sup>3</sup> )	30	1500	0,04	0,11	
6	Dampfbremse (sd=100m)	130	2300	2,3	0,001	
7	Zement Fließestrich, untere Schicht	1990	850	1,6	0,02	
8	Zement Fließestrich, mittlere Schicht	1970	850	1,6	0,03	
9	Zement Fließestrich, obere Schicht	1890	850	1,6	0,02	
10	Hartholz	650	1500	0,13	0,015	

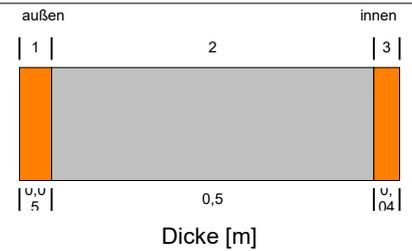
### Konstruktion (Id.3): Naturi Decke gg Dachraum

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 12,905 m<sup>2</sup>K/W (ohne R<sub>si</sub>,R<sub>se</sub>)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,08 W/m<sup>2</sup>K

Dicke: 0,59 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Weichholz	400	1500	0,09	0,05	Orange
2	ISOCELL Zellulosedämmstoff zw. Holzbalken	200	2110	0,042	0,5	Grey
3	Weichholz	400	1500	0,09	0,04	Orange

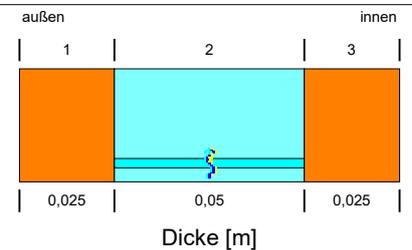
**Konstruktion (Id.7): Naturi Dachboden**

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 0,734 m<sup>2</sup>K/W (ohne R<sub>si</sub>,R<sub>se</sub>)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 1,14 W/m<sup>2</sup>K

Dicke: 0,1 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Fichte radial	455	1500	0,09	0,025	Orange
2	Luftschicht 50 mm; ohne zusätzl. Feuchtespeicherung	1,3	1000	0,28	0,05	Cyan
3	Fichte radial	455	1500	0,09	0,025	Orange

Schicht 2, Luftschicht 50 mm; ohne zusätzl. Feuchtespeicherung, Luftwechsel Quelle

Luftwechselquelle	Konstanter Wert
Luftwechselrate [1/h]	0,5
Luftgemisch mit	Außen

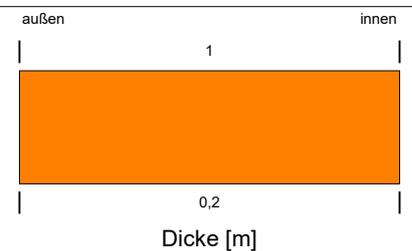
**Konstruktion (Id.8): Naturi 20er Wand**

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 2,222 m<sup>2</sup>K/W (ohne R<sub>si</sub>,R<sub>se</sub>)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,42 W/m<sup>2</sup>K

Dicke: 0,2 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Fichte radial	455	1500	0,09	0,2	Orange

# Energieausweis für Wohngebäude

BEZEICHNUNG	EFH Tertsch Standort Hohe Warte		
Gebäude(-teil)	Gesamtenergieausweis	Baujahr	2011
Nutzungsprofil	Einfamilienhäuser	Letzte Veränderung	
Straße		Katastralgemeinde	Heiligenstadt
PLZ/Ort	1190 Wien-Döbling	KG-Nr.	01503
Grundstücksnr.	925, Parz. 187	Seehöhe	198 m

## SPEZIFISCHER STANDORT-REFERENZ-HEIZWÄRMEBEDARF, STANDORT-PRIMÄRENERGIEBEDARF, STANDORT-KOHLENDIOXIDEMISSIONEN UND GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR

	HWB <sub>Ref,SK</sub>	PEB <sub>SK</sub>	CO <sub>2SK</sub>	f <sub>GEE</sub>
A ++				
A +				
A				
B			B	
C	C	C		C
D				
E				
F				
G				

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

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

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

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

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

**f<sub>GEE</sub>**: Der **Gesamtenergieeffizienz-Faktor** ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

**PEB**: Der **Primärenergiebedarf** ist der Endenergiebedarf einschließlich der Verluste in allen Vorketten. Der Primärenergiebedarf weist einen erneuerbaren (PEB<sub>ern.</sub>) und einen nicht erneuerbaren (PEB<sub>n.ern.</sub>) Anteil auf.

**CO<sub>2</sub>**: Gesamte den Endenergiebedarf zuzurechnende **Kohlendioxidemissionen**, einschließlich jener für Vorketten.

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

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG). Der Ermittlungszeitraum für die Konversionsfaktoren für Primärenergie und Kohlendioxidemissionen ist 2004 - 2008 (Strom: 2009 - 2013), und es wurden übliche Allokationsregeln unterstellt.

# Energieausweis für Wohngebäude

## GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	99,66 m <sup>2</sup>	charakteristische Länge	1,24 m	mittlerer U-Wert	0,386 W/m <sup>2</sup> K
Bezugsfläche	79,72 m <sup>2</sup>	Klimaregion	N	LEK <sub>T</sub> -Wert	35,80
Brutto-Volumen	258,90 m <sup>3</sup>	Heiztage	218 d	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Gebäude-Hüllfläche	209,14 m <sup>2</sup>	Heizgradtage	3489 Kd	Bauweise	mittelschwere
Kompaktheit (A/V)	0,81 1/m	Norm-Außentemperatur	-12,3 °C	Soll-Innentemperatur	20 °C

## ANFORDERUNGEN (Referenzklima) Gesamtenergieausweis

Referenz-Heizwärmebedarf	k.A.	HWB <sub>Ref,RK</sub>	58,31 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizwärmebedarf		HWB <sub>RK</sub>	58,31 kWh/m <sup>2</sup> a
End-/Lieferenergiebedarf	k.A.	E/LEB <sub>RK</sub>	92,81 kWh/m <sup>2</sup> a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	k.A.	f <sub>GEE</sub>	1,746
Erneuerbarer Anteil	k.A.		

## WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	6.117 kWh/a	HWB <sub>Ref,SK</sub>	61,40 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizwärmebedarf	6.009 kWh/a	HWB <sub>SK</sub>	60,30 kWh/m <sup>2</sup> a
Warmwasserwärmebedarf	1.273 kWh/a	WWWB	12,78 kWh/m <sup>2</sup> a
Heizenergiebedarf	7.924 kWh/a	HEB <sub>SK</sub>	79,51 kWh/m <sup>2</sup> a
Energieaufwandszahl Heizen		e <sub>AWZ,H</sub>	1,09
Haushaltsstrombedarf	1.637 kWh/a	HHSB	16,43 kWh/m <sup>2</sup> a
Endenergiebedarf	9.561 kWh/a	EEB <sub>SK</sub>	95,94 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf	18.261 kWh/a	PEB <sub>SK</sub>	183,23 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	12.620 kWh/a	PEB <sub>n.ern.,SK</sub>	126,63 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiebedarf erneuerbar	5.641 kWh/a	PEB <sub>ern.,SK</sub>	56,60 kWh/m <sup>2</sup> a
Kohlendioxidemissionen (optional)	2.639 kg/a	CO <sub>2</sub> SK	26,48 kg/m <sup>2</sup> a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor		f <sub>GEE</sub>	1,341
Photovoltaik-Export	0 kWh/a	PV <sub>Export,SK</sub>	0,00 kWh/m <sup>2</sup> a

## ERSTELLT

GWR-Zahl		ArchiPHYSIK - A-NULL - SCHULVERSION
Ausstellungsdatum	17.04.2017	Unterschrift
Gültigkeitsdatum	16.04.2027	

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

## Bauteilliste

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

### 4 Terrasse

Neubau

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Holzschalung	0,0250		
2	Polsterholz	0,0500		
3	Schüttung (Kies)	0,0500		
4	Abdichtung 2-lagig	0,0100	0,230	0,043
5	EPS-W 30	0,2000	0,036	5,556
6	Stahlbeton (R = 2400)	0,2000	2,500	0,080
7	Innenputz (Kalk-Zement) R = 1800	0,0100	0,800	0,013
Wärmeübergangswiderstände				0,140
		<b>0,5450</b>	RT =	5,832
			<b>U =</b>	<b>0,171</b>

### 10 Pulldach

Neubau

	Lage	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Bitumen-Dachdichtungsbahn	0,0100		
2	Vollholzschalung	0,0240		
3	Konterlattung (50 x 80 mm)	0,0800		
4	Dachauflegebahn aus Polyethylen (PE) - diffusionsoffk	0,0000	0,500	0,000
5	Vollholzschalung	0,0240	0,150	0,160
6.0	Vollholzbalken Breite: 0,08 m Achsenabstand: 0,75 m	0,2000	0,150	1,333
6.1	ISOCELL Zellulosefaserdämmstoff	0,2000	0,039	5,128
7	Dampfbremse Polyethylen (PE)	0,0002	0,500	0,000
8	Vollholzschalung	0,1000	0,150	0,667
9	Lattung	0,0200	0,150	0,133
10	Fermacellplatte	0,0150	0,320	0,047
Wärmeübergangswiderstände				0,200
		RT <sub>o</sub> =5,464 m <sup>2</sup> K/W; RT <sub>u</sub> =5,141 m <sup>2</sup> K/W;	<b>0,4730</b>	RT = 5,302
				<b>U = 0,189</b>

