

# Endbericht

## Kellervarianten an einem Referenz-Einfamilienhaus Bauphysikalische Auswirkungen auf das Gesamtgebäude im Winter- und Sommerfall

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

Bearbeiter: Schöberl & Pöll OEG in Kooperation mit Komfortplan

## Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung .....	2
1.1	Ergebnisse im Telegrammstil .....	2
1.2	Ergebnisse generell .....	2
1.3	Aufgabenstellung .....	2
1.4	Vorgangsweise .....	3
1.5	Ausblick .....	3
2	Grundlagen .....	4
2.1	Referenzeinfamilienhaus .....	4
2.2	Kellervarianten .....	6
2.2.1	Übersicht .....	6
2.2.2	Variante 1 „40 kWh-Haus“ – ungedämmter Keller .....	7
2.2.3	Variante 2 „40 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Erdgeschoss .....	10
2.2.4	Variante 3 „40 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Keller .....	13
2.2.5	Variante 4 „40 kWh-Haus“ – gedämmter Keller .....	16
2.2.6	Variante 5 „40 kWh-Haus“ – Bodenplatte statt Keller .....	19
2.2.7	Variante 1 „60 kWh-Haus“ – ungedämmter Keller .....	21
2.2.8	Variante 2 „60 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Erdgeschoss .....	24
2.2.9	Variante 3 „60 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Keller .....	27
2.2.10	Variante 4 „60 kWh-Haus“ – gedämmter Keller .....	30
2.2.11	Variante 5 „60 kWh-Haus“ – Bodenplatte statt Keller .....	33
3	Bauphysikalische Berechnungen .....	35
3.1	Klima für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs .....	35
3.2	Klima für die Nachweise Dampfdiffusions- und Kondensationsschutz .....	35
3.3	Materialien .....	35
3.3.1	Baustoffe .....	36
3.3.2	Erdreich .....	36
3.3.3	Fenster und Türen .....	36
3.4	Ansätze .....	37
3.5	Bauteilaufbauten, Wärme- und Feuchteschutz .....	38
4	Ergebnisse .....	39
4.1	Ergebnisse der bauphysikalischen Berechnungen .....	39
4.1.1	Heizwärmebedarf .....	39
4.1.2	Transmissionswärmeverluste .....	42
5	Abkürzungen und Formelzeichen .....	44
6	Literaturverzeichnis .....	46
7	Diagrammverzeichnis .....	47
8	Abbildungsverzeichnis .....	47
9	Tabellenverzeichnis .....	47
10	Anhang - Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilienhäuser .....	48

## 1 Zusammenfassung

### 1.1 Ergebnisse im Telegrammstil

- Heizwärmebedarf ohne Keller bis zu 9% höher als bei unbeheiztem Keller.
- Im Sommer bei unbeheiztem Keller bis zu 12% mehr Wärmeabgabe als ohne Keller.

### 1.2 Ergebnisse generell

Die bauphysikalischen Auswirkungen auf das Gesamtgebäude im Winter- und Sommerfall sind im Folgenden dargestellt. Die zusätzliche Netto-Kellerfläche bietet einen vergleichsweise kostengünstigen Zugewinn an Abstell- und Funktionsfläche.

#### Verhalten in der Heizperiode:

- Durch die Wirkung des Kellers als thermischer Puffer verringert sich der Heizwärmebedarf und damit die Heizkosten für den Nutzer um bis zu 378 kWh/a (vgl. Var. 5 und 2, „40 kWh-Haus“).

#### Verhalten in der Sommerperiode:

- Durch die Ausbildung mit Keller ist ein günstigeres Somerverhalten festzustellen, da die beinahe konstante Erdreichtemperatur die Abgabe überschüssiger Wärme an das angrenzende Erdreich durch Transmission erleichtert. Hierbei ist insbesondere die große Fläche der erdanliegenden Kellerbauteile vorteilhaft.

#### Empfehlung:

- Aufgrund der positiven bauphysikalischen Auswirkungen wird Variante 2 empfohlen. Variante 2 stellt das unterkellerte Einfamilienhaus mit unbeheiztem Keller und Zugang über ein unbeheiztes Stiegenhaus dar. Diese Anordnung überzeugt durch den geringsten Heizwärmebedarf aller untersuchten Varianten.

### 1.3 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Variantenstudie wurden für ein fiktives Einfamilienhaus mit einer Bruttogrundfläche von 110 m<sup>2</sup>, einem Geschoss und quadratischem Grundriss, vier unterschiedlich ausgeführte Keller und eine 130 m<sup>2</sup> Bodenplattenvariante bezüglich ihrer bauphysikalischen Auswirkungen untersucht und gegenübergestellt.

Die Mehrfläche von 20 m<sup>2</sup> im nicht unterkellerten Einfamilienhaus 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.

Um österreichweit durchschnittliche Wetterwerte abzubilden, wird St. Pölten in Niederösterreich als Standort gewählt. Die Untersuchungen erfolgen jeweils für ein Gebäude mit einem energetischen Standard zwischen der niederösterreichischen Bautechnikverordnung und der Wohnbauförderung („60 kWh-Haus“), sowie für ein in Niederösterreich wohnbauförderungswürdiges Gebäude mit einem

Heizwärmebedarf von ca. 40 kWh/m<sup>2</sup>.a, das den Heizwärmebedarf von zwei Drittel (Stand Sommer 2007) der bei der Förderstelle neu eingereichten Einfamilienhäuser in Niederösterreich widerspiegelt („40 kWh-Haus“).

Alle fünf Varianten des „40 kWh-Hauses“ verfügen, im Gegensatz zu jenen des „60 kWh-Hauses“, über eine kontrollierte Wohnraumlüftung.

## 1.4 Vorgangsweise

Die bauphysikalischen Berechnungen erfolgten für den Heizwärmebedarf (HWB) nach dem Monatsbilanzverfahren gemäß ÖN EN 832 und für den Transmissionswärmeverlust gemäß ÖN EN ISO 13370 und ÖN B 8110.

Im ersten Schritt erfolgte die Festlegung des Berechnungsstandortes und eines energetischen Qualitätsstandards für das Gebäude, der auf alle folgenden angeführten Kellervarianten angewendet wurde. Es wurden übliche Aufbauten unter Beachtung der bauphysikalischen Tauglichkeit festgelegt. Verglichen wurde der Heizwärmebedarf mit Monatsmittelwerten für das gesamte Gebäude unter Berücksichtigung des Kellers als Pufferraum für folgende Varianten:

1. Der gesamte Keller ist **unbeheizt** und nur **von außen** begehbar.
2. Der gesamte Keller ist **unbeheizt** und von **innen** über ein **unbeheiztes Stiegenhaus** begehbar.
3. Der gesamte Keller ist **unbeheizt** und von **innen** über ein **beheiztes Stiegenhaus** begehbar.
4. Der gesamte Keller ist **beheizt** und von **innen** über ein **Stiegenhaus** begehbar.
5. Der Keller wird **nicht ausgeführt**, stattdessen wird die Bruttogeschossfläche für das Einfamilienhaus auf 130 m<sup>2</sup> vergrößert. Die zusätzliche Fläche von 20 m<sup>2</sup> gegenüber den unterkellerten Varianten wurde für den erforderlichen Abstell- und Technikraum angesetzt.

## 1.5 Ausblick

Eine Fortsetzung der Kellerstudie für den Passivhausstandard liefert ein vollständiges Bild über die bauphysikalischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der unterschiedlichen Kellervarianten und würde den derzeitigen Trend widerspiegeln. Im Passivhausbau bekommt der Keller durch seine Zusatzfunktion als sinnvoller Aufstellort für die notwendigen haustechnischen Anlagen besondere Relevanz. Insbesondere die Lage der thermischen Hülle, sowie die Einbeziehung oder Ausklammerung der unterschiedlichen Haustechnikräume und die daraus resultierenden Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf und die Baukosten sind hierbei von zentraler Bedeutung. Durch Untersuchung in Form einer Studie können Standards für derzeit noch offene Fragestellungen definiert werden.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Referenzeinfamilienhaus

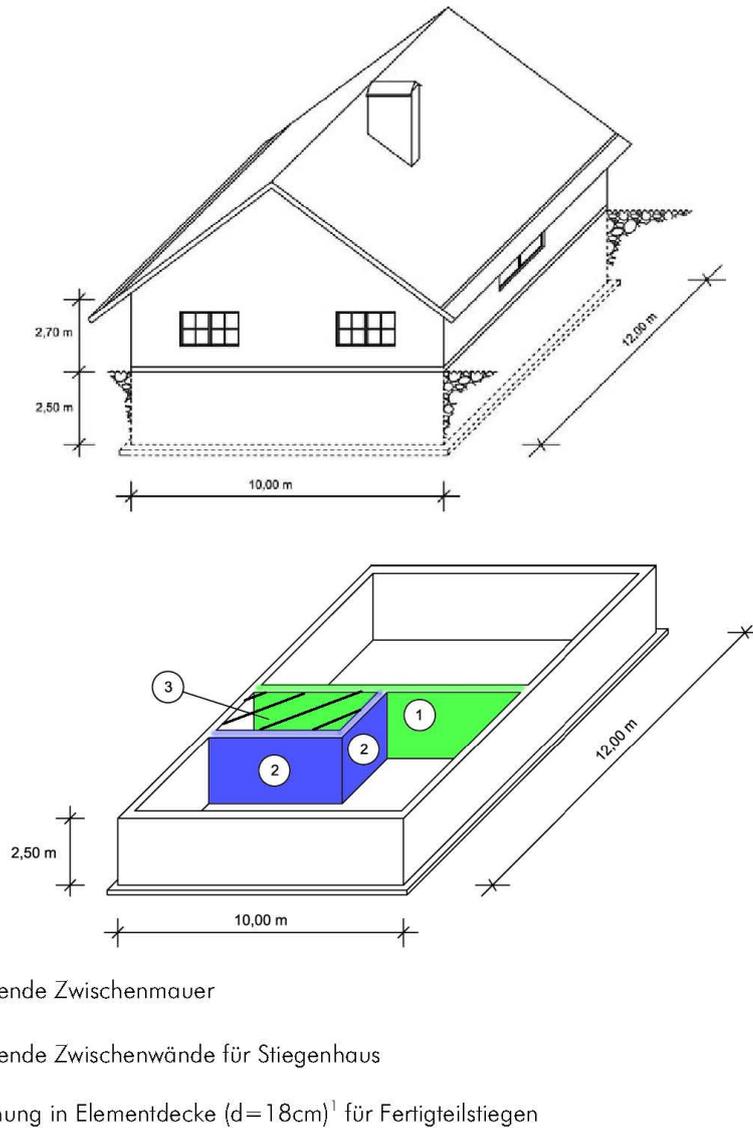


Abbildung 1: Darstellung des Referenzeinfamilienhauses

Die tragenden Wände des einstöckigen Systemhauses sind aus Beton und werden außenseitig mit einer Vollwärmeschutzfassade versehen, welche 1 m unter die Geländeoberkante geführt wird. 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 sinnvoller 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.

