



Masterarbeit

**ENERGIECONTROLLING UND -ANALYSE AN BEISPIEL EINER
NIEDRIGENERGIE- UND PASSIVHAUSWOHNANLAGE**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplomingenieurs
der Studienrichtung Konstruktiver Ingenieurbau – Bauingenieurwissenschaften

unter der Leitung von

Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch
Institut für Hochbau

betreut von

Dipl.-Ing. Heinz Ferik

eingereicht an der Technische Universität Graz

Fakultät für Bauingenieurwissenschaften

verfasst von

Irma Telalović, BSc

Graz, am November 2015

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....

date

.....

(signature)

DANKSAGUNG

*„Sieh nicht den Gipfel nur,
sieh Stufen auch nur auf diesen wird jener erreicht“*

(Brunn)

Zunächst gebührt mein herzlicher Dank meiner lieben Familie, insbesondere meinen Eltern Sabina und Dževad Telalović sowie meiner Schwester Ensara Telalović, ohne die diese Arbeit schon im Vorhinein niemals zustande gekommen wäre, die zu jeder Zeit an mich geglaubt haben und die mich nicht nur auf dieser Reise, sondern immer schon mit liebevoller Fürsorglichkeit und beträchtlicher Geduld auf dem richtigen Weg gehalten und unterstützt haben.

Ein liebevolles Dankeschön gilt auch meinem Lebensgefährten Fahrudin, der mich wie meine Familie ermutigt und mit viel Geduld moralisch unterstützt hat. Er zeigte in den letzten Jahren und Monaten nicht nur Verständnis, sondern hatte auch immer aufheiternde Worte bereit, um mich zu motivieren.

Mein Dank geht auch an Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch, Leiter des Instituts für Hochbau der mir erste Einblicke in die Thematik Hochbau und Bauphysik bot und mich dafür begeistern konnte.

Ganz besonders möchte ich mich hiermit bei Herrn DI Heinz Ferk vom Labor für Bauphysik der Technischen Universität Graz bedanken, der es mir ermöglicht hat, diese Arbeit zu verfassen und der mir während des Schaffungsprozesses mit seiner fachlichen Betreuung zur Seite gestanden hat. Dank seiner herausragenden Expertise konnte er mich immer wieder in meiner Recherche und bei meinen Fragen unterstützen. Vielen Dank für die Zeit und Mühe, die Sie in meine Arbeit investiert haben. Sie haben mich dazu gebracht, über meine Grenzen hinauszuwachsen.

Ich möchte mich auch bei Herrn Ing. Christopher Leh vom Labor für Bauphysik bedanken, welcher mich unterstützt und beraten hat. Herzlichen Dank für die interessanten Debatten und die gute Zusammenarbeit, insbesondere möchte ich mich aber für die Bereitstellung der aufgezeichneten Messdaten bedanken, die die messtechnische Begleitungsuntersuchung für das Forschungsprojekt durchgeführt hat.

Einen aufrichtigen Dank möchte ich auch Frau Tuna aussprechen, die mir durch Ihren Einsatz und Ihre Bemühung eine fristgerechte Einreichung ermöglicht hat.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn DI Markus Kozak und der Fa. VATTER & Partner ZT-GmbH bedanken, da sie mein Interesse an der Bauphysik geweckt haben und mir damit den Einstieg in die praktische Erfahrung ermöglicht haben. Auf diesem Wege konnte ich auch meine fachlichen Kompetenzen erweitern und eine erste Einsicht in die Thematik erhalten.

Abschließend möchte ich mich auch bei meinen Freunden bedanken, die mich meine gesamte Studienzeit hindurch begleitet und immer wieder für positive Ablenkung gesorgt haben.

KURZFASSUNG

Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit sind die Wichtigkeit der Ressourcenschonung und der technischen Möglichkeiten, die die energetischen Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden immer weiter steigen lassen. Es stellt sich die Frage nach den wesentlichen Aspekten des Bauens, der Rolle der Energieeinsparung im künftigen Bauen und nicht zuletzt, ob die prognostizierten Anforderungen an das energietechnische Verhalten, die Behaglichkeit und den Gesundheitsschutz unterstützen.

Das Energiecontrolling und die -analyse sind zentrale Elemente dieser Masterarbeit, zumal das energietechnische Verhalten am Beispiel einer bestehenden Niedrigenergie- und Passivhaus-Wohnanlage untersucht wird, indem die prognostizierten Ansätze den tatsächlichen gegenübergestellt werden.

Es werden wesentliche Einflüsse auf den Energiebedarf und -verbrauch sowie der Niedrigenergie- und Passivhaus-Standard erläutert. Nachfolgend werden zwei Gebäude die unterschiedliche Baustandards aufweisen sowie jeweils zwei Wohnungen dieser Bauten untersucht.

Anschließend folgen die durchgeführten Auswertungen anhand der beigegebenen Unterlagen, die zur Berechnung neu bearbeitet und teilweise ergänzt wurden. Ebenso wurden jene Richtlinien und Normen herangezogen, die zum Zeitpunkt der Einreichung der Bauprojekte in Kraft waren. Die Analyse der beiden Gebäude sowie zweier darin befindlicher Wohnungen stützt sich auf Daten, die im Zuge eines vom Labor für Bauphysik der Technischen Universität Graz durchgeführten Forschungsprojekts aufgezeichnet wurden. Diese Daten wurden analysiert, um anschließend eine Gegenüberstellung der berechneten, der aus der Abrechnung ermittelten und der gemessenen Werte anzustellen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass im Vergleich zum NEH1, im PH keine wesentlichen bzw. nur geringfügige Einsparungen erzielt werden und dass es empfehlenswert ist, die Ursachen dafür, die vor allem im Bereich der Anlagentechnik zu finden sein dürften, detaillierter zu betrachten.

Die Auswertungen und die Erkenntnisse aus dieser Arbeit sollen dazu beitragen, die weitere Forschung und Entwicklung in Bezug auf zukünftige Bauten voranzutreiben. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf Aspekten wie der Ökologie, Ressourcenschonung, Energieeffizienz und dem Wohlergehen sowie dem Gesundheitsschutz der Nutzer. Dieses gilt es zu optimieren und notwendige Neukonzeptionen entsprechend umzusetzen.

ABSTRACT

The importance of conserving resources and the ever evolving technical possibilities continuously increasing requirements to the thermal insulation of buildings, are at the basis of this thesis. Thus, this thesis raises the question of essential aspects of construction, their role of energy conservation in future buildings and whether the predicted requirements for the building's energy-related behavior support comfort and sanitary protection.

Energy monitoring and analysis are also central elements of this thesis, as the energetic behavior of an existing low-energy and passive house are investigated within the scope of an comparison of the expected and the actual data.

Firstly, significant influences on the energy demand and consumption as well as the low-energy and passive house standards are explained. Secondly, two buildings manifesting different construction standards as well as two apartments per building are analyzed.

The subsequently conduct evaluations are based on provided data that was revised for calculation and partly complemented. Likewise, it draws upon those guidelines and standards that were in force when the construction projects were submitted. The analysis of the two buildings and two apartments located therein is based on data that has been recorded in the course of a research project conducted by the laboratory for Building Physics of the Technical University Graz. These data were analyzed in order to make a comparison of the calculated values, the values determined from the operational cost account and the measured ones.

The results of this study show that compared to the low-energy house, the passive house achieves no significant or only minor savings and that it is advisable to analyze the causes which are expected to be found mainly in the field of building services engineering in more detail.

The evaluations and the findings from this study should contribute to promote further research and development of future buildings. The main focus lies on aspects such as ecology, resource conservation, energy efficiency and the well-being as well as the health of residents. These aspects need to be optimized and therefore, new concepts have to be accordingly implemented.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG	1
2.	GRUNDLAGEN.....	3
2.1	WESENTLICHE EINFLÜSSE AUF DEN ENERGIEBEDARF UND ENERGIEVERBRAUCH	3
2.1.1	KLIMA.....	3
2.1.1.1	STANDORT UND TEMPERATUR.....	3
2.1.1.2	GLOBALSTRAHLUNG	4
2.1.1.3	WIND	5
2.1.2	GEBÄUDE	6
2.1.2.1	GEBÄUDEAUSRICHTUNG UND ZONIERUNG [24].....	6
2.1.2.2	KOMPAKTHEIT DES GEBÄUDES.....	7
2.1.2.3	DICHTHEIT DES GEBÄUDES [5]	8
2.1.2.4	WÄRMEVERLUSTE DES GEBÄUDES [31, 32]	10
2.1.2.4.1	TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUSTE VON BAUTEILEN	10
2.1.2.4.2	LÜFTUNGSVERLUSTE	11
2.1.2.4.3	STRAHLUNGSVERLUSTE	13
2.1.2.5	WÄRMEBRÜCKENMINIMIERUNG [11, 31].....	13
2.1.2.6	SONNENSCHUTZ.....	15
2.1.3	NUTZERVERHALTEN	15
2.2	BAUSTANDARDS	16
2.2.1	NIEDRIGENERGIEHAUS	16
2.2.1.1	ENTWICKLUNG [6].....	16
2.2.1.2	DEFINITION	16
2.2.1.3	GRENZWERTE UND VORAUSSETZUNGEN.....	17
2.2.1.4	BERECHNUNGSVERFAHREN.....	18
2.2.1.5	KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN [1, 6]	18
2.2.1.5.1	NIEDRIGENERGIEHAUSBAUKÖRPER.....	18
2.2.1.5.2	GEBÄUDEHÜLLE.....	18
2.2.1.5.3	GEBÄUDETECHNIK	19
2.2.2	PASSIVHAUS [7, 29].....	19
2.2.2.1	ENTWICKLUNG.....	20
2.2.2.2	DEFINITION	20
2.2.2.3	GRENZWERTE UND VORAUSSETZUNGEN.....	20
2.2.2.4	BERECHNUNGSVERFAHREN.....	21
2.2.2.5	KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN.....	21

2.2.2.5.1	PASSIVHAUSBAUKÖRPER.....	22
2.2.2.5.2	GEBÄUDEHÜLLE.....	22
2.2.2.5.3	GEBÄUDETECHNIK.....	22
2.2.3	GEGENÜBERSTELLUNG NIEDRIGENERGIEHAUS UND PASSIVHAUS.....	24
2.2.4	EINIGE ASPEKTE IN DER GEGENÜBERSTELLUNG DER BERECHNUNGSMETHODEN.....	25
3.	PROJEKTBSCHREIBUNG	29
4.	BESCHREIBUNG DER GEBÄUDE	31
4.1	ANMERKUNGEN ZU DEN VORLIEGENDEN BZW. VORHERIGEN UNTERLAGEN.....	31
4.1.1	BAUTEILE.....	32
4.1.1.1	NEH1.....	32
4.1.1.2	PH.....	32
4.1.2	FENSTER.....	32
4.1.2.1	NEH1.....	32
4.1.2.2	PH.....	33
4.1.3	DETAILS.....	33
4.1.3.1	NEH1.....	33
4.1.3.2	PH.....	33
4.1.4	GEBÄUDETECHNIK.....	33
4.2	OBJEKTKENNDATEN DER UNTERSUCHTEN GEBÄUDE.....	33
4.2.1	NIEDRIGENERGIEHAUS NEH1.....	33
4.2.1.1	BAUKONZEPT.....	33
4.2.1.2	GEBÄUDEHÜLLE.....	34
4.2.2	PASSIVHAUS PH.....	36
4.2.2.1	BAUKONZEPT.....	36
4.2.2.2	GEBÄUDEHÜLLE.....	36
4.2.3	GEBÄUDETECHNIK.....	37
4.2.3.1	LÜFTUNGSKONZEPT.....	38
4.2.3.2	SOLARANLAGE.....	39
5.	ENERGIETECHNISCHE ANALYSE.....	41
5.1	PLANUNGSKENNWERTE UND RANDBEDINGUNGEN.....	41
5.1.1	NEH1.....	41
5.1.2	PH.....	43
5.2	BERECHNUNGEN.....	45
5.2.1	DARSTELLUNG DER BEIDEN BAUKONZEPTE IM DETAIL.....	45
5.2.1.1	BAUTEILE.....	45
5.2.1.2	WÄRMEBRÜCKEN.....	49
5.2.1.2.1	GRUNDLAGE FÜR DIE BERECHNUNG DER WÄRMEBRÜCKEN.....	49

5.2.1.2.2	BERÜCKSICHTIGUNG DER WÄRMEBRÜCKEN	49
5.2.1.2.3	BESCHREIBUNG DER AUSWERTUNG	51
5.2.1.3	HEIZWÄRMEBEDARF	55
5.2.1.3.1	AUSWIRKUNG DER WÄRMEBRÜCKEN AUF DEN HEIZWÄRMEBEDARF	56
5.2.1.3.2	ZUSAMMENSTELLUNG ERRECHNETER UND BEIGESTELLTER HEIZWÄRMEBEDARF	58
5.2.2	DARSTELLUNG DER 4 UNTERSUCHTEN WOHNUNGEN.....	59
5.2.2.1	HEIZWÄRMEBEDARF	59
5.2.2.2	SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ.....	60
5.2.2.2.1	ANFORDERUNGEN [21]	60
5.2.2.2.2	BETRACHTETE RÄUME	62
5.2.2.2.3	AUSWERTUNGEN	62
5.3	ÜBERBLICK ÜBER DIE BERECHNUNGEN.....	68
6.	GEGENÜBERSTELLUNG DER BERECHNETEN, DER AUS ABRECHNUNG ERMITTELTEN UND DER GEMESSENEN WERTE	69
6.1	VORGANGSWEISE	69
6.2	ANMERKUNGEN ZU DEN DATENQUELLEN	69
6.2.1	WÄRMEEINTRAG	70
6.2.1.1	DATEN LAUT ABRECHNUNG	70
6.2.1.2	GEMESSENE DATEN	70
6.2.2	STROMVERBRAUCHSDATEN.....	71
6.2.2.1	DATEN LAUT ABRECHNUNG	71
6.2.2.2	GEMESSENE DATEN	72
6.2.3	ENERGIEERTRAG SOLARANLAGE	72
6.3	ERGEBNISDARSTELLUNG	73
6.3.1	HEIZWÄRMEBEDARF UND HEIZWÄRMEVERBRAUCH.....	73
6.3.2	WARMWASSERWÄRMEBEDARF UND WARMWASSERWÄRMEVERBRAUCH.....	74
6.3.3	HAUSHALTSSTROMBEDARF UND HAUSHALTSSTROMVERBRAUCH	76
6.3.4	ENDENERGIEBEDARF UND ENERGIEVERBRAUCH	77
6.4	ÜBERBLICK DER GEGENÜBERSTELLUNG DER GERECHNETEN, AUS DER ABRECHNUNG ERMITTELTEN UND GEMESSENEN WERTE.....	79
6.4.1	GEBÄUDE	79
6.4.2	BETRACHTETE WOHNUNGEN.....	80
7.	ERRICHTUNGS- UND ERHALTUNGSKOSTEN.....	81
7.1	ERRICHTUNGSKOSTEN.....	81
7.2	BETRIEBSKOSTEN.....	81
7.2.1	GRUNDLAGEN.....	81
7.2.2	GEBÄUDE	82
7.2.3	UNTERSUCHTEN WOHNUNGEN	84
7.2.4	BETRIEBSKOSTENPOSITIONEN	86

7.3	HEIZ- UND WARMWASSERKOSTEN	86
7.3.1	GEBÄUDE NIEDRIGENERGIE- UND PASSIVHAUS	86
7.3.2	UNTERSUCHTEN WOHNUNGEN	87
7.4	STROMVERBRAUCH.....	88
7.4.1	GEBÄUDE NIEDRIGENERGIE- UND PASSIVHAUS	88
8.	RESÜMEE UND EMPFEHLUNGEN.....	89
8.1	GEBÄUDEHÜLLE.....	90
8.2	GEBÄUDETECHNIK	90
8.2.1	KONTROLLIERTE WOHNRAUMLÜFTUNG	91
8.3	WIRTSCHAFTLICHKEIT	94
8.4	NUTZERABHÄNGIGES VERHALTEN	94
9.	LITERATURVERZEICHNIS.....	97
10.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	100
11.	DIAGRAMMVERZEICHNIS.....	101
12.	TABELLENVERZEICHNIS.....	102
13.	FORMELVERZEICHNIS.....	104
14.	INTERNETQUELLEN	105
15.	VERWENDETE PROGRAMME	106
16.	BEILAGENVERZEICHNIS	107

1. EINLEITUNG

Angesichts der Wichtigkeit der Ressourcenschonung und fortschreitenden Entwicklung der technischen Möglichkeiten steigen die energetischen Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden immer weiter. Auf europäischer Ebene stellt die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden das Hauptinstrument zur Verbesserung der Energieeffizienz auf Grundlage des Gebäudebestands und des Neubaus dar.

Implementierung der EU-Richtlinie [2, 3]

Aufgrund der europäischen Richtlinie (Mai 2010) wurden die Anforderungen vor allem an Neubauten beispielsweise hinsichtlich des Mindestwärmeschutzes um durchschnittlich 20% angehoben. Ebenso soll der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf ab dem 1. Januar 2016 um 25% sinken. Ziele der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/31/EU zur Energieeffizienz ist, in der Zukunft umweltfreundliches Bauen bei geringen Energieeinsatz sicherzustellen.

Den europäischen Vorgaben nach müssen ab 2021 sämtliche Neubauten dem Niedrigstenergiegebäudestandard entsprechen. Dieser Standard sieht den Einsatz dezentraler erneuerbarer Energieträger vor und setzt allgemein einen hohen Energieeffizienzstandard voraus.

Baustandard

Niedrigenergiehäuser zählen allmählich zum Standard und Passivhäuser werden in Hinblick auf die Wärmedämmung Maßstab sein. Um den höher werdenden Ansprüchen an die Energieeffizienz zu entsprechen, müssen die Einflüsse auf den Energiebedarf und Energieverbrauch eingehend analysiert und untersucht werden, um anschließend notwendige Neukonzeptionen umsetzen zu können.

Energiecontrolling und -analyse

Energiecontrolling und -analyse verfolgen systematisch das energietechnische Verhalten von Gebäuden und liefern detaillierte Kenntnisse über die Energieverbrauchskennzahlen, -werte und -kosten. Auf Basis einer Datenerfassung werden Energieverbräuche und Klimadaten eruiert, prognostizierte Ansätze mit tatsächlichen verglichen, die Wirtschaftlichkeit von energieeffizienten Maßnahmen beurteilt und geeignete Optimierungsmaßnahmen erarbeitet.

Das Energiecontrolling und die -analyse sind zentrale Elemente dieser Masterarbeit, zumal das energietechnische Verhalten am Beispiel einer bestehenden Niedrigenergie- und Passivhauswohnanlage untersucht wird, indem die prognostizierten Ansätze den tatsächlichen gegenübergestellt werden. Die Auswertungen und die Erkenntnisse aus dieser Arbeit sollen dazu beitragen, die weitere Forschung und Entwicklung in Bezug auf zukünftige Bauten voranzutreiben.

2. GRUNDLAGEN

2.1 WESENTLICHE EINFLÜSSE AUF DEN ENERGIEBEDARF UND ENERGIEVERBRAUCH

Für die Errichtung und die Betriebsamkeit bis hin zum Rückbau eines Gebäudes wird Energie benötigt. Dabei gilt es im Sinne einer Reduktion der Umweltverschmutzung sowie der Schonung der verfügbaren Ressourcen, diese rationell einzusetzen. Für das Wohlbefinden der Menschen in den Gebäuden und für einen derartig sparsamen Umgang mit Energie sind Fachkenntnisse bezüglich der Energieeinflüsse bei einem Bauvorhaben unabdingbar und von großer Bedeutung. Die Qualität eines Gebäudes wird heute vorrangig über den Energieverbrauch bewertet, wobei angemerkt werden soll, dass letztlich nur eine umfassende Betrachtung aller Aspekte tatsächlich Ressourcenschonend sein kann.

2.1.1 KLIMA

2.1.1.1 STANDORT UND TEMPERATUR

Ein wesentlicher Aspekt für den Energieverbrauch eines Gebäudes ist das Klima bzw. der Standort. Für die Berechnung des Energieverbrauches sind die Heizgradtage (HGT) von entscheidender Bedeutung.

Diese Heizgradtage $HGT_{20/12}$ sind die über alle Heiztage der Heizzeit im Jahr gebildete Summe der täglich ermittelten Grad-Differenz zwischen der mittleren Innen- bzw. Raumlufttemperatur T_i und dem Tagesmittel der Außentemperatur T_a . Die $HGT_{20/12}$ beziehen sich prinzipiell auf eine Heizgrenztemperatur von $+12^\circ\text{C}$ und einer Innen- bzw. Raumlufttemperatur von $+20^\circ\text{C}$ [32].

[20] Die HGT sind in der ÖNORM B 8110-5:2011 festgelegt und werden gemäß folgender Formel berechnet:

Formel 1 Heizgradtage Berechnung

$$HGT_{20/12} = \sum_i (\theta_{i,h} - \theta_{e,i}) \cdot d_i$$

$HGT_{20/12}$... Heizgradtage, in Kd/a

$\theta_{i,h}$... mittlere Innentemperatur gemäß Tabelle 2 in ÖNorm B 8110-5 oder detaillierter in der ÖNorm M 7500:2006 gemäß Tabelle 1, in $^\circ\text{C}$

$\theta_{e,i}$... mittlere Außentemperatur im jeweiligen Monat, in $^\circ\text{C}$

d_i ... Monatstage, wenn $<12^\circ\text{C}$, in d

HGT umgerechnet für die Standorte:

- Altlichtenwarth Seehöhe 226m → 3518,37 HGT
- Hochsölden Seehöhe 2090m → 7093,62 HGT

Aus dieser Berechnung folgt, dass im Ort Hochsölden zweimal so viel geheizt werden muss wie in Altlichtenwarth. Denn je größer die Anzahl der Heizgradtage, desto kälter ist es im Jahresschnitt und wird mehr Heizenergie benötigt bzw. verbraucht. Je größer der Temperaturunterschied zwischen der Innenraum- und Außentemperatur ist, desto größere Wärmeverluste sind zu erwarten.

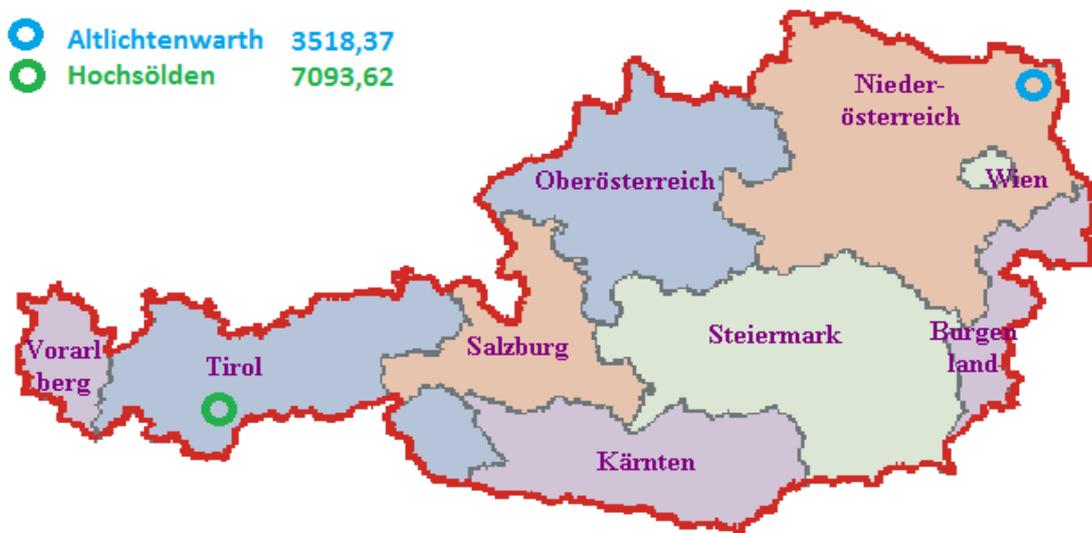


Abbildung 1 Heizgradtage in Österreich für Altlichtenwarth und Hochsölden (Quelle¹)

2.1.1.2 GLOBALSTRAHLUNG

[8, 31] Die Globalstrahlung ist die Summe der direkten Solarstrahlung und der diffusen Himmelsstrahlung, die an der Erdoberfläche ankommt. Die Solarenergie kann passiv mit Hilfe der Absorption kurzwelliger Solarstrahlung nach dem Durchgang durch die transparente Bauteile der Gebäudehülle im Inneren eines Gebäudes sowie an den Außenbauteilen von Gebäuden genutzt werden. Die absorbierte Energie erwärmt die jeweiligen Bauteile, die über Konvektion und langwellige Strahlung die Energie wiederum an die Umgebung abgeben.

Die Vorteile der Nutzung von Sonnenenergie:

- erneuerbare bzw. natürliche Energiequelle (solare Gewinne),
- unbegrenzt verfügbar

Die Nachteile der Nutzung von Sonnenenergie:

¹ Quelle: <http://www.kidsnet.at/llaender/oesterreich.htm>

- abhängig von den klimatischen Bedingungen (Standort, Wettergegebenheiten),
- keine konstante Versorgung möglich

Durch die Globaleinstrahlung können solare Gewinne folgendermaßen erzielt werden:

- transparente Bauteile (Fenster und Fenstertüren),
- Absorption auf die Gebäudehülle (opaken Bauteile),
- transluzente Bauteile (Wärmedämmung),
- transparente Glasvorbauten (Wintergarten).

Die wichtigsten Kennzahlen der Nutzung der passiven Sonnenenergie sind unter anderem:

- Strahlungsmissionsgrad oder Transmissionskoeffizient (Anteil der auftretenden Globalstrahlung über transparente oder transluzente Bauteile, der in den Innenraum des Gebäudes gelangt),
- Strahlungsanteil über den Energiedurchlassgrad (g-Wert) der transparenten Bauteile,
- Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Bauteile,
- sekundäre Wärmeabgabe (abgegebene langwellige Strahlung der Global- oder Solarstrahlung über die Absorption der Bauteile und der Konvektion),
- transparente Vorbauten,
- Verschattung (Regelung der solaren Einträge),
- solarthermische Wärmenutzung (Solarsysteme wie beispielsweise Kollektoren).

2.1.1.3 WIND

[5] Witterungsfaktoren, die meist einen ungünstigen Einfluss auf den Energieverbrauch des Gebäudes haben, sind bewegliche Luft bzw. Wind und Regen. Der Windanfall auf das Gebäude übt lokale Druckdifferenzen aus. Auf der dem Wind zugewandten Seite ein Überdruck und auf der dem Wind abgewandten Seite sowohl auch am Dach ein Unterdruck bzw. Sog.

[10, 33] Je größer die Undichtheit des Gebäudes, desto größer ist der negative Einfluss, den die Windlast auf den Energieverbrauch hat. Der Einfluss der Windlast und der Windrichtung auf die Gebäudehülle beeinflussen die Temperaturdifferenz und führen somit dazu, dass die Energiekosten je nach Lage in etwa in den unten angeführten Verhältnissen zu- oder abnehmen:

- freie Lage (kein Windschutz) 100%;

- exponierte Lage (Berg, ländlicher Bereich) bis zu 200%. Doppelt so hoch, als in einer freien Lage;
- geschützte Lage (Stadtkern, Tal) 50%.

In einer exponierten Lage bzw. an windigen Standorten wird das Gebäude durch die vorbeiströmende, kalte Luft schneller auskühlen als an windgeschützten Standorten. Bei exponierter Lage können die Wärmeverluste zum Beispiel mit Hilfe einer kompakten Bauweise, kleiner Angriffsflächen (Gebäudehülle), geneigter Dächer, einer 45° Drehung der Baukörper zur (winterlichen) Hauptwindrichtung oder Topografie (z. B. Hügel, Wälder usw.) verringert werden.

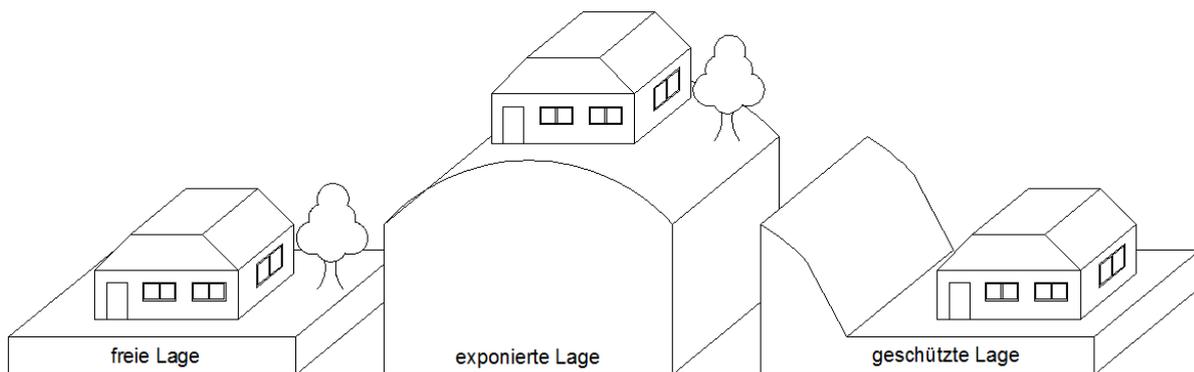


Abbildung 2 freie, exponierte und geschützte Lage

2.1.2 GEBÄUDE

2.1.2.1 GEBÄUDEAUSRICHTUNG UND ZONIERUNG [24]

Im Rahmen der Reduzierung der Heizenergie spielen die Ausrichtung der Fenster und die Sonnenschutzeinrichtung eine wichtige Rolle.

Folgende Kriterien können dazu beitragen die solaren Wärmegewinne zu erhöhen bzw. Wärmeverluste zu verringern:

- Ausrichtung von Aufenthaltsräumen und Räumen mit erhöhtem Wärmebedarf sollen nach Süden, Westen oder Osten, niedertemperierter Räume nach Norden situiert werden (gemäß dem Prinzip der linearen Zonierung);
- Errichtung großflächiger Südfassaden mit größeren Fensterflächenanteilen, während die Nordfassade samt ihrer Fensterflächen so gering als möglich zu planen ist (auf die Vermeidung sommerlicher Überwärmung ist dabei besonders Rücksicht zu nehmen);
- Gebäudefassaden in Städten, die passive Sonnenenergie nutzen, sind in der kalten Jahreszeit möglichst beschattungsfrei zu halten.

- Weiteres sollten hohe Gebäude in den oberen Geschossen abgestuft und das Gebäude in Nutzungszonen gegliedert werden. Diese Aufteilung in Zonen sollte von unten nach oben wie folgt erfolgen:
 - Verkaufs-, Geschäftsstätten, Gastronomie,
 - Büroflächen,
 - Wohnflächen;
- Nutzung zusätzlicher Reflexionsstrahlung durch das Anlegen heller, diffus reflektierender Oberflächen um das Gebäude;
- Anlegen möglichst großer speicherfähiger Flächen im Inneren des Gebäudes, die die Sonnenstrahlen direkt erfassen und erwärmen können, wobei darauf zu achten ist, dass die Speichermasse in Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz auch in Anhängigkeit der kühlungswirksamen Lüftung ausgelegt wird;
- Anbringen vorgesetzter Pufferräume auf der Außenseite der Gebäudehülle.

2.1.2.2 KOMPAKTHEIT DES GEBÄUDES

Die Kompaktheit des Gebäudes wird durch das Verhältnis der Oberflächen zum Volumen (A/V-Verhältnis) beschrieben. Das A/V-Verhältnis ist die wärmeabgebende Hüllfläche der außenliegenden Bauteile dividiert durch das davon umschlossene, beheizte Gebäudevolumen.[19]

Kompakt bauen heißt, Wohnfläche und Wohnraum mit einem Minimum an wärmeabgebender Hüllfläche bereitzustellen.

Welche Auswirkung die Gebäudeform auf das A/V-Verhältnis hat, ist in Abbildung 3 beispielhaft ersichtlich.



Abbildung 3 A/V-Verhältnisse für verschiedene Gebäudetypen

Jegliche Erhöhung der wärmeabgebenden Außenflächen im Verhältnis zum beheizten Gebäudevolumen führt zu erhöhten Baukosten und in weiterer Folge zu höheren Wärmeverlusten. Anzumerken ist aber auch, dass die Oberflächen naturgemäß auch andere Funktionen zu erfüllen haben und z. B. ein Dach kostengünstiger zu dämmen ist, als eine Fassade.

2.1.2.3 DICHTHEIT DES GEBÄUDES [5]

Die Bedeutung einer luftdichten Gebäudehülle ist nicht zu unterschätzen, da sie bei folgenden Faktoren äußerst förderlich sein kann:

- Reduzierung des Heizenergieverbrauchs im Winter,
- Reduzierung der Transmissions- und Infiltrationsverluste (siehe 2.1.2.4),

- behagliche Raumlufttemperatur (Vermeidung der Überwärmung im Sommer und starken Zugscheinungen in der Heizperiode),
- hygienischer Wärmeschutz bzw. Vermeidung von baukonstruktiven Schäden, Vermeidung von Tauwasser in den Konstruktionen und Vorbeugung von Schimmelbildung,
- Verbesserung der Luft- und Wohnqualität,
- verbesserter Schallschutz.

REDUZIERUNG DES HEIZENERGIEVERBRAUCHS IM WINTER

Der thermische Auftrieb fördert aufgrund des großen Temperaturunterschiedes zwischen Gebäudeinnerem und Umgebung den Luftaustausch. Um ein angenehmes Wohnklima zu ermöglichen, muss die nachströmende kalte Luft erwärmt werden. Je größer nun der Temperaturunterschied zwischen der Innenluft- und der Außenlufttemperatur ist, desto mehr Heizenergie wird benötigt, um das Gebäude auf +20°C zu erwärmen.

REDUZIERUNG DER TRANSMISSIONS- UND INFILTRATIONSVERLUSTE

Die Transmissions- und Infiltrationsverluste werden in Kapitel 2.1.2.4 näher erläutert.

BEHAGLICHE RAUMTEMPERATUR

Je größer die Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, umso mehr Außenluft strömt hindurch und führt dazu, dass die Innenlufttemperatur abgekühlt oder erwärmt wird.

HYGIENISCHER WÄRMESCHUTZ BZW. VERMEIDUNG VON BAUKONSTRUKTIVEN SCHÄDEN

Die Gebäudedichtheit ist entscheidend für die Vermeidung von baukonstruktiven Schäden wie beispielsweise Tauwasser in den Konstruktionen und für die Vorbeugung von Schimmelbildung.

VERBESSERUNG DER LUFTQUALITÄT UND DER WOHNQUALITÄT

Ebenso hilfreich ist eine luftdichte Hülle für jede einzelnen Wohnungen bei der Vermeidung von „schlechter“ Luft. Denn durch die Undichtigkeiten kann auch unerwünschte Schadstoffzufuhr aus dem angrenzenden Wohnungen erfolgen.

VERBESSERTER SCHALLSCHUTZ

Durch eine undichte Gebäudehülle wird aber auch die Lärmbelastung für die Bewohner größer. Denn Schall von außen kann sich durch offene Fugen und Ritzen ausbreiten.

2.1.2.4 WÄRMEVERLUSTE DES GEBÄUDES [31, 32]

Die Wärmeverluste des Gebäudes sind auf die Gebäudeundichtheit zurückzuführen. Die Gesamtwärmeverluste eines Gebäudes entsprechen der Summe seiner Transmissions- und Lüftungs- sowie seiner Strahlungsverluste.

2.1.2.4.1 TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUSTE VON BAUTEILEN

Die Transmissionswärmeverluste eines Gebäudes sind jene Wärmeverluste, die durch die Wärmeleitfähigkeit der außenliegenden wärmeabgebenden Bauteile des Gebäudes entstehen.

Der Transmissionswärmeverlust [W] der Hüllfläche eines Gebäudes wird gebildet aus der Summe der einzelnen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert [W/m²·K] der Bauteile), der jeweiligen Raumumschließungsfläche A [m²] und der anliegenden Temperaturdifferenz ΔT [K]. [32]

Formel 2 Transmissionsverluste

$$Q_T = \sum (U \cdot A \cdot \Delta T) [W]$$

U ... Wärmestrom [W/m²·K]

A ... Raumumschließungsfläche [m²]

ΔT ... Temperaturdifferenz [K]

Transmissionsverluste lassen sich nicht zur Gänze vermeiden, können aber durch eine Optimierung der

- Wärmeleitung

effiziente Dämmung der Gebäudehülle bzw. Schaffung geringer Wärmedurchgangskoeffizienten, des U-Werts [W/m²·K] der Bauteile sind wichtig, denn kleine stoffbezogene Wärmeleitfähigkeit und größere Bauteilschichten führen zu einer Reduktion des Wärmestroms.

Wärmebrücken minimieren,

- Wärmestrahlung

durch niedrigeren Emissionsgrad ε (reflektierende Oberflächen).

– Konvektion

durch einen luftevakuierten Raum, nicht-permeablen Festkörper oder Isolatoren wie vakuumierte Baustoffe (Vakuumdämmung, vakuumierte Paneele).

reduziert werden und somit den Heizwärmebedarf verringern.

2.1.2.4.2 LÜFTUNGSVERLUSTE

Die Lüftungsverluste setzen sich aus freier Lüftung (Fensterlüftung) und Infiltration zusammen.

Die Infiltrationsverluste entstehen durch einen Luftvolumenstrom, der durch Undichtheiten an der Gebäudehülle, Fenstern und Türen entsteht. Der Luftaustausch bringt die Infiltration bzw. die nachströmende frische Außenluft, dringt in das Gebäude und kühlt in der kalten Jahreszeit die Räume ab. In weiterer Folge kommt es zur Exfiltration und die warme Innenluft entweicht über die Undichtheiten der Gebäudehülle. Dies kann nicht vermieden werden, da die Luftqualität im Bezug auf die maximale erlaubte Kohlenstoffdioxid- (CO_2 -Gehalt der Luft), Schadstoff- und Feuchteabfuhr (relative Luftfeuchte) aufrecht erhalten werden muss. Dementsprechend ist ein Luftaustausch notwendig.

Der Lüftungswärmeverlust [W] eines Gebäudes ist das Produkt der spezifischen Wärmekapazität c_{pL} [J/m³K bzw. Wh/m³K] der Luft, der ausgewechselten Luftmenge \dot{V} [m³/h] und der Temperaturdifferenz ΔT [K] [32].

Formel 3 Lüftungswärmeverluste

$$Q_L = c_{pL} \cdot \dot{V} \cdot \Delta T \equiv 0,34 \cdot V \cdot \Delta T \text{ [W]}$$

c_{pL} ... spezifische Wärmekapazität [J/m³K bzw. Wh/m³K] der Luft

\dot{V} ... Luftvolumenstrom [m³/h]

ΔT ... Temperaturdifferenz [K]

Der erforderliche Außenluftvolumenstrom \dot{V}_{Luft} [m³/h] wird über die Luftwechselzahl n [1/h] und das Raumvolumen V [m³] bestimmt [32].

Formel 4 Außenluftvolumenstrom

$$\dot{V}_{\text{Luft}} = n \cdot V \text{ [m}^3\text{/h]}$$

\dot{V}_{Luft} ... Luftvolumenstrom [m³/h]

n ... Luftwechselzahl n [1/h]

V ... Raumvolumen V [m³]

Der Anteil der Transmissionsverluste ist im Vergleich zum Anteil der Lüftungs- und Infiltrationsverluste beträchtlich. Aus diesem Grund ist eine kontrollierte Lüftung nur dann effizient, wenn die Transmissionsverluste mit entsprechenden Maßnahmen reduziert werden können und der Anteil der Lüftungsverluste durch Infiltration ebenfalls geringer wird.

2.1.2.4.3 STRAHLUNGSVERLUSTE

Strahlung ist eine Form der Wärmeenergie. Jeder Körper mit einer Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts (-273,15°C bzw. 1K) strahlt Wärme aus bzw. gibt Infrarotstrahlen (IR-Strahlung) ab. Die Infrarotstrahlen werden von der Gebäudehülle absorbiert und von den transparenten Bauteilen in Abhängigkeit des Gesamtenergiedurchlassgrades, des g-Werts [%], hinein gelassen.

Strahlungsverluste werden unter Anderem reduziert durch:

- einen geringen Wärmedurchgangskoeffizienten, d. h. den U-Wert [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$] der Bauteile,
- eine Bedampfung (reflektierende Beschichtung) der transparenten Bauteile und
- einen niedrigeren Emissionsgrad ϵ (reflektierende Oberflächen).

2.1.2.5 WÄRMEBRÜCKENMINIMIERUNG [11, 31]

Wärmebrücken bezeichnen häufig Schwachstellen in der Gebäudehülle, die einen erhöhten Wärmestrom gegenüber den umliegenden Bauteilen aufweisen.

Wärmebrücken treten z. B. an Innenecken und Kanten, an auskragenden Bauteilen und Platten (wie Erkern, Gauben, Balkonen, Loggien und Vordächern), an Wand- oder Deckenanschlüssen, Fenstern und Fenstertürenanschlüssen sowie im Bereich von Befestigungen (wie Ankern und Dübeln) auf.

Dabei ist zwischen geometrie-, baustoff- und umgebungsbedingten Wärmebrücken zu unterscheiden.

Geometriebedingte Wärmebrücken treten dort, wo die wärmeaufnehmende Innenraumoberfläche kleiner ist, als die wärmeabgebende Außenoberfläche. In Bereichen, wo Bauteile mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit aneinander stoßen, entstehen baustoffbedingte Wärmebrücken. Umgebungsbedingte Wärmebrücken sind Bauteilbereiche mit unterschiedlichen Oberflächentemperaturen bzw. Bereiche, in denen es zu einem ungleichmäßigen Wärmestrom kommt (z. B.: Möbel an der Außenwand, Nähe zum Heizkörper, ungedämmte Heizleitungen).

[23] Zweidimensionale Wärmebrücken werden über den Leitwertzuschlag L_ψ berechnet:

Formel 5 Berechnung des Leitwertzuschlages L_ψ für zweidimensionale Wärmebrücken

$$L_\psi = \sum_j l_j \cdot \psi_j \quad [\text{W}/\text{K}]$$

L_{ψ} ... Leitwertzuschlag für zweidimensionale Wärmebrücken [W/K]

l_j ... Länge der zweidimensionalen Wärmebrücken j [m]

ψ_j ... Korrekturkoeffizient der zweidimensionalen Wärmebrücken j (Psi-Wert) [W/(m·K)]

[23] Dreidimensionale Wärmebrücken werden über den Leitwertzuschlag L_{χ} berechnet:

Formel 6 Berechnung des Leitwertzuschlages L_{χ} für dreidimensionale Wärmebrücken

$$L_{\chi} = \sum_k \chi_k \quad [W/K]$$

L_{χ} ... Leitwertzuschlag für dreidimensionale Wärmebrücken [W/K]

χ_k ... Korrekturkoeffizient der dreidimensionalen Wärmebrücken k [W/(m·K)]

Da die Transmissionswärmeverluste aufgrund des erhöhten Wärmeflusses durch Wärmebrücken weiter erhöht werden und auch baukonstruktive Schäden in die Konstruktionen nach sich ziehen können, gilt es, diese zu minimieren. Es gilt darauf zu achten, dass die herabgesetzte raumseitige Oberflächentemperatur über der Taupunkttemperatur der Raumluft liegt. Denn nur so kann vermieden werden, dass sich dort kein Schimmelpilz bildet.

Wärmeverluste infolge unvermeidbarer Wärmebrücken können z. B. wie folgt reduziert werden:

- Schaffung einer nicht unterbrochenen und ausreichend bemessenen Wärmedämmebene für die gesamte Gebäudehülle;
- Schaffung möglichst hoher Wärmedurchgangswiderstände bei unvermeidbaren Unterbrechungen der Wärmedämmebene;
- lückenlose Überführung der Dämmlagen ineinander über die gesamte Anschlussfläche bei Bauteilanschlüssen;
- Planung einer Dämmung an Gebäudekanten und Gebäudeecken sowie einer gerundeten Bauform, um geometrische Wärmebrücken durch möglichst stumpfe Winkel bzw. Ecken zu verringern;
- Verwendung punktförmiger Befestigungen anstelle von linienförmigen;
- Anordnung der thermischen Trennung (Isokörbe)
- Einsatz von geringer wärmeleitenden Materialien, wie z. B. Edelstahl statt Stahl, um stoffbedingte Wärmebrücken zu reduzieren;
- gedämmte Rolladen- oder Jalousiekasten;

- Überdämmung der Fensterlaibung;
- durchdachte Einbausituation;
- Vermeidung konvektiver Wärmebrücken (Undichtigkeiten).

2.1.2.6 SONNENSCHUTZ

Sonnenschutzeinrichtungen und temporärer Sonnenschutz dienen bei Fenstern und Fenstertüren sowie anderen transparenten Bauteilen unabhängig von deren Ausrichtung zur Reduktion des Energiebedarfes.

Im Sommer sollen diese Sonnenschutzmaßnahmen durch Verschattung dazu beitragen, möglichst wenig solare Strahlung in den Innenraum dringen zu lassen. Auf diese Weise kann die Gefahr einer sommerlichen Überwärmung reduziert werden.

In den kalten Wintermonaten sollen Sonnenschutzeinrichtungen dabei helfen, die Wärme- und Strahlungsverluste gegen den kalten und klaren Nachthimmel zu verringern. Geschlossene Fensterläden bieten darüber hinaus auch einen Komfortvorteil, da die Oberflächentemperatur der Fensterscheiben beim Schließen der Läden zunächst ansteigt, wenn noch geheizt wird und bei Heizungsunterbrechung während der Nacht langsamer sinkt.

2.1.3 NUTZERVERHALTEN

Neben den bisher angeführten Faktoren hat auch das Nutzerverhalten erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch.

Zu den primären Parametern im Rahmen des Nutzerverhaltens, die entscheidend für die Reduktion des Heiz- und Kühlbedarfs bzw. des Verbrauches sind, zählen:

- die Anwesenheit der Nutzer;
- eine Optimierung der mittleren Raumlufttemperatur;
- die Lüftungsarten (manuelle oder mechanische bzw. kontrollierte Wohnraumlüftung, maschinelle Abluftsysteme);
- das Lüftungsverhalten (Richtigkeit des Lüftens, Sicherstellung eines hygienischen Luftwechsels);
- innere/solare Wärmegewinne;
- der Warmwasser- und Heizwärmebedarf sowie
- der Strombedarf im Allgemeinen.

2.2 BAUSTANDARDS

2.2.1 NIEDRIGENERGIEHAUS

Beim Niedrigenergiehaus handelt es sich um einen Standard bzw. um eine funktionale Anforderung, nicht um eine Bauweise. [6]

Der Niedrigenergiestandard ist über den resultierenden flächenbezogenen Jahresheizwärmebedarf definiert. [1]

2.2.1.1 ENTWICKLUNG [6]

Energiesparendes Bauen ist keineswegs eine Erfindung der 1990er Jahre.

Obwohl die Energie in den 1950er und 1960er Jahren so günstig war, dass der Faktor Heizwärmeverbrauch bei der Planung und Ausführung eines Neubaus wenig bis gar keine Berücksichtigung fand, verfügten auch damalige Bauten über einen bestimmten Mindestwärmeschutz.

Entgegen der allgemeinen Annahme, wurde das Niedrigenergiehaus nicht in Deutschland erfunden, die ersten entscheidenden Anstöße kamen vielmehr von Korsgaard (Kopenhagen), Shick (Illinois), Shurcliff (Massachusetts), Elmroth (Stockholm) und Adamson (Lund) [Ruby 1981] [Korsgaard 1977] [Shurcliff 1981] [Carlsson 1980] [Adamson 1979]].

Die erste Wärmeschutzverordnung (WSVO) kam 1977 in Deutschland heraus. 1982 gab es die erste Novelle zu dieser. 1984 folgte die zweite WSVO, deren zweite Novelle 1995 in Kraft trat.

„Aus jedem Gebäudeentwurf kann ein Niedrigenergiehaus werden, wenn die hier behandelten Regeln berücksichtigt werden, ebenso wie bei jeder Gebäudesanierung der Niedrigenergiehausstandard angestrebt werden kann.“ (Feist, 1987, S. X)

In Österreich werden die Anforderungen in den Baugesetzen der Länder festgelegt, die sich in der Regel an den Festlegungen der ÖNORM B 8110 in den verschiedenen Fassungen orientierten. Heute werden die Anforderungen als OIB Richtlinie 6 erarbeitet und in der Regel von den Ländern in die Baugesetzgebung übernommen.

2.2.1.2 DEFINITION

Laut ÖNORM B 8110-1:2011 [19] ist ein Niedrigenergiehaus wie folgt definiert:

„Gebäude, bei denen der gemäß ÖNORM B 8110-6:2011 ermittelte Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von der charakteristischen Länge l_c gemäß Tabelle 7 (Tabelle 2) erreicht bzw. unterschritten wird, dürfen als Niedrigenergiegebäude bezeichnet werden.“ (ÖNorm B 8110-1, 2011)

Tabelle 2 Höchstzulässige $HWB_{BGR,nE-WG,Ref}$ -Werte und $HWB^*_{V,nE-NWG,Ref}$ -Werte für Niedrigenergie-Gebäude [16]

Wärmeschutzklasse	$HWB_{BGR,nE-WG,Ref}$ -Wert	$HWB^*_{V,nE-WG,Ref}$ -Wert
Niedrigenergie-Gebäude	$\leq 17 \times (1 + 2,5/l_c)$	$\leq 5,67 \times (1 + 2,5/l_c)$
Wenn die charakteristische Länge $l_c < 1,0$ ist, so ist der höchstzulässige Wert mit $l_c = 1,0$ zu rechnen.		

[6] In der einschlägigen Fachliteratur findet sich hingegen eine klimaunabhängige Definition, der zufolge sich ein Niedrigenergiehaus durch einen spezifischen Jahresheizwärmebedarf auszeichnet. Dieser Jahresheizwärmebedarf, bezogen auf die beheizte Nutzfläche und die Heizgradtagzahl, darf für ein Einfamilienhaus den Wert von 0,02 [kWh/(m²Kd)] nicht überschreiten.

Bei einer in Österreich üblichen durchschnittlichen Heizgradtagzahl von 3600 [Kd/a] ergibt sich daher:

- EFH² - Niedrigenergiehaus

$$\text{Energiekennwert (Heizwärme)} \leq 72 \text{ [kWh/m}^2\text{.a]}$$

- MFH³ - Niedrigenergiehaus (ÖNorm B 8110-1, 2008) (ÖNorm B 8110-1, 2008)

$$\text{Energiekennwert (Heizwärme)} \leq 55 \text{ [kWh/m}^2\text{.a]}$$

2.2.1.3 GRENZWERTE UND VORAUSSETZUNGEN

Die Grenzwerte für Niedrigenergie-Gebäude ist in der ÖNORM B 8110-1:2011 festgelegt.

