Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Endbericht

Kellervarianten an einem Referenz-Einfamilien-Passivhaus

Thermisches Verhalten
Passivhaus-Nachweis

September 2008

Auftraggeber: Fachverband Stein und Keramik Berufsgruppe Beton und Fertigteilindustrie, Verband österreichischer Beton- und Fertigteilwerke und Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.

Bearbeiterin: Schöberl & Pöll OEG

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 2
1.1 Ergebnisse im Telegrammstil 2
1.2 Ergebnisse generell 2
2 Aufgabenstellung 3
3 Vorgangsweise 3
4 Grundlagen 4
4.1 Anforderungen an das Passivhaus 4
4.2 Referenzeinfamilienhaus 5
4.3 Kellervarianten 7
4.3.1 Übersicht 7
4.3.2 Variante 1 - Keller unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar 8
4.3.3 Variante 2 - Keller unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar 11
4.3.4 Variante 3 - 140m² Bodenplatte statt Keller 14
5 Bauphysikalische Rahmenbedingungen 16
5.1 Klima für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs 16
5.2 Klima für die Ermittlung der Heizlast 17
5.3 Materialien 17
5.3.1 Baustoffe 18
5.3.2 Erdreich 18
5.3.3 Fenster und Türen 18
5.4 Ansätze 19
5.5 Bauteilaufbauten, Wärme- und Feuchteschutz 20
6 Ergebnisse der bauphysikalischen Berechnungen (Heizwärmebedarf, Heizlast) 21
7 Diskussion der Ergebnisse 23
8 Abkürzungen und Formelzeichen 24
9 Literaturverzeichnis 26
10 Diagrammverzeichnis 28
11 Abbildungsverzeichnis 28
12 Tabellenverzeichnis 28
13 Anhang - Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser 29
14 Anhang - PHPP Nachweisblätter der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser 34

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

1 Zusammenfassung

1.1 Ergebnisse im Telegrammstil

- Gemessen am tatsächlichen, absoluten Heizenergiebedarf ist Variante 1 zu bevorzugen.

- Beim konkreten Beispiel ist das Passivhaus mit vertretbaren Dämmstoffstärken nur mit Variante 2 zu erreichen.

Empfehlung:

- Aufgrund der wesentlich erleichterten Passivhaus-Nachweisführung durch die vergrößerte thermische Hülle, ist es bei eingeschossigen Passivhäusern zu empfehlen den Keller in die thermische Hülle zu integrieren.

1.2 Ergebnisse generell

Die bauphysikalischen Auswirkungen auf das Gesamtgebäude in der Heizperiode sind im Folgenden dargestellt. Wie bereits in der vorangegangenen Studie [SCH08] gezeigt wurde, bietet die zusätzliche Netto-Kellerfläche, unabhängig von den bauphysikalischen Ergebnissen, einen vergleichsweise kostengünstigen Zugewinn an Abstell- und Funktionsfläche.

- In absoluten Zahlen betrachtet weist Variante 1 mit dem unbeheizten Keller, der nicht Teil der thermischen Gebäudehülle ist mit 1445 kWh/a den geringsten jährlichen Heizwärmebedarf auf. Bezogen auf die Energiebezugsfläche, und somit für die Passivhaus-Nachweisführung entscheidend, erreicht Variante 2 mit dem unbeheizten Keller, der jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle ist, das beste Ergebnis.

- Das bedeutet, gemessen am tatsächlichen, absoluten Heizenergiebedarf ist Variante 1 zu bevorzugen. Für die Passivhaus-Nachweisführung, also die eigentliche Kontrolle der Funktion als Passivhaus und der damit einhergehenden Zuluftbeheizbarkeit, ist jedoch Variante 2 der Vorzug zu geben.

- Sowohl Variante 1 mit dem unbeheizten Keller, der nicht Teil der thermischen Gebäudehülle ist, als auch Variante 3 ohne Keller verfehlen die PH-Kriterien HWB $\leq$ 15 kWh/m^{2}EBF.a und HL $\leq$ 10 W/m^{2}EBF. Variante 3 kommt zwischen den Varianten 1 und 2 zu liegen.

- Beispielhafte Berechnungen haben gezeigt, dass auch eine Erhöhung der Kellerdecken- bzw. Bodenplattendämmung auf z.B. 40cm nur ein proportional verschobenes Ergebnis bewirkt und sich somit keine Auswirkung auf die Reihung der Varianten ergibt.

2 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Variantenstudie wurden für ein fiktives Einfamilien-Passivhaus mit einer Bruttogrundfläche von ca.120 m², einem Geschoss und etwa quadratischem Grundriss, zwei unterschiedlich ausgeführte Keller und eine ca. 140 m² Bodenplattenvariante bezüglich bauphysikalischem Verhalten und Eignung als Passivhaus untersucht und gegenübergestellt.

Die Untersuchungen sollen veranschaulichen, wie sich die verschiedenen Varianten auf die Erreichung des Passivhausstandards und den absoluten Heizenergiebedarf auswirken.

Die Brutto-Mehrfläche von ca. 20 m² im nicht unterkellerten Einfamilien-Passivhaus ergibt sich aus der Annahme, dass bei Ausführung einer Variante ohne Keller die erforderlichen Abstell- sowie Technikräume, die ansonsten im Kellergeschoss untergebracht sind, im Erdgeschoss situiert werden müssen. Bei der planerischen Umsetzung wurde diese zusätzliche Fläche nicht in Form eines einzelnen zusätzlichen Raumes, sondern durch eine generelle Vergrößerung der Räume umgesetzt.

Um österreichweit durchschnittliche Wetterwerte abzubilden, wird St. Pölten in Niederösterreich als Standort gewählt.

3 Vorgangsweise

Die bauphysikalischen Berechnungen wurden nach dem Passivhaus-Projektierungs-Paket [FEI07], dem in Passivhaus-Fachkreisen allgemein anerkannten Berechnungsverfahren zur Nachweisführung für Passivhäuser, geführt.

Im ersten Schritt erfolgte die Festlegung des Berechnungsstandortes sowie der erforderlichen Aufbauten zur Erreichung des Passivhaus-Standards. Sämtliche Aufbauten wurden unter Beachtung der grundsätzlichen bauphysikalischen Tauglichkeit gewählt. Verglichen wurde der Heizwärmebedarf, sowie die Heizlast für das gesamte Gebäude, ggf. unter Berücksichtigung des Kellers als Pufferraum für folgende Varianten:

1. Der gesamte Keller ist **unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **außen** begehbar.
2. Der gesamte Keller ist **unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **außen** begehbar.

   Die Begehbarkeit von außen ist in diesem Fallbeispiel keine bauphysikalische Notwendigkeit, sondern dient lediglich der Vergleichbarkeit der Varianten. Somit wurde die ansonsten auftretende Abweichung der Nutzflächen aufgrund der vorhandenen Innenstiege vermieden. Üblicherweise würde für diesen Fall eine Erschließung durch eine Innenstiege angestrebt werden.
3. Der Keller wird **nicht ausgeführt**, stattdessen wird die Bruttogeschossfläche für das Einfamilienhaus auf ca. 140 m² vergrößert. Die zusätzliche Fläche von 20 m² gegenüber den unterkellerten Varianten wurde für die erforderlichen Abstell- und Technikräume angesetzt.

4 Grundlagen

4.1 Anforderungen an das Passivhaus

Ein Passivhaus unterscheidet sich von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden v.a. dadurch, dass die erforderliche Wärmeenergie derart gering gehalten wird, dass die Beheizung allein durch Konditionierung der Zuluft erfolgen kann. Durch die Einhaltung des Grenzwertes für die Heizlast (≤ 10 W/m²EBF.a) wird die „Zuluftbeheizbarkeit" indirekt erfüllt. Für eine detaillierte Aussage über die Zuluftbeheizbarkeit jedes einzelnen Raumes, sind zusätzliche Berechnungen, bzw. Risikoabschätzungen erforderlich.

Ergänzend zu den rein bauphysikalischen Anforderungen an die thermische und luftdichte Gebäudehülle verfolgt die Passivhaustechnologie den Ansatz der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes. Das bedeutet, zur Nachweisführung des Passivhauses ist auch die Einhaltung eines Primärenergiekennwertes erforderlich. Dieser beinhaltet nicht nur die Energie zur Bereitstellung der Raumwärme, sondern auch jene für Warmwasser und elektrischen Strom samt Verteilverlusten, dem erforderlichen Hilfsstrom und dem Haushaltsstrom. Durch diesen Ansatz wird sichergestellt, dass das Gebäude sowohl baulich, als auch haustechnisch energieeffizient ist.

Um diesen hohen energetischen Standard zu erreichen, werden folgende Maßnahmen gesetzt:

- Besonders hohe thermische Qualität der Gebäudehülle
- Wohnraumlüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung
    - Wärme der Abluft wird zur Vorwärmung der Frischluft herangezogen
- Besonders dichte Gebäudehülle zur Minimierung von ungewollten Lüftungswärmeverlusten
- Weitestgehende Wärmebrückenfreiheit
- Dreifach-Wärmeschutzverglasung
    - Nutzung der Sonnenenergie bei gleichzeitiger Minimierung der Wärmeverluste
    - Komfortgewinn durch Verhinderung von Kaltluftabfall im Nahbereich der Fenster
- Einsatz von besonders energiesparenden Haustechnikkomponenten
- Sinnvollerweise Einsatz von besonders energiesparenden Beleuchtungskörpern und Haushaltsgeräten
- Minimierung der Energieverbräuche bei der Wärmeverteilung im Gebäude

Nachfolgen sind die Kriterien für den Passivhausstandard aufgelistet:

- Heizwärmebedarf (HWB) ≤ 15 kWh/m²EBF.a
- Heizlast (HL) ≤ 10 W/m²EBF
- Luftdichtheit (n_{50}) ≤ 0,6 1/h
- Primärenergiekennwert ≤ 120 kWh/m²EBF.a

[FEI07]

Anm.: EBF…Energiebezugsfläche: Diese setzt sich bei Wohngebäuden vereinfacht aus der WNFL innerhalb der thermischen Hülle (ohne Loggien) und 60% der weiteren Flächen innerhalb der thermischen Hülle (Haustechnik, Keller, allgemeine Gangflächen,…) zusammen.

