

Endbericht

Kellervarianten an einem Referenz-Einfamilien-Passivhaus Auswirkungen auf den Passivhaus-Nachweis bei Bauweise mit und ohne Keller

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

Inhaltsverzeichnis

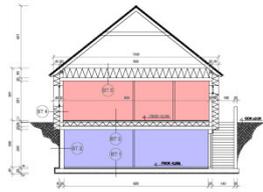
1	Zusammenfassung	2
1.1	Gegenübergestellte Varianten	2
1.2	Ergebnisse im Telegrammstil	3
1.3	Ergebnisse generell	4
2	Aufgabenstellung	5
3	Vorgangsweise	6
4	Grundlagen	7
4.1	Anforderungen an das Passivhaus	7
4.2	Referenzeinfamilienhäuser	8
4.3	Kellervarianten	11
4.3.1	Übersicht	11
4.3.2	Variante 1.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar	13
4.3.3	Variante 1.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar	16
4.3.4	Variante 2.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar	20
4.3.5	Variante 2.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar	23
4.3.6	Variante 3.1 – 1 oberirdisches Geschoss, kein Kellergeschoss	27
4.3.7	Variante 3.2 – 2 oberirdische Geschosse, kein Kellergeschoss	29
5	Bauphysikalische Rahmenbedingungen	32
5.1	Klima für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs	32
5.2	Klima für die Ermittlung der Heizlast	33
5.3	Materialien	33
5.3.1	Baustoffe	34
5.3.2	Erdreich	34
5.3.3	Fenster und Türen	34
5.4	Ansätze	35
5.5	Bauteilaufbauten, Wärme- und Feuchteschutz	36
6	Ergebnisse der bauphysikalischen Berechnungen (Heizwärmebedarf, Heizlast)	37
7	Diskussion der Ergebnisse	41
8	Abkürzungen und Formelzeichen	43
9	Literaturverzeichnis	45
10	Diagrammverzeichnis	47
11	Abbildungsverzeichnis	47
12	Tabellenverzeichnis	47
13	Anhang - Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser	48
14	Anhang - PHPP Nachweisblätter der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser	59

1 Zusammenfassung

1.1 Gegenübergestellte Varianten

Variante 1.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss.

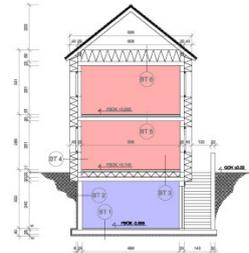
Der gesamte Keller ist **unbeheizt**,
nicht Teil der thermischen
Gebäudehülle und von **außen**
begehbar.



HWB: 15,9 kWh/m²EBF.a
HL: 12,0 W/m²EBF

Variante 1.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss.

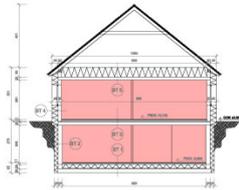
Der gesamte Keller ist **unbeheizt**,
nicht Teil der thermischen
Gebäudehülle und von **außen**
begehbar.



HWB: 18,9 kWh/m²EBF.a
HL: 14,1 W/m²EBF

Variante 2.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss.

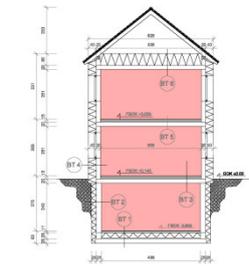
Der gesamte Keller ist **unbeheizt**,
jedoch Teil der thermischen
Gebäudehülle und von **innen**
begehbar.



HWB: 13,9 kWh/m²EBF.a
HL: 10,0 W/m²EBF

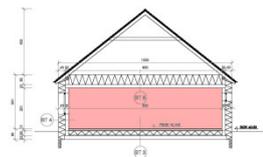
Variante 2.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss.

Der gesamte Keller ist **unbeheizt**,
jedoch Teil der thermischen
Gebäudehülle und von **innen**
begehbar.



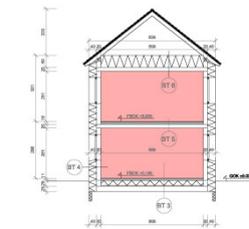
HWB: 18,6 kWh/m²EBF.a
HL: 12,9 W/m²EBF

Variante 3.1 – 1 oberirdisches Geschoss, kein Kellergeschoss.



HWB: 15,1 kWh/m²EBF.a
HL: 11,3 W/m²EBF

Variante 3.2 – 2 oberirdische Geschosse, kein Kellergeschoss.



HWB: 17,2 kWh/m²EBF.a
HL: 12,9 W/m²EBF

1.2 Ergebnisse im Telegrammstil

- Beim konkreten Beispiel ist das Passivhaus (Grenzwerte: $HWB \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$; $HL \leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$) mit vertretbaren Dämmstoffstärken nur mit Variante 2.1 (Keller nicht beheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle) zu erreichen.
- Gemessen am tatsächlichen, absoluten Heizenergiebedarf ist jedoch Variante 1 (Keller nicht beheizt und nicht innerhalb der thermischen Gebäudehülle) zu bevorzugen.

Empfehlung:

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

1.3 Ergebnisse generell

Die thermischen 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 1.1 mit dem unbeheizten Keller, der nicht Teil der thermischen Gebäudehülle ist, den geringsten jährlichen Heizwärmebedarf auf. Bezogen auf die Energiebezugsfläche, und somit für die Passivhaus-Nachweisführung entscheidend, erreicht Variante 2.1 mit dem unbeheizten Keller, der jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle ist, das beste Ergebnis.
- Das bedeutet, gemessen am tatsächlichen, absoluten Heizenergiebedarf ist Variante 1.1 zu bevorzugen. Für die hier verglichenen Fälle ist jedoch hinsichtlich der Passivhaus-Nachweisführung, also der eigentlichen Kontrolle der Funktion als Passivhaus und der damit einhergehenden Zuluffbeheizbarkeit, Variante 2.1 als einzige geeignet.
- Sowohl die Varianten 1.1 und 1.2 mit dem unbeheizten Keller, der nicht Teil der thermischen Gebäudehülle ist, als auch die Varianten 3.1 und 3.2 ohne Keller, sowie die Variante 2.2 mit dem Keller innerhalb der thermischen Hülle in 2-geschossiger Bauweise, verfehlen die PH-Kriterien $HWB \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ und $HL \leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$.
- 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.
- Die 1-geschossige Variante 2.1 mit dem unbeheizten Keller, der jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle ist, weist beispielsweise gegenüber Variante 3.1 ohne Keller um 73% mehr „warme“ Brutto- und Nettogeschossfläche auf. Die Keller-Nutzfläche der Variante 2 ist zwar nicht beheizt, es stellt sich jedoch aufgrund der Zugehörigkeit zur thermischen Hülle des Passivhauses eine nur geringfügig abweichende Temperatur ein. Das bedeutet die Kellerräume werden als „warm“ betrachtet und können für eine höherwertige Nutzung mit sehr geringem zusätzlichem Wärmeeintrag auf behagliche Raumtemperaturen gebracht werden.

2 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Variantenstudie wurde für ein fiktives Einfamilien-Passivhaus mit einer Wohnnutzfläche von ca. 90m² untersucht, welche Auswirkungen auf das thermische Verhalten und die Passivhausnachweisführung durch Variation verschiedener Kellervarianten, bzw. 1- oder 2-geschossiger Bauweise auftreten. Zu Vergleichszwecken wurde den Kellervarianten eine Variante ohne Unterkellerung gegenübergestellt.

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

Alle Varianten weisen in etwa dieselbe Wohnnutzfläche auf. Das bedeutet, die Grundrissflächen der 2-geschossigen Varianten sind entsprechend geringer als jene der 1-geschossigen Varianten. Das hat zur Folge, dass bei den 2-geschossigen Gebäuden auch die Kellerfläche verringert ist.

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:

- 1.1 **1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss.** Der gesamte Keller ist **unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle** und **von außen** begehbar.
- 1.2 **2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss.** Der gesamte Keller ist **unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **außen** begehbar.
- 2.1 **1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss.** Der gesamte Keller ist **unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **innen** begehbar.
- 2.2 **2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss.** Der gesamte Keller ist **unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **innen** begehbar.
- 3.1 **1 oberirdisches Geschoss, kein Kellergeschoss.** Der Keller wird **nicht ausgeführt**, stattdessen wird die Bruttogeschossfläche für das Einfamilienhaus um ca. 20 m² vergrößert. Die zusätzliche Fläche von 20 m² gegenüber den unterkellerten Varianten wurde für die erforderlichen Abstell- und Technikräume angesetzt..
- 3.2 **2 oberirdische Geschosse, kein Kellergeschoss.** Der Keller wird **nicht ausgeführt**, stattdessen wird die Bruttogeschossfläche für das Einfamilienhaus um ca. 20 m² vergrößert.

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 ($\leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF.a}$) 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
 - o Wärme der Abluft wird zur Vorwärmung der Frischluft herangezogen
- Besonders dichte Gebäudehülle zur Minimierung von ungewollten Lüftungswärmeverlusten
- Weitestgehende Wärmebrückenfreiheit
- Dreifach-Wärmeschutzverglasung
 - o Nutzung der Sonnenenergie bei gleichzeitiger Minimierung der Wärmeverluste
 - o 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 gemäß Passivhaus-Institut Darmstadt aufgelistet:

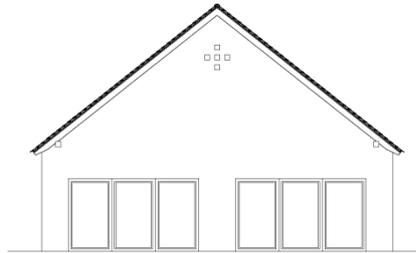
- | | |
|------------------------------|--|
| - Heizwärmebedarf (HWB) | $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ |
| - Heizlast (HL) | $\leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$ |
| - Luftdichtheit (n_{50}) | $\leq 0,6 \text{ l/h}$ |
| - Primärenergiekennwert | $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ |

[FEI07]

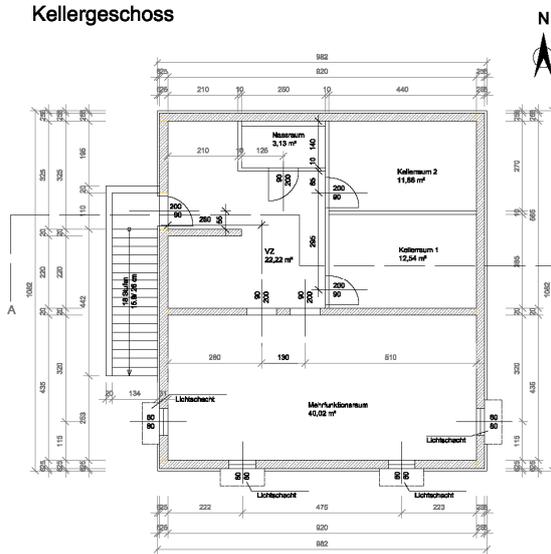
Anm.: EBF...Energiebezugsfläche: Diese setzt sich bei Wohngebäuden vereinfacht aus der WNFL innerhalb der thermischen Hülle (ohne Loggien) und 60% der weiteren Flächen innerhalb der thermischen Hülle (Haustechnik, Keller, allgemeine Gangflächen,...) zusammen.

4.2 Referenzeinfamilienhäuser

Ansicht Süd



Kellergeschoss



Erdgeschoss

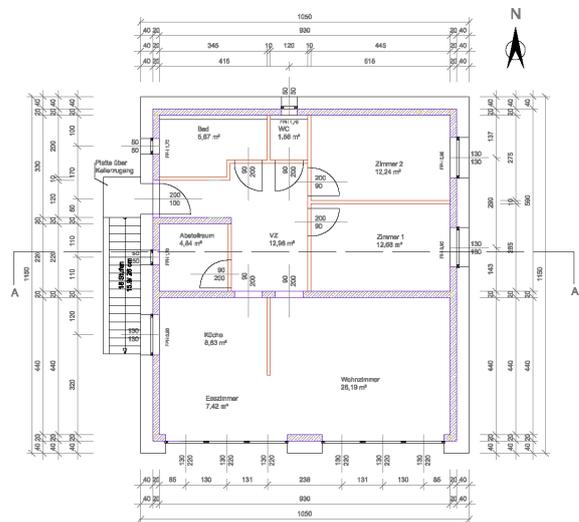


Abbildung 1: Darstellung des 1-geschossigen Referenzeinfamilien-Passivhauses

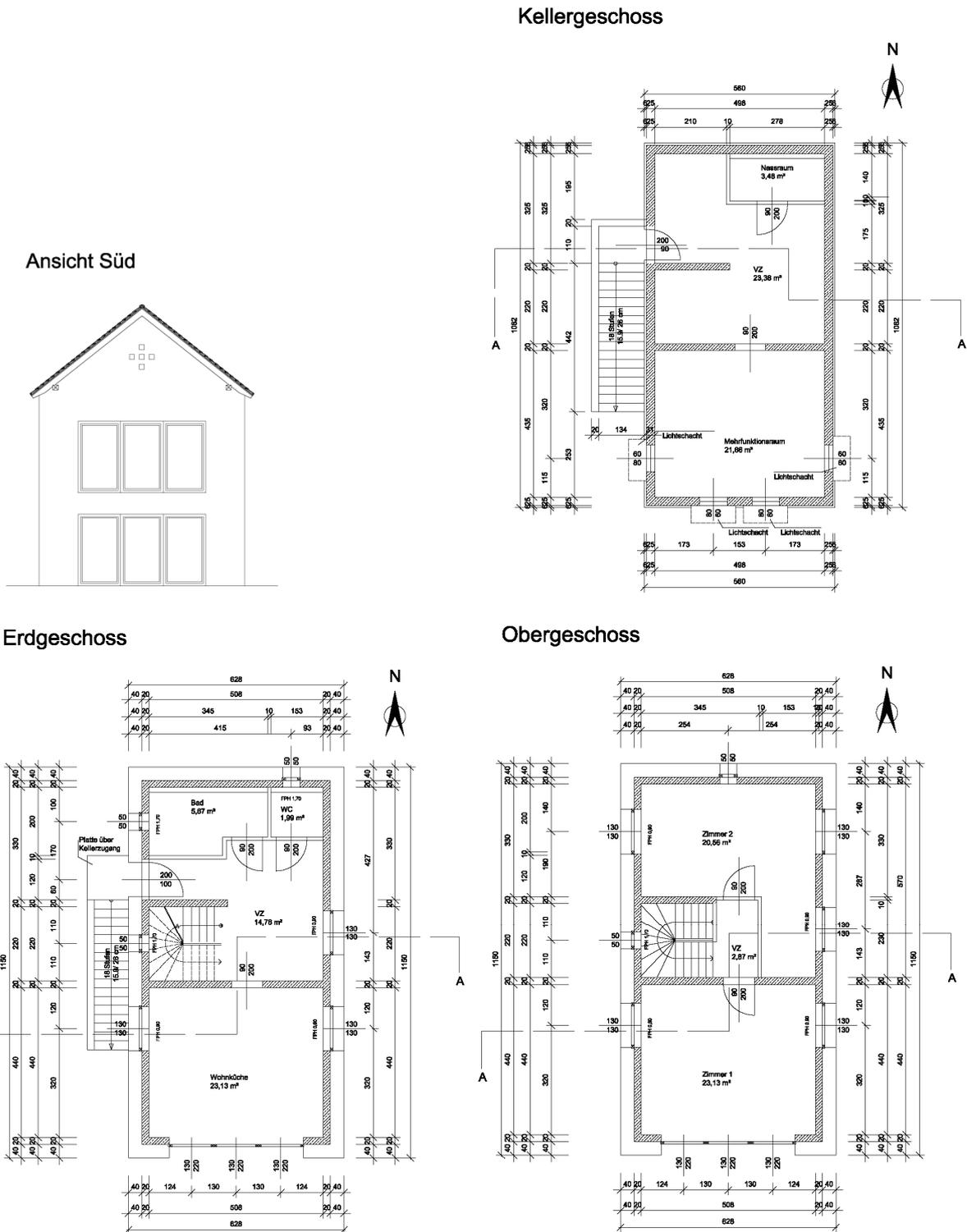


Abbildung 2: Darstellung des 2-geschossigen Referenzeinfamilien-Passivhauses

Die tragenden Wände der 1- bis 2-stöckigen Gebäude sind aus Beton und werden außenseitig mit einer Vollwärmeschutzfassade versehen. Ebenso sind die tragenden Bauteile des Kellers in Betonbauweise projektiert. Der Keller wird variantenabhängig auf verschiedenen Ebenen gedämmt. Die Geländeoberkante ist gleichzeitig die Rohdeckenoberkante im Erdgeschoss.