Eckdaten des Referenzgebäudes „60 kWh Haus“:

- Gefördertes Einfamilienhaus mit 110 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche
- Außenwände aus 20 cm Beton<sup>1)</sup> mit einer Vollwärmeschutzfassade, innen 0,4 cm Feinputz
- Stärke der Außendämmung 15 cm (U-Wert = 0,25 W/m<sup>2</sup>K)
- Stärke der Mindestdämmung gegen Erdreich 6 cm
- Stärke der Innendämmung im Stiegenhaus 7 cm
- Decken aus Stahlbeton mit 4 cm gebundener Ausgleichsschüttung (Styroporbeton), 3,5 cm Trittschalldämmung, 5 cm Estrich und 2 cm Bodenbelag
- Satteldach in Kaltdachausführung mit 20 cm Mineralwolldämmung auf der Decke
- 5 cm Deckendämmung über KG bei den unterkellerten Varianten
- Kelleraußenwandstärke 25 cm, innen unbearbeitet
- Variante mit Bodenplatte: 30 cm Rollierung, 25 cm<sup>1)</sup> Beton
- Bodenplatte unter Keller 25 cm<sup>1)</sup> Beton
- 4 Kellerfenster 60/ 80 mit Lichtschacht
- Fensterflächenanteil 20%

<sup>1)</sup> Die Stärken der tragenden Bauteile beruhen auf Erfahrungswerten, im Einzelfall ist eine statische Bemessung notwendig.

Eckdaten des Referenzgebäudes „40 kWh Haus“:

Die Eckdaten des „40 kWh Hauses“ sind mit jenen des „60 kWh Hauses“ bis auf folgende Änderungen ident:

- Stärke der Außendämmung 30 cm (statt 15 cm, U-Wert = 0,13 statt 0,25 W/m<sup>2</sup>K)
- Deckendämmstärke über EG 35 cm (statt 20 cm)
- Deckendämmstärke über KG bei den unterkellerten Varianten 7 cm (statt 5 cm)
- Eingebauter Wärmetauscher  $\eta_{v,eff} = 78\%$

## 2.2 Kellervarianten

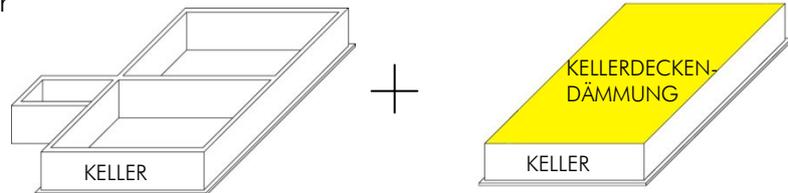
Die Varianten gelten sowohl für das „40 kWh-Haus“, wie auch für das „60 kWh-Haus“.

### 2.2.1 Übersicht

Die in der Kellerstudie untersuchten fünf Varianten:

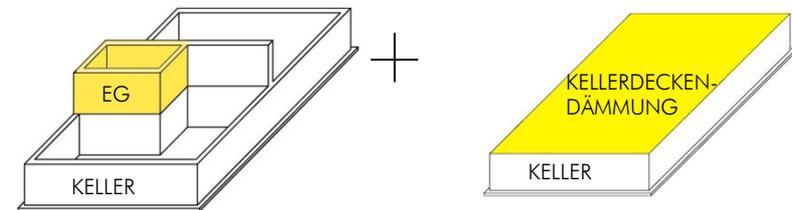
#### 1. Variante – ungedämmter Keller

- **Konditionierte Fläche** (brutto):  
116,4 m<sup>2</sup> („40 kWh-Haus“) /  
110,0 m<sup>2</sup> („60 kWh-Haus“)
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller):  
90,5 m<sup>2</sup>
- **Kellerfläche** (netto):  
94,4 m<sup>2</sup>
- **Gesamtnutzfläche** (netto):  
184,9 m<sup>2</sup>



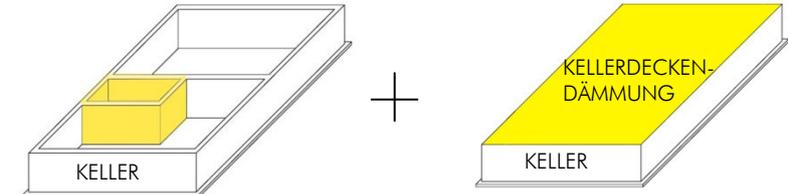
#### 2. Variante – gedämmtes Stiegenhaus nur im Erdgeschoss

- **Konditionierte Fläche** (brutto):  
111,6 m<sup>2</sup> („40 kWh-Haus“) /  
105,2 m<sup>2</sup> („60 kWh-Haus“)
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller):  
85,5 m<sup>2</sup>
- **Kellerfläche** (netto):  
89,8 m<sup>2</sup>
- **Gesamtnutzfläche** (netto):  
175,3 m<sup>2</sup>



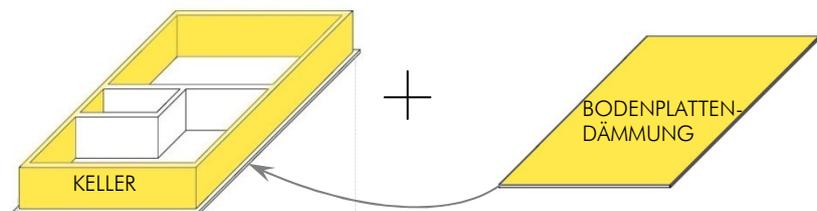
#### 3. Variante – gedämmtes Stiegenhaus im Keller

- **Konditionierte Fläche** (brutto):  
121,2 m<sup>2</sup> („40 kWh-Haus“) /  
114,8 m<sup>2</sup> („60 kWh-Haus“)
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller):  
85,5 m<sup>2</sup>
- **Kellerfläche** (netto):  
89,8 m<sup>2</sup>
- **Gesamtnutzfläche** (netto):  
175,3 m<sup>2</sup>



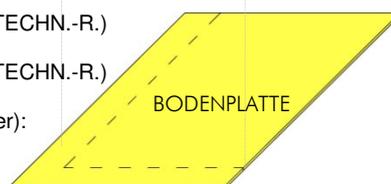
#### 4. Variante – gedämmter Keller

- **Konditionierte Fläche** (brutto):  
223,5 m<sup>2</sup> („40 kWh-Haus“) /  
217,1 m<sup>2</sup> („60 kWh-Haus“)
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller):  
85,5 m<sup>2</sup>
- **Kellerfläche** (netto):  
89,8 m<sup>2</sup>
- **Gesamtnutzfläche** (netto):  
175,3 m<sup>2</sup>



#### 5. Variante – 130m<sup>2</sup> Bodenplatte statt Keller

- **Konditionierte Fläche** (brutto):  
137,0 m<sup>2</sup> (116,4 m<sup>2</sup> + 20,6 m<sup>2</sup> AR/TECHN.-R.)  
(„40 kWh-Haus“) /  
130,0 m<sup>2</sup> (110,0 m<sup>2</sup> + 20,0 m<sup>2</sup> AR/TECHN.-R.)  
(„60 kWh-Haus“)
- **Wohnnutzfläche** (netto, exkl. Keller):  
107,0 m<sup>2</sup>
- **Kellerfläche** (netto):  
0,0 m<sup>2</sup>
- **Gesamtnutzfläche** (netto):  
107,0 m<sup>2</sup>



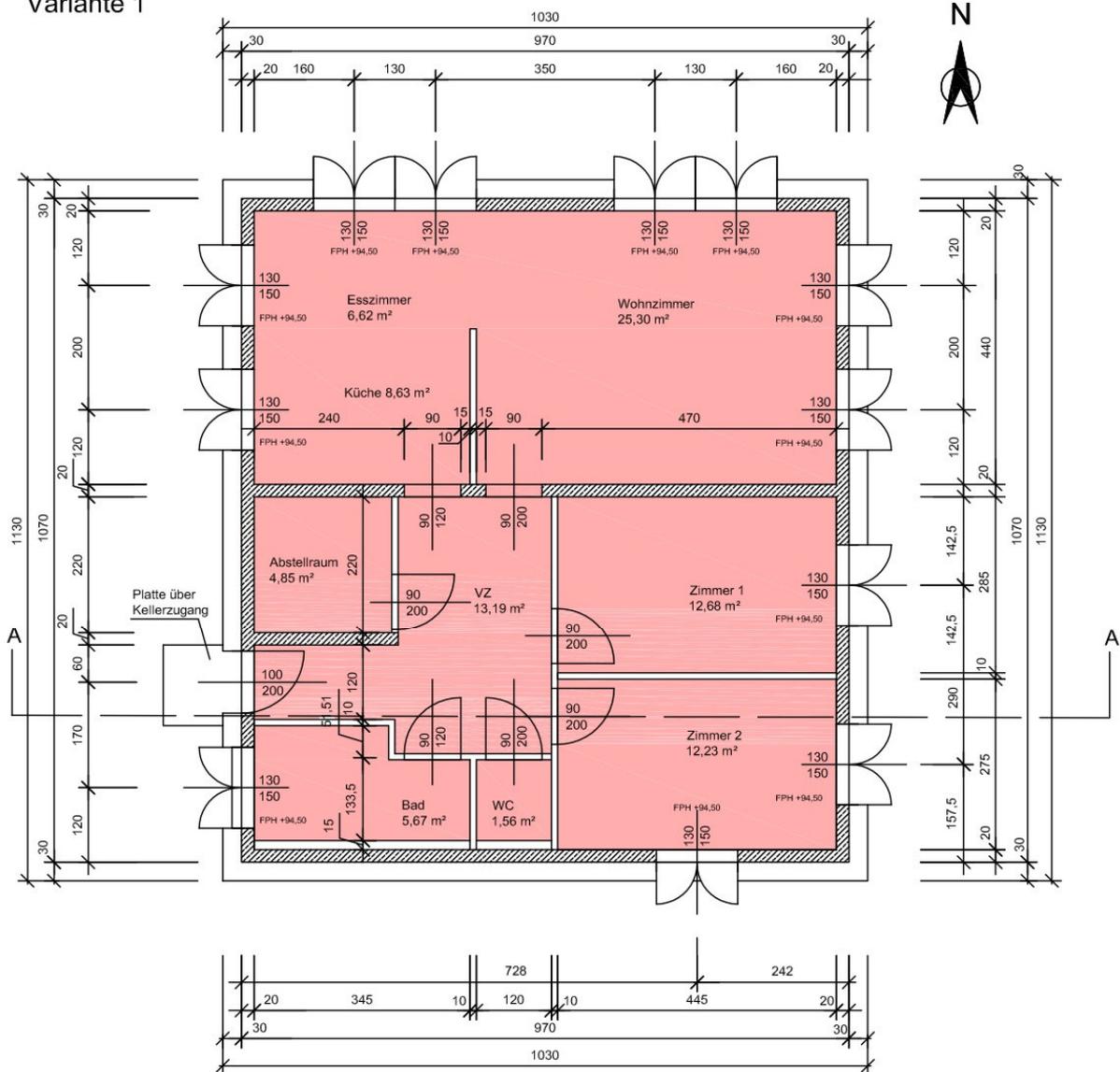
Legende:



## 2.2.2 Variante 1 „40 kWh-Haus“ – ungedämmter Keller

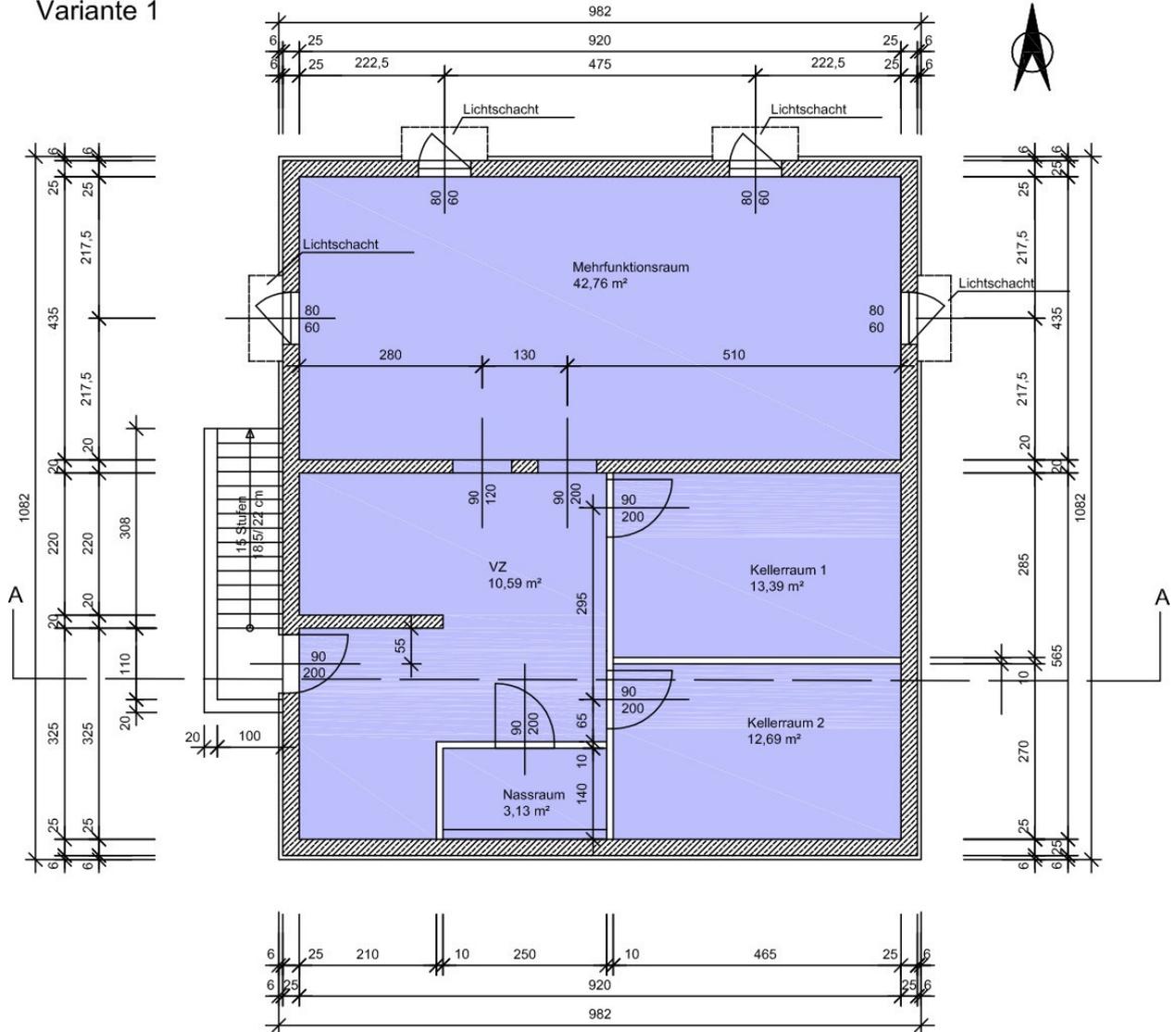
### Erdgeschoss

Variante 1



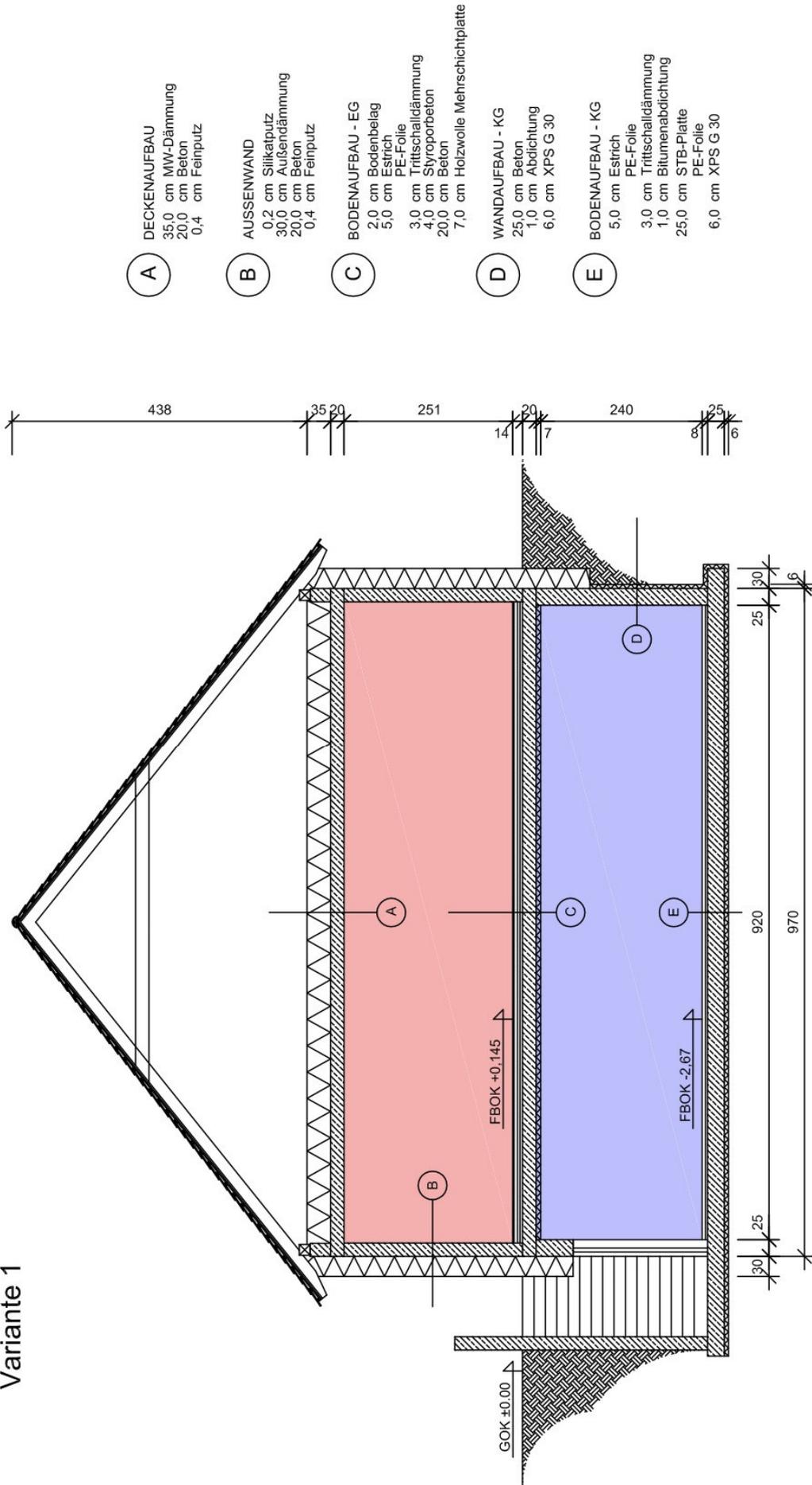
# Kellergeschoss

Variante 1

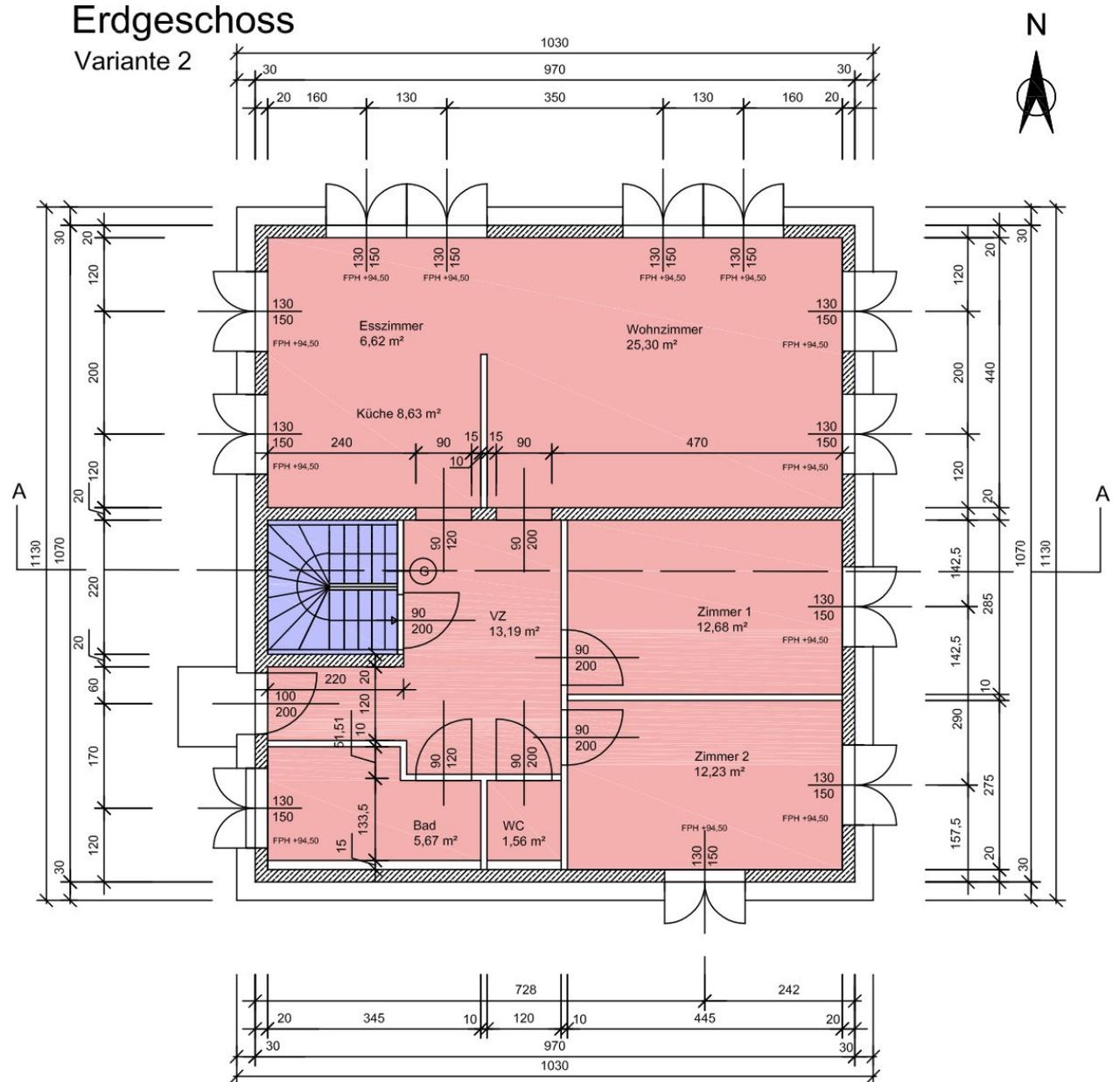


# SCHNITT A-A

Variante 1

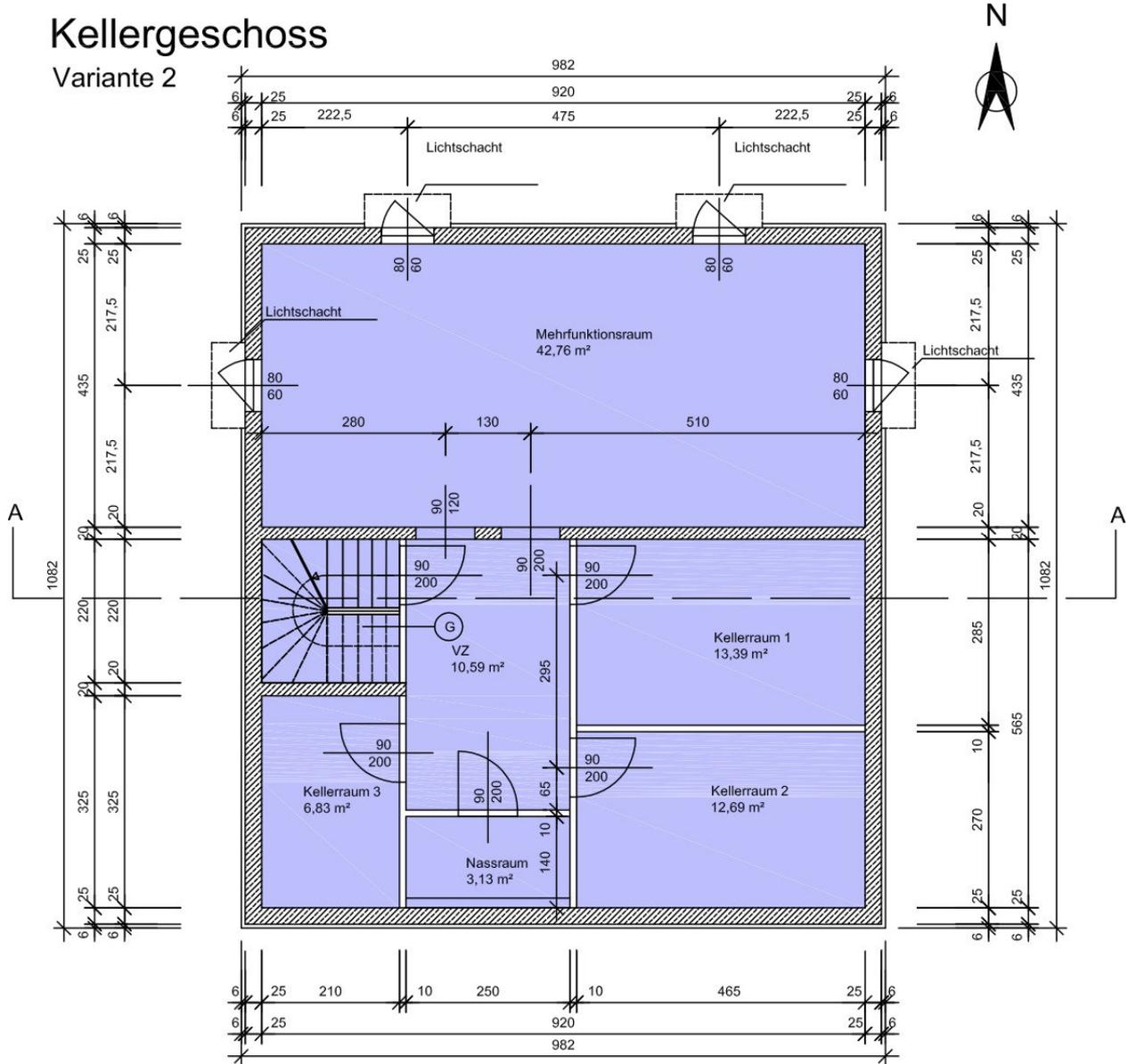