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

4.2 Referenzeinfamilienhaus

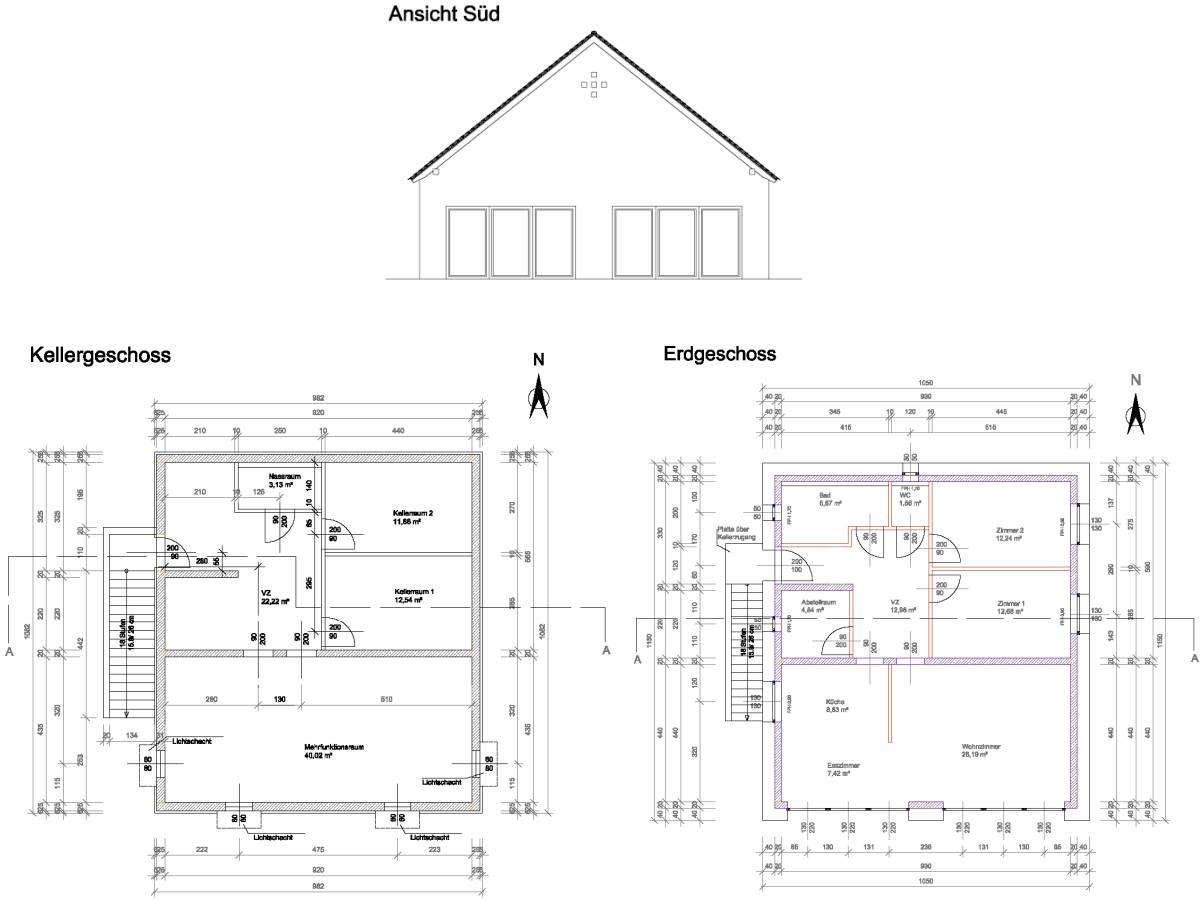


Abbildung 1: Darstellung des Referenzeinfamilien-Passivhauses

Die tragenden Wände des einstöckigen Gebäudes sind aus Beton und werden außenseitig mit einer Vollwärmeschutzfassade versehen. Die Geländeoberkante ist gleichzeitig die Rohdeckenoberkante im Erdgeschoss.

Für jede Variante wird die gleiche Geometrie bei gleich bleibenden U-Werten und Qualitäten der Materialien verwendet, somit wird ein Vergleich gewährleistet. Das Dach wird als Satteldach ausgeführt und der Dachboden nicht ausgebaut.
Alle in dieser Studie angeführten unterkellerten Einfamilienhausvarianten besitzen den gleichen Keller aus Beton, der variantenabhängig auf verschiedenen Ebenen gedämmt wird.

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Eckdaten des Referenz-Passivgebäudes:

- Einfamilienhaus mit ca.120 m² Bruttogrundfläche
- Außenwände aus 20 cm Beton[1)] mit einer Vollwärmeschutzfassade, innen 0,4 cm Feinputz
- Stärke der Außendämmung 40 cm (U-Wert = 0,08 W/m²K)
- Stärke der Mindestdämmung gegen Erdreich 6 cm
- Decken aus Stahlbeton mit 4 cm gebundener Ausgleichsschüttung (Styroporbeton), 3 cm Trittschalldämmung, 5-6 cm Estrich und 2 cm Bodenbelag
- Satteldach in Kaltdachausführung mit 60 cm Mineralwolldämmung auf der Decke
- 25 cm Deckendämmung über KG bei den unterkellerten Varianten
- Kelleraußenwandstärke 25 cm, innen unbearbeitet
- 25 cm Kelleraußenwanddämmung bei der Variante mit Keller innerhalb der thermischen Hülle
- Bodenplatte aus 25 cm Beton[1)]
- 25 cm Bodenplattendämmung bei der Variante mit Bodenplatte anstatt Unterkellerung

[1)] Die Stärken der tragenden Bauteile beruhen auf Erfahrungswerten, im Einzelfall ist eine statische Bemessung notwendig.

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

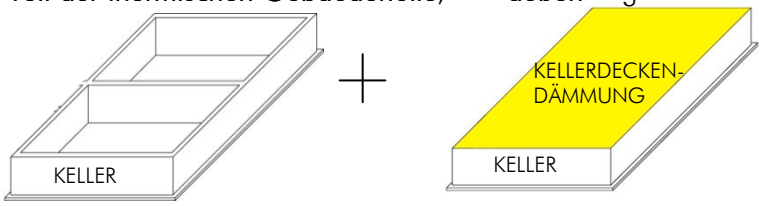
4.3 Kellervarianten

4.3.1 Übersicht

Die in der Kellerstudie untersuchten Varianten:

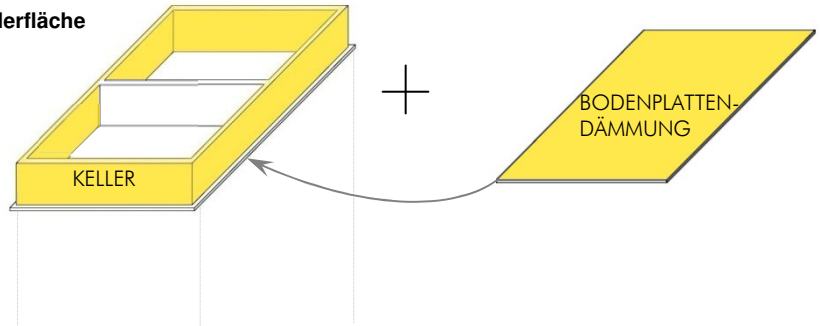
1. Variante – Keller **unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle**, von **außen** begehbar

- **Konditionierte Fläche** (brutto): 120,8 m²
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller): 92,2 m²
- **Kellerfläche** (netto): 89,8 m²
- **Gesamtnutzfläche** (netto): 182,0 m²
- **Energiebezugsfläche*)**: 92,2 m²



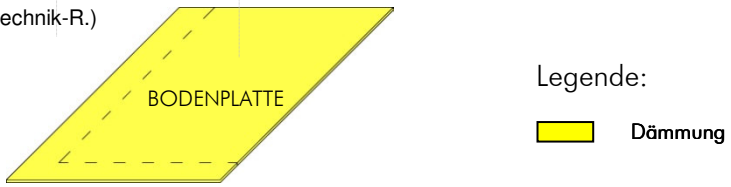
2. Variante – Keller **unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle**, von **außen** begehbar

- **Konditionierte Fläche + „warme" Kellerfläche** (brutto):: 235,0 m²
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller): 92,2 m²
- **Kellerfläche** (netto): 89,8 m²
- **Gesamtnutzfläche** (netto): 182,0 m²
- **Energiebezugsfläche*)**: 146,1 m²



3. Variante – 140m² Bodenplatte statt Keller

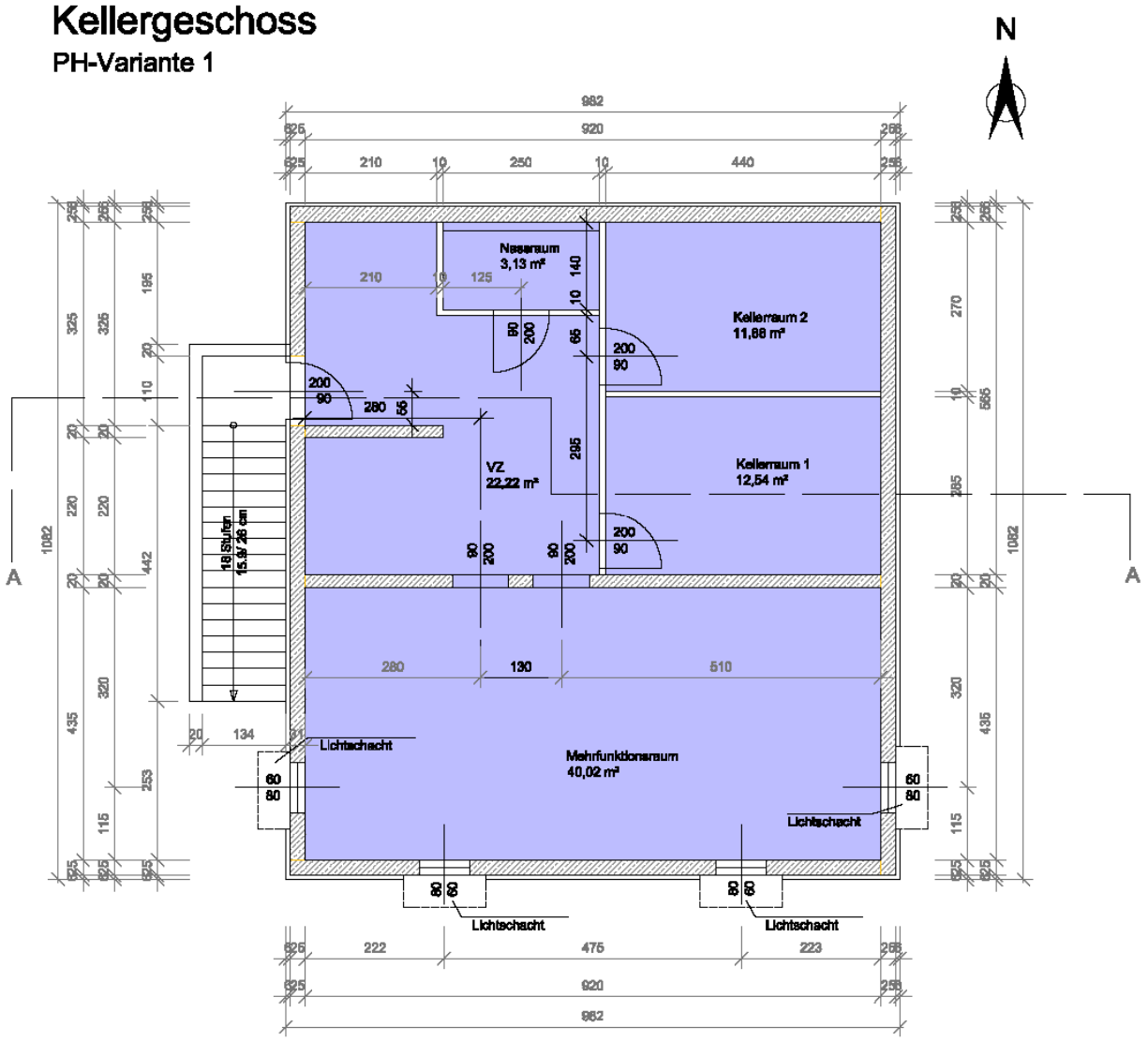
- **Konditionierte Fläche** (brutto): 141,8 m² (120,8 m² + 21,0 m² AR/Technik-R.)
- **Wohnnutzfläche** (netto): 109,6 m²
- **Kellerfläche** (netto): 0,0 m²
- **Gesamtnutzfläche** (netto): 109,6 m²
- **Energiebezugsfläche*)**: 109,6 m²



*) EBF…Energiebezugsfläche: Diese setzt sich bei Wohngebäuden vereinfacht aus der WNFL innerhalb der thermischen Hülle (ohne Loggien) und 60% der weiteren Flächen innerhalb der thermischen Hülle (Haustechnik, Keller, allgemeine Gangflächen,…) zusammen.