Die Außenabmessungen der einzelnen Varianten variieren, da diese so festgelegt wurden, dass sie dieselbe Wohnnutzfläche aufweisen. Aus diesem Grund können auch die Varianten mit gleicher Geschoszahl durch variantenabhängige Wechsel von außen- zu innenliegender Erschließung in ihren Außenabmessungen voneinander abweichen.

Die Bauteile weisen zur Vergleichbarkeit der bauphysikalischen Berechnungsergebnisse gleiche U-Werte und Qualitäten der Materialien auf. Das Dach wird als Satteldach ausgeführt und der Dachboden nicht ausgebaut.

Eckdaten des Referenz-Passivgebäudes:

- Einfamilienhaus mit ca. 90 m² Wohnnutzfläche
- Außenwände aus 20 cm Beton¹⁾ 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 Beton¹⁾
- 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.

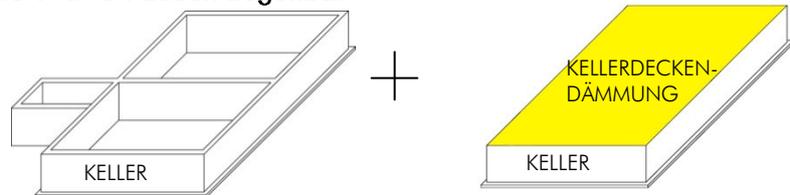
4.3 Kellervarianten

4.3.1 Übersicht

Die in der Kellerstudie untersuchten Varianten:

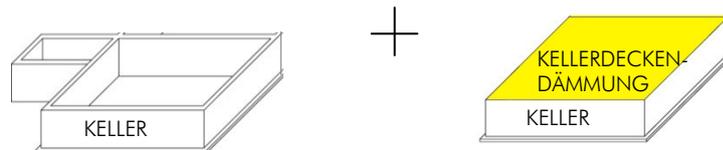
Variante 1.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist **unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **außen** begehbar.

- **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



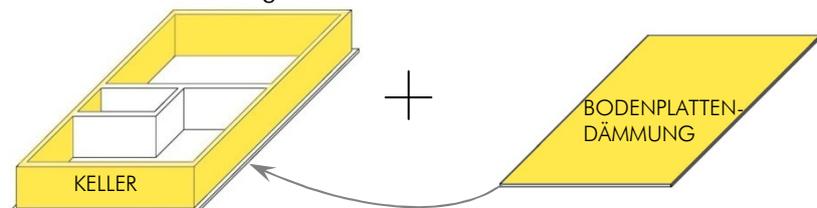
Variante 1.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist **unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **außen** begehbar.

- **Konditionierte Fläche** (brutto):
144,4 m²
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller):
92,1 m²
- **Kellerfläche** (netto):
48,5 m²
- **Gesamtnutzfläche** (netto):
140,6 m²
- **Energiebezugsfläche**^{*)}:
92,1 m²



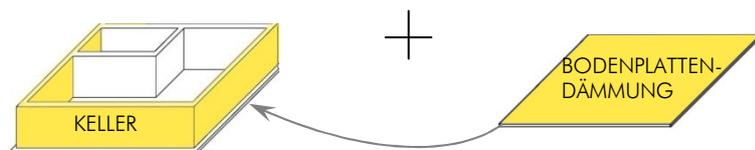
Variante 2.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist **unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **innen** begehbar.

- **Konditionierte Fläche + „warme“ Kellerfläche** (brutto):
244,9 m²
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller):
92,2 m²
- **Kellerfläche** (netto):
92,7 m²
- **Gesamtnutzfläche** (netto):
184,8 m²
- **Energiebezugsfläche**^{*)}:
147,8 m²



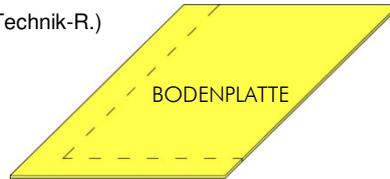
Variante 2.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist **unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle** und von **innen** begehbar.

- **Konditionierte Fläche + „warme“ Kellerfläche** (brutto):
211,4 m²
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller):
92,1 m²
- **Kellerfläche** (netto):
47,1 m²
- **Gesamtnutzfläche** (netto):
139,2 m²
- **Energiebezugsfläche**^{*)}:
120,4 m²



Variante 3.1 – 1 oberirdisches Geschoss, kein Kellergeschoss.

- **Konditionierte Fläche** (brutto):
141,8 m² (121,8 m² + 20,0 m² AR/Technik-R.)
- **Wohnnutzfläche** (netto):
109,6 m²
- **Kellerfläche** (netto):
0,0 m²
- **Gesamtnutzfläche** (netto):
109,6 m²
- **Energiebezugsfläche^{*)}**:
109,6 m²

**Variante 3.2 – 2 oberirdische Geschosse, kein Kellergeschoss.**

- **Konditionierte Fläche** (brutto):
166,4 m² (146,4 m² + 20,0 m² AR/Technik-R.)
- **Wohnnutzfläche** (netto):
109,6 m²
- **Kellerfläche** (netto):
0,0 m²
- **Gesamtnutzfläche** (netto):
109,6 m²
- **Energiebezugsfläche^{*)}**:
109,6 m²

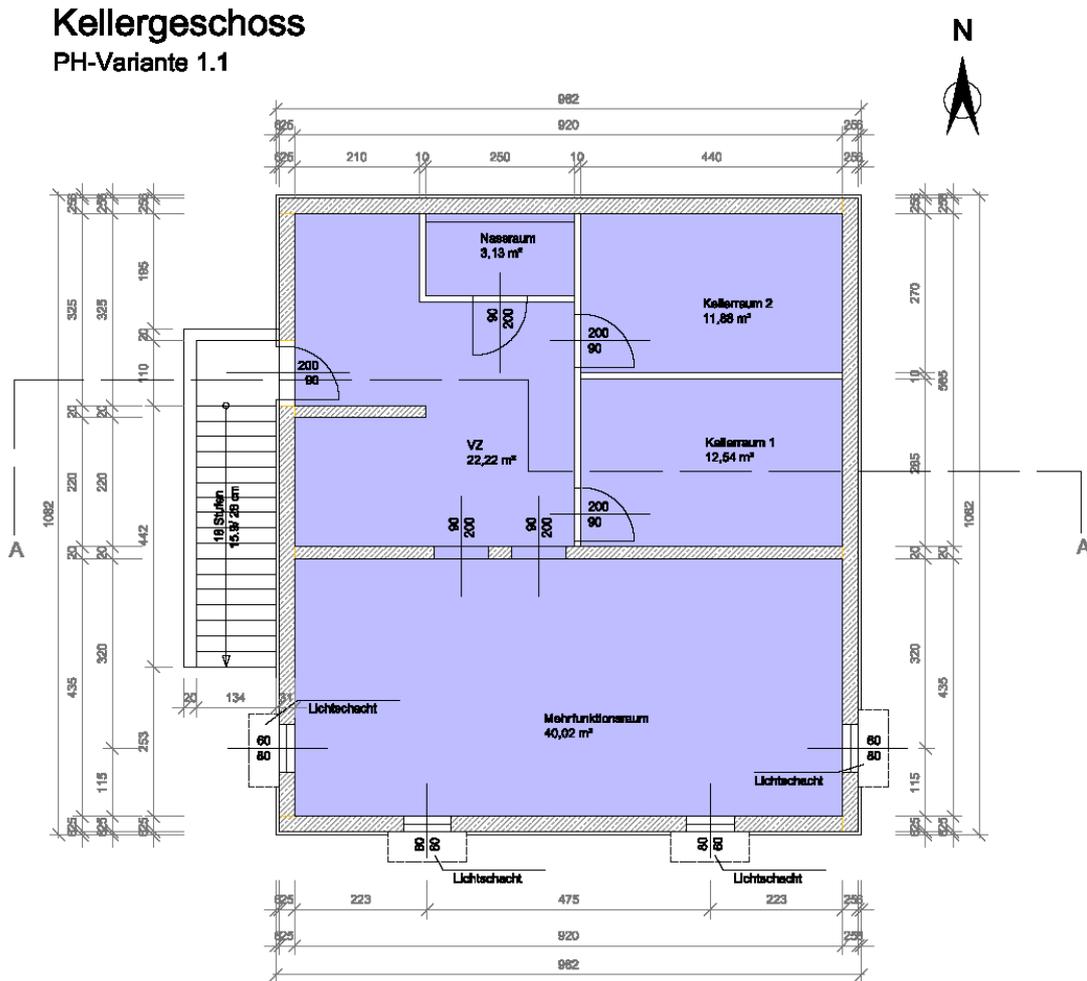


Legende:

 Dämmung

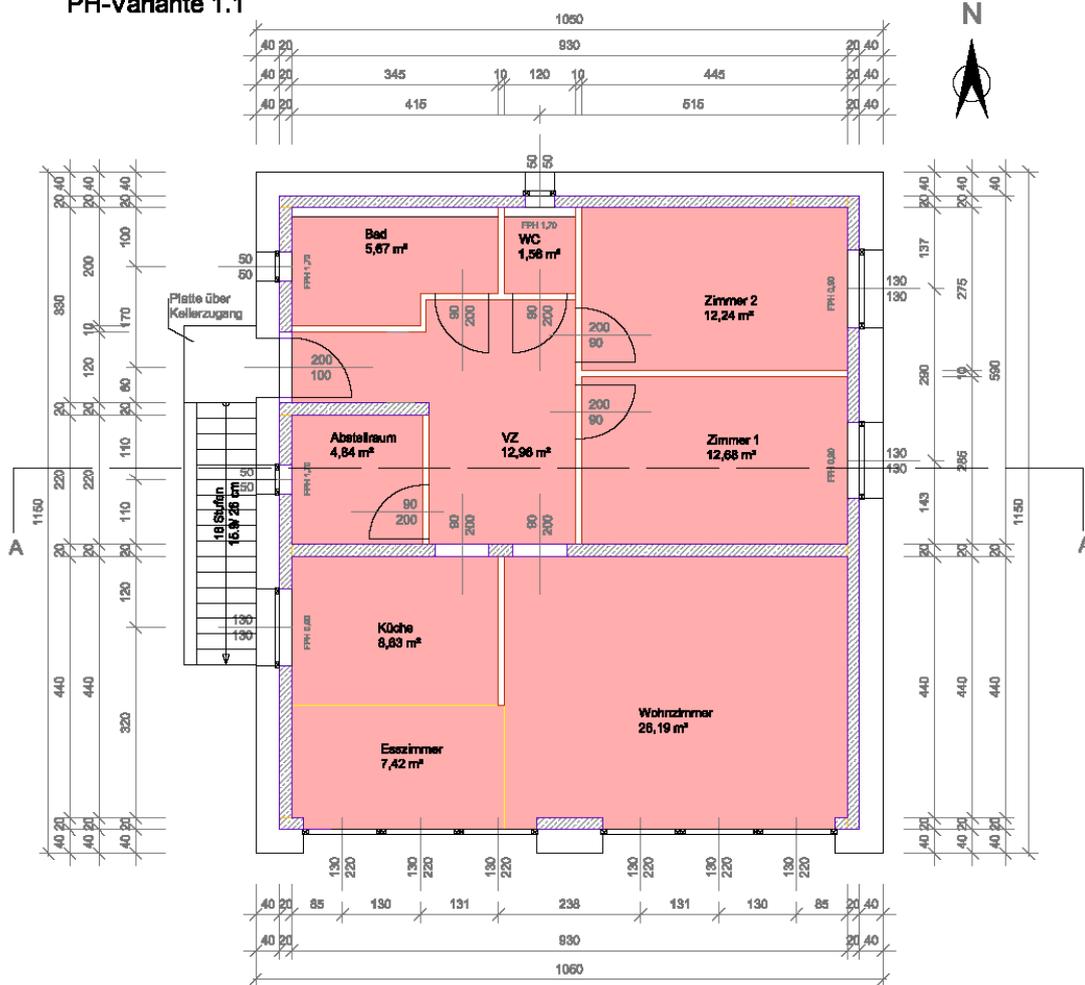
*) EBF...Energiebezugsfläche: Diese setzt sich bei Wohngebäuden vereinfacht aus der WNFL innerhalb der thermischen Hülle (ohne Loggien) und 60% der weiteren Flächen innerhalb der thermischen Hülle (Haustechnik, Keller, allgemeine Gangflächen,...) zusammen.