2.2.3 Variante 2 „40 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Erdgeschoss



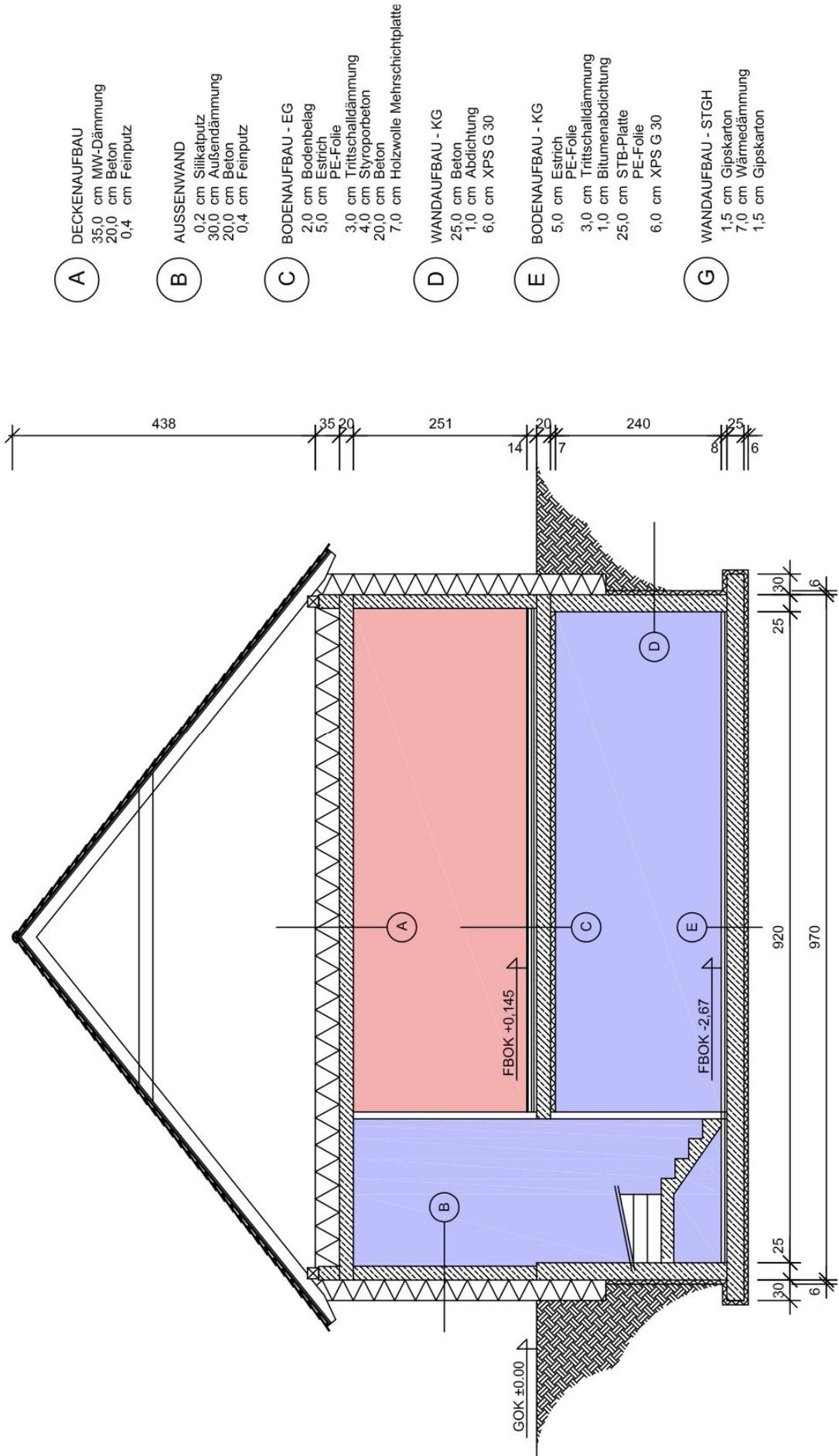
# Kellergeschoss

Variante 2

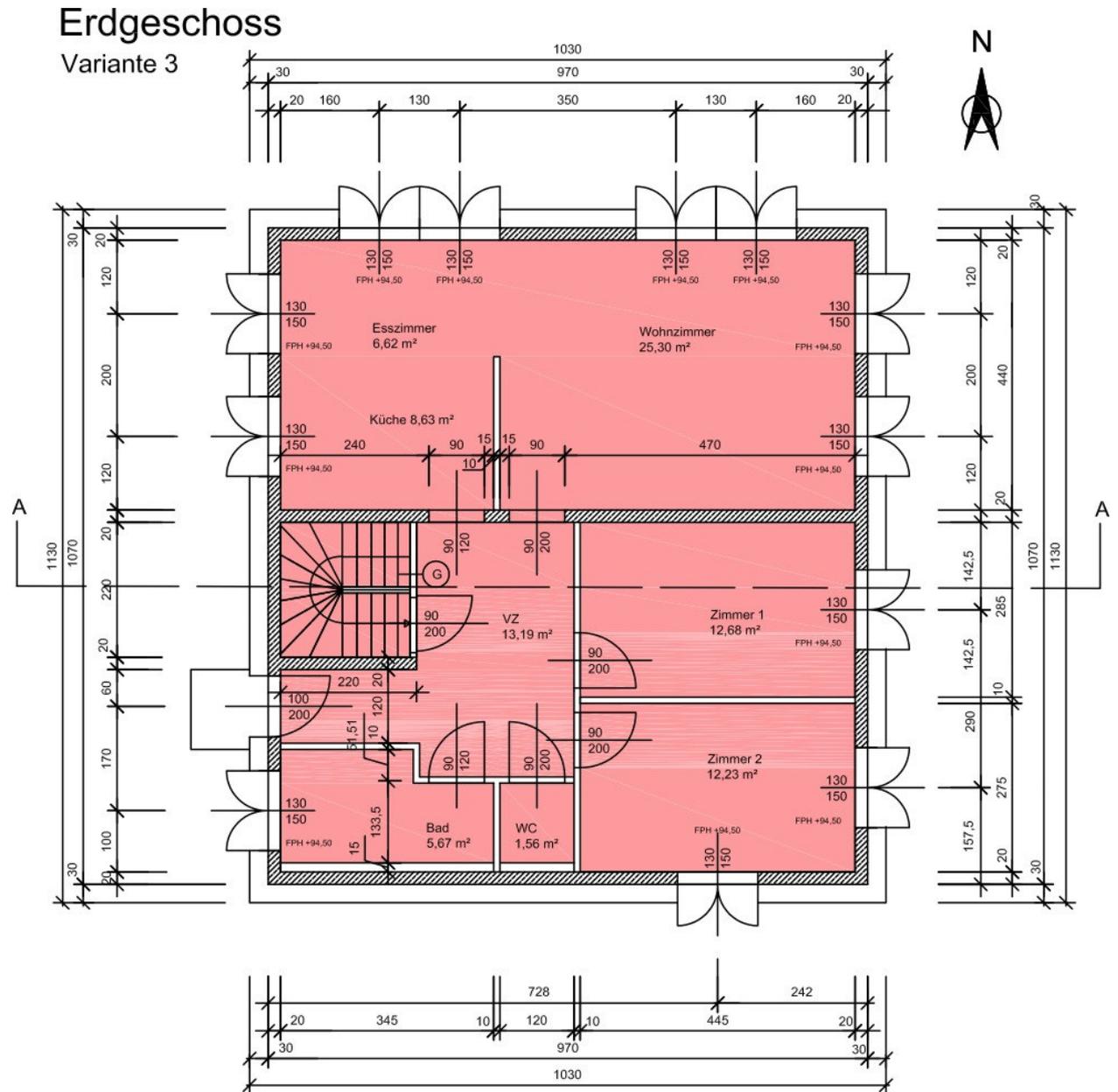


# SCHNITT A-A

## Variante 2



2.2.4 Variante 3 „40 