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

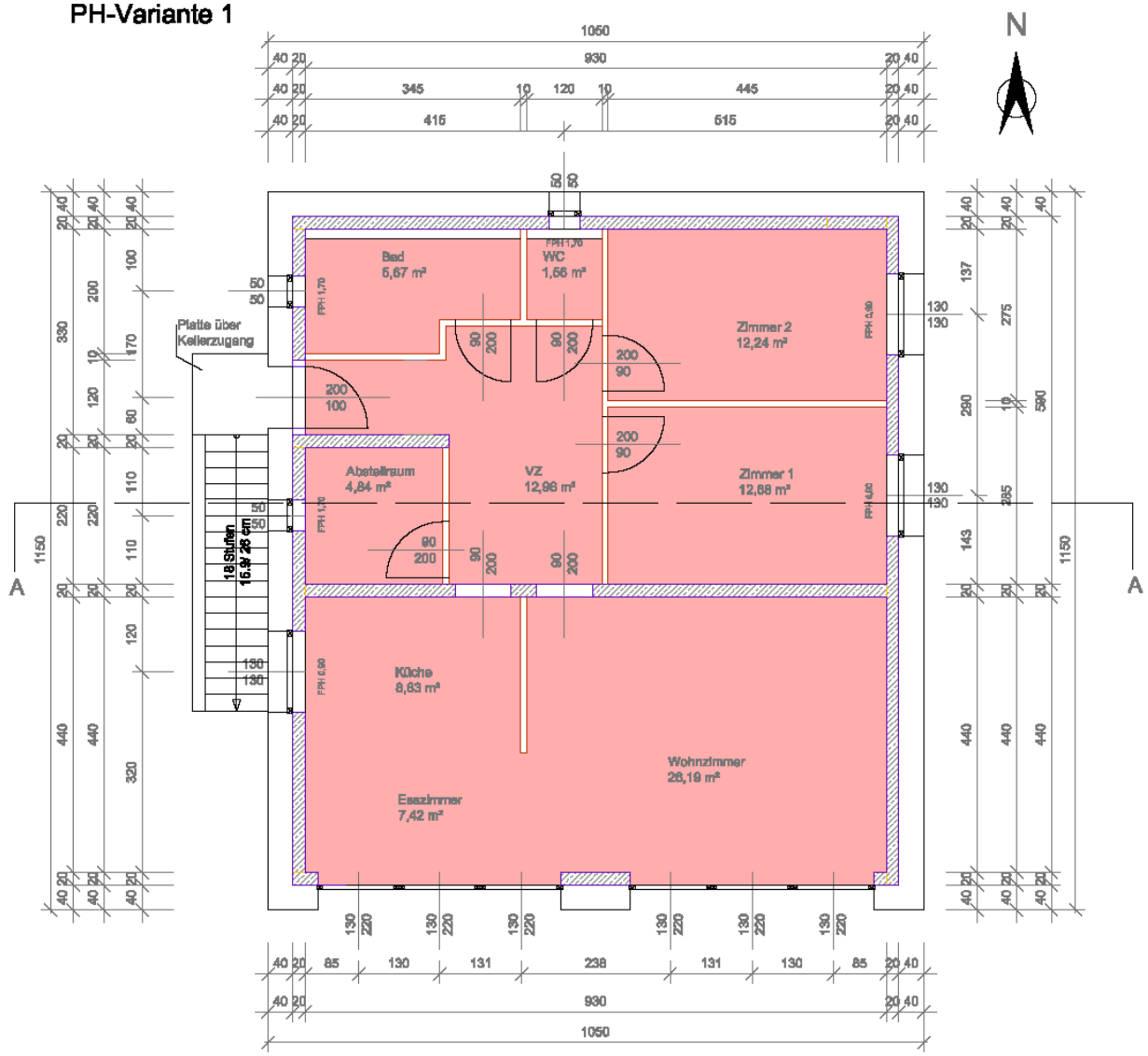
4.3.2 Variante 1 - Keller unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar



Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Erdgeschoss

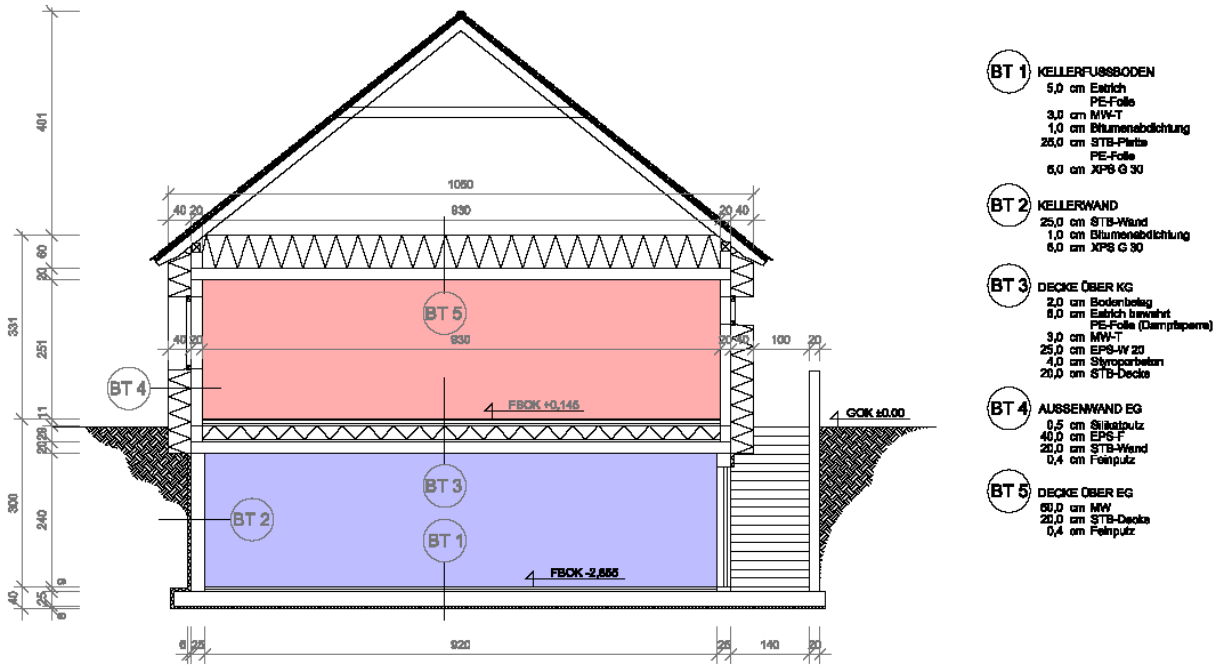
PH-Variante 1



Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

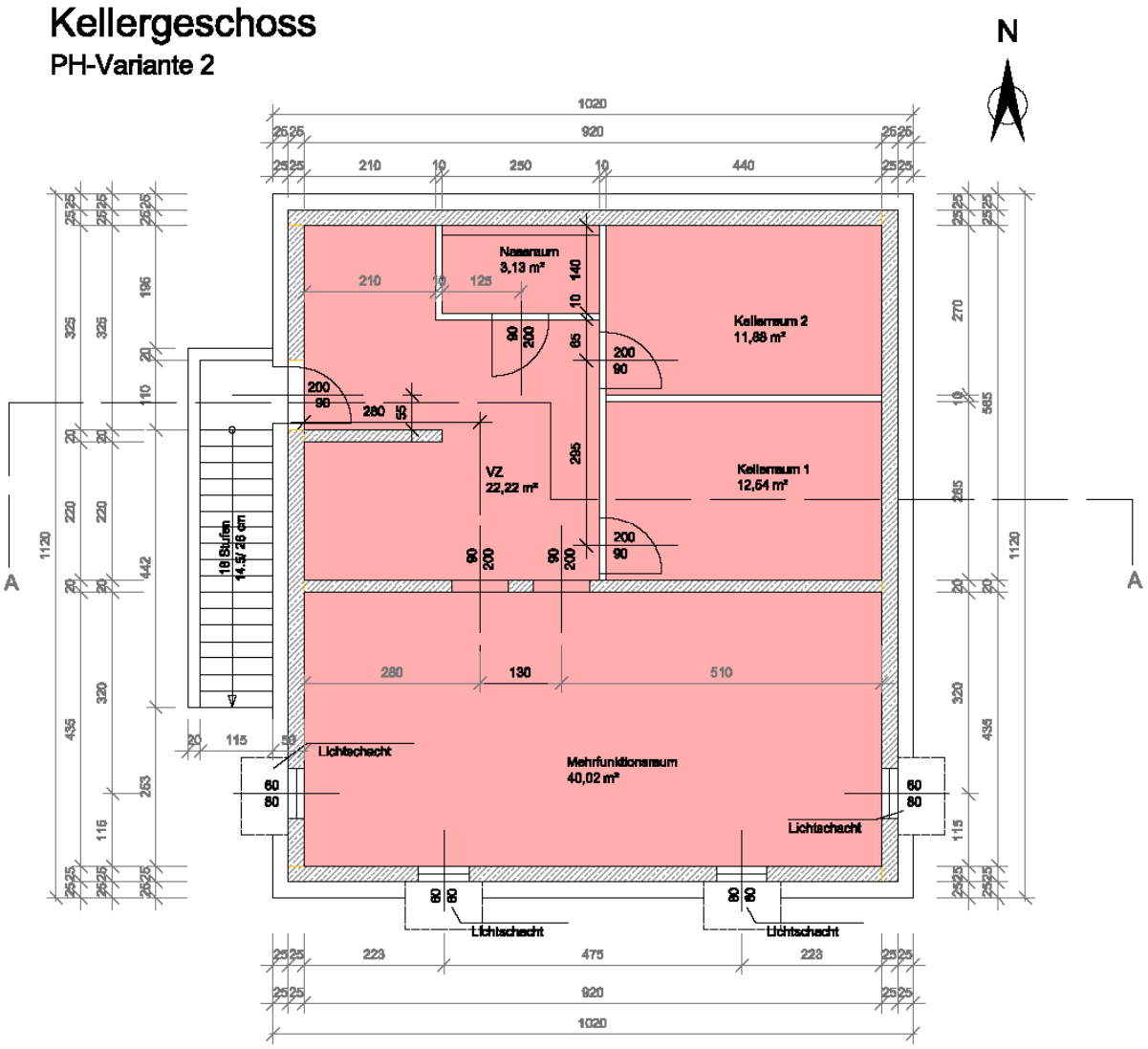
SCHNITT A-A

PH-Variante 1



Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

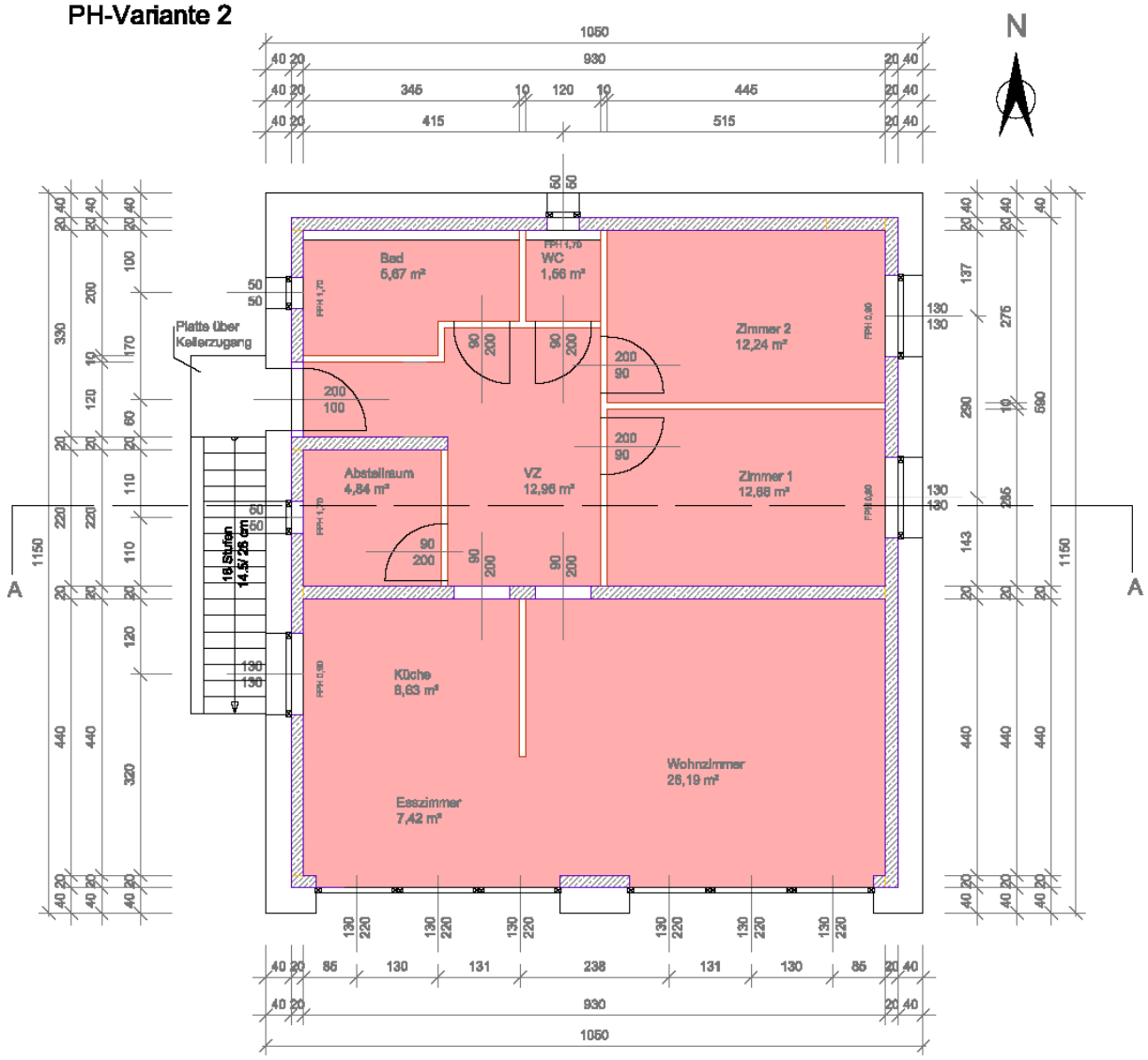
4.3.3 Variante 2 - Keller unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar



Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Erdgeschoss

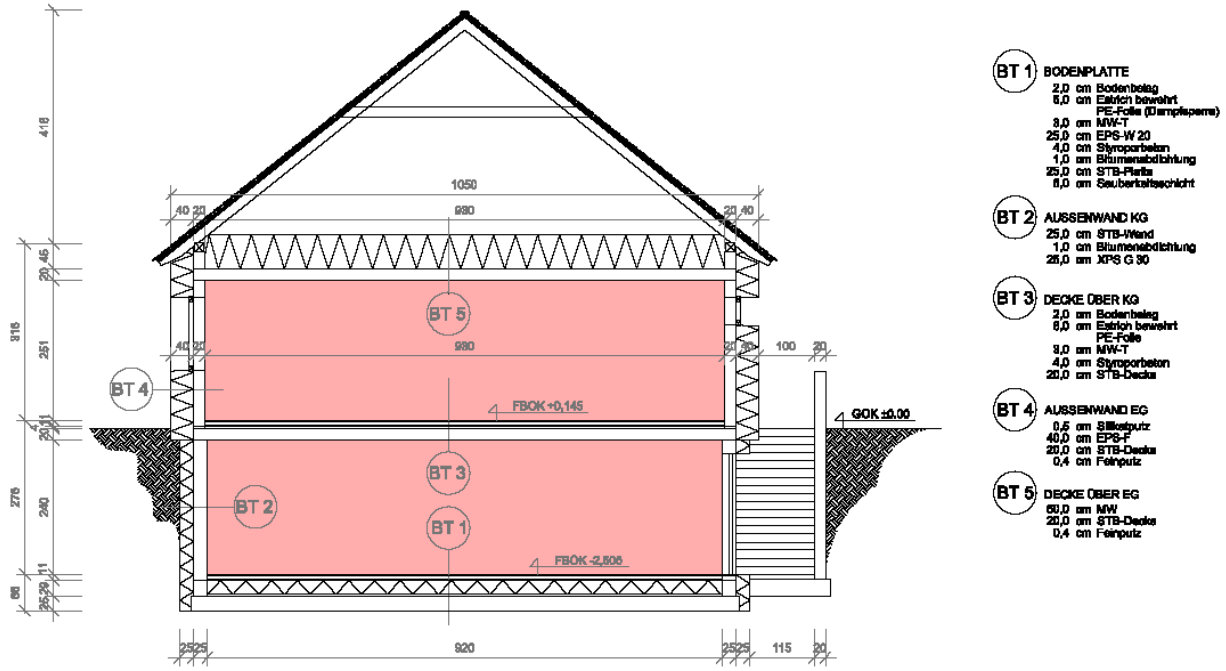
PH-Variante 2



Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

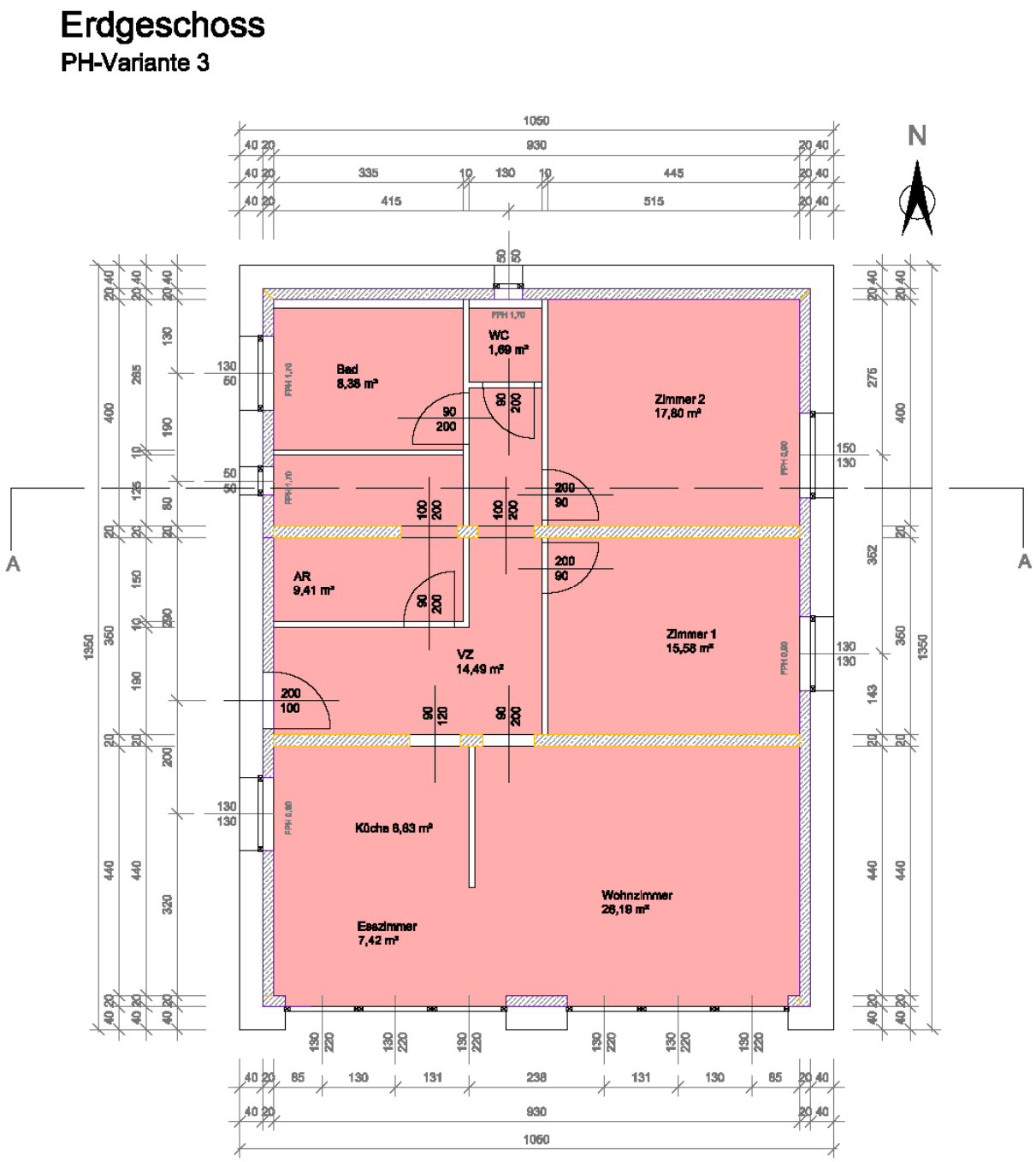
SCHNITT A-A

PH-Variante 2



Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

4.3.4 Variante 3 - 140m² Bodenplatte statt Keller

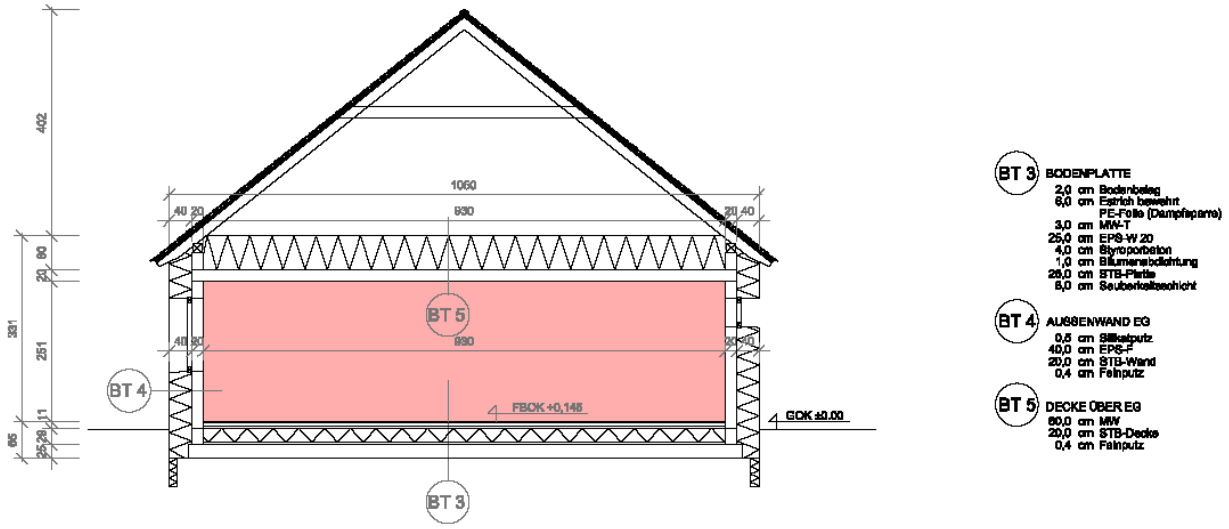


Anm.: Die Brutto-Mehrfläche von ca. 20 m² im nicht unterkellerten Einfamilien-Passivhaus ergibt sich aus der Annahme, dass bei Ausführung einer Variante ohne Keller die erforderlichen Abstell- sowie Technikräume, die ansonsten im Kellergeschoss untergebracht sind, im Erdgeschoss situiert werden müssen. Bei der planerischen Umsetzung wurde diese zusätzliche Fläche nicht in Form eines einzelnen zusätzlichen Raumes, sondern durch eine generelle Vergrößerung der Räume umgesetzt.

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

SCHNITT A-A

PH-Variante 3



5 Bauphysikalische Rahmenbedingungen

5.1 Klima für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs

Den Berechnungen nach PHPP wurde das Klima von Niederösterreich, 3100 St. Pölten zugrunde gelegt. Das sind im Detail folgende Daten:

- Seehöhe: 267 m
- Monatsmittelwerte der Außentemperatur:

Jänner:	-1,93 °C
Februar:	-0,42 °C
März:	3,89 °C
April:	9,16 °C
Mai:	13,72 °C
Juni:	17,05 °C
Juli:	18,79 °C
August:	18,01 °C
September:	14,38 °C
Oktober:	9,05 °C
November:	3,75 °C
Dezember:	-0,26 °C

Tabelle 1: Monatsmittelwerte der Außentemperatur in °C

- Monatliche Globalstrahlungssummen:

	Horiz.	Norden	NO/NW	Ost/ West	SO/SW	Süden	Tage
Jänner	26	12	12	15	26	32	31
Februar	42	18	19	24	36	43	28
März	80	32	34	45	61	70	31
April	113	46	50	62	73	78	30
Mai	146	57	64	77	84	85	31
Juni	155	59	68	81	85	83	30
Juli	157	56	67	82	88	86	31
August	135	46	55	72	84	87	31
September	93	35	38	51	67	76	30
Oktober	56	19	20	32	52	63	31
November	27	11	11	16	29	36	30
Dezember	19	8	8	12	24	30	31

Tabelle 2: Globalstrahlungssummen in kWh/m².Monat

- Innentemperatur: 20 °C

5.2 Klima für die Ermittlung der Heizlast

Mangels Verfügbarkeit genormter nationaler Werte wurden für die Heizlastermittlung die regionalen Klimadaten des Passivhaus-Projektierungs-Paketes herangezogen. Da St. Pölten in der Datenbank nicht verfügbar ist, wurden die Werte der nächstgelegenen Gemeinde (Amstetten) herangezogen.