4.3.2 Variante 1.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar.



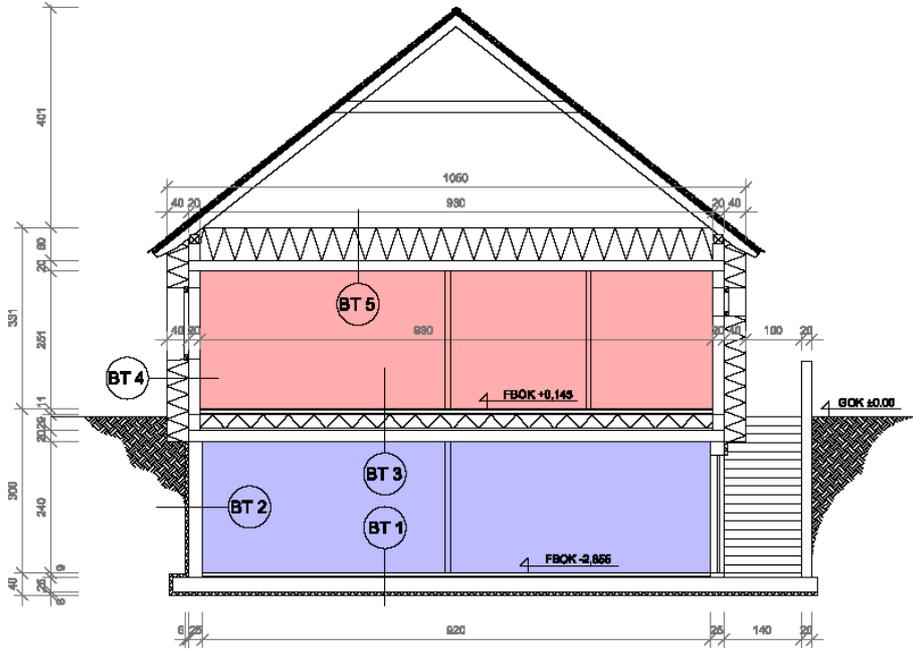
Erdgeschoss

PH-Variante 1.1



SCHNITT A-A

PH-Variante 1.1

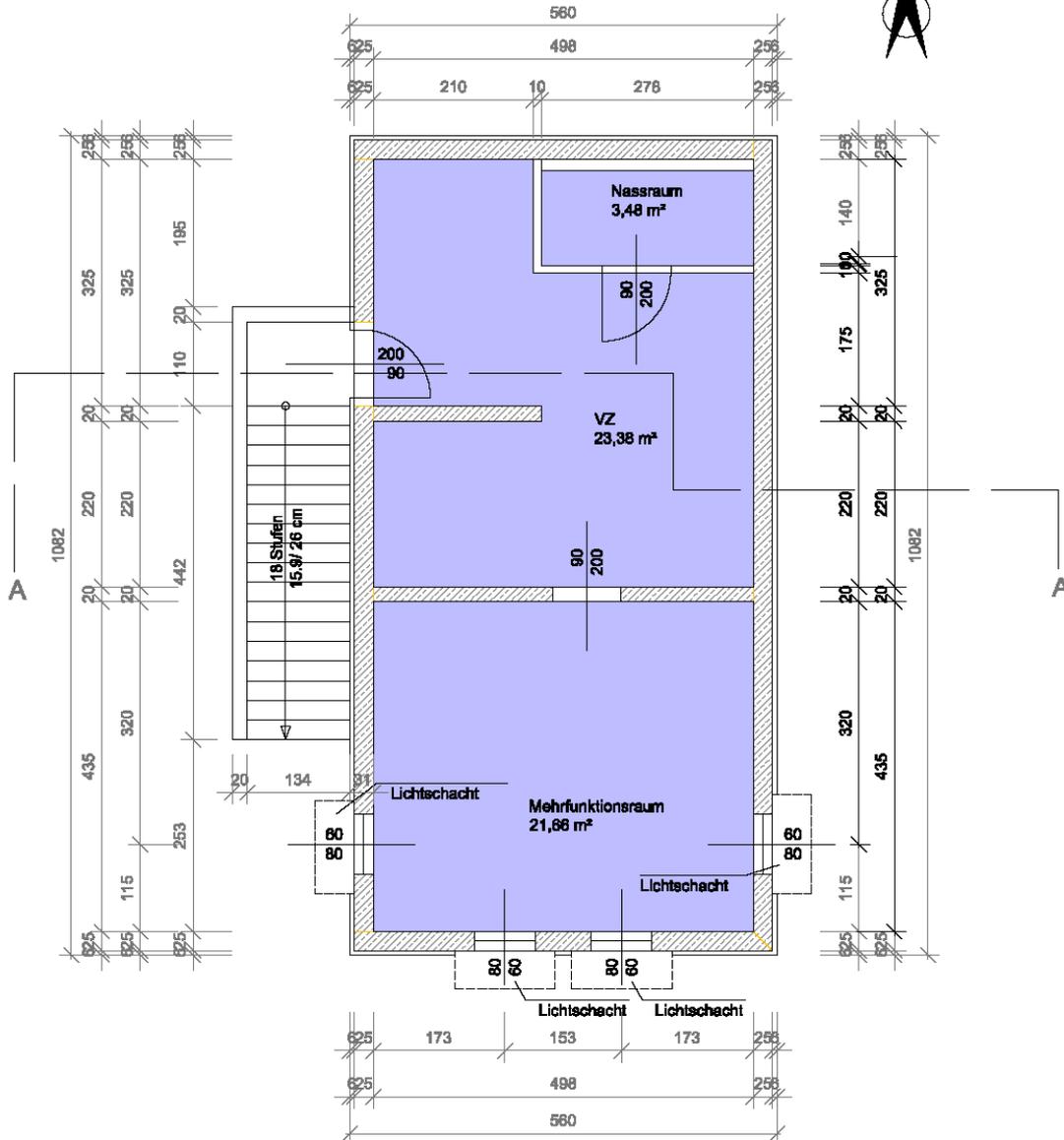


- BT 1** KELLERFUßBODEN
 5,0 cm Estrich
 PE-Folie
 3,0 cm MW-T
 1,0 cm Bitumenabdichtung
 25,0 cm STB-Planze
 PE-Folie
 6,0 cm XPS G 30
- BT 2** KELLERWAND
 25,0 cm STB-Wand
 1,0 cm Bitumenabdichtung
 6,0 cm XPS G 30
- BT 3** DECKE ÜBER KG
 2,0 cm Bodenbelag
 8,0 cm Estrich bewehrt
 PE-Folie (Dampfsperre)
 3,0 cm MW-T
 25,0 cm EPS-W 20
 4,0 cm Styroporbeton
 20,0 cm STB-Decke
- BT 4** AUSSENWAND EG
 0,8 cm Silikastrich
 40,0 cm EPS-F
 20,0 cm STB-Wand
 0,4 cm Feinsputz
- BT 5** DECKE ÜBER EG
 60,0 cm MW
 20,0 cm STB-Decke
 0,4 cm Feinsputz

4.3.3 Variante 1.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar.

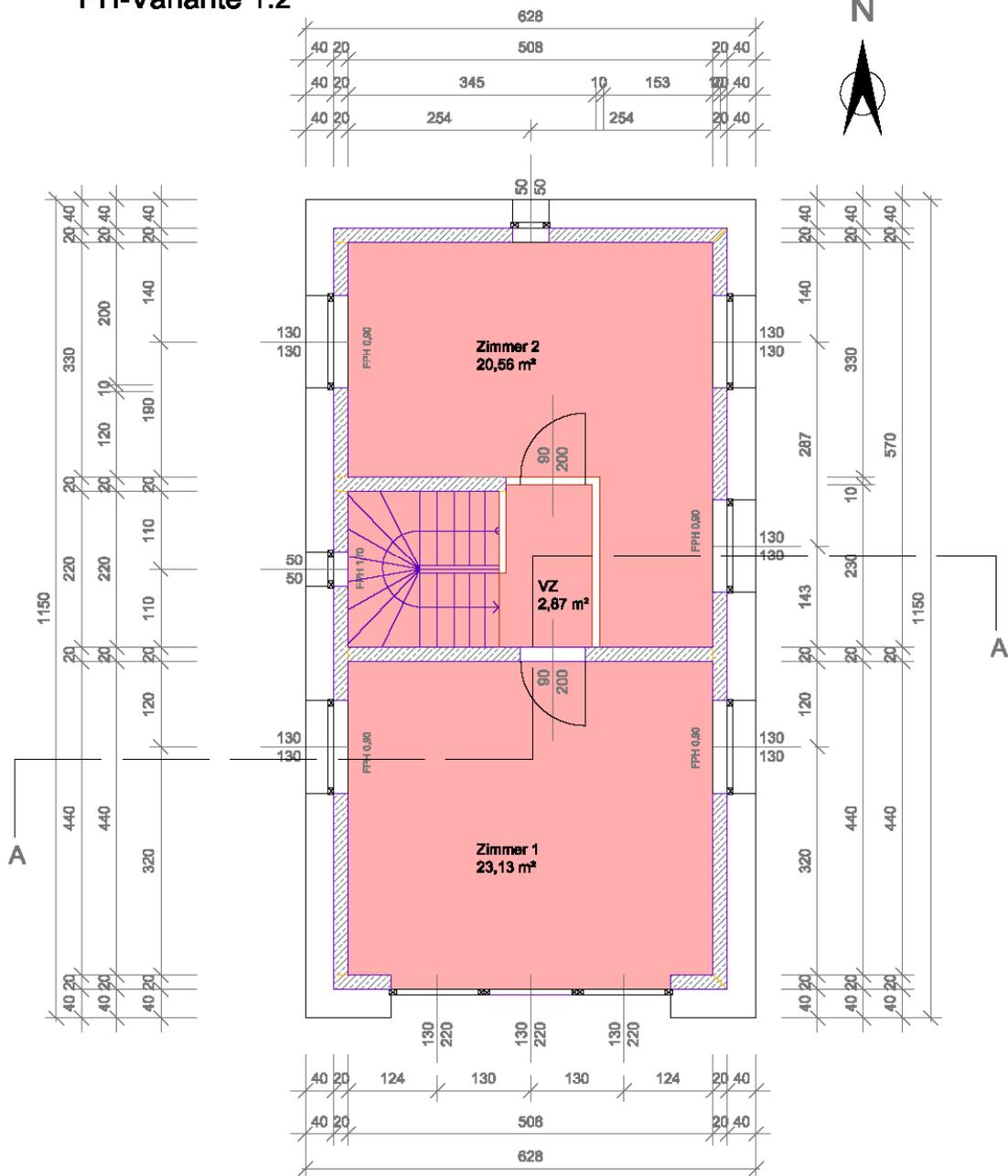
Kellergeschoss

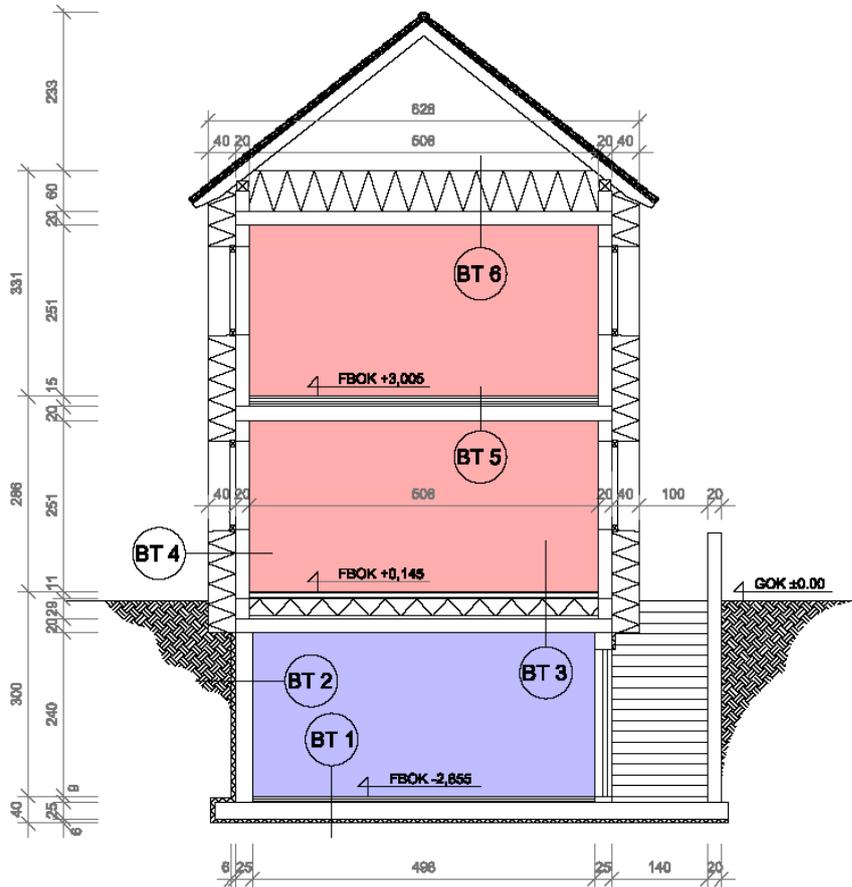
PH-Variante 1.2



Obergeschoss

PH-Variante 1.2



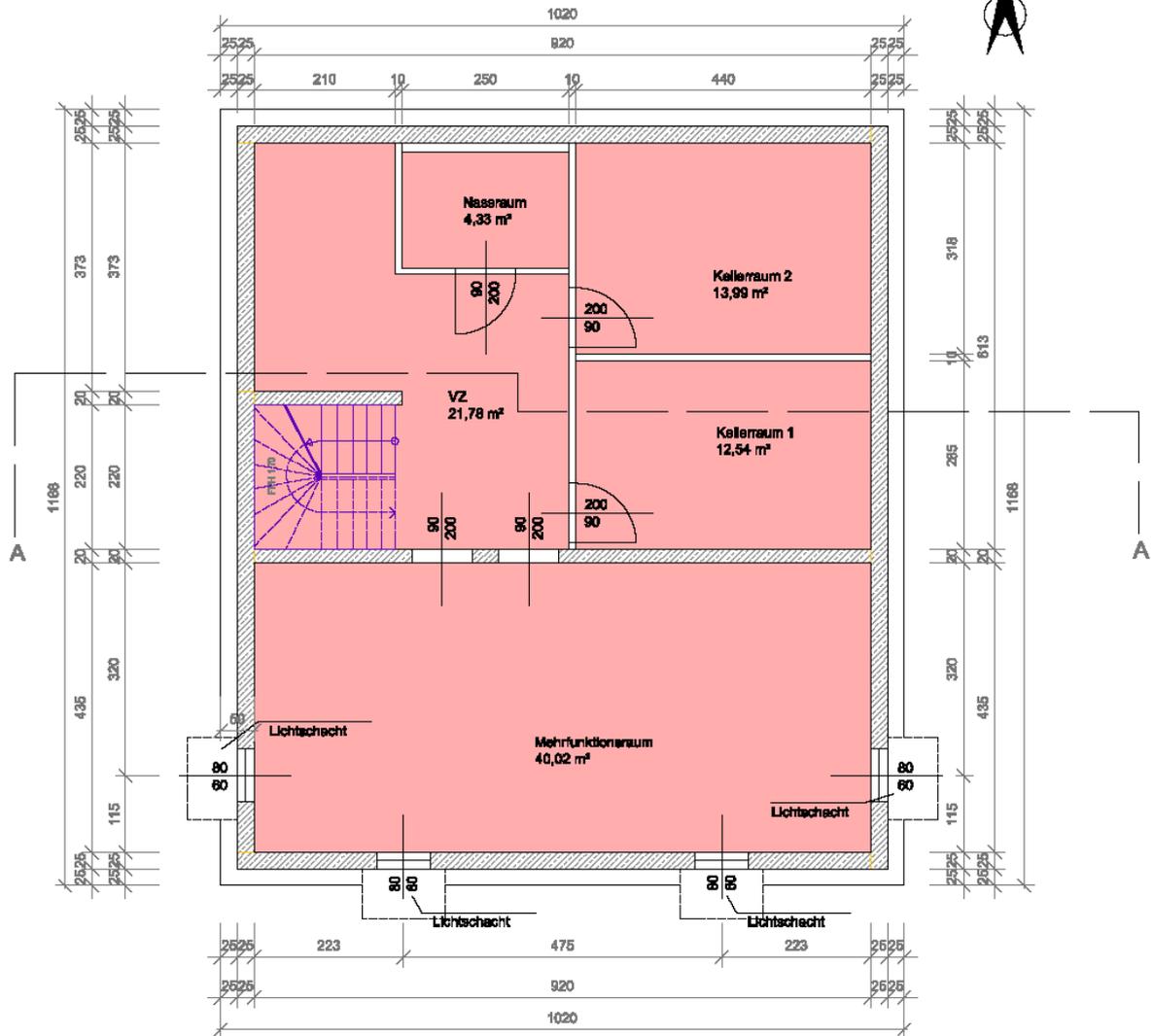
SCHNITT A-A**PH-Variante 1.2**

- BT 1** KELLERFUSSBODEN
 5,0 cm Estrich
 PE-Folie
 3,0 cm MW-T
 1,0 cm Bitumenabdichtung
 25,0 cm STB-Platte
 PE-Folie
 6,0 cm XPS G 30
- BT 2** KELLERWAND
 25,0 cm STB-Wand
 1,0 cm Bitumenabdichtung
 6,0 cm XPS G 30
- BT 3** DECKE ÜBER KG
 2,0 cm Bodenbelag
 6,0 cm Estrich bewehrt
 PE-Folie (Dampfsperre)
 3,0 cm MW-T
 25,0 cm EPS-W 20
 4,0 cm Styroporbeton
 20,0 cm STB-Decke
- BT 4** AUSSENWAND EG/OG
 0,5 cm Sillitputz
 40,0 cm EPS-F
 20,0 cm STB-Wand
 0,4 cm Feinputz
- BT 5** DECKE ÜBER EG
 2,0 cm Bodenbelag
 6,0 cm Estrich bewehrt
 PE-Folie
 3,0 cm MW-T
 4,0 cm Styroporbeton
 20,0 cm STB-Decke
- BT 6** DECKE ÜBER OG
 60,0 cm MW
 20,0 cm STB-Decke
 0,4 cm Feinputz