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Keller



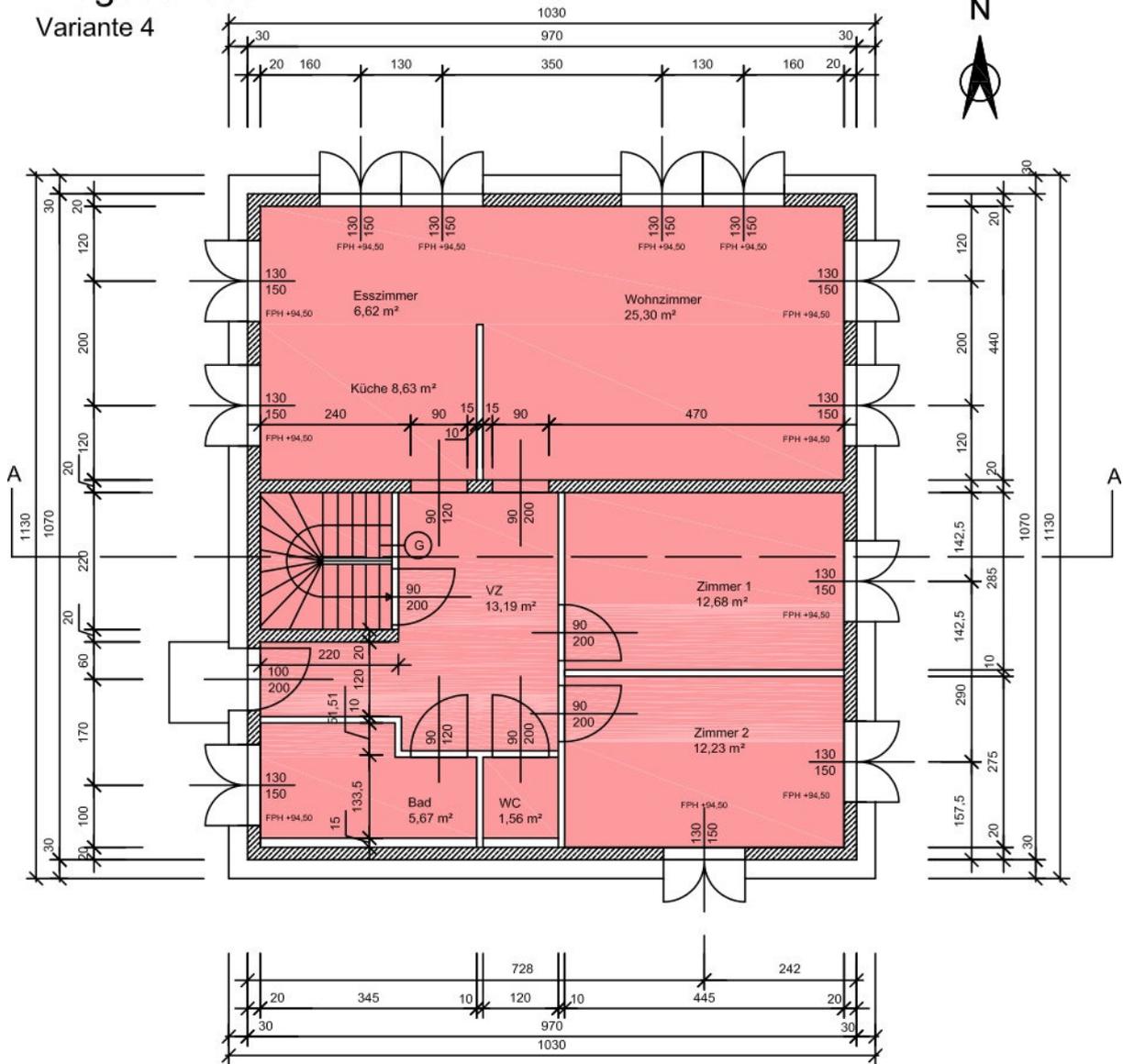




2.2.5 Variante 4 „40 kWh-Haus“ – gedämmter Keller

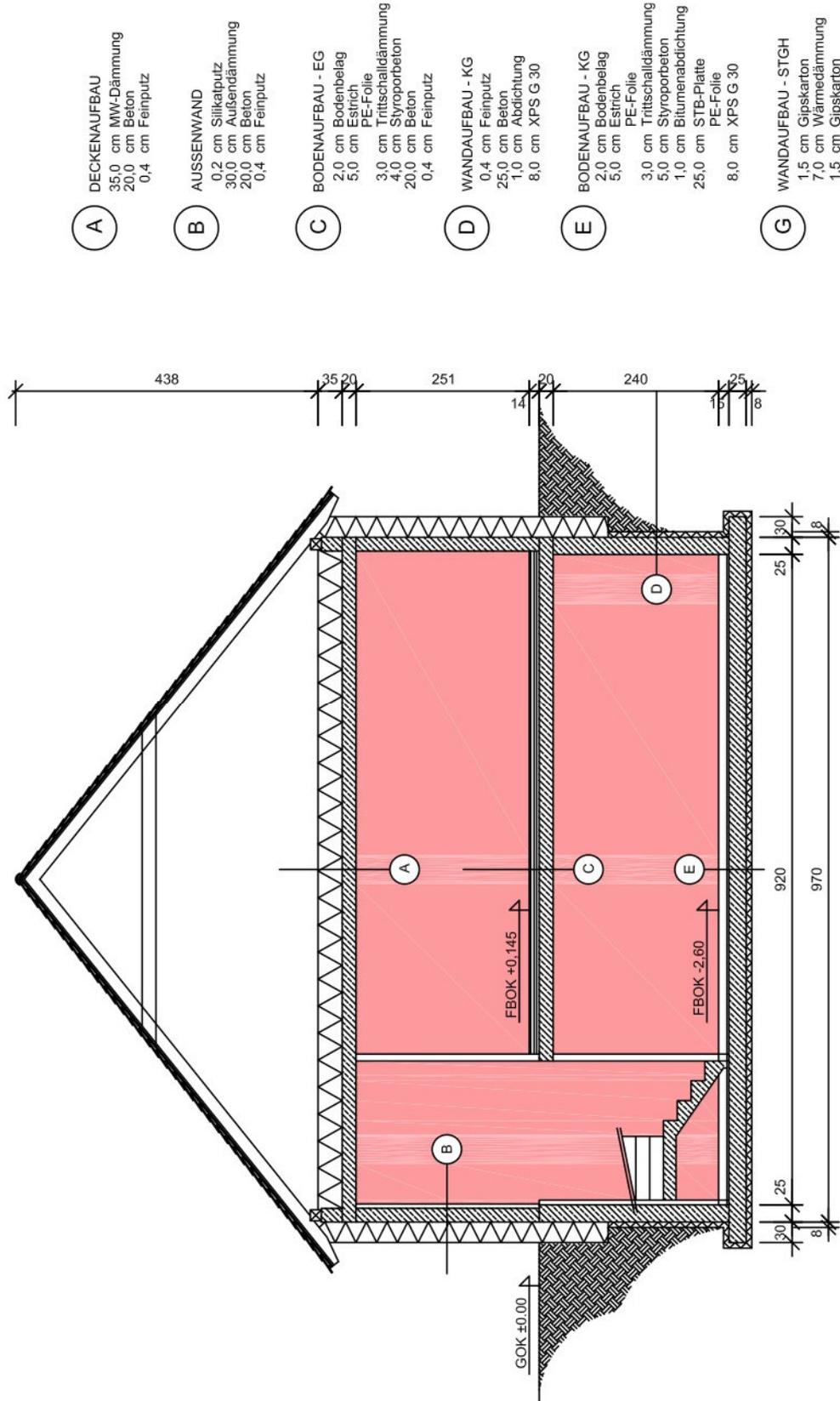
Erdgeschoss

Variante 4

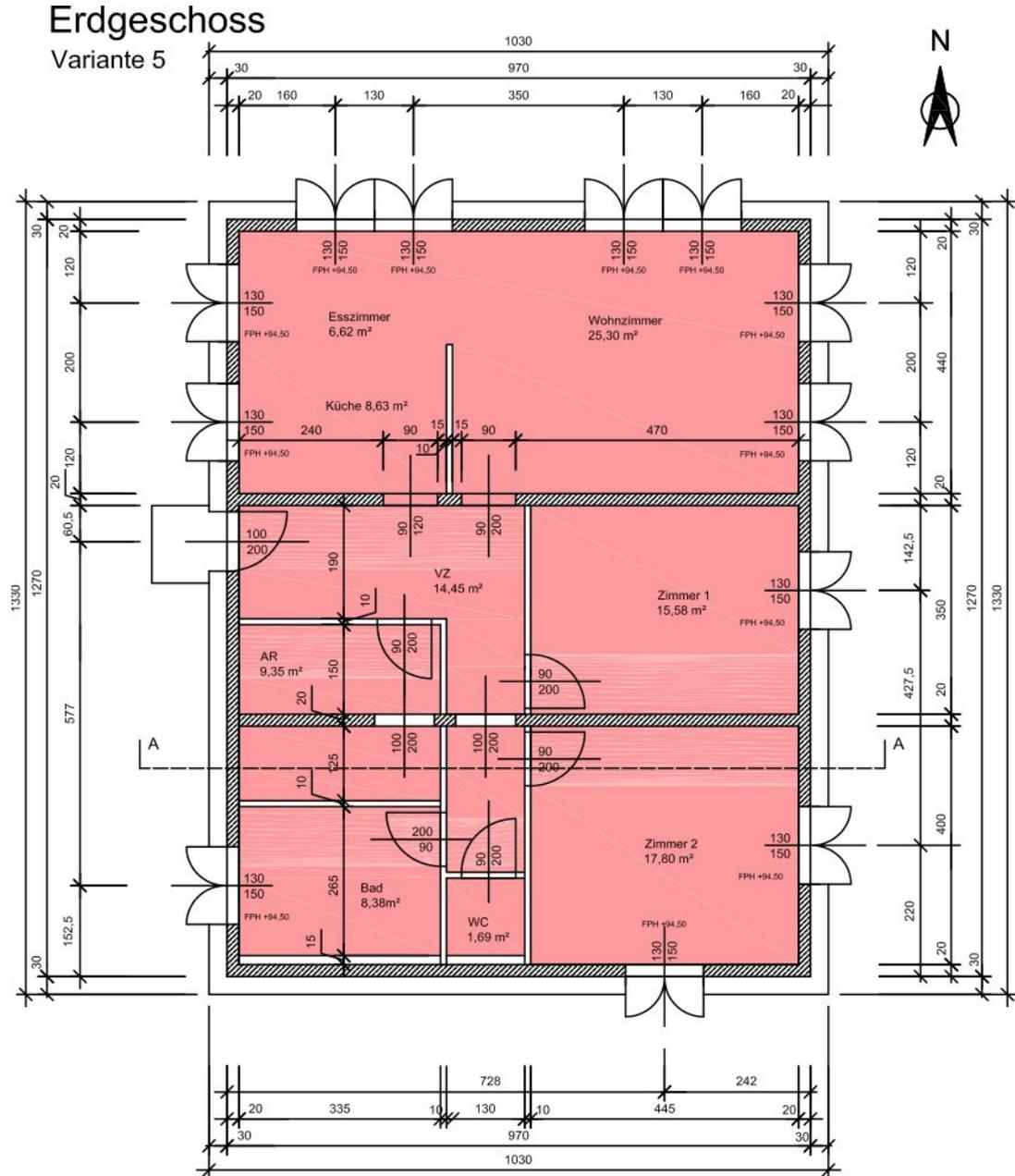




**SCHNITT A-A**  
Variante 4