Tabelle 3 Grenzwerte - Höchstzulässige $HWB_{BGR,nE-WG,Ref}$ -Werte und $HWB^*_{V,nE-NWG,Ref}$ -Werte für Niedrigenergie-Gebäude [19]

Wärmeschutzklasse	$HWB_{BGR,nE-WG,Ref}$ -Wert	$HWB^*_{V,nE-WG,Ref}$ -Wert
Niedrigenergie-Gebäude	$\leq 17 \times (1 + 2,5/l_c)$	$\leq 5,67 \times (1 + 2,5/l_c)$

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Standard eines Niedrigenergiehauses konstruktiv umzusetzen.

Nachstehend werden die Voraussetzungen hierzu bzw. die wichtigsten Merkmale des Niedrigenergiehauses angeführt:

- guter Wärmeschutz der Außenbauteile und eine kompakte Bauweise;
- gute Verglasung und Fensterrahmen;
- die Luftdichtheit der Gebäudehülle sowie
- die Minimierung von Wärmebrücken.

² EFH: Einfamilienhaus

³ MFH: Mehrfamilienhaus

2.2.1.4 BERECHNUNGSVERFAHREN

Die Berechnung des Energiebedarfes für ein Niedrigenergiehaus erfolgt nach dem Berechnungsverfahren des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB-RL6).

2.2.1.5 KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN [1, 6]

Die charakteristischen Konstruktionsmerkmale sind:

- Niedrigenergiehausbaukörper
 - kompakte Gebäudeform
 - Orientierung, Ausrichtung
- Gebäudehülle
 - Wärmeschutz der Gebäudehülle (Wärmedämmung)
 - konsequente Reduzierung von Wärmebrücken
 - Dichtheit der Gebäudehülle
- Gebäudetechnik

2.2.1.5.1 NIEDRIGENERGIEHAUSBAUKÖRPER

Das Niedrigenergiehaus sollte eine kompakte Gebäudeform aufweisen und so ausgerichtet und in Zonen gegliedert sein, dass sich die Wohn- und Aufenthaltsräume im Süden, Osten oder Westen situiert sind. Durch größere Fenster können auch im Winter passive Solarenergiegewinne erzielt werden.

2.2.1.5.2 GEBÄUDEHÜLLE

Nachstehend sind erfahrungsmäßige Werte und die zeitgemäßen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) des Niedrigenergiestandardgebäudes angeführt:

- | | |
|--|--------------------------------|
| – Decke gegen Außenluft (Dächer, Terrassen etc.) | 0,10-0,20 [W/m ² K] |
| – Außenwände | 0,10-0,30 [W/m ² K] |
| – transparente Bauteile (Fenster und Fenstertüren) | 0,50-1,50 [W/m ² K] |
| – Fußboden über unbeheiztem Keller/unbeheizten Gebäudeteilen | 0,10-0,40 [W/m ² K] |

Grundsätzlich ist wärmebrückenminimiert zu planen, um zusätzliche Wärmeverluste sowie Bauschäden durch Tauwasseranfall zu vermeiden. Die Dämmung muss ohne Unterbrechung um das Haus geführt werden. Auskragende Bauteile sind dementsprechend zu vermeiden.

Die Außenhülle muss wind- und luftdicht sein. Der anzustrebende Wert des Leckageluftwechsels beim Blower-Door-Test sollte bei $n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$ liegen.

Ebenso ist die Qualität der transparenten Bauteile sehr wichtig. So sollten vor allem Fenster zum Einsatz kommen, die eine gute Dämmwirkung haben und einen hohen Energiedurchlassgrad aufweisen.

2.2.1.5.3 GEBÄUDETECHNIK

Die Heizung muss an den niedrigen Wärmebedarf angepasst sein. Neben der Heizung ist eine effiziente Warmwasserbereitung erforderlich. Der Wärmeschutz des Speichers, der Versorgungsleitungen und evtl. der Zirkulationsleitungen muss sehr gut gedämmt (2/3-3/3 Rohrdurchmesser der Dämmdicke der Verteil- und Steigleitungen) sein.

Im Niedrigenergiehaus reicht in Abhängigkeit der anderen Parameter in der Regel eine einfache Abluftanlage aus. Eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit oder ohne Wärmerückgewinnung kann nur eine weitere Verbesserung sein, da die Lüftungstechnik zu einer guten Raumluftqualität beiträgt.

Empfehlenswert ist eine bedarfsgesteuerte Abluftanlage, bei Mehrfamilienhäusern auch mit Wärmerückgewinnung z. B. in das Warmwasser.

Der Stromverbrauch ist abhängig von der Auswahl der Hausgeräte und Haustechnikkomponenten (Pumpen, Lüfter usw.).

2.2.2 PASSIVHAUS [7, 29]

Der Passivhausstandard wurde aus der Idee heraus entwickelt, den gesamten Heizwärmebedarf nur über inneren Wärmern, Solare Einstrahlung und die für die Erwärmung des Luftwechsels erforderliche Energie ohne weitere Heizung zu decken. Da sich das als nicht besonders komfortabel erwies (trockene Luft), unterschiedlicher Heizwärmebedarf in verschiedenen Räumen, die nicht unbedingt mit dem erforderlichen Luftwechsel korrespondieren, wurde das Konzept weiterentwickelt, sodass nunmehr dennoch auch Heizquellen verwendet werden. Die Erfordernisse der Behaglichkeit können so etwas besser abgedeckt werden.

Von einer wesentlichen Bedeutung für die Behaglichkeit des Menschen sind:

- die Raumlufttemperatur der raumumschließende Bauteile;
- die relative Luftfeuchtigkeit;
- die Lüftung (Art und Dauer) und vieles mehr.

Diese Faktoren sollen auch bei einem Passivhauskonzept berücksichtigt und darin umgesetzt werden.

2.2.2.1 ENTWICKLUNG

Eine deutsch-schwedische Kooperation entwickelte 1990 den Passivhausstandard. Dieser Standard ist einer der wissenschaftlich bestmöglichen dokumentierten Baustandards weltweit. Er kann aus wirtschaftlicher Perspektive durch seinen äußerst niedrigen Energiebedarf interessant sein.

Derzeit liegen jedoch die Anforderungen im Sinne der Kostenoptimalität eher über den Anforderungen eines Passivhauses, was jedoch naturgemäß eine Frage des gewählten Rechenmodells und der verwendeten Randbedingungen und Einflussparameter ist.

2.2.2.2 DEFINITION

Laut Definition des Passivhaus-Instituts Darmstadt ist ein Passivhaus als ein Gebäude zu verstehen, das beinahe ohne ein aktives Heizsystem in der kalten und ohne Klimaanlage in der warmen Jahreszeit eine hohe Behaglichkeit bieten kann. Ein Passivhaus heizt und kühlt rein passiv.

Ein Passivhaus ist so konzipiert, dass die Raumtemperatur nur durch Nachkühlen oder Nachheizen des Frischluftvolumenstroms, der für eine zufriedenstellende Luftqualität unabdingbar ist, gewährleistet werden kann, und zwar ohne zusätzliche Verwendung von Umluft.

2.2.2.3 GRENZWERTE UND VORAUSSETZUNGEN

Grenzwerte für den Passivhausstandard:

- | | |
|---|-------------------------------|
| – Heizwärmebedarf im Bezug auf die Wohnfläche | ≤ 15 [kWh/m ² .a] |
| – tagesmittlere Heiz- bzw. Kühllast | ≤ 10 [W/m ²] |
| – Endenergiebedarf (alle Energiedienstleistungen inkl. Strom) | ≤ 42 [kWh/m ²] |
| – Primärenergiebedarf | ≤ 120 [kWh/m ² .a] |
| – Luftdichtheit bzw. Drucktestluftwechsel n_{50} | ≤ 0,60 h ⁻¹ |

„Anmerkung: Der Heizwärmebedarf von 15 [kWh/m²], bezogen auf die Netto-Grundfläche, entspricht etwa einem Heizwärmebedarf von 12,75 [kWh/m²], bezogen auf die Brutto-Grundfläche. Davon unbeschadet bleiben Nachweise von 15 [kWh/m²]; bezogen auf die Netto-Grundfläche, mit gesondert für die Projektierung von Passivhäusern geeigneten Programmen.“ (ÖNorm B 8110-1, 2008)

Voraussetzungen bzw. Passivhauskriterien:

- sehr guter Wärmeschutz und Kompaktheit
- Südorientierung und Verschattungsfreiheit der transparenten Bauteile in der Heizperiode

- Wärmdurchgangskoeffizient der Fenster $U_w \leq 0,8$ [W/m²K]
- Luftdichtheit der Gebäudehülle $n_{50} \leq 0,60$ h⁻¹
- passive Vorerwärmung der Frischluft
- hochwirksame Wärmerückgewinnung
- Erwärmung des Brauchwassers mit teilweise erneuerbaren Energien
- Energiespargeräte im Haushalt
- passive Kühlung im Sommer

2.2.2.4 BERECHNUNGSVERFAHREN

Der Energiebedarf für ein Passivhaus wird nach dem Berechnungsverfahren PHPP (Passivhaus-Projektierungs-Paket) des Passivhaus-Instituts Darmstadt ermittelt. Dieses Verfahren ist vor allem ein Planungsinstrument, mithilfe dessen ein Passivhaus ausgelegt und seine Planung unterstützt werden kann.

2.2.2.5 KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN

Auch für die Passivhausplanung ist auf die unten angeführten Bereiche einzugehen, die im folgenden für den Passivhausbereich näher behandelt werden sollen.

Die Grundprinzipien der Gebäudeplanung sind:

- Passivhausbaukörper
 - kompakte Gebäudeform
 - Orientierung, Ausrichtung
- Gebäudehülle
 - Wärmeschutz der Gebäudehülle (Wärmedämmung)
 - Wärmebrückenminimierung
 - Luftdichtheit der Gebäudehülle
 - weitere Bauelemente, wie z. B. Passivhausfenster
- Gebäudetechnik

2.2.2.5.1 PASSIVHAUSBAUKÖRPER

Die Passivhäuser werden in sehr kompakter Gebäudeform ausgeführt.

Die Ausrichtung und Zonierung des Gebäudes sollte wie beim Niedrigenergiehaus sein. Die Wohn- und Aufenthaltsräume sollen nach Süden orientiert sein, damit passiven, solaren Energiegewinne im Winter durch große südorientierte Fenster erzielt werden.

2.2.2.5.2 GEBÄUDEHÜLLE

Alle Außenbauteile der beheizten Räume wie Wände, Dächer, Kellerdecken oder der erdberührte Boden sollten einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschreiten.

Wie bereits oben erwähnt, ist grundsätzlich wärmebrückenminimiert zu planen. Denn nur auf diese Weise können zusätzliche Wärmeverluste sowie konstruktive Schäden vermieden werden. Eine weitestgehend wärmebrückenfreie Konstruktion von Passivhäusern kann durch die Begrenzung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten, des Psi-Werts (ψ), auf maximal $0,010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht werden.

Die Gebäudehülle eines Passivenergiehauses muss wie bereits erwähnt, wind- und luftdicht ausgeführt werden, um Lüftungsverluste zu minimieren. Idealerweise sollte im Rahmen eines Blower-Door-Test bzw. bei einer Luftdichtheitsmessung bei einem Unter- und Überdruck von 50 Pa nach DIN 4108-7 und DIN EN 13829 die Luftwechselrate $n_{50} \leq 0,60 \text{ h}^{-1}$ (0,60-facher Luftwechsel pro Stunde) nicht überschreiten.

Für Fenster in Passivhäusern ist ein Wärmedurchgangskoeffizient von nicht mehr als $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ festgelegt. Eine Dreischeibenwärmeschutzverglasung, ein wärmegeämmter Randverbund sowie ein speziell gedämmter Fensterrahmen sind für solche Fenster ebenso von großer Bedeutung.

2.2.2.5.3 GEBÄUDETECHNIK

[29] Im Rahmen der Gebäudetechnik greift der Passivhausplaner auf eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage inkl. Wärmerückgewinnung zurück, um den hygienisch erforderlichen Luftaustausch zu gewährleisten. Zu den Grundvoraussetzungen für eine effiziente Funktionsweise dieser Lüftungsanlage zählen die luftdichte Gebäudehülle mit $n_{50} \leq 0,60 \text{ h}^{-1}$ sowie die Gewährleistung der Luftdurchströmung innerhalb der gesamten Nutzungseinheit. Um diesen Anforderungen zu entsprechen, sind bei der Planung der Lüftungsanlage folgenden Randbedingungen zu beachten:

- Die minimale Zulufttemperatur bei einer Außenlufttemperatur von -10°C sollte bei nicht weniger als $16,5^\circ\text{C}$ liegen.
- Der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung muss mindestens 75% betragen.
- Es sollten hocheffiziente Elektromotoren zum Einsatz kommen, um eine möglichst geringe Leistungsaufnahme der Ventilatoren zu gewährleisten.

- Das Kanalnetz sollte mit möglichst kurzen Wegen geplant werden.
- Die Dichtheit und Wärmedämmung des Geräts müssen gegeben sein.
- Die Lüftungsanlage sollte einen guten Abgleich und eine ausreichende Regelbarkeit aufweisen, um die geförderten Luftmengen dem Heizwärme- sowie Lüftungsbedarf anpassen zu können.
- Der Schalldruckpegel in den Wohnräumen soll 25 dB nicht überschreiten.
- Die Anlage sollte über eine Frostschutzschaltung verfügen, um Eisbildung am Wärmetauscher bei tieferen Temperaturen ($< -15^{\circ}\text{C}$) zu verhindern.

Die Räume eines Passivhauses werden mithilfe einer Lüftungsanlage über die Zuluft beheizt. Die Zuluft wird mit einem Nachheizregister bei Erfordernis nachgeheizt.

Die Anforderungen an die Warmwasserbereitung unterscheiden sich im Passivhaus nicht von jenen in gewöhnlichen Gebäuden.

In der Abbildung 4 ist ein Beispiel das Niedrigenergie- und Passivhaus schema dargestellt.

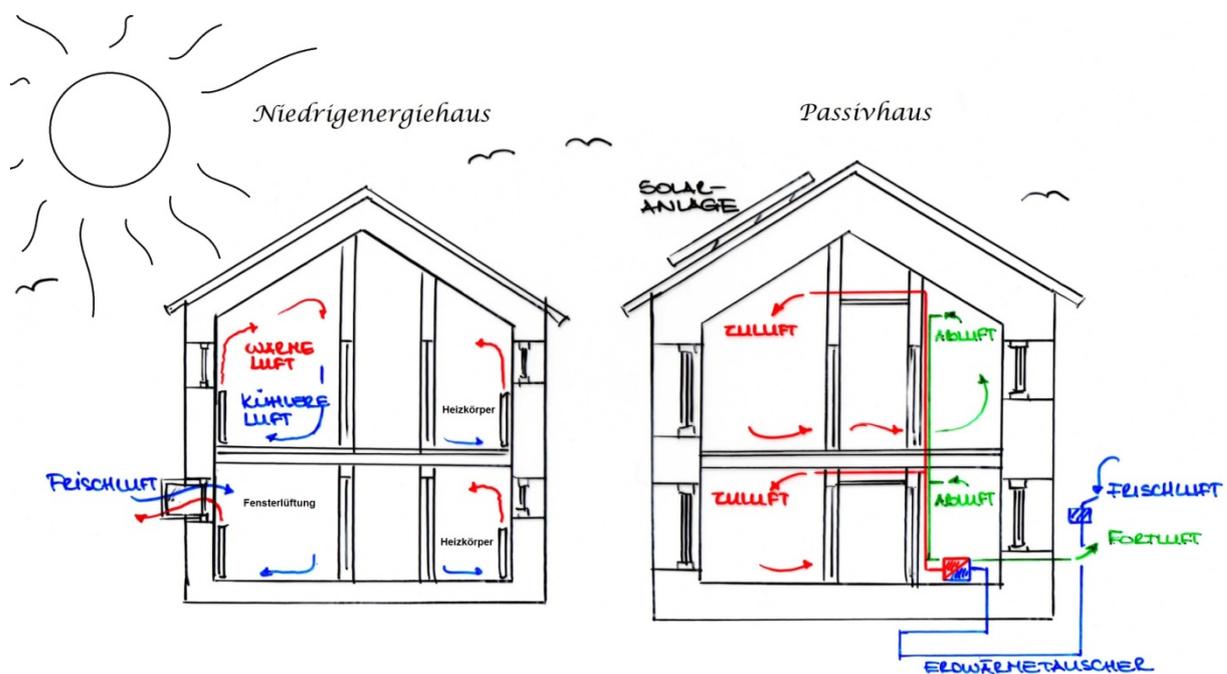


Abbildung 4 Niedrigenergie- und Passivhaus Schema

2.2.3 GEGENÜBERSTELLUNG NIEDRIGENERGIEHAUS UND PASSIVHAUS

NIEDRIGENERGIEHAUS	PASSIVHAUS
<ul style="list-style-type: none"> – handelt es sich um einen Standard bzw. um eine funktionale Anforderung, nicht um eine Bauweise – Bezugsgröße: Bruttogrundfläche (BGF) – Grenzwerte gemäß ÖNORM B 8110-1:2011: $HWB_{BGF}^4 \leq 17 \times (1 + 2,5/lc) \text{ [kWh/m}^2\text{.a]}$ $HWB_{V}^5 \leq 5,67 \times (1 + 2,5/lc) \text{ [kWh/m}^2\text{.a]}$ – Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte): Decke gegen Außenluft 0,10-0,20 [W/m²K] Außenwände 0,10-0,30 [W/m²K] transparente Bauteile 0,50-1,50 [W/m²K] Fußboden über/zu unbeheizten Gebäudeteilen 0,10-0,40 [W/m²K] – Gebäudetechnik: Abluftanlage möglich ist auch eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit oder ohne Wärmerückgewinnung 	<ul style="list-style-type: none"> – handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Niedrigenergiehausstandards. – Bezugsgröße: Energiebezugsfläche (EBF) – Grenzwerte definiert: $HWB_{EBF}^6 \leq 15 \text{ [kWh/m}^2\text{.a]}$ $Heizlast_{EBF} \leq 10 \text{ [W/m}^2\text{]}$ $EEB_{EBF}^7 \leq 42 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$ $PEB_{EBF}^8 \leq 120 \text{ [kWh/m}^2\text{.a]}$ $n_{50}^9 \leq 0,60 \text{ h}^{-1}$ – Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte): Alle Außenbauteile der beheizten Räume wie Wände, Dächer, Kellerdecken oder der erdberührte Boden $\leq 0,15 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ transparente Bauteile $\leq 0,80 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ – Gebäudetechnik: Kontrollierte bzw. mechanische Be- und Entlüftungsanlage inkl. Wärmerückgewinnung

⁴ jährlicher Heizwärmebedarf für Niedrigenergie-Wohngebäude, Neubau, bezogen auf die beheizte Bruttogrundfläche und das Referenzklima

⁵ jährlicher Heizwärmebedarf für Niedrigenergie-Nicht-Wohngebäude, Neubau, bezogen auf das beheizte Bruttovolumen und das Referenzklima

⁶ Heizwärmebedarf im Bezug auf die Wohnfläche

⁷ Endenergiebedarf (alle Energiedienstleistungen inkl. Strom)

⁸ Primärenergiebedarf

⁹ Luftdichtheit bzw. Drucktestluftwechsel

<ul style="list-style-type: none"> – Berechnungsverfahren: Nach der OIB Richtlinie 6 des Österreichischen Instituts für Bautechnik 	<ul style="list-style-type: none"> – Berechnungsverfahren: Passivhaus-Projektierungs-Paket des Passivhaus-Instituts Darmstadt (PHPP)
--	--

2.2.4 EINIGE ASPEKTE IN DER GEGENÜBERSTELLUNG DER BERECHNUNGSMETHODEN

Einige Unterschiede in den Berechnungsverfahren nach der OIB Richtlinie 6 (OIB RL6) und dem Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP) sind in den u.a. Tabellen dargestellt.

Tabelle 4 Einige Aspekte in der Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren

ALLGEMEIN	
OIB RL6 [20, 26]	PHPP [28]
<ul style="list-style-type: none"> – Bezugsgröße ist die Bruttogrundfläche (BGF) 	<ul style="list-style-type: none"> – Bezugsgröße ist die Energiebezugsfläche (EBF) \equiv Netto-Wohnfläche innerhalb der thermischen Gebäudehülle basierend auf Wohnflächenverordnung (WoFIV)
<ul style="list-style-type: none"> – Wichtige Größen: Spezifischer Heizwärmebedarf HWB, Primärenergiebedarf PEB, Kohlendioxidemissionen (CO₂) und der Gesamtenergieeffizienz-Faktor (f_{GEE}) für das Standortklima 	<ul style="list-style-type: none"> – Wichtige Größen: Energiekennwerte-Heizwärme, Primärenergie-Kennwert Wobei die angeführten Kennwerte entsprechend der OIB RL 6 ebenfalls ermittelt werden. – Heizwärmelast und Luftdichtheit bzw. Drucktestluftwechsel n_{50} müssen die Anforderung erfüllen
<ul style="list-style-type: none"> – Bei unvollständigen Unterlagen bzw. Angaben können Pauschal-Werte verwendet werden 	<ul style="list-style-type: none"> – bietet detailliertere Möglichkeiten zur Berücksichtigung bestimmten Einflussgrößen (dementsprechend sind detaillierte Angaben zur Gebäudetechnik, technische Informationen ggf. Produktdatenblätter, Nachweise etc. erforderlich)

– innere Wärmequellen= 3,75 W/m ² ¹⁰	– innere Wärmequellen = 2,10 W/m ² ¹¹
– <i>"basiert auf den Beratungsergebnissen der von der Landesamtsdirektorenkonferenz zur Ausarbeitung eines Vorschlags zur Harmonisierung bautechnischer Vorschriften eingesetzten Länderexperten-gruppe."</i> (OIB-Richtlinie 6, 2011)	– basiert auf den langjährigen, dokumentierten Protokollbänden der Entwicklungsschritte und fortlaufenden Validierungen des Passivhausinstituts Darmstadt.

KLIMADATEN	
OIB RL6 [20, 26]	PHPP [28]
<ul style="list-style-type: none"> – Klimadaten werden mittels standardisierter Faktoren ermittelt – Berechnung der mittleren Außentemperatur im jeweiligen Monat, der mittleren Monatssumme der Globalstrahlung (auf horizontale und beliebig geneigte und orientierte Flächen) sowie die Heizgradtage über Gleichungen und Umrechnung mit Transpositions-faktoren gemäß ÖNORM B 8110-5 	<ul style="list-style-type: none"> – Standardklimasatz für regionale Klimadaten – Ermittlung des Monatsverfahrens, Klimadaten für beliebige Standorte weltweit (Programm Meteonorm-Exportfilter für PHPP-Datensätze) – tatsächlicher Standort des Gebäudes wird im Temperatur- und Strahlungsmodell durch die geografische Breite und Länge sowie die Höhe des Gebäudestandorts berücksichtigt

HEIZWÄRMEBEDARFSBERECHNUNG	
OIB RL6 [20, 26]	PHPP [28]
<ul style="list-style-type: none"> – Bezogen auf die Bruttogrundfläche (BGF) – Monatsverfahren – basiert auf Standardwerten für verschiedene Nutzungen – Bilanzierung nicht validiert 	<ul style="list-style-type: none"> – Bezogen auf die Energiebezugsfläche (EBF) – Heizzeit- bzw. Jahresverfahren und Monatsverfahren nach EN 13790 – Bilanzierung mehrfach validiert (Passivhausinstituts Darmstadt)

¹⁰für Ein- und Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude, Kindergärten und Pflichtschulen

¹¹für Ein- und Mehrfamilienhäuser

Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Berechnungsverfahren, OIB RL6 und PHPP besteht in den Annahmen der Randbezugsgrößen. Somit begründet dieser Unterschied auch sämtliche Abweichungen in den jeweiligen Berechnungsergebnissen: Während die OIB RL6 zuvorderst anstrebt, vergleichbare Werte für verschiedene Gebäude untereinander zu eruieren und auf Standardwerte gemäß dem aktuellen Stand der Technik zurückgreift, stützt sich das PHPP vor allem auf Randbezugsgrößen, die aus überprüften Daten bereits gebauter Passivhäuser stammen und auch aktuellste Möglichkeiten der Technik berücksichtigen.

Die prozentuellen wie auch die absoluten Abweichungen zwischen den Ergebnissen der OIB und des PHPP steigen, wie bereits erwähnt, mit der Effizienz der Gebäudehülle, aber auch mit der steigenden Effizienz der Haustechnik.

3. PROJEKTBE SCHREIBUNG

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird der tatsächliche Verbrauch und das gemessene energetische Verhalten zweier Baukonzepte dem ursprünglich berechneten Energiebedarf gegenübergestellt. Zunächst wird eine energietechnische Analyse eines Niedrigenergiehauses und eines Passivhauses, die beide in Graz errichtet wurden, durchgeführt. Anschließend werden pro Gebäude jeweils zwei Wohnungen detailliert im Hinblick auf ihr Energieverhalten untersucht und miteinander verglichen.



Abbildung 5 Niedrigenergie- und Passivhaus in Graz (Quelle: GIS-Steiermark)

- NEH2
- NEH1
- PH

Die Gebäude werden folgend bezeichnet:

- NEH2 (Niedrigenergiestandard)
- NEH1 (Niedrigenergiestandard)
- PH (Passivhausstandard)

Die Anlage wurde in zwei Bauabschnitten errichtet: NEH2 sowie NEH1 wurden im ersten Bauabschnitt und PH im zweiten Bauabschnitt gebaut. In der vorliegenden Arbeit werden die Häuser NEH1 und PH einer genauen Analyse hinsichtlich ihrer Energieeffizienz unterzogen.

4. BESCHREIBUNG DER GEBÄUDE

Die Beschreibung der Gebäude basiert auf folgenden Projektunterlagen:

- bauphysikalische Eignungsprüfung für die A15-Einreichung vom 16.06.2009 für das NEH1;
- bauphysikalische Eignungsprüfung für die A15-Einreichung vom 20.05.2010 für das PH.

4.1 ANMERKUNGEN ZU DEN VORLIEGENDEN BZW. VORHERIGEN UNTERLAGEN

Folgende Daten konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden, da sie nicht zur Verfügung gestellt wurden:

- Die Unterlagen mit einem späteren Datum wurden nicht beigelegt und konnten nicht berücksichtigt werden;
- Prüfzeugnis der eingebauten Fenster und Türen;
- angepasste Details, die der Ausführung entsprechen;
- Einzelne Nachweise z. B. Vermeidung der sommerlichen Überwärmung, Schallschutz sind in oben angeführten Unterlagen nicht enthalten;
- hier ist anzumerken, dass getrennte Verbrauchsdaten für die NEH1 und NEH2, die eine gemeinsame Energieversorgung aufweisen, nicht zur Verfügung standen.

Bei den beiden Gebäuden handelt sich um zwei annähernd gleiche Baukörper auf demselben Grundstück, die in unterschiedlichen Baustandards errichtet wurden (Niedrigenergiehaus und Passivhaus). Die genauere Analyse der beigelegten Unterlagen zeigt, dass die beiden Gebäude u. A. in den folgenden Punkten Unterschiede aufweisen:

- Geometrie (Grundrisse / Grundfläche);
- Kompaktheit bzw. A/V-Verhältnis (NEH1 0,46 1/m; PH 0,37 1/m);
- Ausrichtung bzw. Orientierung;
- Anzahl und Größe der transparenten Bauteile (Fenster und Fenstertüren);
- Größe der Wohnungen (von ca. 54,34m² bis 95,02m²);

- Wohneinheiten (NEH1 34 WE¹² / PH 39 WE).

Aufgrund der Unterschiede ist ein direkter Vergleich der Gebäude nicht möglich, ebenso wie kein direkter Vergleich von Bedarf und Verbrauch möglich ist. Die dennoch im folgenden verwendete Gegenüberstellung erfordert daher entsprechend fachkundiges Lesen und Interpretation.

4.1.1 BAUTEILE

Es wird davon ausgegangen, dass die Angaben zu den Bauteilen in den genannten Unterlagen, auch der Ausführung entsprechen.

Die Bauteilaufbauten wurden den beigegebenen Daten und Typenblättern entnommen.

4.1.1.1 NEH1

Anzumerken ist, dass die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile in den WBF6-Blättern der beigegebenen Unterlagen nicht den Energieausweis zur Gänze entsprechen. Die Bearbeitung erfolgte auf Basis der WBF6-Blätter.

4.1.1.2 PH

Bei den Unterlagen wurden einzelne Differenzen in den Beschreibungen vorgefunden. So wurde für die Fußbodenaufbauten eine Trittschalldämmplatte TDPT mit 3cm angeführt, in der Ausführung 2,5 cm. In der Arbeit wurde die 2,5 cm dicke TDPT berücksichtigt.

Der Bauteiltyp, wie z. B. B23 - Decke über Tiefgarage, B23.1 - Decke über Tiefgarage (Grünbereich) ist als eine Außendecke (beheizt zu Außenluft) angeführt, eigentlich handelt es sich um eine Decke über unbeheizte Gebäudeteile.

Die Wohnungstrennwände bzw. Wände zum Aufzug wurden aus den beigegebenen Konstruktionsaufbauten, Stand 29.07.2010 entnommen.

Die Werte für die Türen (Wohnungseingangstür, Außentür Portale, Außentüren zum Laubengang, Türen zu Keller) wurden den beigegebenen Energieausweisen entnommen.

4.1.2 FENSTER

4.1.2.1 NEH1

Die Werte der tatsächlich eingebauten Fenster konnten nicht eruiert werden bzw. die entsprechenden Unterlagen wurden nicht bereitgestellt. Ein Zertifikat ist nicht vorhanden, aber das Berechnungsblatt der Fenster wurde bereitgestellt.

¹² WE - Wohneinheiten

Für das Niedrigenergiehaus wurde laut mündlicher Auskunft Hoco HX 80 Fenster mit Werten von $U_f = 1,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ und einem ψ -Wert $= 0,060 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ eingebaut.

4.1.2.2 PH

Für die Fenster, die im Passivhaus eingebaut wurden, wurde das entsprechende Prüfzeugnis zur Verfügung gestellt.

4.1.3 DETAILS

Es wird davon ausgegangen, dass die Details in den genannten Unterlagen, auch der Ausführung entsprechen.

4.1.3.1 NEH1

Anzumerken ist, dass die erforderlichen Zusatzmaßnahmen für die HWB-WBF-2010 gemäß beigestellten Unterlagen (Anforderung 3fach Verglasung), nicht den Details (2fach Verglasung) entsprechen. Einige Baustoffbezeichnungen fehlten.

4.1.3.2 PH

Details, welche weder in den Schnitten bezeichnet, noch in den Detailmappen vorhanden sind, wurden auf Grundlage der Schnitte berücksichtigt.

4.1.4 GEBÄUDETECHNIK

Die Angaben der haustechnischen Daten wurden vom zuständigen Ansprechpartner, zur Verfügung gestellt. Die Kenndaten sind unter den Punkt 4.2 detailliert angegeben.

4.2 OBJEKTKENNDATEN DER UNTERSUCHTEN GEBÄUDE

4.2.1 NIEDRIGENERGIEHAUS NEH1

4.2.1.1 BAUKONZEPT

Der erste Bauabschnitt begann im September 2009 mit der Errichtung der Niedrigenergiehäuser NEH1 und NEH2. Das NEH1 verfügt über 34 Wohneinheiten.

Bei diesem Niedrigenergiehaus handelt es sich um ein geometrisch komplexes Gebäude, das sich aus einem 5-geschossigen Haupttrakt und einem 4-geschossigen Nebentrakt zusammensetzt. Die Bruttogrundfläche beträgt $2.977,85 \text{ m}^2$ und das umschlossene, beheizte Gebäudevolumen beläuft sich auf $91.949,52 \text{ m}^3$. Der Haupttrakt ist vollständig unterkellert, während sich unterhalb des Nebentraktes ein Teil der Tiefgarage befindet.



Abbildung 6 NEH1

Im Kellergeschoss des NEH2 ist die Haustechnik für beide Gebäude untergebracht.

4.2.1.2 GEBÄUDEHÜLLE

Es handelt sich um ein außengedämmtes Gebäude.

Das analysierte NEH1, ist in der Massivbauweise ausgeführt. Die Außenwände wurden in zwei Bauweisen ausgeführt:

- Mantelbeton mit Wärmedämmverbundsystem
 - 14 cm EPS-F Plus ($\lambda=0,032$ W/mK)
- Hochlochziegel mit Wärmedämmverbundsystem
 - 14 cm EPS-F Plus ($\lambda=0,032$ W/mK).

Die Wohnungstrennwände wurden mit dem ein System Velox GT30, die Innenwände teilweise im System Velox GT25 und teilweise als Leichtbauwände errichtet. Die Wände zum Stiegenhaus wurden in Mantelbetonbauweise gefertigt.

Der Fußboden zum unbeheizten Keller und zur Tiefgarage ist außengedämmt mit 10 cm Heratekta M-3 (zum Keller) mit $\lambda=0,056$ W/m·K bzw. 7,5 cm Tektalan E-31/10-F mit (zur Tiefgarage) $\lambda=0,045$ W/m·K. Die Decken und die Dächer bzw. die Terrassen sind als Warmdach mit 38 cm EPS-W20 Plus ($\lambda=0,032$ W/m·K) und die oberste Geschossdecke bzw. das Flachdach ist als Umkehrdach mit 19 cm XPS 30 SF ($\lambda=0,035$ W/mK) ausgeführt.

Der Fußboden gegen Außenluft ist außengedämmt mit 12 cm Wärmedämmverbundsystem EPS-F Plus.

Laut beigestellten Berechnung für die Einreichung wurden Kunststofffenster mit 3-fach Verglasung der Fa. Trocal InnoNova 70 angeführt:

- Kunststofffenster mit 3-fach Verglasung mit $U_{g, \max} = 0,60$ W/m²K und $g = 0,52$
- mit einem hochwärmedämmenden Kunststoffrahmen $U_{f, \max} = 1,1$ W/m²K.

Eingebaut wurden Fenster vom Typ HOCO HX 80. Die bauphysikalischen Kennwerte dazu liegen nicht vor. In dem vorgelegten bauphysikalischen Nachweis wird das Fenster mit $U_g = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ angeführt. Ein Zertifikat ist nicht vorhanden, aber das Berechnungsblatt der Fenster wurde bereitgestellt.

Aufgrund der Datenlage wird im Weiteren von dem beigestellten Berechnungsblatt ausgegangen.

4.2.2 PASSIVHAUS PH

4.2.2.1 BAUKONZEPT

Der zweite Bauabschnitt PH begann im August 2010 und verfügt über 39 Wohneinheiten.

Dieses PH setzt sich aus einem 5-geschossigen Haupttrakt und einem 4-geschossigen Nebentrakt zusammen und stellt ein geometrisch kompakteres Gebäude als das NEH2 dar. Die Bruttogrundfläche beträgt 3.845,65 m², während das umschlossene, beheizte Gebäudevolumen 12.253,72 m³ ausmacht.

Der Haupttrakt ist zur Gänze unterkellert, während sich unterhalb des Nebentraktes ein Teil der gemeinsamen Tiefgarage befindet.



Abbildung 7 PH

Die Haustechnik der Anlage ist im Kellergeschoss des PH-es und in der NEH2 untergebracht.

4.2.2.2 GEBÄUDEHÜLLE

Es handelt sich um ein außengedämmtes Gebäude.

Das PH ist in Massivbauweise ausgeführt. Die Außenwände wurden in Mantelbeton mit einem 16 cm Wärmedämmverbundsystem EPS-F Plus ausgeführt.

Die Wohnungstrennwände wurden mit dem System Velox GT30 errichtet. Die Innenwände wurden teilweise im System Velox TT25 und teilweise als Leichtbauwände ausgeführt. Die Wände zum Stiegenhaus sind in Mantel-betonbauweise System Velox SST32 errichtet.

Der Fußboden zum unbeheizten Keller und zur Tiefgarage ist außengedämmt mit 10 cm Tektalan-E-21 ($\lambda=0,047$ W/mK).

Die Decken und Dächer sind in Massivbauweise als Warmdächer ausgeführt. Die Terrassen sind mit 40 cm EPS-W25 ($\lambda=0,036$ W/mK) und die oberste Geschossdecke bzw. das Flachdach sind mit 44 cm EPS-W25 gedämmt.

Die vorliegenden Berechnungen beinhalten Kunststoffenster mit 3-fach Verglasung, System Trocal InnoNova 70. Tatsächlich wurden Fenster von der Fa. Internorm eingebauten.

Die Berechnung des Energiebedarfes wurde mit den vom Bauträger zur Verfügung gestellten Daten durchgeführt.

4.2.3 GEBÄUDETECHNIK

Die gesamte Anlage NEH1, NEH2 und PH wird mittels Fernwärme versorgt. Die Wohneinheiten des PH, NEH1 und NEH2 verfügen über Wohnungsstationen, durch welche einerseits die Radiatoren und im PH das Heizregister der Zuluft mit Wärmemenge versorgt und andererseits das Warmwasser aufbereitet wird.

Die Versorgung des NEH1 und NEH2 erfolgt über den Pufferspeicher im Heiztechnikraum des NEH2, welcher mittels Fernwärme und der Solaranlage auf dem Dach des NEH2 gespeist wird.

Der Pufferspeicher im Heiztechnikraum des PH wird mittels Fernwärme und der Solaranlage am Dach des PH gespeist und versorgt die Wohneinheiten des PH.

Im ersten Bauabschnitt wurden elektrische Heizkostenverteiler EHKV¹³ eingebaut. Der EHKV erfasst die Mitteltemperatur vom Heizkörper und die Umgebungstemperatur bzw. erfasst er der den Heizbetrieb und errechnet dann ausgehend von der Leistung des Heizkörpers einen fiktiven Code. Dieser fiktive Code zeigt den aktuellen Verbrauch, den Stichtagverbrauchswert und die Nummer des Heizkostenverteilers an. Der EHKV wird alle 14 Tage per Funk ausgelesen und die erfassten Werte werden abgespeichert. Die EHKV sind nicht geeicht.

Die Wohnungsstationen des PH sind mit Wärmemengenzählern ausgestattet. Diese verfügen über einen Durchflussmengenzähler mit Erfassung der Temperaturdifferenz Vor- und Rücklauf, der die vorhandene Durchflussmenge bzw. Energiemenge ermittelt. Diese Wärmehähler sind geeicht.

Der zweite Bauabschnitt, das PH, hat eine kontrollierte Wohnraumlüftung. Es ist ein Heizregister vorhanden, in Form eines Nachheizregisters, mithilfe dessen die Temperatur für die Zuluft in der jeweiligen Wohnung angepasst werden kann. Im Kellergeschoss befindet sich der Technikraum für das PH, wo auch das Zentrallüftungsgerät mit dem Kreuzstromwärmetauscher angeordnet ist.

In den Wohnungen des Passivhauses wurde auch pro Wohnung zusätzlich ein Heizkörper eingebaut. Diese wurden angeordnet um die Raumtemperatur zusätzlich anpassen zu können.

Eine Gebäudetechnikübersicht [9] ist auch in der Beilage 1 dargestellt.

¹³ EHKV - elektrischer Heizkostenverteiler

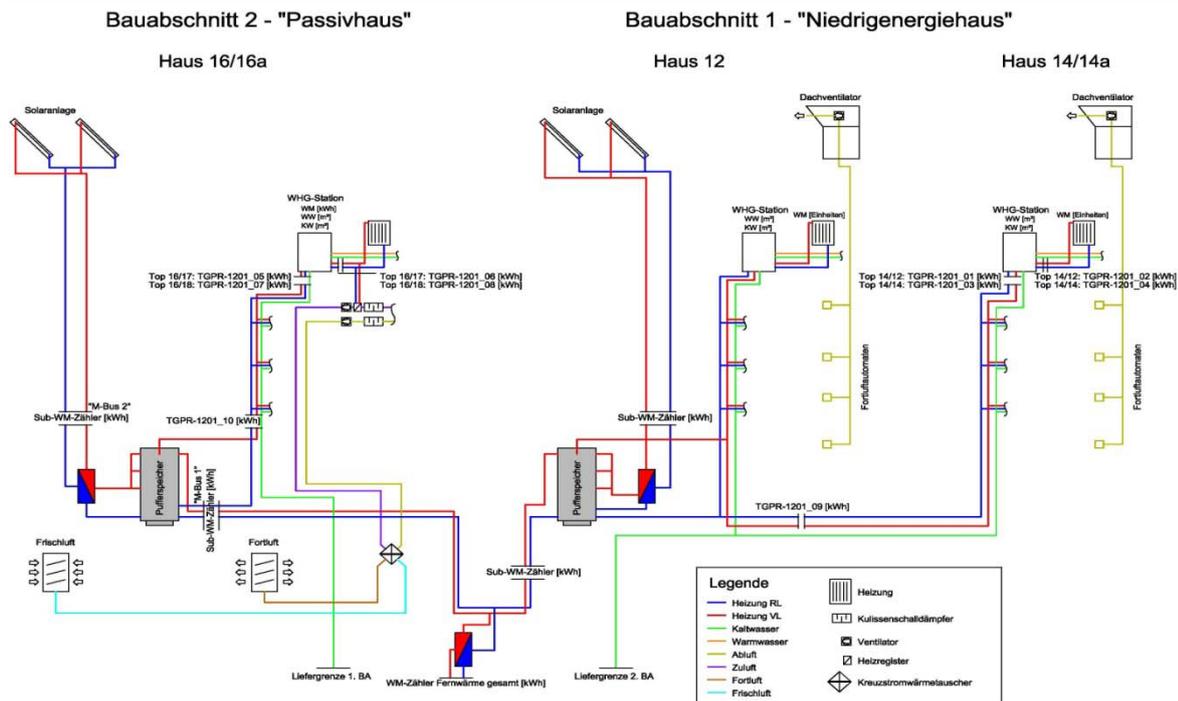


Abbildung 8 Gebäudetechnikübersicht

4.2.3.1 LÜFTUNGSKONZEPT

Die Lüftung der Niedrigenergiehauswohnungen erfolgt über die Fenster und Einzellüfter bzw. über die mechanische Entlüftung einzelner Räume, die von baubehördlicher Seite für fensterlose WCs und Bäder sowie Abstellräume vorgeschrieben ist.

Die Passivhauswohnungen verfügen, wie bereits oben erwähnt, über eine kontrollierte Wohnraumlüftung.

Bei der zentralen Lüftungsanlage handelt es sich um ein Be- und Entlüftungsgerät TSL-5000 + ASB, das eine Luftmenge von ca. 4.690 [m³/h] befördern kann. Als Systemvorteile des Systems werden, von der Herstellerfirma, ein automatischer aktiver Sommerbypass, die Volumenstrombalance und die Abtauautomatik genannt.

In der Abbildung 9 ist ein Anlagenschema der Zu- und Abluftanlage dargestellt. Die Zu- und Abluftanlage beinhaltet den Kreuzstromwärmetauscher mit dem Sommerbypass, den Luftfilter und die Ventilatoren für die Ab- und Außenluft sowie die erforderlichen Schalldämpfer. Die Wohnungen sind mit einem Konstantvolumenstromregler für Zu- und Abluft, einem Heizregister und Schalldämpfern ausgestattet. Die Luftmenge pro Wohnung wird mithilfe des Konstantvolumenstromreglers eingestellt. Die Luftmenge kann in jeder Wohnung in drei Stufen reguliert werden. Die Luftmengenstufen sind je nach Wohnung unterschiedlich und auf die jeweilige Wohnfläche abgestimmt (40 – 90 m³/h, 60 – 120 m³/h und 80 – 160 m³/h).

Die Luftmengen Zufuhr und das Nachheizen werden in jeder Wohnung über Bedienelemente vorgenommen. Die Vorwärmung der Zuluft erfolgt über die Wärmerückgewinnung des Wärme-

tauschers im Haustechnikraum. Die Nachheizung erfolgt über Heizregister der einzelnen Wohnungen. Die Lüftung ist 365 Tage im Jahr in Betrieb.

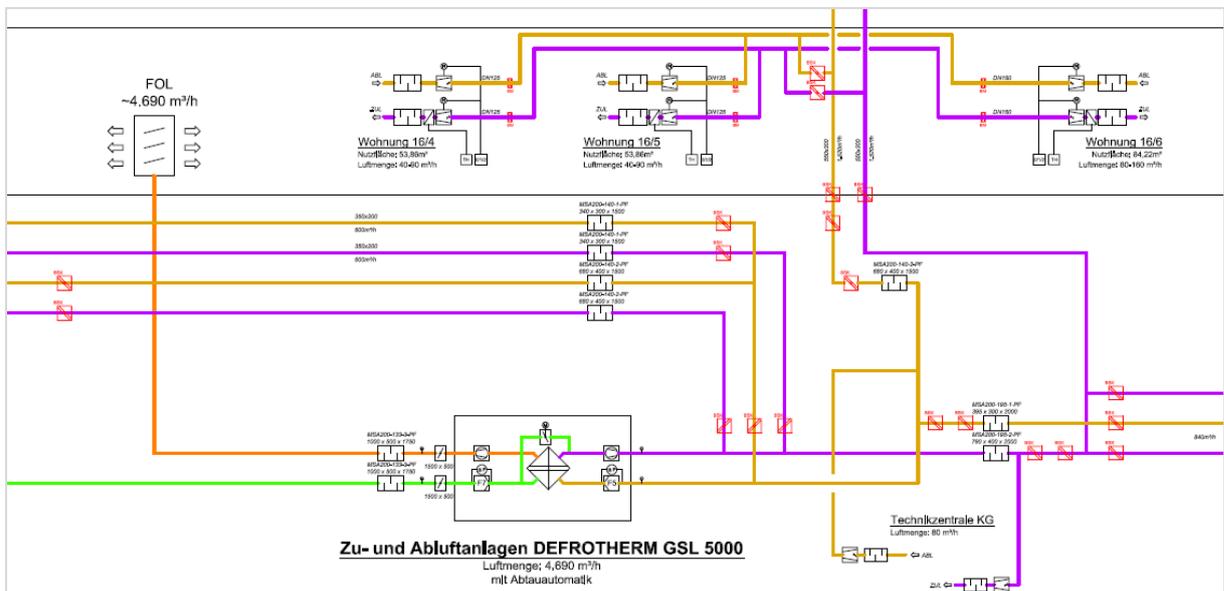


Abbildung 9 Anlagenschema der Zu- und Abluftanlage

Der Grundriss teilt sich im Bezug auf die Lüftung in drei Zonen:

- Zuluftzonen,
- Überströmzonen,
- Abluftzonen.

Zuluftzonen sind alle Aufenthaltsräume (Wohnküche/Wohnzimmer, Schlafzimmer, Kinderzimmer und Arbeitszimmer), Überströmzonen sind Vorräume und Abluftzonen sind Küche, Toilette, Badezimmer und Abstellräume.

In der Beilage 2 ist ein Schema der Heizung, Lüftung, Sanitär (HLS) der Wohnung des PH dargestellt.

4.2.3.2 SOLARANLAGE

Ein Großflächenkollektor mit Sunstrip-Absorber und einer Kollektorfläche von 130 m² pro Bauabschnitt versorgt die Wohnanlage mit Solarenergie.

Das NEH1 und NEH2 verfügen über eine gemeinsame Solaranlage, die sich am Dach des NEH2 befindet. Diese Solaranlage versorgt das NEH1 und NEH2.

Aufgrund von Undichtheiten am Dach des NEH2 und deren Reparatur war die Solaranlage mehrere Monate lang nicht in Betrieb.

5. ENERGIETECHNISCHE ANALYSE

5.1 PLANUNGSKENNWERTE UND RANDBEDINGUNGEN

5.1.1 NEH1

Beim Niedrigenergiehaus ist die Bruttogrundfläche BGF die Bezugsgröße, die in der Tabelle 5 für jedes Geschoss angeführt ist. Das Stiegenhaus wird als unbeheizter Gebäudeteil betrachtet.

Tabelle 5 Flächenermittlung NEH1

		EG ¹⁴	1.OG ¹⁵	2.OG	3.OG	4.OG
BGF	m ²	616,69	702,84	702,84	586,25	369,23
VOLUMEN	m ³	9149,82				

Die thermische Grenze umfasst alle wärmeabgebenden Bauteile, die zu Außenluft sowie an unbeheizten und erdberührten Gebäudeteilen grenzen.

Eine Übersicht der thermischen Grenze ist in den Grundrissen vom Erdgeschoss und dem ersten Obergeschoss sowie im Schnitt D-D, in der Abbildung 10 bis Abbildung 13 hellblau dargestellt. Die Grundrisse, der Schnitt D-D und die Ansichten sind nicht maßstabsgetreu.