### AF01 Kellerfenster 100/80

Neubau

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,300	0,48	60,00	1,00
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,32	40,00	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	2,80	0,050				
				vorh.	0,80	<b>1,18</b>

**Bauteilliste**

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

**AF02 Kellerfenster 120/80**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,300	0,60	62,50	1,00
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,36	37,50	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	3,20	0,050				
			vorh.	0,96		<b>1,17</b>

**AF03 3fach WSV besch 180/150**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	1,89	69,80	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,82	30,20	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	8,10	0,050				
			vorh.	2,70		<b>0,87</b>

**AF03 3fach WSV besch 203/210**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	3,19	74,90	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				1,07	25,10	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	10,96	0,050				
			vorh.	4,26		<b>0,83</b>

**AF04 3fach WSV besch 180/120**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	1,45	67,10	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,71	32,90	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	6,90	0,050				
			vorh.	2,16		<b>0,89</b>

**Bauteilliste**

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

**AF05 3fach WSV besch 123/50**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	0,31	50,20	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,31	49,80	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	2,66	0,050				
			vorh.	0,62		<b>1,02</b>

**AF06 3fach WSV besch 42/240**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	0,48	48,00	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,52	52,00	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	4,84	0,050				
			vorh.	1,01		<b>1,05</b>

**AF07 3fach WSV besch 54/60**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	0,14	42,00	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,19	58,00	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	1,48	0,050				
			vorh.	0,32		<b>1,07</b>

**AF08 3fach WSV besch 180/100**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	1,16	64,40	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,64	35,60	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	6,10	0,050				
			vorh.	1,80		<b>0,91</b>

**Bauteilliste**

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

**AF09 3fach WSV besch 123/100**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	0,82	67,00	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,41	33,00	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	3,66	0,050				
			vorh.	1,23		<b>0,88</b>

**AF10 3fach WSV besch 100/60**

Neubau

AF

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,500	0,32	53,30	0,60
JOSKO Holz-Fensterrahmen RUBIN 90 Fichte				0,28	46,70	1,00
Edelstahl (3-IV; Ug <0,9; Uf <1,4)	2,40	0,050				
			vorh.	0,60		<b>0,99</b>

**AT01 Eingangstür 111/210**

Neubau

AT

	Länge	$\psi$	g	Fläche	%	U
	m	W/mK	-	m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup> K
Verglasung			0,300	0,93	40,00	1,00
Holz-Fensterrahmen RUBIN 78 Fichte (ab 16.04.2010)				1,40	60,00	1,11
Edelstahl (2-IV; Ug <1,4; Uf 1,4 - 2,1)	6,40	0,050				
			vorh.	2,33		<b>1,21</b>

**5 Außenwand Naturi 30cm**

Neubau

AW

A-I

	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1 Holzsystem Naturi	0,3000	0,095	3,158
Wärmeübergangswiderstände			0,170
	<b>0,3000</b>	RT =	3,328
		<b>U =</b>	<b>0,300</b>

**5a Außenwand Naturi 30cm verbesserter lambda**

Neubau

AW

A-I

	d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1 Holzsystem Naturi	0,3000	0,088	3,409
Wärmeübergangswiderstände			0,170
	<b>0,3000</b>	RT =	3,579
		<b>U =</b>	<b>0,279</b>

## Bauteilliste

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

### 5b Stahlbeton U-Wert äquivalent naturi

Neubau

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Kunststoffdünnputz	0,0050	0,700	0,007
2	EPS - F	0,1330	0,040	3,325
3	Stahlbeton (R = 2400)	0,2000	2,500	0,080
Wärmeübergangswiderstände				0,170
		<b>0,3380</b>	RT =	3,582
			<b>U =</b>	<b>0,279</b>

### 6 Außenwand Naturi 20cm+Innendämmung

Neubau

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Holzsystem Naturi	0,2000	0,095	2,105
2	Schilfdämmplatte (145 kg/m <sup>3</sup> )	0,0500	0,061	0,820
3	Lehmputz	0,0200	0,810	0,025
Wärmeübergangswiderstände				0,170
		<b>0,2700</b>	RT =	3,12
			<b>U =</b>	<b>0,321</b>

### 1 Fundamentplatte Keller

Neubau

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Schaumglasgranulat-Schüttung (150 kg/m <sup>3</sup> )	0,3000	0,140	2,143
2	PAE-Folie	0,0002	0,230	0,001
3	Stahlbeton (R = 2400)	0,2000	2,500	0,080
4	Abdichtung	0,0050	0,230	0,022
5	Perlite , Blähton (org.geb.) (600)	0,0650	0,160	0,406
6	Zementestrich (R = 2000)	0,0700	1,330	0,053
7	Parkettboden	0,0150	0,170	0,088
Wärmeübergangswiderstände				0,170
		<b>0,6550</b>	RT =	2,963
			<b>U =</b>	<b>0,337</b>

### 2 Kelleraußenwand

Neubau

		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Vlies	0,0030	0,220	0,014
2	Sarnafil TG 66	0,0020	0,170	0,012
3	EPS-W 30	0,1200	0,036	3,333
4	Bauder Bitumen-Dampfsperrbahnen	0,0040	0,170	0,024
5	Stahlbeton (R = 2400)	0,2500	2,500	0,100
6	Innenputz (Kalk-Zement) R = 1800	0,0100	0,800	0,013
Wärmeübergangswiderstände				0,130
		<b>0,3890</b>	RT =	3,626
			<b>U =</b>	<b>0,276</b>

# Bauteilliste

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

## 3 Decke über beheiztem Keller

Neubau

IDo		U-O			
	Lage		d [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Innenputz (Kalk-Zement) R = 1600		0,0300	0,700	0,043
2	Stahlbeton (R = 2400)		0,2200	2,500	0,088
3	• Weichfaserplatten 2x40mm		0,0800	0,047	1,702
4.0	Polsterholz Breite: 0,05 m Achsenabstand: 0,60 m		0,0500	0,150	0,333
4.1	Perlite (134)		0,0500	0,060	0,833
5	Schiffboden		0,0240	0,150	0,160
Wärmeübergangswiderstände					0,340
			RT <sub>o</sub> =3,117 m <sup>2</sup> K/W; RT <sub>u</sub> =3,074 m <sup>2</sup> K/W;	<b>0,4040</b>	RT = 3,095 <b>U = 0,323</b>

# Geschoßfläche und Volumen

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

<b>Gesamt</b>		<b>99,66 m<sup>2</sup></b>	<b>258,90 m<sup>3</sup></b>
Wohnen	beheizt	99,66	258,90

## Wohnen

beheizt

		Höhe [m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
<b>Erdgeschoß</b>				
	1x 6,5*8-1*4,25	2,60	47,75	124,15
Vorsprung Stiege	1x 0,8*2,6	2,60	2,08	5,40
<b>Obergeschoß</b>				
	1x 6,5*8-1*4,25	2,60	47,75	124,15
Vorsprung Stiege	1x 0,8*2,6	2,50	2,08	5,20

# Bauteilflächen

EFH Tertsch Standort Hohe Warte - Wohnen

Flächen der thermischen Gebäudehülle			m2
			<b>209,14</b>
Opake Flächen	88,3 %		184,68
Fensterflächen	11,7 %		24,46
Wärmefluss nach oben			50,33
Wärmefluss nach unten			0,00
<b>Andere Flächen</b>			<b>49,83</b>
Opake Flächen	100 %		49,83
Fensterflächen	0 %		0,00

## Flächen der thermischen Gebäudehülle

Wohnen

Einfamilienhäuser

					m2
<b>10</b>	<b>Pultdach</b>				<b>50,33</b>
	Fläche	H	x+y	1 x -49,83/cos(3)	50,33
<b>5</b>	<b>Außenwand Naturi 30cm</b>				<b>79,10</b>
	EG	NNO	x+y	1 x 5,25*2,6	13,65
	OG	NNO	x+y	1 x 3,37*2,6	8,76
	EG	OSO	x+y	1 x 8*2,6	20,80
	OG	OSO	x+y	1 x 8*2,72	21,76
	EG	SSW	x+y	1 x (1+5,5)*2,6	16,90
	OG	SSW	x+y	1 x (1+5,5)*2,6	16,90
	<i>3fach WSV besch 180/150</i>			- 1 x 2,70	- 2,70
	<i>3fach WSV besch 203/210</i>			- 2 x 4,26	- 8,52
	<i>3fach WSV besch 180/120</i>			- 1 x 2,16	- 2,16
	<i>3fach WSV besch 180/120</i>			- 1 x 2,16	- 2,16
	<i>3fach WSV besch 180/100</i>			- 1 x 1,80	- 1,80
	<i>Eingangstür 111/210</i>			- 1 x 2,33	- 2,33
<b>6</b>	<b>Außenwand Naturi 20cm+Innendämmung</b>				<b>55,25</b>
	EG	NNO	x+y	1 x (0,8+1,25)*2,6	5,33
	OG	NNO	x+y	1 x (0,8+3,13)*2,5	9,82
	EG	SSW	x+y	1 x 0,8*2,6	2,08
	OG	SSW	x+y	1 x 0,8*2,5	2,00
	EG	WNW	x+y	1 x 8*2,6	20,80
	OG	WNW	x+y	1 x 8*2,5	20,00
	<i>3fach WSV besch 123/50</i>			- 1 x 0,62	- 0,62
	<i>3fach WSV besch 42/240</i>			- 2 x 1,01	- 2,02
	<i>3fach WSV besch 54/60</i>			- 1 x 0,32	- 0,32
	<i>3fach WSV besch 123/100</i>			- 1 x 1,23	- 1,23
	<i>3fach WSV besch 100/60</i>			- 1 x 0,60	- 0,60