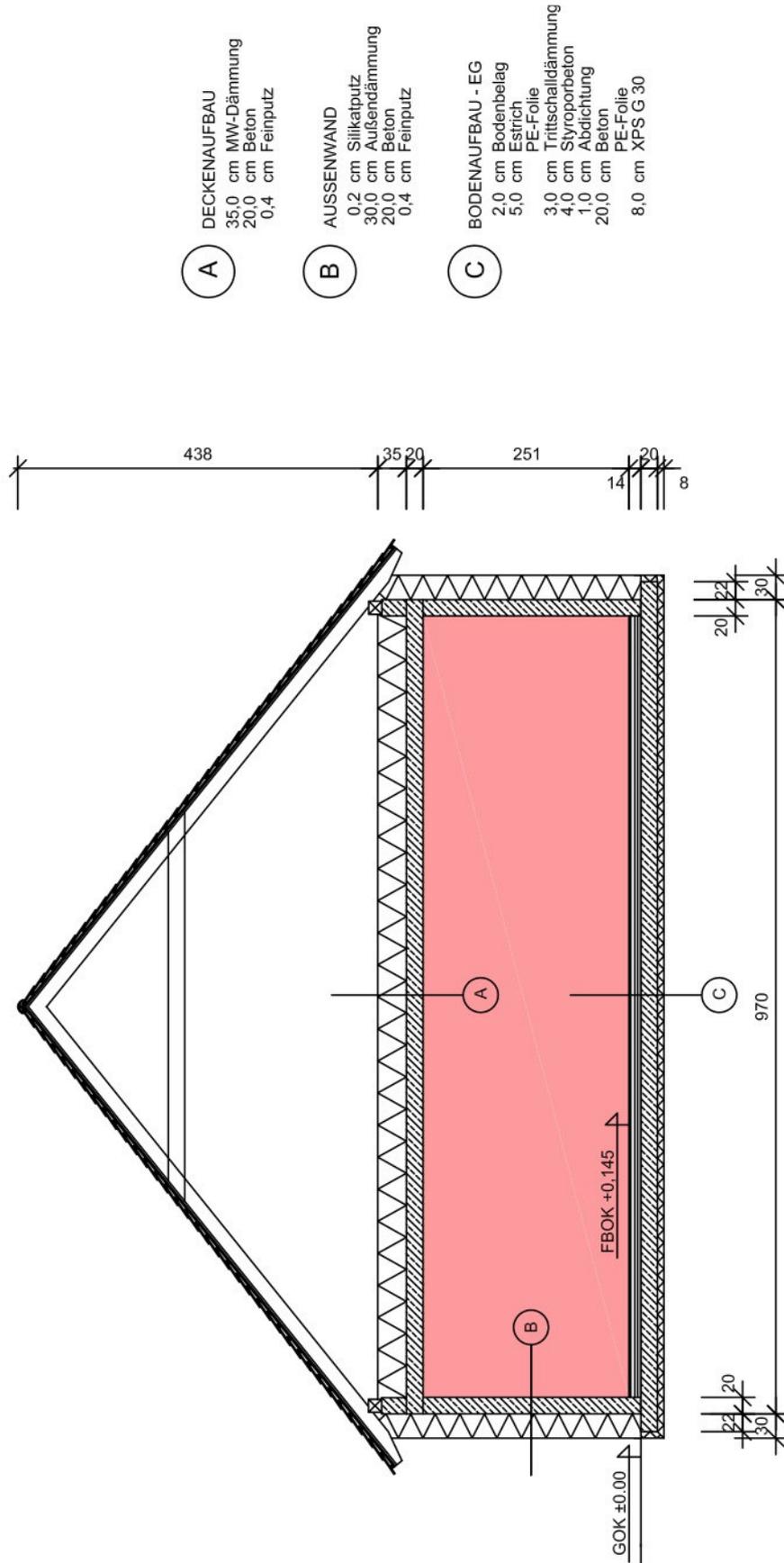


2.2.6 Variante 5 „40 kWh-Haus“ – Bodenplatte statt Keller

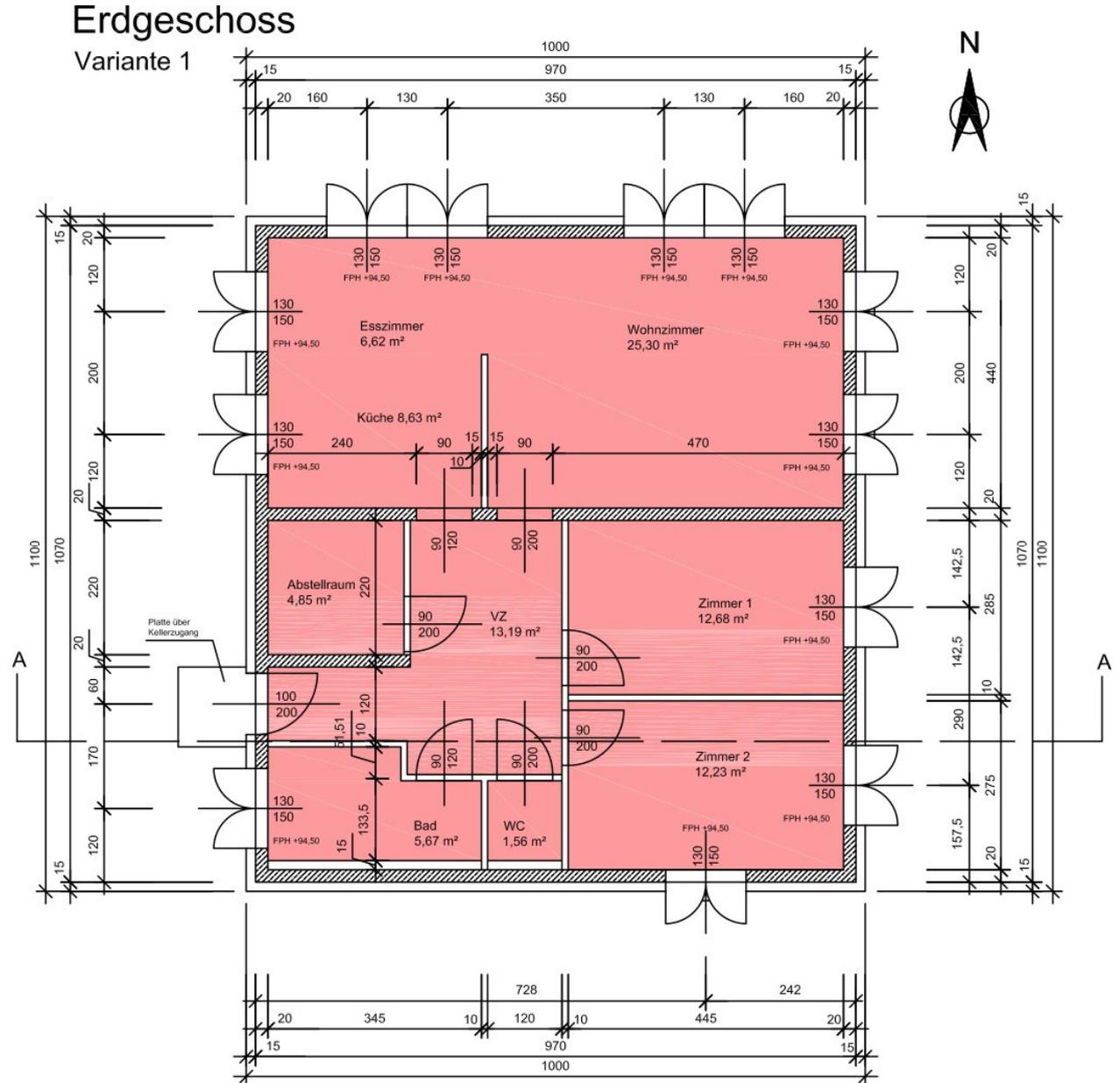


# Schnitt A-A

Variante 5

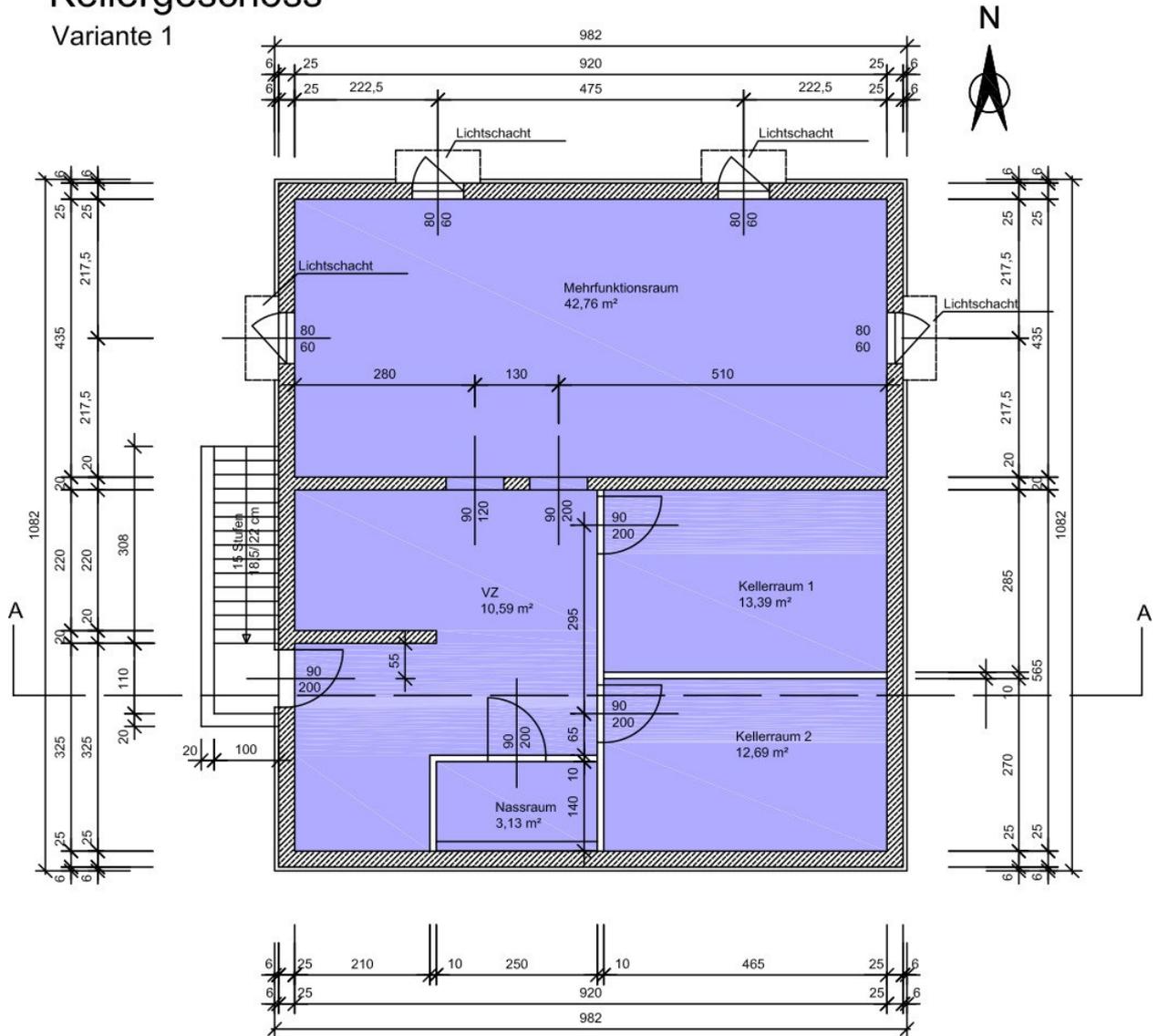


2.2.7 Variante 1 „60 kWh-Haus“ – ungedämmter Keller

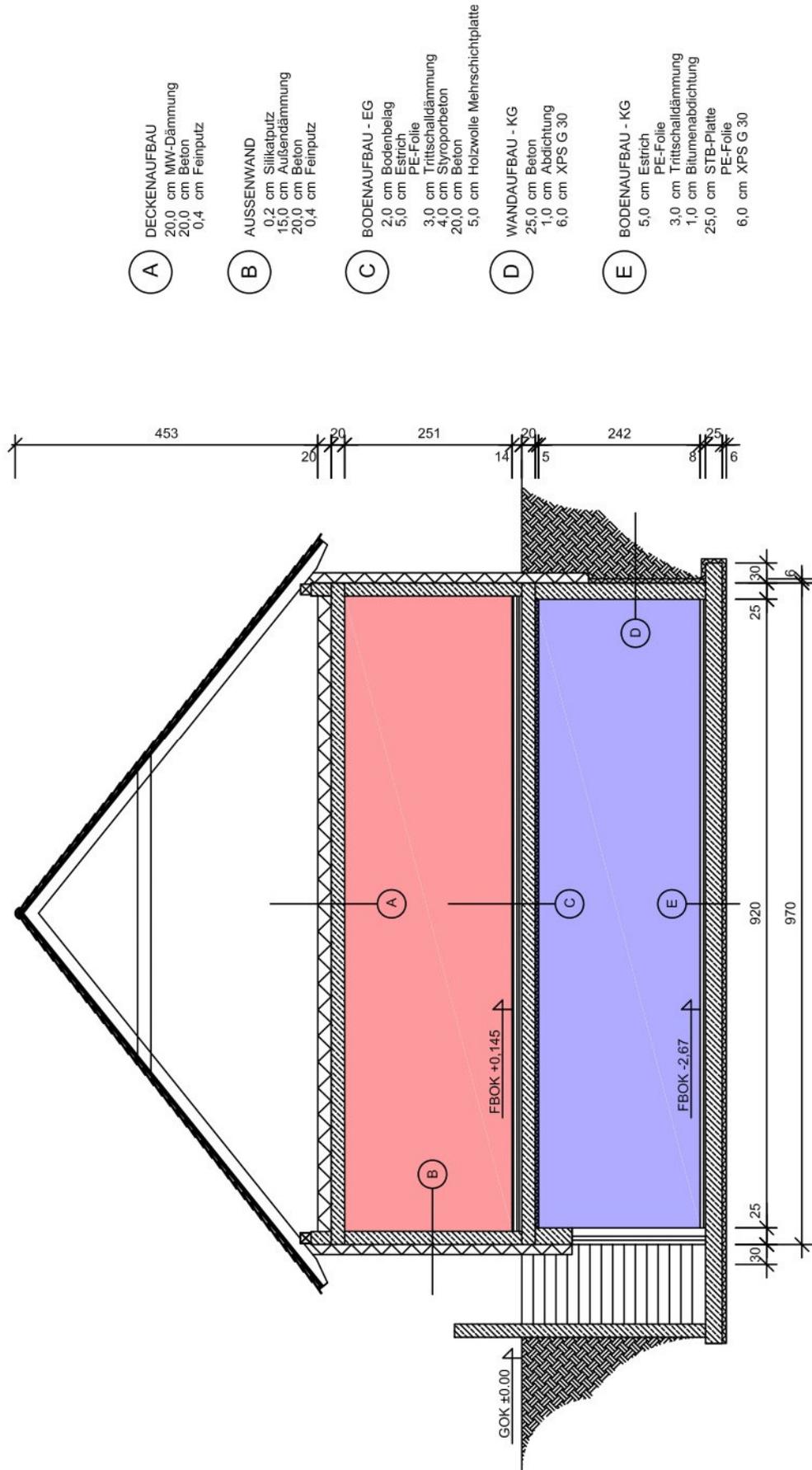