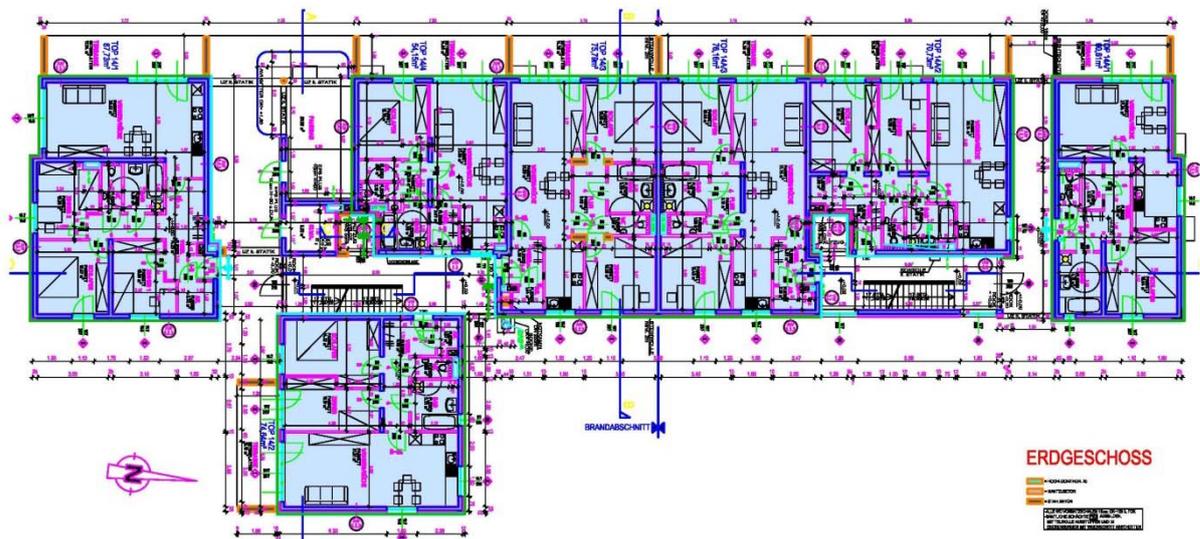


Abbildung 10 Thermische Grenze Erdgeschoss NEH1

¹⁴ Erdgeschoss

¹⁵ Obergeschoss

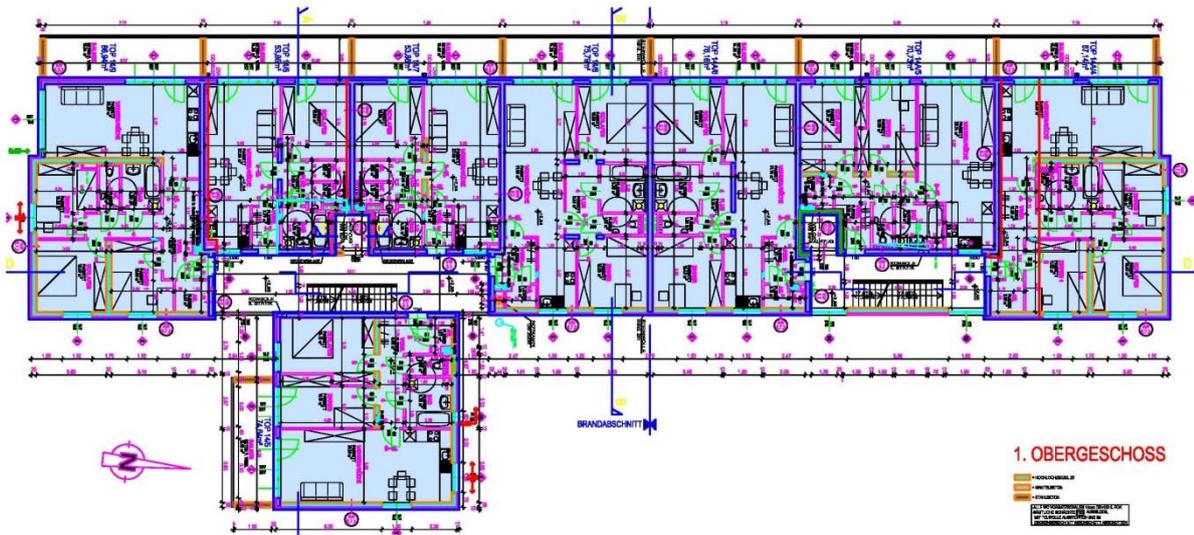


Abbildung 11 Thermische Grenze 1.Obergeschoss NEH1

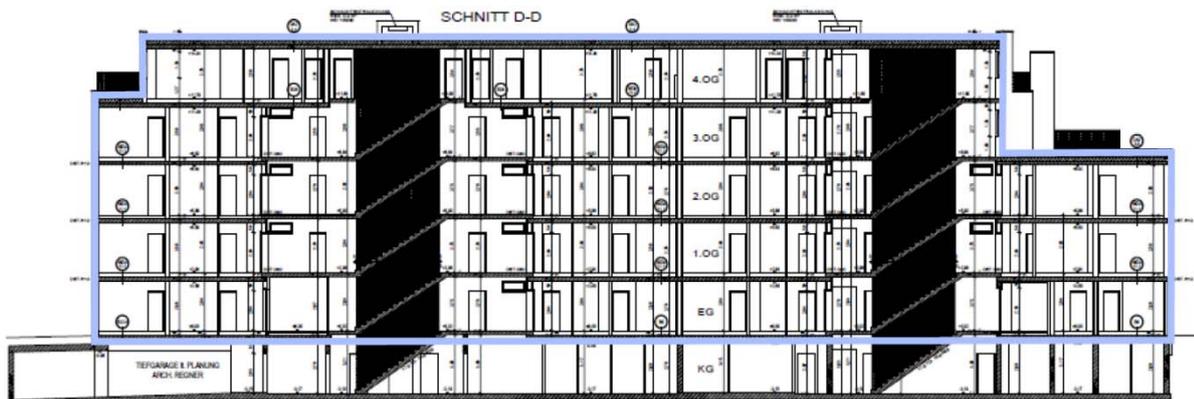


Abbildung 12 Thermische Grenze - Schnitt D-D NEH1



Abbildung 13 Ansichten NEH1

5.1.2 PH

Beim Passivhaus ist die Bezugsgröße die Energiebezugsfläche EBF, die in der Tabelle 6 angeführt ist, für jedes Geschoss. Das Stiegenhaus fließt in die Berechnungen mit ein und wird als beheiztes Gebäudeteil berücksichtigt, vom Kellergeschoss bis zum 4.OG.

Tabelle 6 Flächenermittlung PH

		KG ¹⁶	EG	1.OG	2.OG	3.OG	4.OG
EBF	m ²	67,88	860,18	860,18	860,18	756,37	440,86
VOLUMEN	m ³	12253,72					

Eine Übersicht der thermischen Grenze ist in den Grundrissen Erdgeschoss und erstes Obergeschoss sowie im Schnitt D-D, in der Abbildung 14 bis Abbildung 17 hellblau dargestellt. Die Grundrisse, der Schnitt D-D und die Ansichten sind nicht maßstabsgetreu.

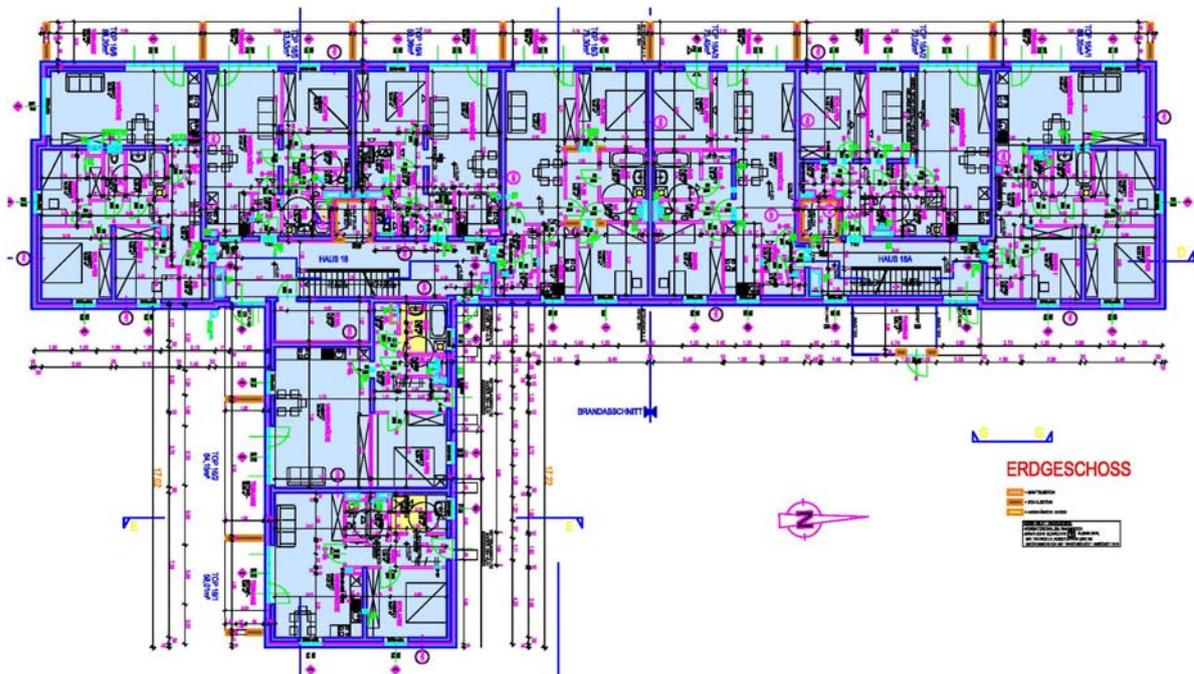


Abbildung 14 Thermische Grenze Erdgeschoss PH

¹⁶ Kellergeschoss

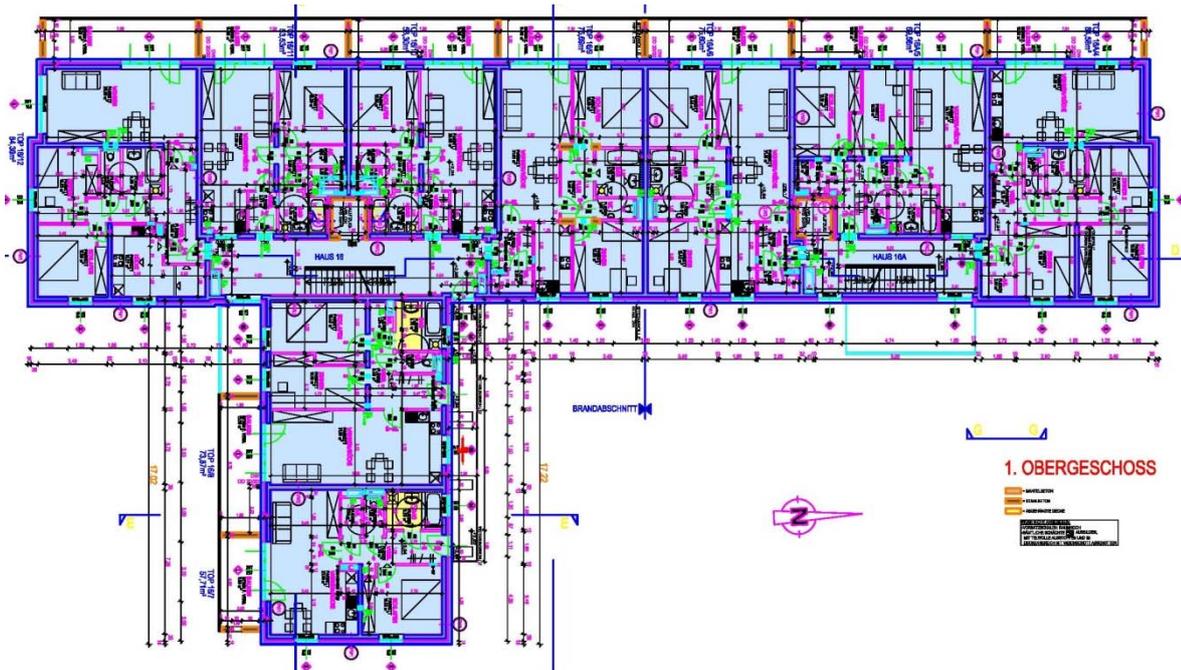


Abbildung 15 Thermische Grenze 1.Obergeschoss PH

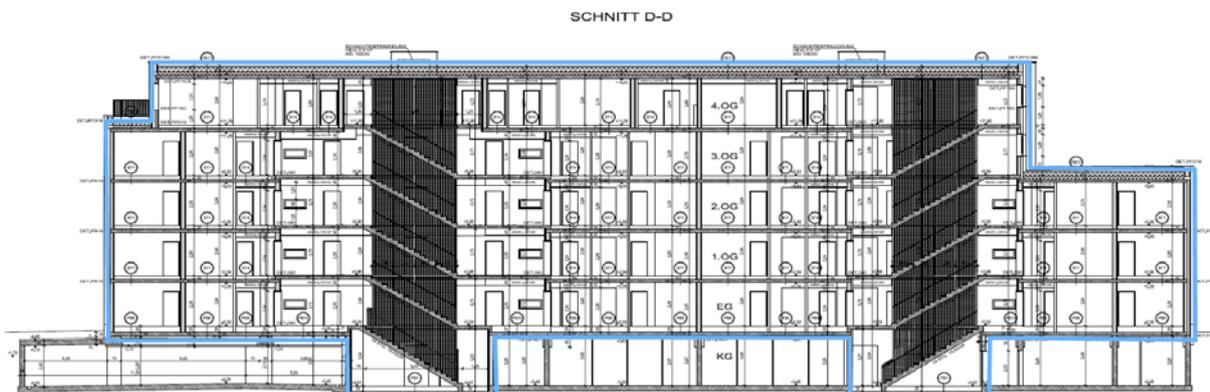


Abbildung 16 Thermische Grenze - Schnitt D-D PH



Abbildung 17 Ansichten PH

5.2 BERECHNUNGEN

5.2.1 DARSTELLUNG DER BEIDEN BAUKONZEPTE IM DETAIL

Die folgenden Projektunterlagen wurden zur Berechnung verwendet und teilweise ergänzt:

- bauphysikalische Prüfvermerk für die A15-Einreichung vom 16.06.2009 für das NEH1;
- bauphysikalische Prüfvermerk für die A15-Einreichung vom 20.05.2010 für das PH.

Da es sich um bereits bestehende Gebäude handelt, werden jene Richtlinien und Normen herangezogen, die zum Zeitpunkt der Einreichung der Bauprojekte NEH1 (2009) und PH (2010) in Kraft waren.

5.2.1.1 BAUTEILE

Die nachstehenden Bauteilangaben wurden den beigestellten Daten und Typenblättern, wie oben erwähnt, entnommen und teilweise ergänzt. Die Anmerkungen diesbezüglich sind unter 4.1 erläutert.

Die Nachweisführung der Bauteile und die Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile erfolgte gemäß ÖNorm B 8110-1 und OIB-Richtlinie 6. In der Tabelle 9 und Tabelle 10 sind die berechneten Wärmedurchgangskoeffizienten der thermischen Hülle des NEH1 und des PH den Anforderungen gemäß ÖNorm B 8110-1 und OIB-Richtlinie 6 zusammenfassend angeführt. Diese Gegenüberstellung zeigt deutlich, dass die vorgeschriebenen Richtwerte unterschritten wurden.

Die WBF6-Blätter sind in der Beilage 3 bzw. in der Beilage 4 zu finden.

Anzumerken ist für die Bauteile im PH:

- PB17 - letzte Geschossdecke (Warmdach) sowie
- PB16 - letzte Geschossdecke (Terrasse).

dass gemäß den eingereichten und beigestellten Unterlagen, der gleiche Wärmedurchgangskoeffizient wie in den bauphysikalischen Nachweisen der WBF6-Blätter auch in den Energieausweisen verwendet wurde. Im Energieausweis wird der Wärmedurchgangskoeffizient mit der mittleren Dicke der Gefälledämmplatte berücksichtigt. Wenn davon ausgegangen wird, dass sich ein Wärmedurchgangskoeffizient von $0,080 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$ mit einer Dämmdicke der Gefälledämmplatte im Mittel 24 cm ergibt, widerspricht dies der ermittelten Dämmdicke nach ÖNorm EN ISO 6946.

Durch die Rückrechnung auf Basis des Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,080 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$ entsprechend der ÖNorm EN ISO 6946:2007 [14] ergibt sich für den Aufbau PB17 eine maximale Dicke der Gefälledämmplatte von ~62 cm bzw. im Mittel 31 cm.

Tabelle 7 Aufbau PB17-letzte Geschoßdecke (Warmdach) PH

PB17 - LETZTE GESCHOßDECKE (WARMDACH)	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]
Sarnafil Dachabdichtung	0,0018	0,230	0,008
Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m ²)	0,0005	0,220	0,002
EPS-W 25 im Gefälle hergestellt	0,2400	0,036	6,667
EPS-W 25	0,2000	0,036	5,556
Dampfbremse, sdu>sdo, Sarnavap 2000 E	0,0002	0,350	0,001
Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m ²)	0,0005	0,220	0,002
Stahlbeton-Decke	0,1800	2,300	0,078
Spachtelung	0,0030	1,400	0,002

RT [m²·K/W]	12,456
U [W/m²·K]	0,080

Tabelle 8 Aufbau PB18-letzte Geschoßdecke (Terrasse) PH

PB18 - LETZTE GESCHOßDECKE (TERRASSE)	d [m]	λ [W/m·K]	R [m²·K/W]
Betonplatten	0,0400		
Kiesschüttung	0,0900		
Trennlage Vlies	0,0050		
Sarnafil Dachabdichtung	0,0018	0,230	0,008
Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m ²)	0,0005	0,220	0,002
EPS-W 25 im Gefälle hergestellt	0,2000	0,036	5,556
EPS-W 25	0,2000	0,036	5,556
Dampfbremse, sdu>sdo, Sarnavap 2000 E	0,0002	0,230	0,001
Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m ²)	0,0001	0,220	0,002
Stahlbeton-Decke	0,1800	2,300	0,078
Spachtelung	0,0030	1,400	0,002

RT [m²·K/W]	11,343
U [W/m²·K]	0,088

Für den Aufbau PB17 ergibt sich lt. der ÖNorm EN ISO 6946:2007 eine maximale Dicke der Gefälledämmplatte von ~50 cm bzw. im Mittel 25 cm, damit der Wärmedurchgangskoeffizient von 0,088 [W/m²·K] erreicht wird.

Aus den Unterlagen ist nicht nachvollziehbar, welcher Berechnungsansatz gewählt wurde und welche Dämmdicke schlussendlich zum Einsatz gekommen ist.

Tabelle 9 NEH1 – Berechnete U-Werte und Anforderungen nach OIB-Richtlinie 6

BAUTEIL	BEZEICHNUNG	VORHANDENER U-WERT [W/m²K]	GEFORDERTER U-WERT¹⁷ [W/m²K]
Wände gegen Außenluft	AW01 - Außenwand Mantelbeton (6.5.3)	0,186	0,350
Wände gegen Außenluft	AW02 - Außenwand HLZ N+F)	0,181	0,350
Decken gegen Außenluft	FD01 - Flachdach (3.2)	0,166	0,200
Decken gegen Außenluft	FD02 - oberste Geschossdecke (3.4)	0,082	0,200
Wände gegen unb. Gebäudeteile	IW01 - Liftschachtwand mit WTW (10.4)	0,589	0,600
Wände gegen unb. Gebäudeteile	IW02 - Liftschachtwand (10.5)	0,438	0,600
Wände gegen unb. Gebäudeteile	IW03 - Stiegenhauswand (VW3.3)	0,501	0,600
Auskragungen	DD01 - Decke über Durchgang (B10)	0,139	0,200
Auskragungen	DD02 - Decke über Durchgang sanitär (B10.1)	0,139	0,200
Innendecke gegen unb. Gebäudeteile	ID01 - TG-Decke (B22.4)	0,202	0,400
Innendecke gegen unb. Gebäudeteile	ID02 - TG-Decke sanitär (B22.4)	0,203	0,400
Innendecke gegen unb. Gebäudeteile	ID03 - Decke über Stiegenhaus (B26)	0,289	0,400
Innendecke gegen unb. Gebäudeteile	KD01 - Kellerdecke (B6)	0,155	0,400
Innendecke gegen unb. Gebäudeteile	KD02 - Kellerdecke sanitär (B9)	0,156	0,400
Wohnungstrenndecke	WTD 01.1 - Wohnungstrenndecke (WDu11.1)	0,451	0,900
Wohnungstrenndecke	WTD 01.1 - Wohnungstrenndecke sanitär (WDu11.1)	0,451	0,900
Fenster und Fenstertüren	FE01 - Fenster	0,920	1,400
Außentüren	AT - Außentür / Laubengangtür	1,100	1,400
Türen gegen unb. Gebäudeteile	IT - Innentür/ Tür zum unb. Stiegenhaus	1,700	2,500

¹⁷ Anforderungen nach OIB-Richtlinie 6:2007

Tabelle 10 PH - Berechnete U-Werte und Anforderungen nach OIB-Richtlinie 6

BAUTEIL	BEZEICHNUNG	VORHANDENER U-WERT [W/m ² K]	GEFORDERTER U-WERT ¹⁸ [W/m ² K]	GEFORDERTER U-WERT ¹⁹ [W/m ² K]
Wände gegen Außenluft	PW1 - Außenwand (Mantelbeton + WDVS)	0,111	0,350	≤ 0,150
Wände gegen Außenluft	PW2 - Außenwand (Mantelbeton + WDVS)	0,098	0,350	≤ 0,150
Decken gegen Außenluft	PB17 - letzte Geschossdecke (Warmdach)	0,080	0,200	≤ 0,150
Decken gegen Außenluft	PB18 - letzte Geschossdecke (Terrasse)	0,088	0,200	≤ 0,150
Trennwände zw. Wohn-o. Betriebseinheiten	LW1 - Wohnungstrennwand zu Lift	0,442	0,900	-
Trennwände zw. Wohn-o. Betriebseinheiten	LW2 - Wohnungstrennwand zu Lift	0,381	0,900	-
Trennwände zw. Wohn-o. Betriebseinheiten	LW3 - Wohnungstrennwand zu Lift	0,730	0,900	-
Trennwände zw. Wohn-o. Betriebseinheiten	LW4 - Wohnungstrennwand zu Lift	0,708	0,900	-
Wände gegen unb. Gebäudeteile	PW3 - Trennwand STGH zu TG/KG	0,167	0,600	-
Wände gegen unb. Gebäudeteile	PW4 - Trennwand Aufzug zu KG	0,206	0,600	-
Trennwände zw. Wohn-o. Betriebseinheiten	VW3 - Wohnungstrennwand	0,816	0,900	-
Trennwände zw. Wohn-o. Betriebseinheiten	VW3.2 - Wohnungstrennwand (Bad)	0,351	0,900	-
Trennwände zw. Wohn-o. Betriebseinheiten	VW3.3 - Wohnungstrennwand zu STGH	0,500	0,600	-
Innenwand	VW4 - Innenwand	1,018	/	-
Erdberührte Fußböden	PB1 - Erdberührter Fußboden (STGH)	0,173	0,400	≤ 0,150
Innendecke	B11/14 - Geschossdecke (Parkett/Fliesen)	0,403	0,900	-
Innendecke gegen unb. Gebäudeteile	PB10 - STGH-Decke über KG	0,104	0,400	≤ 0,150
Innendecke gegen unb. Gebäudeteile	PB6/9 - Decke über KG/TG	0,107	0,400	≤ 0,150
Fenster und Fenstertüren	FE01 - Fenster	0,850	1,400	≤ 0,800
Außentüren	AT Wohnungseingangstür Außentüren Portale EG Außentüren zum Laubengang	1,000	1,400	-
Türen gegen unbeheizte Gebäudeteile	Türen zu Keller	1,000	2,500	-

¹⁸ Anforderungen nach OIB-Richtlinie 6:2007¹⁹ Mindestanforderungen an die Passivhauskriterien

5.2.1.2 WÄRMEBRÜCKEN

Der Wärmeverlust über Wärmebrücken darf für den Energieausweis entweder anhand von Pauschalwerten, dem vereinfachten Ansatz oder mithilfe einer detaillierten Berechnung ermittelt werden. Um den Einfluss dieser Varianten zu untersuchen, wurden die Wärmebrücken für das Niedrigenergie- und das Passivhaus im Detail berechnet.

5.2.1.2.1 GRUNDLAGE FÜR DIE BERECHNUNG DER WÄRMEBRÜCKEN

Den eingereichten und vorgelegten bauphysikalischen Unterlagen ist zu entnehmen, dass die Energieausweise mithilfe von pauschalen Werten berechnet wurden. Für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Wärmebrückenberechnung wurden die wesentlichen Details untersucht. Die Berechnung basiert auf der antragstellerseitigen Detailmappe für NEH1 vom 27.03.2009 und für PH vom 22.04.2010. Ebenfalls übergeben wurden Pläne des Objektes zum folgenden Planungsstand verwendet:

Tabelle 11 Planstand der vorliegenden Pläne NEH1 und PH

GESCHOSS	NEH1	PH
	PLANSTAND	
Kellergeschoss	24.04.2009	11.05.2010
Erdgeschoss	15.06.2009	11.05.2010
1 Obergeschoss	15.06.2009	11.05.2010
2 Obergeschoss	15.06.2009	11.05.2010
3 Obergeschoss	15.06.2009	11.05.2010
4 Obergeschoss	15.06.2009	11.05.2010
Dachdraufsicht	x	11.05.2010
Schnitt A-A	15.06.2009	19.04.2010
Schnitt B-B	15.06.2009	11.05.2010
Schnitt C-C	15.06.2009	11.05.2010
Schnitt D-D	15.06.2009	19.04.2010
Schnitt E-E	x	19.04.2010
Schnitt F-F	x	19.04.2010
Ansichten	23.04.2009	19.04.2010
Grundrisse in DWG-Files	22.06.2009	27.05.2010

Beide Unterlagen dienen als Basis für die Wärmebrückenberechnung. Anzumerken ist, dass nicht alle Details in den vorliegenden Unterlagen konsistent waren.

5.2.1.2.2 BERÜCKSICHTIGUNG DER WÄRMEBRÜCKEN

Die Berücksichtigung der Wärmebrücken kann, wie bereits erwähnt, anhand der Pauschalwerte nach ÖNorm B 8110-6, entsprechend dem vereinfachten Ansatz nach ÖNorm B 8110-6, oder mit Hilfe einer detaillierten Betrachtung gemäß ÖNorm EN ISO 10211 erfolgen.

Die Pauschalwerte stellen eine Näherung dar und werden nach ÖNorm B 8110-6 wie folgt berechnet:

Formel 7 Wärmebrückenzuschlag: Pauschaler Ansatz gemäß ÖNorm B 8110-6:2007 [13]

$$L_{\psi} + L_{\chi} = 0,2 \cdot \left(0,75 \cdot \frac{\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i \geq 0,1 \cdot L_e \quad (21)$$

$$L_{\psi} + L_{\chi} = 0,2 \cdot \left(1,25 \cdot \frac{\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i \geq 0,1 \cdot L_e \quad (22)$$

Formel 8 Wärmebrückenzuschlag: Pauschaler Ansatz gemäß ÖNorm B 8110-6:2010 [18]

$$L_{\psi} + L_{\chi} = 0,2 \cdot \left(0,75 \cdot \frac{\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i \geq 0,1 \cdot (L_e + L_u + L_g) \quad (12)$$

$$L_{\psi} + L_{\chi} = 0,2 \cdot \left(1,25 \cdot \frac{\sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i}{\sum_i A_i} \right) \cdot \sum_i f_{FH,i} \cdot f_{i,h} \cdot A_i \cdot U_i \geq 0,1 \cdot (L_e + L_u + L_g) \quad (13)$$

[18] Bedeutung:

L_{ψ} ... Leitwertzuschlag für zweidimensionale Wärmebrücken, in W/K

L_{χ} ... 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 alle Bauteile, die den konditionierten Innenraum und unconditionierte Räume thermisch verbinden, in W/K

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

$f_{FH,i}$... Korrekturfaktor für Flächenheizung in der Gebäudehülle ($f_{FH,i} = 1$ ohne Flächenheizung)

$f_{i,h}$... Temperaturfaktor der Bauteile nicht gegen Außenluft

A_i ... Fläche des Bauteils i der Gebäudehülle, in m^2

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

Die Wärmebrückenbereiche für den vereinfachten Ansatz sind in der ÖNorm B 8110-6 angeführt. Die Wärmebrücken der Innenwandaufbindungen an wärmeabgebenden Bauteilen sowie die negativen Psi-Werte (Ψ) bleiben unberücksichtigt. Bei Gebäuden mit Innendämmung darf das Verfahren nicht angewendet werden [18].

Die Korrekturkoeffizienten für die Wärmebrücken können für den pauschalen sowie für den vereinfachten Ansatz mit o.a. Formeln berechnet werden oder den entsprechenden Wärmebrückenkatalogen sowie den Defaultwerten aus der ÖNorm B 8110-6 entnommen werden.

Unter der detaillierten Wärmebrückenberechnung versteht man die Abbildung sämtlicher Wärmebrücken gemäß ÖNorm EN ISO 10211.

5.2.1.2.3 BESCHREIBUNG DER AUSWERTUNG

Die Übersicht über die ermittelten Werte ist der Beilage 7 zu entnehmen. Die jeweiligen Berichte zur Wärmebrückenberechnung, die im Rahmen dieser Arbeit angefertigt wurden, sind auf dem beigelegten Datenträger zu finden.

In der weiteren Folge werden drei Details der Wärmebrückenberechnung der Gebäude einander gegenübergestellt.

Wie bereits angemerkt, sind nicht alle Details in den vorliegenden Unterlagen zur Gänze konsistent. Dementsprechend konnten z. B. in den Wärmebrückenberechnungen mit Fensteranschluss die Rolladenkästen nicht berücksichtigt werden, da in den beigelegten Unterlagen diese Details fehlen.

Tabelle 12 Übersicht drei Details der Wärmebrückenberechnung (psi-Werte) des NEH1 und PH

ANSCHLUSSDETAIL NEH1	PSI-WERT [W/(m·K)]	PSI-WERT [W/(m·K)]	ANSCHLUSSDETAIL PH
Fenstersturz - Außenwand Mantelbeton AW01	0,057	0,018	Fenstersturz - Außenwand Mantelbeton PW1
Unterer Fensteranschluss an Außenwand Hochlochziegel AW02	0,035	0,000	Unterer Fensteranschluss an Außenwand Mantelbeton PW1
Sockelbereich Außenwand Mantelbeton AW01 - ID01 TG-Decke	0,223	0,130	Sockelbereich Außenwand Mantelbeton PW1 - PB6/9 Decke über KG/TG

Im Rahmen der Berechnung des Energiebarfes (OIBRL 6 und PHPP) wurde das Rohbauöffnungsmaß für die Berechnung der Fenster und Fenstertüren und der Außenmaßbezug für die Flächenermittlung (z. B. Außenwand und Decke über Keller oder Tiefgarage) herangezogen. Der psi-Wert für diesen Bezugspunkt wurde dementsprechend berechnet.

In der Abbildung 18 ist eine Isothermendarstellung eines Fenstersturzes des NEH1 und PH dargestellt. Der Fenstersturz-Anschluss beim NEH1 weist eine höhere Wärmeabgabe auf als jener beim PH. Beim PH wird, durch die Anordnung einer weiteren Dämmschicht EPS-F Plus ($\lambda=0,032$ W/m·K) am Regelquerschnitt und durch die versetzte Anschlusskonstruktion des Fensters in der Dämmebene, der abfließende Wärmestrom verringert, was einen geringeren psi-Wert ergibt und die Auswirkung der Wärmeleitfähigkeit des Stahlbetons wird beschränkt. Die Wärmeleitfähigkeit des Stahlbetons ist nicht zu unterschätzen, was beim NEH1 gut ersichtlich wird.

Beim PH Detail zeigt sich die Temperaturverteilung relativ homogen. Die Innenoberflächentemperatur beträgt beim NEH1 $T_{\min}=12^{\circ}\text{C}$ und beim PH $T_{\min}=12,5^{\circ}\text{C}$. In beiden Fällen ist das Risiko eines Oberflächenkondensats oder einer Schimmelbildung erheblich minimiert.

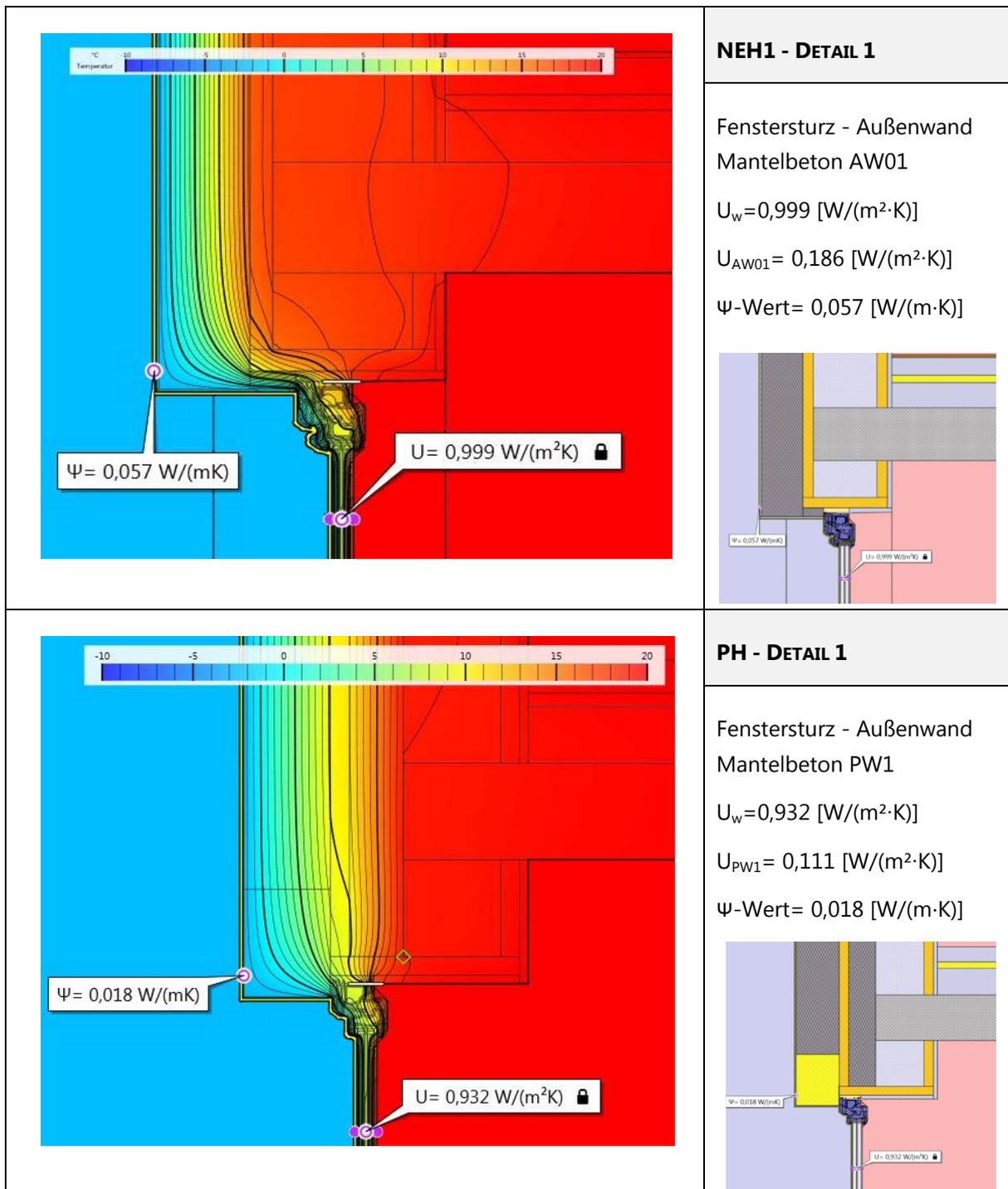


Abbildung 18 Isothermenverlauf und Darstellung des Fenstersturzes im NEH1 und PH

In der Abbildung 19 ist der untere Fenster-Wandanschluss des NEH1 und des PH dargestellt. Auch hier ergibt sich anhand der wärmetechnischen Einbausituation an der tragenden Wand in der Dämmebene eine günstigere Lösung. Die Isothermen verlaufen im gesamten Anschlussbereich ohne große

Krümmungen. Beim PH ergibt sich ein ψ -Wert von $0 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, was bedeutet, dass hier keine Wärmeverluste durch die Wärmebrücke entstehen bzw. dieser Bereich der Wärmebrücke ist gleichwertig dem ungestörten Bauteilbereich bzw. Regelquerschnitt.

Auch hier zeigt sich, dass die Temperaturverteilung beim PH relativ homogen ist. Die Innenoberflächentemperatur beträgt beim NEH1 $T_{\min}=11,8^\circ\text{C}$ und beim PH $T_{\min}=13,2^\circ\text{C}$. Auch hier ist das Risiko eines Oberflächenkondensats oder einer Schimmelbildung erheblich minimiert.

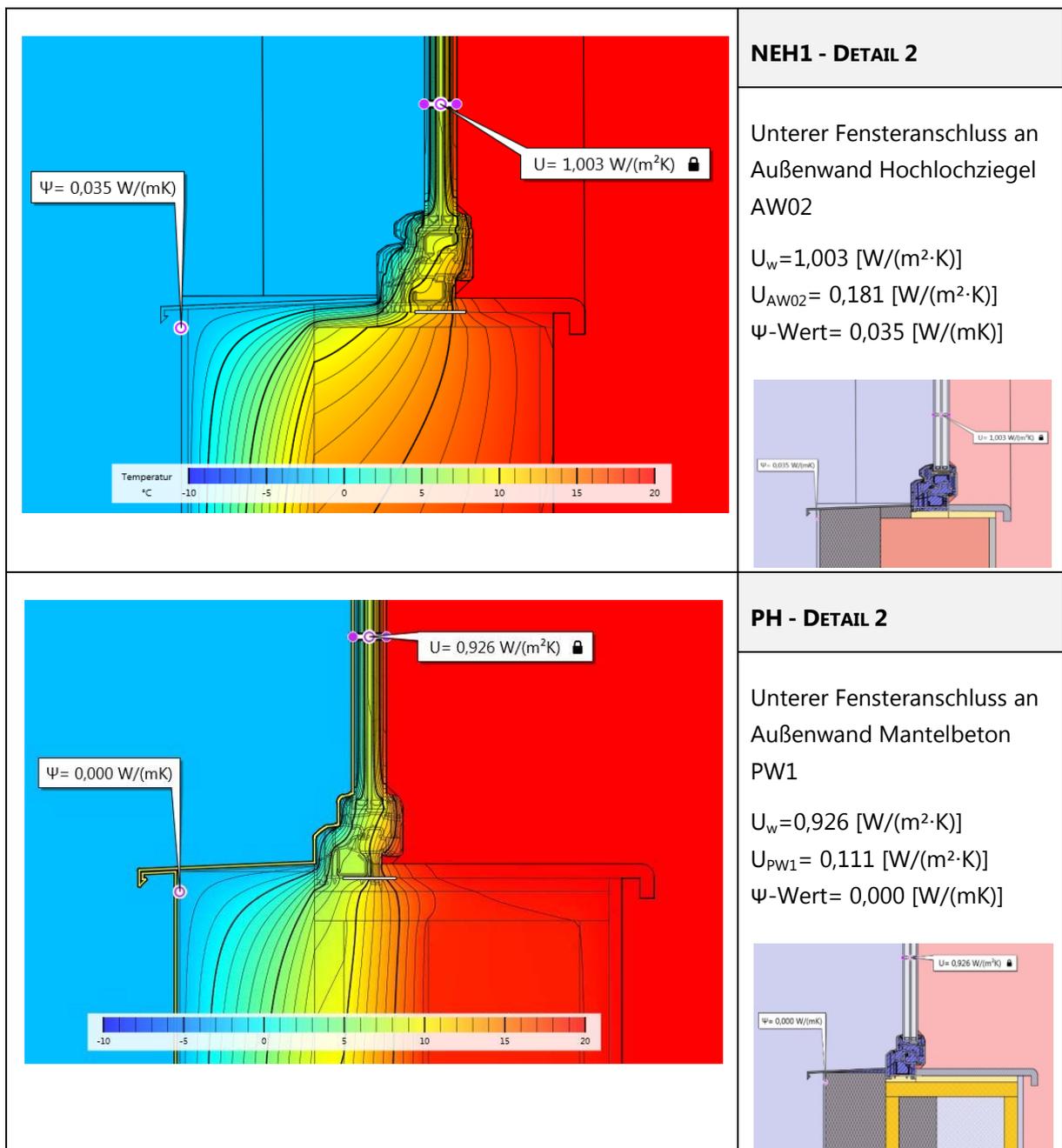


Abbildung 19 Isothermenverlauf und Darstellung des unteren Fenster-Wandanschlusses im NEH1 und PH

Eine entscheidende Rolle, beim Isothermenverlauf, spielt die Positionierung der Konstruktionen, wie der Fenster- und Türelemente.

In der Abbildung 20 ist ein Sockelbereich des NEH1 und des PH dargestellt. Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Stahlbetons führt zu erhöhten Wärmeverlusten, was dem Detail 18 des NEH1 zu entnehmen ist. Beim PH wurden die Anordnung der Dämmmaßnahmen an der kalten Seiten wie auch die Erhöhung der Dämmebene, die zu einer Verringerung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Regelbauteile und der Wärmeverluste führen, gut gewählt.

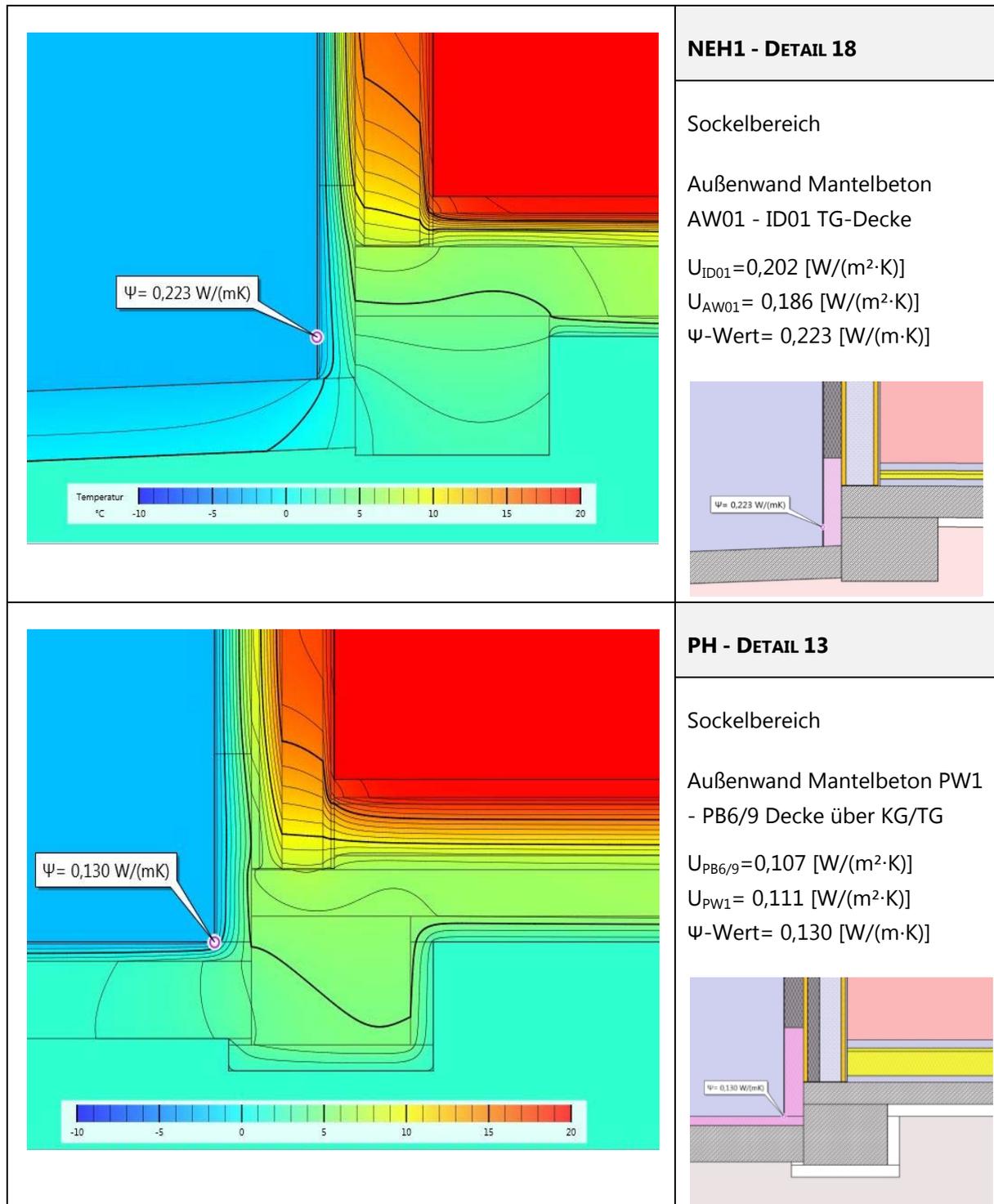


Abbildung 20 Isothermenverlauf und Darstellung des Sockelbereiches im NEH1 und PH

Es muss hervorgehoben werden, dass nicht nur die Regelbauteile mit einem niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten zu einem kleineren ψ -Wert und niedrigeren Wärmeverlust beitragen, sondern auch ein gut durchdachtes und ausgeführtes Anschlussdetail mit steigender Dämmdicke an der kalten Seite des Bauteils bewirkt einen kleineren Wärmebrückeneffekt und führt zu geringerem Wärmeverlust.

Konstruktiv ist jedoch anzumerken, dass die Dicke Innendämmung feuchtetechnisch kritisch sein kann.

In der Tabelle 13 ist der Leitwertzuschlag für Wärmebrücken, des NEH1 und des PH, mit Pauschalwerten, dem vereinfachten Ansatz und der detaillierten Betrachtung der Wärmebrücken dargestellt. Die pauschalen Werte wurden aus dem Programm ArchiPHYSIK entnommen und die detaillierte Wärmebrückenberechnung erfolgte mithilfe des Programms HTFlux.

Tabelle 13 Auswertung des Leitwertzuschlags [W/K] für Wärmebrücken

ANGEWENDETE BERECHNUNGSVERFAHREN	NEH1	PH
	W/K	W/K
pauschal, ÖNORM B 8110-6_2007/2010, Formel (22)/(13) ²⁰	236,51	190,45
pauschal, ÖNORM B 8110-6_2007, Formel (21)	112,98	99,59
pauschal, ÖNORM B 8110-6_2010, Formel (12)	98,12	99,59
detaillierte, ÖNORM B 8100-6_2007/2010*	87,50	32,84
detaillierte, ÖNORM B 8100-6_2007/2010**	97,36	21,74

Die Ergebnisse der detaillierten Wärmebrückenberechnung weichen beim Passivhaus um ca.78% von den Pauschalwerten ab.

* Berücksichtigung der detaillierten Berechnung von Wärmebrücken ohne der Innenwandaufbindungen an Wand, Keller und Dach u. dgl. sowie der negativen ψ -Werte (z. B. bei den Außenecken) gemäß vereinfachten Ansatz lt. ÖNORM B 8110-6:2010 [23].

** Berücksichtigung von Wärmebrücken gemäß ÖNORM EN ISO 10221.

5.2.1.3 HEIZWÄRMEBEDARF

Die Berechnung der Energieausweise erfolgte mithilfe des Programms ArchiPHYSIK und auf Grundlage der OIB Richtlinie 2007. Eine detaillierte Eingabe für Passivhäuser kann in ArchiPHYSIK nicht wie im PHPP erfolgen. Aus diesem Grund wurde der Heizwärmebedarf des PH in PHPP 2007 berechnet.

²⁰ Entsprechend Auswertung nach Programm ArchiPHYSIK gemäß ÖNORM B 8100-6

"Folgender maximal zulässiger jährlicher Heizwärmebedarf $HWB_{BGF,WG,max,Ref}$ pro m^2 konditionierter Brutto-Grundfläche ist in Abhängigkeit der Geometrie (charakteristische Länge l_c) und bezogen auf das Referenzklima gemäß OIB-Leitfaden einzuhalten" (OIB RL 6, 2007):

Tabelle 14 Anforderungen an den Heizwärmebedarf bei Neubau von Wohngebäuden gemäß OIB-RL 6:2007 [25]

ab Inkrafttreten bis 31.12.2009	$HWB_{BGF,WG,max,Ref} = 26 \cdot (1 + 2,0/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 78,0 [kWh/m ² a]
ab 1.1.2010	$HWB_{BGF,WG,max,Ref} = 19 \cdot (1 + 2,5/l_c)$ [kWh/m ² a]	Höchstens jedoch 66,5 [kWh/m ² a]

[25] Der oben angeführte maximal zulässige jährliche Heizwärmebedarf $HWB_{BGF,WG,max,Ref}$ reduziert sich um 8 [kWh/m².a], bei Gebäuden mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung.

Im Bezug auf die Interpretation der Gegenüberstellung ist auf die unterschiedlichen Bezugsflächen zu achten. Die Energiebezugsfläche (EBF) lt. Passivhaus-Projektierungspaket PHPP und die Bruttogrundfläche (BGF) lt. ÖNorm B 8110-6 wurden berücksichtigt.

Die Energiebezugsfläche stellt die Wohnfläche bzw. die Nutzfläche nach DIN 277 innerhalb der thermischen Hülle dar. [28]

5.2.1.3.1 AUSWIRKUNG DER WÄRMEBRÜCKEN AUF DEN HEIZWÄRMEBEDARF

Im Diagramm 1 und Diagramm 2 sind die Wärmeverluste [kWh/a] und -gewinne [kWh/a] für einen Vergleich in Prozent abgebildet. Die Transmissionswärmeverluste der Bauteile (gegen Außenluft, über Unbeheizt und über das Erdreich) und der Wärmebrücken bilden die Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle Q_T .

Im Diagramm 1 ist die Energiebilanz des NEH1 mit dem pauschalen Ansatz mit 98,12 [W/K] und den detaillierten Ansatz mit 97,36 [W/K] dargestellt. Die Verbesserung um ca. 1% wirkt sich auf den Heizwärmebedarf nicht gravierend aus.

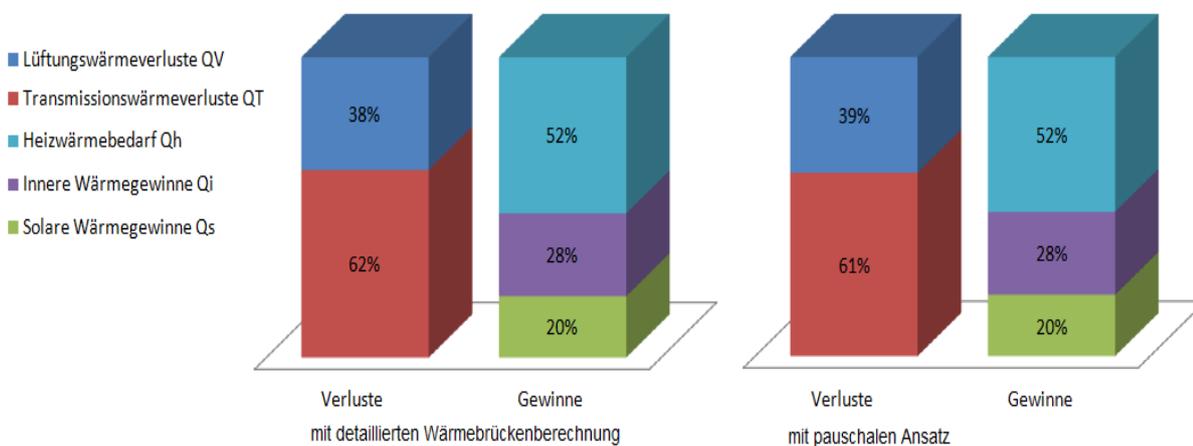


Diagramm 1 Energiebilanz des Niedrigenergiehauses mit pauschalen und detaillierten Ansatz der Wärmebrücken

In dem Diagramm 2 ist die Energiebilanz des PH mit dem pauschalen Ansatz mit 99,59 [W/K] und dem detaillierten Ansatz mit 21,74 [W/K] dargestellt. Da der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient (U_m) die Gebäudehülle 0,207 [W/m] beträgt, hat es dies jedoch keinen signifikanten Einfluss auf den Heizwärmebedarf. Die Transmissionswärmeverluste verringern sich um ca. 2%. Dies bewirkt eine geringe Reduktion von ca. 3% im Hinblick auf den Heizwärmebedarf.