## Bauteilflächen

EFH Tertsch Standort Hohe Warte - Wohnen

AF03	3fach WSV besch 180/150	OSO	1 x 2,70	m2 2,70
AF03	3fach WSV besch 203/210	OSO	2 x 4,26	m2 8,52
AF04	3fach WSV besch 180/120	OSO	1 x 2,16	m2 2,16
AF04	3fach WSV besch 180/120	SSW	1 x 2,16	m2 2,16
AF05	3fach WSV besch 123/50	WNW	1 x 0,62	m2 0,62
AF06	3fach WSV besch 42/240	WNW	2 x 1,01	m2 2,02
AF07	3fach WSV besch 54/60	WNW	1 x 0,32	m2 0,32
AF08	3fach WSV besch 180/100	SSW	1 x 1,80	m2 1,80
AF09	3fach WSV besch 123/100	WNW	1 x 1,23	m2 1,23
AF10	3fach WSV besch 100/60	WNW	1 x 0,60	m2 0,60
AT01	Eingangstür 111/210	NNO	1 x 2,33	m2 2,33

## Andere Flächen

Wohnen

Einfamilienhäuser

3	Decke über beheiztem Keller			m2 49,83	
	Fläche	H	x+y	1 x 6,5*8-1*4,25	47,75
	Vorsprung Stiege	H	x+y	1 x 0,8*2,6	2,08

## Leitwerte

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

### Wohnen

... gegen Außen	Le	73,47	
... über Unbeheizt	Lu	0,00	
... über das Erdreich	Lg	0,00	
... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken		7,34	
Transmissionsleitwert der Gebäudehülle	LT	80,81	W/K
Lüftungsleitwert	LV	28,19	W/K
Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	Um	0,386	W/m <sup>2</sup> K

### ... gegen Außen, über Unbeheizt und das Erdreich

Bauteile gegen Außenluft

		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	f	f FH	W/K
<b>Nord-Nord-Ost</b>						
AT01	Eingangstür 111/210	2,33	1,210	1,0		2,82
5	Außenwand Naturi 30cm	20,08	0,300	1,0		6,02
6	Außenwand Naturi 20cm+Innendämmung	15,15	0,321	1,0		4,86
		<b>37,56</b>				<b>13,70</b>
<b>Ost-Süd-Ost</b>						
AF03	3fach WSV besch 180/150	2,70	0,870	1,0		2,35
AF03	3fach WSV besch 203/210	8,52	0,830	1,0		7,07
AF04	3fach WSV besch 180/120	2,16	0,890	1,0		1,92
5	Außenwand Naturi 30cm	29,18	0,300	1,0		8,75
		<b>42,56</b>				<b>20,09</b>
<b>Süd-Süd-West</b>						
AF04	3fach WSV besch 180/120	2,16	0,890	1,0		1,92
AF08	3fach WSV besch 180/100	1,80	0,910	1,0		1,64
5	Außenwand Naturi 30cm	29,84	0,300	1,0		8,95
6	Außenwand Naturi 20cm+Innendämmung	4,08	0,321	1,0		1,31
		<b>37,88</b>				<b>13,82</b>
<b>West-Nord-West</b>						
AF05	3fach WSV besch 123/50	0,62	1,020	1,0		0,63
AF06	3fach WSV besch 42/240	2,02	1,050	1,0		2,12
AF07	3fach WSV besch 54/60	0,32	1,070	1,0		0,34
AF09	3fach WSV besch 123/100	1,23	0,880	1,0		1,08
AF10	3fach WSV besch 100/60	0,60	0,990	1,0		0,59
6	Außenwand Naturi 20cm+Innendämmung	36,01	0,321	1,0		11,56
		<b>40,80</b>				<b>16,32</b>
<b>Horizontal</b>						
10	Pulldach	50,33	0,189	1,0		9,51
		<b>50,33</b>				<b>9,51</b>
	Summe	<b>209,14</b>				

### ... Leitwertzuschlag für linienförmige und punktförmige Wärmebrücken

Leitwerte über Wärmebrücken

Wärmebrücken pauschal

**7,34 W/K**

## Leitwerte

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

---

### ... über Lüftung

Lüftungsleitwert

#### Fensterlüftung

**28,19 W/K**

Lüftungsvolumen	VL =	207,29 m <sup>3</sup>
Luftwechselrate	n =	0,40 1/h

# Gewinne

EFH Tertsch Standort Hohe Warte - Wohnen

## Wohnen

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit der Zone

**mittelschwere Bauweise**

## Interne Wärmegewinne

$q_i = 3,75 \text{ W/m}^2$

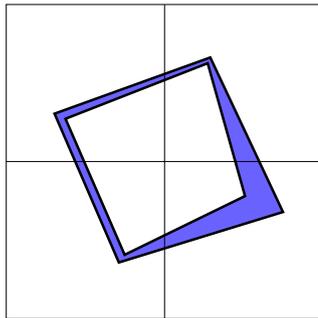
## Solare Wärmegewinne

Transparente Bauteile	Anzahl	Fs -	Summe Ag m <sup>2</sup>	g -	A trans,h m <sup>2</sup>
<b>Nord-Nord-Ost</b>					
AT01 Eingangstür 111/210	1	0,85	0,93	0,300	0,20
	<b>1</b>		<b>0,93</b>		<b>0,20</b>
<b>Ost-Süd-Ost</b>					
AF03 3fach WSV besch 180/150	1	0,85	1,88	0,500	0,70
AF03 3fach WSV besch 203/210	2	0,85	6,37	0,500	2,39
AF04 3fach WSV besch 180/120	1	0,85	1,45	0,500	0,54
	<b>4</b>		<b>9,71</b>		<b>3,64</b>
<b>Süd-Süd-West</b>					
AF04 3fach WSV besch 180/120	1	0,85	1,45	0,500	0,54
AF08 3fach WSV besch 180/100	1	0,85	1,16	0,500	0,43
	<b>2</b>		<b>2,61</b>		<b>0,97</b>
<b>West-Nord-West</b>					
AF05 3fach WSV besch 123/50	1	0,85	0,31	0,500	0,11
AF06 3fach WSV besch 42/240	2	0,85	0,96	0,500	0,36
AF07 3fach WSV besch 54/60	1	0,85	0,13	0,500	0,05
AF09 3fach WSV besch 123/100	1	0,85	0,82	0,500	0,30
AF10 3fach WSV besch 100/60	1	0,85	0,32	0,500	0,11
	<b>6</b>		<b>2,55</b>		<b>0,95</b>

	<b>Aw</b> m <sup>2</sup>	<b>Qs, h</b> kWh/a	
Nord-Nord-Ost	2,33	91	
Ost-Süd-Ost	13,38	2.629	
Süd-Süd-West	3,96	784	
West-Nord-West	4,79	549	
	<b>24,46</b>	<b>4.054</b>	

## Gewinne

EFH Tertsch Standort Hohe Warte - Wohnen



### Orientierungsdiagramm

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

opak  
 transparent

### Strahlungsintensitäten

Wien-Döbling, 198 m

	S	SO/SW	O/W	NO/NW	N	H
	kWh/m <sup>2</sup>					
Jan.	34,72	27,93	17,23	12,01	11,48	26,10
Feb.	55,56	45,59	29,91	20,89	19,47	47,49
Mär.	76,06	67,16	50,98	33,98	27,51	80,92
Apr.	80,76	79,60	69,22	51,91	40,38	115,37
Mai	89,91	94,64	91,49	72,56	56,78	157,74
Jun.	80,01	89,61	91,21	76,81	60,81	160,03
Jul.	81,96	91,60	93,21	75,53	59,46	160,71
Aug.	88,44	91,24	82,82	60,36	44,92	140,38
Sep.	81,46	74,59	59,86	43,18	35,33	98,14
Okt.	68,21	57,57	40,05	26,28	23,15	62,58
Nov.	38,35	30,56	18,45	12,68	12,11	28,83
Dez.	29,79	23,40	12,76	8,70	8,31	19,34