4.3.4 Variante 2.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar.

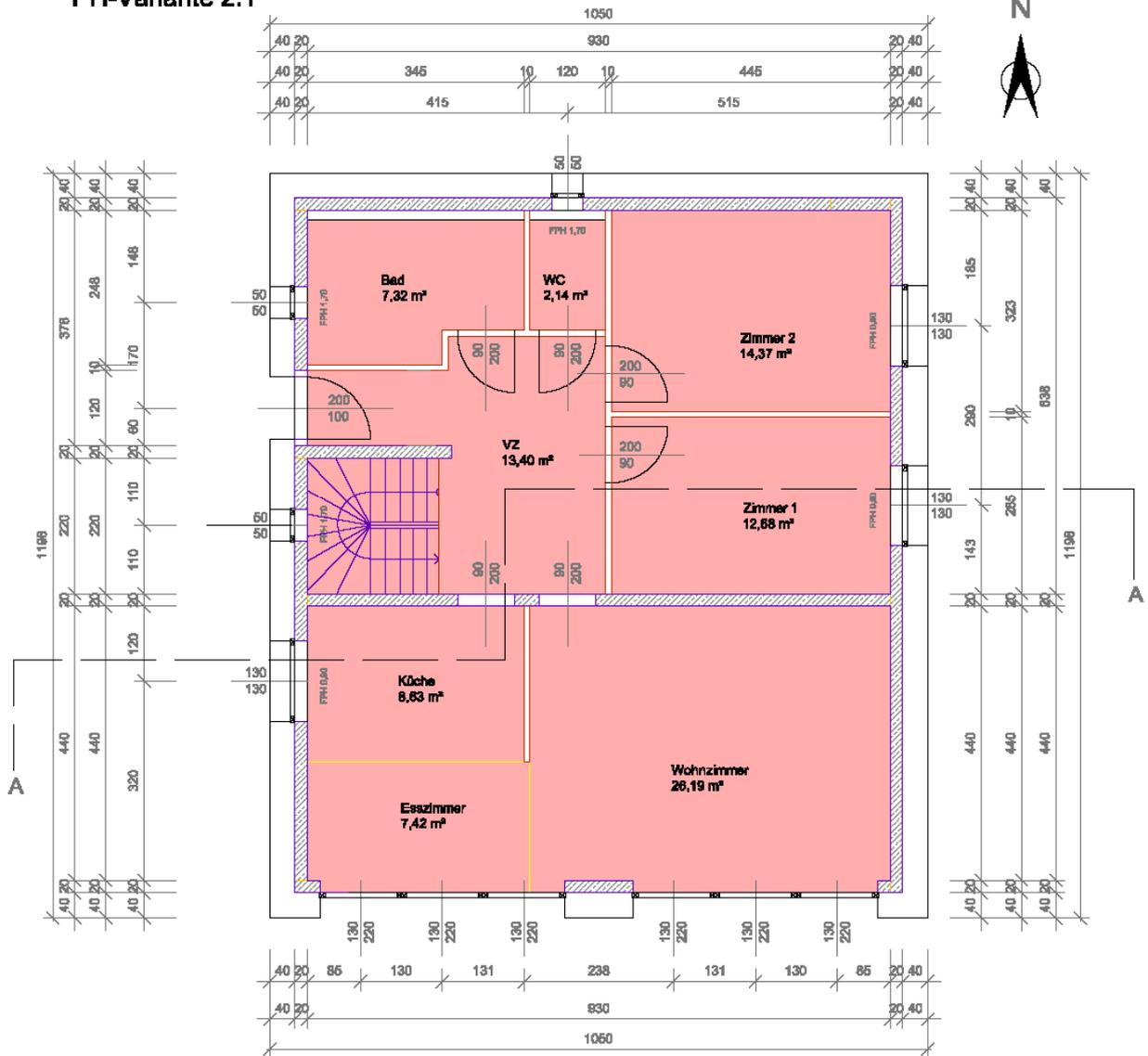
Kellergeschoss

PH-Variante 2.1



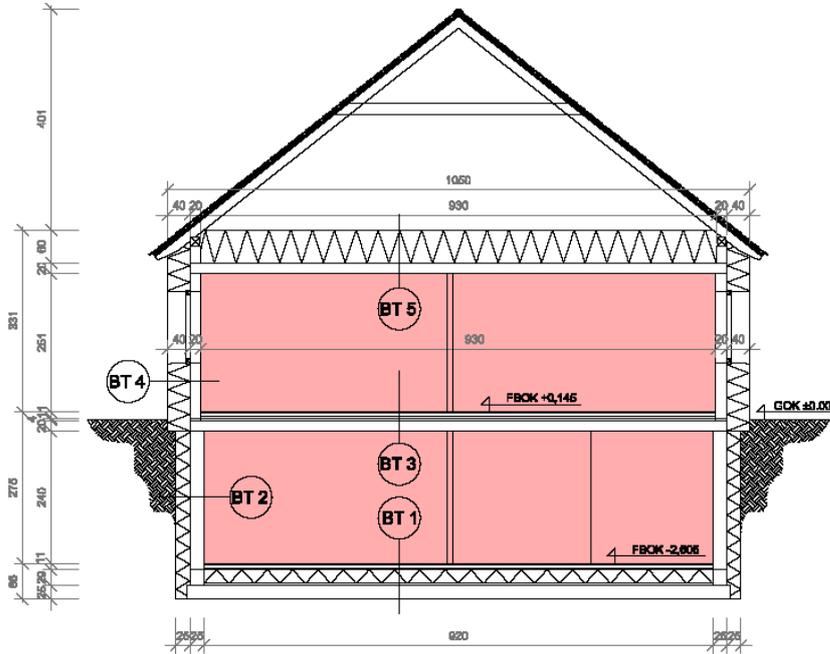
Erdgeschoss

PH-Variante 2.1



SCHNITT A-A

PH-Variante 2.1

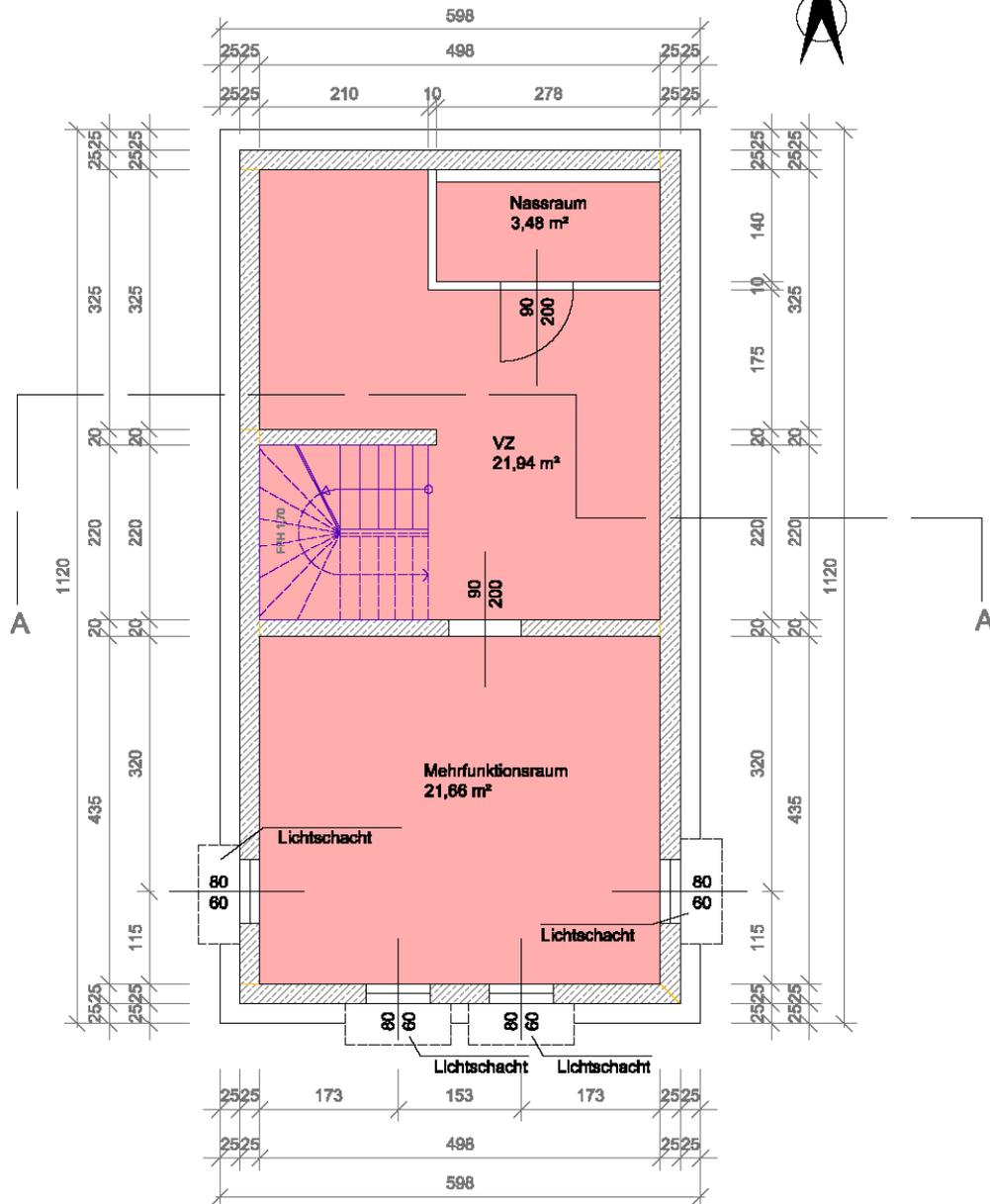


- BT 1** BODENPLATTE
 2,0 cm Bodenbelag
 8,0 cm Estrich bewehrt
 PE-Folie (Dampfsperre)
 3,0 cm MW-T
 23,0 cm EPS-W 20
 4,0 cm Styroporbeton
 1,0 cm Stürmenabdichtung
 25,0 cm STB-Platte
 6,0 cm Sauberkeitsschicht
- BT 2** AUSSENWAND KG
 25,0 cm STB-Wand
 1,0 cm Stürmenabdichtung
 25,0 cm XPS G 30
- BT 3** DECKE ÜBER KG
 2,0 cm Bodenbelag
 8,0 cm Estrich bewehrt
 PE-Folie
 3,0 cm MW-T
 4,0 cm Styroporbeton
 20,0 cm STB-Decke
- BT 4** AUSSENWAND EG
 0,5 cm Silikonputz
 40,0 cm EPS-F
 20,0 cm STB-Decke
 0,4 cm Feinputz
- BT 5** DECKE ÜBER EG
 60,0 cm MW
 20,0 cm STB-Decke
 0,4 cm Feinputz