# Kellergeschoss

Variante 1



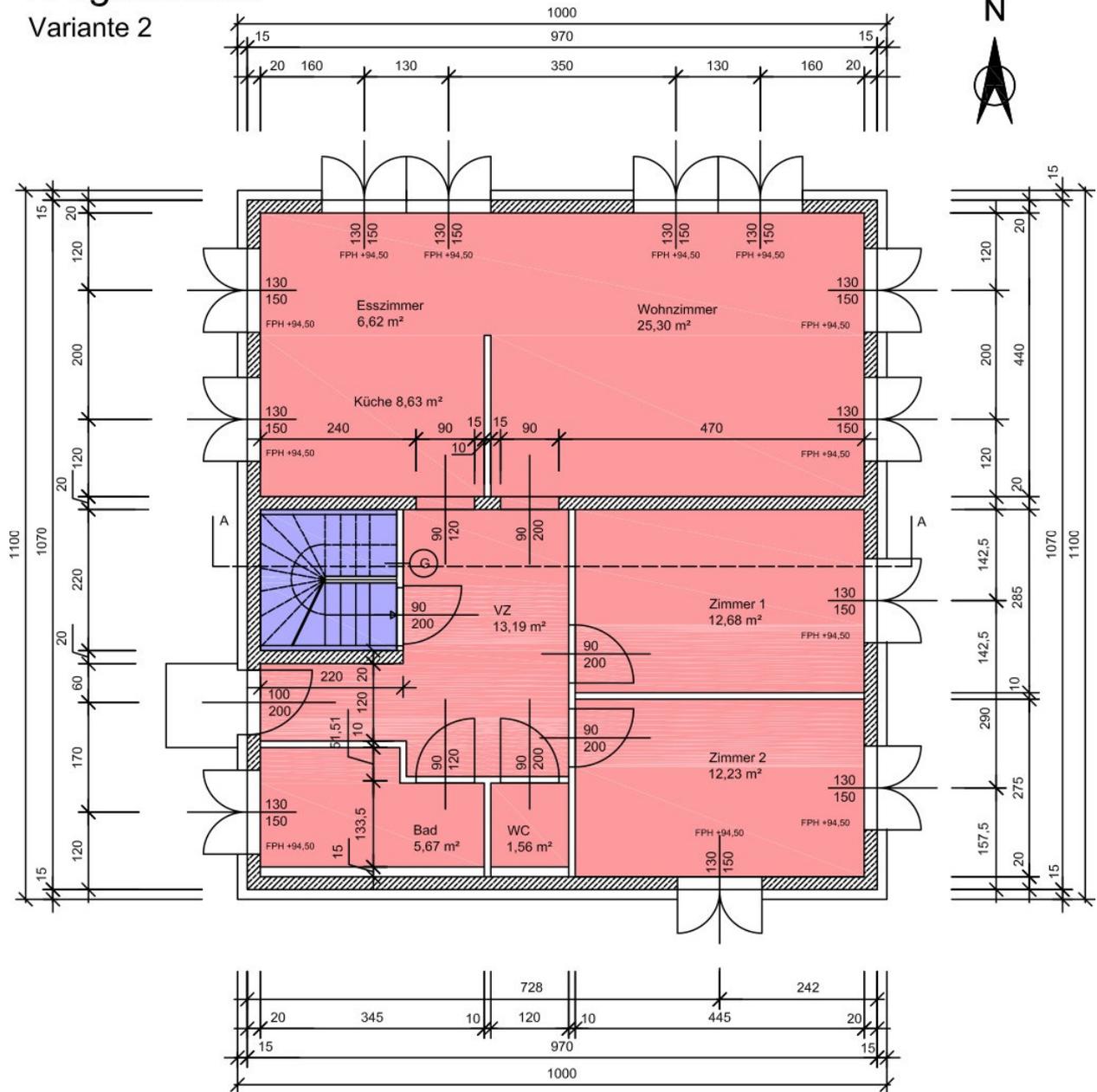
**SCHNITT A-A**  
Variante 1



## 2.2.8 Variante 2 „60 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Erdgeschoss

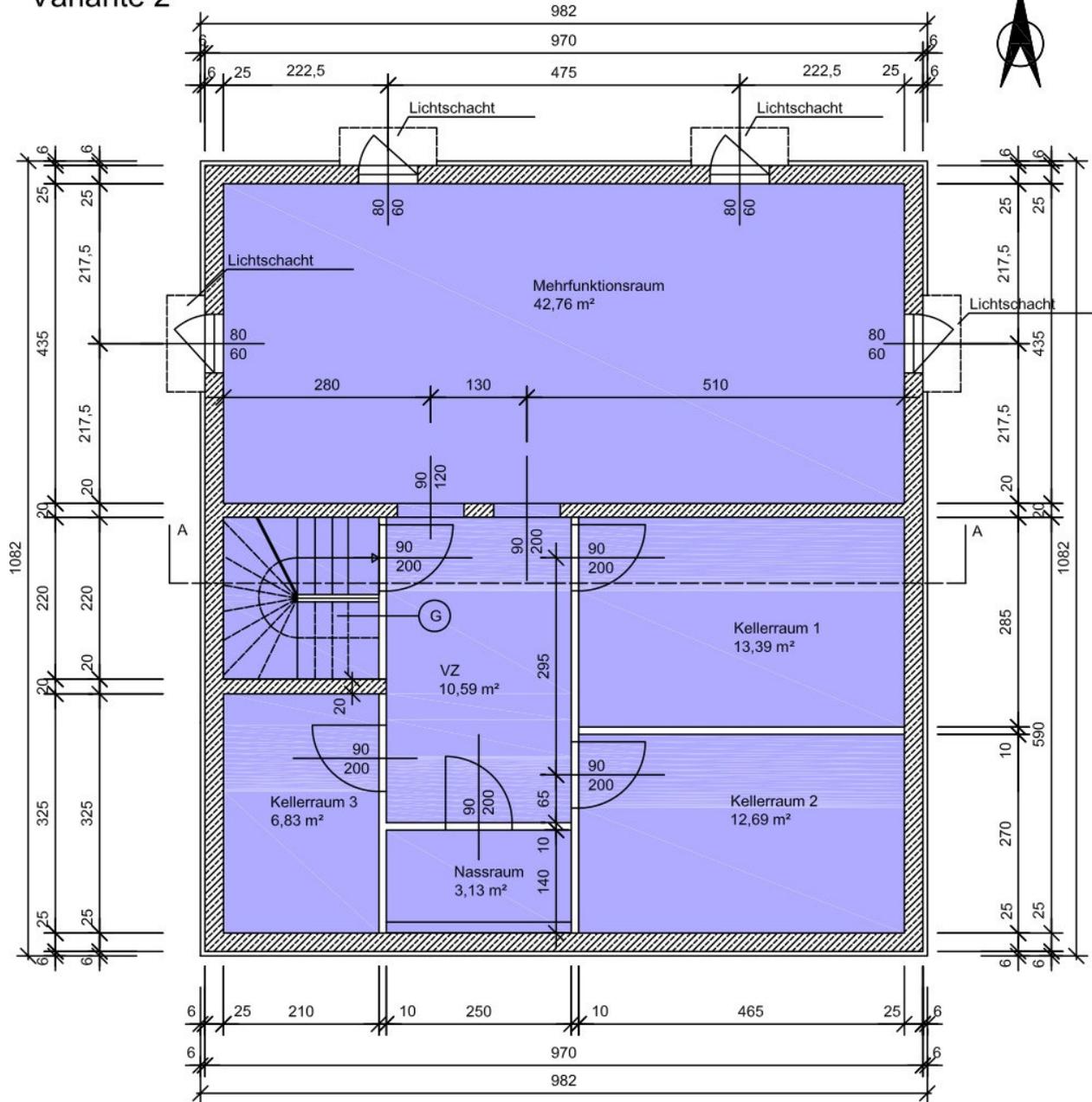
### Erdgeschoss

Variante 2