# Monatsbilanz Heizwärmebedarf, RK

EFH Tertsch Standort Hohe Warte - Wohnen

Volumen beheizt, BRI: 258,90 m<sup>3</sup>

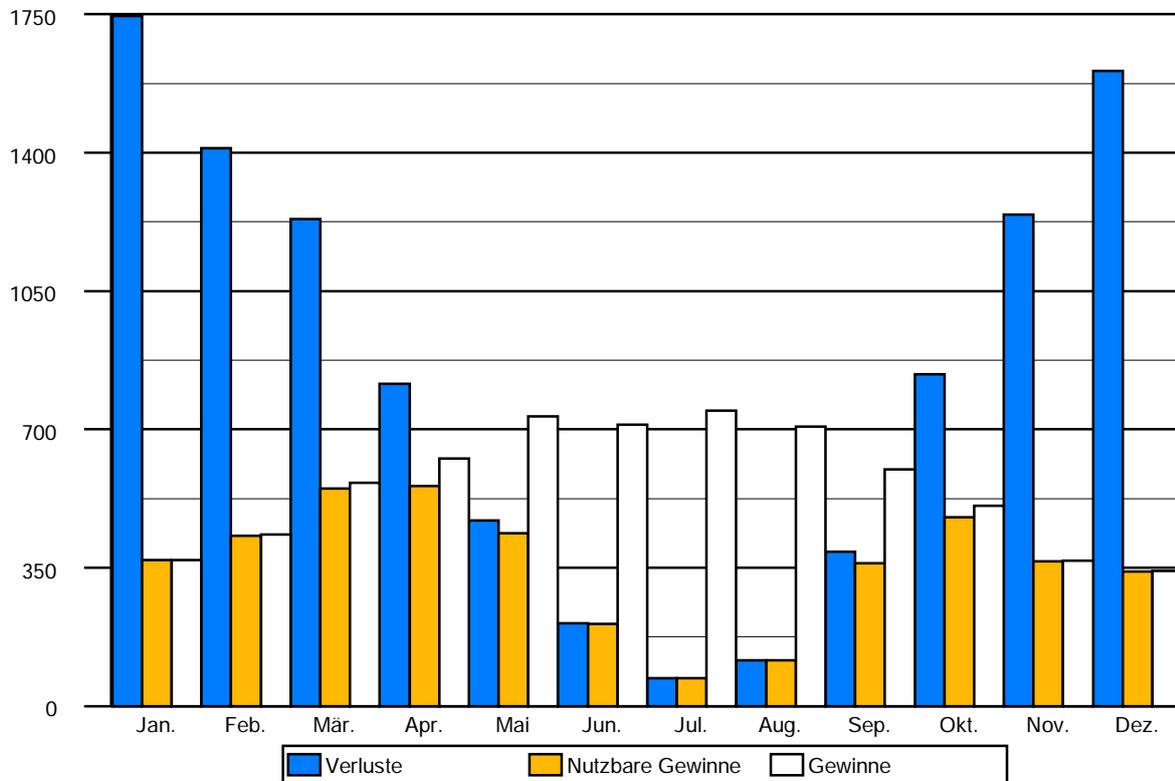
mittelschwere Bauweise

Geschoßfläche, BGF: 99,66 m<sup>2</sup>

Wien-Döbling, 198 m

Heizgradtage HGT (12/20): 3.489 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,53	31,00	1.295	452	0,998	147	222	1.377
Feb.	0,73	28,00	1.047	365	0,994	232	200	980
Mär.	4,81	31,00	913	319	0,975	334	217	682
Apr.	9,62	30,00	604	211	0,888	365	191	258
Mai	14,20	3,46	349	122	0,597	305	133	4
Jun.	17,33		155	54	0,292	145	63	-
Jul.	19,12		53	18	0,096	50	21	-
Aug.	18,56		87	30	0,165	80	37	-
Sep.	15,03	5,90	289	101	0,605	232	130	6
Okt.	9,64	31,00	623	217	0,942	268	210	363
Nov.	4,16	30,00	922	322	0,994	152	214	877
Dez.	0,19	31,00	1.191	416	0,998	119	222	1.265
		221,37	7.527	2.625		2.429	1.859	<b>5.811 kWh</b>



# Monatsbilanz Heizwärmebedarf, Standort

EFH Tertsch Standort Hohe Warte - Wohnen

Volumen beheizt, BRI: 258,90 m<sup>3</sup>

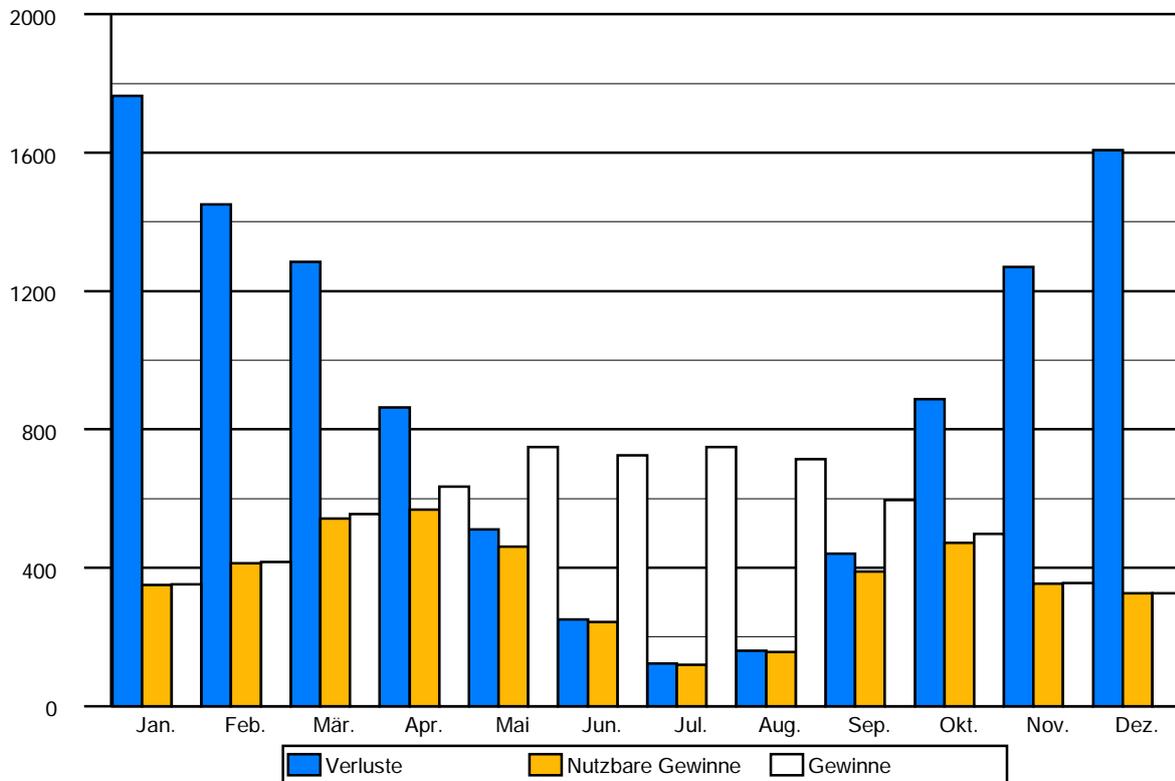
mittelschwere Bauweise

Geschoßfläche, BGF: 99,66 m<sup>2</sup>

Wien-Döbling, 198 m

Heizgradtage HGT (12/20): 3.489 Kd

	Außen °C	HT d	QT kWh	QV kWh	eta -	eta Qs kWh	eta Qi kWh	Q h kWh
Jan.	-1,76	31,00	1.308	456	0,998	129	239	1.397
Feb.	0,21	28,00	1.075	375	0,994	214	215	1.021
Mär.	4,16	31,00	953	332	0,977	325	234	727
Apr.	9,01	30,00	640	223	0,893	375	207	281
Mai	13,69	5,22	379	132	0,616	325	147	7
Jun.	16,80		186	65	0,335	171	78	-
Jul.	18,49		91	32	0,160	84	38	-
Aug.	18,03		118	41	0,218	107	52	-
Sep.	14,38	9,94	327	114	0,652	249	151	14
Okt.	9,07	31,00	657	229	0,948	262	227	398
Nov.	3,82	30,00	942	328	0,995	140	230	900
Dez.	0,17	31,00	1.192	416	0,998	104	239	1.266
		227,16	7.869	2.744		2.484	2.056	<b>6.009 kWh</b>