- Monatsmittelwerte der Außentemperatur

Klima 1	Klima 2
-11,1 °C	-8,0 °C

Tabelle 3: Außentemperaturen in °C

- Monatliche Globalstrahlungssummen:

	Norden	Ost/ West	Süden	Global
Klima 1	15	25	50	30
Klima 2	10	15	25	20

Tabelle 4: Solarstrahlung in W/m²

5.3 Materialien

Alle Daten sind Herstellerangaben bzw. Normen entnommen.

5.3.1 Baustoffe

Für die Berechnungen wurden Baustoffe mit den folgenden Materialeigenschaften verwendet:

Nr.	Baustoffbezeichnung	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	μ [-]	c [kJ/kg K]
1	Stahlbeton	2400	2.3	130	1
2	Estrich	2000	1.4	50	1,13
3	Styroporbeton	120	0.06	7	0,2
4	PE-Folie, überlappend verklebt	980	-	100000	1,8
5	Trittschalldämmung MW-T	64	0.033	1	1
6	Bitumenabdichtung	1100	0.24	50000	1
7	EPS-F *	18	0.032	60	1,4
8	EPS-W 20 *	20	0.032	30	1,45
9	XPS-G 30 *	35	0.035-0,037	150	1,25
10	Feinputz	1450	0.8	12	1,13
11	Silikatputz	1800	0.7	37	1,13
12	Mineralwolle MW*	14.5	0.035	1	1,03
13	Holzboden (Fichte)	600	-	40	2,1

*** Bezeichnungen gemäß ÖN B 6000**

Tabelle 5: Übersicht der verwendeten Baustoffe

Die Angaben entstammen dem „Katalog für wärmeschutztechnische Rechenwerte von Baustoffen und Bauteilen" (ON V 31), sowie in einzelnen Fällen auch Herstellerangaben.

5.3.2 Erdreich

Erdreich mit den folgenden wärmetechnischen Eigenschaften gemäß ÖN EN ISO 13370 wurde verwendet:

- Kategorie: 2
- Beschreibung: Sand oder Kies
- Wärmeleitfähigkeit λ: 2 W/mK
- Volumenbezogene Wärmekapazität ρc: $2*10^6$ J/m³K

5.3.3 Fenster und Türen

- Fenster: beheizte Zone: U_g = 0,51 W/m²K
  U_f = 0,73 W/m²K
  g = 0,52
- Außentüren und Türen zu unbeh. Zonen: U_D = 0,80 W/m²K

5.4 Ansätze

- Flächen- und Volumenberechnungen gemäß ÖN B 1800
- belüftetes Volumen (netto) V_N: exakt ermittelt
- Glasanteil der Fenster f_g: exakt ermittelt
- Länge des Glasrandverbundes l_g: exakt ermittelt
- Leitwertzuschläge für Wärmebrücken: exakt ermittelt

- Luftwechselraten:	unbeheizter Keller	$n = 0{,}3\ h^{-1}$
	beheiztes Volumen:	$n = 0{,}3\ h^{-1}$
	Infiltrationsluftwechsel:	$n_x = 0{,}03\ h^{-1}$

- Effektiver Wirkungsgrad $\eta_{v,eff}$ des Wärmetauschers der kontrollierten Wohnraumbe- und -entlüftung $\eta_{v,eff}$ = ca. 80%
- interne Gewinne $q_i = 2{,}1\ W/m^2$
- Fensterflächen bis auf Einzelfälle zur Erfüllung der baubehördlich vorgeschriebenen Mindestbelichtungsflächen, bei allen Varianten gleich groß

- Reduktion für Solargewinne: $r = r_{Verschattung} \cdot r_{Verschmutzung} \cdot r_{nicht\text{-}senkrecht} \cdot r_{Rahmen}$

5.5 Bauteilaufbauten, Wärme- und Feuchteschutz

Zur Festlegung der Bauteil-Aufbauten wurden folgende Regelwerke bzw. Kriterien berücksichtigt. Die Aufbauten für alle Varianten siehe Kapitel 13 „Anhang - Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser“:

- Bauordnung NÖ inkl. BTV, alle Bauteile entsprechen den Mindestanforderungen hinsichtlich des Wärmeschutzes.
- ÖN B 8110
- Die Bauteile der unbeheizten Kellerräume sind so bemessen, dass ein nachträglicher Ausbau zu beheizten Zonen grundsätzlich möglich ist. Aus dieser Forderung ergeben sich Mindestwärmedurchlasswiderstände, die in den Bauteilaufbauten nach Kapitel 13 „Anhang - Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser“ berücksichtigt sind.
- Für unbeheizte Kellerräume gibt es für den Nachweis des Oberflächenfeuchte- und Kondensationsschutzes kein Normklima. Deshalb wurden die Monatsmittelwerte der Innentemperaturen in den unbeheizten Kellerräumen nach ÖN EN ISO 13789 bestimmt. Mit den für die unbeheizten Räume berechneten Innentemperaturen und den Monatsmittelwerten (Temperatur und rel. Feuchte) für das Außenklima gemäß ÖN B 8110-2 wurden anschließend die Monatsmittelwerte, der relativen Feuchte, der unbeheizten Kellerräume bestimmt. Dabei wurde der unter Punkt 5.4 angesetzte Mindestluftwechsel von 0,3 h^{-1} berücksichtigt. Dieser Mindestluftwechsel ist für alle unbeheizten Kellerräume in jedem Fall z.B. durch Dauerlüftung sicherzustellen. Mit dem dieserart bestimmten Innenklima wurde ein feuchtetechnischer Nachweis gemäß dem Verfahren in ÖN EN ISO 13788 durchgeführt.

Es sind die folgenden Hinweise zu beachten:

- Alle Bauteilaufbauten sind auf ihre Eignung hinsichtlich Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz zu überprüfen. Diese bauphysikalische Überprüfung ist nicht auf beliebige Standorte übertragbar. Eine gesonderte Überprüfung ist auch bezüglich aller Wärmebrücken durchzuführen. Die angesetzten Wärmebrücken wurden für die konkreten Fälle ermittelt und sind daher nicht allgemein gültig. Da beim Passivhausbau die Wärmebrückenfreiheit von besonderer Bedeutung ist, muss auf diesen Punkt besonderes Augenmerk gelegt werden.

- Jede geringfügige Veränderung im vorgegebenen Bauteilaufbau und deren Dimensionierung ist in jedem Fall hinsichtlich des Oberflächenfeuchte- und Kondensationsschutzes nachzuweisen. Dies gilt auch für den Fall eines nachträglichen Ausbaus der unbeheizten Kellerräume in beheizte Zonen.

- Die Dimensionierung und die Qualität der Stahlbetondecken und -wände sind beispielhaft, eine Dimensionierung nach statischen Erfordernissen ist in jedem Fall durchzuführen.

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

6 Ergebnisse der bauphysikalischen Berechnungen (Heizwärmebedarf, Heizlast)

Mit den unter Punkt 5.4 genannten Ansätzen wurde für alle Varianten der Heizwärmebedarf (HWB) nach dem Monatsbilanzverfahren gemäß PHPP, sowie die Heizlast (HL) gemäß PHPP ermittelt (siehe Tabelle 6 und Diagramm 1). Die Varianten 1 und 2 sind unterkellerte Einfamilienhäuser mit einer Bruttogrundfläche von ca. 120 m². Variante 3 stellt ein nicht unterkellertes Einfamilienhaus mit ca. 140 m² Bruttogrundfläche dar. Die zusätzliche Fläche von 20 m² bei Variante 3 beruht auf der Annahme, dass Technik- und Abstellräume, die ansonsten im Keller untergebracht werden können, im Erdgeschoss angeordnet werden müssen.

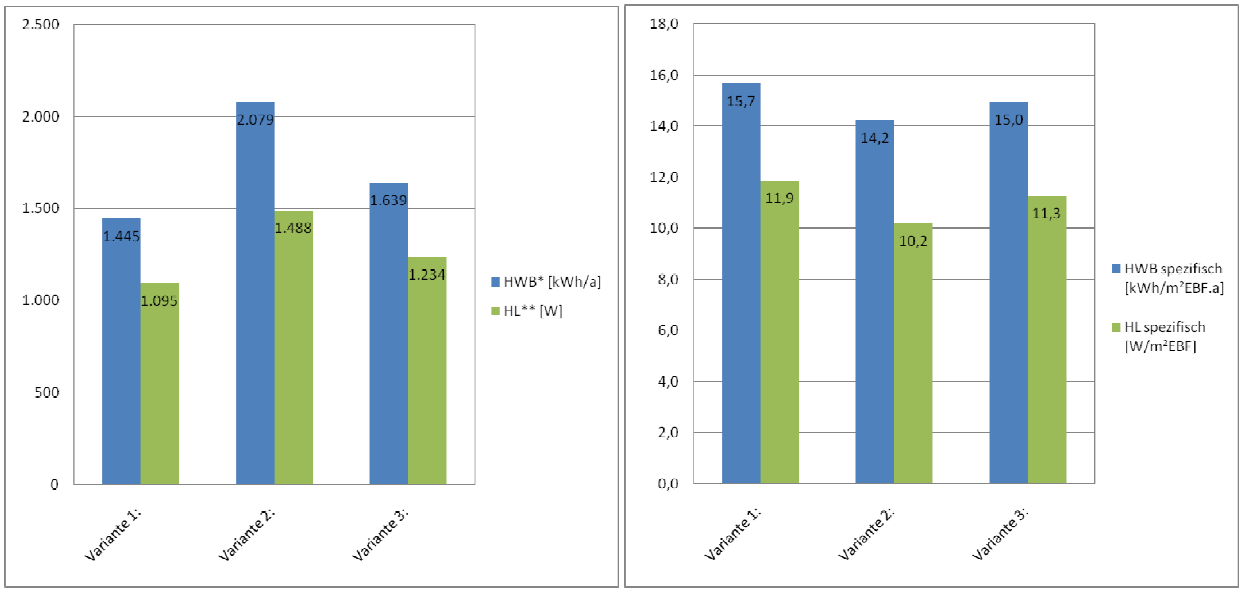
Die Ermittlung der Brutto- und Nettoflächen erfolgte nach ÖNORM B 1800.

Für das Einfamilien-Passivhaus ergeben sich folgende Werte aus der PHPP-Berechnung:

Bezeichnung	**Beschreibung**	**HWB***	**HWB spezifisch**	**HL****	**HL spezifisch**	**Energie-bezugs-fläche** (brutto)	**Beheizte Fläche** (brutto)	**Wohnnutz-fläche** (netto, exkl. Keller)	**Kellerfläche** (netto)	**Gesamtnutz-fläche** (netto)
		[kWh/a]	**[kWh/m²EBF.a]**	**[W]**	**[W/m²EBF]**	**[m²]**	**[m²]**	**[m²]**	**[m²]**	**[m²]**
Variante 1:	Keller unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar	1.445	15,7	1.095	11,9	92,2	120,8	92,2	89,8	182,0
Variante 2:	Keller unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar	2.079	14,2	1.488	10,2	146,1	120,8+ (114,2)***	92,2	89,8	182,0
Variante 3:	kein Keller	1.639	15,0	1.234	11,3	109,6	141,8	109,6	0,0	109,6

* jährlicher Heizwärmebedarf
** Heizlast
*** 120,8 m² beheizte Fläche im EG + 114,2 m² unbeheizte Fläche im KG innerhalb der thermischen Hülle

Tabelle 6: Übersicht der thermischen Kennwerte für alle Varianten



120,8 m² BGF_h	235,0 m² BGF_h	141,8 m² BGF_h	120,8 m² BGF_h	235,0 m² BGF_h	141,8 m² BGF_h
182,0 m² Netto-NFL	182,0 m² Netto-NFL	109,6 m² Netto-NFL	182,0 m² Netto-NFL	182,0 m² Netto-NFL	109,6 m² Netto-NFL

Diagramm 1: Gegenüberstellung des gesamten jährlichen und des spezifischen Heizwärmebedarfs, sowie der gesamten und der spezifischen Heizlast für alle Varianten

Die Berechnungen zeigen:

- In absoluten Zahlen betrachtet weist Variante 1 mit dem unbeheizten Keller, der nicht Teil der thermischen Gebäudehülle ist mit 1445 kWh/a den geringsten jährlichen Heizwärmebedarf auf. Bezogen auf die Energiebezugsfläche, und somit für die Passivhaus-Nachweisführung entscheidend, erreicht Variante 2 mit dem unbeheizten Keller, der jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle ist, das beste Ergebnis.