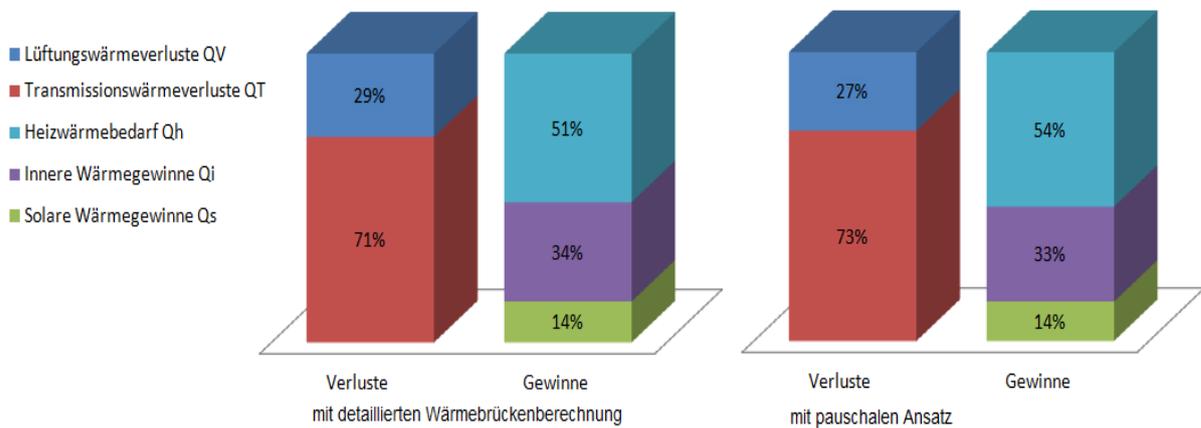


Diagramm 2 Energiebilanz des Passivhauses mit pauschalen und detaillierten Ansatz der Wärmebrücken

In der Tabelle 15 ist der Heizwärmebedarf ausgehend von pauschalen und detaillierten Wärmebrückenberechnungen zu entnehmen. Die ermittelten Detailergebnisse des PH führen zu einer geringeren Verbesserung der Gesamtbewertung des Gebäudes bzw. des Energieausweises. Im Fall des NEH1 hingegen weisen die Detailergebnisse kaum eine Verbesserung auf.

Tabelle 15 Heizwärmebedarf mit der pauschalen und detaillierten Wärmebrückenberechnung

	HWB MIT PAUSCHALER WÄRMEBRÜCKENBERECHNUNG [kWh/m².a]	HWB MIT DETAILLIERTER WÄRMEBRÜCKENBERECHNUNG [kWh/m².a]
NEH1 lt. OIB Richtlinie 6 ²¹	35,64	35,21
PH lt. OIB Richtlinie 6 ²²	9,26 ²³	7,96
	17,96 ²⁴	16,31
PH lt. PHPP ohne 60% Anteil des Stiegenhauses	11,12	-
PH lt. PHPP mit 60% Anteil des Stiegenhauses	10,26	-

Räume, die nach der sogenannten Deutschen Wohnflächenverordnung nicht als Wohnraum gelten, die sich aber innerhalb der thermischen Hülle befinden und mindestens 2 m Raumhöhe aufweisen, dürfen

²¹ im ArchiPHYSIK berechnet

²² im ArchiPHYSIK berechnet

²³ ohne Passivhausabschätzung nach ÖN B 8110-6:2011 im ArchiPHYSIK

²⁴ mit Passivhausabschätzung nach ÖN B 8110-6:2011 im ArchiPHYSIK

gemäß PHPP zu 60% ihrer Fläche als Energiebezugsfläche berücksichtigt werden. Für die weitere Betrachtung, wird auf die Berücksichtigung diesen Flächenanteils verzichtet. [28]

Der Ansatz der Fensterlüftung anstatt der kontrollierten Wohnraumlüftung im PH erzielte einen doppelt so hohen Heizwärmebedarf bzw. $\sim 31,7$ [kWh/m²·a], der nur geringfügig von jenem des NEH1 abweicht. Der Endenergiebedarf würde nur um ca. 2-3 [kWh/m²·a] abweichen, da sich bei einer kontrollierten Wohnraumlüftung ein geringerer Heizwärmebedarf ergibt und höherer Heiztechnikenergiebedarf. Der Heiztechnikenergiebedarf sinkt, wenn im Gebäude auf Fensterlüftung zurückgegriffen wird.

5.2.1.3.2 ZUSAMMENSTELLUNG ERRECHNETER UND BEIGESTELLTER HEIZWÄRMEBEDARF

Der berechnete Heizwärmebedarf ist in Tabelle 16 dargestellt. Die ersten zwei Spalten wurden im Rahmen dieser Arbeit errechnet und in den anderen Spalten sind die Berechnungen lt. beigestellten Unterlagen enthalten.

Tabelle 16 berechneter Heizwärmebedarf

	HWB²⁵ BERECHNET IM ARCHIPHYSIK	HWB²⁶ BERECHNET IM PHPP	HWB BERECHNET IM GEQ²⁷	HWB BERECHNET IM ARCHIPHYSIK²⁸	HWB BERECHNET IM PHPP VON SCHÖBERL & PÖLL
	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]
NEH1	35,21 ²⁹	-	29,43	-	-
PH	7,96 ³⁰ 16,31 ³¹	11,12	-	8,61	Abstimmungs- gemäß mit dem Bauherren nicht weitergeführt!
PH Geometrie mit NEH Bauteilen ³²	12,53 ³³	-	-	-	-

Die Berechnung der Werte des PH nach PHPP wurde nicht beigestellt. Die Unterschiede in den Berechnungsergebnissen, lassen sich teilweise auf die Definition der Haustechnik zurückführen.

²⁵ Bezogen auf die BGF – Bruttogrundfläche

²⁶ Bezogen auf die EBF – Energiebezugsfläche

²⁷ beigestellte Unterlagen

²⁸ beigestellte Unterlagen

²⁹ Diese Berechnung beinhaltet die Berechnung ab Einführung der OIB-R6:2007 mit den ÖN Berechnungsnormen Stand 2008

³⁰ ohne Passivhausabschätzung nach ÖN B 8110-6:2011 im ArchiPHYSIK

³¹ mit Passivhausabschätzung nach ÖN B 8110-6:2011 im ArchiPHYSIK

³² Diese Berechnung erfolgte informativ, indem die für das NEH1 verwendete Bauteile auf die PH-Geometrie bezogen wurde

³³ Wärmebrücken pauschal

5.2.2 DARSTELLUNG DER 4 UNTERSUCHTEN WOHNUNGEN

Folgende 4 Wohnungen, jeweils im 2.OG, wurden detailliert betrachtet:

- Mittelwohnung NEH1 Top 12 mit BGF von 65,43 m²
- Eckwohnung NEH1 Top 14 mit BGF von 105,95 m²
- Mittelwohnung PH Top 17 mit BGF von 66,35 m²
- Eckwohnung PH Top 18 mit BGF von 107,36 m²

Die Grundrisse der untersuchten Wohnungen sind der Beilage 5 und Beilage 6 zu entnehmen. Anzumerken ist, dass die Mittelwohnungen NEH1 Top 12 und PH Top 17 gespiegelt sind.

5.2.2.1 HEIZWÄRMEBEDARF

Die Berechnung der Energieausweise erfolgte mithilfe des Programms ArchiPHYSIK und auf Grundlage der OIB Richtlinie 6:2007.

Tabelle 17 Heizwärmebedarf der Wohnungen mit pauschalen und detaillierten Wärmebrücken

	HWB MIT PAUSCHALER WÄRMEBRÜCKENBERECHNUNG [kWh/m².a]	HWB MIT DETAILLIERTER WÄRMEBRÜCKENBERECHNUNG [kWh/m².a]
NEH1 Top 12	29,62	29,28
NEH1 Top 14	27,10	26,33
PH Top 17	9,45	8,65
PH Top 18	11,52	10,07

Beim NEH1 Top12 und Top14 zeigt sich ein minimaler Unterschied (zwischen pauschal und detaillierten) des Leitwertzuschlages für Wärmebrücken von 0,28 [W/K] bzw. 1,03 [W/K], was sich mit ca. 1% bzw. 2,8% auf die Transmissionswärmeverluste Q_T und den Heizwärmebedarf auswirkt. Beim PH Top17 und Top18 ergibt sich aufgrund des geringeren Leitwertzuschlages für Wärmebrücken eine Verbesserung bzw. Verringerung des Heizwärmebedarfs von ca.8,5-12,5%.

Bei der Mittelwohnung des PH Top17 ist das A/V-Verhältnis um die Hälfte kleiner (kleinerer Anteil der wärmeabgebenden Bauteile) als beim NEH1-Wohnung Top12. Deshalb sinken die Transmissionswärmeverluste (die Transmissionswärmeverluste über unbeheizten Gebäudeteilen entfallen) und die Lüftungswärmeverluste (durch die kontrollierte Wohnraumlüftung) sind ebenfalls um ca. das Dreifache geringer, was auch den niedrigeren Heizwärmebedarf erklärt.

Die Eckwohnungen weisen eine ähnliche Kompaktheit (NEH1 Top14 0,31 1/m und PH Top18 0,28 1/m) auf. Dennoch ergibt sich ein niedrigerer Heizwärmebedarf, der mit geringeren Transmissionswärmeverlusten sowie niedrigeren Lüftungswärmeverlusten (durch die kontrollierte Wohnraumlüftung) erzielt wird.

5.2.2.2 SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Ziel des sommerlichen Wärmeschutzes ist die Vermeidung der Überwärmung der Räume. Ebenso soll damit während der Sommermonate ein akzeptables Raumklima sichergestellt und der Energieverbrauch für die Kühlung der Wohnungen vermieden werden.

Der sommerliche Wärmeschutz ist von folgenden Aspekten abhängig:

- Umgebungsklima und Sonneneinstrahlung;
- Lage und Orientierung des Gebäudes und Raumes;
- Fensterflächen;
- Gesamtenergiedurchlassgrad der transparenten Bauteile;
- Wärmespeicherfähigkeit der opaken raumumschließenden Bauteile;
- Sonnenschutzmaßnahmen und deren Regeltechnik;
- Art und Intensität der Lüftung (kühlungswirksame Luftwechselrate, insbesondere in den Nachtstunden) ;
- interne Wärmequellen;
- Nutzungsverhalten;
- Nutzungszeiten.

Aus bauphysikalischer Sicht empfiehlt sich für alle Fenster, grundsätzlich ein außenliegendes und einstellbares Sonnenschutzsystem.

Eine solche Verschattung ist, bei beiden untersuchten Wohnanlagen vorhanden. Die Orientierung und Lage der untersuchten Wohnungen sind vergleichbar.

5.2.2.2.1 ANFORDERUNGEN [21]

Für Wohngebäude ist die Vermeidung einer sommerlichen Überwärmung, für den als kritisch eingestuften Einzelraum, gemäß ÖNorm B 8110-3 nachzuweisen.

Für die Nachweisführung sind in der ÖNorm B 8110-3 zwei Berechnungsverfahren festgelegt. Der Nachweis für Wohngebäude ist entweder nach dem detaillierten Verfahren, d. h. durch Berechnung des Tagesverlaufs der operativen Temperatur zu erbringen oder er kann unter den folgenden Bedingungen auch durch das vereinfachte Verfahren ermittelt werden:

- der Tagesmittelwert der Außentemperatur beträgt höchstens 23,0 °C;

- die Fenster des Einzelraumes, der als kritisch eingestuft wurde, können nachts offen gehalten werden.

[21] Wenn die empfundene Innentemperatur in dem betrachteten Raum, während einer Hitzeperiode eine festgelegte Grenztemperatur nicht überschreitet wird die sommerliche Überwärmung als vermieden betrachtet. Für die Nutzungszeit beträgt diese Grenztemperatur t^* lt. ÖNORM B 8110-3:2012:

- am Tag $+27^{\circ}\text{C}$
- in der Nacht $+25^{\circ}\text{C}$ (zusätzlich für Schlaf-/Ruheräume)

VEREINFACHTES VERFAHREN

Die Nachweisführung erfolgt über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse, die abhängig ist von dem Raumvolumen, der Immissionsfläche und Luftwechselzahl im betrachteten Raum. Die Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse wird dem Immissionsflächenbezogenen stündlichen Luftvolumenstrom gegenüber-gestellt.

Die bedeutenden Faktoren hierbei sind:

- die Raumgeometrie;
- die Speichermasse der umgebenden Bauteile;
- die Ausrichtung und Verschattung der transparenten Bauteile;
- die nächtliche Fensterlüftung.

Die mindesterforderliche speicherwirksame Masse ist gemäß ÖNorm B 8110-3:2012 wie folgt angegeben:

Tabelle 18 mindesterforderliche speicherwirksame Masse ÖNorm B 8110-3:2012 Tab.7 [21]

IMMISSIONSFLÄCHENBEZOGENER STÜNDLICHER LUFTVOLUMENSTROM $V_{L,s}$	IMMISSIONSFLÄCHENBEZOGENE SPEICHERWIRKSAME MASSE $m_{w,l,min}^a$
$[\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)]$	$[\text{kg}/\text{m}^2]$
≥ 100	≥ 2000
75	≥ 4000
50b	≥ 8000
^a im Bedarfsfall zu interpolieren ^b Immissionsflächenbezogene Luftvolumenströme von weniger als $50 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ führen zu einem hohen Überwärmungsrisiko und sind daher unzulässig.	

Die Luftwechselzahl in den Räumen ist in ÖNORM B 8110-3:2012 wie folgt angegeben:

Tabelle 19 Luftwechselzahl in Räumen - ÖNorm B 8110-3:2012 Tab.9 [21]

ANZAHL DER FASSADEN(ANSICHTEN)- ODER DACHEBENEN MIT LÜFTUNGSÖFFNUNGEN	n_L
	1/h
eine Fassaden- oder Dachebene	1,50
zwei Fassaden- oder Dachebenen	2,50
drei oder mehrere Fassaden- oder Dachebenen (Reihenhaus, frei stehendes Einfamilienhaus, Maisonette-Wohnungen)	3,50

DETAILLIERTES VERFAHREN

[21] Die Nachweisberechnung zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung erfolgt über die Berechnung des Tagesverlaufes der operativen Temperatur eines Tages-stellvertretend für die gesamte Sommerperiode.

5.2.2.2.2 BETRACHTETE RÄUME

Für die Beurteilung der Sommertauglichkeit wurden die Räume der vier untersuchten Wohnungen herangezogen. Bei den betrachteten Räumen handelt sich jeweils um das Schlafzimmer und die Wohnküche.

Eine sommerliche Überwärmung, der vier untersuchten Wohnungen, gemäß ÖN B 8110-3 nach dem vereinfachten und detaillierten Verfahren, wird für die vorliegenden Bauverfahren vermieden durch:

- Grundsätzlich außen liegenden, beweglichen Sonnenschutz mit einem Abminderungsfaktor (z-Wert) der Abschattungsvorrichtung $\leq 0,27$;
- Standardgesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung (g-Wert) von 0,50 für PH und 0,47 für NEH1;
- Fensterlüftung, gekippte öffnenbare Fensterflächen gemäß Nachweisberechnung;
- Sonnenschutz vor 7 Uhr morgens.

5.2.2.2.3 AUSWERTUNGEN

Nachfolgend werden die Berechnungen des sommerlichen Wärmeschutzes nach dem vereinfachten und dem detaillierten Verfahren durchgeführt. Ebenso wird der Vergleich zwischen den unterschiedlichen Betrachtungen der Auswirkung des Luftwechsels und die Möglichkeit der Fensterlüftung in der Nacht analysiert.

Anm.: Die Innenraumtemperatur nach der vereinfachten Nachweisführung gemäß ÖNORM B 8110-3:1999 entspricht nicht der tatsächlichen Raumtemperatur. Der Berechnung liegen

normierte Wärmequellen und das jeweilige Nutzerverhalten sowie die Anzahl der Personen in den Wohneinheiten zugrunde.

In der Tabelle 20 ist die speicherwirksame Masse der Bauteile und der Fensteranteil der betrachteten Räume dargestellt.

Tabelle 20 Speicherwirksame Masse der Bauteile und Fensteranteil des Raumes der NEH1 und PH-Wohnungen

	NEH1 Top12		NEH1 Top14	PH Top17		PH Top18
RAUM	Schlafzimmer	Wohnküche	Wohnküche	Schlafzimmer	Wohnküche	Wohnküche
SPEICHERWIRKSAME MASSE DER BAUTEILE [kg]	6.617,62	13.525,31	15.562,76	6.637,40	13.908,65	14.806,92
FENSTERANTEIL [%]	21,89	28,20	39,72	14,72	28,20	41,40

Die speicherwirksame Masse der innenraumgewandten Bauteile der vergleichbaren Räume ist im Wesentlichen sehr ähnlich. Im Schlafzimmer des NEH1 Top12 ist der Anteil der transparenten Bauteile größer als im PH Top17, dementsprechend wird auch ein größerer, solarer Eintrag erzielt.

In der Tabelle 21 sind die Räume nach dem vereinfachten Verfahren gemäß ÖNorm B 8110-3:2012 mit dem Programm ArchiPHYSIK berechnet worden, da diese hauptsächlich dem Verfahren aus der ÖNorm B 8110-3:1999 entspricht.

Tabelle 21 SWS³⁴ Vereinfachtes Verfahren - Nachweisberechnung gemäß NEH1 und PH ÖNorm B 8110-3:2012

WOHNUNG	RAUM	RAUM-FLÄCHE [m ²]	VERGLASUNG	SONNENSCHUTZ	VLS LUFTVOLUMEN-STROM [m ³ /(h.m ²)]	VORH. SPEICHERMASSE ³⁵ [kg/m ²]	GEMÄß Ö N B 8110-3 ERFÜLLT?
NEH1 Top12	Schlafzimmer	12,56	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	964,50	141.898	✓
	Wohnküche	27,06	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	649,41	91.085	✓
NEH1 Top14	Wohnküche	30,29	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	692,32	59.692	✓
PH Top 17	Schlafzimmer	12,30	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	1180,50	177.620	✓
	Wohnküche	27,06	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	742,18	106.692	✓
PH Top 18	Wohnküche	29,06	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	664,20	56.826	✓

³⁴ sommerlicher Wärmeschutz

³⁵ Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse eines Raumes

Aus der Tabelle 21 ist ersichtlich, dass mit einer hohen gesamten speicherwirksamen Masse des Raumes (speicherwirksame Masse der Bauteile und der Einrichtung) und einer möglichst kleinen Immissionsfläche, die immissionsbezogene speicherwirksame Masse größer wird. Ebenso größer wird der Luftvolumenstrom, je kleiner die Immissionsfläche und je größer die Anzahl der Lüftungsöffnungen in der Fassadenebene ist.

Schlafzimmer Top12 und Top17: Die Immissionsflächen sind nahezu gleich, $A_{i,Top12}=0,05\text{m}^2$ (größerer Fensteranteil, kleiner Energiedurchlassgrad und Verschattungsfaktor FSC für Umgebung) und $A_{i,Top17}=0,04\text{m}^2$, trotz der Unterschiede.

Wohnküche Top12 und Top17: Die Immissionsflächen sind $A_{i,Top12}=0,16\text{m}^2$ (kleiner Energiedurchlassgrad und größerer Verschattungsfaktor $FSC=0,50$ für Umgebung) und $A_{i,Top17}=0,14\text{m}^2$ ($FSC=0,41$). Bei diesem Raum sind zwei Fenster angeordnet (Außenfenster und Fenster zu unbeheiztem Stiegenhaus), aber nur eine Lüftungsöffnung, kann für den Luftaustausch in der Nacht angesetzt werden.

Wohnküche Top14 und Top18: Hier ist die speicherwirksame Masse der Bauteile maßgebend, da die Immissionsflächen $A_{i,Top14}=0,28\text{m}^2$ und $A_{i,Top18}=0,28\text{m}^2$ gleich sind. Bei dieser Wohnküche ist ein Luftaustausch in der Nacht durch zwei Lüftungsöffnungen in der Fassadenebene möglich. Deswegen wird ein fast gleicher Luftvolumenstrom erzielt, wie bei einem Raum der eine doppelt so große speicherwirksame Masse aufweist (Top12 bzw .Top17).

Gemäß ÖNorm B 8110-5:2011 Tab.2 ist der hygienische Luftwechsel für Mehrfamilienhäuser mit einem Luftwechsel bei Fensterlüftung ($n_{L,FL}$) von mind. 0,40 1/h definiert und bei Nachtlüftung ($n_{L,NL}$) ist dieser mit 1,50 1/h sowie den anzunehmenden inneren Lasten festgelegt.

Die Luftmengenstufen im PH sind je nach Wohnung unterschiedlich und auf die jeweilige Wohnfläche abgestimmt sowie durch den Nutzer manuell einstellbar (40 – 90 m³/h, 60 – 120 m³/h und 80 – 160 m³/h). Für PH-Wohnungen ist lt. den Plänen HLS³⁶ folgender Luftmengenstrom definiert:

- Mittelwohnung PH Top 17 (80 – 160 m³/h)
 - Schlafzimmer 30 m³/h
 - Wohnküche 60 m³/h
- Eckwohnung PH Top 18 (40 – 90 m³/h)
 - Wohnküche 65 m³/h

In der Tabelle 22 wurden die PH-Wohnungen mit der Raumluftechnik RLT und die NEH1-Wohnungen mit Fensterlüftung berücksichtigt. Für die NEH1-Wohnungen wurde der hygienische Luftwechsel mit 0,40 1/h und der Luftwechsel in der Nacht mit 1,50 1/h gemäß der einschlägigen Norm angenommen.

³⁶ Heizung-Lüftung-Sanitär

Für die PH-Wohnungen wurde der gleiche Luftwechsel für Tag und Nacht angenommen. Dieser ergibt sich aus dem Luftwechselstrom des Raumes lt. beigestellten Unterlagen. In den NEH1-Wohnungen sind in der Nacht öffentbare Fensterflächen gekippt, während diese in den PH-Wohnungen geschlossen sind, da angenommen wird, dass die Lüftungsanlage den erforderlichen Luftaustausch sicherstellt.

Bei der PH Top17 im Schlafzimmer ergibt sich bei einem Luftwechselstrom von 30 m³/h ein Luftwechsel von 0,95 1/h und in der Wohnküche einer von 0,87 1/h bei 60 m³/h. Dieser wurde für den Luftwechsel am Tag und für die Nachtlüftung eingesetzt. Bei der PH Top18 ergibt sich in der Wohnküche bei einem Luftwechselstrom von 65 m³/h ein Luftwechsel von 0,87 1/h.

Tabelle 22 SWS Detailliertes Verfahren - Nachweisberechnung NEH1 und PH RLT gemäß ÖNorm B 8110-3:2012

WOHNUNG	RAUM	RAUM- FLÄCHE [m ²]	VERGLASUNG	SONNENSCHUTZ	OPERATIVE TEMPERATUR TAG [°C]	VORH. SPEICHER- MASSE ³⁷ [kg/m ²]	GEMÄß ÖN B 8110-3 ERFÜLLT?
NEH1 Top12	Schlafzimmer	12,56	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	23,38	141.898	✓
	Wohnküche	27,06	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	25,02	91.085	✓
NEH1 Top14	Wohnküche	30,29	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	24,60	59.692	✓
PH Top17	Schlafzimmer	12,30	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	25,57	177.620	✓
	Wohnküche	27,06	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	25,85	106.692	✓
PH Top18	Wohnküche	29,06	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	25,58	56.826	✓

Anhand des Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes gemäß ÖNorm B 8110-3 steigt in den Räumen die operative Temperatur am Tag während des betrachteten Zeitraums nicht über 27°C, bei Nacht nicht über 25°C. Während einer Hitzeperiode und bei nicht ausreichender Nachtlüftung steigt die operative Temperatur, wie bei den PH-Wohnungen zu erkennen ist. Die Berechnungen der Beurteilung der Sommertauglichkeit nach dem vereinfachten und detaillierten Ansatz sind auf dem der Arbeit beigefügten Datenträger zu finden.

Nachfolgend werden unterschiedliche Relationen bezüglich der Luftwechselrate sowie die Auswirkung der öffentbaren, gekippten und geschlossenen Fensterflächen betrachtet.

Die Auswirkung der kontrollierten Wohnraumlüftung auf die operative Temperatur am Tag und in der Nacht ist mit bzw. ohne zusätzlichen Luftwechsel durch die öffentbaren Fenster bei den PH-Wohnungen in der Tabelle 23 dargestellt.

³⁷ Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse eines Raumes

Tabelle 23 SWS Auswirkung der kontrollierten Wohnraumlüftung mit/ohne zusätzliche Fensterlüftung bei PH-Wohnungen

WOHNUNG	RAUM	$n_{L,FL}$ $n_{L,NL}$ [1/h]	OPERATIVE TEMPERATUR [°C]	FENSTER NACHTS GESCHLOSSEN	FENSTER NACHTS GEKIPPT	FENSTER NACHTS GEÖFFNET	GEMÄß ÖN B 8110-3 ERFÜLLT?
PH Top17	Schlafzimmer	0,95	NACHT	24,91	23,23	19,74	✓
			TAG	25,57	24,56	22,23	✓
	Wohnküche	0,87	TAG	25,85	24,82	22,82	✓
PH Top18	Wohnküche	0,87	TAG	25,58	24,59	22,40	✓

Anzumerken ist, dass die operative Temperatur in der Nacht beim PH Top17 in der Wohnküche mit 25,03°C knapp überschritten wird. Da diese nicht als Ruheraum deklariert ist, wird die Überschreitung toleriert.

Aus der Berechnungen zeigt sich, dass nur über die kontrollierte Wohnraumlüftung, die operative Temperatur am Tag und auch am Abend eingehalten werden kann sowie der erforderliche Luftaustausch gewährleistet wird. Es wäre jedoch empfehlenswert, parallel zur kontrollierten Wohnraumlüftung öffnende Fenster in der Nacht (falls keine Einbruchgefahr besteht) zumindest gekippt zu halten, um die operative Temperatur zu senken.

In der Tabelle 24 wurde die kontrollierte Wohnraumlüftung nicht berücksichtigt, sondern wie im NEH1 so auch im PH, wurden in diesem Fall gemäß ÖNorm B 8110-5:2011 der hygienische Luftwechsel am Tag mit 0,40 1/h und in der Nacht mit 1,50 1/h eingesetzt. In den Gebäuden sind die öffnende Fensterflächen in der Nacht als gekippt angesetzt.

Tabelle 24 SWS Detailliertes Verfahren - Vergleich NEH1 und PH Fensterlüftung gemäß ÖNorm B 8110-3:2012

WOHNUNG	RAUM	RAUM- FLÄCHE [m²]	VERGLASUNG	SONNENSCHUTZ	OPERATIVE TEMPERATUR TAG [°C]	VORH. SPEICHER- MASSE [kg/m²]	GEMÄß ÖN B 8110-3 ERFÜLLT?
NEH1 Top12	Schlafzimmer	12,56	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	23,38	141.898	✓
	Wohnküche	27,06	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	25,02	91.085	✓
NEH1 Top14	Wohnküche	30,29	3fach g=0,47	außenliegender (hell)	24,60	59.692	✓
PH Top 17	Schlafzimmer	12,30	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	24,12	177.620	✓
	Wohnküche	27,06	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	24,42	106.692	✓
PH Top 18	Wohnküche	29,06	3fach g=0,50	außenliegender (hell)	24,24	56.826	✓

Tabelle 25 stellt die Auswirkung in der Relation der kontrollierten Wohnraumlüftung und einem geringeren bzw. höheren Luftwechsel dar. Öffenbare Fensterflächen werden in der Nacht ebenfalls als gekippt angesetzt.

Tabelle 25 SWS Detailliertes Verfahren - Variantenvergleich PH höherer bzw. geringerer Luftwechsel mit RLT

WOHNUNG	RAUM	RAUM- FLÄCHE [m ²]	LUFTWECHSEL $n_{L,FL} / n_{L,NL}$		OPERATIVE TEMPERATUR TAG [°C]	LUFTWECHSEL $n_{L,FL} / n_{L,NL}$		OPERATIVE TEMPERATUR TAG [°C]
PH Top 17	Schlafzimmer	12,30	0,95	1,50	24,33	0,40	0,95	24,36
	Wohnküche	27,06	0,87	1,50	24,57	0,40	0,87	24,67
PH Top 18	Wohnküche	29,06	0,87	1,50	24,41	0,40	0,87	24,42

Um eine Kühlung durch Luftaustausch zu erreichen, wird in der Regel eine Nachtlüftung vorausgesetzt.

Aus den o.a. Berechnungen zeigt sich, dass der Luftwechsel erstrangig für die Vermeidung der sommerlichen Überwärmung ist, zweitrangig sind die transparenten Bauteile (der Energiedurchlassgrad g-Wert, die Verschattung und die Größe) und die Speichermasse. Darüber hinaus haben auch die Himmelsrichtung sowie der Wärmedurchlasskoeffizient der opaken Bauteile einen Einfluss auf den sommerlichen Wärmeschutz, ihre Bedeutung ist allerdings gering.

Eine kontinuierliche Luftwechselrate der Lüftungsanlage kann in der kalten Jahreszeit zu äußerst trockener Luft führen. In der Nacht ist ein höherer Luftwechsel erforderlich, der mit Fensterlüftung (gekippt oder offen) erzeugt wird, damit mehr kalte Luft in den Raum reingebracht wird. Am Tag sollte der Luftwechsel niedriger sein, um einen hygienischen Luftwechsel zu gewährleisten. Im Sommer reicht die Lüftungsanlage allein generell nicht aus. Die kontrollierte Wohnraumlüftung kann den erforderlichen Luftwechsel nicht erzeugen. Dementsprechend müssten größere Querschnitte dimensioniert werden.

Zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung können demnach mit Kenntnis des Berechnungsverfahrens aktive Maßnahmen bereits im Planungsstadium getroffen werden.

Wesentlich ist jedoch zu erwähnen, dass die Lüftung für den sommerlichen Wärmeschutz nur dann eine wirksame Maßnahme zur Vermeidung von Überwärmung darstellt, wenn diese Lüftung auch kühlungswirksam ist. Bei häufigen warmen Nächten ist die Speichermasse in Relation zum kühlungswirksamen Luftwechsel zu wählen. In diesem Fall ist die Planung einer wirksamen Sonnenschutzes essentiell!

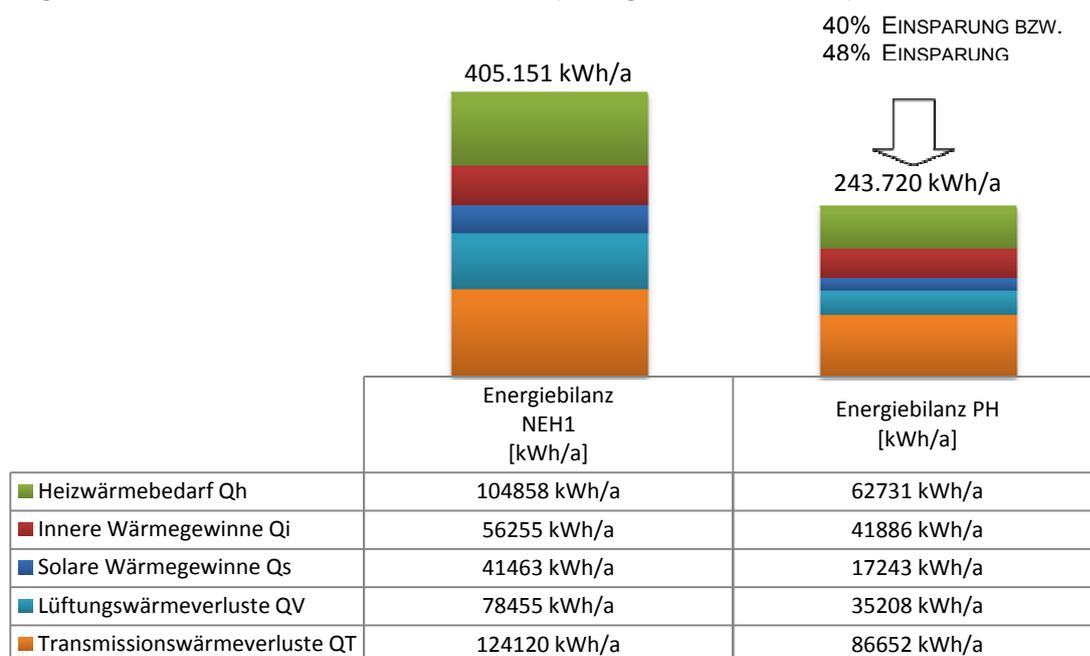
5.3 ÜBERBLICK ÜBER DIE BERECHNUNGEN

Eine Übersicht über die Gebäudedaten sowie den Wärme- und Energiebedarf ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 26 Übersicht der Gebäudedaten sowie der Wärme- und Energiebedarf des NEH1 und PH

		NEH1	PH	NEH1 TOP12	NEH1 TOP14	PH TOP17	PH TOP18
BGF	m ²	2.977,85	3.845,65	65,43	105,95	65,35	107,36
EBF	m ²	2.438,45	2.717,03	53,86	86,94	53,53	83,96
VOLUMEN	m ³	9.149,82	12.253,72	192,36	311,49	195,06	315,63
A/V	1/m	0,46	0,37	0,25	0,31	0,11	0,28
U_m	W/m ² K	0,316	0,207	0,473	0,365	0,434	0,259
HWB_{BGF}	kWh/m ² a	32,21	16,31	29,28	26,33	8,65	10,07
HWB_{EGF}	kWh/m ² a	-					
WWWB³⁸	kWh/a	38.042	49.128	836	1354	848	1372
WWWB_{PHPP}	kWh/a	-					
EEB_{BGF}	kWh/m ² a	52,81	42,12	55,11	49,12	41,68	35,72
EEB_{EGF}	kWh/m ² a	-					
LEITWERT-ZUSCHLAG	W/K	97,36	21,74	1,01	1,88	0,24	0,11
SOMMERTAUGLICH		✓	✓	✓	✓	✓	✓

Die Reduktion des Energiebedarfes des PH (39 WE) gegenüber dem NEH1 (34 WE) liegen bei ca. 40%, was umgerechnet auf die Wohneinheiten einer Einsparung von ca. 48% entspricht.



³⁸ aus ArchiPHYSIK

6. GEGENÜBERSTELLUNG DER BERECHNETEN, DER AUS ABRECHNUNG ERMITTELTEN UND DER GEMESSENEN WERTE

6.1 VORGANGSWEISE

Die berechneten Bedarfswerte, die von den Abrechnung rückgerechneten sowie die gemessenen Verbrauchsdaten des NEH1 und des PH wurden einander gegenübergestellt. Die beiden untersuchten Gebäude können jedoch aufgrund ihrer Geometrie, Kompaktheit und Ausrichtung sowie der Anzahl und der Größe der Wohneinheiten nicht direkt miteinander verglichen werden.

Der Vergleich der Verbrauchsdaten des NEH1 und des PH, das den Passivhausanforderungen gerecht werden muss, wurde zuerst anhand der berechneten Energieausweise gemäß OIB RL 6 und der PHPP-Berechnung angestellt.

Nach Erfassung der aus der Abrechnung ermittelten Verbrauchsdaten und Betriebskosten aus den Jahren 2013 und 2014, die von der GWS bereitgestellt wurden sowie der Werte, die in den oben bereits erwähnten vier Wohnungen über Datenlogger der Technischen Universität Graz gemessen wurden, wurden sämtliche Ergebnisse einander gegenübergestellt. Anzumerken ist, dass die Verbrauchsdaten und Kosten laut Abrechnung für den ersten Bauabschnitt sowohl das NEH1 als auch das NEH2 inklusive auftretender Leitungsverluste beinhalten. Eine detaillierte Aussage über die einzelne Verbräuche und Kosten der beiden Gebäude ist nicht möglich.

Die Daten für die Gegenüberstellung der Energieverbräuche für die teilweise unterschiedlichen Messzyklen stammen aus dem Kalenderjahr 2014. Der Messzyklus bzw. Zeitraum der Messungen und Auslesung der Daten ist:

- Verbräuche laut Abrechnung, Zeitraum von Januar 2013 bis Januar 2014
- gemessene Werte, Zeitraum von März 2014 bis März 2015.

6.2 ANMERKUNGEN ZU DEN DATENQUELLEN

Die Anmerkungen zu den folgenden Datenquellen basieren auf den „Endbericht Nr. B14.676.003.702“ [9].

Bereits im ersten Messzyklus stellte sich heraus, dass die über die verschiedenen Dienstleister, die mit der Datenaufzeichnung beauftragt wurden, übermittelten Messdaten nicht kontinuierlich erfasst wurden, weshalb sie nicht auswertbar sind. Einerseits wurden von der Beobachtungsperiode abweichende Datenaufzeichnung in unterschiedlichen, voneinander abweichenden Intervallen geliefert und andererseits auch nicht direkt nachvollziehbare Auswertungen betrieben.

Ein Mangel an Datenkonsistenz ergibt sich auch aus der Verteilung der Datenerfassung bzw. der Aufzeichnung auf verschiedene kommerzielle Dienstleister, wodurch die Daten nicht eindeutig mit den Projektedaten abgestimmt werden können.

Die in dieser Arbeit dargelegten Daten basieren vor allem auf den zur Verfügung gestellten und gemessenen Daten. Die Verbrauchswerte von Warmwasser und Heizwärme wurden dabei ausgeklammert, da Daten hierzu nicht zugänglich waren bzw. nicht messtechnisch erfasst wurden. Aus diesem Grund wurden diese Werte informativ über Abschätzungsverfahren ermittelt.

Der Wärmemengenverbrauch der beiden Gebäude sowie jener der einzelnen Wohnungen des Passivhauses wurde direkt per Wärmemengenzähler gemessen.

6.2.1 WÄRMEEINTRAG

6.2.1.1 DATEN LAUT ABRECHNUNG

Ausgehend von der Ablesung des Wärmemengenzählers „FW gesamt“ (Fernwärme gesamt) zum Abrechnungszeitraum Mitte Jänner erfolgte die Abrechnung der Fernwärme für den ersten Bauabschnitt (NEH1 und NEH2). Da in dieser Abrechnung die Wärmemenge für das NEH1, NEH2 und das PH zusammengefasst ist, musste die Wärmemenge, die allein auf den Bauabschnitt 1 abfällt, mit Hilfe der Wohnungsstationen des PH rückgerechnet werden. Somit beinhalten diese Werte sämtliche Leitungsverluste. Fernwärme wird in den Wohnungen nicht nur zur Heizung der Räume, sondern auch zur Warmwasseraufbereitung verwendet.

Die aufgezeichneten Warmwassermengen für die jeweiligen Wohnungen sowie die durch die EHKV ermittelten Einheiten lieferten einen Anhaltspunkt für die Aufteilung der Wärmemenge auf die einzelnen Wohnungen.

Um die Heizwärmemenge näherungsweise zu ermitteln, wird die Menge des verbrauchten Warmwassers in m³ (lt. Auskunft) mit dem Faktor 57 multipliziert, anschließend wird dieses Ergebnis von der verbrauchten Gesamtwärmemenge der Wohnung abgezogen. Auf diese Weise kann die Fernwärmemenge grob auf die einzelnen Wohnungen aufgeteilt werden. Allerdings handelt es sich bei dieser Aufteilung lediglich um eine grobe Schätzung des Wärmemengenverbrauchs der einzelnen Wohnungen, da einerseits der Beitrag der Solaranlage vernachlässigt wird und andererseits die Wärmemenge, die zum Aufheizen des Warmwassers benötigt wird auch nur näherungsweise berücksichtigt wird.

6.2.1.2 GEMESSENE DATEN

Der Heizwärmeverbrauch (HWV) wurde ausgehend von den aufgezeichneten Gesamtwärmemengenverbrauchswerten ermittelt, von denen anschließend der geschätzte Haustechnikenergie- und der Warmwasserwärmeverbrauch abgezogen wurden.

Nachträglich wurde, ausgehend von den Aufzeichnungen der TU Graz in der heizfreien Periode des Jahres, der Faktor für die Wärmemenge pro m³ Warmwasser errechnet, um die Aufteilung zwischen Heizenergie und Energie zur Warmwasseraufbereitung zu ermitteln. Diese Berechnungen ergaben für das Gebäude PH bzw. für die betrachteten Wohnungen Umrechnungsfaktoren von ~40 kWh/m³ und ~81 kWh/m³.

Zur Bestimmung des Anteils der zur Aufbereitung verwendeten Wärmemenge [kWh] ist ein Umrechnungsfaktor erforderlich. Dieser wurde für das PH ausgehend von den in den Wohnungsstationen gemessenen Wärmemengen und den dazugehörigen Warmwassermengen in der heizfreien Zeitspanne zwischen dem 15.Juni 2013 und dem 15.August 2013 sowie dem 15.Juni 2014 und dem 15.August 2014 ermittelt und beträgt 74,0 kWh/m³. Da im NEH1 in den Wohnungsstationen keine Wärmemengenzähler vorhanden sind, wurden für die Berechnung des Umrechnungsfaktors der Heizenergieverbrauch (HEV) des gesamten Gebäudes abzüglich des geschätzten Heiztechnikenergieverbrauchs (HTEV) und abzüglich der in den Wohnungsstationen aufgezeichneten Warmwassermengen verwendet. Diese Methode ergab einen Umrechnungsfaktor von 40,5 kWh/m³. Für die Berechnung des Warmwasserwärmeverbrauchs (WWWV) im dem Zeitraum zwischen Jänner 2015 und März 2015 wurden der gemessene Heizenergieverbrauch in diesem Zeitraum und näherungsweise die jeweilige Warmwassermenge sowie die dazugehörigen Umrechnungsfaktoren aus den Daten des Vorjahres herangezogen.

6.2.2 STROMVERBRAUCHSDATEN

6.2.2.1 DATEN LAUT ABRECHNUNG

Zum Haushaltsstrom wurden keine Unterlagen beigelegt, dementsprechend konnte der Endenergieverbrauch laut Abrechnung nicht eruiert werden.

Folgende Betriebsstromverbrauchswert wurden zur Verfügung gestellt:

- Strom Allgemein (Stiegenhaus, Keller);
- Strom Heizung inkl. Wohnraumlüftung bei PH;
- Strom Aufzug;
- Strom Außenbeleuchtung;
- Strom Tiefgarage.

Die beigelegten gemeinsamen Betriebsstromverbräuche der Gebäude NEH1, NEH2 und PH wurden näherungsweise wohnungsanzahlmäßig aufgeteilt.

6.2.2.2 GEMESSENE DATEN

Da keine Einrichtung für eine kontinuierliche Ablesung in den Gebäuden vorhanden ist, wurden die jeweiligen Stromverbräuche durch Ablesen der Zählerstände in den Messeinrichtungen durch Mitarbeiter der TU Graz vor Ort erhoben.

Zur Bestimmung des jährlichen Verbrauchs an Haushalts- und Betriebsstrom, die Energie für die Beleuchtung beider Gebäude mit eingeschlossen, wurde der Mittelwert aus den ersten beiden Messzyklen, die jeweils ein Jahr dauerten, herangezogen. Zum Betriebsstromverbrauch zählt dabei auch der Allgemeinstrom, der Stromverbrauch der Aufzüge, der Heizung bzw. Lüftung und ein wohnungsanzahlmäßiger Anteil der Tiefgarage und der Außenbeleuchtung. Auch der Stromverbrauch des gemeinsamen Heizsystems der Gebäude NEH1 und NEH2 wurde näherungsweise wohnungsanzahlmäßig bestimmt. Auch die jährlichen Stromverbräuche der vier untersuchten Wohnungen gehen auf den Mittelwert der ersten beiden Messzyklen (1 Messzyklus 27.09.13-03.10.14, 2 Messzyklus 03.10.13-03.10.14) zurück.

Eine Schätzung des Haustechnikenergieverbrauchs des Passivhauses konnte auf Basis der Differenz des gemessenen Gesamtwärmemengenverbrauches des PH und der Summe der aufgezeichneten Wärmemengen-verbrauchswerte der einzelnen Wohnungen durchgeführt werden.

Da in den Wohnungsstationen des NEH1 keine Wärmemengenverbrauchswerte aufgezeichnet werden, konnte für das NEH1 keine direkte Schätzung des Haustechnikenergiebedarfs durchgeführt werden. Um die Verbrauchsdaten der beiden Gebäude dennoch vergleichen zu können, wurde aufgrund des gleichartig konzipierten Heizkonzeptes für diesen Vergleich davon ausgegangen, dass der HTEV je Wohneinheit des NEH1 näherungsweise jenem des PH entspricht.

6.2.3 ENERGIEERTRAG SOLARANLAGE

An dieser Stelle muss hervorgehoben werden, dass die bereitgestellten Daten als nicht ausreichend nachvollziehbar und auswertbar eingestuft wurden. Aus diesem Grund kann keine verlässliche Aussage über den Wärmemengenverbrauch der einzelnen Gebäude gemacht werden.

6.3 ERGEBNISDARSTELLUNG

Die nachfolgenden Auswertungen sollen zeigen, wie sich der Verbrauch in den beiden Gebäuden und den untersuchten Wohnungen gestaltet und welche Werte erreicht werden. Ebenso wird auf die Frage eingegangen, ob die prognostizierte Einsparung realitätsnah ist und welche Abweichungen sich bei der Gegenüberstellung des Bedarfs und der Verbräuche in den beiden Gebäuden ergeben.

6.3.1 HEIZWÄRMEBEDARF UND HEIZWÄRMEVERBRAUCH

Die Tabelle 27 zeigt den gerechneten Heizwärmebedarf HWB, den aus der Abrechnung ermittelten sowie den gemessenen Heizwärmeverbrauch HWV für die Gebäude und für die jeweiligen Wohnungen im NEH1 und im PH.

Tabelle 27 Darstellung des berechneten, abgerechneten und gemessenen Heizwärmeverbrauches

	HWB BERECHNET IN ARCHIPHYSIK	HWB BERECHNET IM PHPP	HWV LAUT ABRECHNUNG	GEMESSENER HWV
	[kWh/m ² ·a]	[kWh/m ² ·a]	[kWh/m ² ·a]	[kWh/m ² ·a]
NEH1	35,21	-	40,5	35,2
PH	16,31	11,12	19,77 ³⁹ /27,98 ⁴⁰	17,5
NEH1 Top12	29,28	-	838 Einheiten	6,92
NEH1 Top14	26,33	-	617 Einheiten	5,74
PH Top 17	8,65	-	2,31/2,85	15,87
PH Top 18	10,07	-	4,92/6,29	1,62

Der berechnete HWB stellt jene Wärmemenge dar, welche rechnerisch der Gebäudenutzfläche zur Beheizung zugeführt werden müsste, um bei einer standardisierten Nutzung eine Innenraumtemperatur von +20°C zu halten. Er gibt nur Auskunft über die thermische Qualität des Gebäudes bzw. der Gebäudehülle und ist nicht mit den gemessenen HWV vergleichbar.

Der aus der Abrechnung ermittelte Heizwärmeverbrauch ist aus den Vorjahr entnommen. Der Heizwärmeverbrauch der vorliegenden Abrechnungen für den ersten Bauabschnitt wurde näherungsweise entsprechenden dokumentierten Verrechnungseinheiten aufgeteilt.

Der gemessene Heizwärmeverbrauch HWV nach Messungen der Datenlogger der Technischen Universität Graz entspricht, der Differenz zwischen dem gemessenen Heizenergieverbrauch HEV, dem Heiztechnik-energieverbrauch HTEV und dem abgeschätzten Warmwasserwärmeverbrauch WWWV der näherungsweise ermittelt wurden.

Der HWV des NEH1 liegt höher als jener des PH, was sich bei allen drei betrachteten Werten zeigt.

³⁹ bezogen auf die BGF

⁴⁰ bezogen auf die EBF

Der aus der Abrechnung ermittelte Verbrauch für die zwei Wohnungen im NEH1 ist in Verrechnungseinheiten ausgedrückt, während die berechneten Werte sowie die gemessenen Daten der TUGraz in kWh angegeben sind. Folglich können die aus der Abrechnung ermittelten und die gemessenen Werte unmittelbar verglichen werden.

Zu beachten ist, dass in Tabelle 27 der Heizwärmebedarf und der Verbrauch exklusive der Verteilungsverluste dargestellt ist. Ebenso unterscheidet sich die Messzyklus d.h. Messbeginn und -ende der aus der Abrechnung ermittelten und der gemessenen Werte. Beide geben jedoch den Heizwärmebedarf für ein volles Jahr lang wieder.

Der Tabelle 27 kann entnommen werden, dass der Heizwärmeverbrauch des PH-Gebäudes um ca. 50% niedriger als jener des NEH1-Gebäudes ist. Umgewandelt auf die gleichen Wohneinheiten beträgt die Einsparung vom PH im Vergleich zum NEH1 ca. 57%.

Die NEH1-Wohnungen weisen einen annähernd gleichen Verbrauch auf. Bei den PH-Wohnungen ist der Verbrauch unterschiedlich: In der Top17 wird intensiv geheizt, während in der Nachbar-Wohnung Top18 kaum geheizt wird.

Anzumerken ist, dass die Innenraumtemperatur bei den Berechnungen gemäß ÖNorm B 8110-1 mit 20°C zu Grunde gelegt ist. Bei einer Anhebung oder Senkung der Innenraumtemperatur, ändert sich dementsprechend auch der flächenspezifische Jahresheizwärmebedarf bzw. der Heizwärmeverbrauch. Wenn in den PHPP für PH-Gebäude lt. den gemessenen Werte der Wohnungen im NEH1 und PH der gemittelte Wert der Innenraumtemperatur von ca. 24,3°C eingesetzt wird, wird der Heizwärmebedarf gleich um ca. 9,6 [kWh/m²·a] erhöht. Durch eine Anhebung der Raumtemperatur um 1°C steigt der Heizwärmebedarf daher um ~2,2 [kWh/m²·a] (~16%).

6.3.2 WARMWASSERWÄRMEBEDARF UND WARMWASSERWÄRMEVERBRAUCH

Der Warmwasserverbrauch ist von der Anzahl der Nutzer und ganz besonders von dem Nutzerverhalten sowie deren Anwesenheit abhängig.