4.3.5 Variante 2.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar.

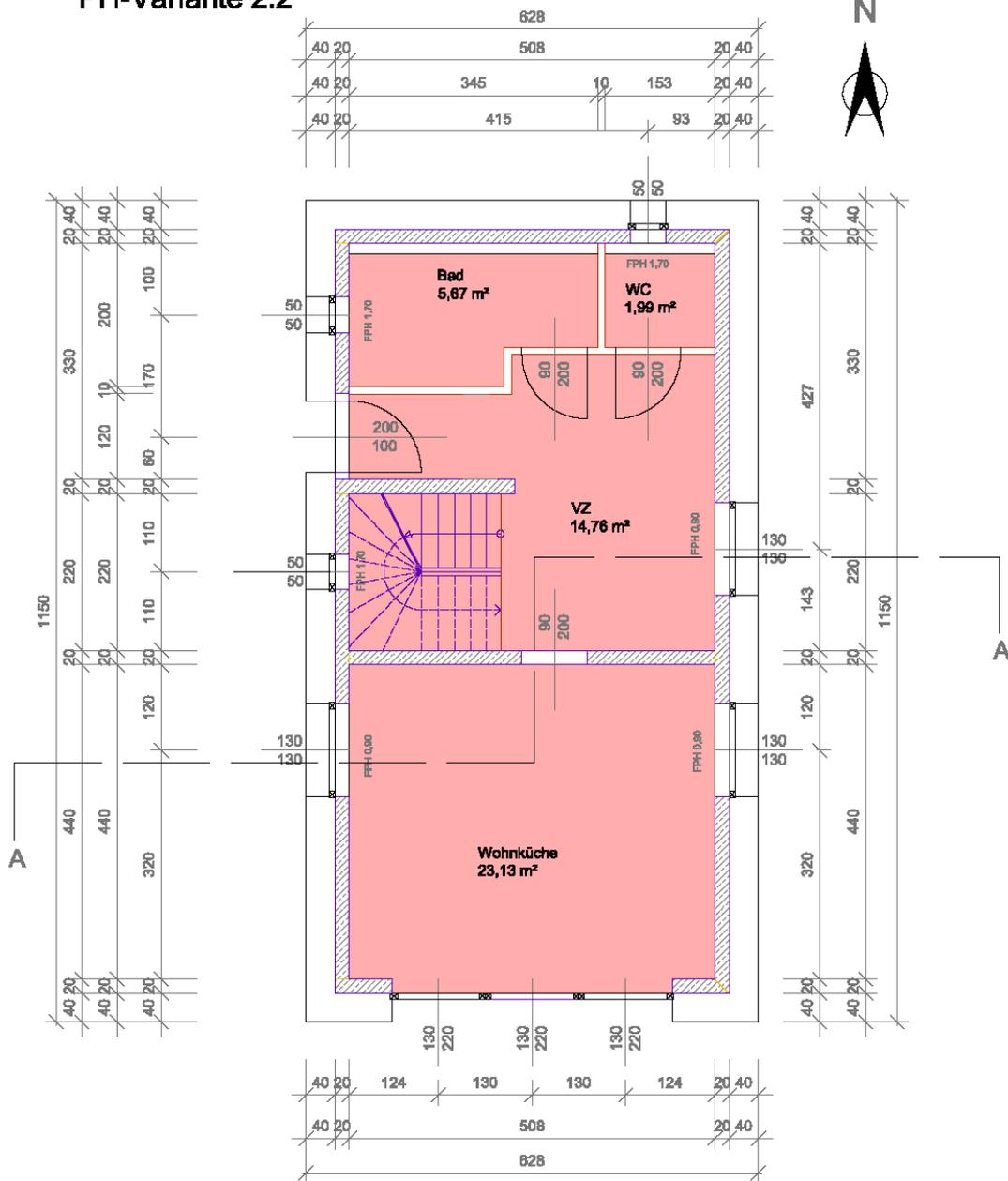
Kellergeschoss

PH-Variante 2.2



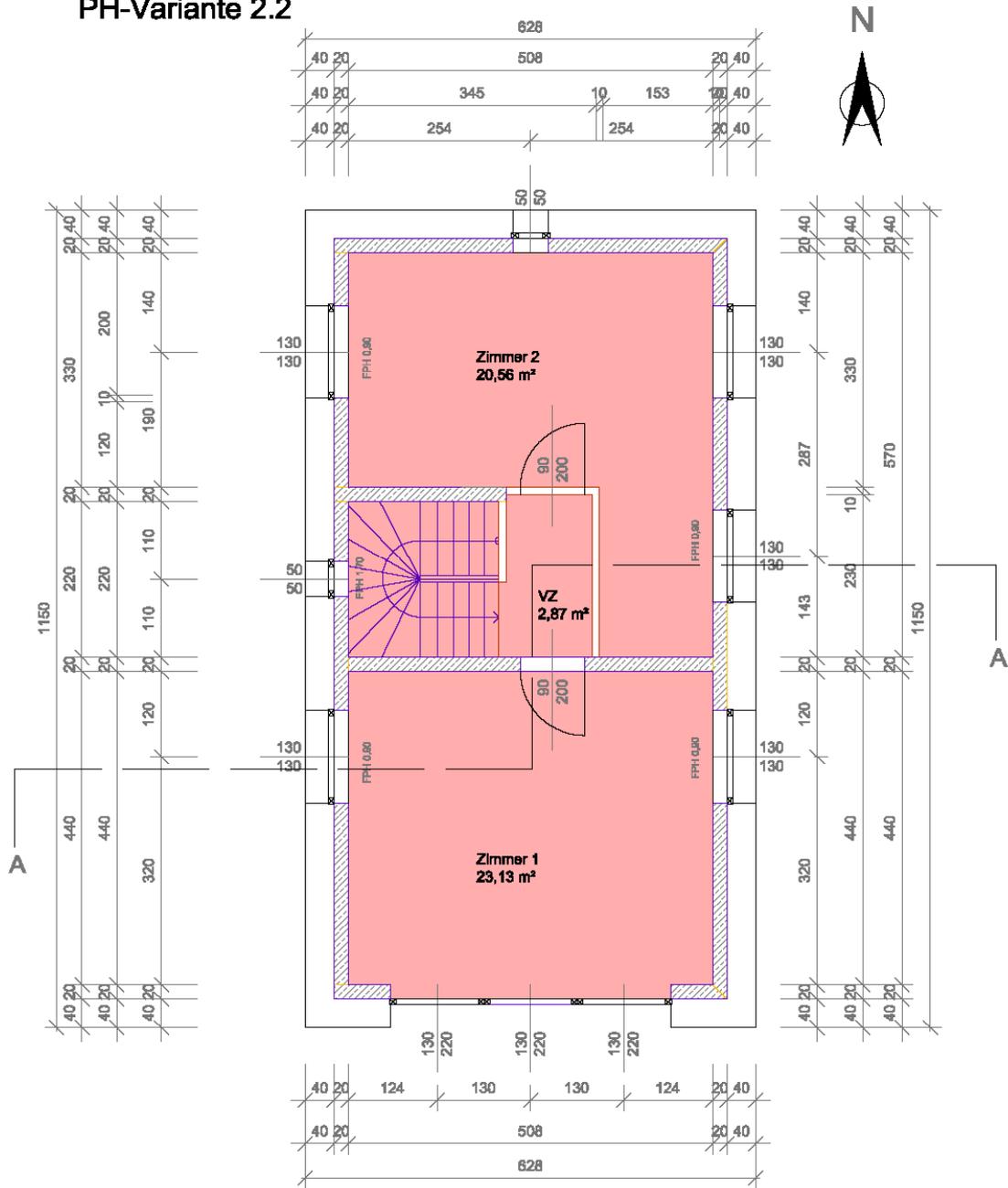
Erdgeschoss

PH-Variante 2.2



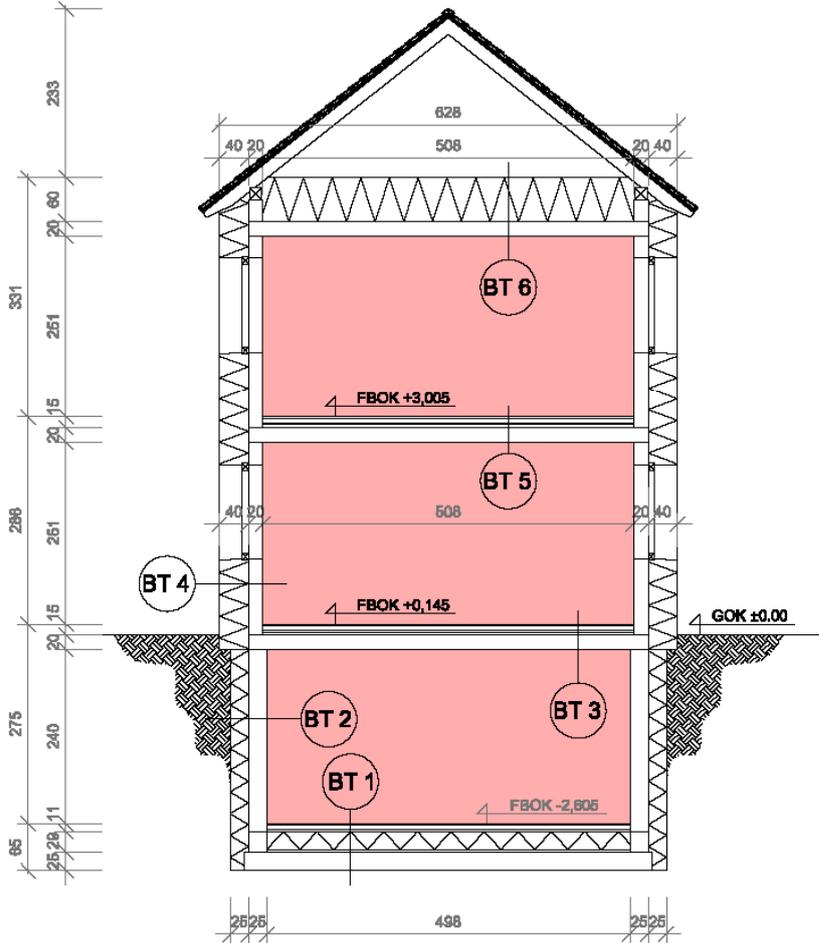
Obergeschoss

PH-Variante 2.2



SCHNITT A-A

PH-Variante 2.2

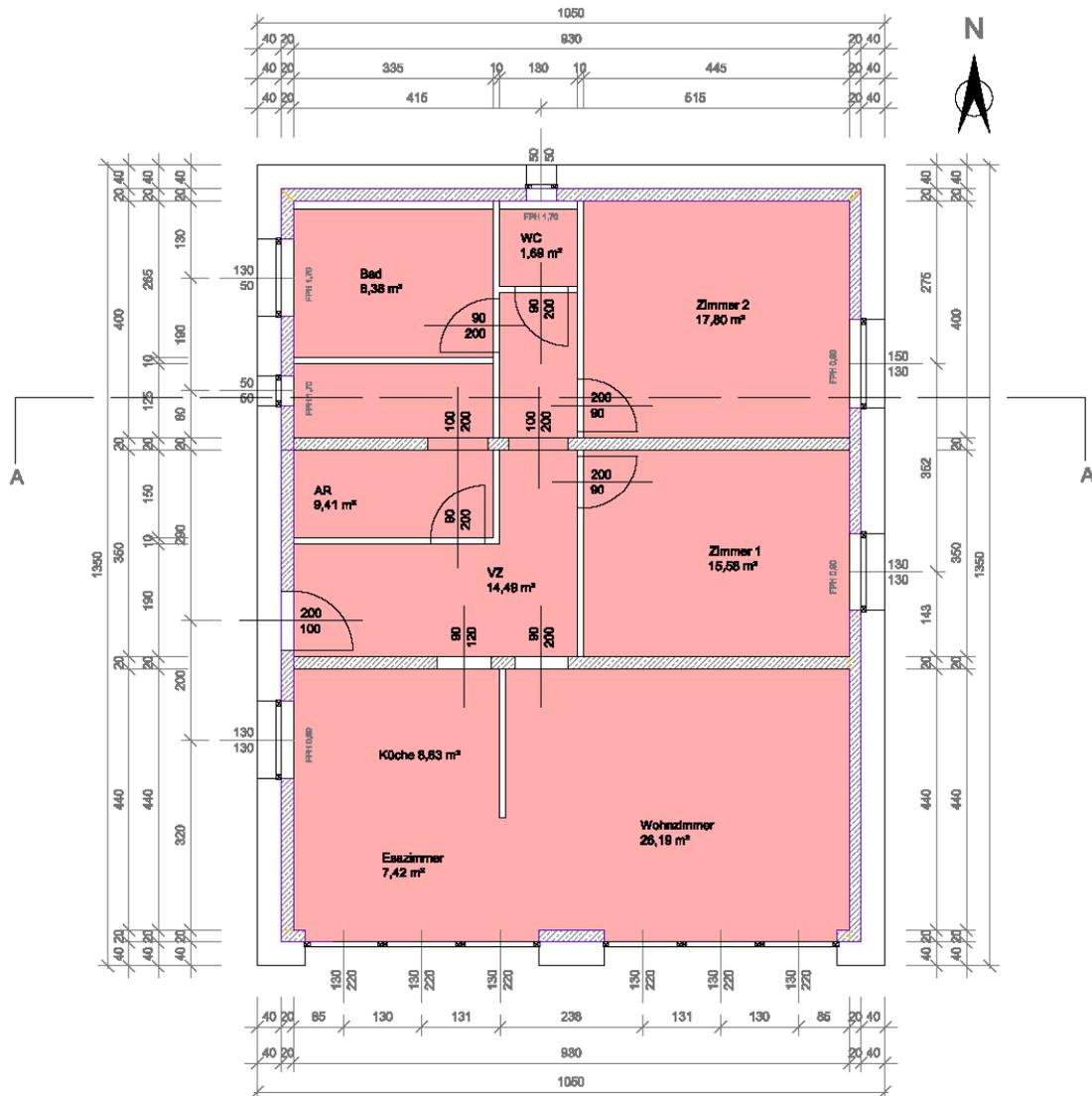


- BT 1** BODENPLATTE
 - 2,0 cm Bodenbelag
 - 6,0 cm Estrich bewehrt
 - PE-Folie (Dampfperre)
 - 3,0 cm MW-T
 - 25,0 cm EPS-W 20
 - 4,0 cm Styroporbeton
 - 1,0 cm Bitumenabdichtung
 - 25,0 cm STB-Platte
 - 6,0 cm Sauberkeitsschicht
- BT 2** AUSSENWAND KG
 - 25,0 cm STB-Wand
 - 1,0 cm Bitumenabdichtung
 - 25,0 cm XPS G 30
- BT 3** DECKE ÜBER KG
 - 2,0 cm Bodenbelag
 - 6,0 cm Estrich bewehrt
 - PE-Folie
 - 3,0 cm MW-T
 - 4,0 cm Styroporbeton
 - 20,0 cm STB-Decke
- BT 4** AUSSENWAND EG/OG
 - 0,5 cm Sillkputz
 - 40,0 cm EPS-F
 - 20,0 cm STB-Decke
 - 0,4 cm Feinputz
- BT 5** DECKE ÜBER EG
 - 2,0 cm Bodenbelag
 - 6,0 cm Estrich bewehrt
 - PE-Folie
 - 3,0 cm MW-T
 - 4,0 cm Styroporbeton
 - 20,0 cm STB-Decke
- BT 6** DECKE ÜBER OG
 - 60,0 cm MW
 - 20,0 cm STB-Decke
 - 0,4 cm Feinputz

4.3.6 Variante 3.1 – 1 oberirdisches Geschoss, kein Kellergeschoss.

Erdgeschoss

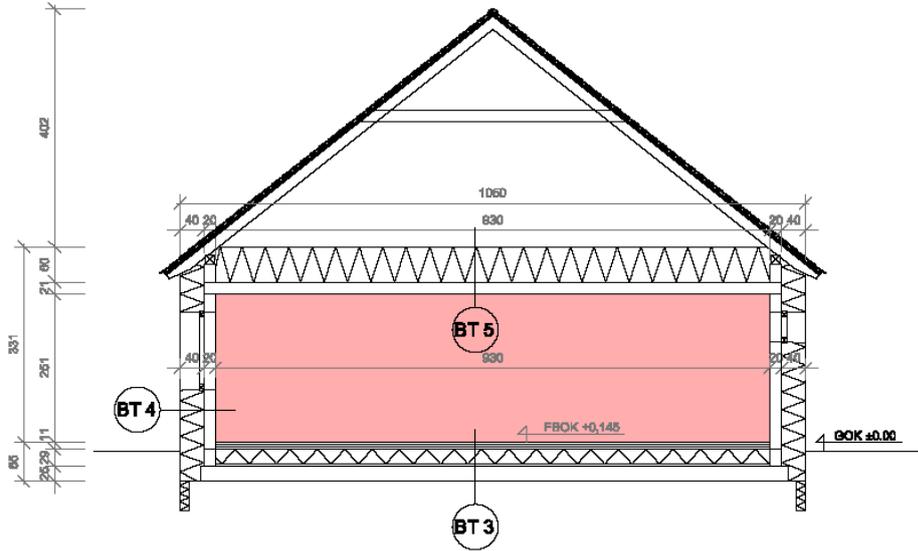
PH-Variante 3.1



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.

SCHNITT A-A

PH-Variante 3.1

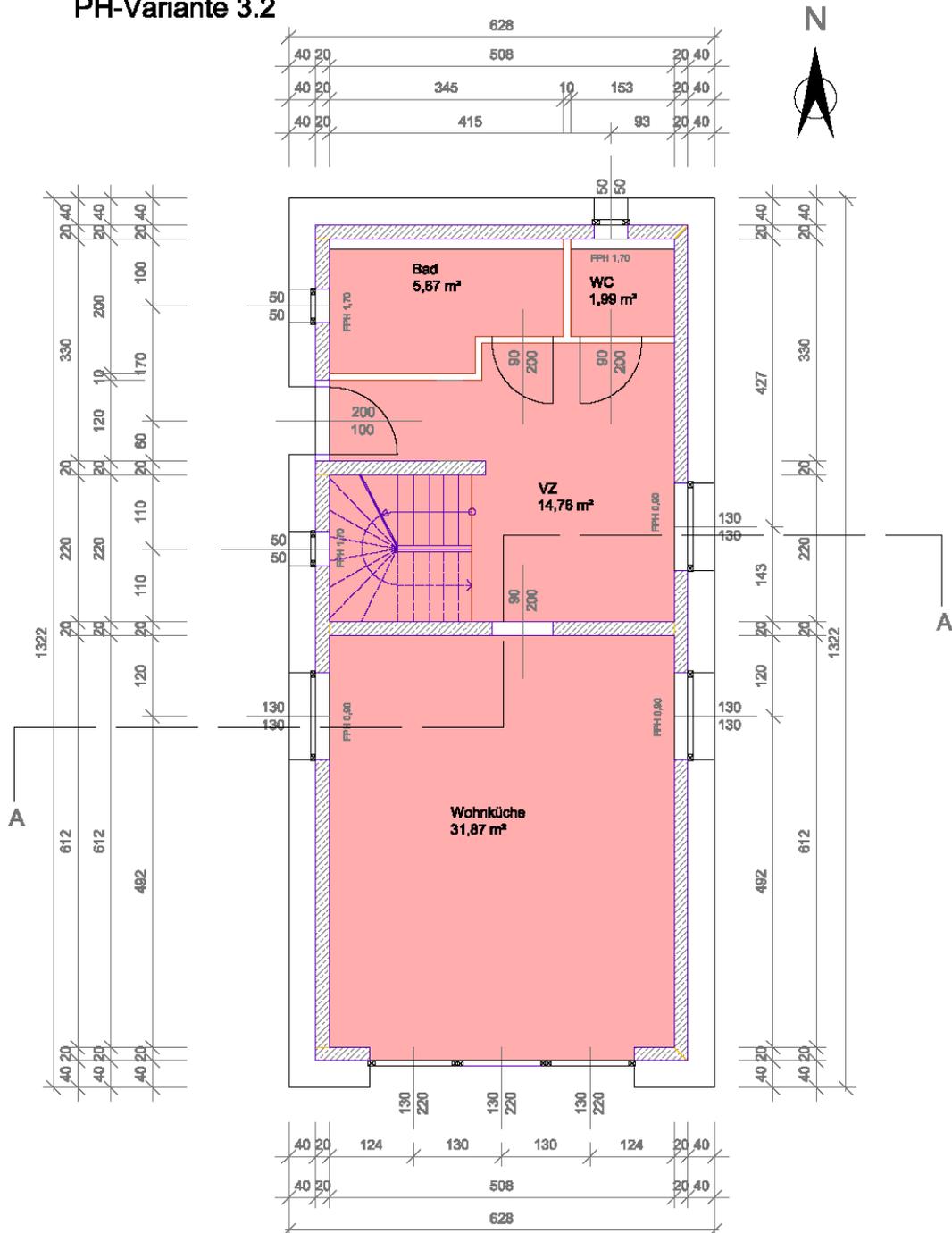


- BT 3** BODENPLATTE
 20 cm Bodenbelag
 8,0 cm Estrich bewehrt
 PE-Folie (Dampfsperre)
 3,0 cm MW-T
 25,0 cm EPS-W 20
 4,0 cm Styroporstein
 1,0 cm Bitumenabdichtung
 25,0 cm STB-Platte
 5,0 cm Bauberkeitschicht
- BT 4** AUSSENWAND EG
 0,5 cm Silikatputz
 40,0 cm EPS-F
 20,0 cm STB-Wand
 0,4 cm Feinputz
- BT 5** DECKE OBER EG
 80,0 cm MW
 20,0 cm STB-Decke
 0,4 cm Feinputz

4.3.7 Variante 3.2 – 2 oberirdische Geschosse, kein Kellergeschoss.

Erdgeschoss

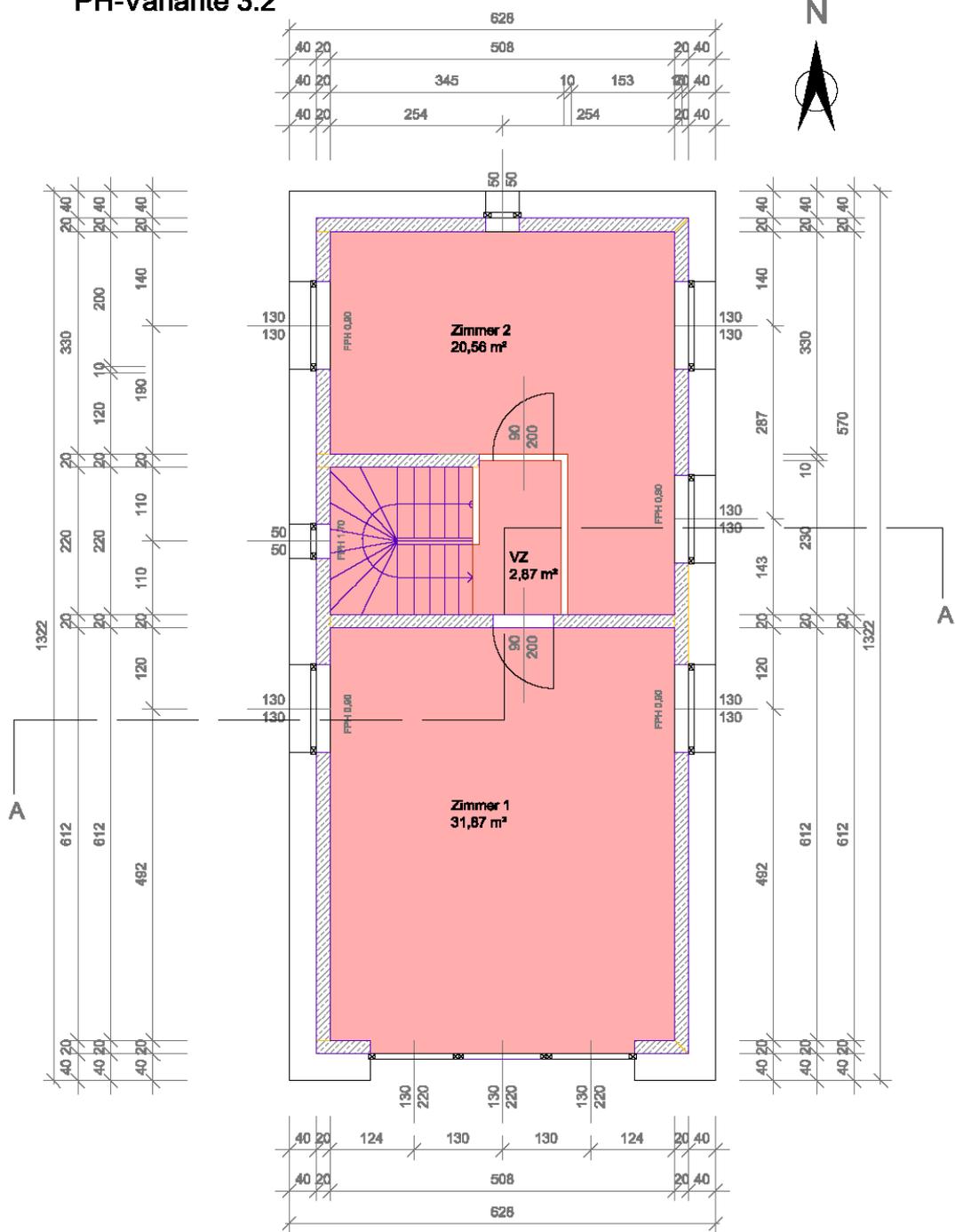
PH-Variante 3.2



Anm.: Die Brutto-Mehrfäche 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.