- Das bedeutet, gemessen am tatsächlichen, absoluten Heizenergiebedarf ist Variante 1 zu bevorzugen. Für die Passivhaus-Nachweisführung, also die eigentliche Kontrolle der Funktion als Passivhaus und der damit einhergehenden Zuluftbeheizbarkeit, ist jedoch Variante 2 der Vorzug zu geben.

- Sowohl Variante 1 mit dem unbeheizten Keller, der nicht Teil der thermischen Gebäudehülle ist, als auch Variante 3 ohne Keller verfehlen die PH-Kriterien HWB $\leq$ 15 kWh/m²EBF.a und HL $\leq$ 10 W/m²EBF. Variante 3 kommt zwischen den Varianten 1 und 2 zu liegen.

- Beispielhafte Berechnungen haben gezeigt, dass auch eine Erhöhung der Kellerdecken- bzw. Bodenplattendämmung auf z.B. 40cm nur ein proportional verschobenes Ergebnis bewirkt und sich somit keine Auswirkung auf die Reihung der Varianten ergibt.

- Variante 2 mit dem unbeheizten Keller, der jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle ist, erfüllt nicht nur als einzige Variante die PH-Kriterien, sondern weist auch gegenüber Variante 3 ohne Keller um 66% mehr konditionierte und „warme" Brutto- und Nettogeschossfläche auf. Dieser Vergleich ist insofern zulässig, da die Keller-Nutzfläche der Variante 2 zwar nicht beheizte ist, sich jedoch aufgrund der Zugehörigkeit zur thermischen Hülle des Passivhauses eine nur geringfügig abweichende Temperatur einstellt. Das bedeutet die Kellerräume können als „warm" betrachtet werden und können für eine höherwertige Nutzung mit sehr geringem zusätzlichem Wärmeeintrag auf behagliche Raumtemperaturen gebracht werden.

7 Diskussion der Ergebnisse

Aus den Ergebnissen lässt sich Folgendes ableiten:

- Variante 1 (ohne beheizten Keller) weist zwar in absoluten Zahlen einen geringeren Heizwärmebedarf als Variante 2 (Keller unbeheizt, aber innerhalb der thermischen Hülle) auf. Betrachtet man jedoch die für den Passivhausnachweis relevanten spezifischen Energiekennwerte Heizwärmebedarf [kWh/m²EBF.a] und Heizlast [W/m²EBF], so kehrt sich das Ergebnis ins Gegenteil um. Variante 2 erreicht als einzige der drei verglichenen Varianten die Passivhauskriterien HWB $\leq$ 15 kWh/m²EBF.a und HL $\leq$ 10 W/m²EBF.

- Die Begründung hierfür setzt sich aus mehreren Faktoren zusammen:
  - Zum einen weist Variante 2 durch das zusätzliche, zur thermischen Hülle zugehörige, Kellergeschoss eine wesentlich günstigere Kompaktheit auf als Variante 1 mit kaltem Keller. (l_c-Var. 1 =1,14m; l_c-Var. 2 =1,49m)

    Während sowohl die Normung, als auch die Förderungs-Richtlinien für Niedrig- und Niedrigstenergie-Gebäude Rücksicht auf den Umstand nehmen, dass mit zunehmendem Volumen von Gebäuden der Wärmeverlust bezogen auf einen Quadratmeter Bezugsfläche immer kleiner wird, ist die Berücksichtigung dieses physikalischen Phänomens bei Passivhäusern nicht möglich. Die Grenzwerte HWB $\leq$ 15 kWh/m²EBF.a und HL $\leq$ 10 W/m²EBF sind keine willkürlich festgelegten Größen, sondern stammen aus der zentralen Anforderung von Passivhaus-Gebäuden – der Zuluftbeheizbarkeit. Dieses Kriterium, das für die ausreichende Wärmeversorgung des Gebäudes erfüllt sein muss, ist unabhängig vom Volumen des Gebäudes in aller Regel bei Einhaltung der oben genannten Kriterien erfüllt. Somit ergibt sich die Situation, dass der Passivhaus-Nachweis umso schwieriger zu erfüllen ist, je kleiner das Volumen eines Hauses ist.

    Zusammenfassend bedeutet das, der PH-Nachweis kann wesentlich vereinfacht werden, wenn das Volumen des Gebäudes – genaugenommen das Volumen der thermischen Hülle – vergrößert wird. Am Beispiel des eingeschossigen Einfamilienhauses heißt das, wenn der Keller in die thermische Hülle integriert wird, sind die geforderten Energiekennzahlen einfacher zu erreichen, bzw. sind gegenüber einem Gebäude mit kaltem Keller deutlich geringere Dämmstoffstärken erforderlich. Es sein jedoch darauf hingewiesen, dass die Nutzfläche des Kellers nicht komplett, sondern nur zu einem gewissen Anteil der Bezugsfläche zuzurechnen ist. Das hängt damit zusammen, dass Kellerräume nicht als Aufenthaltsräume gelten und somit nicht zur Wohnnutzfläche zählen. Außerdem ist nicht zu erwarten, dass von diesen Keller-Flächen die vollen internen Lasten eingetragen werden, da die Nutzung von jener des Wohnbereiches abweicht.

  - Ein weiterer Grund, warum ein Gebäude mit Keller, der der thermischen Hülle zugeordnet wird, gegenüber einem Gebäude mit kaltem Keller bessere Energiekennwerte ergibt, ist die Tatsache, dass gegen das angrenzende Erdreich wesentlich weniger Wärme verloren geht, als gegen Außenluft. Ein Gebäude, bei dem nahezu die Hälfte der Außenwände gegen Erdreich grenzen, hat somit bei guter Dämmung dieser Wände in aller Regel einen deutlich geringeren Wärmeverlust als ein vergleichbares Gebäude, das sich zur Gänze oberirdisch befindet.

8 Abkürzungen und Formelzeichen

a_0	numerischer Parameter für die Berechnung von a
a	numerischer Parameter für den Ausnutzungsgrad
a	Jahr
A	beheizte Bruttogeschoßfläche in m^2
A_{AW}	Außenwandfläche der beheizten Zone in m^2
A_B	Gesamtfläche der wärmeabgebenden Hüllfläche in m^2
A_{bo}	Bodenfläche brutto in m^2
A_D	Türfläche in m^2
A_{de}	Deckenfläche brutto in m^2
A_f	Rahmenfläche in m^2
A_{fas}	Fassadenfläche der beheizten Zone in m^2
A_g	Glasfläche in m^2
A_{iu}	Trennfläche zwischen der beheizten und der unbeheizten Zone in m^2
A_{ue}	Trennfläche zwischen der unbeheizten Zone und der Außenluft m^2
A_W	Fensterfläche m^2
b	Geschoßbreite, brutto in m
b_D	Türbreite in m
b_S	Stiegenhausbreite m
b_W	Fensterbreite in m
BGF_B	beheizte Bruttogeschoßfläche in m^2
c_0	Referenzspeicherfähigkeit = 1046.7 J/kgK
C	wirksame Wärmespeicherfähigkeit der Temperaturzone in J/K
d	Schichtdicke in cm
EBF	Energiebezugsfläche
f_g	Faktor für den Glasanteil
f_S	Reduktionsfaktor für die Verschattung
g	Gesamtenergiedurchlassgrad der Gläser
g_W	wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Gläser
h	Höhe des Kellergeschoßes über der Geländeoberkante in m
h_B	Geschoßhöhe, brutto in m
h_D	Türhöhe in m
h_l	lichte Geschoßhöhe in m
h_W	Fensterhöhe in m
HL	Heizlast in W, bzw. auch spezifisch in W/m^2EBF
HWB	jährlicher Heizwärmebedarf in kWh/a, bzw. auch spezifisch in $kWh/m^2EBF.a$
I_S	monatliche Globalstrahlungssumme auf südorientierte Immissionsflächen in kWh/m^2
I_W	monatliche Globalstrahlungssumme auf westorientierte Immissionsflächen in kWh/m^2
I_N	monatliche Globalstrahlungssumme auf nordorientierte Immissionsflächen in kWh/m^2
I_O	monatliche Globalstrahlungssumme auf ostorientierte Immissionsflächen in kWh/m^2
l	Geschoßlänge, brutto in m
l_g	Faktor für die Länge des Glasrandverbundes
l_S	Stiegenhauslänge m
L	Summe aller Leitwerte der beheizten Gebäudehülle in W/K
L_e	Leitwert für die Transmissionswärmeverluste für Bauteile gegen Außenluft in W/K
L_g	Leitwert für die Transmissionswärmeverluste für erdberührte Bauteile in W/K
L_{iu}	thermischer Leitwert der Trennfläche zwischen der beheizten und der unbeheizten Zone in W/K
L_{pe}	äußerer harmonischer thermischer Leitwert in W/K
L_{pi}	innerer harmonischer thermischer Leitwert in W/K
L_u	Leitwert für die Transmissionswärmeverluste für Bauteile gegen unbeh. Räume in W/K
L_{ue}	thermischer Leitwert der Trennfläche zwischen der unbeheizten Zone und der Außenluft in W/K

L_V Lüftungsleitwert der beheizten Gebäudehülle in W/K
L_{Vue} Leitwert für die Lüftungswärmeverluste der unbeheizten Zone in W/K
L_ψ Leitwertzuschlag für längenbezogene Verlustkoeffizienten in W/K
L_χ Leitwertzuschlag für punktförmige Verlustkoeffizienten in W/K
m_w speicherwirksame Masse gesamt in kg
n Luftwechselrate pro h
n_x Infiltrationsluftwechsel pro h
P Umfang, brutto in m
PH Passivhaus
q_i flächenbezogene interne Wärmegewinne in W/m²
Q_g Summe der monatlichen Wärmegewinne in kWh
Q_h monatlicher Heizwärmebedarf für das Gebäude in kWh
Q_i monatliche Wärmegewinne durch interne Quellen in kWh
Q_l Summe der monatlichen Wärmeverluste in kWh
Q_S monatliche solare Wärmegewinne über transparente Bauteile in kWh
Q_T Summe der monatlichen Transmissionswärmeverluste in kWh
Q_{Te} monatliche Transmissionswärmeverluste über außenluftberührte Bauteile in kWh
$Q_{Tg,\ stationär}$ monatliche Transmissionswärmeverluste über erdberührte Bauteile aufgrund des stationären Leitwertes der erdberührten Bauteile in kWh
$Q_{Tg,\ instationär}$ monatliche Transmissionswärmeverluste über erdberührte Bauteile aufgrund der instationären Leitwerte der erdberührten Bauteile in kWh
Q_V monatliche Lüftungswärmeverluste in kWh
R_{se} äußerer Wärmeübergangswiderstand in m²K/W
R_{si} innerer Wärmeübergangswiderstand in m²K/W
t_P Tiefe der Perimeterdämmung in m
T_d Anzahl der Tage pro Monat
T_h Anzahl der Stunden pro Monat
U_D Wärmedurchgangskoeffizient der Tür in W/m²K
U_f Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/m²K
U_g Wärmedurchgangskoeffizient des Glases in W/m²K
U_{iu} Wärmedurchgangskoeffizient der Trennfläche zwischen der beheizten und der unbeheizten Zone in W/m²K
U_{ue} Wärmedurchgangskoeffizient der Trennfläche zwischen der unbeheizten Zone und der Außenluft in W/m²K
U_W Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters in W/m²K
V_B beheiztes Bruttovolumen in m³
V_N belüftetes beheiztes Nettovolumen in m³
V_u Volumen der unbeheizten Zone in m³
w Wanddicke in m
z Höhe des Kellergeschoßes unter der Geländeoberkante in m
η Ausnutzungsgrad für die Wärmegewinne
γ Wärmegewinn-/-Verlustverhältnis
λ Wärmeleitfähigkeit in W/mK
ψ_γ Korrekturkoeffizient für Wärmebrücken durch den Glasrandverbund in W/mK
ρ_c Volumenbezogene Wärmekapazität in J/m³K
$\eta_{v,eff}$ effektiver Wirkungsgrad des Wärmetauschers
θ_i Innentemperatur in °C
θ_a Außentemperatur in °C
τ Gebäudezeitkonstante
τ_0 numerischer Parameter für die Berechnung von a