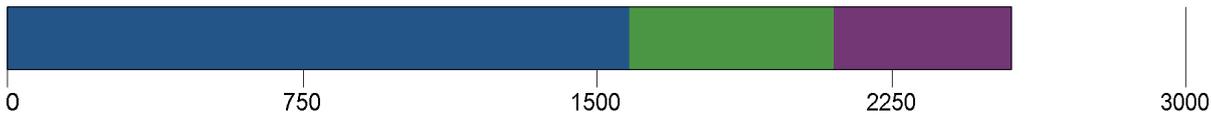


# Anlagentechnik des Gesamtgebäudes

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

## Wohnen

Nutzprofil: Einfamilienhäuser



Primärenergie, CO2 in der Zone		Anteil	PEB kWh/a	CO2 kg/a
<span style="color: blue;">■</span> RH	Raumheizung Anlage 1 Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	10.942	1.581
<span style="color: green;">■</span> TW	Warmwasser Anlage 1 Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	3.595	519
<span style="color: purple;">■</span> SB	Haushaltsstrombedarf Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	3.126	451

Hilfsenergie in der Zone		Anteil	PEB kWh/a	CO2 kg/a
<span style="color: blue;">■</span> RH	Raumheizung Anlage 1 Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	0	0
<span style="color: green;">■</span> TW	Warmwasser Anlage 1 Strom (Österreich Mix 2015)	100,0	0	0

Energiebedarf in der Zone		versorgt BGF m2	Lstg. kW	EB kWh/a
RH	Raumheizung Anlage 1	99,66	17	5.728
TW	Warmwasser Anlage 1	99,66		1.882
SB	Haushaltsstrombedarf	99,66		1.636

## Raumheizung Anlage 1

Bereitstellung: RH-Wärmebereitstellung zentral, Defaultwert für Leistung (16,74 kW),  
Stromheizung, Aufstellungsort konditionierte Lage in Zone Wohnen

Speicherung: kein Speicher

Verteilleitungen: Längen pauschal proportional, Lage konditioniert, 3/3 gedämmt, Armaturen ungedämmt

Steigleitungen: Längen pauschal proportional, Lage konditioniert, 3/3 gedämmt, Armaturen ungedämmt

Anbindeleitungen: Längen pauschal, 2/3 gedämmt, Armaturen ungedämmt

Abgabe: Einzelraumregelung mit Thermostatventilen, individuelle  
Wärmeverbrauchsermittlung, Heizkörper ( 60 °C / 35 °C )

	Verteilleitungen	Steigleitungen	Anbindeleitungen
Wohnen	0,00 m	0,00 m	55,81 m
unkonditioniert	11,32 m	7,97 m	

## Warmwasser Anlage 1

Bereitstellung: WW- und RH-Wärmebereitstellung kombiniert, Raumheizung Anlage 1

Speicherung: Kein Warmwasserspeicher

# Anlagentechnik des Gesamtgebäudes

EFH Tertsch Standort Hohe Warte

---

Verteilleitungen: Längen pauschal proportional, Lage konditioniert, 3/3 gedämmt, Armaturen ungedämmt

Steigleitungen: Längen pauschal proportional, Lage konditioniert, 3/3 gedämmt, Armaturen ungedämmt

Zirkulationsleitung: Ohne Zirkulation

Stichleitung: Längen pauschal, Kunststoff (Stichl.)

Abgabe: Zweigriffarmaturen, individuelle Wärmeverbrauchsermittlung

	Verteilleitungen	Steigleitungen	Stichleitungen
Wohnen	0,00 m	0,00 m	15,94 m
unkonditioniert	8,03 m	3,98 m	

## Konditionierte Zonen

## Fall 1/Zone 1: Allgemeine Daten

Name	
Geometrie	
Bruttorauminhalt	[m <sup>3</sup> ] 278,82
Nettorauminhalt	[m <sup>3</sup> ] 178,16
Bodenfläche	[m <sup>2</sup> ] 93,68
Weitere Parameter	
Anfangstemperatur	[°C] 20
Anfangsfeuchte	[%] 55
Anfangskonzentration CO <sub>2</sub>	[ppmv] 400
Verteilung Solarstrahlung auf innere Oberfläche	Proportional zur Fläche
Solarstrahlung direkt an Innenluft	0,1

## Fall 1/Zone 1: Auslegungsbedingungen

Min. Temperatur (Heizung)	[°C]	20
Max. Temperatur (Kühlen)	[°C]	27
Min. relative Luftfeuchte (Befeuchtung)	[%]	40
Max. relative Luftfeuchte (Entfeuchtung)	[%]	70
Max. CO <sub>2</sub> -Konzentration	[ppmv]	3000
Natürliche Lüftung	[1/h]	0,3
Mechanische Lüftung	[1/h]	0
Leckage Luftwechselrate	[1/h]	0.1

Fall 1/Zone 1: Lasten/Belegung

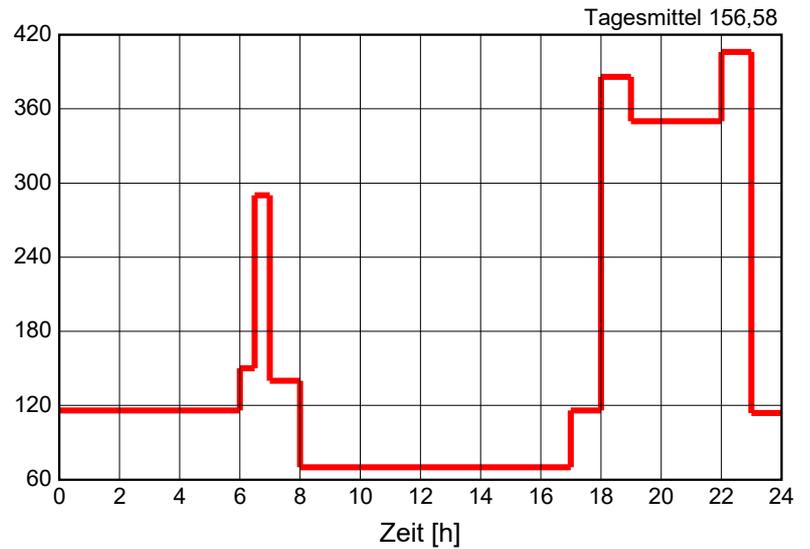
Wärme konvektiv	[W]	0
Wärme strahlend	[W]	0
Feuchtigkeit	[g/h]	0
CO2	[g/h]	0
Tätigkeit	[met]	0
Bekleidung	[clo]	0,7
Luftgeschwindigkeit	[m/s]	0,1

Fall 1/Zone 1, Wärme konvektiv, Ausnahme 1

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

Tagesprofil [W]

Std	Wert
0	116
6	150
6,5	290
7	140
8	70
17	116
18	386
19	350
22	406
23	114

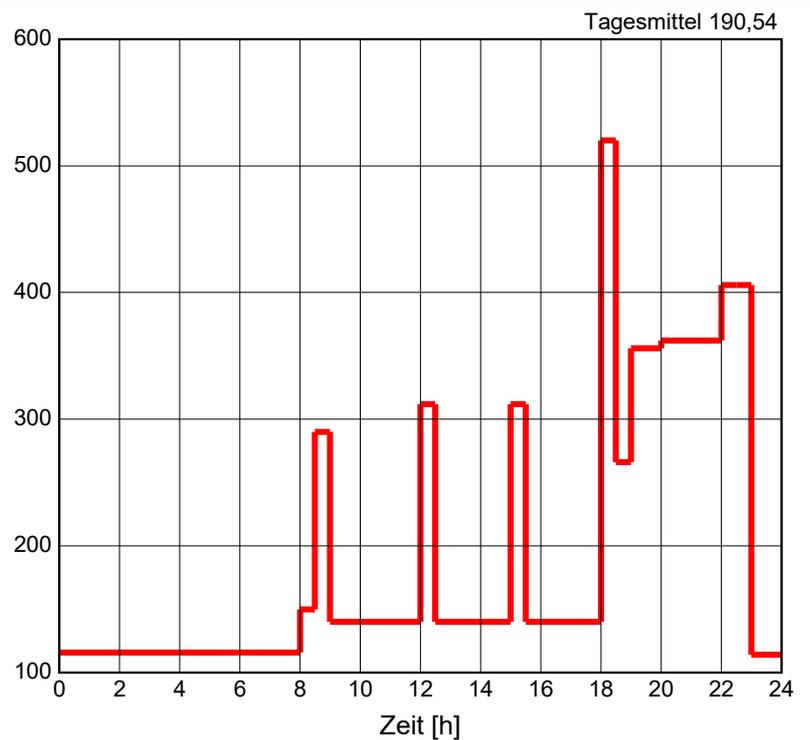


Fall 1/Zone 1, Wärme konvektiv, Ausnahme 2

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

Tagesprofil [W]

Std	Wert
0	116
8	150
8,5	290
9	140
12	312
12,5	140
15	312
15,5	140
18	520
18,5	266
19	356
20	362
22	406
22,5	406
23	114