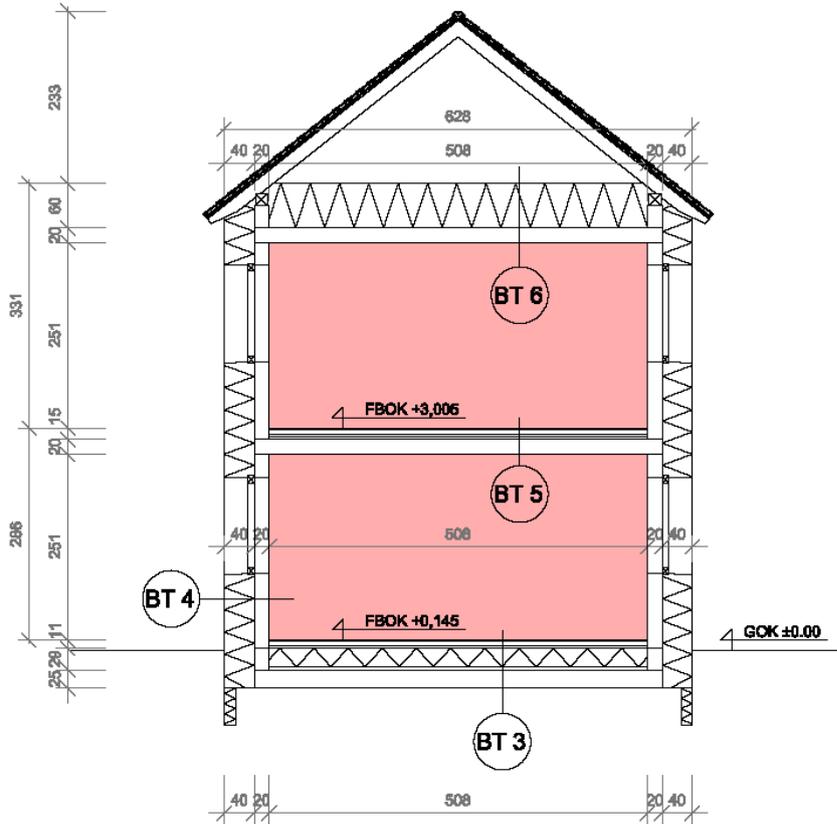
Obergeschoss

PH-Variante 3.2



SCHNITT A-A

PH-Variante 3.2



- BT 3** BODENPLATTE
 - 2,0 cm Bodenbelag
 - 6,0 cm Estrich bewehrt
 - PE-Folie (Dampfsperre)
 - 3,0 cm MW-T
 - 25,0 cm EPS-W 20
 - 4,0 cm Styroporbeton
 - 1,0 cm Bitumenabdichtung
 - 25,0 cm STB-Platte
 - 6,0 cm Sauberkeitsschicht
- BT 4** AUSSENWAND EG/OG
 - 0,5 cm Silikatputz
 - 40,0 cm EPS-F
 - 20,0 cm STB-Wand
 - 0,4 cm Feinputz
- BT 5** DECKE ÜBER EG
 - 2,0 cm Bodenbelag
 - 6,0 cm Estrich bewehrt
 - PE-Folie
 - 3,0 cm MW-T
 - 4,0 cm Styroporbeton
 - 20,0 cm STB-Decke
- BT 6** DECKE ÜBER OG
 - 60,0 cm MW
 - 20,0 cm STB-Decke
 - 0,4 cm Feinputz

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/m ³]	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“ (ÖN 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 : $2 \cdot 10^6$ 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	$n = 0,3 \text{ h}^{-1}$
beheiztes Volumen:	$n = 0,3 \text{ h}^{-1}$
Infiltrationsluftwechsel:	$n_x = 0,03 \text{ h}^{-1}$

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

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

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 $0,3 \text{ h}^{-1}$ 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.

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, Variante 3 stellt ein nicht unterkellertes Einfamilienhaus mit einer um ca. 20m² vergrößerten Bruttogrundfläche dar. Die zusätzliche Fläche von ca. 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 Nettflächen erfolgte nach ÖNORM B 1800.

Für die Einfamilien-Passivhäuser ergeben sich folgende Werte aus den PHPP-Berechnungen:

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/m ² EBF.a]	[W]	[W/m ² EBF]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]
Variante 1.1:	1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar	1.465	15,9	1.104	12,0	92,2	120,8	92,2	89,8	182,0
Variante 2.1:	1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar	2.057	13,9	1.478	10,0	147,8	125,8+ (119,1)***	92,2	92,7	184,9
Variante 3.1:	1 oberirdisches Geschoss, kein Kellergeschoss	1.652	15,1	1.240	11,3	109,6	141,8	109,6	0,0	109,6

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/m ² EBF.a]	[W]	[W/m ² EBF]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]
Variante 1.2:	2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar	1.743	18,9	1.296	14,1	92,2	144,4	92,2	48,5	140,7
Variante 2.2:	2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar	2.238	18,6	1.550	12,9	120,4	144,4+ (67,0)***	92,1	47,1	139,2
Variante 3.2:	2 oberirdische Geschosse, kein Kellergeschoss	1.888	17,2	1.417	12,9	109,6	166,0	109,6	0,0	109,6

* jährlicher Heizwärmebedarf

** Heizlast

*** Der Wert in Klammer ist die unbeheizte Fläche im KG innerhalb der thermischen Hülle

Tabelle 6: Übersicht der thermischen Kennwerte und Flächen für alle Varianten

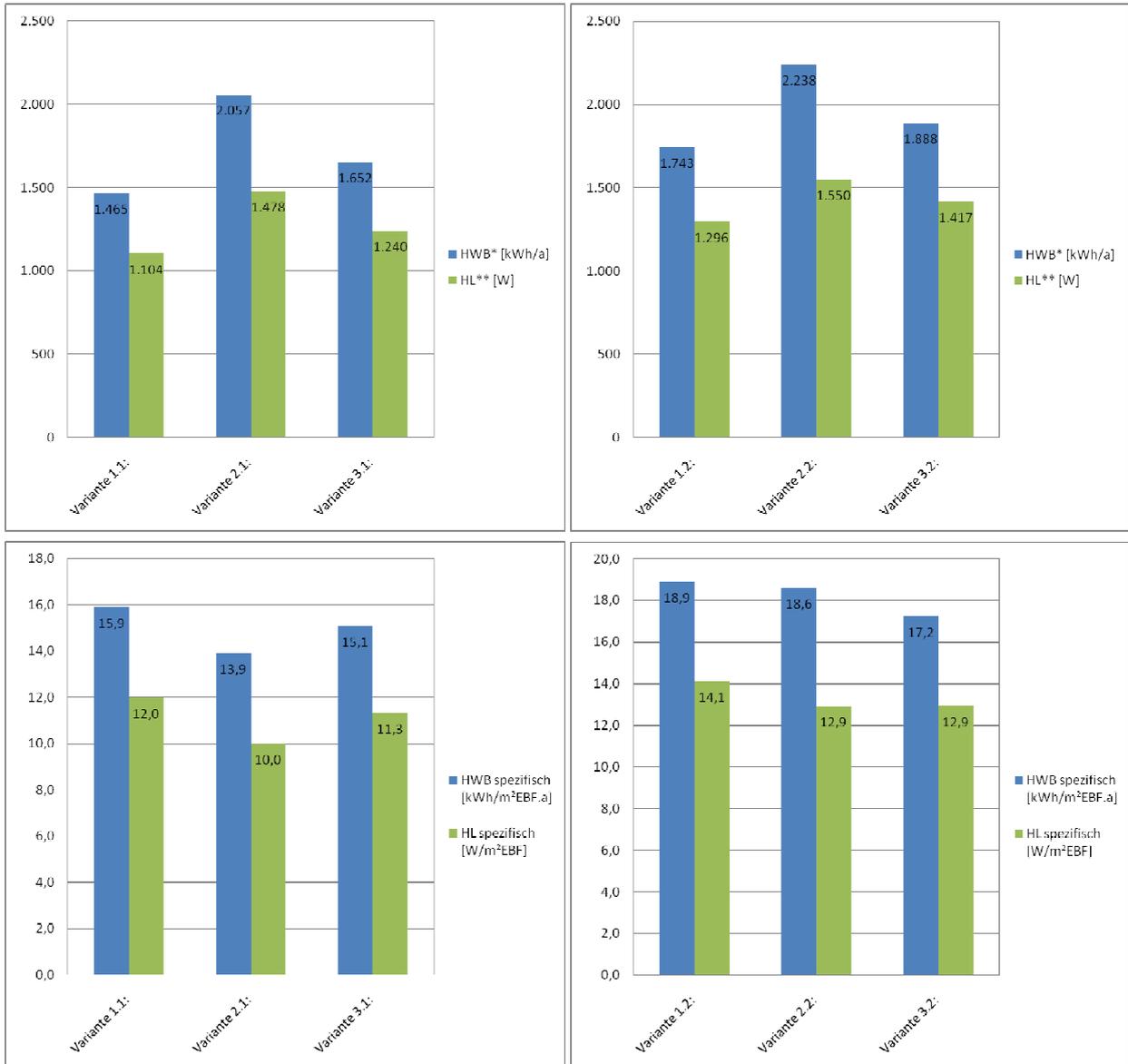
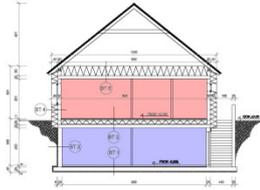


Diagramm 1: Gegenüberstellung des gesamten jährlichen und des spezifischen Heizwärmebedarfs, sowie der gesamten und der spezifischen Heizlast für alle Varianten

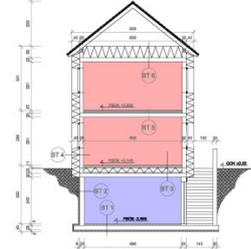
**Variante 1.1 – 1 oberirdisches
Geschoss, 1 Kellergeschoss.**
Der gesamte Keller ist **unbeheizt**,
nicht Teil der thermischen
Gebäudehülle und von **außen**
begehbar.

HWB: 15,9 kWh/m²EBF.a
HL: 12,0 W/m²EBF



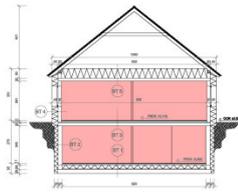
**Variante 1.2 – 2 oberirdische
Geschosse, 1 Kellergeschoss.**
Der gesamte Keller ist **unbeheizt**,
nicht Teil der thermischen
Gebäudehülle und von **außen**
begehbar.

HWB: 18,9 kWh/m²EBF.a
HL: 14,1 W/m²EBF



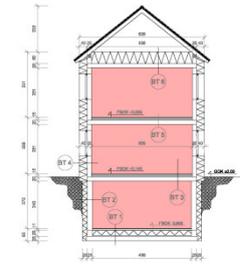
**Variante 2.1 – 1 oberirdisches
Geschoss, 1 Kellergeschoss.**
Der gesamte Keller ist **unbeheizt**,
jedoch Teil der thermischen
Gebäudehülle und von **innen**
begehbar.

HWB: 13,9 kWh/m²EBF.a
HL: 10,0 W/m²EBF



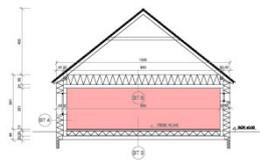
**Variante 2.2 – 2 oberirdische
Geschosse, 1 Kellergeschoss.**
Der gesamte Keller ist **unbeheizt**,
jedoch Teil der thermischen
Gebäudehülle und von **innen**
begehbar.

HWB: 18,6 kWh/m²EBF.a
HL: 12,9 W/m²EBF



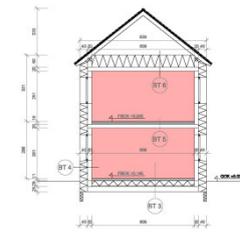
**Variante 3.1 – 1 oberirdisches
Geschoss, kein Kellergeschoss.**

HWB: 15,1 kWh/m²EBF.a
HL: 11,3 W/m²EBF



**Variante 3.2 – 2 oberirdische
Geschosse, kein Kellergeschoss.**

HWB: 17,2 kWh/m²EBF.a
HL: 12,9 W/m²EBF



Die Berechnungen zeigen:

- In absoluten Zahlen betrachtet weist Variante 1.1 mit dem unbeheizten Keller, der nicht Teil der thermischen Gebäudehülle ist, den geringsten jährlichen Heizwärmebedarf auf. Bezogen auf die Energiebezugsfläche, und somit für die Passivhaus-Nachweisführung entscheidend, erreicht Variante 2.1 mit dem unbeheizten Keller, der jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle ist, das beste Ergebnis.
- Das bedeutet, gemessen am tatsächlichen, absoluten Heizenergiebedarf ist Variante 1.1 zu bevorzugen. Für die hier verglichenen Fälle ist jedoch hinsichtlich der Passivhaus-Nachweisführung, also der eigentlichen Kontrolle der Funktion als Passivhaus und der damit einhergehenden Zuluftbeheizbarkeit, Variante 2.1 als einzige geeignet.
- Sowohl die Varianten 1.1 und 1.2 mit dem unbeheizten Keller, der nicht Teil der thermischen Gebäudehülle ist, als auch die Varianten 3.1 und 3.2 ohne Keller, sowie die Variante 2.2 mit dem Keller innerhalb der thermischen Hülle in 2-geschossiger Bauweise, verfehlen die PH-Kriterien $HWB \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ und $HL \leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$.
- 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.
- Die 1-geschossige Variante 2.1 mit dem unbeheizten Keller, der jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle ist, weist beispielsweise gegenüber Variante 3.1 ohne Keller um 73% mehr „warme“ Brutto- und Nettogeschossfläche auf. Die Keller-Nutzfläche der Variante 2 ist zwar nicht beheizt, es stellt sich jedoch aufgrund der Zugehörigkeit zur thermischen Hülle des Passivhauses eine nur geringfügig abweichende Temperatur ein. Das bedeutet die Kellerräume werden als „warm“ betrachtet 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 2.1 erreicht als einzige der drei verglichenen Varianten die Passivhauskriterien $HWB \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ und $HL \leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$.
- Die Begründung hierfür setzt sich aus mehreren Faktoren zusammen:
 1. Zum einen weist Variante 2.1 durch das zusätzliche, zur thermischen Hülle zugehörige, Kellergeschoss eine wesentlich günstigere Kompaktheit auf als Variante 1.1 mit kaltem Keller. (l_c -Var. 1.1 = 1,14m; l_c -Var. 2.1 = 1,51m)

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 $HWB \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ und $HL \leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$ 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 – genau genommen 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.

2. 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.

- Die 2-geschossigen Varianten erreichen bei Heizwärmebedarf und Heizlast durchwegs schlechtere Werte als die 1-geschossigen Varianten. Das hängt in diesem Fall maßgeblich damit zusammen, dass sich durch die 2-geschossige Bauweise auch automatisch ein höherer Fensteranteil ergibt, da sinnvollerweise auch das Obergeschoss mit einer großen südseitigen Verglasung ausgestattet sein sollte. Vergleichende Berechnungen haben jedoch ergeben, dass sogar bei Reduktion der Fenster auf den selben Anteil wie bei der 1-geschossigen Variante, der HWB und die HL deutlich höher sind.

- Ein weiterer Grund für die schlechteren Ergebnisse der 2-geschossigen Typen ist die Tatsache, dass durch die Vorgabe der gleichen Wohnnutzfläche bei 2-geschossiger Bauweise notwendigerweise auch die beheizte Bruttogeschossfläche zunimmt (ca. 20m²). Damit ist auch eine deutliche Zunahme der Außenwandflächen verbunden, was sich auch im spezifischen wie im absoluten Heizenergiebedarf widerspiegelt. Dieser Nachteile überwiegt sogar gegenüber der teilweise verbesserten Kompaktheit der 2-geschossigen Gebäude. Hier stellt Variante 2.2 eine Ausnahme dar, da bei diesem Gebäude die Kellerfläche auch zur „warmen“ Bruttofläche zählt, diese aber aufgrund der 2-geschossigen Bauweise wesentlich kleiner ist, als jene von Variante 2.1.