9 Literaturverzeichnis

[FEI07] Feist, W.: Passivhausprojektierungspaket 2007 (PHPP 2007), Passivhaus Institut, Darmstadt, 2007

[SCH08] Schöberl, H.: „Kellervarianten an einem Referenz-Einfamilienhaus – Baukosten", Endbericht, März 2008

ÖN B 1800 Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2002-01-01

ÖN B 6000 Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Arten und Anwendung
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2003-02-01

ÖN B 8110-2 Wärmeschutz im Hochbau
Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2003-07-01

ÖN B 8110-3 Wärmeschutz in Hochbau
Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 1999-12-01

ÖN EN 832 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden -
Berechnung des Heizenergiebedarfs
Wohngebäude
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 1999-07-01

ÖN EN ISO 6946 Bauteile -
Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2008-04-01

ÖN EN ISO 10211-1 Wärmebrücken im Hochbau -
Wärmeströme und Oberflächentemperaturen –
Detaillierte Berechnungsverfahren
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 1996-03-01

ÖN EN ISO 13370 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden -
Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 1999-07-01

ÖN EN ISO 13786 Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen -
Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren
Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2000-08-01

ÖN EN ISO 13788	Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2002-01-01
ÖN EN ISO 13789	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient Wärmeübertragung Berechnungsverfahren Österreichisches Normungsinstitut, Ausgabe: 2000-08-01

10 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Gegenüberstellung des gesamten jährlichen und des spezifischen Heizwärmebedarfs, sowie der gesamten und der spezifischen Heizlast für alle Varianten 22

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Referenzeinfamilien-Passivhauses 5

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Monatsmittelwerte der Außentemperatur in °C 16
Tabelle 2: Globalstrahlungssummen in kWh/m².Monat 16
Tabelle 3: Außentemperaturen in °C 17
Tabelle 4: Solarstrahlung in W/m² 17
Tabelle 5: Übersicht der verwendeten Baustoffe 18
Tabelle 6: Übersicht der thermischen Kennwerte für alle Varianten 21

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

13 Anhang - Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser

Variante 1 - Keller unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar:

BT1	Kellerfußboden

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,17
außen R_{sa}: 0,00

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Estrich	1,400					50
2.	PE-Folie						
3.	MW-T	0,033					30
4.	Bitumenabdichtung	0,240					10
5.	STB-Platte	2,300					250
6.	PE-Folie						
7.	XPS-G 30	0,035					60
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 40,0 cm

U-Wert: 0,336 W/(m²K)

BT2	Kellerwand

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,13
außen R_{sa}: 0,00

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	STB-Wand	2,300					250
2.	Bitumenabdichtung	0,240					10
3.	XPS-G 30	0,035					60
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 32,0 cm

U-Wert: 0,501 W/(m²K)

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

BT3 **Decke über KG**

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si} : 0,17
außen R_{sa} : 0,17

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Holzboden	0,140					20
2.	Estrich bewehrt	1,400					60
3.	PE-Folie (Dampfsp.)						
4.	MW-T	0,033					30
5.	EPS-W20 plus	0,032					250
6.	Styroporbeton	0,060					40
7.	STB-Decke	2,300					200
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 60,0 cm

U-Wert: 0,100 W/(m²K)

BT4 **Außenwand EG**

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si} : 0,13
außen R_{sa} : 0,04

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Silikatputz	0,700					5
2.	EPS-F plus	0,032					400
3.	STB-Wand	2,300					200
4.	Feinputz	0,800					4
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 60,9 cm

U-Wert: 0,078 W/(m²K)

BT5 **Decke über EG**

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si} : 0,10
außen R_{sa} : 0,10

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Mineralwolle	0,035					600
2.	STB-Decke	2,300					200
3.	Feinputz	0,800					4
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 80,4 cm

U-Wert: 0,057 W/(m²K)

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Variante 2 - Keller unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar

BT1	Bodenplatte
Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,17
außen R_{sa}: 0,00

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Holzboden	0,140					20
2.	Estrich bewehrt	1,400					60
3.	PE-Folie (Dampfsp.)						
4.	MW-T	0,033					30
5.	EPS-W20 plus	0,032					250
6.	Styroporbeton	0,060					40
7.	Bitumenabdichtung	0,240					10
8.	STB-Platte	2,300					250

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 66,0 cm

U-Wert: 0,101 W/(m²K)

BT2	Außenwand KG
Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,13
außen R_{sa}: 0,00

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	STB-Wand	2,300					250
2.	Bitumenabdichtung	0,240					10
3.	XPS-G 30	0,037					250
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 51,0 cm

U-Wert: 0,142 W/(m²K)

BT4	Außenwand EG
Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,13
außen R_{sa}: 0,04

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Silikatputz	0,700					5
2.	EPS-F plus	0,032					400
3.	STB-Wand	2,300					200
4.	Feinputz	0,800					4
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 60,9 cm

U-Wert: 0,078 W/(m²K)

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

BT5	Decke über EG

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si} : 0,10
außen R_{sa} : 0,10

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Mineralwolle	0,035					600
2.	STB-Decke	2,300					200
3.	Feinputz	0,800					4
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe

		80,4 cm

U-Wert: 0,057 W/(m²K)

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Variante 3 - 140m² Bodenplatte statt Keller

BT3 **Bodenplatte**

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,17 außen R_{sa}: 0,00

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Holzboden	0,140					20
2.	Estrich bewehrt	1,400					60
3.	PE-Folie (Dampfsp.)						
4.	MW-T	0,033					30
5.	EPS-W20 plus	0,032					250
6.	Styroporbeton	0,060					40
7.	Bitumenabdichtung	0,240					10
8.	STB-Platte	2,300					250

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 66,0 cm

U-Wert: 0,101 W/(m²K)

BT4 **Außenwand EG**

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,13 außen R_{sa}: 0,04

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Silikatputz	0,700					5
2.	EPS-F plus	0,032					400
3.	STB-Wand	2,300					200
4.	Feinputz	0,800					4
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 60,9 cm

U-Wert: 0,078 W/(m²K)

BT5 **Decke über EG**

Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung

Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R_{si}: 0,10 außen R_{sa}: 0,10

	Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1.	Mineralwolle	0,035					600
2.	STB-Decke	2,300					200
3.	Feinputz	0,800					4
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

Flächenanteil Teilfläche 2 | Flächenanteil Teilfläche 3 | Summe: 80,4 cm

U-Wert: 0,057 W/(m²K)

14 Anhang - PHPP Nachweisblätter der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser

Variante 1 - Keller **unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle**, von **außen** begehbar:

Passivhaus Nachweis

Foto oder Zeichnung

Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 1	
Standort und Klima:	St. Pölten, Österreich	Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
Straße:	-	
PLZ/Ort:	A-3100 St. Pölten	
Land:	Österreich	
Objekt-Typ:	Einfamilienhaus	
Bauherr(en):		
Straße:		
PLZ/Ort:		
Architekt:		
Straße:		
PLZ/Ort:		
Haustechnik:		
Straße:		
PLZ/Ort:		
Baujahr:	2008	
Zahl WE:	1	Innentemperatur: 20,0 °C
Umbautes Volumen V_e:	472,1 m³	Interne Wärmequellen: 2,1 W/m²
Personenzahl:	2,6	

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche

Energiebezugsfläche: 92,2 m²

	Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	15,7	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	nein
Drucktest-Ergebnis:	0,3	h^{-1}	0,6 h^{-1}	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):		kWh/(m²a)	120 kWh/(m²a)	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):		kWh/(m²a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m²a)		
Heizlast:	11,9	W/m²		
Übertemperaturhäufigkeit:	0	%	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:		kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	
Kühllast:	8	W/m²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV

Nutzfläche nach EnEV: 151,1 m²

			Anforderung:	Erfüllt?
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	-	kWh/(m²a)	40 kWh/(m²a)	nein

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:

gezeichnet:

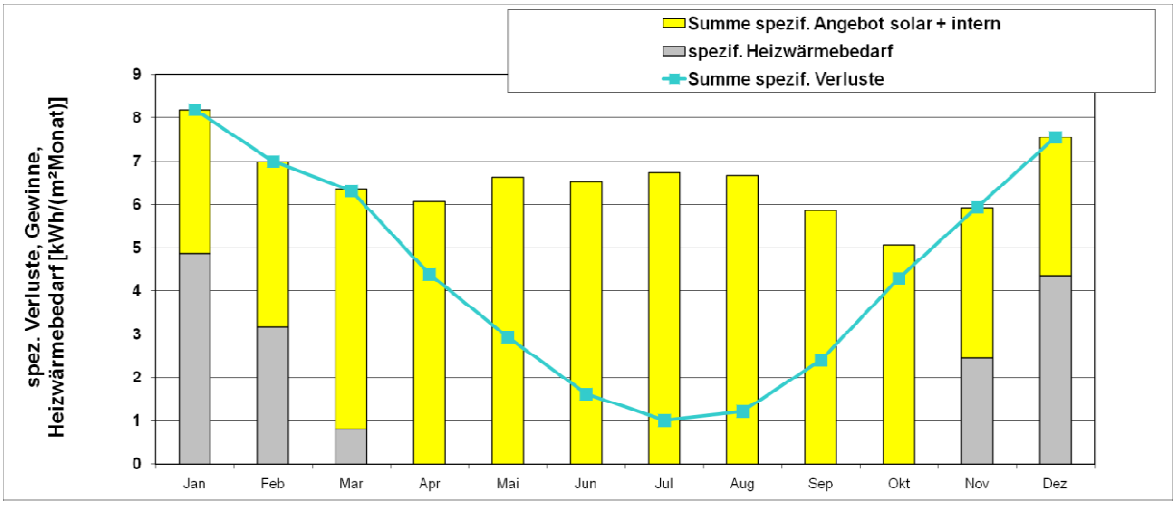
PHPP 2007, Nachweis PHPP2007_Keller_Variante 1_KD ONB8110-5_2008-08-12.xls

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Klima:	Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 1
Standort:	St. Pölten, Österreich

Innentemperatur:	20	°C
Gebäudetyp/Nutzung:	Einfamilienhaus	
Energiebezugsfläche A_{EB}:	92	m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
Heizgr.Std. Außen	16,3	13,7	12,0	7,8	4,7	2,1	0,9	1,5	4,0	8,1	11,7	15,1	98	kKh
Heizgr.Std. Grund	8,0	7,5	8,2	7,4	6,8	5,3	4,8	4,4	4,8	5,6	6,2	7,3	76	kKh
Verluste Außen	659	554	484	315	189	86	36	60	163	329	473	609	3959	kWh
Verluste Grund	95	90	98	89	82	63	57	53	58	66	74	87	912	kWh
Summe spezif. Verluste	8,2	7,0	6,3	4,4	2,9	1,6	1,0	1,2	2,4	4,3	5,9	7,5	52,8	kWh/m²
Solare Gewinne Nord	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4	kWh
Solare Gewinne Ost	10	15	29	40	49	52	53	46	33	21	10	8	366	kWh
Solare Gewinne Süd	147	198	322	359	391	382	396	400	350	290	166	138	3537	kWh
Solare Gewinne West	5	8	15	21	26	27	28	24	17	11	5	4	193	kWh
Solare Gewinne Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solare Gewinne opak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Innere Wärmequellen	144	130	144	139	144	139	144	144	139	144	139	144	1696	kWh
Summe spezif. Angebot solar + intern	3,3	3,8	5,5	6,1	6,6	6,5	6,7	6,7	5,9	5,0	3,5	3,2	62,9	kWh/m²
Nutzungsgrad	100%	100%	99%	72%	44%	25%	15%	18%	41%	85%	100%	100%	59%	
Heizwärmebedarf	449	293	75	0	0	0	0	0	0	1	226	402	1445	kWh
spezif. Heizwärmebedarf	**4,9**	**3,2**	**0,8**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**2,4**	**4,4**	**15,7**	kWh/m²



Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Variante 2 - Keller unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle, von außen begehbar

Passivhaus Nachweis

Foto oder Zeichnung

Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 2	
Standort und Klima:	St. Pölten, Österreich	Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
Straße:	-	
PLZ/Ort:	A-3100 St. Pölten	
Land:	Österreich	
Objekt-Typ:	Einfamilienhaus	
Bauherr(en):		
Straße:		
PLZ/Ort:		
Architekt:		
Straße:		
PLZ/Ort:		
Haustechnik:		
Straße:		
PLZ/Ort:		
Baujahr:	2008	
Zahl WE:	1	
Umbautes Volumen V_e:	782,4 m³	
Personenzahl:	4,2	
Innentemperatur:	20,0 °C	
Interne Wärmequellen:	2,1 W/m²	

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche

Energiebezugsfläche: 146,1 m²

	Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	14,2	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	ja
Drucktest-Ergebnis:	0,3	h^{-1}	0,6 h^{-1}	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):		kWh/(m²a)	120 kWh/(m²a)	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):		kWh/(m²a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m²a)		
Heizlast:	10,2	W/m²		
Übertemperaturhäufigkeit:	0	%	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:		kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	
Kühllast:	5	W/m²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV

Nutzfläche nach EnEV: 250,4 m²

			Anforderung:	Erfüllt?
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	-	kWh/(m²a)	40 kWh/(m²a)	nein

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:

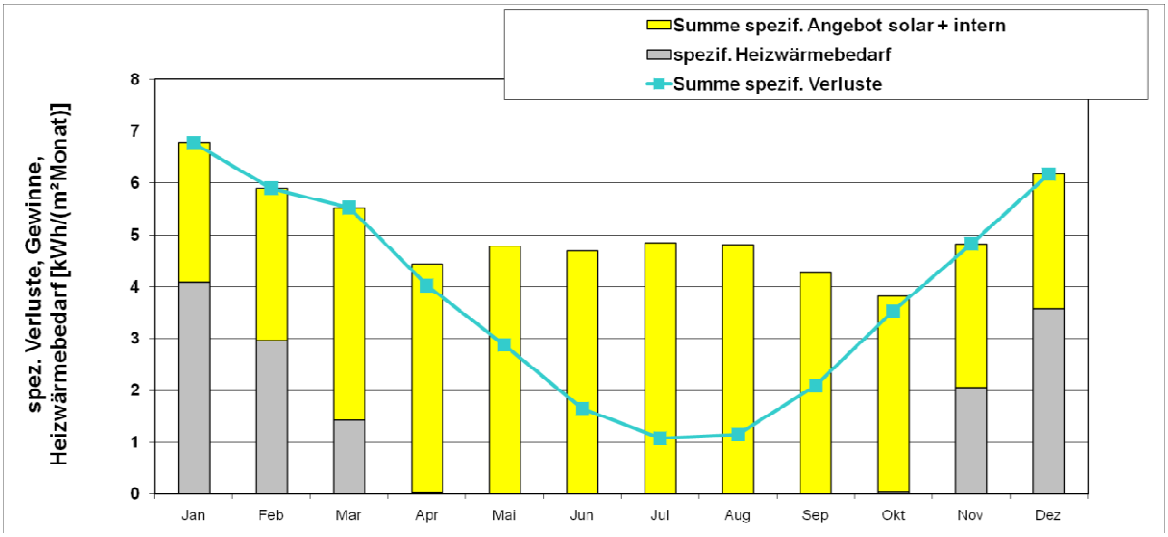
gezeichnet:

PHPP 2007, Nachweis PHPP2007_Keller_Variante 2_KD ONB8110-5_2008-08-12.xls

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Klima:	Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)								Innentemperatur:	20	°C		
Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 2								Gebäudetyp/Nutzung:	Einfamilienhaus			
Standort:	St. Pölten, Österreich								Energiebezugsfläche A_{EB}:	146	m²		

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
Heizgr.Std. Außen	16,3	13,7	12,0	7,8	4,7	2,1	0,9	1,5	4,0	8,1	11,7	15,1	98	kKh
Heizgr.Std. Grund	7,8	7,5	8,3	7,4	6,6	4,6	3,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,8	70	kKh
Verluste Außen	746	628	548	357	214	97	41	68	185	373	535	689	4480	kWh
Verluste Grund	243	235	259	231	206	142	116	99	119	143	170	212	2175	kWh
Summe spezif. Verluste	6,8	5,9	5,5	4,0	2,9	1,6	1,1	1,1	2,1	3,5	4,8	6,2	45,6	kWh/m²
Solare Gewinne Nord	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4	kWh
Solare Gewinne Ost	10	16	29	41	50	53	54	47	33	21	10	8	373	kWh
Solare Gewinne Süd	148	199	323	360	392	383	397	402	351	291	166	139	3550	kWh
Solare Gewinne West	5	8	16	22	27	28	29	25	18	11	6	4	200	kWh
Solare Gewinne Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solare Gewinne opak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Innere Wärmequellen	228	206	228	221	228	221	228	228	221	228	221	228	2687	kWh
Summe spezif. Angebot solar + intern	2,7	2,9	4,1	4,4	4,8	4,7	4,9	4,8	4,3	3,8	2,8	2,6	46,7	kWh/m²
Nutzungsgrad	100%	100%	100%	90%	60%	35%	22%	24%	49%	92%	100%	100%	67%	
Heizwärmebedarf	598	434	210	6	0	0	0	0	0	7	302	523	2079	kWh
spezif. Heizwärmebedarf	**4,1**	**3,0**	**1,4**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,1**	**2,1**	**3,6**	**14,2**	kWh/m²



Variante 3 - 140m² Bodenplatte statt Keller

Passivhaus Nachweis

Foto oder Zeichnung

Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 3		
Standort und Klima:	St. Pölten, Österreich	Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)	
Straße:	-		
PLZ/Ort:	A-3100 St. Pölten		
Land:	Österreich		
Objekt-Typ:	Einfamilienhaus		
Bauherr(en):			
Straße:			
PLZ/Ort:			
Architekt:			
Straße:			
PLZ/Ort:			
Haustechnik:			
Straße:			
PLZ/Ort:			
Baujahr:	2008		
Zahl WE:	1	Innentemperatur:	20,0 °C
Umbautes Volumen V_e:	554,2 m³	Interne Wärmequellen:	2,1 W/m²
Personenzahl:	3,1		

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche

Energiebezugsfläche: 109,6 m²

	Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	15,0	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	ja
Drucktest-Ergebnis:	0,3	h^{-1}	0,6 h^{-1}	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):		kWh/(m²a)	120 kWh/(m²a)	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):		kWh/(m²a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m²a)		
Heizlast:	11,3	W/m²		
Übertemperaturhäufigkeit:	0	%	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:		kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	
Kühllast:	8	W/m²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV

Nutzfläche nach EnEV: 177,4 m²

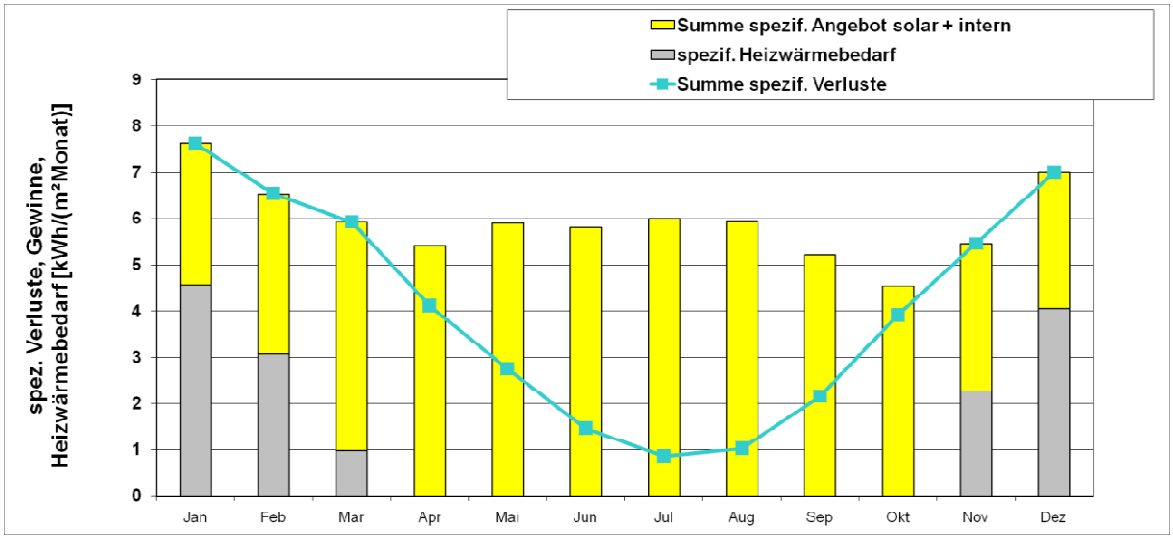
			Anforderung:	Erfüllt?
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	-	kWh/(m²a)	40 kWh/(m²a)	nein

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:

gezeichnet:

Schöberl & Pöll OEG
1020 Wien · Ybbsstraße 6/30
tel 01/726 45 66 · fax 01/726 45 66/18 · e-mail office@schoeberlpoell.at

Klima:	Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)		Innentemperatur:	20	°C
Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 3		Gebäudetyp/Nutzung:	Einfamilienhaus	
Standort:	St. Pölten, Österreich		Energiebezugsfläche A_{EB}:	110	m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
Heizgr.Std. Außen	16,3	13,7	12,0	7,8	4,7	2,1	0,9	1,5	4,0	8,1	11,7	15,1	98	kKh
Heizgr.Std. Grund	7,6	7,4	8,1	7,3	6,6	4,6	3,8	3,3	3,9	4,7	5,4	6,7	69	kKh
Verluste Außen	726	611	533	347	208	95	40	66	180	362	521	671	4359	kWh
Verluste Grund	109	105	116	104	94	66	55	47	56	67	78	96	993	kWh
Summe spezif. Verluste	7,6	6,5	5,9	4,1	2,8	1,5	0,9	1,0	2,2	3,9	5,5	7,0	48,8	kWh/m²
Solare Gewinne Nord	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4	kWh
Solare Gewinne Ost	11	17	32	44	55	58	59	52	37	23	11	9	407	kWh
Solare Gewinne Süd	147	198	322	359	391	382	396	400	350	290	166	138	3537	kWh
Solare Gewinne West	6	9	17	24	30	31	32	28	20	12	6	5	220	kWh
Solare Gewinne Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solare Gewinne opak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Innere Wärmequellen	171	155	171	166	171	166	171	171	166	171	166	171	2016	kWh
Summe spezif. Angebot solar + intern	3,1	3,5	5,0	5,4	5,9	5,8	6,0	5,9	5,2	4,5	3,2	2,9	56,4	kWh/m²
Nutzungsgrad	100%	100%	100%	76%	47%	25%	14%	17%	41%	86%	100%	100%	60%	
Heizwärmebedarf	500	337	107	0	0	0	0	0	0	2	249	444	1639	kWh
spezif. Heizwärmebedarf	**4,6**	**3,1**	**1,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**2,3**	**4,1**	**15,0**	kWh/m²