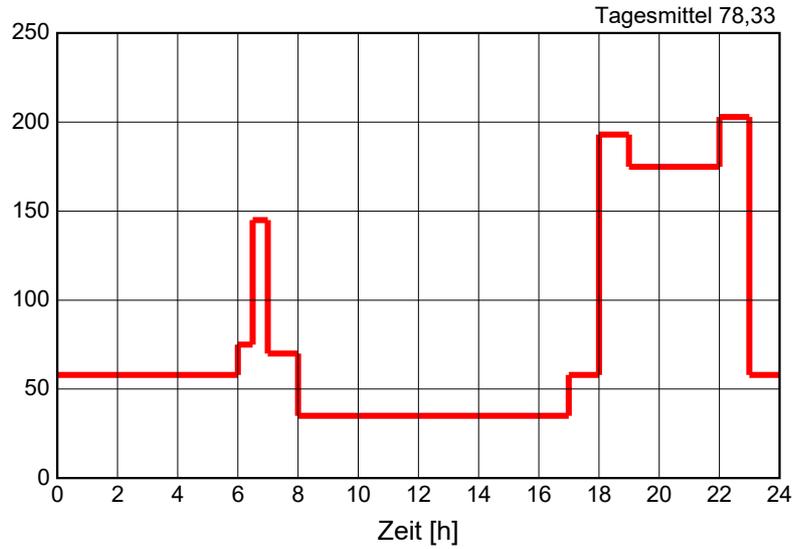


**Fall 1/Zone 1, Wärme strahlend, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

**Tagesprofil [W]**

Std	Wert
0	58
6	75
6,5	145
7	70
8	35
17	58
18	193
19	175
22	203
23	58

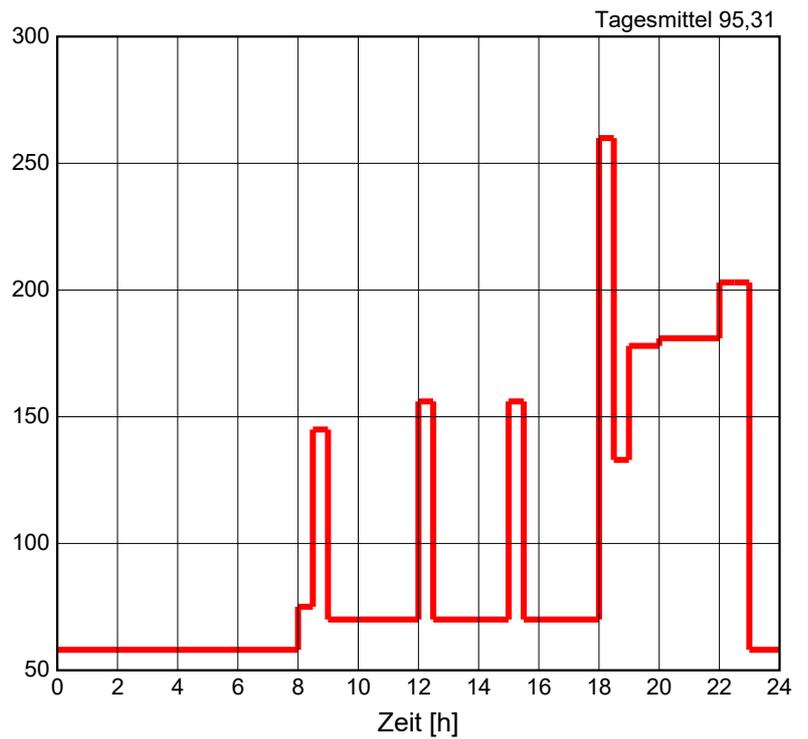


**Fall 1/Zone 1, Wärme strahlend, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

**Tagesprofil [W]**

Std	Wert
0	58
8	75
8,5	145
9	70
12	156
12,5	70
15	156
15,5	70
18	260
18,5	133
19	178
20	181
22	203
22,5	203
23	58

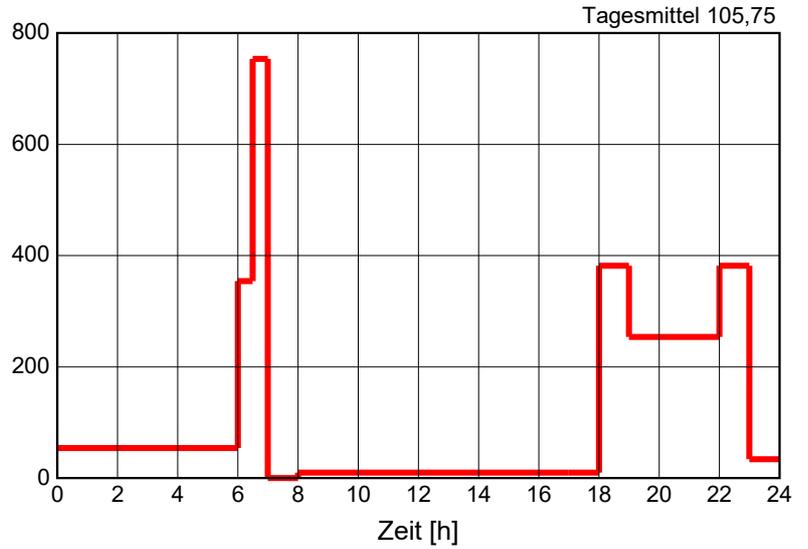


**Fall 1/Zone 1, Feuchtigkeit, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

**Tagesprofil [g/h]**

Std	Wert
0	54
6	354
6,5	754
7	0
8	10
17	10
18	382
19	254
22	382
23	34

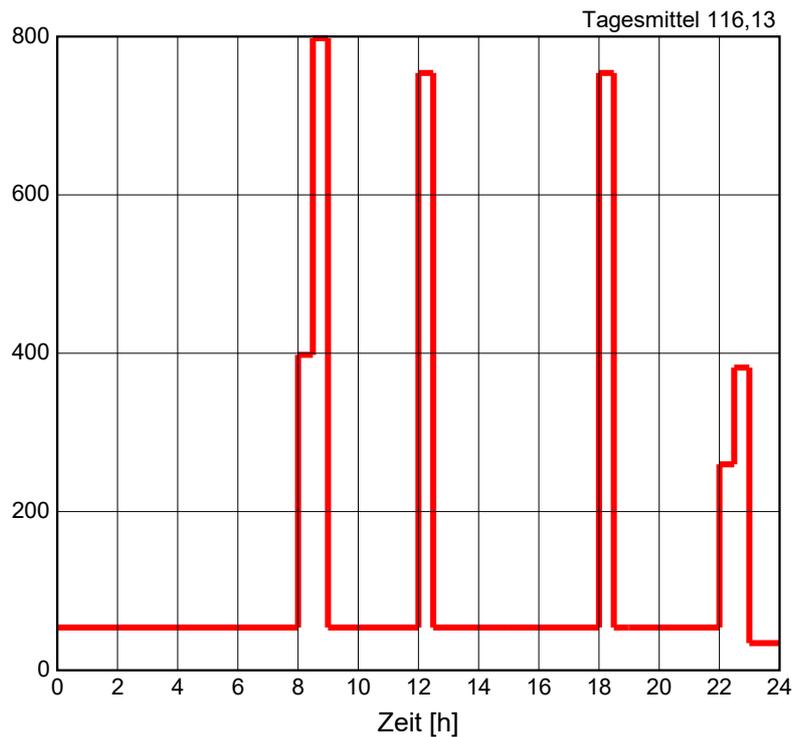


**Fall 1/Zone 1, Feuchtigkeit, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

**Tagesprofil [g/h]**

Std	Wert
0	54
8	398
8,5	798
9	54
12	754
12,5	54
15	54
15,5	54
18	754
18,5	54
19	54
20	54
22	260
22,5	382
23	34