Der Tabelle 28 ist zu entnehmen, dass der berechnete Warmwasserbedarf und der aus der Abrechnung ermittelte sowie der gemessene Warmwasserverbrauch teilweise beträchtlich voneinander abweichen. Zum Teil liegt das auch an den unterschiedlichen Messzeitpunkten und den unterschiedlichen Datengrundlagen (Stichwort Umrechnungsfaktor m³ → kWh). Um dennoch eine Gegenüberstellung zwischen den aus der Abrechnung ermittelte und den gemessenen Warmwasserverbräuchen anzustellen, wird der gleiche Umrechnungsfaktor herangezogen. Wie o.a. ergab die Berechnung für das PH einen Umrechnungsfaktor von 74 kWh/m³ und für die betrachteten Wohnungen jeweils einen Wert von ~40 kWh/m³ und ~81 kWh/m³ [9].

Tabelle 28 Darstellung des gerechneten Warmwasserverbrauches, abgerechneten und gemessenen Warmwasserbedarfes

	WWWB BERECHNET IN ARCHIPHYSIK	WWWB BERECHNET IM PHPP	WWWV LAUT ABRECHNUNG	GEMESSENER WWWV
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
NEH1	38.042		36.538 / 29.920	31.243
PH	49.128	44.047	69.068 / 69.040	67.073

	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]
	NEH1	12,78	-	10,05 / 12,27
PH	12,78	16,21	17,96 / 25,41	17,45/24,70

NEH1 Top12	12,78	-	26,52 / 32,21	26,52/32,21
NEH1 Top14	12,78	-	12,80 / 15,60	12,80/15,60
PH Top 17	12,78	-	13,50 / 16,74	13,50/16,74
PH Top 18	12,78	-	43,91 / 56,14	43,86/54,16

Im Gegensatz zum Heizwärmeverbrauch, ist der flächenbezogene Warmwasserwärmeverbrauch des NEH1 um mehr als die Hälfte geringer als der des PH.

In der Tabelle 29 ist ersichtlich, dass die Warmwasserwärmeverbräuche gut übereinstimmen.

Tabelle 29 Übersicht des abgerechneten und gemessenen Warmwasserbedarfes in [m³/a]

	NEH1	PH	NEH1 TOP12	NEH1 TOP14	PH TOP17	PH TOP18
LT. ABRECHNUNG WWWV [m³/a]	739	933,1	44,0	32,5	15,3	99,3
GEMESSENER WWWV [m³/a]	772	907	44,0	32,5	15,3	99,2

Laut den Berechnung im PHPP ist der Warmwasserwärmebedarf optimistisch prognostiziert, was auf das Nutzerverhalten zurückgeführt werden kann.

Wird der Warmwasserwärmeverbrauch in den beiden Gebäuden auf die verbrauchte Menge in Liter pro Person am Tag untersucht, wobei davon ausgegangen wird, dass in jeder Wohneinheit 2 Personen leben, so liegen die Verbrauchswerte zwischen 30 und 33 Liter pro Person am Tag. Die Werte der untersuchten Wohnungen hingegen sind ungewöhnlich niedrig bzw. übermäßig hoch. Umgerechnet auf den Warmwasserwärmeverbrauch der Wohnungen wurden folgende die Verbrauchswerte eruiert:

NEH1

- Top12 (1 Person) 121 l/Person pro Tag
- Top14 (2 Erwachsene und 2 Kinder) ~26 l/Person pro Tag

PH

- Top17 (2 Personen) 21 l/Person pro Tag
- Top18 (2 Personen) 136 l/Person pro Tag.

Laut ÖNorm B 8110-5:2011 beträgt der Ansatz für den flächenbezogenen Warmwasserwärmebedarf für Mehrfamilienhäuser w_{wwb} 35 [Wh/(m²·d)] und im PHPP [2007] 25 l/Person pro Tag. Es wäre empfehlenswert, den Warmwasserverbrauch für das PHPP zu erhöhen, um ihn annähernd der Realität anzupassen.

6.3.3 HAUSHALTSSTROMBEDARF UND HAUSHALTSSTROMVERBRAUCH

Der Verbrauch des Haushaltstroms HHSV ist von in den Wohnungen vorhandenen Geräten und deren Nutzerverhalten geprägt.

Im Programm PHPP kann der Strombedarf des Passivhauses näherungsweise abgeschätzt werden, was für das Niedrigenergiehaus jedoch nicht möglich ist. Dementsprechend kann der Verbrauch nur ausgehend von den tatsächlichen und den erfassten Kosten verglichen werden.

Die Werte sind in der Tabelle 30 zusammengefasst. Der Haushaltstromverbrauch HHSV laut Abrechnung konnte nicht eruiert werden und dementsprechend auch nicht in der Tabelle 30 berücksichtigt werden.

Tabelle 30 Darstellung des gerechneten Haushaltstrombedarfs, abgerechneten und gemessenen Haushaltstromverbrauchs

	HHSB ⁴¹ BERECHNET IN ARCHIPHYSIK	HHSB BERECHNET IM PHPP	HHSV LAUT ABRECHNUNG ⁴²	GEMESSENER HHSV
	[kWh/m ² ·a]	[kWh/m ² ·a]	[kWh/m ² ·a]	[kWh/m ² ·a]
NEH1	16,43	-	-	22,31/27,25
PH	9,20	23,49	-	16,53/23,39
NEH1/Top 12	16,43	-	-	19,16/32,21
NEH1/Top 14	16,43	-	-	26,83/15,60
PH/Top 17	9,20	-	-	25,02/16,74
PH/Top 18	9,20	-	-	40,78/56,09

Als Grundlage für die Lokalisierung im Programm des NEH1 wurde die OIB Richtlinie 6:2007 verwendet und auch die des PH entspricht der OIB Richtlinie 6:2007. Abweichend davon werden jedoch für das PH die ÖN Berechnungsnormen aus dem Jahr 2010 und 2011 verwendet. In der OIB RL 6:2007 ist der

⁴¹ HHSB - Haushaltstrombedarf

⁴² Keine Unterlagen beigelegt

Haushaltsstrom HHSB nicht definiert. Erst in der OIB RL 6:2011 unter Punkt 5 werden der Haushaltsstrom HHSB und der Betriebsstrom BSB geregelt. In der Tabelle 30 ist der HHSB gemäß OIB RL 6:2011 als Beispiel dargestellt.

Der berechnete HHSB basiert auf dem flächenbezogenen Defaultwert, der dem durchschnittlichen österreichischen Haushalt entspricht. Dabei wird für das Wohngebäude die Hälfte des $q_{i,h,n}$ inneren Wärmegewinne infolge Personen und Geräten im Heizfall angesetzt ($NEH=1,875 \text{ W/m}^2_{BF}$ ⁴³ und $PH=1,05 \text{ W/m}^2_{BF}$) der multipliziert wird mit der jährlichen Stundenanzahl von 8760 und dividiert durch Tausend, ergibt 16,43 bzw. 9,20 [kWh/m²·a]. Für das Passivhaus liegt die Vermutung nahe, dass energieeffiziente Haushaltsgeräte, wie sie oft im PHPP vorgesehen werden, auch tatsächlich eingesetzt werden.

Die Unterschiedlichkeiten des HHSV sind einerseits durch die Anzahl von Personen im Haushalt sowie deren Anwesenheit und andererseits durch die Hausgeräten bedingt.

Tabelle 31 Darstellung der abgerechneten und gemessenen Betriebsstromverbrauchs der Gebäude

	BETRIEBSSTROM LAUT ABRECHNUNG	GEMESSENER BETRIEBSSTROM
	[kWh/a]	[kWh/a]
NEH1	19.672	16.830
PH	41.756	36.290

Obwohl die Gebäude unterschiedliche Wohneinheiten aufweisen, ist ersichtlich, dass der Betriebsstrom für das PH doppelt so hoch ist wie jener des NEH1. Die höheren Kosten waren zu erwarten, da beim PH die Stromkosten für die Lüftungsanlage dazu kommen. Die Betriebsstromverbräuche werden unter 7.4 näher erläutert.

6.3.4 ENDENERGIEBEDARF UND ENERGIEVERBRAUCH

Der Endenergiebedarf (EEB) ist jene Menge an Energie, die für Heizung und Warmwasserversorgung einschließlich der Versorgung der Hilfsbetriebe in das Energiesystem eines Gebäudes für eine typische Standardnutzung eingespeist werden muss (Normverbrauch).

Der Endenergieverbrauch (EEV) ist die Menge an Energie, die vor Ort bzw. Messungen oder anhand den vorliegenden Abrechnungen ermittelt wurde (nutzerbedingt).

⁴³ Bezugsfläche gemäß ÖNorm B 8110-6

Tabelle 32 Darstellung des gerechneten Endenergiebedarfes, abgerechneten und gemessenen Endenergieverbrauches

	EEB BERECHNET IN ARCHIPHYSIK	EEB BERECHNET IM PHPP	EEV LAUT ABRECHNUNG⁴⁴	GEMESSENER EEV
	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]	[kWh/m²·a]
NEH1	52,81	-	-	79,1 / 96,6
PH	42,12	87,7 ⁴⁵	-	65,7 / 92,9
NEH1 Top12	55,11	-	-	52,6
NEH1 Top14	49,12	-	-	45,4
PH Top 17	41,68	-	-	54,4
PH Top 18	35,72	-	-	86,3

Anhand den berechneten und gemessenen Werten ist ersichtlich, dass sie nutzerabhängig sind, daher ergibt sich eine Abweichung zwischen 33-35%.

Tabelle 33 Darstellung des gemessenen Endenergieverbrauches in kWh/m²·a

	NEH1	PH
GEMESSENER EEV [kWh/a]	235.540	252.490

Interessant ist, dass nach dem Endenergieverbrauch der Gebäude in kWh/m²_{BGF}·a lt. Tabelle 32 umgerechnet auf die Wohneinheiten, die Einsparung vom PH gegenüber dem NEH1 bei ca. 28% und lt. Tabelle 33 nach kWh/a bei ca. 6,5% liegt.

Die Auswertungen zeigen, dass eine Aussage über die jeweilige Einsparung in Anhängigkeit von der Bezugsfläche nicht getroffen werden kann. Eine präzisere Aussage lässt sich über den Gesamtverbrauch in kWh/a treffen.

Obwohl der HWV des PH eine Einsparung gegenüber jenem des NEH1 aufweist, gleicht sich der EEV aufgrund des höheren WWWV sowie HHSB/BSV aus. Es kommen unterschiedliche Aspekte zu den Abweichungen in Betracht, wie die Planung, Ausführung, Einstellungen der Anlagentechnik oder das Nutzerverhalten. Es stellt sich die Frage, ob es sich beim Gebäude PH tatsächlich um ein Passivhaus oder doch eher um ein Niedrigenergiehaus handelt.

Die Auswertung der thermischen Behaglichkeit des NEH1 und PH sowie der vier betrachteten Wohnungen ist im Bachelorprojekt "Vergleichende Analyse von Behaglichkeitsparametern eines Passiv- bzw. Niedrigenergiehauses" zu finden (Leh 2015).

⁴⁴ Keine Unterlagen beigelegt

⁴⁵ Primärenergiebedarf lt. PHPP (

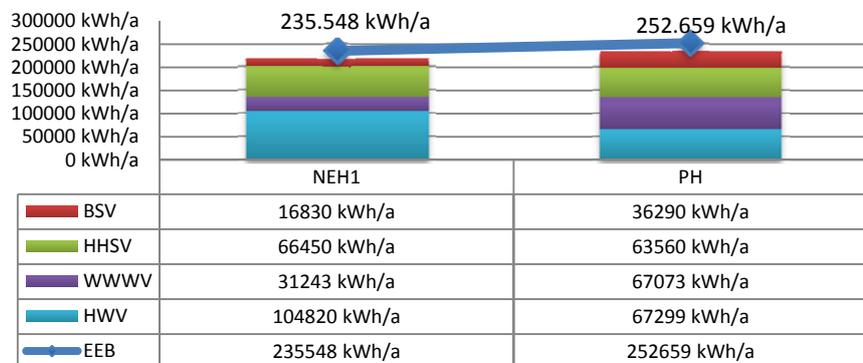
6.4 ÜBERBLICK DER GEGENÜBERSTELLUNG DER GERECHNETEN, AUS DER ABRECHNUNG ERMITTELTEN UND GEMESSENEN WERTE

Die dargestellten Tabellen sollen einen Überblick über die bisher betrachteten Werte der Gebäude und der vier betrachteten Wohnungen bieten.

6.4.1 GEBÄUDE

		NIEDRIGENERGIEHAUS	PASSIVHAUS
BGF	m ²	2.977,85	3.845,65
EBF	m ²	2.438,45	2.717,03
VOLUMEN	m ³	9.149,82	12.253,72
A/V	1/m	0,46	0,37

		BERECHNETE WERTE		AUS DER ABRECHNUNG ERMITTELTE WERTE		GEMESSENE WERTE	
		NEH1	PH	NEH1	PH	NEH1	PH
HWB/V _{BGF}	kWh/m ² ·a	35,21	16,31	40,5	19,77	35,2	17,5
HWB/V _{EBF}	kWh/m ² ·a	-	11,12	-	27,98	-	24,70
WWWB/V _{BGF}	kWh/m ² ·a	12,78	12,78	10,05	12,27	10,49	17,45
	kWh/a	38.042	49.128	36.538	69.068	31.243	67.073
WWWB/V _{EGF}	kWh/m ² ·a	-	16,21	17,96	25,41	12,81	24,70
	kWh/a	-	44.047	29.920	69.040	-	-
HHSB/V	kWh/a	48.926 ⁴⁶	35.380 ⁴⁷	-	-	66.450	63.560
HHSB/V _{PHPP}	kWh/a	-	63.817	-	-	-	-
BSB/V	kWh/a	-	-	19.672	41.756	16.830	36.290
EEB _{BGF}	kWh/m ² ·a	52,81	42,12	-	-	79,1	65,7
PEB _{EGF, PHPP}	kWh/m ² ·a	-	87,7	-	-	-	-



⁴⁶ HHSB und BSB

⁴⁷ HHSB und BSB

6.4.2 BETRACHTETE WOHNUNGEN

		NEH1 Top12	NEH1 Top14
BGF	m ²	65,43	105,95
EBF	m ²	53,86	86,94
VOLUMEN	m ³	192,36	311,49
A/V	1/m	0,25	0,31

		BERECHNETE WERTE		AUS DER ABRECHNUNG ERMITTELTE WERTE		GEMESSENE WERTE	
		Top12	Top14	Top12	Top14	Top12	Top14
HWB/V _{BGF}	kWh/m ² ·a	29,28	26,33	838 Einheiten	617 Einheiten	6,92	5,74
HWB/V _{EBF}	kWh/m ² ·a	35,57	32,08	-	-	8,41	6,99
WWWB/V _{BGF}	kWh/m ² ·a	12,78	12,78	26,52	12,80	26,52	12,80
	kWh/a	836	1354	1735	1356	1735	1356
HHSB/V	kWh/a	1075	1741	-	-	19,12	26,83
EEB _{BGF}	kWh/m ² ·a	55,11	49,12	-	-	52,6	45,4

		PH Top17	PH Top18
BGF	m ²	66,35	107,36
EBF	m ²	53,53	83,96
VOLUMEN	m ³	195,06	315,63
A/V	1/m	0,11	0,28

		BERECHNETE WERTE		AUS DER ABRECHNUNG ERMITTELTE WERTE		GEMESSENE WERTE	
		Top17	Top18	Top17	Top18	Top17	Top18
HWB/V _{BGF}	kWh/m ² ·a	8,65	10,07	2,31	4,92	15,87	1,62
HWB/V _{EBF}	kWh/m ² ·a	10,72	12,88	2,85	6,29	19,67	2,07
WWWB/V _{BGF}	kWh/m ² ·a	12,78	12,78	13,50	43,91	13,50	43,86
	kWh/a	848	1372	896	4717	896	4709
HHSB/V	kWh/a	492	772	-	-	25,02	16,74
EEB _{BGF}	kWh/m ² ·a	41,68	35,72	-	-	54,4	86,3

7. ERRICHTUNGS- UND ERHALTUNGSKOSTEN

Die Aufteilung der Kosten des ersten Bauabschnittes bzw. zwischen NEH1 und NEH2 wurde näherungsweise wohnungsanzahlmäßig aufgeteilt.

7.1 ERRICHTUNGSKOSTEN

Die überschlägige Ermittlung der Errichtungs- bzw. Baukosten, auf Basis der beigestellten Unterlagen hat ergeben, dass die Errichtungskosten für das PH mit 39 Wohneinheiten um ca. 20% höher sind, als die für das NEH1 mit 34 Wohneinheiten. Die Aufteilung erfolgt näherungsweise nach Wohnungsanzahl. Umgerechnet auf die gleichen Wohneinheiten sind die Errichtungskosten des PH um ca. 4,5% höher als die des NEH1.

Die Kosten des ersten Bauabschnittes, gemäß Wohnbauträger wurden näherungsweise flächen- und wohnungsanzahlmäßig aufgeteilt.

7.2 BETRIEBSKOSTEN

7.2.1 GRUNDLAGEN

Die Betrachtung der Betriebskosten erfolgte auf der Basis der beigestellten Unterlagen.

Für jeden Bauträger spielt die Wirtschaftlichkeit eine wesentliche Rolle für die Entscheidung und Ausführung von gewünschten bzw. geplanten Gebäuden. Neben den Baukosten sind auch die Betriebskosten entscheidend für die Wirtschaftlichkeit eines Bauprojekts.

Die Betriebskosten sind im Mietrechtsgesetz (MRG) als auch im Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz (WGG) sowie im Heizkostenabrechnungsgesetz (HeizKG) geregelt.

Zu den Betriebskosten zählen:

- Heizkosten;
- Warmwasser;
- Wasser/Abwasser;
- Aufzugs-/Fahrstuhlkosten (falls vorhanden);
- Allgemeinstrom bzw. Beleuchtung des Stiegenhauses, der Außenanlage und der Gemeinschaftsflächen;
- Müllbeseitigung/Straßenreinigung;

- Versicherung;
- Grundsteuer;
- Hausmeister/Hauswart;
- Gebäudereinigung;
- Gartenpflege;
- Antenne/Kabelfernsehen;
- Hauswaschmaschine;
- Wartung der Lüftungsanlage;
- sonstige Kosten (z. B.: Prüfgebühr für Feuerlöscher , Dachrinnenreinigung, Spielplatz etc.).

7.2.2 GEBÄUDE

Im Diagramm 3 und Diagramm 4 sind die Betriebskosten der beiden untersuchten Gebäude für das Vorjahr dargestellt. Die Aufteilung der Betriebskosten für das NEH1 erfolgte nach Parifizierung mit dem Betriebskosten-Schlüssel der einzelnen Wohnungen, die multipliziert wurden mit der Gesamtkostenaufstellung der Betriebskosten des NEH1 und NEH2.

Die Kosten für die Wasseraufbereitung konnten nicht eruiert werden. Die Betriebskosten ohne Wasseraufbereitungskosten sind für das NEH1 mit 34 Wohneinheiten um ca. 24% geringer als die des PH, das über 39 Wohneinheiten verfügt. Umgerechnet auf die gleiche Anzahl an Wohneinheiten liegt die Einsparung des NEH1 gegenüber dem PH bei ca.13%.

Neben den Betriebskosten sind noch die Instandhaltungs-, Verwaltungs- und Heizkosten zu berücksichtigen.

Betriebskosten NEH1

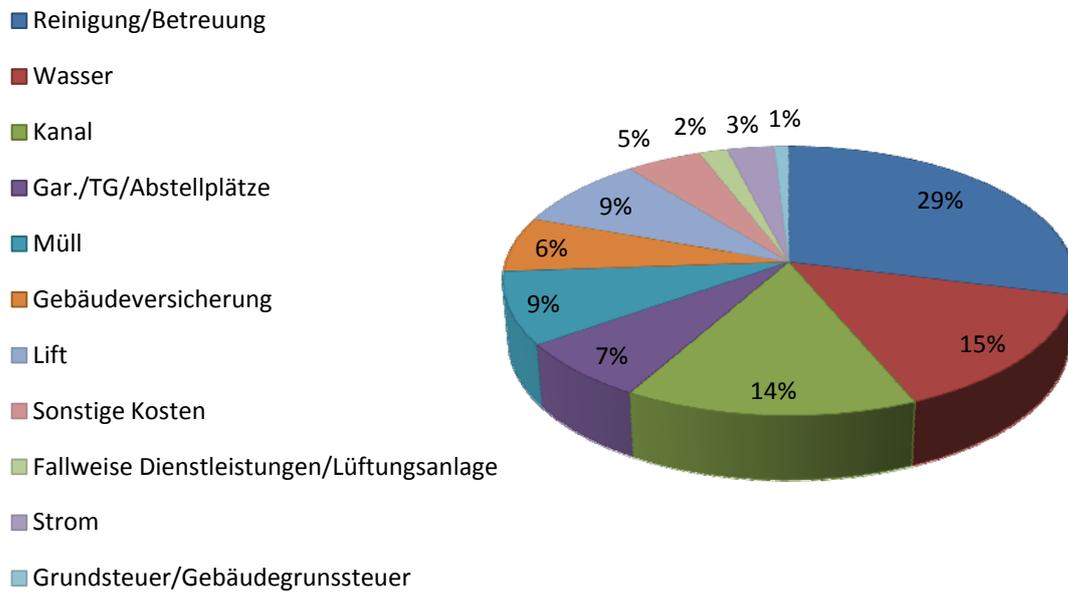


Diagramm 3 Betriebs- und Wartungskosten NEH1

Betriebskosten PH

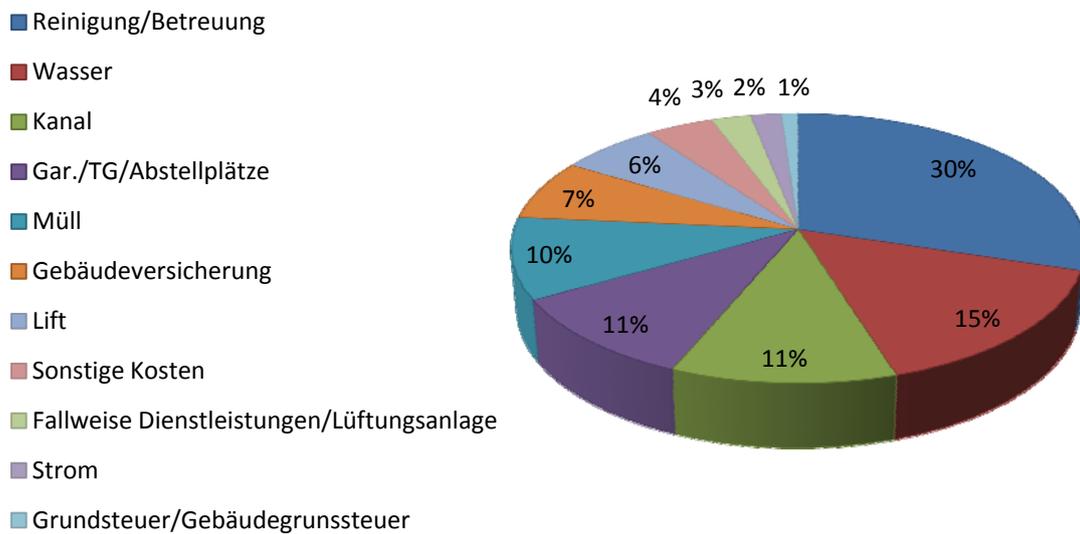


Diagramm 4 Betriebs- und Wartungskosten PH

7.2.3 UNTERSUCHTEN WOHNUNGEN

Diagramm 5 bis Diagramm 8 veranschaulichen die Betriebskosten der vier untersuchten Wohnungen für das Vorjahr detaillierter. Die Aufteilung der Betriebskosten für die Wohnungen erfolgte wie bei den Gebäuden nach Parifizierung mit dem Betriebskostenschlüssel der einzelnen Wohnungen, der mit der Gesamtkostenaufstellung der Betriebskosten des NEH1 und NEH2 multipliziert wurde.

BETRIEBSKOSTEN NEH1 TOP12

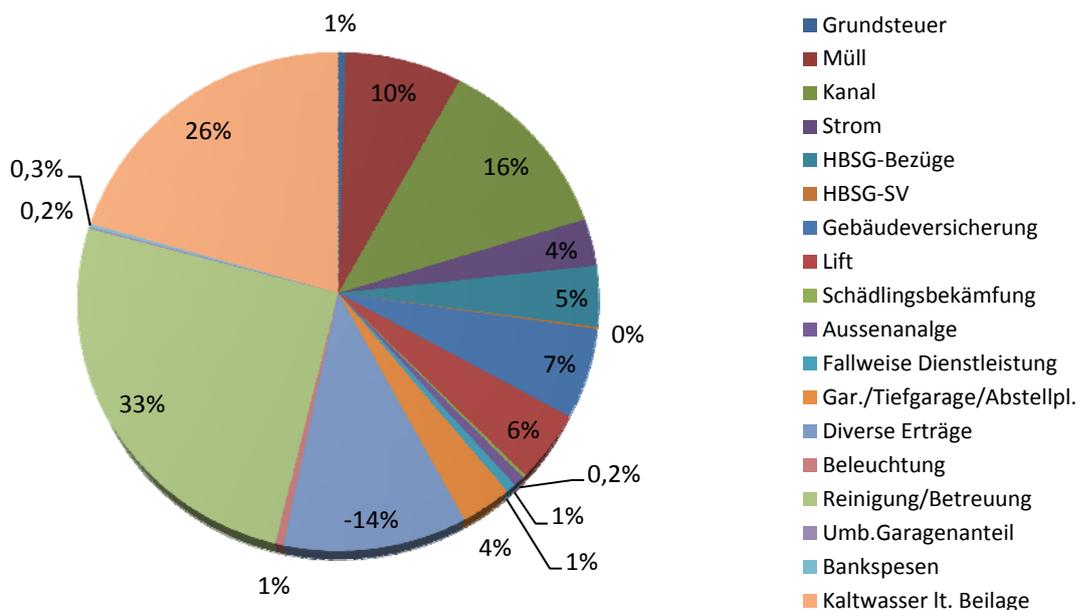


Diagramm 5 Betriebskosten NEH Top12

BETRIEBSKOSTEN NEH1 TOP14

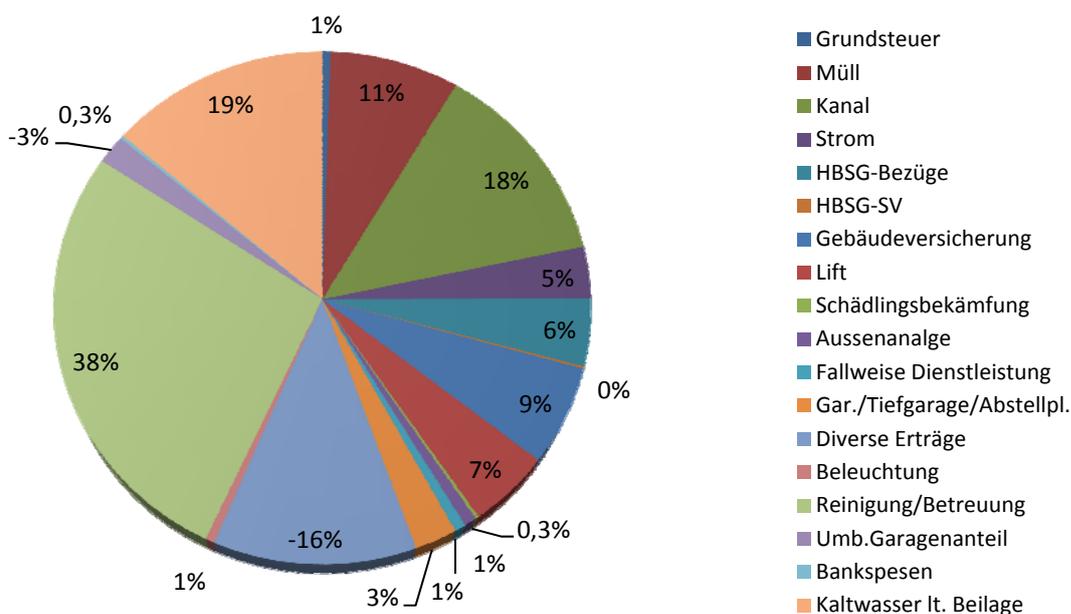


Diagramm 6 Betriebskosten NEH Top14

BETRIEBSKOSTEN PH TOP17

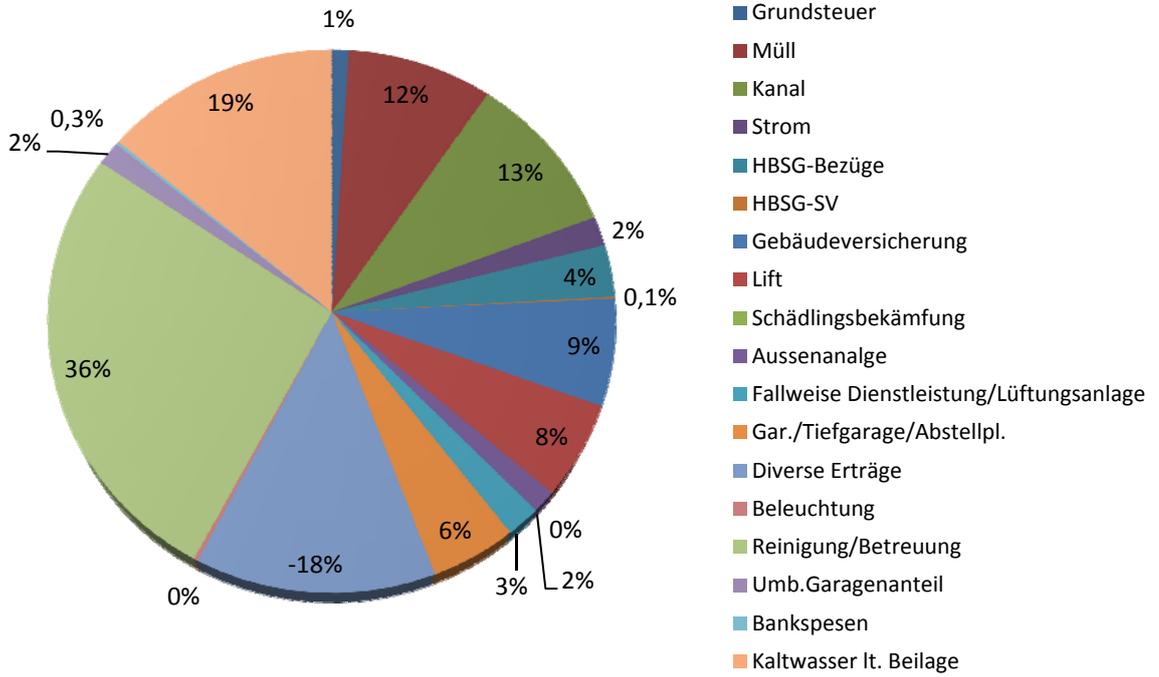


Diagramm 7 Betriebskosten PH Top17

BETRIEBSKOSTEN PH TOP18

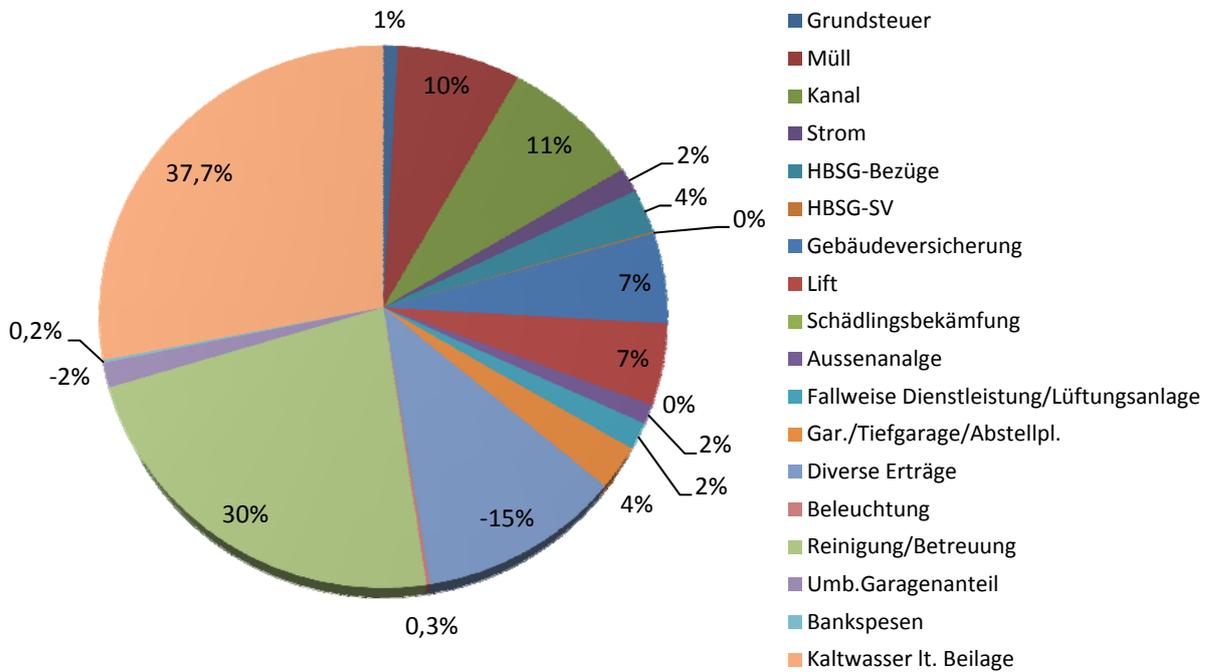


Diagramm 8 Betriebskosten PH Top18

Aus den Betriebskostendiagrammen der Wohnungen ist ersichtlich, dass der größte Anteil an Kaltwasser sowie die Gebäudereinigung und Betreuung fällt. Die Diagramme zeigen vergleichbare Anteile der Kosten, ausgenommen PH Top18. Die Kosten des Kaltwassers sind dreimal so hoch wie die Kaltwasserkosten der anderen Wohnungen, was einen Anteil von ~38% der Betriebskostenaufstellung der Wohnung ausmacht.

Im Diagramm 9 ist eine Übersicht der Betriebs-, Verwaltungs-, Heiz- und Instandhaltungskosten abgebildet.

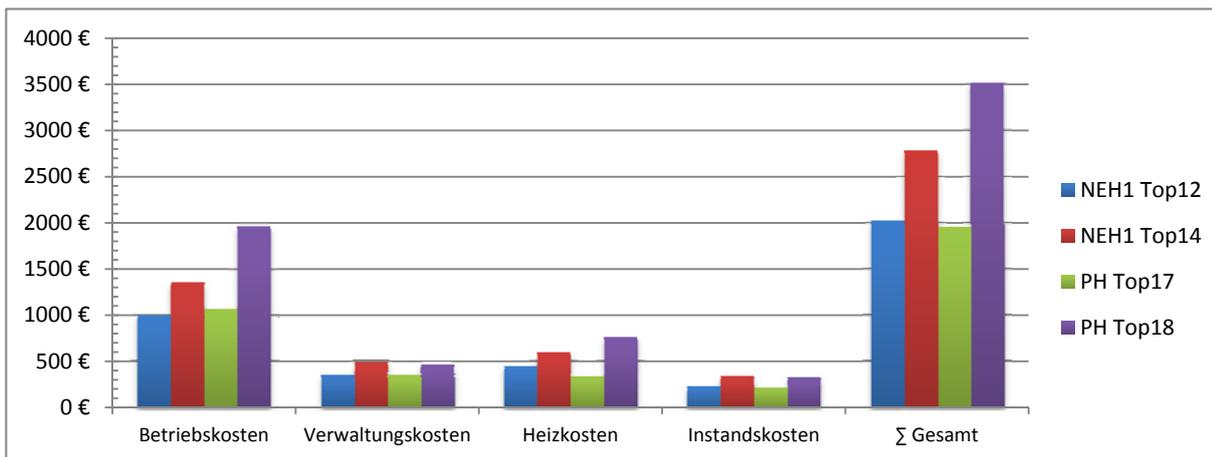


Diagramm 9 Übersicht der Betriebs-, Verwaltungs-, Heiz- und Instandhaltungskosten der vier Wohnungen

Unter den Heizkosten sind Fernwärme-, Heizungsstrom-, Service- und Warmwasserkosten zu verstehen. Aus Diagramm 9 ist ersichtlich, dass die Kosten in den Mittelwohnungen sehr ähnlich sind. Bei den Eckwohnungen NEH1 Top14 und PH Top17 ist der erhöhte Anteil an Kaltwassers bei den Betriebs- und Heizkosten, der bereits in Punkt 6.3.2 erwähnt wurde, gut zu erkennen. Ebenso ist der Warmwasserverbrauch dreimal so hoch wie in PH Top17, was vermutlich auf das Nutzerverhalten zurückgeführt werden kann.

7.2.4 BETRIEBSKOSTENPOSITIONEN

Die Betriebskostenpositionen wurden vom Wohnbauträger beigestellt und betreffen:

- Heizkosten;
- Warmwasserkosten;
- Stromkosten.

7.3 HEIZ- UND WARMWASSERKOSTEN

7.3.1 GEBÄUDE NIEDRIGENERGIE- UND PASSIVHAUS

Bei Mehrfamilienhäusern, die mit Fernwärme versorgt werden, werden unterschiedliche Tarife angewendet. Diese setzen sich aus einem Leistungspreis, einem Arbeitspreis und einem Messpreis

zusammen. Die anfallenden Kosten für Heizung und Warmwasser werden den BewohnerInnen von der Hausverwaltung verrechnet.

Der Arbeitspreis für Fernwärme beträgt 6,6902 [Cent/kWh] inkl. USt. (Fernwärme – Höchstpreis pro kWh laut Auskunft Fernwärme Graz, Stand 2012).

Die Kosten für den Heizwärmeverbrauch lt. Messungen des NEH1, inkludiert der Heizungsverluste des PH, umgerechnet nur auf den Arbeitspreis betragen ca. 3,18 Euro/m²a, während die Betriebskosten des Passivhauses für Heizung ca. 1,81 Euro/m²a erweisen.

Aus dieser Zusammenschau der Betriebskosten zeigt sich, dass die Betriebskosten des PH rein für Raumheizung (Verluste unberücksichtigt) geringer ausfallen als die des NEH1. Obwohl auch die des NEH bereits niedrig sind. Die beachtlichen (Energie-)Aufwendungen, die Heizwärme über die Lüftungsanlage in den Raum zu befördern, sind in diesen Werten nicht inkludiert, so dass diese Zahlen nicht unmittelbar miteinander verglichen werden können.

7.3.2 UNTERSUCHTEN WOHNUNGEN

Wie bereits erwähnt, sind unter Heizkosten Fernwärme-, Heizungsstrom-, Service- und Warmwasserkosten zu verstehen.

Die Heiz- und Warmwasserkosten sind prozentual von den Gesamtkosten der Wohnungen in Diagramm 10 abgebildet. Erkennbar ist, dass die Nutzer in NEH1 Top12 und Top14 mehr heizen als jene im PH. Im PH Top18 ist ein hoher Warmwasseranteil bemerkbar, der sich auch auf die Kosten auswirkt.

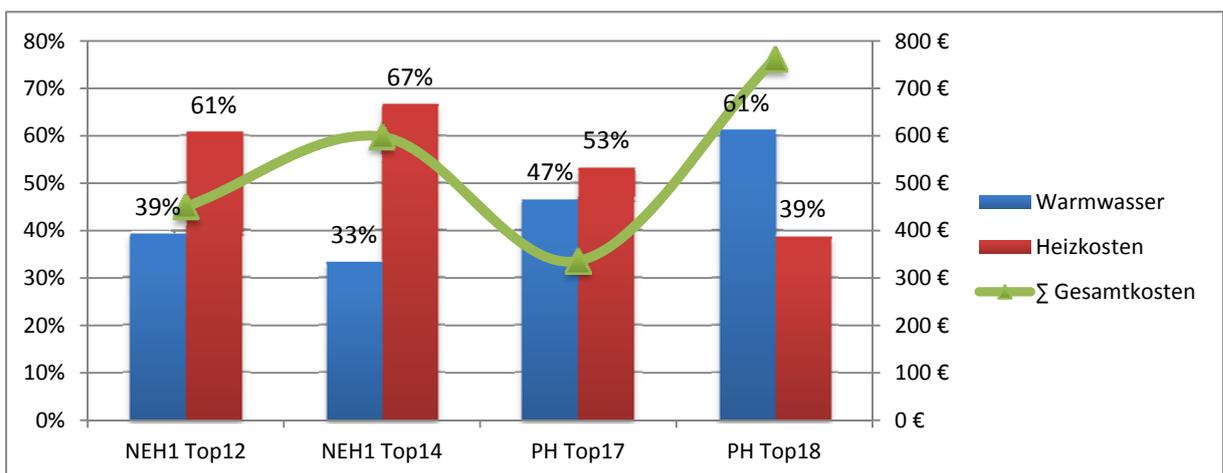


Diagramm 10 Übersicht der Heizkosten von den betrachteten Wohnungen

7.4 STROMVERBRAUCH

7.4.1 GEBÄUDE NIEDRIGENERGIE- UND PASSIVHAUS

Der Stromverbrauch setzt sich zusammen aus:

- Heizung (Pumpe, Fernwärmeregelung und Lüftungsanlage);
- Allgemein (Stiegenhaus und Keller);
- Außenbeleuchtung;
- Aufzug;
- Tiefgarage;

Der Stromverbrauch der Lüftungsanlagen ist abhängig von den Luftmengen, dem Wirkungsgrad der Technik und dem Gesamtdruckverlust. Der Energieverbrauch ist auch von der Häufigkeit der Wartungsarbeiten abhängig (verschmutzte Filter erhöhen beispielsweise die Druckverluste und somit den Stromverbrauch der Ventilatoren).

Tabelle 34 Detaillierte Darstellung der abgerechnete Betriebsstromverbrauchs der Gebäude für Jahr 2014

	NEH1	PH
	[kWh]	[kWh]
Strom Allgemein	5.164,60	7.162,00
Strom Heizung incl. Wohnraumlüftung bei PH	5.560,78	18.338,00
Strom Aufzug	2.142,00	1.726,00
Strom Außenbeleuchtung	2.344,20	4.879,04
Strom Tiefgarage	4.460,88	9.651,07
Σ	19.672,46	41.756,11

Die Aufteilung der einzelnen Verbrauchswerte und die Kosten für das NEH1 und NEH2 wurden näherungsweise anhand der Wohnungsanzahl aufgeteilt. In der gegenständlichen Untersuchung sind die Stromkosten für das NEH1 mit 34 Wohneinheiten um ca. 53% geringer als die des PH, das über 39 Wohneinheiten verfügt. Umgerechnet auf die gleichen Wohneinheiten beträgt die Einsparung des NEH1 gegenüber dem PH ca. 46%.

8. RESÜMEE UND EMPFEHLUNGEN

Die wesentlichen Aspekte des Bauens sind das ökologische und energieeffiziente Planen und Bauen, die das Wohlergehen der Menschen und den Gesundheitsschutz in den Gebäuden gewährleisten sollen.

Effizient, ein aus dem Lateinischen (efficere = bewirken) stammender Begriff, der die Wirksamkeit einer bestimmten Maßnahme beschreibt, hat in den letzten Jahren in den verschiedensten Bereichen immer stärker an Bedeutung gewonnen. Bei der Auseinandersetzung mit der Effizienz muss diese allerdings zunächst von der Effektivität abgegrenzt werden. Effizienz bedeutet nämlich, dass ein bestimmter Nutzen bereits mit geringem Aufwand erreicht werden kann, während Effektivität jene Maßnahme beschreibt, die den gewünschten Nutzen bringt. Der Betrieb eines Gebäudes ist effizient, wenn der Energiebedarf zur Nutzung bei gleichzeitig effizientem Aufwand möglichst niedrig ist.

Durch das Energiecontrolling und die -analyse wird systematisch das energietechnische Verhalten der Gebäude verfolgt und detaillierte Kenntnisse über die Energieverbrauchskennzahlen, -werte und -kosten werden erlangt, analysiert und dokumentiert. Durch die Datenerfassung werden die Energieverbräuche eruiert, die prognostizierten Ansätze werden mit den tatsächlichen verglichen, die Wirtschaftlichkeit von energieeffizienten Maßnahmen beurteilt und in der Folge können geeignete Optimierungsmaßnahmen dementsprechend umgesetzt werden.

Demnach können Gebäude nicht als schlecht oder gut klassifiziert werden, vielmehr muss eine fundierte Beurteilung auf ihrem Konzept/ihrer Konzeption beruhen.

Parallel zu den technologischen Fortschritten müssen jedoch auch Anstrengungen hinsichtlich der Bewertungsmethoden unternommen werden. Denn nur wenn klar ist, wie die am Gebäudestandort erzeugten Energiemengen in der Bilanz zu berücksichtigen sind, kann der zukünftige Standard auch rechnerisch nachgewiesen werden. Eine langfristig angelegte Untersuchung des Gebäudeverhaltens unter Berücksichtigung der Betriebs-, Instandhaltung- und Heizkosten über eine gewisse Dauer würde es erlauben, weitere Erkenntnisse hinsichtlich der Gebäudenachhaltigkeit zu gewinnen.

8.1 GEBÄUDEHÜLLE

Beispielweise haben Dämmdicke und die Wärmeleitfähigkeiten großen Einfluss auf die Berechnungsergebnisse und folglich auch auf die energietechnische Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich des Wärmeschutzes. Dadurch wird die Wichtigkeit der korrekten Ausführungsunterlagen betont.

Im Laufe dieser Arbeit wurde immer deutlicher, dass die angesetzten Anforderungen und Pläne nicht zur Gänze der Ausführung entsprechen. Da die angeforderten und erforderlichen Unterlagen nicht zur Gänze eruiert werden konnten bzw. beigestellt wurden, ist in solchen Fällen nicht nachvollziehbar, welcher Berechnungsansatz gewählt wurde, welche Dämmdicken und Produkte schlussendlich zum Einsatz gekommen sind.

Nichts desto trotz weisen die Gebäudehüllen einen guten Wärmeschutz auf, was durch den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten U_m (NEH1 0,316 und PH 0,207 W/m²·K) erkennbar wird. Die opaken Bauteile in dieser Arbeit bilden einen Anteil von ca. 88-87% und die transparenten Bauteile ~12-13% der thermischen Gebäudehülle. Die opaken Bauteile weisen einen niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten auf. Ein Verbesserungspotenzial wie eine Reduktion des Wärmedurchgangskoeffizienten bei den transparenten Bauteilen würde sich beträchtlich auf den Wärmeschutz auswirken.

Die neuen Fenstergenerationen⁴⁸ entsprechen wärmedämmenden Verglasungssystemen, die zur Reduktion des Wärmedurchgangskoeffizienten führen und sich gleichzeitig durch ihre geringe Dicke auszeichnen. Sie sind sowohl als Fenster als auch Fenstertüren oder Fassadenelemente einsetzbar. Es handelt sich um 20 cm dicke Fenster, die durch eine 12-fache Verglasung die konvektiven Verluste im Glaszwischenraum minimieren, ohne dass es zu statischen Problemen kommt. Dies erreichten die Entwickler vor allem durch die Herstellung und besondere Anordnung von 11 Luftzellen parallel zu den äußerst dünnen Glasscheiben. Mit Hilfe dieser neuen Technologie sind Wärmedurchgangskoeffizienten des Glases von ca. $\leq 0,15$ W/(m²·K) erreichbar. Das Gewicht der Isolierglaseinheit ist unabhängig von der Anzahl der verwendeten Partitionen nahe jenem einer Standard dreifach Verglasungseinheit.

Die Detailausführung hat neben der energietechnischen Qualität der Gebäudehülle eine wesentliche Bedeutsamkeit. Konstruktionen in Kombination mit ungünstiger Detailausführung und gut wärmegeämmten Regelquerschnitten ergeben einen höheren Ψ -Wert und damit eine große Differenz zwischen den Wärmestrom im ungestörten Bauteilbereich und im Bereich der Wärmebrücke. Ein geringer Ψ -Wert zeigt nichts anderes als dass der Bereich der Wärmebrücke nicht energetisch geringwertiger ist, als der ungestörte Bauteilbereich bzw. Regelquerschnitt.

8.2 GEBÄUDETECHNIK

Funktionen, Regelung und Angaben zur Gebäudetechnik dieser Gebäude konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht zur Gänze aufgeklärt und überprüft werden. Der Einfluss der Gebäudetechnik auf die

⁴⁸ <http://superwindows.eu/en/>

Berechnungsergebnissen ist jedoch groß und zeigt die Wichtigkeit der korrekten Ausführungsunterlagen im Sinne der Nachvollziehbarkeit und möglichen Optimierungspotenzialen.

8.2.1 KONTROLLIERTE WOHNRAUMLÜFTUNG

Trotz aller Vorteile, die kontrollierte Wohnraumlüftungen bieten, muss beachtet werden, dass die Betriebskosten nahezu direkt mit einer steigenden Luftwechselrate korrelieren. Darüber hinaus gilt es, Zugerscheinungen bzw. zu hohe Luftbewegungen in Aufenthaltsräumen, die durch hohe Luftwechselraten hervorgerufen werden, zu vermeiden. Daher sollte der Außenluftwechsel sowohl aus Gründen der Wirtschaftlichkeit als auch der Behaglichkeit im Raum nicht zu hoch angesetzt und am besten bedarfsgesteuert werden.

Die Berechnungen der Sommertauglichkeit der Räume der jeweiligen Wohnungen im PH ergab, dass sich das PH ähnlich wie das NEH1 verhält und im Sommer die Lüftungsanlage allein generell nicht ausreicht, da kontrollierte Wohnraumlüftung den erforderlichen Luftwechsel nicht erzeugen kann. Die Problematik der kontinuierlichen Luftwechselrate führt im Winter zwangsläufig zu sehr trockenen Luftverhältnissen. Um dies bei zukünftigen Bauten, die über eine kontrollierte Wohnraumbelüftung verfügen, zu vermeiden, müsste die Luftwechselrate für jeden Raum individuell eingestellt und automatisch oder wenn nicht anders ausführbar vom jeweiligen BewohnerInnen manuell an die Luftqualität im betreffenden Raum angepasst werden können. Eine Nachtlüftung (wenn die Außentemperatur geringer ist als die Innenraumtemperatur) bewirkt, dass eine Kühlwirkung durch Luftaustausch erreicht wird sowie Gerüche aus den Räumen beseitigt werden.