8 Abkürzungen und Formelzeichen

a_0	numerischer Parameter für die Berechnung von a
a	numerischer Parameter für den Ausnutzungsgrad
a	Jahr
A	beheizte Bruttogeschosßfläche 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	Geschosßbreite, brutto in m
b_D	Türbreite in m
b_s	Stiegenhausbreite m
b_W	Fensterbreite in m
BGF_B	beheizte Bruttogeschosßfläche 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 Kellergeschosßes über der Geländeoberkante in m
h_B	Geschosßhöhe, brutto in m
h_D	Türhöhe in m
h_l	lichte Geschosßhöhe 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	Geschosßlänge, 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
$L_{V_{ue}}$	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/m ²
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
$Q_{Tg, \text{stationär}}$	monatliche Transmissionswärmeverluste über erdberührte Bauteile aufgrund des stationären Leitwertes der erdberührten Bauteile in kWh
$Q_{Tg, \text{instationär}}$	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 m ² K/W
R_{si}	innerer Wärmeübergangswiderstand in m ² K/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/m ² K
U_f	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/m ² K
U_g	Wärmedurchgangskoeffizient des Glases in W/m ² K
U_{iu}	Wärmedurchgangskoeffizient der Trennfläche zwischen der beheizten und der unbeheizten Zone in W/m ² K
U_{ue}	Wärmedurchgangskoeffizient der Trennfläche zwischen der unbeheizten Zone und der Außenluft in W/m ² K
U_W	Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters in W/m ² K
V_B	beheiztes Bruttovolumen in m ³
V_N	belüftetes beheiztes Nettovolumen in m ³
V_u	Volumen der unbeheizten Zone in m ³
w	Wanddicke in m
z	Höhe des Kellergeschoßes unter der Geländeoberkante in m
η	Ausnutzungsgrad für die Wärmegewinne
γ	Wärmegewinne-/Verlustverhältnis
λ	Wärmeleitfähigkeit in W/mK
Ψ_γ	Korrekturkoeffizient für Wärmebrücken durch den Glasrandverbund in W/mK
ρ_c	Volumenbezogene Wärmekapazität in J/m ³ K
$\eta_{v, \text{eff}}$	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.....	38
---	----

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des 1-geschossigen Referenzeinfamilien-Passivhauses	8
Abbildung 2: Darstellung des 2-geschossigen Referenzeinfamilien-Passivhauses	9

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Monatsmittelwerte der Außentemperatur in °C.....	32
Tabelle 2: Globalstrahlungssummen in kWh/m ² .Monat.....	32
Tabelle 3: Außentemperaturen in °C	33
Tabelle 4: Solarstrahlung in W/m ²	33
Tabelle 5: Übersicht der verwendeten Baustoffe	34
Tabelle 6: Übersicht der thermischen Kennwerte und Flächen für alle Varianten	37

13 Anhang - Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser

Variante 1.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar:

BT1 Kellerfußboden						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17						
außen R _{sa} : 0,00						
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe 40,0 cm
U-Wert: 0,336 W/(m ² K)						

BT2 Kellerwand						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,13						
außen R _{sa} : 0,00						
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe 32,0 cm
U-Wert: 0,501 W/(m ² K)						

Variante 1.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist **unbeheizt**, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von **außen** begehbar:

BT1 Kellerfußboden							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} :				0,17	
		außen R _{sa} :				0,00	
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe	
						40,0	cm
						U-Wert:	0,336 W/(m ² K)

BT2 Kellerwand							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} :				0,13	
		außen R _{sa} :				0,00	
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe	
						32,0	cm
						U-Wert:	0,501 W/(m ² K)

BT3 Decke über KG							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} :				0,17	
		außen R _{sa} :				0,17	
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe	
						60,0	cm
						U-Wert:	0,100 W/(m ² K)

BT4 Außenwand EG/OG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,13						
außen R _{sa} : 0,04						
Teifläche 1	λ [W/(mK)]	Teifläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teifläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite
1. Silikatputz	0,700					Dicke [mm]
2. EPS-F plus	0,032					5
3. STB-Wand	2,300					400
4. Feinputz	0,800					200
5.						4
6.						
7.						
8.						
		Flächenanteil Teifläche 2		Flächenanteil Teifläche 3		Summe
						60,9 cm
						U-Wert: 0,078 W/(m ² K)

BT5 Decke über EG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10						
außen R _{sa} : 0,10						
Teifläche 1	λ [W/(mK)]	Teifläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teifläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite
1. Holzboden	0,140					Dicke [mm]
2. Estrich bewehrt	1,400					20
3. PE-Folie						60
4. MW-T	0,033					30
5. Styroporbeton	0,060					40
6. STB-Decke	2,300					200
7.						
8.						
		Flächenanteil Teifläche 2		Flächenanteil Teifläche 3		Summe
						35,0 cm
						U-Wert: 0,488 W/(m ² K)

BT6 Decke über OG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10						
außen R _{sa} : 0,10						
Teifläche 1	λ [W/(mK)]	Teifläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teifläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite
1. Mineralwolle	0,035					Dicke [mm]
2. STB-Decke	2,300					600
3. Feinputz	0,800					200
4.						4
5.						
6.						
7.						
8.						
		Flächenanteil Teifläche 2		Flächenanteil Teifläche 3		Summe
						80,4 cm
						U-Wert: 0,057 W/(m ² K)

Variante 2.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar:

BT1		Bodenplatte						
Bauteil Nr.		Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/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/(m ² K)	

BT2		Außenwand KG						
Bauteil Nr.		Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/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/(m ² K)	

BT3		Decke über KG						
Bauteil Nr.		Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/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. Holzboden	0,140					20		
2. Estrich bewehrt	1,400					60		
3. PE-Folie								
4. MW-T	0,033					30		
5. Styroporbeton	0,060					40		
6. STB-Decke	2,300					200		
7.								
8.								
		Flächenanteil Teilfläche 2		Flächenanteil Teilfläche 3		Summe		
						35,0	cm	
						U-Wert:	0,488 W/(m ² K)	

BT4 Außenwand EG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/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
<input type="text"/>			<input type="text"/>			60,9 cm
U-Wert: 0,078 W/(m ² K)						

BT5 Decke über EG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/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
<input type="text"/>			<input type="text"/>			80,4 cm
U-Wert: 0,057 W/(m ² K)						

Variante 2.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar:

BT1 Bodenplatte							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]				innen R _{si} : 0,17	
						außen R _{sa} : 0,00	
Teiffläche 1	λ [W/(mK)]	Teiffläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teiffläche 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 Teiffläche 2		Flächenanteil Teiffläche 3		Summe	
						66,0 cm	
U-Wert: 0,101 W/(m ² K)							

BT2 Außenwand KG							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]				innen R _{si} : 0,13	
						außen R _{sa} : 0,00	
Teiffläche 1	λ [W/(mK)]	Teiffläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teiffläche 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 Teiffläche 2		Flächenanteil Teiffläche 3		Summe	
						51,0 cm	
U-Wert: 0,142 W/(m ² K)							

BT3 Decke über KG							
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung		Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W]				innen R _{si} : 0,10	
						außen R _{sa} : 0,10	
Teiffläche 1	λ [W/(mK)]	Teiffläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teiffläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite	
						Dicke [mm]	
1. Holzboden	0,140					20	
2. Estrich bewehrt	1,400					60	
3. PE-Folie							
4. MW-T	0,033					30	
5. Styroporbeton	0,060					40	
6. STB-Decke	2,300					200	
7.							
8.							
		Flächenanteil Teiffläche 2		Flächenanteil Teiffläche 3		Summe	
						35,0 cm	
U-Wert: 0,488 W/(m ² K)							

Variante 3.1 – 1 oberirdisches Geschoss, kein Kellergeschoss:

BT3 Bodenplatte						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,17						
außen R _{sa} : 0,00						
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe
						66,0 cm

BT4 Außenwand EG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,13						
außen R _{sa} : 0,04						
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe
						60,9 cm

BT5 Decke über EG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W] innen R _{si} : 0,10						
außen R _{sa} : 0,10						
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe
						80,4 cm

Variante 3.2 – 2 oberirdische Geschosse, kein Kellergeschoss:

BT3 Bodenplatte						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,17						
außen R _{sa} : 0,00						
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe
						66,0 cm
U-Wert: 0,101 W/(m ² K)						

BT4 Außenwand EG/OG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,13						
außen R _{sa} : 0,04						
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 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 Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe
						60,9 cm
U-Wert: 0,078 W/(m ² K)						

BT5 Decke über EG						
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/W] innen R _{si} : 0,10						
außen R _{sa} : 0,10						
Teillfläche 1	λ [W/(mK)]	Teillfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teillfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Summe Breite Dicke [mm]
1. Holzboden	0,140					20
2. Estrich bewehrt	1,400					60
3. PE-Folie						
4. MW-T	0,033					30
5. Styroporbeton	0,060					40
6. STB-Decke	2,300					200
7.						
8.						
		Flächenanteil Teillfläche 2		Flächenanteil Teillfläche 3		Summe
						35,0 cm
U-Wert: 0,488 W/(m ² K)						

BT6		Decke über OG				
Bauteil Nr.		Bauteil-Bezeichnung				
Wärmeübergangswiderstand [m ² K/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
		<input type="text"/>		<input type="text"/>		80,4 cm
		U-Wert: <input style="width: 100px;" type="text" value="0,057"/> W/(m ² K)				

14 Anhang - PHPP Nachweisblätter der untersuchten Einfamilien-Passivhäuser

Variante 1.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar:

Passivhaus Nachweis



Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 1.1		
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 $V_{u,}$:	472,1 m ³	Interne Wärmequellen:	2,1 W/m ²
Personenzahl:	2,6		

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	92,2 m ²	Verwendet: Monatsverfahren	PH-Zertifikat: Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	15,9 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/(m ² a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	kWh/(m²a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	kWh/(m²a)		
Heizlast:	12,0 W/m²		
Übertemperaturhäufigkeit:	0 %	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m²a)		15 kWh/(m ² a)
Kühllast:	8 W/m²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	151,1 m ²	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.

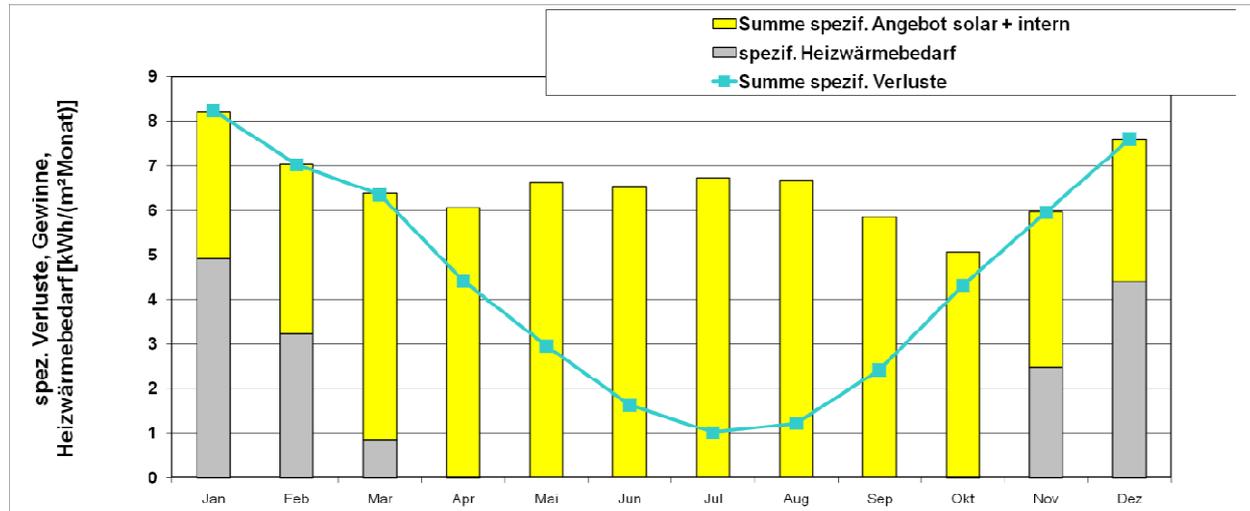
Ausgestellt am:

gezeichnet:

Klima: Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
 Objekt: Passivhaus Kellerstudie Variante 1.1
 Standort: St. Pölten, Österreich

Innentemperatur: 20 °C
 Gebäudetyp/Nutzung: Einfamilienhaus
 Energiebezugsfläche A_{EG}: 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	664	558	488	318	190	86	37	60	165	332	476	613	3987	kWh
Verluste Grund	95	90	98	89	82	63	57	53	58	66	74	87	912	kWh
Summe spezif. Verluste	8,2	7,0	6,4	4,4	2,9	1,6	1,0	1,2	2,4	4,3	6,0	7,6	53,1	kWh/m ²
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/m ²
Nutzungsgrad	100%	100%	99%	73%	44%	25%	15%	18%	41%	85%	100%	100%	59%	
Heizwärmebedarf	453	297	78	0	0	0	0	0	0	2	229	406	1465	kWh
spezif. Heizwärmebedarf	4,9	3,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	4,4	15,9	kWh/m ²



Variante 1.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, nicht Teil der thermischen Gebäudehülle und von außen begehbar:

Passivhaus Nachweis



Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 1.2		
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	Innentemperatur:	20,0 °C
Zahl WE:	1	Interne Wärmequellen:	2,1 W/m ²
Umbautes Volumen V _g :	488,9 m ³		
Personenzahl:	2,6		

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche					
Energiebezugsfläche:	92,1 m ²	Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	18,9 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/(m ² a)	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	kWh/(m²a)				
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	kWh/(m²a)				
Heizlast:	14,1 W/m²				
Übererwärmungshäufigkeit:	0 %			über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m²a)			15 kWh/(m ² a)	
Kühllast:	11 W/m²				

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV					
Nutzfläche nach EnEV:	156,5 m ²			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.

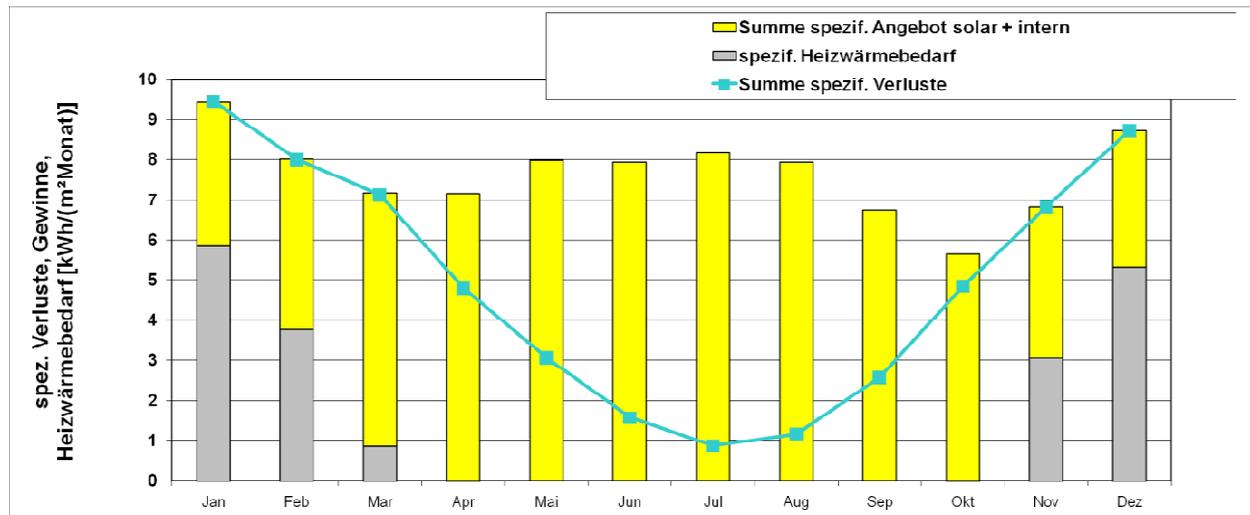
Ausgestellt am:

gezeichnet:

Klima: Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
 Objekt: Passivhaus Kellerstudie Variante 1.2
 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	7,5	6,9	5,5	5,0	4,6	5,0	5,7	6,3	7,3	78	kKh
Verluste Außen	814	685	598	390	233	106	45	74	202	407	584	752	4891	kWh
Verluste Grund	57	53	58	53	49	39	35	33	35	40	44	52	548	kWh
Summe spezif. Verluste	9,5	8,0	7,1	4,8	3,1	1,6	0,9	1,2	2,6	4,9	6,8	8,7	59,0	kWh/m ²
Solare Gewinne Nord	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8	kWh
Solare Gewinne Ost	24	39	72	100	124	130	132	116	82	51	26	19	914	kWh
Solare Gewinne Süd	147	198	322	359	391	382	396	400	350	290	166	138	3537	kWh
Solare Gewinne West	15	24	45	61	76	80	81	71	50	32	16	12	563	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	1694	kWh
Summe spezif. Angebot solar + intern	3,6	4,2	6,3	7,2	8,0	8,0	8,2	7,9	6,8	5,6	3,8	3,4	72,9	kWh/m ²
Nutzungsgrad	100%	100%	99%	67%	38%	20%	11%	15%	38%	86%	100%	100%	55%	
Heizwärmebedarf	541	348	79	0	0	0	0	0	0	3	282	491	1743	kWh
spezif. Heizwärmebedarf	5,9	3,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	5,3	18,9	kWh/m ²



Variante 2.1 – 1 oberirdisches Geschoss, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar:

Passivhaus Nachweis



Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 2.1	
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	
Umbautes Volumen $V_{q,0}$:	821,4	m ³
Personenzahl:	4,2	
Innentemperatur:	20,0	°C
Interne Wärmequellen:	2,1	W/m ²

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	147,7	m ²	
Verwendet:	Monatsverfahren		
Energiekennwert Heizwärme:	13,9	kWh/(m²a)	ja
Drucktest-Ergebnis:	0,3	h⁻¹	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):		kWh/(m²a)	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):		kWh/(m²a)	
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m²a)	
Heizlast:	10,0	W/m ²	
Übertemperaturhäufigkeit:	0	%	
Energiekennwert Nutzkälte:		kWh/(m²a)	
Kühllast:	5	W/m ²	
PH-Zertifikat:	15 kWh/(m ² a)		
Erfüllt?			ja
		0,6 h ⁻¹	ja
		120 kWh/(m ² a)	
		über 25 °C	
		15 kWh/(m ² a)	

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	262,9	m ²	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	-	kWh/(m²a)	nein
Anforderung:	40 kWh/(m ² a)		
Erfüllt?			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.