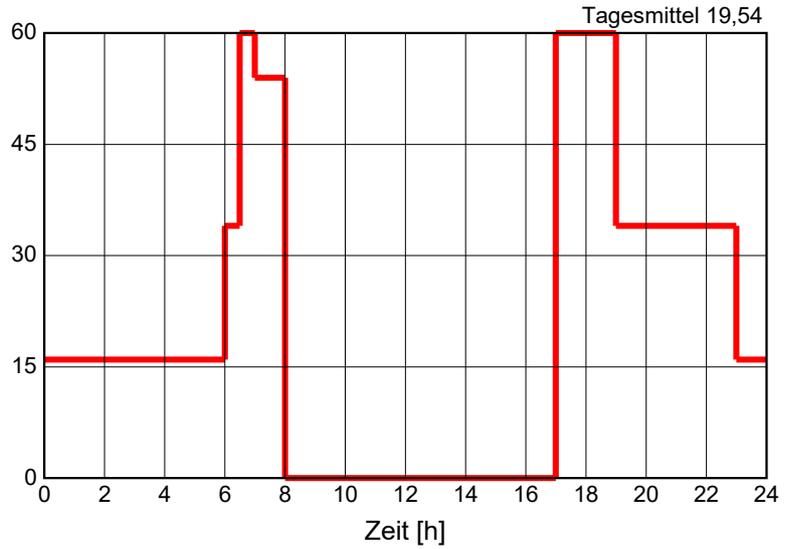


**Fall 1/Zone 1, CO2, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

**Tagesprofil [g/h]**

Std	Wert
0	16
6	34
6,5	60
7	54
8	0
17	60
18	60
19	34
22	34
23	16

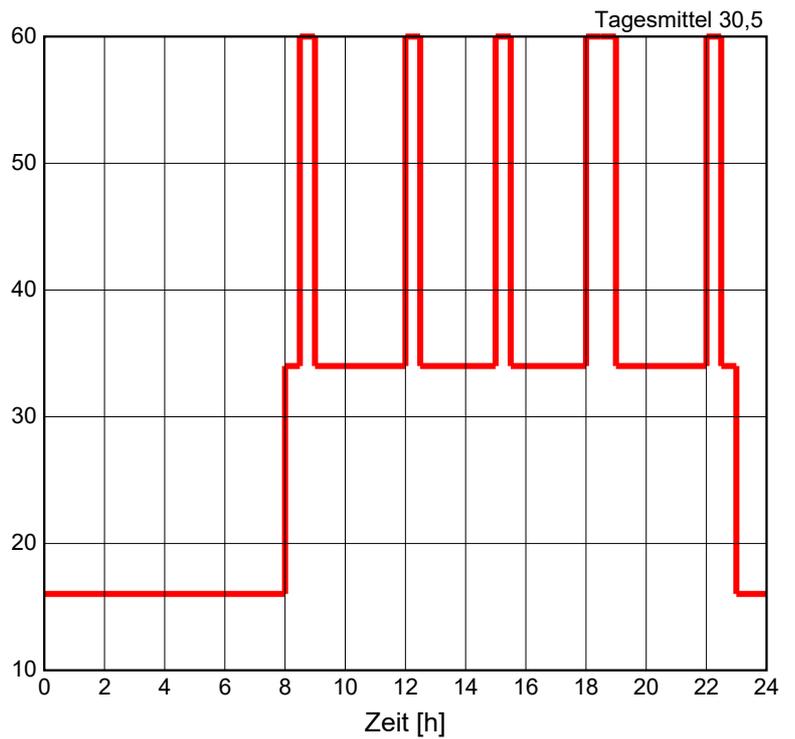


**Fall 1/Zone 1, CO2, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

**Tagesprofil [g/h]**

Std	Wert
0	16
8	34
8,5	60
9	34
12	60
12,5	34
15	60
15,5	34
18	60
18,5	60
19	34
20	34
22	60
22,5	34
23	16

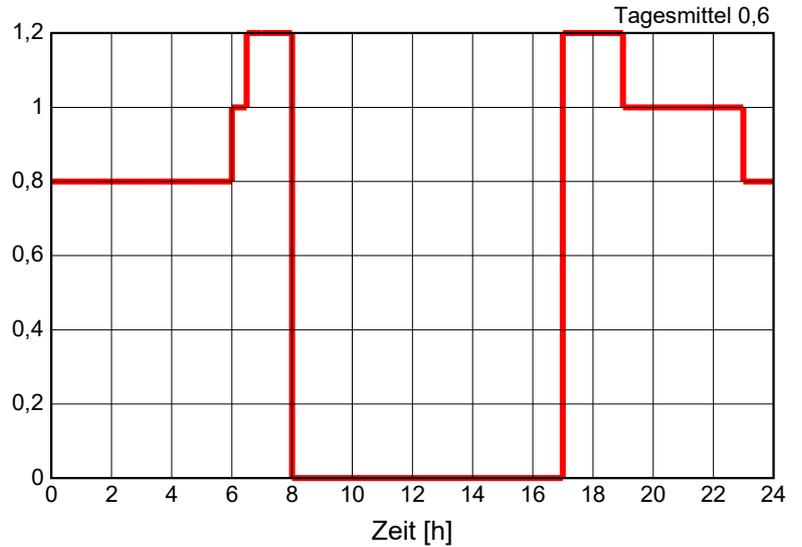


**Fall 1/Zone 1, Tätigkeit, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		

**Tagesprofil [met]**

Std	Wert
0	0,8
6	1
6,5	1,2
7	1,2
8	0
17	1,2
18	1,2
19	1
22	1
23	0,8

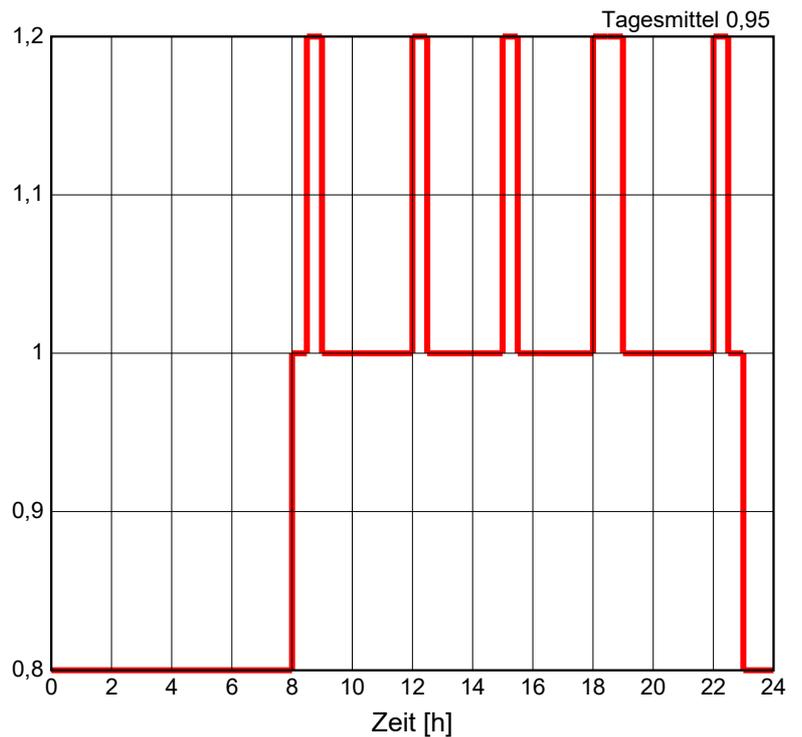


**Fall 1/Zone 1, Tätigkeit, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓

**Tagesprofil [met]**

Std	Wert
0	0,8
8	1
8,5	1,2
9	1
12	1,2
12,5	1
15	1,2
15,5	1
18	1,2
18,5	1,2
19	1
20	1
22	1,2
22,5	1
23	0,8



**Fall 1/Zone 1, Bekleidung, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		
0,7 clo								

**Fall 1/Zone 1, Bekleidung, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓
0,7 clo								

**Fall 1/Zone 1, Luftgeschwindigkeit, Ausnahme 1**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017	✓	✓	✓	✓	✓		
0,1 m/s								

**Fall 1/Zone 1, Luftgeschwindigkeit, Ausnahme 2**

Beginn	Ende	Mo	Tue	Mi	Do	Fr	Sa	So
1.9.2016	1.9.2017						✓	✓
0,1 m/s								

## Fall 1/Zone 1: Bauteile

## Fall 1/Zone 1/Bauteil 1: Allgemeine Daten

Name	Decke gg Keller	
Typ	Opak	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Raum mit gleichem Innenklima	
Konstruktion	[] Kellerdecke	
U	[W/m²K]	0,2803
Geometrie		
Fläche	[m²]	49,8
Neigung	[°]	180
Ausrichtung	[]	Horizontal (100 %)
Surface		
Rse / Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,04 / 0,17
Absorption / Emission (Benutzerdefiniert)	[-]	0,4 / 0,9
Sd-Wert - außen (Keine Beschichtung)	[m]	----
Sd-Wert - außen (Keine Beschichtung)	[m]	----
Regenlast R1/R2 (Keine Regenlast)	[-]	0 / 0
Regenabsorption (Keine Regenabsorption)	[-]	0
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		0

## Fall 1/Zone 1/Bauteil 2: Allgemeine Daten

Name	Außenwand 30cm	
Typ	Opak	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Konstruktion	[] Außenwand 30cm	
U	[W/m²K]	0,2854
Geometrie		
Fläche	[m²]	104,8
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	[]	Süd (31 %), Ost (31 %), West (17 %), Nord (21 %)
Surface		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Absorption / Emission (Holz (Fichte) unbehandelt)	[-]	0,4 / 0,9
Sd-Wert - außen (Keine Beschichtung)	[m]	----
Sd-Wert - außen (Keine Beschichtung)	[m]	----
Regenlast R1/R2 (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0 / 0,07
Regenabsorption (Benutzerdefiniert)	[-]	0,5
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		2,8

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 3: Allgemeine Daten**

Name		Pultdach
Typ		Opak
Innenseite		Zone 1
Außenseite		Außenluft
Konstruktion		<input type="checkbox"/> Dach hinterlüftet
U	[W/m²K]	0,1371
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	49,9
Neigung	[°]	2
Ausrichtung		<input type="checkbox"/> Horizontal (100 %)
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,1
Absorption / Emission (Bedachung, Dachplatte, mattschwarze Oberfläche)	[-]	0,87 / 0,9
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Regenlast R1/R2 (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	1 / 0
Regenabsorption (Gemäß Neigung)	[-]	1
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		5,6