Gemäß Energiemonitoring des Labors für Bauphysik der TU Graz wurden folgenden Erkenntnisse erlangt:

Die Temperaturverläufe der Frisch- und der Zuluft vor bzw. nach dem Heizregister für die betrachteten Wohnungen ist in der Beilage 10 und Beilage 11 zu finden. Aus den Verläufen ist zu erkennen, dass bei länger anhaltender hoher Außentemperatur die Amplitude dieser Temperaturverläufe kleiner wird, während die Mitteltemperatur deutlich steigt. Es ist davon auszugehen, dass das Gesamtsystem der Lüftungsanlage umgebende Bauteile erwärmt und/oder ein Bypassproblem besteht. Auf diese Weise wird der Kühleffekt bei niedrigen Außentemperaturen über die Zuluft durch Wärmetauschereffekte mit der Bausubstanz oder den Leitungen selbst immer geringer. Es kommt nicht nur zwischen dem Heizraum und dem Heizregister der Wohnung zu einer Erhöhung der Zulufttemperatur, sondern auch auf der relativ kurzen Strecke vom Heizregister zu den Auslässen in die Räume. Aus den bereitgestellten Daten im "Endbericht Nr.B14.676.003.702" ist beispielsweise ersichtlich, dass sich die Temperatur der Frischluft von auf der Strecke zwischen dem Haustechnikraum im Keller des PH zu den Wohnungen Top 16/17 und Top 16/18 um 1°C - 2°C erhöht. Interessant ist dabei die Tatsache, dass der Temperaturunterschied zwischen der Temperatur der Zuluft, die vor dem Heizregister gemessen wurde und jener beim Auslassventil in der Wohnung Top 16/18 höher ist als in der Top 16/17. Für Top 16/18 bedeutet dies, dass die Lufttemperatur bis zum Auslassventil über die Temperatur im Wohnraum ansteigt. Demnach dringt wärmere Luft in den Wohnraum als ohnehin schon vorhanden ist. [9]

Die wesentlichen Ursachen hierfür können sein:

- keine Sommernachtkühlung bzw. Aussetzen des Sommerbypass der kontrollierten Wohnraumlüftung.
- Lüftungsanlage verfügt über kein Kühlsystem. Die Kühlung wird nur über den Erdwärmetauscher gewährleistet. Ein Teil der warmen Frischluft wird durch den Erdwärmetauscher an das Erdreich abgegeben.
- Die Umluftklappe der Lüftungsanlage war leicht geöffnet (siehe Abbildung 21). So konnte die Fehlluft bzw. die warme Luft aus der Heizzentrale durch die Umluftklappe in die Lüftungsanlage vor der Wärmerückgewinnung einfließen und die Zuluft um gefühlte $\sim 3^{\circ}\text{C}$ erwärmen. Zu den Erkenntnissen kam es erst nach dem Einbau der Temperaturüberwachung. Die Umluftklappe dient lt. Auskunft der Herstellerfirma zum Enteisen.
- Unterschiedlicher Verlauf der Zuluftleitungen. Während in der Wohnung Top 16/17 die Zuluftleitung über den Vorraum hin zu den einzelnen Auslässen verläuft, führt jene der Wohnung Top 16/18 direkt über das WC hin zur darin untergebrachten, relativ warmen Wohnungsstation bzw. Abwärme von der Wohnungsstation.
- fehlende bzw. marginale Wärmedämmung der Zuluftleitungen (siehe Abbildung 22). Die gesamte Decke über der abgehängten Deckenkonstruktion, in welcher die Zuluftleitungen verlaufen, erwärmt sich und ein entsprechender Wärmeaustausch findet statt. Dies lässt sich auf zu hohe Temperaturen bei den Auslassventilen zurückführen. Diese Problematik ist in der Wohnung Top 16/17, in welcher die Lüftungsanlage nicht direkt über der Wohnungsstation verläuft, nicht in diesem Ausmaß vorhanden.
- Luftwechselrate nicht steuerbar pro Raum. Die Lüftungsquerschnitte sind auf die maximale zugeführte Luftmenge ausgelegt. Die mind. Luftmenge wird über die ganzen Zulufräume verteilt genauer gesagt, es kann nicht gesteuert werden, wo welcher Anteil der Luftmenge zugeführt wird.



Abbildung 21 Heizzentrale im PH und Umluftklappe der Lüftungsanlage



Abbildung 22 Zuluftleitungen Vor- und in der Wohnung PH Top18

Empfehlenswert sind Systeme von Fenstern mit kontrollierten Schlitzen bzw. integrierter gesteuerter selbstregelnder Klapplüftung, die für einen gleichmäßigen und zugfreien Luftaustausch sorgen bzw. unabhängig von den Witterungsverhältnissen die Frischluftzufuhr im Wohnbereich gewährleisten. Natürlich ist dies vor allem in den Nachtstunden, in denen die Fensterflächen wegen Einbruchssicherheit nicht geöffnet oder gekippt gehalten werden können, eine denkbare Alternative. Die kontrollierte Wohnraumlüftung sollte in diesen Fällen in den Zuluftträumen manuell ein- und abstellbar (Grundlaststellung $\sim 0,1 \text{ h}^{-1}$) sein. Die Lüftungsanlage darf im Normal-betrieb nicht ausgeschaltet werden, aus hygienischen Gründen (bakterielle Belastung, Staubansammlung in den Rohrleitungen).

Die Wohnungsstationen sowie die Lüftungsleitungen sollten auch dementsprechend gedämmt werden, um den Effekt abstrahlender und "ablagernder" Wärme in der Deckenkonstruktion sowie in den Räumen zu reduzieren.

Die Anlagentechnik sollte nachjustiert werden. Für Wohngebäuden mit kontrollierten Wohnraumlüftung sollte die Technik noch konsequenter geplant und erweitert werden um wie in diesem Beispiel die angemerkten Punkte in Zukunft zu vermeiden. Die Gebäudetechnik ist nicht zu unterschätzen und weist Optimierungspotenzial auf, dennoch stehen weitere Herausforderungen an. Die Herausforderungen, die es auf dem Weg zur Zukunft noch zu lösen gelten, bestehen darin, die konventionelle Energieträger ganz durch erneuerbare Energie zu ersetzen.

Abbildung 23 konventionelle und erneuerbare Energie (Quelle⁴⁹)

Das Entwicklungspotenzial der Technik zeigt erneuerbare Energie durch Windkraftwerke, solarthermische Anlagen, Photovoltaik (solarische Anwendungen), biogene Energieträger sowie der

⁴⁹ Quelle: <https://prezi.com/8myz78k1-dhq/das-erneuerbare-energien-gesetz/>

geothermischen Anlagen (Erdwärme). Es sind noch Weiterentwicklungen im Bereich Langzeitenergiegewinnung und -speicherung zu erwarten. Um weiter zu kommen in der Thematik der Gebäudetechnik wäre es empfehlenswert, ein Energiemanagement einzuführen, um weitere Lücken sowie Erkenntnisse zu finden und die Gebäudetechnik im Gesamtsystem zu optimieren.

8.3 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Errichtungskosten des PH Mehrkosten von ca. 4,5% gegenüber dem NEH1 aufweisen. Bei Passivhäusern handelt es sich um geförderte Gebäude, weshalb die Kosten für den Bauherrn vorteilhafter und günstiger ausfallen als jene von Niedrigenergiegebäuden.

Die Wirtschaftlichkeit wird beim PH im Vergleich zum NEH1 vor allem durch die Einsparung der Heizwärme erzielt. Die Auswertungen zeigen, dass eine Senkung des Heizwärmeverbrauchs durch eine kontrollierte Wohnraumlüftung erreicht werden kann, aber auch, dass der Heiztechnikverbrauch sowie die Investitions- und Stromkosten steigen. Die Warmwasserkosten weisen keine große Unterschiede auf. Infolgedessen folgt aus den Auswertungen eine geringfügige Einsparung des PH gegenüber dem NEH1. Hohe Betriebs- und Instandhaltungskosten sind bei einer kontrollierten Wohnraumlüftung und den Wohnungsstationen zu erwarten.

Anzumerken ist, dass bei diesem Gebäude die Filter der Lüftungsanlage ein- bis zweimal im Jahr ausgetauscht werden. Die Sauberkeit dieser Anlage wird hingegen erst nach 10 Jahren geprüft. Dennoch wird empfohlen, eine hygienische Reinigung bereits nach 4 bis 6 Monaten durchzuführen. In den Wohnbauten sind die Querschnitte klein dimensioniert, was für die Betreiber ein Problem darstellt, da noch keine adäquate Lösung in Sicht ist, die auch die Kosten reduziert und den Aufwand verringert.

Bei der Wohnungsstation ist der Wärmetauscher Reparatur- bzw. sehr korrosionsanfällig, besser gesagt die Opferanode, der PM⁵⁰-Regler und der Kolben (Gummidichtung) sind zu warten und nach ungefähr 5 Jahren zu erneuern.

Möglichkeiten sind vorhanden um ökologisch und energieeffizient zu planen und zu bauen sowie das Wohlergehen der Menschen und den Gesundheitsschutz in den Gebäuden zu gewährleisten, aber der Faktor Kosten steigt dementsprechend.

8.4 NUTZERABHÄNGIGES VERHALTEN

Die gesammelten Daten lassen darauf schließen, dass das Nutzerverhalten in thermisch hochwertigen Gebäuden einen nicht unwesentlichen Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch hat. Darüber hinaus wirkt sich dieses auch auf die Behaglichkeit in der Wohnung und auf die Kosten aus. Vor allem aus diesem Grund, wäre es wichtig, die Bewohner mit der optimierten Nutzung ihrer Wohnung vertraut zu machen. Vorrangig sollten dabei die gewünschte Raumlufttemperatur und in diesem Rahmen auch das

⁵⁰ Proportionalmengen

Lüftungsverhalten sowie die Beschattungsmöglichkeiten im Sommer behandelt werden, aber auch auf die Auswirkungen hohen Warmwasserverbrauchs aufgeklärt werden.

Zunächst sollten die Bewohner im Sinne einer optimierten Nutzung verstärkt mit der Anlagentechnik und den Charakteristiken eines Passivhauses vertraut gemacht werden. So sollte vor allem darauf eingegangen werden, wie die Anlagen wie z. B. die Wohnungsstation genutzt wird und die Lüftungsanlage den Bedürfnissen entsprechend eingestellt wird. Ebenso sollte auf die Vermeidung der sommerlichen Überwärmung sowie erforderlichen Luftwechsel am Tag und in der Nacht eingegangen werden.

Wie bereits beschrieben, liefert die Zuluft des Passivhauses im Sommer nur einen geringen Kühleffekt. Aus diesem Grund sollte den Bewohnern empfohlen werden, die Leistung der Lüftungsanlage zu reduzieren und nachts bei kühlen Außenluftbedingungen manuell zu lüften, um der sommerlichen Überwärmung entgegenzuwirken. Auch um in den Wintermonaten zu trockene Raumluft zu vermeiden, sollte die Luftwechselrate reduziert und bei Bedarf in den jeweiligen Räumen manuell gelüftet werden. Jedoch stellt gerade beim Passivhaus die Reduktion der Luftwechselrate hinsichtlich der Beheizung ein Problem dar.

Bewohner von Passivhäusern sollten allgemein mit den Charakteristiken eines Passivhauses (der Fensterlüftung sowie der Funktionsweise, Einstellungsmöglichkeit und dem Zweck der kontrollierten Wohnraumlüftung) vertraut gemacht werden.

9. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM DEUTSCHER ARCHITEKTENKAMMERN, Hg.: *BKI-Objekte, Niedrigenergie-Passivhäuser*. Stuttgart: BKI, 2001.
- [2] BETTINA BERGAUER-CULVER. *Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden* [online], *Symposium Energieinnovation*, 2014.
- [3] Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union:2010. *Richtlinie 2010/31/EU*: Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union, 2010.
- [4] DI DANIEL RUEPP. *Vergleich: Rechenverfahren OIB RL 6 - PHPP* [online], 2013.
- [5] DUZIA, T., BOGUSCH, N.: *Basiswissen Bauphysik, Grundlagen des Wärme- und Feuchteschutzes*, 2., aktualis. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2014, ISBN 3816791360.
- [6] FEIST, W.: *Das Niedrigenergiehaus, Neuer Standard für energiebewusstes Bauen*, 5., durchges. Aufl. Heidelberg: Müller, 1998, ISBN 9783788076382.
- [7] GONZALO, R., VALLENTIN, R.: *Passivhäuser entwerfen, Planung und Gestaltung hocheffizienter Gebäude*. München: Institut f. intern. Architektur-Dok., 2013, ISBN 392003497X.
- [8] KALTSCHMITT, M., WIESE, A., STREICHER, W.: *Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*, dritte, vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, ISBN 3662071169.
- [9] LABOR FÜR BAUPHYSIK, Hg. DI Heinz J. FERK; Ing. Christopher LEH; Irma TELALOVIĆ BSc: *Endbericht Nr. B14.676.003.702*. Graz, 2015.
- [10] MARCUS WEBER, JÜRGEN WERNER, Hg.: *Energiekonzept für eine Niedrigenergiehaus-Siedlung*, 1998.
- [11] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-2:2003. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2003.
- [12] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. EN ISO 10077-1:2006. *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1: Allgemeines*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2006.
- [13] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-6:2007. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2007.
- [14] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. EN ISO 6946:2008. *Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2008.
- [15] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. EN ISO 10211:2008. *Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2008.

-
- [16] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-1:2008. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2008.
- [17] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-6 Bbl 2:2008. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf - Beiblatt 2: Mehrfamilienhaus - Validierungsbeispiele für den Heizwärmebedarf*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2008.
- [18] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-6:2010. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2010.
- [19] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-1:2011. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 1: Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2011.
- [20] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-5:2011. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2011.
- [21] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-3:2012. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 3: Vermeidung sommerlicher Überwärmung*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2012.
- [22] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. EN ISO 10077-2:2012. *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2012.
- [23] ÖN Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 8110-6:2014. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. Wien: ÖN Österreichisches Normungsinstitut, 2014.
- [24] Österreichisches Institut für Bautechnik:2006. *Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2006.
- [25] Österreichisches Institut für Bautechnik:2007. *OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007.
- [26] Österreichisches Institut für Bautechnik:2011. *OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2011.
- [27] Österreichisches Institut für Bautechnik:2015. *OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik, 2015.
- [28] PASSIVHAUS INSTITUT DR.WOLFGANG FEIST, Hg.: *Passivhaus Projektierungspaket 2007, Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser*. Darmstadt, 2007.
- [29] PROF. DR.-ING. RUDOLF LÜCKENMAN, DIPL.-ING.ARCH. (FH) FRANZISKA PIETRYAS: *Passivhäuser - Wohngebäude*. Kissing: WEKA MEDIA, 2011, ISBN 978-3-8277-1637-8.
- [30] SCHLAGNITWEIT, H., WAGNER, H.: *Heizungs- und Lüftungsinstallation*. Wien: Bohmann [u.a.], 1999, ISBN 3700210949.
-

- [31] UNIV.PROF DR.DI.H.GAMERITH, Hg. DI Hannes EBER; Robert ROSENFELDER; DI Dr.Rudolf Suntinger-Schrapf; DI Dr. Werner Pfeiler: *Technische Bauphysik, Wärmeschutz - Feuchteschutz - Mensch und Klima*. Graz, 2000.
- [32] UNIV.PROF. DDR.PETER KAUTSCH: *Vorlesungsunterlage Bauphysik 1, Wärmeschutz & Feuchtigkeitsschutz*, Master-Ausbildung Bauingenieurwissenschaften. Graz, 2012.
- [33] UNIV.PROF. DR.DI.H.GAMERITH: *Technischer Ausbau 1, Grundlagen*. Graz, 2000.

Absätze ohne Quellenangaben sind Tatsachen sowie generelles und fachliches Allgemeinwissen!

10. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Heizgradtage in Österreich für Altlichtenwarth und Hochsölden (Quelle).....	4
Abbildung 2 freie, exponierte und geschützte Lage	6
Abbildung 3 A/V-Verhältnisse für verschiedene Gebäudetypen	8
Abbildung 4 Niedrigenergie- und Passivhaus Schema	23
Abbildung 5 Niedrigenergie- und Passivhaus in Graz (Quelle: GIS-Steiermark).....	29
Abbildung 6 NEH1	34
Abbildung 7 PH.....	36
Abbildung 8 Gebäudetechnikübersicht.....	38
Abbildung 9 Anlagenschema der Zu- und Abluftanlage.....	39
Abbildung 10 Thermische Grenze Erdgeschoss NEH1	41
Abbildung 11 Thermische Grenze 1.Obergeschoss NEH1	42
Abbildung 12 Thermische Grenze - Schnitt D-D NEH1.....	42
Abbildung 13 Ansichten NEH1	42
Abbildung 14 Thermische Grenze Erdgeschoss PH	43
Abbildung 15 Thermische Grenze 1.Obergeschoss PH.....	44
Abbildung 16 Thermische Grenze - Schnitt D-D PH	44
Abbildung 17 Ansichten PH.....	44
Abbildung 18 Isothermenverlauf und Darstellung des Fenstersturzes im NEH1 und PH.....	52
Abbildung 19 Isothermenverlauf und Darstellung des unteren Fenster-Wandanschlusses im NEH1 und PH	53
Abbildung 20 Isothermenverlauf und Darstellung des Sockelbereiches im NEH1 und PH	54
Abbildung 21 Heizzentrale im PH und Umluftklappe der Lüftungsanlage.....	92
Abbildung 22 Zuluftleitungen Vor- und in der Wohnung PH Top18	93
Abbildung 23 konventionelle und erneuerbare Energie (Quelle)	93

11. DIAGRAMMVERZEICHNIS

Diagramm 1 Energiebilanz des Niedrigenergiehauses mit pauschalen und detaillierten Ansatz der Wärmebrücken	56
Diagramm 2 Energiebilanz des Passivhauses mit pauschalen und detaillierten Ansatz der Wärmebrücken	57
Diagramm 3 Betriebs- und Wartungskosten NEH1.....	83
Diagramm 4 Betriebs- und Wartungskosten PH	83
Diagramm 5 Betriebskosten NEH Top12	84
Diagramm 6 Betriebskosten NEH Top14	84
Diagramm 7 Betriebskosten PH Top17.....	85
Diagramm 8 Betriebskosten PH Top18.....	85
Diagramm 9 Übersicht der Betriebs-, Verwaltungs-, Heiz und Instandhaltungskosten der vier Wohnungen	86
Diagramm 10 Übersicht der Heizkosten von den betrachteten Wohnungen.....	87

12. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Erfahrungszahlen für den stündlichen Luftwechsel bei verschiedenen Raumarten [30]	12
Tabelle 2 Höchstzulässige $HWB_{BGR,nE-WG,Ref}$ -Werte und $HWB^*_{V,nE-NWG,Ref}$ -Werte für Niedrigenergie-Gebäude [16]	17
Tabelle 3 Grenzwerte - Höchstzulässige $HWB_{BGR,nE-WG,Ref}$ -Werte und $HWB^*_{V,nE-NWG,Ref}$ -Werte für Niedrigenergie-Gebäude [19]	17
Tabelle 4 Einige Aspekte in der Gegenüberstellung der Berechnungsverfahren	25
Tabelle 5 Flächenermittlung NEH1	41
Tabelle 6 Flächenermittlung PH	43
Tabelle 7 Aufbau PB17-letzte Geschoßdecke (Warmdach) PH	46
Tabelle 8 Aufbau PB18-letzte Geschoßdecke (Terrasse) PH.....	46
Tabelle 9 NEH1 – Berechnete U-Werte und Anforderungen nach OIB-Richtlinie 6	47
Tabelle 10 PH - Berechnete U-Werte und Anforderungen nach OIB-Richtlinie 6.....	48
Tabelle 11 Planstand der vorliegenden Pläne NEH1 und PH.....	49
Tabelle 12 Übersicht drei Details der Wärmebrückenberechnung (psi-Werte) des NEH1 und PH	51
Tabelle 13 Auswertung des Leitwertzuschlags [W/K] für Wärmebrücken.....	55
Tabelle 14 Anforderungen an den Heizwärmebedarf bei Neubau von Wohngebäuden gemäß OIB-RL 6:2007 [25]	56
Tabelle 15 Heizwärmebedarf mit der pauschalen und detaillierten Wärmebrückenberechnung.....	57
Tabelle 16 berechneter Heizwärmebedarf	58
Tabelle 17 Heizwärmebedarf der Wohnungen mit pauschalen und detaillierten Wärmebrücken	59
Tabelle 18 mindesterforderliche speicherwirksame Masse ÖNorm B 8110-3:2012 Tab.7 [21].....	61
Tabelle 19 Luftwechselzahl in Räumen - ÖNorm B 8110-3:2012 Tab.9 [21].....	62
Tabelle 20 Speicherwirksame Masse der Bauteile und Fensteranteil des Raumes der NEH1 und PH-Wohnungen.....	63
Tabelle 21 SWS Vereinfachtes Verfahren - Nachweisberechnung gemäß NEH1 und PH ÖNorm B 8110-3:2012	63
Tabelle 22 SWS Detailliertes Verfahren - Nachweisberechnung NEH1 und PH RLT gemäß ÖNorm B 8110-3:2012	65
Tabelle 23 SWS Auswirkung der kontrollierten Wohnraumlüftung mit/ohne zusätzliche Fensterlüftung bei PH-Wohnungen.....	66

Tabelle 24 SWS Detailliertes Verfahren - Vergleich NEH1 und PH Fensterlüftung gemäß ÖNorm B 8110-3:2012.....	66
Tabelle 25 SWS Detailliertes Verfahren - Variantenvergleich PH höherer bzw. geringerer Luftwechsel mit RLT	67
Tabelle 26 Übersicht der Gebäudedaten sowie der Wärme- und Energiebedarf des NEH1 und PH ..	68
Tabelle 27 Darstellung des berechneten, abgerechneten und gemessenen Heizwärmeverbrauches	73
Tabelle 28 Darstellung des gerechneten Warmwasserverbrauches, abgerechneten und gemessenen Warmwasserbedarfes.....	75
Tabelle 29 Übersicht des abgerechneten und gemessenen Warmwasserbedarfes in [m³/a]	75
Tabelle 30 Darstellung des gerechneten Haushaltstrombedarfs, abgerechneten und gemessenen Haushaltstromverbrauchs.....	76
Tabelle 31 Darstellung der abgerechneten und gemessenen Betriebsstromverbrauchs der Gebäude	77
Tabelle 32 Darstellung des gerechneten Endenergiebedarfes, abgerechneten und gemessenen Endenergieverbrauches	78
Tabelle 33 Darstellung des gemessenen Endenergieverbrauches in kWh/m²·a	78
Tabelle 34 Detaillierte Darstellung der abgerechnete Betriebsstromverbrauchs der Gebäude für Jahr 2014.....	88

13. FORMELVERZEICHNIS

Formel 1 Heizgradtage Berechnung.....	3
Formel 2 Transmissionsverluste.....	10
Formel 3 Lüftungswärmeverluste	11
Formel 4 Außenluftvolumenstrom	11
Formel 5 Berechnung des Leitwertzuschlages L_{ψ} für zweidimensionale Wärmebrücken	13
Formel 6 Berechnung des Leitwertzuschlages L_x für dreidimensionale Wärmebrücken	14
Formel 7 Wärmebrückenzuschlag: Pauschaler Ansatz gemäß ÖNorm B 8110-6:2007 [13].....	50
Formel 8 Wärmebrückenzuschlag: Pauschaler Ansatz gemäß ÖNorm B 8110-6:2010 [18].....	50

14. INTERNETQUELLEN

<http://gis2.stmk.gv.at/atlas/%28S%28n1qsz4vtdoqe4u2xe3igzieq%29%29/init.aspx?karte=kat&ks=das&cms=da&massstab=800000>

[10.06.2015]

<http://www.oib.or.at/> [04.06.2015]

<https://de.wikipedia.org/wiki/Luftarten> [05.06.2015]

<https://de.wikipedia.org/wiki/Passivhaus> [05.06.2015]

<http://superwindows.eu/en/> [01.10.2015]

15. VERWENDETE PROGRAMME

A-NULL Development GmbH; *Version ArchiPHYSIK 12.0.49*, von VATTER & Partner ZT-GmbH zur Verfügung gestellt.

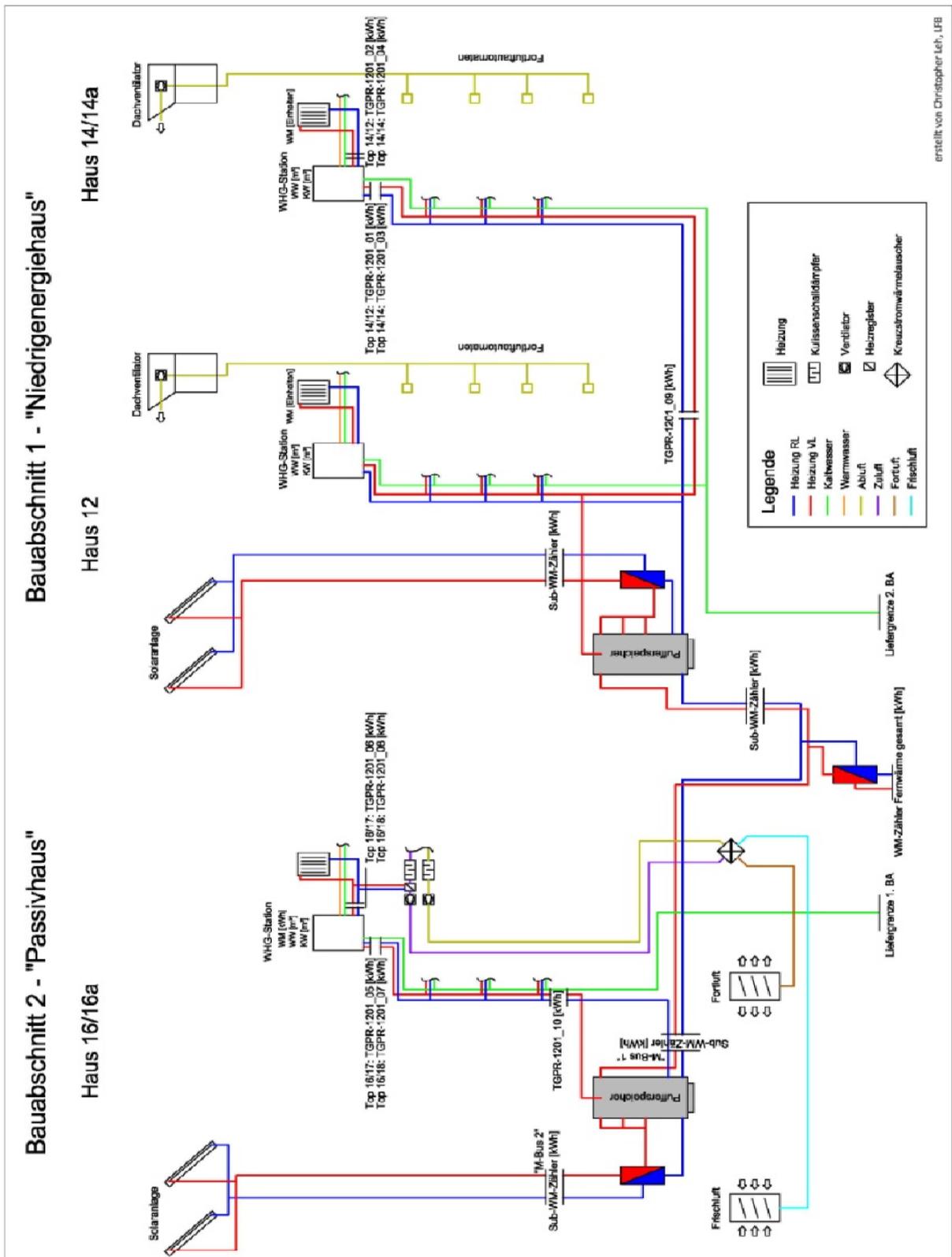
PHPP - Das Passivhaus-Projektierungspaket; *Version 2007*, von VATTER & Partner ZT-GmbH zur Verfügung gestellt

HTFlux - Bauphysik-Software, *Version 0.98 Beta*, von TUGraz zur Verfügung gestellt

16. BEILAGENVERZEICHNIS

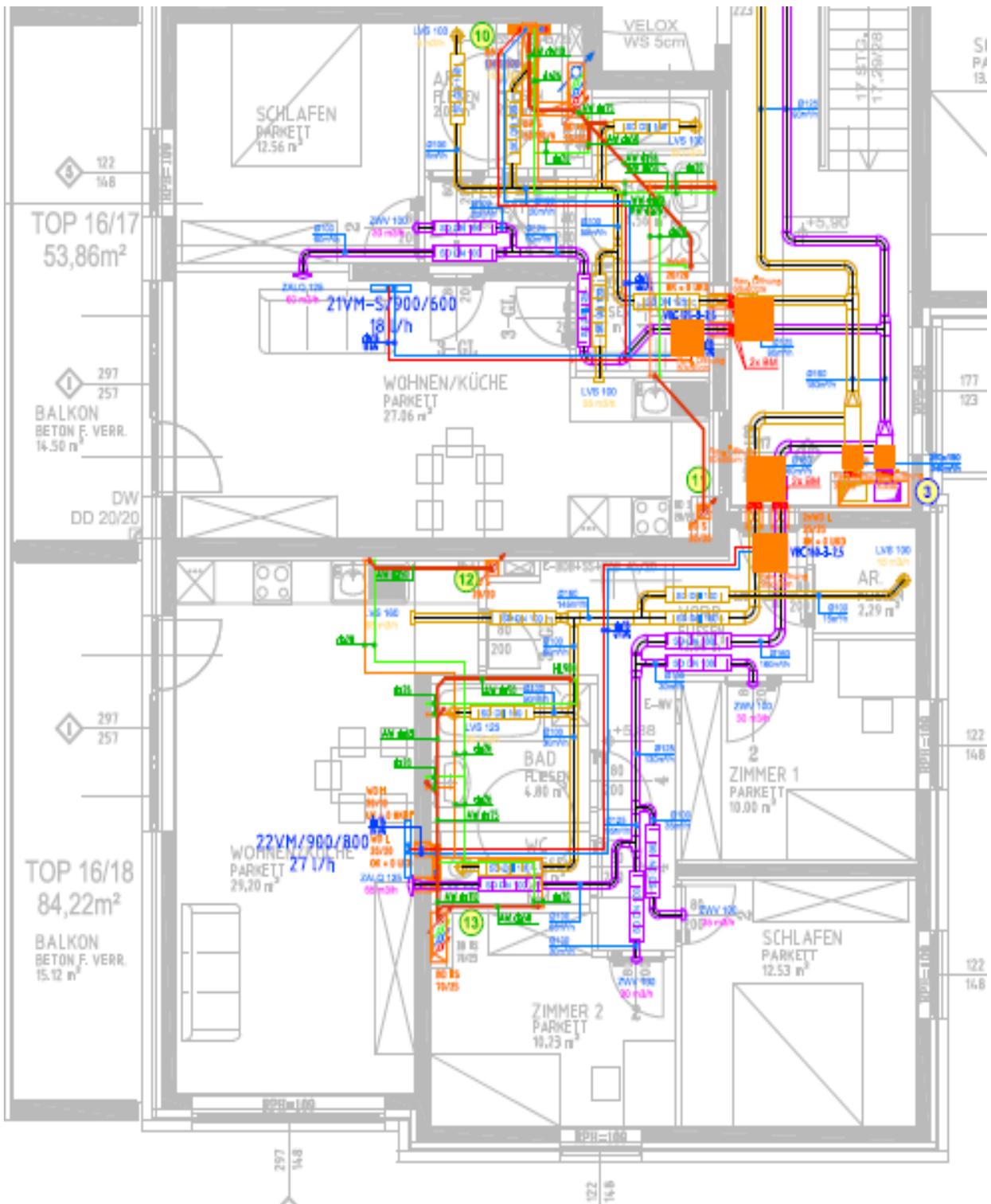
BEILAGE 1 GEBÄUDETECHNIK	109
BEILAGE 2 HAUSTECHNIKPLAN FÜR DIE ECK- UND MITTELWOHNUNG DES PASSIVHAUSES	110
BEILAGE 3 BAUTEILAUFBAUTEN DES NIEDRIGENERGIEHAUSES NEH1	111
BEILAGE 4 BAUTEILAUFBAUTEN DES PASSIVHAUSAUSES PH	123
BEILAGE 5 GRUNDRISS DER WOHNUNG TOP12 UND TOP14 DES NIEDRIGENERGIEHAUSES NEH1.....	137
BEILAGE 6 GRUNDRISS WOHNUNG TOP17 UND TOP18 DES PASSIVHAUSES PH.....	138
BEILAGE 7 ÜBERBLICK DER BERECHNETEN PSI-WERTE IM NEH1 UND PH.....	139
BEILAGE 8 AUFSTELLUNG DER GEMESSENEN VERBRÄUCHE DES NEH1 UND PH	140
BEILAGE 9 AUFSTELLUNG DER GEMESSENEN VERBRÄUCHE DER BETRACHTETEN WOHNUNGEN	141
BEILAGE 10 TEMPERATUREN DER LÜFTUNGSANALAGE IM SOMMER PH TOP17	142
BEILAGE 11 TEMPERATUREN DER LÜFTUNGSANALAGE IM SOMMER PH TOP18	143
BEILAGE 12 BERECHNUNG PH IN PHPP 2007 OHNE 60% STIEGENHAUS	144

BEILAGE 1 GEBÄUDETECHNIK



Quelle: Endbericht Nr. B14.676.003.702. [9]

BEILAGE 2 HAUSTECHNIKPLAN FÜR DIE ECK- UND MITTELWOHNUNG DES PASSIVHAUSES



LEGENDE

Lüftung

- Abluft
- Zuluft
- Fortluft
- Frischluft
- Umluft

BEILAGE 3 BAUTEILAUFBAUTEN DES NIEDRIGENERGIEHAUSES NEH1

Typ: AW 01	Bauteil: AW01 - Außenwand Mantelbeton (6.5.3)	Verfasser der Unterlagen: Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 1
--------------------------------	---	--	------------------------------------	-------------------------------------

Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigen	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ 1 / α
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung		[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]
 A <div style="position: absolute; bottom: 0; right: 0; font-size: 8px;">M 1:20</div>			Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					25,000	0,040
	1		Silikatputz armiert	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0070	1.800	12,6	0,800	0,009
	2		AUSTROTHERM EPS F PLUS	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1400	15	2,1	0,032	4,375
	3		Kleber mineralisch	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0080	1.800	14,4	0,080	0,100
	4		Schallschutzplatte Velox WSD 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
	5		Schütt- und Stampfbeton	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2150	2.200	473,0	1,500	0,143
	6		Schallschutzplatte Velox WSD 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
	7		Kalkgipsputz	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0150	1.700	25,5	0,700	0,021
			Innere Wärmeübergangskoeffizient α _i					7,692	0,130
Flächenbezogene Masse m'								580,1	
Summe					0,455		$1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$		5,378

Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	5,208	
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m ² K)]	0,186	0,35

Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	64	48
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]		
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]		

ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.07.2015

 Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBI Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

 Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBI Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

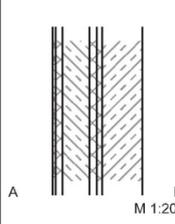
Typ:	Bauteil:	Verfasser der Unterlagen:	GZ:	Formblatt	Stiehmärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl. Nr. 61/2008
AD 02	FD01 - Flachdach (3.2) Umkehrdach	Irma Telalović, BSc	Bauvorhaben: NEH1	WBF 6a 3	

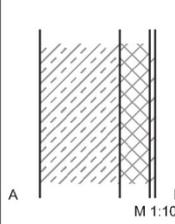
Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigt	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ	
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung		[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	
			Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					25,000	0,040	
		1		Betonplatten	<input type="checkbox"/>	0,0500	2.400	120,0	2,100	0,024
		2		Sand, Kies jeweils feucht 20%	<input type="checkbox"/>	0,0600	1.650	99,0	1,400	0,043
		3		Vlies	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030	53	0,1	0,220	0,014
		4		AUSTROTHERM XPS 30 SF	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1900	30	5,7	0,035	5,429
		5		bituminöse Abdichtungsbahn (5mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0050	1.200	6,0	0,170	0,029
		6		bituminöse Abdichtungsbahn (5mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0050	1.200	6,0	0,170	0,029
		7		bituminöse Abdichtungsbahn (5mm)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0050	1.200	6,0	0,170	0,029
		8		bituminöse Voranstrich	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0005	1.050	0,5	0,170	0,003
		9		Gefällebeton	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1000	800	80,0	0,390	0,256
		10		Stahlbeton-Decke	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078
	11		Innenputz (Gips)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0100	1.200	12,0	0,700	0,014	
			Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					10,000	0,100	
			Flächenbezogene Masse m'				767,3			
			Summe		0,609		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		6,021	

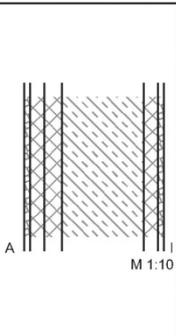
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	5,881	
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W / (m ² K)]	0,166	0,20

Schallschutznachweis gemäß DVO zum Stiehm. WBFGes.		Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	63	43 - 48
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]		
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]		48

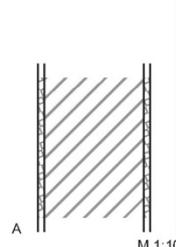
ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.07.2015

Typ: WGU 03	Bauteil: IW01 - Liftschachtwand mit WTW (10.4)	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 5					
Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGB/Nr. 61/2008									
Bauphysikalischer Nachweis									
Graphische Darstellung									
	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung	berücksichtigt	Dicke d [m]	Raumgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³]	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]
	1		Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a	<input checked="" type="checkbox"/>				7,692	0,130
	2		Kalkgipsputz	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0150	1.300	19,5	0,800	0,019
	3		Schallschutzplatte Velox WSD 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
	4		Schütt- und Stampfbeton	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1350	2.200	297,0	1,500	0,090
	5		Schallschutzplatte Velox WSD 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
	6		EPS - T	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0300	20	0,6	0,044	0,682
			Stahlbeton-Wand	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2000	2.400	480,0	2,300	0,087
			Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					7,692	0,130
Flächenbezogene Masse m'							849,6		
Summe					0,450	1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i			1,698
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert	erforderlich		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4		
Wärmedurchlasswiderstand		D(R) [m²K/W]	1,438						
Wärmedurchgangskoeffizient		k(U) [W/(m²K)]	0,589	0,60					
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.				Planwert	erforderlich				
Bewert. Schalldämm-Maß		R _w [dB]	69						
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.		D _{nT,w} [dB]	> 55	55					
Bewert. Standard-Trittschallpegel		L _{nT,w} [dB]							
ArchiPHYSIK 12.0.49					IT	01.07.2015			

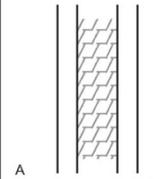
Typ: WGU 03	Bauteil: IW02 - Liftschachtwand (10.5) mit VSS	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 6						
Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGB/Nr. 61/2008										
Bauphysikalischer Nachweis										
Graphische Darstellung										
	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung	berücksichtigt	Dicke d [m]	Raumgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³]	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]	
	1		Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a	<input checked="" type="checkbox"/>				7,692	0,130	
	2		Stahlbeton-Wand	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2000	2.400	480,0	2,300	0,087	
	3		MW - W	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0750	20	1,5	0,040	1,875	
	4		PE-Folie, sd≥40m (Überlappt+stoßverklebt)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000	
				Gipskartonplatte	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0130	900	11,7	0,205	0,063
				Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					7,692	0,130
Flächenbezogene Masse m'							493,4			
Summe					0,288	1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i			2,285	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert	erforderlich		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4			
Wärmedurchlasswiderstand		D(R) [m²K/W]	2,025							
Wärmedurchgangskoeffizient		k(U) [W/(m²K)]	0,438	0,60						
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.				Planwert	erforderlich					
Bewert. Schalldämm-Maß		R _w [dB]	61							
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.		D _{nT,w} [dB]	> 55	55						
Bewert. Standard-Trittschallpegel		L _{nT,w} [dB]								
ArchiPHYSIK 12.0.49					IT	01.07.2015				

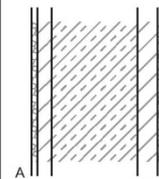
Typ: WGU 03 Bauteil: IW03 - Stiegenhauswand (VW3.3)		Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc		GZ: Bauvorhaben: NEH1		Formblatt WBF 6a 7		Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis						
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		Dicke d [m]		Raumdichte des Baustoffes ρ [kg/m³]			Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]		λ, α [W/m K]		d / λ 1 / α [m²K/W]	
		1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a									7,692		0,130	
		2 Kalkgipsputz		0,0150		1.300			19,5		0,800		0,019	
		3 Schallschutzplatte Velox WSD 35		0,0350		750			26,2		0,125		0,280	
		4 EPS - T		0,0440		20			0,8		0,044		1,000	
		5 Schütt- und Stampfbeton		0,2060		2.200			453,2		1,500		0,137	
		6 Schallschutzplatte Velox WSD 35		0,0350		750			26,2		0,125		0,280	
		7 Kalkgipsputz		0,0150		1.300			19,5		0,800		0,019	
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i									7,692		0,130	
		Flächenbezogene Masse m'						545,5						
		Summe		0,350				1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i				1,995		
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert		erforderlich		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach O-Norm B 8115-4						
Wärmedurchlasswiderstand		D(R) [m²K/W]		1,735										
Wärmedurchgangskoeffizient		k(U) [W/(m²K)]		0,501		0,60								
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steiern. WBFGes.				Planwert		erforderlich								
Bewert. Schalldämm-Maß		R _w [dB]		63										
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.		D _{nT,w} [dB]		> 55		55								
bewert. Standard-Trittschallpegel		L _{nT,w} [dB]												
ArchiPHYSIK 12.0.49				IT				01.07.2015						

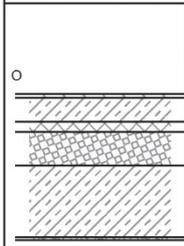
Typ: IW 03 Bauteil: IW05 - Innenwand 25		Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc		GZ: Bauvorhaben: NEH1		Formblatt WBF 6a 7.1		Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis
--	--	---	--	---------------------------------	--	--------------------------------	--	--

Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		Dicke d [m]		Raumdichte des Baustoffes ρ [kg/m³]		Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]		λ, α [W/m K]		d / λ 1 / α [m²K/W]	
		1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a								7,692		0,130	
		2 Kalkgipsputz		0,0150		1.300		19,5		0,700		0,021	
		3 POROTHERM 25-38 Objekt N+F		0,2500		976		244,0		0,290		0,862	
		4 Kalkgipsputz		0,0150		1.300		19,5		0,700		0,021	
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i								7,692		0,130	
		Flächenbezogene Masse m'						283,0					
		Summe		0,280				1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i				1,164	

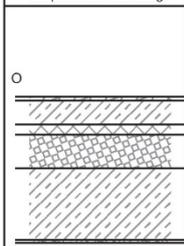
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert		erforderlich		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach O-Norm B 8115-4			
Wärmedurchlasswiderstand		D(R) [m²K/W]		0,904							
Wärmedurchgangskoeffizient		k(U) [W/(m²K)]		0,859							
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steiern. WBFGes.				Planwert		erforderlich					
Bewert. Schalldämm-Maß		R _w [dB]		53							
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.		D _{nT,w} [dB]									
bewert. Standard-Trittschallpegel		L _{nT,w} [dB]									
ArchiPHYSIK 12.0.49				IT				01.07.2015			

Typ: IW 03	Bauteil: IW06 - Innenwand GK 100 - 2fach Ann.It.Plan	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 7.2	Statistische Energieeintragungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis	
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berechnung <input checked="" type="checkbox"/>		
						Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³] Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²] λ, α [W/m K] d / λ [m²K/W]
		Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a				7,692 0,130
		1 Gipskartonplatte 2x12,5 ●		<input checked="" type="checkbox"/>		0,0250 850 21,2 0,210 0,119
		2 CW 50 + TWKF 50 ●		<input checked="" type="checkbox"/>		0,0500 30 1,5 0,040 1,250
		3 Gipskartonplatte 2x12,5 ●		<input checked="" type="checkbox"/>		0,0250 850 21,2 0,210 0,119
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i				7,692 0,130
		Flächenbezogene Masse m'				44,0
		Summe		0,100		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i 1,748
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung			Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß R _w	
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m²K/W]	1,488				
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m²K)]	0,572				
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.			Planwert	erforderlich		
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	51				
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]					
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]					
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.07.2015		

Typ: WW 03	Bauteil: WTW01 - Wohnungstrennwand (VW9.2) System Velox GT30 Ann.It.Plan	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 8	Statistische Energieeintragungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis	
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berechnung <input checked="" type="checkbox"/>		
						Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³] Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²] λ, α [W/m K] d / λ [m²K/W]
		Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a				7,692 0,130
		1 Kalk- Gipsputz ●		<input checked="" type="checkbox"/>		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021
		2 Velox WSD 35 ●		<input checked="" type="checkbox"/>		0,0350 750 26,2 0,125 0,280
		3 Kernbeton ●		<input checked="" type="checkbox"/>		0,2150 2.200 473,0 1,500 0,143
		4 Velox WS 50 ●		<input checked="" type="checkbox"/>		0,0500 560 28,0 0,100 0,500
		5 Kalk- Gipsputz ●		<input checked="" type="checkbox"/>		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i				7,692 0,130
		Flächenbezogene Masse m'			578,2	
		Summe		0,330	1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i 1,225	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung			Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4	
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m²K/W]	0,965				
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m²K)]	0,816	0,90			
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.			Planwert	erforderlich		
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	64	58			
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]	> 55	55			
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]					
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.07.2015		

Typ: Wdu 04 Bauteil: WTD 01.1 - Wohnungstrenndecke (Wdu11.1)		Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc		GZ: Bauvorhaben: NEH1		Formblatt WBF 6a 9.1				
Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis										
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berüchtigt <input type="checkbox"/>	Dicke d [m]	Raumdichte des Baustoffes ρ [kg/m³]	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]	
O		1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a		<input type="checkbox"/>	0,0100	740	7,4	10,000	0,100	
		2 Parkett - Hartholzklebeparkett (geklebt)		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	2.000	120,0	1,400	0,043	
		3 PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt)		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000	
		4 Mineralwolle MW - T 30/25 mm		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	68	1,7	0,033	0,758	
		5 PE-Folie, sd≥120m (Hakovap 1000/1000 E)		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000	
		6 Polystyrolbeton - Thermopstep Rapid		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0850	170	14,4	0,075	1,133	
		7 Stahlbeton-Decke		<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078	
		8 Deckenputz		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0080	2.000	16,0	1,400	0,006	
U M 1:10		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i		<input type="checkbox"/>				10,000	0,100	
		Flächenbezogene Masse m'					591,9			
		Summe			0,368		$1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$		2,218	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschalldämmungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4						
Wärmedurchlasswiderstand		D(R) [m²K/W]	2,018	<input type="checkbox"/>						
Wärmedurchgangskoeffizient		k(U) [W/(m²K)]	0,451	<input type="checkbox"/>						
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich							
Bewert. Schalldämm-Maß		R _w [dB]	65	<input type="checkbox"/>						
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.		D _{nT,w} [dB]	≥ 55	<input type="checkbox"/>						
bewert. Standard-Trittschallpegel		L _{nT,w} [dB]	39	<input type="checkbox"/>						
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT	01.07.2015							

Typ: Wdu 04 Bauteil: WTD 01.2 - Wohnungstrenndecke sanitär (Wdu11.1)		Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc		GZ: Bauvorhaben: NEH1		Formblatt WBF 6a 9.2	
---	--	---	--	---------------------------------	--	--------------------------------	--

Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berüchtigt <input type="checkbox"/>	Dicke d [m]	Raumdichte des Baustoffes ρ [kg/m³]	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]
O		1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a		<input type="checkbox"/>	0,0100	2.000	20,0	10,000	0,100
		2 Fliesen		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	2.000	120,0	1,400	0,043
		3 PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt)		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000
		4 Mineralwolle MW - T 25/25 mm		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	115	2,8	0,033	0,758
		5 PE-Folie, sd≥120m (Hakovap 1000/1000 E)		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000
		6 Polystyrolbeton - Thermopstep Rapid		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0850	170	14,4	0,075	1,133
		7 Stahlbeton-Decke		<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078
		8 Deckenputz		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0080	2.000	16,0	1,400	0,006
U M 1:10		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i		<input type="checkbox"/>				10,000	0,100
		Flächenbezogene Masse m'					605,7		
		Summe			0,368		$1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$		2,218

Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschalldämmungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4						
Wärmedurchlasswiderstand		D(R) [m²K/W]	2,018	<input type="checkbox"/>						
Wärmedurchgangskoeffizient		k(U) [W/(m²K)]	0,451	<input type="checkbox"/>						
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich							
Bewert. Schalldämm-Maß		R _w [dB]	65	<input type="checkbox"/>						
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.		D _{nT,w} [dB]	≥ 55	<input type="checkbox"/>						
bewert. Standard-Trittschallpegel		L _{nT,w} [dB]	39	<input type="checkbox"/>						
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT	01.07.2015							

Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl.Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl.Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