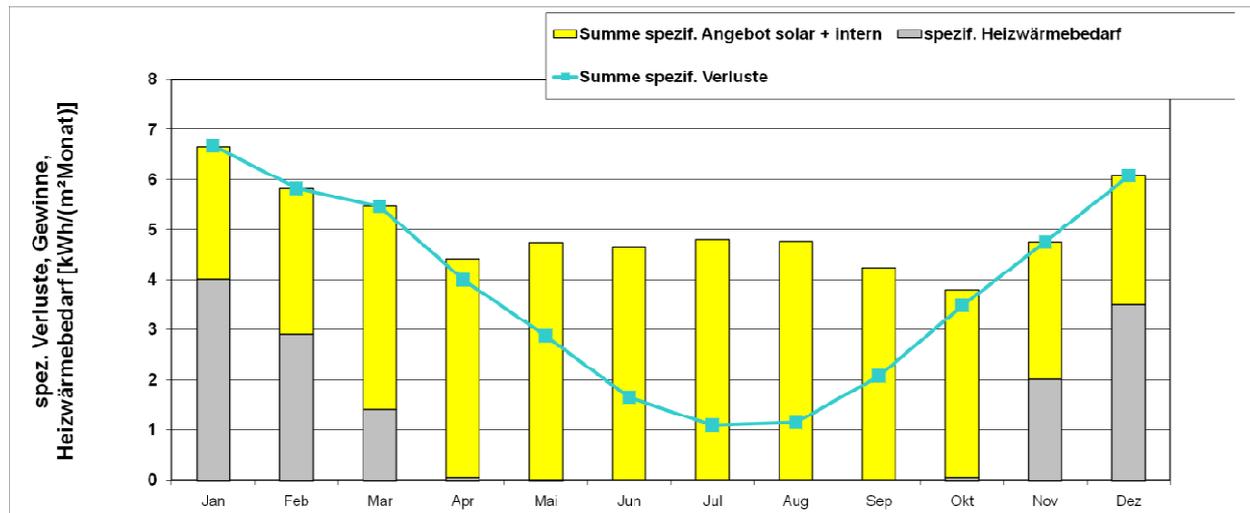
Ausgestellt am:

gezeichnet:

Klima: Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
 Objekt: Passivhaus Kellerstudie Variante 2.1
 Standort: St. Pölten, Österreich

Innentemperatur: 20 °C
 Gebäudetyp/Nutzung: Einfamilienhaus
 Energiebezugsfläche A_{EB}: 148 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	5,4	6,8	70	kKh
Verluste Außen	732	616	538	350	210	95	40	66	182	366	525	677	4398	kWh
Verluste Grund	254	245	270	241	215	149	122	104	125	150	178	222	2274	kWh
Summe spezif. Verluste	6,7	5,8	5,5	4,0	2,9	1,7	1,1	1,2	2,1	3,5	4,8	6,1	45,2	kWh/m ²
Solare Gewinne Nord	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4	kWh
Solare Gewinne Ost	10	16	30	41	51	53	54	47	33	21	10	8	373	kWh
Solare Gewinne Süd	148	199	323	360	392	383	397	402	351	291	166	139	3551	kWh
Solare Gewinne West	5	8	16	22	27	29	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	231	208	231	223	231	223	231	223	231	223	231	231	2718	kWh
Summe spezif. Angebot solar + intern	2,7	2,9	4,1	4,4	4,7	4,7	4,8	4,8	4,2	3,8	2,7	2,6	46,3	kWh/m ²
Nutzungsgrad	100%	100%	100%	91%	61%	35%	23%	24%	49%	92%	100%	100%	67%	
Heizwärmebedarf	592	430	208	6	0	0	0	0	0	7	297	517	2057	kWh
spezif. Heizwärmebedarf	4,0	2,9	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,5	13,9	kWh/m ²



Variante 2.2 – 2 oberirdische Geschosse, 1 Kellergeschoss. Der gesamte Keller ist unbeheizt, jedoch Teil der thermischen Gebäudehülle und von innen begehbar:

Passivhaus Nachweis

Foto oder Zeichnung

Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 2.2	
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	Innentemperatur: 20,0 °C
Umbautes Volumen $V_{g,}$:	673,3 m ³	Interne Wärmequellen: 2,1 W/m ²
Personenzahl:	3,4	

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	120,4 m ²	Verwendet: Monatsverfahren	PH-Zertifikat: Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	18,6 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/(m ² a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	kWh/(m ² a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	kWh/(m ² a)		
Heizlast:	12,9 W/m ²		
Übertemperaturhäufigkeit:	0 %	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m ² a)		15 kWh/(m ² a)
Kühllast:	8 W/m ²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	215,5 m ²	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.

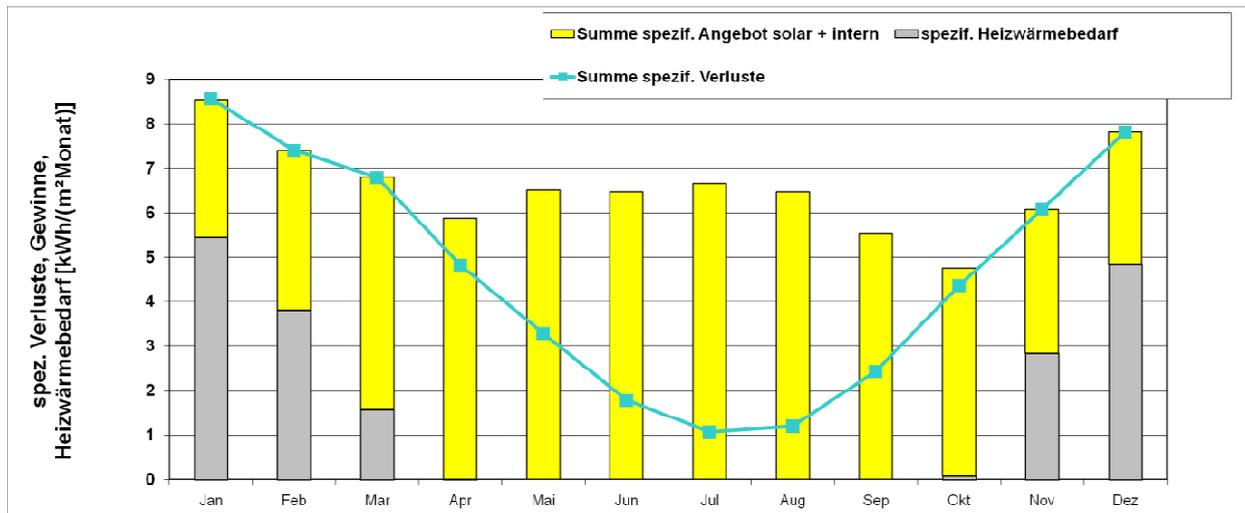
Ausgestellt am:

gezeichnet:

Klima: Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
 Objekt: Passivhaus Kellerstudie Variante 2.2
 Standort: St. Pölten, Österreich

Innentemperatur: 20 °C
 Gebäudetyp/Nutzung: Einfamilienhaus
 Energiebezugsfläche A_{EB}: 120 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	7,8	8,6	7,6	6,7	4,5	3,6	3,0	3,6	4,4	5,4	6,9	70	kKh
Verluste Außen	848	713	623	405	243	110	47	77	210	423	608	783	5090	kWh
Verluste Grund	183	178	195	174	153	103	82	68	82	101	124	158	1601	kWh
Summe spezif. Verluste	8,6	7,4	6,8	4,8	3,3	1,8	1,1	1,2	2,4	4,4	6,1	7,8	55,6	kWh/m ²
Solare Gewinne Nord	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8	kWh
Solare Gewinne Ost	24	39	73	100	125	131	133	117	83	52	26	19	922	kWh
Solare Gewinne Süd	148	199	323	360	392	383	397	402	351	291	166	139	3551	kWh
Solare Gewinne West	15	24	45	62	77	81	82	72	51	32	16	12	571	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	188	170	188	182	188	182	188	188	182	188	182	188	2214	kWh
Summe spezif. Angebot solar + intern	3,1	3,6	5,2	5,9	6,5	6,5	6,7	6,5	5,5	4,7	3,2	3,0	60,4	kWh/m ²
Nutzungsgrad	100%	100%	100%	82%	50%	27%	16%	19%	44%	91%	100%	100%	61%	
Heizwärmebedarf	655	459	189	1	0	0	0	0	0	10	341	583	2238	kWh
spezif. Heizwärmebedarf	5,4	3,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,8	4,8	18,6	kWh/m ²



Variante 3.1 – 1 oberirdisches Geschoss, kein Kellergeschoss:

Passivhaus Nachweis



Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 3.1	
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	
Umbautes Volumen $V_{e,}$:	561,3	m ³
Personenzahl:	3,1	
Innentemperatur:	20,0	°C
Interne Wärmequellen:	2,1	W/m ²

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	109,6	m ²	
Verwendet:	Monatsverfahren		PH-Zertifikat:
Energiekennwert Heizwärme:	15,1	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/(m ² a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):		kWh/(m²a)	
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m²a)	
Heizlast:	11,3	W/m ²	
Übertemperaturhäufigkeit:	0	%	über 25 °C
Energiekennwert Nutzkälte:		kWh/(m²a)	15 kWh/(m ² a)
Kühllast:	8	W/m ²	

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	179,6	m ²	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	-	kWh/(m²a)	Anforderung: 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.

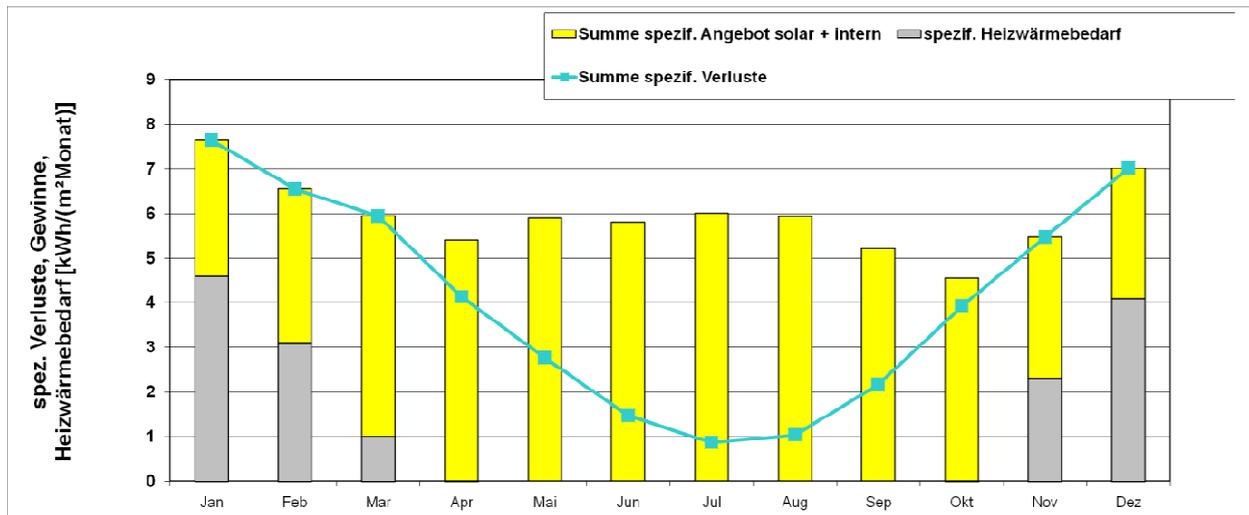
Ausgestellt am:

gezeichnet:

Klima: Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
 Objekt: Passivhaus Kellerstudie Variante 3.1
 Standort: St. Pölten, Österreich

Innentemperatur: 20 °C
 Gebäudetyp/Nutzung: Einfamilienhaus
 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	729	613	535	349	209	95	40	66	181	364	523	673	4377	kWh
Verluste Grund	109	105	116	104	94	66	55	47	56	67	78	96	993	kWh
Summe spezif. Verluste	7,6	6,6	5,9	4,1	2,8	1,5	0,9	1,0	2,2	3,9	5,5	7,0	49,0	kWh/m ²
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	166	171	166	171	166	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/m ²
Nutzungsgrad	100%	100%	100%	76%	47%	25%	14%	17%	41%	86%	100%	100%	60%	
Heizwärmebedarf	503	339	109	0	0	0	0	0	0	2	251	447	1652	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	15,1	kWh/m ²



Variante 3.2 – 2 oberirdische Geschosse, kein Kellergeschoss:

Passivhaus Nachweis

Foto oder Zeichnung

Objekt:	Passivhaus Kellerstudie Variante 3.2	
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	Innentemperatur: 20,0 °C
Umbautes Volumen V_a :	566,2 m ³	Interne Wärmequellen: 2,1 W/m ²
Personenzahl:	3,1	

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	109,6 m ²	Verwendet: Monatsverfahren	PH-Zertifikat: Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	17,2 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/(m ² a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	kWh/(m²a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	kWh/(m²a)		
Heizlast:	12,9 W/m²		
Übertemperaturhäufigkeit:	0 %	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m²a)		15 kWh/(m ² a)
Kühllast:	10 W/m²		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV			
Nutzfläche nach EnEV:	181,2 m ²	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:

Klima: Kellerstudie St. Pölten (267m ü A)
 Objekt: Passivhaus Kellerstudie Variante 3.2
 Standort: St. Pölten, Österreich

Innentemperatur: 20 °C
 Gebäudetyp/Nutzung: Einfamilienhaus
 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	8,3	8,2	9,0	7,9	6,8	4,4	3,2	2,5	3,2	4,1	5,3	7,0	70	kKh
Verluste Außen	872	734	641	417	250	114	48	79	216	436	625	806	5238	kWh
Verluste Grund	67	66	72	63	55	35	26	20	25	33	42	56	560	kWh
Summe spezif. Verluste	8,6	7,3	6,5	4,4	2,8	1,4	0,7	0,9	2,2	4,3	6,1	7,9	52,9	kWh/m ²
Solare Gewinne Nord	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8	kWh
Solare Gewinne Ost	24	39	72	100	124	130	132	116	82	51	26	19	914	kWh
Solare Gewinne Süd	147	198	322	359	391	382	396	400	350	290	166	138	3537	kWh
Solare Gewinne West	15	24	45	61	76	80	81	71	50	32	16	12	563	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	166	171	166	171	166	2016	kWh
Summe spezif. Angebot solar + intern	3,3	3,8	5,6	6,3	7,0	6,9	7,1	6,9	5,9	5,0	3,4	3,1	64,2	kWh/m ²
Nutzungsgrad	100%	100%	100%	70%	40%	20%	9%	13%	37%	86%	100%	100%	56%	
Heizwärmebedarf	581	384	104	0	0	0	0	0	2	295	521	1888	1888	kWh
spezif. Heizwärmebedarf	5,3	3,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	4,8	17,2	kWh/m ²