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 4: Allgemeine Daten**

Name		Innendecke
Typ		Opak
Innenseite		Zone 1
Außenseite		Zone 1
Konstruktion		<input type="checkbox"/> Innendecke
U	[W/m²K]	0,2069
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	43,9
Neigung	[°]	180
Ausrichtung		<input type="checkbox"/> Horizontal (100 %)
<b>Surface</b>		
Rse / Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,17 / 0,17
Absorption / Emission (Benutzerdefiniert)	[-]	0,4 / 0,9
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Sd-Wert - außen ( Keine Beschichtung)	[m]	----
Regenlast R1/R2 (Keine Regenlast)	[-]	0 / 0
Regenabsorption (Keine Regenabsorption)	[-]	0
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		3

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 5: Allgemeine Daten**

Name	Außenwand innengedämmt	
Typ	Opak	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Konstruktion	□ Außenwand 20cm+Innendämmung	
U	[W/m²K]	0,3081
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	42
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	□ Süd (10 %), West (51 %), Nord (38 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Absorption / Emission (Holz (Fichte) braun gestrichen)	[-]	0,8 / 0,9
Sd-Wert - außen (Keine Beschichtung)	[m]	----
Sd-Wert - außen (Keine Beschichtung)	[m]	----
Regenlast R1/R2 (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0 / 0,07
Regenabsorption (Benutzerdefiniert)	[-]	0,5
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		2,89

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 6: Allgemeine Daten**

Name	Fenster 203/210	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	□ 3fach WSV besch 203/210	
Uw -montiert	[W/m²K]	0,83
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	8,5
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	□ Ost (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)		2,55

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 7: Allgemeine Daten**

Name	Außentür	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	☐ Außentür	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,21
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	2,3
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	☐ Nord (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	1,05	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 8: Allgemeine Daten**

Name	Fenster 180/120	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	☐ 3fach WSV besch 180/120	
Uw -montiert	[W/m²K]	0,89
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	4,3
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	☐ Süd (50 %), Ost (50 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	2,97	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 9: Allgemeine Daten**

Name	Fenster 180/150	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 3fach WSV besch 180/150	
Uw -montiert	[W/m²K]	0,87
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	2,7
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Ost (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	1,32	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 10: Allgemeine Daten**

Name	Fenster 54/60	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 3fach WSV besch 54/60	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,07
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	0,3
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> West (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	1,77	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 11: Allgemeine Daten**

Name	Fenster 42/240	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 3fach WSV besch 42/240	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,05
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	2
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> West (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	2,97	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 12: Allgemeine Daten**

Name	Fenster 123/50	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 3fach WSV besch 123/50	
Uw -montiert	[W/m²K]	1,02
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	0,6
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> West (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	1,82	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 13: Allgemeine Daten**

Name	Fenster 180/100	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 3fach WSV besch 180/100	
Uw -montiert	[W/m²K]	0,91
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	1,8
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> Süd (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	4,37	

**Fall 1/Zone 1/Bauteil 14: Allgemeine Daten**

Name	Fenster 123/100	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 3fach WSV besch 123/100	
Uw -montiert	[W/m²K]	0,88
<b>Geometrie</b>		
Fläche	[m²]	1,2
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> West (100 %)	
<b>Surface</b>		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	4,37	

## Fall 1/Zone 1/Bauteil 15: Allgemeine Daten

Name	Fenster 100/60	
Typ	Transparent	
Innenseite	Zone 1	
Außenseite	Außenluft	
Fensterart	<input type="checkbox"/> 3fach WSV besch 100/60	
Uw -montiert	[W/m²K]	0,99
Geometrie		
Fläche	[m²]	0,6
Neigung	[°]	90
Ausrichtung	<input type="checkbox"/> West (100 %)	
Surface		
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient konvektiv	[W/m²K]	4,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient strahlend	[W/m²K]	6,5
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Luv	[W/m²K]	1,6
Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient Lee	[W/m²K]	0,33
Rsi (Gemäß Bauteiltyp)	[-]	0,13
Reduktionsfaktor für ständige Verschattung	[-]	1
Solarstrahlung auf innere Oberflächen	[-]	
Höhe über Grund (Aus visualisierter Geometrie)	4,57	

Konstruktionen

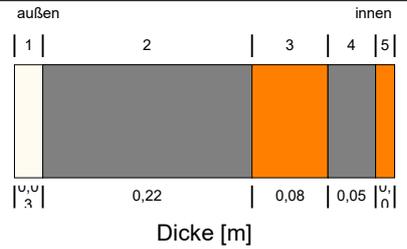
**Konstruktion (Id.1): Kellerdecke**

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 3,357 m<sup>2</sup>K/W (ohne R<sub>si</sub>,R<sub>se</sub>)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,28 W/m<sup>2</sup>K

Dicke: 0,4 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Innenputz (Gips)	850	850	0,2	0,03	Yellow
2	Beton C35/45	2220	850	1,6	0,22	Grey
3	Holzfaserplatte	300	1500	0,05	0,08	Orange
4	POROTON-WDF Perlitefüllung	146,7	767	0,038	0,05	Grey
5	Hartholz	650	1500	0,13	0,02	Orange

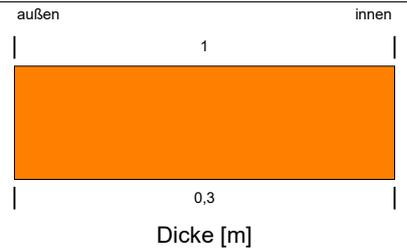
**Konstruktion (Id.2): Außenwand 30cm**

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 3,333 m<sup>2</sup>K/W (ohne R<sub>si</sub>,R<sub>se</sub>)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,29 W/m<sup>2</sup>K

Dicke: 0,3 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Fichte radial	455	1500	0,09	0,3	Orange

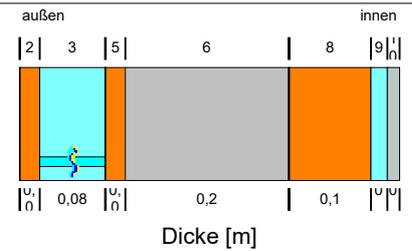
**Konstruktion (Id.4): Dach hinterlüftet**

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 7,154 m²K/W (ohne Rsi,Rse)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,14 W/m²K

Dicke: 0,466 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	$\rho$ [kg/m³]	c [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	PVC-Dachbahn	1000	1500	0,16	0,001	Blue
2	Weichholz	400	1500	0,09	0,024	Orange
3	Luftschicht 80 mm	1,3	1000	0,46	0,08	Cyan
4	Witterungsschutzbahn (sd=0,5m)	130	2300	2,3	0,001	Blue
5	Weichholz	400	1500	0,09	0,024	Orange
6	ISOCELL Zellulosedämmstoff	50	2110	0,039	0,2	Grey
7	Dampfbremse (sd=20m)	130	2300	2,3	0,001	Blue
8	Weichholz	400	1500	0,09	0,1	Orange
9	Luftschicht 20 mm	1,3	1000	0,13	0,02	Cyan
10	FERMACELL Gipsfaser-Platte	1153	1200	0,32	0,015	Grey

Schicht 3, Luftschicht 80 mm, Luftwechsel Quelle

Luftwechselquelle	Konstanter Wert
Luftwechselrate	[1/h] 4
Luftgemisch mit	Außen

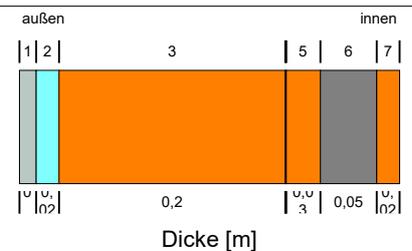
**Konstruktion (Id.6): Innendecke**

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 4,493 m²K/W (ohne Rsi,Rse)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,21 W/m²K

Dicke: 0,336 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	$\rho$ [kg/m³]	c [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	FERMACELL Gipsfaser-Platte	1153	1200	0,32	0,015	Grey
2	Luftschicht 20 mm	1,3	1000	0,13	0,02	Cyan
3	Weichholz	400	1500	0,09	0,2	Orange
4	Baupapier (60 min.)	280	1500	12	0,001	Dark Red
5	Holzfaserplatte	300	1500	0,05	0,03	Orange
6	POROTON-WDF Perlitefüllung	146,7	767	0,038	0,05	Grey
7	Hartholz	650	1500	0,13	0,02	Orange

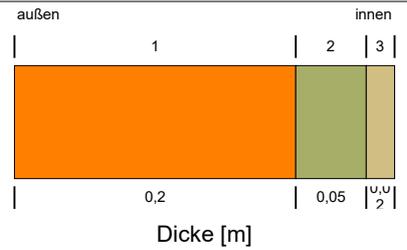
**Konstruktion (Id.3): Außenwand 20cm+Innendämmung**

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 3,076 m<sup>2</sup>K/W (ohne R<sub>si</sub>,R<sub>se</sub>)

Wärmedurchgangskoeffizient( U-Wert): 0,31 W/m<sup>2</sup>K

Dicke: 0,27 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Fichte radial	455	1500	0,09	0,2	Orange
2	Schilfdämmplatten	50	1600	0,061	0,05	Grün
3	Lehmputz	1514	1000	0,59	0,02	Beige