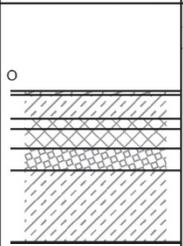
Typ: DD 04	Bauteil: DD01 - Decke über Durchgang (B10)	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 10	Statistische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Aufbau:</th> <th>Baustoff:</th> <th rowspan="2">berücksichtigen</th> <th>Dicke d</th> <th>Raumgewicht des Baustoffes ρ</th> <th>Flächengewicht des Baustoffes ρ · d</th> <th>λ, α</th> <th>d / λ</th> </tr> <tr> <th>Graphische Darstellung</th> <th>Nr. Pos. Nummer Bezeichnung</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[kg / m²]</th> <th>[W/m K]</th> <th>[m²K/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10" style="text-align: center; vertical-align: middle;">O</td> <td colspan="2">Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25,000</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Außendünnputz ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0030</td> <td>1.200</td> <td>3,6</td> <td>0,700</td> <td>0,004</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>EPS F PLUS ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,1200</td> <td>15</td> <td>1,8</td> <td>0,032</td> <td>3,750</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Stahlbeton-Decke ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,1800</td> <td>2.400</td> <td>432,0</td> <td>2,300</td> <td>0,078</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Polytyrolbeton - Thermostep Rapid ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0550</td> <td>170</td> <td>9,3</td> <td>0,075</td> <td>0,733</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>PE-Folie, sd≥20m (Hakovap 1000/1000 E) ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0002</td> <td>980</td> <td>0,2</td> <td>0,500</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>EPS W30 PLUS ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0500</td> <td>20</td> <td>1,0</td> <td>0,030</td> <td>1,667</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Mineralwolle MW - T 30/25 mm ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0250</td> <td>100</td> <td>2,5</td> <td>0,035</td> <td>0,714</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt) ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0002</td> <td>980</td> <td>0,2</td> <td>0,500</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Estrich ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0600</td> <td>2.000</td> <td>120,0</td> <td>1,400</td> <td>0,043</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">U</td> <td colspan="2">Belag (Parkett) ●</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>0,0100</td> <td>700</td> <td>7,0</td> <td>0,170</td> <td>0,059</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5,882</td> <td>0,170</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Flächenbezogene Masse m'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>577,6</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Summe</td> <td></td> <td>0,503</td> <td></td> <td>1/k = 1/α_a + ∑ d/λ + 1/α_i</td> <td>7,199</td> </tr> </tbody> </table>		Aufbau:	Baustoff:	berücksichtigen		Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ	Graphische Darstellung	Nr. Pos. Nummer Bezeichnung	[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	O	Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					25,000	0,040	1	Außendünnputz ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030	1.200	3,6	0,700	0,004	2	EPS F PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1200	15	1,8	0,032	3,750	3	Stahlbeton-Decke ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078	4	Polytyrolbeton - Thermostep Rapid ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0550	170	9,3	0,075	0,733	5	PE-Folie, sd≥20m (Hakovap 1000/1000 E) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000	6	EPS W30 PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	20	1,0	0,030	1,667	7	Mineralwolle MW - T 30/25 mm ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	100	2,5	0,035	0,714	8	PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000	9	Estrich ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	2.000	120,0	1,400	0,043	U	Belag (Parkett) ●		<input type="checkbox"/>	0,0100	700	7,0	0,170	0,059	Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					5,882	0,170	Flächenbezogene Masse m'					577,6		Summe				0,503		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i	7,199	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung</td> <td>Planwert</td> <td>erforderlich</td> </tr> <tr> <td>Wärmedurchlasswiderstand</td> <td>D(R) [m²K/W]</td> <td>6,989</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wärmedurchgangskoeffizient</td> <td>k(U) [W/(m²K)]</td> <td>0,139</td> <td>0,20</td> </tr> </table>	Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich	Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	6,989		Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m ² K)]	0,139	0,20	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschallverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4
Aufbau:	Baustoff:	berücksichtigen	Dicke d			Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ																																																																																																																																					
Graphische Darstellung	Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		[m]			[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]																																																																																																																																						
O	Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a						25,000	0,040																																																																																																																																						
	1	Außendünnputz ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030		1.200	3,6	0,700	0,004																																																																																																																																					
	2	EPS F PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1200		15	1,8	0,032	3,750																																																																																																																																					
	3	Stahlbeton-Decke ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800		2.400	432,0	2,300	0,078																																																																																																																																					
	4	Polytyrolbeton - Thermostep Rapid ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0550		170	9,3	0,075	0,733																																																																																																																																					
	5	PE-Folie, sd≥20m (Hakovap 1000/1000 E) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002		980	0,2	0,500	0,000																																																																																																																																					
	6	EPS W30 PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	20	1,0	0,030	1,667																																																																																																																																						
	7	Mineralwolle MW - T 30/25 mm ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	100	2,5	0,035	0,714																																																																																																																																						
	8	PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000																																																																																																																																						
	9	Estrich ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	2.000	120,0	1,400	0,043																																																																																																																																						
U	Belag (Parkett) ●		<input type="checkbox"/>	0,0100	700	7,0	0,170	0,059																																																																																																																																						
	Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					5,882	0,170																																																																																																																																							
	Flächenbezogene Masse m'					577,6																																																																																																																																								
Summe				0,503		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i	7,199																																																																																																																																							
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich																																																																																																																																											
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	6,989																																																																																																																																												
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m ² K)]	0,139	0,20																																																																																																																																											
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich																																																																																																																																											
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	56	48																																																																																																																																											
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]	> 60	60																																																																																																																																											
bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]	40	48																																																																																																																																											

ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.07.2015

Typ: DD 04	Bauteil: DD02 - Decke über Durchgang sanitär (B10.1)	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 11	Statistische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Aufbau:</th> <th>Baustoff:</th> <th rowspan="2">berücksichtigen</th> <th>Dicke d</th> <th>Raumgewicht des Baustoffes ρ</th> <th>Flächengewicht des Baustoffes ρ · d</th> <th>λ, α</th> <th>d / λ</th> </tr> <tr> <th>Graphische Darstellung</th> <th>Nr. Pos. Nummer Bezeichnung</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[kg / m²]</th> <th>[W/m K]</th> <th>[m²K/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10" style="text-align: center; vertical-align: middle;">O</td> <td colspan="2">Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25,000</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Außendünnputz ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0030</td> <td>1.200</td> <td>3,6</td> <td>0,700</td> <td>0,004</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>EPS F PLUS ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,1200</td> <td>15</td> <td>1,8</td> <td>0,032</td> <td>3,750</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Stahlbeton-Decke ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,1800</td> <td>2.400</td> <td>432,0</td> <td>2,300</td> <td>0,078</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Polytyrolbeton - Thermostep Rapid ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0550</td> <td>170</td> <td>9,3</td> <td>0,075</td> <td>0,733</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>PE-Folie, sd≥20m (Hakovap 1000/1000 E) ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0002</td> <td>980</td> <td>0,2</td> <td>0,500</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>EPS W30 PLUS ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0500</td> <td>20</td> <td>1,0</td> <td>0,030</td> <td>1,667</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Mineralwolle MW - T 25/25 mm ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0250</td> <td>130</td> <td>3,2</td> <td>0,036</td> <td>0,694</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt) ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0002</td> <td>980</td> <td>0,2</td> <td>0,500</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Estrich ●</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0600</td> <td>2.000</td> <td>120,0</td> <td>1,400</td> <td>0,043</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">U</td> <td colspan="2">Fliesen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>0,0100</td> <td>2.000</td> <td>20,0</td> <td>1,000</td> <td>0,010</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5,882</td> <td>0,170</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Flächenbezogene Masse m'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>591,4</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Summe</td> <td></td> <td>0,503</td> <td></td> <td>1/k = 1/α_a + ∑ d/λ + 1/α_i</td> <td>7,179</td> </tr> </tbody> </table>		Aufbau:	Baustoff:	berücksichtigen		Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ	Graphische Darstellung	Nr. Pos. Nummer Bezeichnung	[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]	O	Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					25,000	0,040	1	Außendünnputz ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030	1.200	3,6	0,700	0,004	2	EPS F PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1200	15	1,8	0,032	3,750	3	Stahlbeton-Decke ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078	4	Polytyrolbeton - Thermostep Rapid ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0550	170	9,3	0,075	0,733	5	PE-Folie, sd≥20m (Hakovap 1000/1000 E) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000	6	EPS W30 PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	20	1,0	0,030	1,667	7	Mineralwolle MW - T 25/25 mm ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	130	3,2	0,036	0,694	8	PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000	9	Estrich ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	2.000	120,0	1,400	0,043	U	Fliesen		<input type="checkbox"/>	0,0100	2.000	20,0	1,000	0,010	Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					5,882	0,170	Flächenbezogene Masse m'					591,4		Summe				0,503		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i	7,179	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung</td> <td>Planwert</td> <td>erforderlich</td> </tr> <tr> <td>Wärmedurchlasswiderstand</td> <td>D(R) [m²K/W]</td> <td>6,969</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wärmedurchgangskoeffizient</td> <td>k(U) [W/(m²K)]</td> <td>0,139</td> <td>0,20</td> </tr> </table>	Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich	Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	6,969		Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m ² K)]	0,139	0,20	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschallverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4
Aufbau:	Baustoff:	berücksichtigen	Dicke d			Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ																																																																																																																																					
Graphische Darstellung	Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		[m]			[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]																																																																																																																																						
O	Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a						25,000	0,040																																																																																																																																						
	1	Außendünnputz ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030		1.200	3,6	0,700	0,004																																																																																																																																					
	2	EPS F PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1200		15	1,8	0,032	3,750																																																																																																																																					
	3	Stahlbeton-Decke ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800		2.400	432,0	2,300	0,078																																																																																																																																					
	4	Polytyrolbeton - Thermostep Rapid ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0550		170	9,3	0,075	0,733																																																																																																																																					
	5	PE-Folie, sd≥20m (Hakovap 1000/1000 E) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002		980	0,2	0,500	0,000																																																																																																																																					
	6	EPS W30 PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	20	1,0	0,030	1,667																																																																																																																																						
	7	Mineralwolle MW - T 25/25 mm ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	130	3,2	0,036	0,694																																																																																																																																						
	8	PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000																																																																																																																																						
	9	Estrich ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	2.000	120,0	1,400	0,043																																																																																																																																						
U	Fliesen		<input type="checkbox"/>	0,0100	2.000	20,0	1,000	0,010																																																																																																																																						
	Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					5,882	0,170																																																																																																																																							
	Flächenbezogene Masse m'					591,4																																																																																																																																								
Summe				0,503		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i	7,179																																																																																																																																							
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich																																																																																																																																											
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	6,969																																																																																																																																												
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m ² K)]	0,139	0,20																																																																																																																																											
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich																																																																																																																																											
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	56	48																																																																																																																																											
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]	> 60	60																																																																																																																																											
bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]	40	48																																																																																																																																											

ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.07.2015

Typ: DGS 05.3	Bauteil: ID03 - Decke über Stiegenhaus (B26)	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 14
----------------------------	--	---	------------------------------------	----------------------------------

Aufbau:	Baustoff:	berücksichtigen	Dicke d [m]	Raumgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³]	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]		
Graphische Darstellung 	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung						
			Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a			5,882	0,170		
	1		Außendünnputz ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030	1.200	3,6	0,700	0,004
	2		Stahlbeton-Decke ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078
	3		Polystyrolbeton - Thermostep Rapid ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0550	170	9,3	0,075	0,733
	4		PE-Folie, sd≥120m (Hakovap 1000/1000 E) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000
	5		EPS W30 PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	20	1,0	0,032	1,563
	6		Mineralwolle MW - T belastbar 25/25 mm ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	130	3,2	0,036	0,694
	7		PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000
8		Estrich ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	2.000	120,0	1,400	0,043	
9		Fliesen	<input type="checkbox"/>	0,0100	2.000	20,0	1,000	0,010	
U	M 1:10		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i			5,882	0,170		
Flächenbezogene Masse m'					589,6				
Summe				0,383		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i	3,455		

Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m²K/W]	3,115	
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m²K)]	0,289	0,40

Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	65	
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]	> 60	55
bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]	39	48

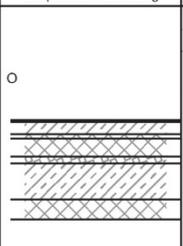
Nachweis des Schallschutzes:
 bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4
 bewertetes Luftschallverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4
 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4
 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4

ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.07.2015

Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGB/Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

Typ: DGK 06	Bauteil: KD01 - Kellerdecke (B6)	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 15
--------------------------	--	---	------------------------------------	----------------------------------

Aufbau:	Baustoff:	berücksichtigen	Dicke d [m]	Raumgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³]	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]		
Graphische Darstellung 	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung						
			Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a			5,882	0,170		
	1		Außendünnputz ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030	1.200	3,6	0,700	0,004
	2		Heratekta M-3 ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1000	171	17,1	0,056	1,786
	3		Stahlbeton-Decke ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078
	4		Polytyrolbeton - Thermostep Rapid ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	170	5,9	0,075	0,467
	5		PE-Folie, sd≥20m (Hakovap 1000/1000 E) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000
	6		EPS W30 PLUS ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0900	20	1,8	0,030	3,000
	7		Mineralwolle MW - T 30/25 mm ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	100	2,5	0,035	0,714
	8		PE-Folie, sd≥10m (überlappt+stoßverklebt) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	980	0,2	0,500	0,000
9		Estrich ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	2.000	120,0	1,400	0,043	
10		Belag (Parkett) ●	<input type="checkbox"/>	0,0100	700	7,0	0,170	0,059	
U	M 1:20		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i			5,882	0,170		
Flächenbezogene Masse m'					590,3				
Summe				0,503		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i	6,432		

Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m²K/W]	6,092	
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m²K)]	0,155	0,40

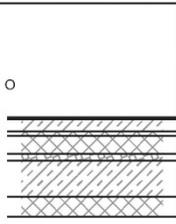
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	67	58
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]	> 55	55
bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]	39	48

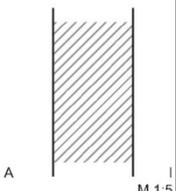
Nachweis des Schallschutzes:
 bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4
 bewertetes Luftschallverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4
 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4
 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4

ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.07.2015

Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGB/Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

Typ: DGK 06	Bauteil: KD02 - Kellerdecke (B9) sanitär	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 16	Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBL Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis	
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung 1 Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a 2 Außendünnputz 3 Heratekta M-3 4 Stahlbeton-Decke 5 Polytyrolbeton - Thermostep Rapid 6 PE-Folie, sdz20m (Hakovap 1000/1000 E) 7 EPS W30 PLUS 8 Mineralwolle MW - T 25/25 mm 9 PE-Folie, sdz10m (überlappt+stoßverklebt) 10 Estrich 11 Fliesen Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i Flächenbezogene Masse m' Summe		beruht auf: <input checked="" type="checkbox"/> Dicke d [m] <input checked="" type="checkbox"/> Raumdichte des Baustoffes ρ [kg/m ³] <input checked="" type="checkbox"/> Flächengewicht des Baustoffes $\rho \cdot d$ [kg/m ²] <input checked="" type="checkbox"/> λ, α [W/m K] <input checked="" type="checkbox"/> d / λ [m ² K/W]		5,882 0,170 0,0030 1.200 3,6 0,700 0,004 0,1000 171 17,1 0,056 1,786 0,1800 2.400 432,0 2,300 0,078 0,0350 170 5,9 0,075 0,467 0,0002 980 0,2 0,500 0,000 0,0900 20 1,8 0,030 3,000 0,0250 130 3,2 0,036 0,694 0,0002 980 0,2 0,500 0,000 0,0600 2.000 120,0 1,400 0,043 0,0100 2.000 20,0 1,000 0,010 5,882 0,170 604,1 0,503 $1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$ 6,412
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m ² K/W] 6,072 Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m ² K)] 0,156 erforderlich 0,40		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschalldämmungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4 equiv. bew. Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4				
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes. Bewert. Schalldämm-Maß R_w [dB] 67 Bewert. Standard-Schallpegeldiff. $D_{nT,w}$ [dB] > 55 bewert. Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ [dB] 39 erforderlich 58 55 48						
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.07.2015		

Typ: TGuw 22	Bauteil: IT 85/200 Laubengangtür HLZ/MB	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: NEH1	Formblatt WBF 6a 17	Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBL Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis	
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung 1 Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a 2 Laubengangtür HLZ/MB Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i Flächenbezogene Masse m' Summe		beruht auf: <input checked="" type="checkbox"/> Dicke d [m] <input checked="" type="checkbox"/> Raumdichte des Baustoffes ρ [kg/m ³] <input checked="" type="checkbox"/> Flächengewicht des Baustoffes $\rho \cdot d$ [kg/m ²] <input checked="" type="checkbox"/> λ, α [W/m K] <input checked="" type="checkbox"/> d / λ [m ² K/W]		7,692 0,130 0,1000 900 90,0 0,154 0,649 7,692 0,130 90,0 0,100 $1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$ 0,588
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m ² K/W] 0,328 Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m ² K)] 1,700 erforderlich 2,50		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß R_w				
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes. Bewert. Schalldämm-Maß R_w [dB] 42 Bewert. Standard-Schallpegeldiff. $D_{nT,w}$ [dB] bewert. Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ [dB] erforderlich 42						
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.07.2015		

	18
BAUPHYSIKALISCHER NACHWEIS	
A15 - Wohnbauförderung	
TYP BAUTEIL: AF FE01 - Fenster	VERFASSER DER UNTERLAGEN:  Irma Telalović, BSc
WF 6c	
Bauvorhaben: NEH1	
Bauteilbeschreibung - Fenstergröße	
Normgröße	
Breite des Fensters in m (Stockkaufenmaß)	B [m] 1,23
Höhe des Fensters (Stockkaufenmaß)	H [m] 1,48
Fenstergröße in m ² (Stockkaufenmaß)	B x H [m ²] 1,8204
Verglasungsfläche in m ²	A _g [m ²] 1,32
Rahmenfläche in m ²	A _r [m ²] 0,50
Verglasungsart gemäß ÖNORM B 8110-1 / Tabelle B.2	
Bezeichnung des Glases:	
Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung in W/(m ² ·K)	U _g [W/(m ² ·K)] 0,60
Gesamtergedurchlaß des Glases	g [-] 0,470
Korrekturfaktor für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² ·K)	ψ _g 0,060
Art des Fensterrahmens	
Materialangabe	
Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/(m ² ·K)	U _r [W/(m ² ·K)] 1,20
Korrekturfaktor für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² ·K)	ψ _r 0,060
Länge der Wärmebrücke, für die ψ _{rg} zutrifft, in m	l _g [m] 4,62
Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß ÖNORM B 8110-1	
$U_w = (U_g \cdot A_g + U_r \cdot A_r + l_g \cdot \psi_{rg}) / (A_g + A_r)$	
U_w [W/(m²·K)] 0,92	
Es ist zu beachten, daß die Summe von (A _g + A _r) für das Bauprodukt Fenster nicht ident sein muss mit der durch die Architekturliche gegebenen Fensterfläche. Für die Bestimmung von A _g , A _r , l _g und die Werte ψ _{rg} , g siehe ÖNORM B 8110-1 und ÖNORM EN 10077-1. Sofern keine genaueren Werte für ψ _{rg} zur Verfügung stehen, ist der Wert 0,08 W/m ² K einzusetzen.	
Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß Gutachten	
des/der:	U _w [W/(m ² ·K)] 0,92
Zahl:	vom:
ArchIPHYSIK 12.0.49	IT 01.07.2015

	19
SCHALLDÄMMUNG des Fensters	
Bewertetes Schalldämm-Maß R _w (in dB) gemäß ÖNORM B 8115-4	R _w [dB] 38
Spektrum-Anpassungswert C _{tr} (in dB) gemäß ÖNORM B 8115-1	C _{tr} [dB] -4
Summe von bewertetem Schalldämm-Maß und Spektrum-Anpassungswert R _w + C _{tr} (in dB)	R _w + C _{tr} [dB] 34
Bewertetes Schalldämm-Maß R _w (in dB) gemäß Gutachten des/der:	R _w [dB] 38
Bauanschlußfuge gemäß ÖNORM B 8115-4	
<input type="checkbox"/> einschichtig <input checked="" type="checkbox"/> dreischichtig <input type="checkbox"/> fünfschichtig Die ausgeführte Anschlußart ist anzukreuzen.	
Beschreibung des Fensters	
Rahmenkonstruktion:	
Dichtung:	
Verglasung:	
Hersteller des Fensters:	
Firma:	
ArchIPHYSIK 12.0.49	IT 01.07.2015

BAUPHYSIKALISCHER NACHWEIS

A15 - Wohnbauförderung

TYP BAUTEIL: AT AT 85/200 Laubengangstür (MB/H/LZ) Aussentür 14.1	VERFASSEN DER UNTERLAGEN: WBF 6c Irma Telalović, BSc
---	--

Bauvorhaben: NEH1

Bauteilbeschreibung - Fenstergröße		Nenngröße	
Breite des Fensters in m (Stockaußenmaß)	B	[m]	1,23
Höhe des Fensters (Stockaußenmaß)	H	[m]	1,48
Fenstergröße in m ² (Stockaußenmaß)	B x H	[m ²]	1,8204
Verglasungsfläche in m ²	A _g	[m ²]	1,32
Rahmenfläche in m ²	A _f	[m ²]	0,50

Verglasungsart gemäß ÖNORM B 8110-1 / Tabelle B.2

Bezeichnung des Glases:

Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung in W/(m ² K)	U _g	[W/(m ² K)]	0,590
Gesamtelektrodurchlaß des Glases	g	[-]	
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² ·K)	ψ _g		

Art des Fensterrahmens

Materialangabe

Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/(m ² K)	U _f	[W/(m ² K)]	
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² ·K)	ψ _f		
Länge der Wärmebrücke, für die ψ _{sig} zutrifft, in m	l _g	[m]	4,62

Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS
 beträgt gemäß ÖNORM B 8110-1

$$U_w = (U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + l_g \cdot \psi_{fg}) / (A_g + A_f)$$

U _w	[W/(m ² K)]	1,10
----------------	------------------------	------

Es ist zu beachten, daß die Summe von (A_g + A_f) für das Bauprodukt Fenster nicht ident sein muss mit der durch die Architekturlinien gegebenen Fensterfläche. Für die Bestimmung von A_g, A_f, l_g und die Werte ψ_{fg} siehe ÖNORM B 8110-1 und ÖNORM EN 10077-1. Sofern keine genaueren Werte für ψ_{fg} zur Verfügung stehen, ist der Wert 0,08 W/m²K einzusetzen.

Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS
 beträgt gemäß Gutachten

des/der:			
Zahl:	vom:	U _w	[W/(m ² K)]
		1,10	

ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.07.2015

BEILAGE 4 BAUTEILAUFBAUTEN DES PASSIVHAUSHAUSES PH

Typ: WBW 02	Bauteil: LW1 - Wohnungstrennwand zu Lift	Verfasser der Unterlagen: Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 3
--------------------------	--	---	----------------------------------	---------------------------------

Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigen	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung		[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]
 M 1:10			Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					7,692	0,130
	1		Stahlbeton-Wand	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2000	2.400	480,0	2,300	0,087
	2		Velox WSD	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	750	37,5	0,100	0,500
	3		Luft steh., W-Fluss horizontal 10 < d <= 150	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0100	1	0,0	0,094	0,106
	4		MW zw. C-Profil 60/27	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	16	0,8	0,040	1,250
	5		Polyethylen-Folie	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	1.500	0,3	0,230	0,001
	6		Gipskartonplatte	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0125	900	11,2	0,210	0,060
			Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					7,692	0,130
Flächenbezogene Masse m'						529,8			
Summe					0,323		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		2,264

Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung	Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschalverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4
Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m ² K/W]	2,004		
Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m ² K)]	0,442	0,90	

Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.	Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß R _w [dB]	66	
Bewert. Standard-Schalpegeldiff. D _{nT,w} [dB]	> 55	55
Bewert. Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} [dB]		

ArchiPHYSIK 12.0.49 IT 01.09.2015

Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBI Nr. 61/2008
Bauphysikalischer Nachweis

Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBI Nr. 61/2008
Bauphysikalischer Nachweis

Typ: WBW 02	Bauteil: LW2 - Wohnungstrennwand zu Lift	Verfasser der Unterlagen: Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 4
--------------------------	--	---	----------------------------------	---------------------------------

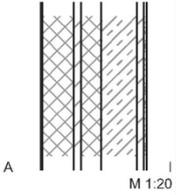
Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigen	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung		[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]
 M 1:10			Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					7,692	0,130
	1		Stahlbeton-Wand	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2000	2.400	480,0	2,300	0,087
	2		Velox WSD	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	750	37,5	0,100	0,500
	3		Luft steh., W-Fluss horizontal 10 < d <= 150	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0150	1	0,0	0,094	0,160
	4		MW zw. C-Profil 75/27	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0600	16	0,9	0,040	1,500
	5		Polyethylen-Folie	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	1.500	0,3	0,230	0,001
	6		Gipskartonplatte	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0125	900	11,2	0,210	0,060
			Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					7,692	0,130
Flächenbezogene Masse m'						541,2			
Summe					0,350		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		2,628

Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung	Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschalverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4
Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m ² K/W]	2,368		
Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m ² K)]	0,381	0,90	

Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.	Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß R _w [dB]	66	
Bewert. Standard-Schalpegeldiff. D _{nT,w} [dB]	> 55	55
Bewert. Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} [dB]		

ArchiPHYSIK 12.0.49 IT 01.09.2015

Typ: AW 01	Bauteil: PW1 - Außenwand Mantelbeton + WDVS	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 1
--------------------------------	---	---	--------------------------------------	--

Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigt	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung		[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	1 / α
			Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					25,000	0,040
	1		Kunststoffdünnputz	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0050	1.200	6,0	0,700	0,007
	2		EPS F PLUS	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1600	17	2,7	0,032	5,000
	3		Velox WSD 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
	4		EPS F PLUS	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1000	17	1,7	0,032	3,125
	5		Kernbeton	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.200	396,0	1,500	0,120
	6		Velox WSD 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
7		Kalk- Gipsputz	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0150	1.700	25,5	0,700	0,021	
			Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					7,692	0,130
Flächenbezogene Masse m'							484,4		
Summe					0,530		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		9,003

Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	8,833	
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W / (m ² K)]	0,111	0,35

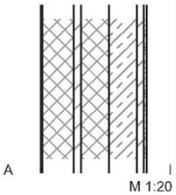
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	61	43
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]		
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]		

ArchiPHYSIK 12.0.49 IT 01.09.2015

Steiermärkische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBL Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

Typ: AW 01	Bauteil: PW2 - Außenwand Mantelbeton + WDVS	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 2
--------------------------------	---	---	--------------------------------------	--

Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigt	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung		[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	1 / α
			Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					25,000	0,040
	1		Kunststoffdünnputz	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0050	1.200	6,0	0,700	0,007
	2		EPS F PLUS	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1600	17	2,7	0,032	5,000
	3		Velox WSD 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
	4		EPS F PLUS	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1400	17	2,3	0,032	4,375
	5		Kernbeton	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1400	2.200	308,0	1,500	0,093
	6		Velox WSD 35	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
7		Kalk- Gipsputz	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0150	1.700	25,5	0,700	0,021	
			Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					7,692	0,130
Flächenbezogene Masse m'							397,1		
Summe					0,530		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		10,226

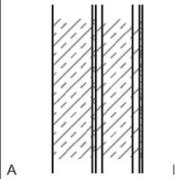
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	10,056	
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W / (m ² K)]	0,098	0,35

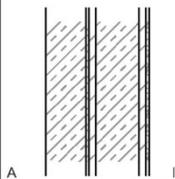
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	58	43
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]		
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]		

ArchiPHYSIK 12.0.49 IT 01.09.2015

Steiermärkische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBL Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

Typ: WBW 02	Bauteil: LW3 - Wohnungstrennwand zu Lift	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 5
Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGB/Nr. 61/2008				
Bauphysikalischer Nachweis				
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berechnung Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³] Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²] λ, α [W/m K] d / λ 1 / α [m²K/W]
		1 Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a 7,692 0,130 2 Stahlbeton-Wand <input checked="" type="checkbox"/> 0,2000 2.400 480,0 2,300 0,087 3 EPS - T <input checked="" type="checkbox"/> 0,0150 11 0,1 0,044 0,341 4 Velox WSD 35 <input checked="" type="checkbox"/> 0,0350 750 26,2 0,125 0,280 5 Kernbeton <input checked="" type="checkbox"/> 0,1500 2.200 330,0 1,500 0,100 6 Velox WSD 35 <input checked="" type="checkbox"/> 0,0350 750 26,2 0,125 0,280 Kalk- Gipsputz <input checked="" type="checkbox"/> 0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021		
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i 7,692 0,130		
		Flächenbezogene Masse m' 888,1		
		Summe 0,450 1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i 1,369		
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m²K/W] 1,109 erforderlich Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m²K)] 0,730 0,90		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4		
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes. Bewert. Schalldämm-Maß R _w [dB] 70 erforderlich Bewert. Standard-Schallpegeldiff. D _{nT,w} [dB] > 55 55 bewert. Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} [dB]				
ArchIPHYSIK 12.0.49		IT		01.09.2015

Typ: WBW 02	Bauteil: LW4 - Wohnungstrennwand zu Lift STB + VELOX	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 6
Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGB/Nr. 61/2008				
Bauphysikalischer Nachweis				
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berechnung Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³] Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²] λ, α [W/m K] d / λ 1 / α [m²K/W]
		1 Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a 7,692 0,130 2 Stahlbeton-Wand <input checked="" type="checkbox"/> 0,2000 2.400 480,0 2,300 0,087 3 EPS - T <input checked="" type="checkbox"/> 0,0150 11 0,1 0,044 0,341 4 Velox WSD 35 <input checked="" type="checkbox"/> 0,0350 750 26,2 0,125 0,280 5 Kernbeton <input checked="" type="checkbox"/> 0,2150 2.200 473,0 1,500 0,143 6 Velox WSD 35 <input checked="" type="checkbox"/> 0,0350 750 26,2 0,125 0,280 Kalk- Gipsputz <input checked="" type="checkbox"/> 0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021		
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i 7,692 0,130		
		Flächenbezogene Masse m' 1.031,1		
		Summe 0,515 1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i 1,412		
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m²K/W] 1,152 erforderlich Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m²K)] 0,708 0,90		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4		
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes. Bewert. Schalldämm-Maß R _w [dB] 72 erforderlich Bewert. Standard-Schallpegeldiff. D _{nT,w} [dB] > 55 55 bewert. Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} [dB]				
ArchIPHYSIK 12.0.49		IT		01.09.2015

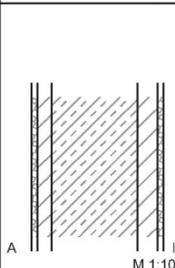
Typ:	Bauteil:	Verfasser der Unterlagen:	GZ:	Formblatt	Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis
WGK	PW3 - Trennwand STGH	Irma Telalović, BSc	Bauvorhaben:	WBF 6a	
02	zu TG/KG (System Velox GT30)		PH	7	

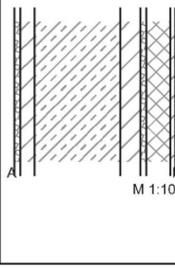
Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigt	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes p	Flächengewicht des Baustoffes p · d	λ, α	d / λ
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung		[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]
 M 1:20			Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					7,692	0,130
	1		Kunststoffdünnputz	☒	0,0050	1.200	6,0	0,700	0,007
	2		EPS - F	☒	0,1600	17	2,7	0,040	4,000
	3		Velox WSD 35	●	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
	4		Kernbeton	☒	0,2060	2.200	453,2	1,500	0,137
	5		EPS - T	☒	0,0440	11	0,4	0,044	1,000
	6		Velox WSD 35	●	0,0350	750	26,2	0,125	0,280
	7		Kalk- Gipsputz	☒	0,0150	1.700	25,5	0,700	0,021
			Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					7,692	0,130
Flächenbezogene Masse m'							540,4		
Summe					0,500		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		5,985

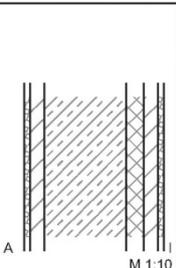
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach O-Norm B 8115-4
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m ² K/W]	5,725		
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W / (m ² K)]	0,167	0,60	

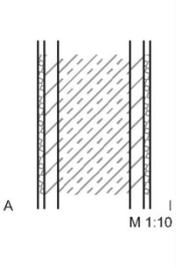
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	63	
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]	≥ 60	> 55
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]		

ArchiPHYSIK 12.0.49 IT 01.09.2015

Typ: WW 02	Bauteil: VW3 - Wohnungstrennwand System Velox GT30	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 9	Statistische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berechnung <input checked="" type="checkbox"/>	
		Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a		Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m ³] Flächengewicht des Baustoffes $\rho \cdot d$ [kg/m ²] λ, α [W/m K] d / λ [m ² K/W]	
		1 Kalk- Gipsputz		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021	
		2 Velox WSD 35		0,0350 750 26,2 0,125 0,280	
		3 Kernbeton		0,2150 2.200 473,0 1,500 0,143	
		4 Velox WS 50		0,0500 560 28,0 0,100 0,500	
		5 Kalk- Gipsputz		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021	
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i		7,692 0,130	
		Flächenbezogene Masse m' Summe		578,2 0,330 $1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$ 1,225	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m ² K/W] 0,965 Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m ² K)] 0,816 erforderlich 0,90		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4			
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes. Bewert. Schalldämm-Maß R_w [dB] 64 Bewert. Standard-Schallpegeldiff. $D_{nT,w}$ [dB] ≥ 55 55 bewert. Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ [dB]		Planwert erforderlich Planwert erforderlich Planwert erforderlich			
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.09.2015	

Typ: WW 02	Bauteil: VW3.2 - Wohnungstrennwand (Bad) System Velox GT30	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 10.1	Statistische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berechnung <input checked="" type="checkbox"/>	
		Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a		Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m ³] Flächengewicht des Baustoffes $\rho \cdot d$ [kg/m ²] λ, α [W/m K] d / λ [m ² K/W]	
		1 Kalk- Gipsputz		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021	
		2 Velox WSD 35		0,0350 750 26,2 0,125 0,280	
		3 Kernbeton		0,2150 2.200 473,0 1,500 0,143	
		4 Velox WS 50		0,0500 560 28,0 0,100 0,500	
		5 Kalk- Gipsputz		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021	
		6 MW - WL Mineralwolle		0,0600 20 1,2 0,040 1,500	
		7 Gipskartonplatte		0,0125 900 11,2 0,210 0,060	
		8 Gipskartonplatte		0,0125 900 11,2 0,210 0,060	
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i		7,692 0,130	
		Flächenbezogene Masse m' Summe		601,9 0,415 $1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$ 2,845	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m ² K/W] 2,585 Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m ² K)] 0,351 erforderlich 0,90		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschallverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4			
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes. Bewert. Schalldämm-Maß R_w [dB] 67 Bewert. Standard-Schallpegeldiff. $D_{nT,w}$ [dB] ≥ 55 55 bewert. Standard-Trittschallpegel $L_{nT,w}$ [dB]		Planwert erforderlich Planwert erforderlich Planwert erforderlich			
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.09.2015	

Typ: WGS 02 Bauteil: VW3.3 - Wohnungstrennwand zu STGH System Velox SST32		Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc		GZ: Bauvorhaben: PH		Formblatt WBF 6a 10.2	
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berüchsigt <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³] Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²] λ, α [W/m K] d / λ 1 / α [m²K/W]	
		1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a				7,692 0,130	
		2 Kalk- Gipsputz		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021			
		3 Velox WSD 35		0,0350 750 26,2 0,125 0,280			
		4 Kernbeton		0,2060 2.200 453,2 1,500 0,137			
		5 EPS - T		0,0440 11 0,4 0,044 1,000			
		6 Velox WSD 35		0,0350 750 26,2 0,125 0,280			
		7 Kalk- Gipsputz		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021			
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i				7,692 0,130	
		Flächenbezogene Masse m'				557,1	
		Summe		0,350		$1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$ 1,999	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert erforderlich		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach O-Norm B 8115-4			
Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m²K/W]		1,739					
Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m²K)]		0,500 0,60					
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steiern. WBFGes.		Planwert erforderlich					
Bewert. Schalldämm-Maß R _w [dB]		63					
Bewert. Standard-Schallpegeldiff. D _{nT,w} [dB]		≥ 55 55					
bewert. Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} [dB]							
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.09.2015			

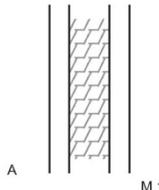
Typ: IW 02 Bauteil: VW4 - Innenwand System Velox TT25		Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc		GZ: Bauvorhaben: PH		Formblatt WBF 6a 11	
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berüchsigt <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³] Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²] λ, α [W/m K] d / λ 1 / α [m²K/W]	
		1 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a				7,692 0,130	
		2 Kalk- Gipsputz		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021			
		3 Velox WSD 35		0,0350 750 26,2 0,125 0,280			
		4 Kernbeton		0,1800 2.200 396,0 1,500 0,120			
		5 Velox WSD 35		0,0350 750 26,2 0,125 0,280			
		6 Kalk- Gipsputz		0,0150 1.700 25,5 0,700 0,021			
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i				7,692 0,130	
		Flächenbezogene Masse m'				499,5	
		Summe		0,280		$1/k = 1/\alpha_a + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i$ 0,982	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert erforderlich		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach O-Norm B 8115-4			
Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m²K/W]		0,722					
Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m²K)]		1,018					
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steiern. WBFGes.		Planwert erforderlich					
Bewert. Schalldämm-Maß R _w [dB]		61					
Bewert. Standard-Schallpegeldiff. D _{nT,w} [dB]		≥ 55 55					
bewert. Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} [dB]							
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.09.2015			

Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl Nr. 61/2008

Bauphysikalischer Nachweis

Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl Nr. 61/2008

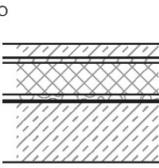
Bauphysikalischer Nachweis

Typ: IW 02.6	Bauteil: IW06 - Innenwand GK 100 - 2fach Ann.It.Plan	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 12	Statistische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berechnung <input checked="" type="checkbox"/>	
		Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a		Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m ³] Flächengewicht des Baustoffes $\rho \cdot d$ [kg/m ²] λ, α [W/m K] d / λ [m ² K/W]	
		1 Gipskartonplatte 2x12,5		<input checked="" type="checkbox"/>	
		2 CW 50 + TWKF 50		<input checked="" type="checkbox"/>	
		3 Gipskartonplatte 2x12,5		<input checked="" type="checkbox"/>	
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i			
		Flächenbezogene Masse m'			
		Summe			
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m ² K/W] 1,488 Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m ² K)] 0,572		Planwert erforderlich		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß R _w	
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes. Bewert. Schalldämm-Maß R _w [dB] 51 Bewert. Standard-Schallpegeldiff. D _{nT,w} [dB] 50 bewert. Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} [dB]		Planwert erforderlich			

ArchIPHYSIK 12.0.49

IT

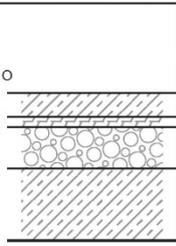
01.07.2015

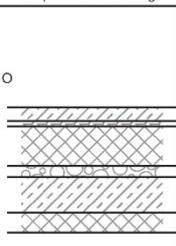
Typ: EB 03	Bauteil: PB1 - Erdberührter Fußboden STGH, Fliesen	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 13	Statistische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berechnung <input checked="" type="checkbox"/>	
		Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a		Dicke d [m] Raumbgewicht des Baustoffes ρ [kg/m ³] Flächengewicht des Baustoffes $\rho \cdot d$ [kg/m ²] λ, α [W/m K] d / λ [m ² K/W]	
		1 Stahlbeton-Decke		<input checked="" type="checkbox"/>	
		2 Elastovill E-KV-5		<input checked="" type="checkbox"/>	
		3 Elastovill E-KV-5		<input checked="" type="checkbox"/>	
		4 Baumit ThermoStep Rapid		<input checked="" type="checkbox"/>	
		5 EPS-W 20		<input checked="" type="checkbox"/>	
		6 ISOVER TDPT Trittschall-Dämmpl. 25/25		<input checked="" type="checkbox"/>	
		7 Polyethylen-Folie sd>40m		<input checked="" type="checkbox"/>	
		8 Estrich (Beton-)		<input checked="" type="checkbox"/>	
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i			
		Flächenbezogene Masse m'			
		Summe			
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung Wärmedurchlasswiderstand D(R) [m ² K/W] 5,608 Wärmedurchgangskoeffizient k(U) [W/(m ² K)] 0,173		Planwert erforderlich		Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschallverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4	
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes. Bewert. Schalldämm-Maß R _w [dB] 68 Bewert. Standard-Schallpegeldiff. D _{nT,w} [dB] bewert. Standard-Trittschallpegel L _{nT,w} [dB] 32		Planwert erforderlich		48	

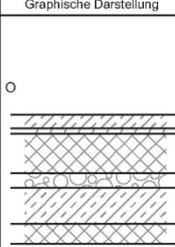
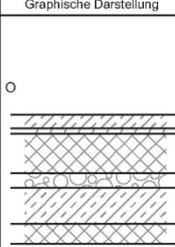
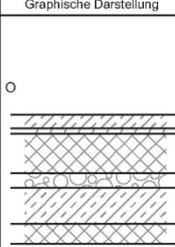
ArchIPHYSIK 12.0.49

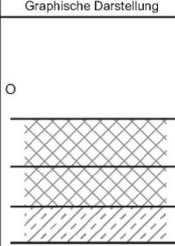
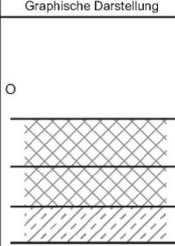
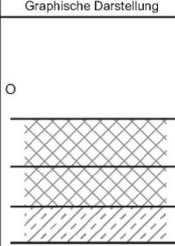
IT

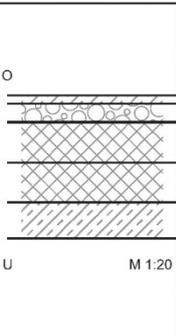
01.09.2015

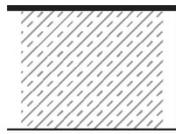
Typ: WDu 04	Bauteil: B11/14 - Geschoßdecke Parkett/Fliesen	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 14	Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis				
Aufbau:	Baustoff:	berücksichtigt	Dicke d [m]	Raumgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³]		Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]	
Graphische Darstellung	Nr. Pos. Nummer Bezeichnung								
	1		Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					10,000	0,100
	2		Estrich (Beton-)	0,0600		2.000	120,0	1,400	0,043
	3		Polyethylen-Folie, sd≥10m	0,0002		1.500	0,3	0,230	0,001
	4		ISOVER TDPT Trittschall-Dämmpl. 25/25	0,0250		115	2,8	0,033	0,758
	5		Polyethylen-Folie, sd≥120m	0,0002		1.500	0,3	0,230	0,001
	6		Baumit ThermoStep Rapid	0,1050		170	17,8	0,075	1,400
	7		Stahlbeton-Decke 18-20cm	0,1800		2.400	432,0	2,300	0,078
	8		Spachtelung	0,0030	2.100	6,3	1,400	0,002	
U	M 1:10	Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i				10,000	0,100		
	Flächenbezogene Masse m'				579,6				
	Summe		0,373		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		2,483		
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung			Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes:				
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m²K/W]	2,283			bewertetes Schalldämm-Maß nach O-Norm B 8115-4				
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m²K)]	0,403	0,90		bewertetes Luftschalldämmungsmaß nach O-Norm B 8115-4				
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.			Planwert	erforderlich	bewerteter Norm-Trittschallpegel nach O-Norm B 8115-4				
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	65	55		equiv. bew. Normtrittschallpegel nach O-Norm B 8115-4				
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]	≥ 55	55						
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]	42	48						
ArchiPHYSIK 12.0.49			IT	01.09.2015					

Typ: DGT 05	Bauteil: PB6/9 - Decke über KG/TG	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 15	Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBl Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis				
Aufbau:	Baustoff:	berücksichtigt	Dicke d [m]	Raumgewicht des Baustoffes ρ [kg/m³]		Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]	
Graphische Darstellung	Nr. Pos. Nummer Bezeichnung								
	1		Äußerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					5,882	0,170
	2		Tektalan-E-21	0,1000		173	17,3	0,047	2,128
	3		Stahlbeton-Decke	0,1800		2.400	432,0	2,300	0,078
	4		Baumit ThermoStep Rapid	0,0550		170	9,3	0,075	0,733
	5		Polyethylen-Folie	0,0002		1.500	0,3	0,230	0,001
	6		EPS-W 20	0,2000		20	4,0	0,038	5,263
	7		ISOVER TDPT Trittschall-Dämmpl. 25/25	0,0250		115	2,8	0,033	0,758
	8		Polyethylen-Folie sd>40m	0,0002	1.500	0,3	0,230	0,001	
	9	Estrich (Beton-)	0,0700	2.000	140,0	1,400	0,050		
U	M 1:20	Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i				5,882	0,170		
	Flächenbezogene Masse m'				606,1				
	Summe		0,630		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		9,352		
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung			Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes:				
Wärmedurchlasswiderstand	D(R) [m²K/W]	9,012			bewertetes Schalldämm-Maß nach O-Norm B 8115-4				
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U) [W/(m²K)]	0,107	0,40		bewertetes Luftschalldämmungsmaß nach O-Norm B 8115-4				
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.			Planwert	erforderlich	bewerteter Norm-Trittschallpegel nach O-Norm B 8115-4				
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w [dB]	65	60		equiv. bew. Normtrittschallpegel nach O-Norm B 8115-4				
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w} [dB]	≥ 60	60						
Bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w} [dB]	42	48						
ArchiPHYSIK 12.0.49			IT	01.09.2015					

Typ: DGKd 05	Bauteil: PB10 - STGH-Decke über KG Fliesen	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 16	Statistische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Aufbau:</th> <th colspan="3">Baustoff:</th> <th rowspan="2">berücksichtigen</th> <th>Dicke d</th> <th>Raumgewicht des Baustoffes ρ</th> <th>Flächengewicht des Baustoffes ρ · d</th> <th>λ, α</th> <th>d / λ</th> </tr> <tr> <th>Graphische Darstellung</th> <th>Nr.</th> <th>Pos. Nummer</th> <th>Bezeichnung</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[kg / m²]</th> <th>[W/m K]</th> <th>[m²K/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8">  </td> <td></td> <td></td> <td>Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5,882</td> <td>0,170</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>Tektalan-E-21</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,1000</td> <td>173</td> <td>17,3</td> <td>0,047</td> <td>2,128</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>Stahlbeton-Decke</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,1800</td> <td>2.400</td> <td>432,0</td> <td>2,300</td> <td>0,078</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>Baumit ThermoStep Rapid</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0750</td> <td>170</td> <td>12,7</td> <td>0,075</td> <td>1,000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>Polyethylen-Folie</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0002</td> <td>1.500</td> <td>0,3</td> <td>0,230</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>EPS-W 20</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,2000</td> <td>20</td> <td>4,0</td> <td>0,038</td> <td>5,263</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>ISOVER TDPT Trittschall-Dämmpl. 25/25</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0250</td> <td>115</td> <td>2,8</td> <td>0,033</td> <td>0,758</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td>Polyethylen-Folie sd>10m</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0002</td> <td>1.500</td> <td>0,3</td> <td>0,230</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td>Estrich (Beton-)</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0700</td> <td>2.000</td> <td>140,0</td> <td>1,400</td> <td>0,050</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>M 1:20</td> <td></td> <td>Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5,882</td> <td>0,170</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Flächenbezogene Masse m'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>609,5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Summe</td> <td></td> <td>0,650</td> <td></td> <td>1/k = 1/α_a + ∑ d/λ + 1/α_i</td> <td></td> <td>9,619</td> </tr> </tbody> </table>		Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigen	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ	Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung	[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]				Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					5,882	0,170	1		Tektalan-E-21	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1000	173	17,3	0,047	2,128	2		Stahlbeton-Decke	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078	3		Baumit ThermoStep Rapid	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0750	170	12,7	0,075	1,000	4		Polyethylen-Folie	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	1.500	0,3	0,230	0,001	5		EPS-W 20	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2000	20	4,0	0,038	5,263	6		ISOVER TDPT Trittschall-Dämmpl. 25/25	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	115	2,8	0,033	0,758	7		Polyethylen-Folie sd>10m	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	1.500	0,3	0,230	0,001	8		Estrich (Beton-)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0700	2.000	140,0	1,400	0,050	U	M 1:20		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					5,882	0,170	Flächenbezogene Masse m'							609,5			Summe					0,650		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		9,619	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung</th> <th>Planwert</th> <th>erforderlich</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wärmedurchlasswiderstand</td> <td>D(R)</td> <td>[m²K/W]</td> <td></td> <td>9,279</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wärmedurchgangskoeffizient</td> <td>k(U)</td> <td>[W/(m²K)]</td> <td></td> <td>0,104</td> <td>0,40</td> </tr> </tbody> </table>	Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert	erforderlich	Wärmedurchlasswiderstand	D(R)	[m ² K/W]		9,279		Wärmedurchgangskoeffizient	k(U)	[W/(m ² K)]		0,104	0,40	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach Ö-Norm B 8115-4 bewertetes Luftschallverbesserungsmaß nach Ö-Norm B 8115-4 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach Ö-Norm B 8115-4	
Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigen			Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ																																																																																																																																														
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung			[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]																																																																																																																																															
			Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a						5,882	0,170																																																																																																																																															
	1		Tektalan-E-21	<input checked="" type="checkbox"/>		0,1000	173	17,3	0,047	2,128																																																																																																																																															
	2		Stahlbeton-Decke	<input checked="" type="checkbox"/>		0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078																																																																																																																																															
	3		Baumit ThermoStep Rapid	<input checked="" type="checkbox"/>		0,0750	170	12,7	0,075	1,000																																																																																																																																															
	4		Polyethylen-Folie	<input checked="" type="checkbox"/>		0,0002	1.500	0,3	0,230	0,001																																																																																																																																															
	5		EPS-W 20	<input checked="" type="checkbox"/>		0,2000	20	4,0	0,038	5,263																																																																																																																																															
	6		ISOVER TDPT Trittschall-Dämmpl. 25/25	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0250	115	2,8	0,033	0,758																																																																																																																																																
	7		Polyethylen-Folie sd>10m	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	1.500	0,3	0,230	0,001																																																																																																																																																
8		Estrich (Beton-)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0700	2.000	140,0	1,400	0,050																																																																																																																																																	
U	M 1:20		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					5,882	0,170																																																																																																																																																
Flächenbezogene Masse m'							609,5																																																																																																																																																		
Summe					0,650		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		9,619																																																																																																																																																
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert	erforderlich																																																																																																																																																				
Wärmedurchlasswiderstand	D(R)	[m ² K/W]		9,279																																																																																																																																																					
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U)	[W/(m ² K)]		0,104	0,40																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.</th> <th>Planwert</th> <th>erforderlich</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bewert. Schalldämm-Maß</td> <td>R_w</td> <td>[dB]</td> <td></td> <td>65</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bewert. Standard-Schallpegeldiff.</td> <td>D_{nT,w}</td> <td>[dB]</td> <td></td> <td>≥ 55</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>bewert. Standard-Trittschallpegel</td> <td>L_{nT,w}</td> <td>[dB]</td> <td></td> <td>37</td> <td>48</td> </tr> </tbody> </table>		Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.				Planwert	erforderlich	Bewert. Schalldämm-Maß	R _w	[dB]		65		Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w}	[dB]		≥ 55	55	bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w}	[dB]		37	48																																																																																																																																
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.				Planwert	erforderlich																																																																																																																																																				
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w	[dB]		65																																																																																																																																																					
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w}	[dB]		≥ 55	55																																																																																																																																																				
bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w}	[dB]		37	48																																																																																																																																																				
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT	01.09.2015																																																																																																																																																						

Typ: AD 06	Bauteil: PB17 - letzte Geschoßdecke Warmdach	Verfasser der Unterlagen:  Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 17	Statistische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Aufbau:</th> <th colspan="3">Baustoff:</th> <th rowspan="2">berücksichtigen</th> <th>Dicke d</th> <th>Raumgewicht des Baustoffes ρ</th> <th>Flächengewicht des Baustoffes ρ · d</th> <th>λ, α</th> <th>d / λ</th> </tr> <tr> <th>Graphische Darstellung</th> <th>Nr.</th> <th>Pos. Nummer</th> <th>Bezeichnung</th> <th>[m]</th> <th></th> <th>[kg / m²]</th> <th>[W/m K]</th> <th>[m²K/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8">  </td> <td></td> <td></td> <td>Außerer Wärmeübergangskoeffizient α_a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25,000</td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>Sarnafil Dachabdichtung</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0018</td> <td>1.500</td> <td>2,7</td> <td>0,230</td> <td>0,008</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m²)</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0005</td> <td>53</td> <td>0,0</td> <td>0,220</td> <td>0,002</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>EPS-W 25 im Gefälle hergestellt</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,2400</td> <td>25</td> <td>6,0</td> <td>0,036</td> <td>6,667</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>EPS-W 25</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,2000</td> <td>25</td> <td>5,0</td> <td>0,036</td> <td>5,556</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>Dampfbremse, sdu>sdo, Sarnavap 2000 E</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0002</td> <td>930</td> <td>0,2</td> <td>0,350</td> <td>0,001</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m²)</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0005</td> <td>53</td> <td>0,0</td> <td>0,220</td> <td>0,002</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td>Stahlbeton-Decke</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,1800</td> <td>2.400</td> <td>432,0</td> <td>2,300</td> <td>0,078</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td>Spachtelung</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>0,0030</td> <td>2.100</td> <td>6,3</td> <td>1,400</td> <td>0,002</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>M 1:20</td> <td></td> <td>Innerer Wärmeübergangskoeffizient α_i</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>10,000</td> <td>0,100</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Flächenbezogene Masse m'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>452,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Summe</td> <td></td> <td>0,626</td> <td></td> <td>1/k = 1/α_a + ∑ d/λ + 1/α_i</td> <td></td> <td>12,456</td> </tr> </tbody> </table>		Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigen	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ	Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung	[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]				Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					25,000	0,040	1		Sarnafil Dachabdichtung	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0018	1.500	2,7	0,230	0,008	2		Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m ²)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0005	53	0,0	0,220	0,002	3		EPS-W 25 im Gefälle hergestellt	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2400	25	6,0	0,036	6,667	4		EPS-W 25	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2000	25	5,0	0,036	5,556	5		Dampfbremse, sdu>sdo, Sarnavap 2000 E	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	930	0,2	0,350	0,001	6		Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m ²)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0005	53	0,0	0,220	0,002	7		Stahlbeton-Decke	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078	8		Spachtelung	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030	2.100	6,3	1,400	0,002	U	M 1:20		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					10,000	0,100	Flächenbezogene Masse m'							452,2			Summe					0,626		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		12,456	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung</th> <th>Planwert</th> <th>erforderlich</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wärmedurchlasswiderstand</td> <td>D(R)</td> <td>[m²K/W]</td> <td></td> <td>12,316</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wärmedurchgangskoeffizient</td> <td>k(U)</td> <td>[W/(m²K)]</td> <td></td> <td>0,080</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table>	Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert	erforderlich	Wärmedurchlasswiderstand	D(R)	[m ² K/W]		12,316		Wärmedurchgangskoeffizient	k(U)	[W/(m ² K)]		0,080	0,20	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß R _w bewerteter Norm-Trittschallpegel L _{nT,w}	
Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigen			Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ																																																																																																																																														
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung			[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]																																																																																																																																															
			Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a						25,000	0,040																																																																																																																																															
	1		Sarnafil Dachabdichtung	<input checked="" type="checkbox"/>		0,0018	1.500	2,7	0,230	0,008																																																																																																																																															
	2		Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m ²)	<input checked="" type="checkbox"/>		0,0005	53	0,0	0,220	0,002																																																																																																																																															
	3		EPS-W 25 im Gefälle hergestellt	<input checked="" type="checkbox"/>		0,2400	25	6,0	0,036	6,667																																																																																																																																															
	4		EPS-W 25	<input checked="" type="checkbox"/>		0,2000	25	5,0	0,036	5,556																																																																																																																																															
	5		Dampfbremse, sdu>sdo, Sarnavap 2000 E	<input checked="" type="checkbox"/>		0,0002	930	0,2	0,350	0,001																																																																																																																																															
	6		Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m ²)	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0005	53	0,0	0,220	0,002																																																																																																																																																
	7		Stahlbeton-Decke	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078																																																																																																																																																
8		Spachtelung	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030	2.100	6,3	1,400	0,002																																																																																																																																																	
U	M 1:20		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					10,000	0,100																																																																																																																																																
Flächenbezogene Masse m'							452,2																																																																																																																																																		
Summe					0,626		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		12,456																																																																																																																																																
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert	erforderlich																																																																																																																																																				
Wärmedurchlasswiderstand	D(R)	[m ² K/W]		12,316																																																																																																																																																					
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U)	[W/(m ² K)]		0,080	0,20																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.</th> <th>Planwert</th> <th>erforderlich</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bewert. Schalldämm-Maß</td> <td>R_w</td> <td>[dB]</td> <td></td> <td>60</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>Bewert. Standard-Schallpegeldiff.</td> <td>D_{nT,w}</td> <td>[dB]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>bewert. Standard-Trittschallpegel</td> <td>L_{nT,w}</td> <td>[dB]</td> <td></td> <td>45</td> <td>48</td> </tr> </tbody> </table>		Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.				Planwert	erforderlich	Bewert. Schalldämm-Maß	R _w	[dB]		60	43	Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w}	[dB]				bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w}	[dB]		45	48																																																																																																																																
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.				Planwert	erforderlich																																																																																																																																																				
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w	[dB]		60	43																																																																																																																																																				
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w}	[dB]																																																																																																																																																							
bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w}	[dB]		45	48																																																																																																																																																				
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT	01.09.2015																																																																																																																																																						

Typ: AD Bauteil: PB18 - letzte Geschoßdecke 06 Terrasse		Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc		GZ: Bauvorhaben: PH		Formblatt WBF 6a 18				
Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBL Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis										
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berüchsigt <input type="checkbox"/>	Dicke d [m]	Raumdichte des Baustoffes ρ [kg/m³]	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]	
		1 Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a						25,000	0,040	
		2 Betonplatten		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0400	2.400	96,0	2,100	0,019	
		3 Kiesschüttung		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0900	1.650	148,5	1,400	0,064	
		4 Trennlage Vlies		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0050	600	3,0	0,220	0,023	
		5 Sarnafil Dachabdichtung, sdo<sdu		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0018	1.500	2,7	0,230	0,008	
		6 Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m²)		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0005	53	0,0	0,220	0,002	
		7 EPS-W 25 im Gefälle hergestellt		<input checked="" type="checkbox"/>	0,2000	25	5,0	0,036	5,556	
		8 EPS-W 25		<input checked="" type="checkbox"/>	0,2000	25	5,0	0,036	5,556	
		9 Dampfbremse, sdu>sdo, Sarnavap 2000 E		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0002	1.500	0,3	0,230	0,001	
		10 Ausgleichsschicht (Vlies 300g/m²)		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0001	53	0,0	0,220	0,000	
		11 Stahlbeton-Decke		<input checked="" type="checkbox"/>	0,1800	2.400	432,0	2,300	0,078	
		Spachtelung		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0030	2.100	6,3	1,400	0,002	
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i						10,000	0,100	
		Flächenbezogene Masse m'					698,8			
		Summe			0,721		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		11,343	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß R _w bewerteter Norm-Trittschallpegel L _{nT,w}						
Wärmedurchlasswiderstand		D(R) [m²K/W]	11,203							
Wärmedurchgangskoeffizient		k(U) [W/(m²K)]	0,088	0,20						
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich							
Bewert. Schalldämm-Maß		R _w [dB]	60	43						
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.		D _{nT,w} [dB]								
bewert. Standard-Trittschallpegel		L _{nT,w} [dB]	45	48						
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.09.2015						

Typ: DU Bauteil: B23 - Decke über Tiefgarage 07 Fahrbahnbereich		Verfasser der Unterlagen:  Irma Telalović, BSc		GZ: Bauvorhaben: PH		Formblatt WBF 6a 19				
Steiermärkische Energieeffizienz- und Wärmeschutzverordnung, LGBL Nr. 61/2008 Bauphysikalischer Nachweis										
Aufbau: Graphische Darstellung 		Baustoff: Nr. Pos. Nummer Bezeichnung		berüchsigt <input type="checkbox"/>	Dicke d [m]	Raumdichte des Baustoffes ρ [kg/m³]	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d [kg/m²]	λ, α [W/m K]	d / λ 1 / α [m²K/W]	
		1 Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a						23,690	0,042	
		2 Styrofoam		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0500	38	1,9	0,038	1,316	
		3 bituminöse Abdichtung 5mm		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0050	1.200	6,0	0,170	0,029	
		4 bituminöse Abdichtung 5mm		<input checked="" type="checkbox"/>	0,0050	1.200	6,0	0,170	0,029	
		Stahlbeton-Decke		<input checked="" type="checkbox"/>	0,3000	2.400	720,0	2,300	0,130	
		Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i						10,000	0,100	
		Flächenbezogene Masse m'					733,9			
		Summe			0,360		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		1,646	
Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung		Planwert	erforderlich	Nachweis des Schallschutzes: bewertetes Schalldämm-Maß nach O-Norm B 8115-4 bewerteter Norm-Trittschallpegel nach O-Norm B 8115-4 equiv. bew. Normtrittschallpegel nach O-Norm B 8115-4						
Wärmedurchlasswiderstand		D(R) [m²K/W]	1,504							
Wärmedurchgangskoeffizient		k(U) [W/(m²K)]	0,587							
Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steierm. WBFGes.		Planwert	erforderlich							
Bewert. Schalldämm-Maß		R _w [dB]	67							
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.		D _{nT,w} [dB]								
bewert. Standard-Trittschallpegel		L _{nT,w} [dB]	65							
ArchiPHYSIK 12.0.49		IT		01.09.2015						

Typ: DU 07	Bauteil: B23.1 - Decke über Tiefgarage Grünbereich	Verfasser der Unterlagen: Irma Telavoić, BSc	GZ: Bauvorhaben: PH	Formblatt WBF 6a 20
--------------------------------	--	--	--------------------------------------	--------------------------------------

Aufbau:	Baustoff:			berücksichtigen	Dicke d	Raumgewicht des Baustoffes ρ	Flächengewicht des Baustoffes ρ · d	λ, α	d / λ 1 / α
Graphische Darstellung	Nr.	Pos. Nummer	Bezeichnung		[m]		[kg / m ²]	[W/m K]	[m ² K/W]
O			Außerer Wärmeübergangskoeffizient α _a					23,690	0,042
		1	Humus	<input type="checkbox"/>	0,3000	500	150,0	1,000	0,300
		2	Kunststoff-Faservlies 150g/m ²	<input type="checkbox"/>	0,0000	53	0,0	0,220	0,000
		3	Polystyrol-Drainplatte	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0850	38	3,2	0,038	2,237
		4	Elastomer mit Synthesefasereinlage 4mm ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0040	1.200	4,8	0,170	0,024
		5	Plastomer mit Glasgewebeeinlage (4,5mm) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0045	1.200	5,4	0,170	0,026
		6	Plastomer mit Glasgewebeeinlage (4,5mm) ●	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0045	1.200	5,4	0,170	0,026
	7	Stahlbeton-Decke	<input checked="" type="checkbox"/>	0,3000	2.400	720,0	2,300	0,130	
			Innerer Wärmeübergangskoeffizient α _i					10,000	0,100
			Flächenbezogene Masse m'				888,8		
			Summe		0,698		1/k = 1/α _a + ∑ d/λ + 1/α _i		2,585

Wärmeschutznachweis gemäß Wärmedämmverordnung				Planwert	erforderlich
Wärmedurchlasswiderstand	D(R)	[m ² K/W]		2,443	
Wärmedurchgangskoeffizient	k(U)	[W / (m ² K)]		0,378	

Schallschutznachweis gemäß DVO zum Steiern. WBFGes.				Planwert	erforderlich
Bewert. Schalldämm-Maß	R _w	[dB]		67	
Bewert. Standard-Schallpegeldiff.	D _{nT,w}	[dB]			
bewert. Standard-Trittschallpegel	L _{nT,w}	[dB]		65	

Nachweis des Schallschutzes:
 bewertetes Schalldämm-Maß
 nach Ö-Norm B 8115-4
 bewerteter Norm-Trittschallpegel
 nach Ö-Norm B 8115-4
 equiv. bew. Normtrittschallpegel
 nach Ö-Norm B 8115-4

ArchiPHYSIK 12.0.49
IT
01.09.2015

Statistische Energieeinstrahlungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBI.Nr. 61/2008
Bauphysikalischer Nachweis

22	
SCHALLDÄMMUNG des Fensters	
Bewertetes Schalldämm-Maß R_w (in dB) gemäß ÖNORM B 8115-4	R_w [dB] 42
Spektrum-Anpassungswert C_{tr} (in dB) gemäß ÖNORM B 8115-1	C_{tr} [dB] -4
Summe von bewertetem Schalldämm-Maß und Spektrum-Anpassungswert $R_w + C_{tr}$ (in dB)	$R_w + C_{tr}$ [dB] 38
Bewertetes Schalldämm-Maß R_w (in dB) gemäß Gutachten des/der: vom:	R_w [dB] 42
Bauelemente gemäß ÖNORM B 8115-4 - einschichtig <input type="checkbox"/> - dreischichtig <input checked="" type="checkbox"/> - fünfschichtig <input type="checkbox"/> Die ausgeführte Anschlussart ist anzukreuzen.	
Beschreibung des Fensters Rahmenkonstruktion:	
Dichtung:	
Verglasung:	
Hersteller des Fensters: Firma:	

ArchIPHYSIK 12.0.49

IT

01.09.2015

21	
BAUPHYSIKALISCHER NACHWEIS A15 - Wohnbauförderung	
TYP BAUTEIL: AF FE01 - Fenster	VERFASSER DER UNTERLAGEN: Irma Telalović, BSc
Bauvorhaben: PH	
Bauteilbeschreibung - Fenstergröße	
Normgröße	
Breite des Fensters in m (Stockaußenmaß)	B [m] 1,23
Höhe des Fensters (Stockaußenmaß)	H [m] 1,48
Fenstergröße in m ² (Stockaußenmaß)	B x H [m ²] 1,8204
Verglasungsfläche in m ²	A_g [m ²] 1,32
Rahmenfläche in m ²	A_f [m ²] 0,50
Verglasungsart gemäß ÖNORM B 8110-1 / Tabelle B.2	
Bezeichnung des Glases:	
Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung in $W/(m^2K)$	U_g [W/(m ² K)] 0,60
Gesamtergedurchlaß des Glases	g [-] 0,500
Korrekturfaktor für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in $W/(m^2K)$	ψ_g 0,054
Art des Fensterrahmens	
Materialangabe	
Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in $W/(m^2K)$	U_f [W/(m ² K)] 1,00
Korrekturfaktor für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in $W/(m^2K)$	ψ_g 0,054
Länge der Wärmebrücke, für die ψ_{sg} zutrifft, in m	l_g [m] 4,62
Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß ÖNORM B 8110-1	
$U_w = (U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + l_g \cdot \psi_g) / (A_g + A_f)$	U_w [W/(m ² K)] 0,85
Es ist zu beachten, daß die Summe von ($A_g + A_f$) für das Bauprodukt Fenster nicht ident sein muss mit der durch die Architekturlinie gegebenen Fensterfläche. Für die Bestimmung von A_g , A_f , l_g und die Werte ψ_{sg} siehe ÖNORM B 8110-1 und ÖNORM EN 10077-1. Sodern keine genaueren Werte für ψ_{sg} zur Verfügung stehen, ist der Wert 0,08 W/m^2K einzusetzen.	
Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß Gutachten	
des/der: Zahl :	U_w [W/(m ² K)] 0,85

ArchIPHYSIK 12.0.49

IT

01.09.2015

24
BAUPHYSIKALISCHER NACHWEIS
A15 - Wohnbauförderung

TYP	BAUTEIL:	VERFASSER DER UNTERLAGEN:	WBF 6c
AT	Außentüren zum Laubengang O 120/ Außentür	 Irma Telalović, BSc	

Bauvorhaben: PH

Bauteilbeschreibung - Fenstergröße		Normgröße	
Breite des Fensters in m (Stockaußenmaß)	B	[m]	0
Höhe des Fensters (Stockaußenmaß)	H	[m]	0
Fenstergröße in m ² (Stockaußenmaß)	B x H	[m ²]	0
Verglasungsfläche in m ²	A _g	[m ²]	1,81
Rahmenfläche in m ²	A _r	[m ²]	0,77
Verglasungsart gemäß ÖNORM B 8110-1 / Tabelle B.2			
Bezeichnung des Glases:			
Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung in W/(m ² K)	U _g	[W/(m ² K)]	
Gesamtergedurchlaß des Glases	g	[-]	0,590
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² K)	ψ _g		
Art des Fensterrahmens			
Materialangabe			
Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/(m ² K)	U _r	[W/(m ² K)]	
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² K)	ψ _g		
Länge der Wärmebrücke, für die ψ _g zutrifft, in m	l _g	[m]	5,46
Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß ÖNORM B 8110-1			
$U_w = (U_g \cdot A_g + U_r \cdot A_r + l_g \cdot \psi_g) / (A_g + A_r)$		U _w	[W/(m ² K)]
			1,00

Es ist zu beachten, daß die Summe von (A_g + A_r) für das Bauprodukt Fenster nicht ident sein muss mit der durch die Architekturlinie gegebenen Fensterfläche. Für die Bestimmung von A_g, A_r, l_g und die Werte ψ_g siehe ÖNORM B 8110-1 und ÖNORM EN 10077-1. Sofern keine genaueren Werte für ψ_g zur Verfügung stehen, ist der Wert 0,08 W/m²K einzusetzen.

Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß Gutachten	
des/der:	
Zahl:	vom: U _w [W/(m ² K)] 1,00

ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.09.2015

23
BAUPHYSIKALISCHER NACHWEIS
A15 - Wohnbauförderung

TYP	BAUTEIL:	VERFASSER DER UNTERLAGEN:	WBF 6c
AT	Außentüren Portale EG 180/215 Außentür	 Irma Telalović, BSc	

Bauvorhaben: PH

Bauteilbeschreibung - Fenstergröße		Normgröße	
Breite des Fensters in m (Stockaußenmaß)	B	[m]	0
Höhe des Fensters (Stockaußenmaß)	H	[m]	0
Fenstergröße in m ² (Stockaußenmaß)	B x H	[m ²]	0
Verglasungsfläche in m ²	A _g	[m ²]	2,71
Rahmenfläche in m ²	A _r	[m ²]	1,16
Verglasungsart gemäß ÖNORM B 8110-1 / Tabelle B.2			
Bezeichnung des Glases:			
Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung in W/(m ² K)	U _g	[W/(m ² K)]	
Gesamtergedurchlaß des Glases	g	[-]	0,590
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² K)	ψ _g		
Art des Fensterrahmens			
Materialangabe			
Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/(m ² K)	U _r	[W/(m ² K)]	
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² K)	ψ _g		
Länge der Wärmebrücke, für die ψ _g zutrifft, in m	l _g	[m]	5,46
Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß ÖNORM B 8110-1			
$U_w = (U_g \cdot A_g + U_r \cdot A_r + l_g \cdot \psi_g) / (A_g + A_r)$		U _w	[W/(m ² K)]
			1,00

Es ist zu beachten, daß die Summe von (A_g + A_r) für das Bauprodukt Fenster nicht ident sein muss mit der durch die Architekturlinie gegebenen Fensterfläche. Für die Bestimmung von A_g, A_r, l_g und die Werte ψ_g siehe ÖNORM B 8110-1 und ÖNORM EN 10077-1. Sofern keine genaueren Werte für ψ_g zur Verfügung stehen, ist der Wert 0,08 W/m²K einzusetzen.

Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß Gutachten	
des/der:	
Zahl:	vom: U _w [W/(m ² K)] 1,00

ArchIPHYSIK 12.0.49 IT 01.09.2015

BAUPHYSIKALISCHER NACHWEIS

A15 - Wohnbauförderung

TYP BAUTEIL:	VERFASSTER DER UNTERLAGEN:	WBF 6c
AT AT Wohnungseingangstür N 111/200 Außenstür	 Irma Telalović, BSc	

Bauvorhaben: PH

Bauteilbeschreibung - Fenstergröße		Normgröße	
Breite des Fensters in m (Stockaußenmaß)	B	[m]	1,11
Höhe des Fensters (Stockaußenmaß)	H	[m]	2
Fenstergröße in m ² (Stockaußenmaß)	B x H	[m ²]	2,22
Verglasungsfläche in m ²	A _g	[m ²]	0,00
Rahmenfläche in m ²	A _f	[m ²]	2,22

Verglasungsart gemäß ÖNORM B 8110-1 / Tabelle B.2

Bezeichnung des Glases:

Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung in W/(m ² K)	U _g	[W/(m ² K)]	0,590
Gesamtenenergiedurchlaß des Glases	g	[-]	
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² K)	ψ _g		

Art des Fensterrahmens

Materialangabe

Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/(m ² K)	U _f	[W/(m ² K)]	
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² K)	ψ _g		
Länge der Wärmebrücke für die ψ _g zutrifft, in m	l _g	[m]	-1,78

Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß ÖNORM B 8110-1

$U_w = (U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + l_g \cdot \psi_{g,2D}) / (A_g + A_f)$	U _w	[W/(m ² K)]	1,00
---	----------------	------------------------	------

Es ist zu beachten, daß die Summe von (Ag + Af) für das Bauprodukt Fenster nicht ident sein muss mit der durch die Architekturlinien gegebenen Fensterfläche. Für die Bestimmung von Ag, Af, lg und die Werte ψ_{g,2D} siehe ÖNORM B 8110-1 und ÖNORM EN 10077-1. Sofern keine genaueren Werte für ψ_{g,2D} zur Verfügung stehen, ist der Wert 0,08 W/m²K einzusetzen.

Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß Gutachten

des/der:	U _w	[W/(m ² K)]	1,00
Zahl:	vom:		

BAUPHYSIKALISCHER NACHWEIS

A15 - Wohnbauförderung

TYP BAUTEIL:	VERFASSTER DER UNTERLAGEN:	WBF 6c
AT Tür zu KG	 Irma Telalović, BSc	

Bauvorhaben: PH

Bauteilbeschreibung - Fenstergröße		Normgröße	
Breite des Fensters in m (Stockaußenmaß)	B	[m]	0
Höhe des Fensters (Stockaußenmaß)	H	[m]	0
Fenstergröße in m ² (Stockaußenmaß)	B x H	[m ²]	0
Verglasungsfläche in m ²	A _g	[m ²]	1,81
Rahmenfläche in m ²	A _f	[m ²]	0,77

Verglasungsart gemäß ÖNORM B 8110-1 / Tabelle B.2

Bezeichnung des Glases:

Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung in W/(m ² K)	U _g	[W/(m ² K)]	0,590
Gesamtenenergiedurchlaß des Glases	g	[-]	
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² K)	ψ _g		

Art des Fensterrahmens

Materialangabe

Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/(m ² K)	U _f	[W/(m ² K)]	
Korrekturkoeffizient für die 2D-Wärmebrücke zwischen Rahmen und Verglasung in W/(m ² K)	ψ _g		
Länge der Wärmebrücke für die ψ _g zutrifft, in m	l _g	[m]	5,46

Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß ÖNORM B 8110-1

$U_w = (U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + l_g \cdot \psi_{g,2D}) / (A_g + A_f)$	U _w	[W/(m ² K)]	1,00
---	----------------	------------------------	------

Es ist zu beachten, daß die Summe von (Ag + Af) für das Bauprodukt Fenster nicht ident sein muss mit der durch die Architekturlinien gegebenen Fensterfläche. Für die Bestimmung von Ag, Af, lg und die Werte ψ_{g,2D} siehe ÖNORM B 8110-1 und ÖNORM EN 10077-1. Sofern keine genaueren Werte für ψ_{g,2D} zur Verfügung stehen, ist der Wert 0,08 W/m²K einzusetzen.

Der WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENT U_w des FENSTERS beträgt gemäß Gutachten

des/der:	U _w	[W/(m ² K)]	1,00
Zahl:	vom:		

BEILAGE 7 ÜBERBLICK DER BERECHNETEN PSI-WERTE IM NEH1 UND PH

TYP	BEZEICHNUNG - ANSCHLUSSDETAIL - NEH1	PSI-WERT [W/m ² K]	TYP	BEZEICHNUNG - ANSCHLUSSDETAIL - PH	PSI-WERT [W/m ² K]
1	Fenstersturz-AW01	0,057	1	Fenstersturz-PW1	0,018
1	Fenstersturz-AW02	0,088	1	Fenstersturz-PW2	0,017
2	unterer Fensteranschluss-AW01	0,041	2	unterer Fensteranschluss-PW1	0,000
2	unterer Fensteranschluss-AW02	0,035	2	unterer Fensteranschluss-PW2	0,003
3	seitlicher Fensteranschluss-AW01	0,051	3	seitlicher Fensteranschluss-PW1	0,013
3	seitlicher Fensteranschluss-AW02	0,045	3	seitlicher Fensteranschluss-PW2	0,013
4	Außenwand AW01-FD01 Terrasse	0,033	4	letzte Geschoßdecke (Warmdach) PB17-PW2	- 0,023
5	Außenwand AW02-FD01 Terrasse	0,039	5	letzte Geschoßdecke (Terrasse) PB18-PW1	- 0,024
6	Außenwand AW01-FD02 letzte Geschoßdecke	- 0,021	6	letzte Geschoßdecke (Warmdach) PB17-PW1	- 0,023
7	Außenwand AW02-FD02 letzte Geschoßdecke	- 0,018	7	Geschossdeckeneinbindung PW1-PW1	0,001
8	Geschossdeckeneinbindung AW01-AW01	0,008	8	Geschossdeckeneinbindung PW1-PW2	0,003
9	Geschossdeckeneinbindung o.AW02-u.AW01	0,009	9	PW1-Decke ü. KG-TG_PB6-9 (Decke ü. KG/TG)	0,101
9	Geschossdeckeneinbindung u.AW02-o.AW01	0,010	10	letzte Geschoßdecke (Warmdach) PB17-VW 3	0,000
10	Geschossdeckeneinbindung AW02-AW02	0,010	11	VW 4-Decke ü. KG-TG_PB6-9	0,135
11	AW01-Decke ü. KG-TG_B6-9	0,133	12	VW 4-Decke ü. KG-TG_PB6-9+Stütze	0,212
12	letzte Geschoßdecke FD02-VW3	0,000	13	Sockelbereich PW1-Decke ü. KG-TG_PB6-9_1	0,130
13	VW3-Decke ü. KG-TG_B6-9	0,147	14	Außenwand-Eck_PW1-PW1	- 0,054
14	VW3-Decke ü. KG-TG_B6-9+Stütze	0,328	14	Außenwand-Eck_PW2-PW2	- 0,050
15	Sockelbereich AW01-ID01 TG-Decke_1	0,163	15	Außenwand PW1-VW3 WTW	0,001
16	Außenwandeck AW01-AW01	- 0,050	15	Außenwand PW2-VW3 WTW	0,000
16	Außenwandeck AW01-AW02	- 0,048	16	Sockelbereich PW1-Decke ü. KG-TG_PB6-9_2	0,103
16	Außenwandeck AW02-AW02	- 0,057	17	Terrassentürschwelledetail	- 0,026
17	Grundriss AW01-VW3	0,010	18	Balkontürschwelledetail	0,034
17	Grundriss AW02-VW3	0,009	19	KG Wand zu Keller u. Decke ü. KG-TG_PB6-9	- 0,093
18	Sockelbereich AW01-ID01 TG-Decke_2	0,223	20	KG STGH Wand zu Keller PW3-PB1 EB STGH	- 0,034
19	Terrassentürschwelledetail	- 0,046	21	Wohnungseingang vom außen	- 0,027
20	Balkontürschwelledetail	0,029			
21	DD01 Decke ü. Durchgang-AW01	0,116			
22	Wohnungseingang vom außen	- 0,015			

BEILAGE 8 AUFSTELLUNG DER GEMESSENEN VERBRÄUCHE DES NEH1 UND PH

		Haus 14/14a - "Niedrigenergie"		Haus 16/16a - "Passivhaus"	
BGF	Bruttogeschoßfläche:	2977,85 m ²		3845,65 m ²	
EBF	Energiebezugsfläche:	2438,45 m ²		2717,03 m ²	
	Haushaltsstromverbrauch	66.450 kWh/a		63.560 kWh/a	
	Betriebsstromverbrauch** und Beleuchtungsstromverbrauch**	16.830 kWh/a		36.290 kWh/a	
	Warmwasserverbrauch	772 m ³ /a		907 m ³ /a	
	verwendeter Umrechnungsfaktor für Warmwasserwärmeverbrauch	40,5 kWh/m ³		74,0 kWh/m ³	
WWWW	Warmwasserwärmeverbrauch***	bzw.:		bzw.:	
		31.243 kWh/a	10,5 kWh/m ² a	67.073 kWh/a	17,4 kWh/m ² a
HTEV	Heiztechnikenergieverbrauch***	bzw.:		bzw.:	
	bezogen auf BGF	16.079 kWh/a	5,4 kWh/m ² a	18.444 kWh/a	4,8 kWh/m ² a
HWV	Heizwärmeverbrauch***	bzw.:		bzw.:	
	bezogen auf BGF	104.937 kWh/a	35,2 kWh/m ² a	67.123 kWh/a	17,5 kWh/m ² a
HWV+ HTEV	Heizwärmeverbrauch inkl. Heiztechnikenergieverbrauch	bzw.:		bzw.:	
	bezogen auf BGF	121.017 kWh/a	40,6 kWh/m ² a	85.567 kWh/a	22,3 kWh/m ² a
HEV	Heizenergieverbrauch	bzw.:		bzw.:	
	HEV = HWV + WWWV + HTEV bezogen auf BGF	152.260 kWh/a	51,1 kWh/m ² a	152.640 kWh/a	39,7 kWh/m ² a
EEV	Endenergieverbrauch*	bzw.:		bzw.:	
	bezogen auf BGF EEV = HEV + Σ Stromverbräuche	235.540 kWh/a	79,1 kWh/m ² a	252.490 kWh/a	65,7 kWh/m ² a
	Energiekennwert Heizwärme	/		24,7 kWh/m ² a	
	HWV bezogen auf EBF				
	Energiekennwert Heizwärme inkl. HTEB	49,6 kWh/m ² a		31,5 kWh/m ² a	
	HWV + HTEV bezogen auf EBF				
	Primärenergie-Kennwert	96,6 kWh/m ² a		92,9 kWh/m ² a	
	EEB bezogen auf EBF				

Anmerkungen:

*ohne Berücksichtigung der Erträge durch die Solaranlagen

**inklusive Anteil von Stromverbrauch für die Tiefgarage und Außenbeleuchtung

***näherungsweise abgeschätzte Angaben

Quelle: Endbericht Nr. B14.676.003.702. [9]

BEILAGE 9 AUFSTELLUNG DER GEMESSENEN VERBRÄUCHE DER BETRACHTETEN WOHNUNGEN

NIEDRIGENERGIEHAUS

		Top 14/12		Top 14/14	
BGF	Bruttogeschoßfläche	65,43	m ²	105,95	m ²
	Haushaltsstromverbrauch	1.253	kWh/a	2.842	kWh/a
	Warmwasserverbrauch	44,0	m ³ /a	32,5	m ³ /a
WWWV	Warmwasserwärmeverbrauch	1.735	kWh/a	1.356	kWh/a
HWV	Heizwärmeverbrauch bezogen auf BGF	bzw.:		bzw.:	
		453	kWh/a	6,9	kWh/m ² a
		608	kWh/a	5,7	kWh/m ² a
HEV	Heizenergieverbrauch HEV = HWV + WWWV bezogen auf BGF	bzw.:		bzw.:	
		2.188	kWh/a	33,4	kWh/m ² a
		1.964	kWh/a	18,5	kWh/m ² a
EEV	Endenergieverbrauch* bezogen auf BGF EEV = HEV + Σ Stromverbräuche	bzw.:		bzw.:	
		3.441	kWh/a	52,6	kWh/m ² a
		4.806	kWh/a	45,4	kWh/m ² a

Anmerkungen:

*ohne anteilmäßige Berücksichtigung der Erträge durch die Solaranlagen

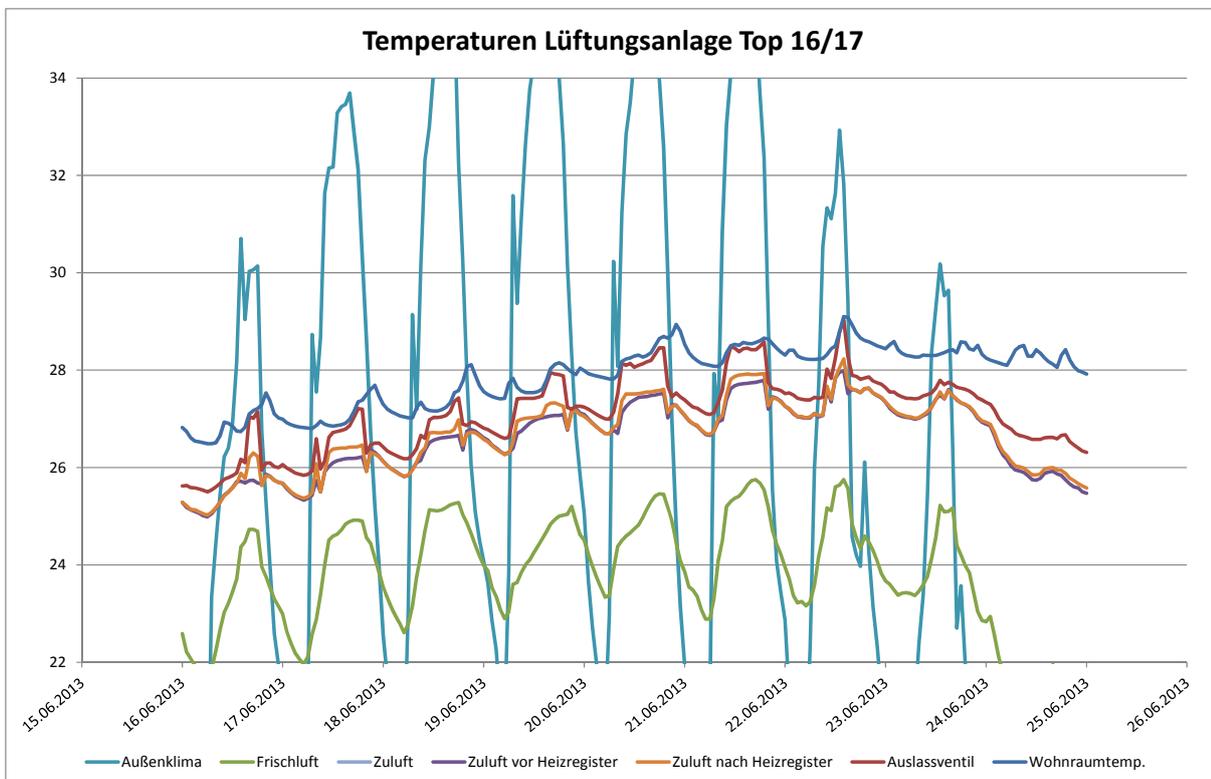
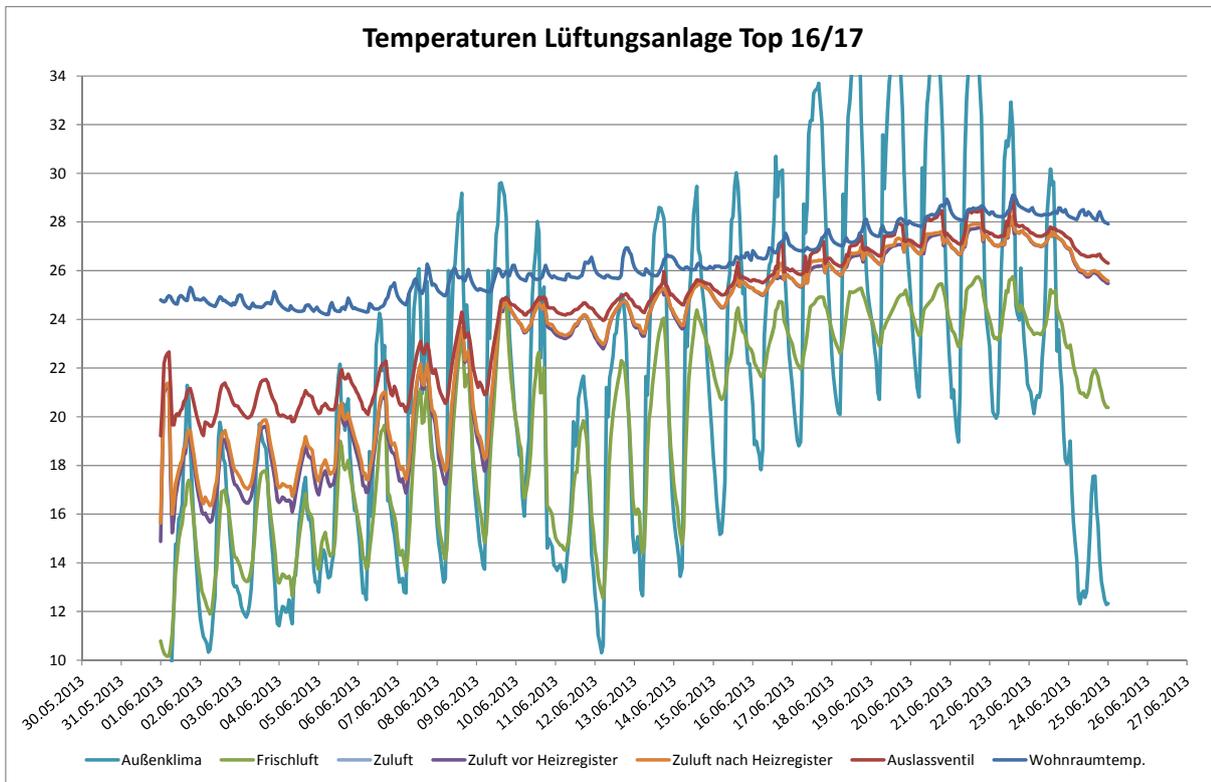
PASSIVHAUS

		Top 16/17		Top 16/18	
BGF	Bruttogeschoßfläche:	66,35	m ²	107,36	m ²
	Haushaltsstromverbrauch	1.660	kWh/a	4.378	kWh/a
	Warmwasserverbrauch	15,3	m ³ /a	99,2	m ³ /a
WWWV	Warmwasserwärmeverbrauch	896	kWh/a	4.709	kWh/a
HWV	Heizwärmeverbrauch bezogen auf BGF	bzw.:		bzw.:	
		1.053	kWh/a	15,9	kWh/m ² a
		174	kWh/a	1,6	kWh/m ² a
HEV	Heizenergieverbrauch HEV = HWV + WWWV bezogen auf BGF	bzw.:		bzw.:	
		1.949	kWh/a	29,4	kWh/m ² a
		4.883	kWh/a	45,5	kWh/m ² a
EEV	Endenergieverbrauch* bezogen auf BGF EEV = HEV + Σ Stromverbräuche	bzw.:		bzw.:	
		3.609	kWh/a	54,4	kWh/m ² a
		9.261	kWh/a	86,3	kWh/m ² a

Anmerkungen:

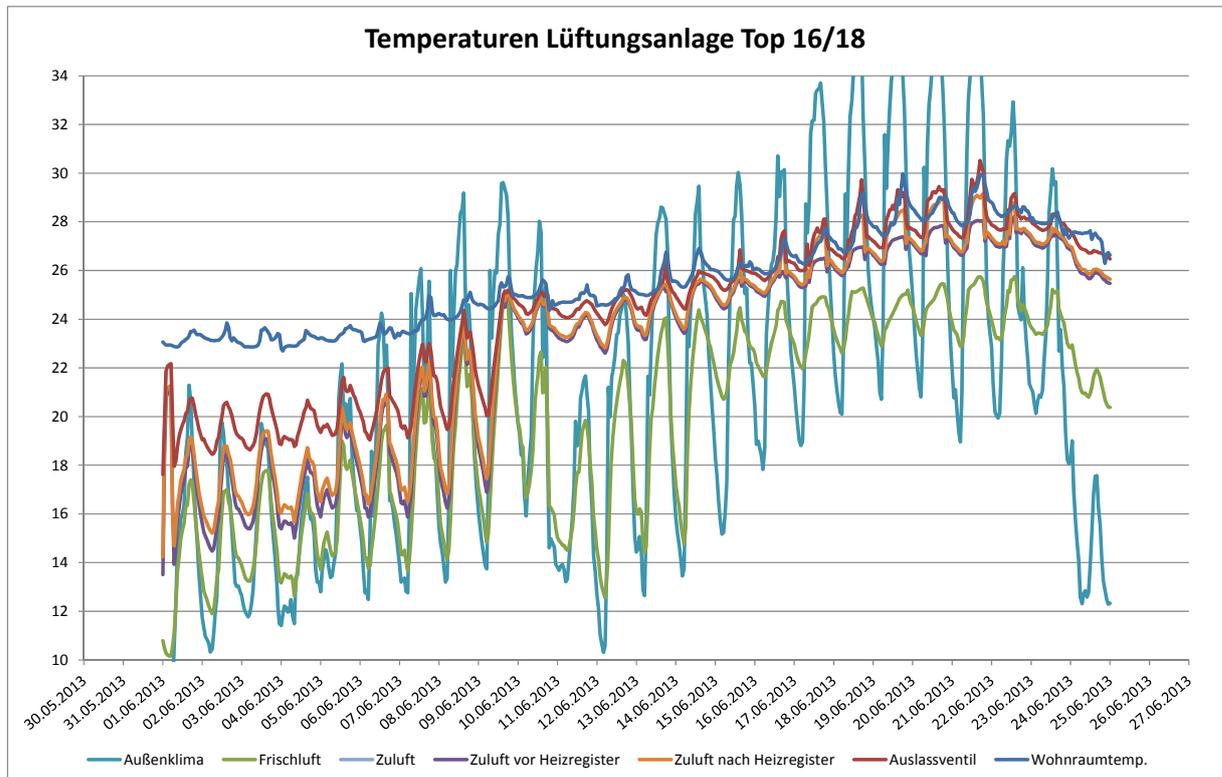
*ohne anteilmäßige Berücksichtigung der Erträge durch die Solaranlagen

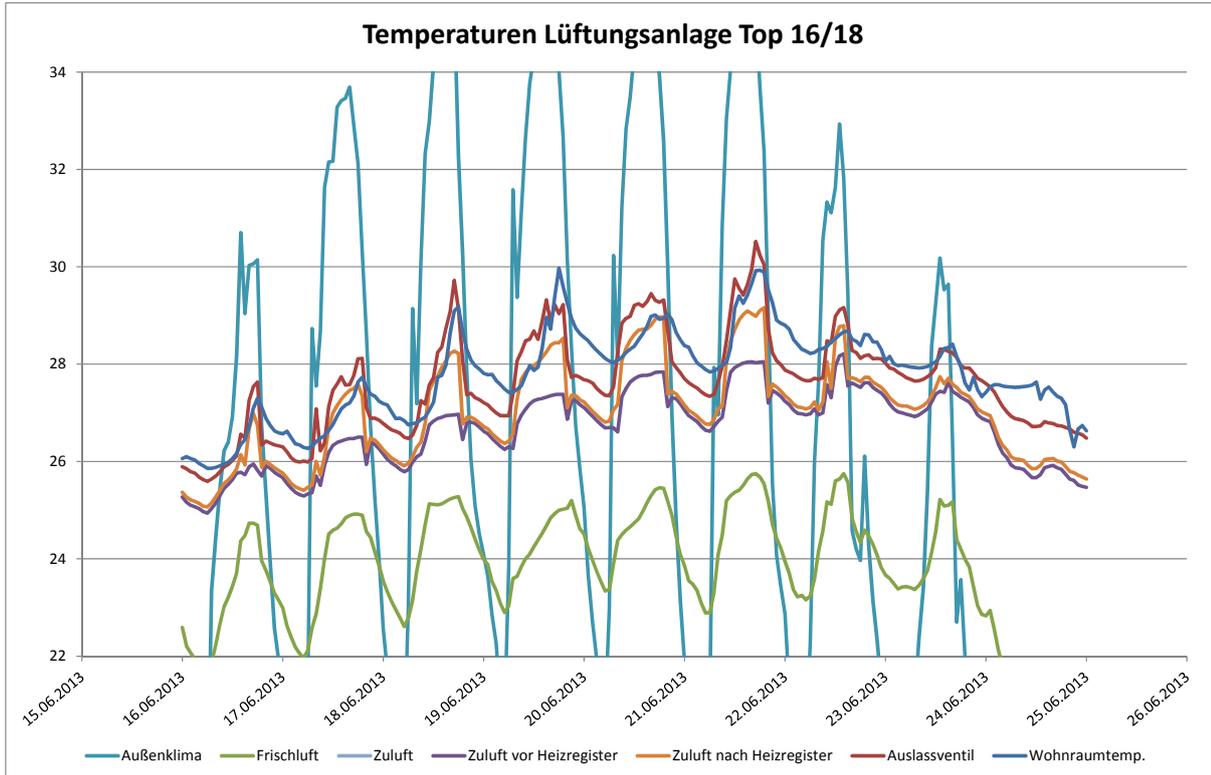
Quelle: Endbericht Nr. B14.676.003.702. [9]

BEILAGE 10 TEMPERATUREN DER LÜFTUNGSANLAGE IM SOMMER PH TOP17

Quelle: Bachelorprojekt "Vergleichende Analyse von Behaglichkeitsparametern eines Passiv- bzw. Niedrigenergiehauses" (Leh 2015).

BEILAGE 11 TEMPERATUREN DER LÜFTUNGSANLAGE IM SOMMER PH TOP18





Quelle: Bachelorprojekt "Vergleichende Analyse von Behaglichkeitsparametern eines Passiv- bzw. Niedrigenergiehauses" (Leh 2015).

BEILAGE 12 BERECHNUNG PH IN PHPP 2007 OHNE 60% STIEGENHAUS

Passivhaus Nachweis



Objekt:	PH		
Standort und Klima:	Graz	St - Graz	
Straße:	-		
PLZ/Ort:	8020 Graz		
Land:	Österreich		
Objekt-Typ:	Mehrfamilienhaus		
Bauherr(en):	-		
Straße:	-		
PLZ/Ort:	8020 Graz		
Architekt:	-		
Straße:	-		
PLZ/Ort:	8020 Graz		
Haustechnik:	- Bauträger		
Straße:	-		
PLZ/Ort:	8020 Graz		
Baujahr:	2011		
Zahl WE:	39	Innentemperatur:	20,0 °C
Umbautes Volumen V _u :	12253,7 m ³	Interne Wärmequellen:	2,1 W/m ²
Personenzahl:	77,6		

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	2717,0 m ²	Verwendet:	Jahresverfahren
Energiekennwert Heizwärme:	11 kWh/(m²a)	PH-Zertifikat:	15 kWh/(m ² a)
Drucktest-Ergebnis:	0,5 h⁻¹		0,6 h ⁻¹
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	88 kWh/(m²a)		120 kWh/(m ² a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	28 kWh/(m ² a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	1 kWh/(m ² a)		
Heizlast:	7 W/m ²	über	25 °C
Übertemperaturhäufigkeit:	0 %		15 kWh/(m ² a)
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m²a)		
Kühllast:	0 W/m ²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	3375,4 m ²	Anforderung:	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	22 kWh/(m²a)		40 kWh/(m ² a)

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:

01.07.2015

gezeichnet:

IT

Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima: St - Graz
 Objekt: PH
 Standort: Graz

Innentemperatur: 20,0 °C
 Gebäudetyp/Nutzung: Mehrfamilienhaus
 Energiebezugsfläche A_{EB}: 2717,0 m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temp.-faktor f _t	G _t kWh/a	pro m ² Energiebezugsfläche kWh/(m ² a)
1. Außenwand Außenluft	A	2029,9	0,109	1,00	87,4	19321
2. Außenwand Erdreich	B			0,89		
3. Dach/Decken Außenluft	A	860,2	0,082	1,00	87,4	6135
4. Bodenplatte/Kellerdecke	B	792,3	0,105	0,89	87,4	5015
5. Wand zu unb.RG/TG	B	183,6	0,178	0,89	87,4	1961
6. Türen zu KG	B	7,7	1,000	0,89	87,4	486
7. Bodenplatte/Kellerdecke	B	67,9	0,173	0,89	87,4	707
8. Fenster	A	521,9	0,811	1,00	87,4	36978
9. Außentür	A	35,8	1,000	1,00	87,4	3130
10. Wbrücken außen (Länge/m)	A	2321,8	0,000	1,00	87,4	-91
11. Wbrücken Perimeter (Länge/m)	P	220,8	0,046	0,89	87,4	613
12. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	54,7	-0,034	0,89	87,4	-112
Summe aller Hüllflächen		4499,4				
					Summe	74122
						27,3

Transmissionswärmeverluste Q_T

Lüftungsanlage:

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{eff} 75%
 Wärmebereitstellungsgrad des Entschwämlelbertr. η_{EWG} 29%

wirksames Luftvolumen V_L m³ 2717,0
 lichte Raumhöhe m 2,50 = 6792,6 m³

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L 1/h 0,483 * (1 - 0,82) + 0,14 = 0,101

Lüftungswärmeverluste Q_L

V_L m³ * n_L 1/h * C_{p,Luft} kWh/(m³K) * G_t kWh/a = kWh/(m²a)

6793 * 0,101 * 0,33 * 87,4 = 19737 kWh/a = 7,3 kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V

Q_T kWh/a + Q_L kWh/a * Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendaussenkung = kWh/a

(74122 + 19737) * 1,0 = 93860 kWh/a = 34,5 kWh/(m²a)

Ausrichtung der Fläche

1. Nord	0,38	0,50	22,36	105	450
2. Ost	0,43	0,50	93,50	258	5184
3. Süd	0,39	0,50	103,79	527	10725
4. West	0,57	0,50	302,30	270	23280
5. Horizontal	0,00	0,00	0,00	394	0

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S

Abminderungsfaktor g-vgl. Blatt Fenster * Wert (senkr. Einstr.) * Fläche m² * Globalstr. Heizzeit kWh/(m²a) = kWh/a

Summe = 39618 kWh/a = 14,6 kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I

khv * Länge Heizzeit da * spezif. Leistung q_i W/m² * A_{EB} m² = kWh/a

0,024 * 205 * 2,10 * 2717,0 = 28006 kWh/a = 10,3 kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F = Q_S + Q_I = 87624 kWh/a = 24,9 kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V = 0,72

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G $(1 - (Q_F / Q_V)^5) / (1 - (Q_F / Q_V)^6) = 94%$

Wärmegewinne Q_G

η_G * Q_F = 63358 kWh/a = 23,3 kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H

Q_V - Q_G = 30502 kWh/a = 11 kWh/(m²a)

Grenzwert kWh/(m²a) 15 Anforderung erfüllt? ja (ja/nein)

Für Gebäude mit einem Gewinn-Verlust-Verhältnis über 0,7 sollten Sie das Monatsverfahren verwenden (vgl. Handbuch).