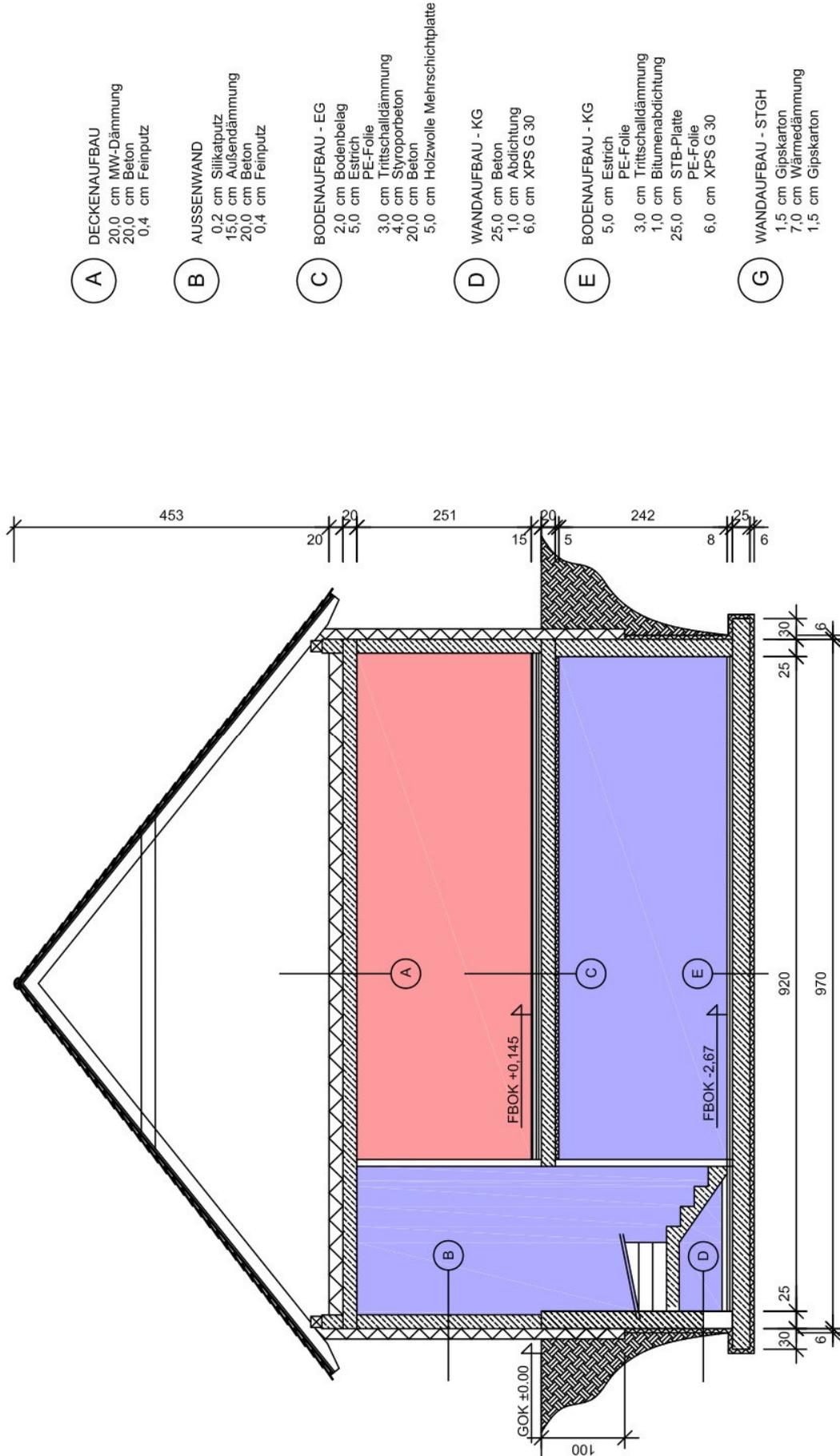
# Kellergeschoss

## Variante 2

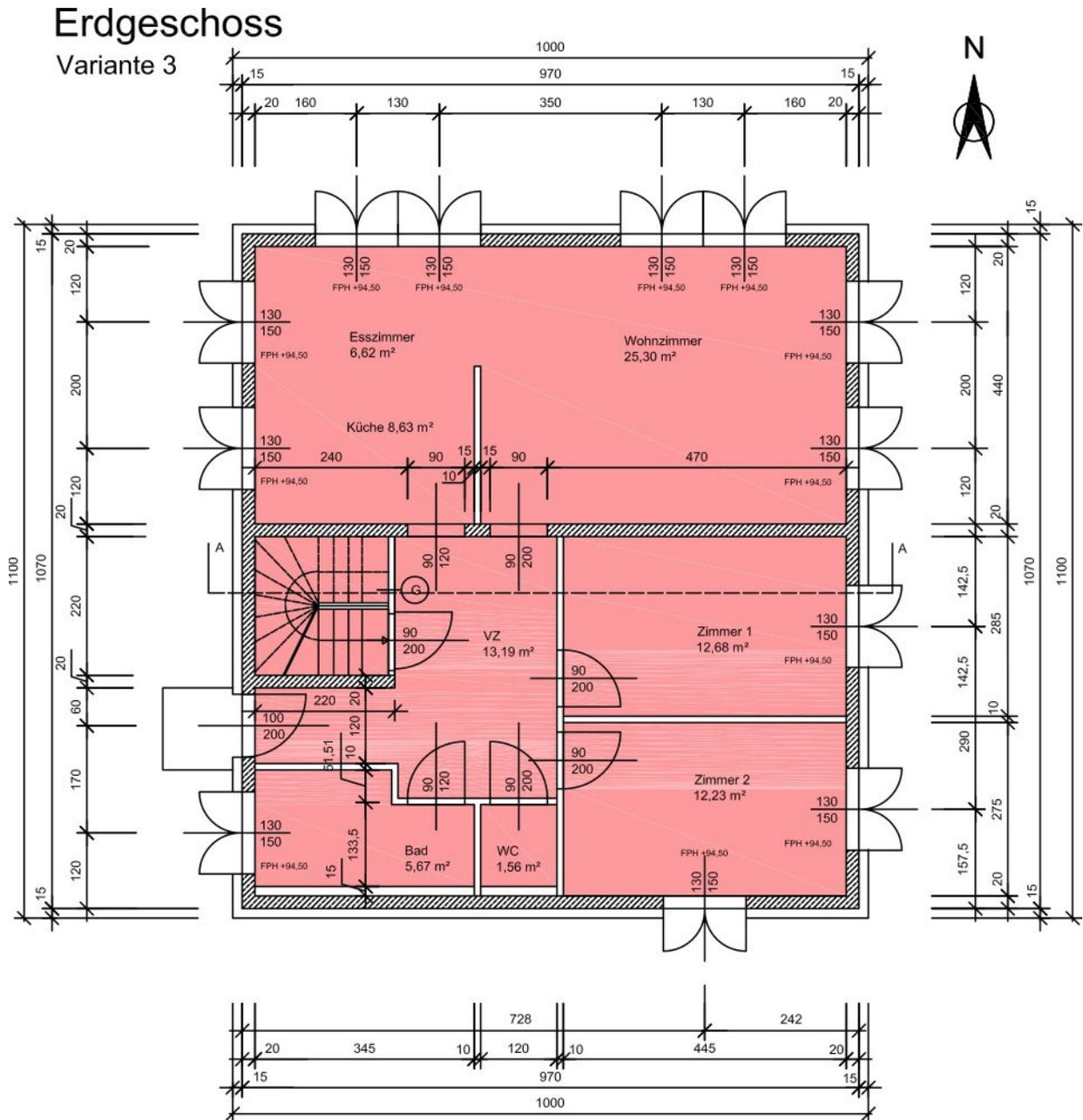


# Schnitt A-A

## Variante 2

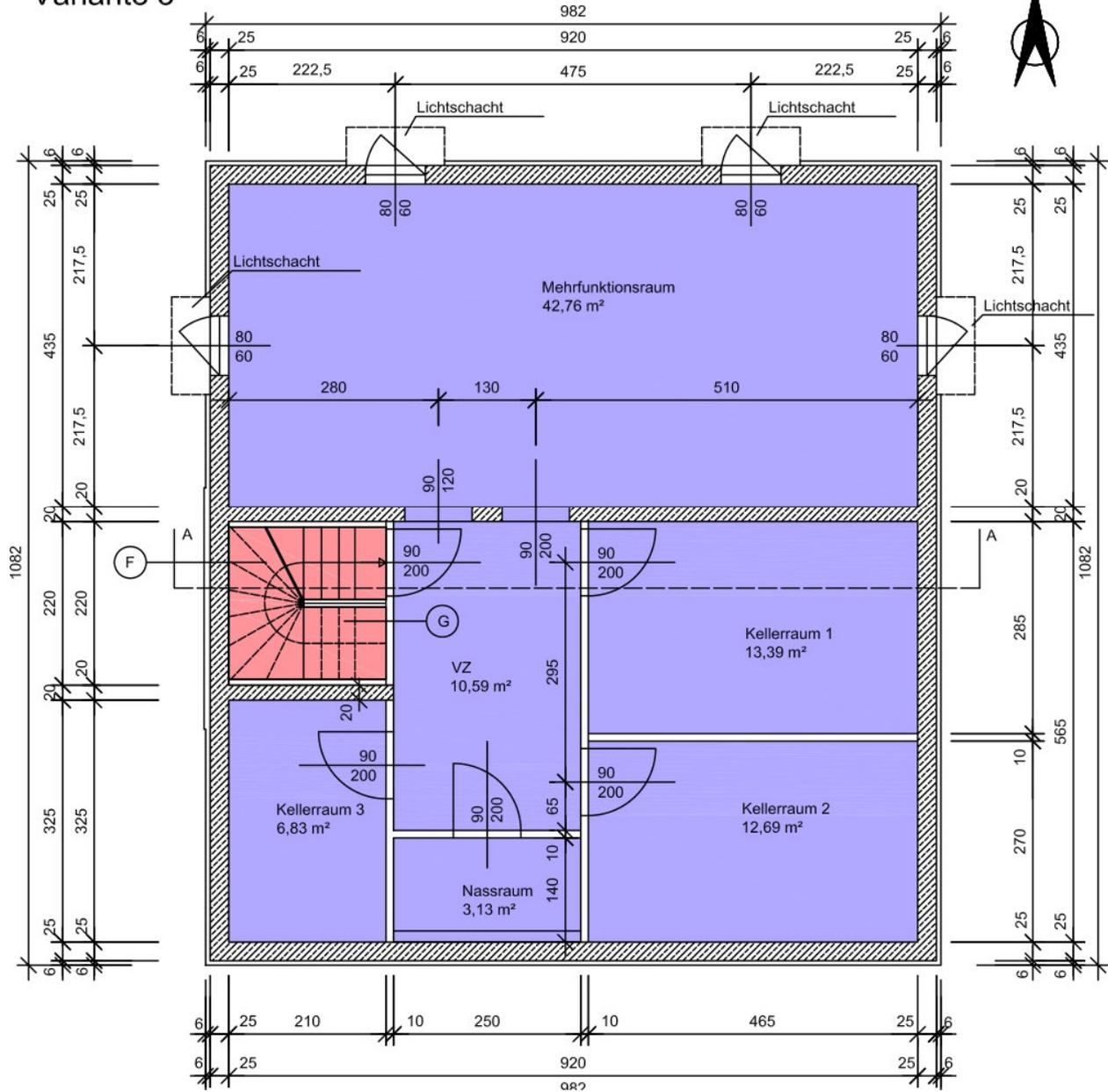


## 2.2.9 Variante 3 „60 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Keller



# Kellergeschoss

## Variante 3

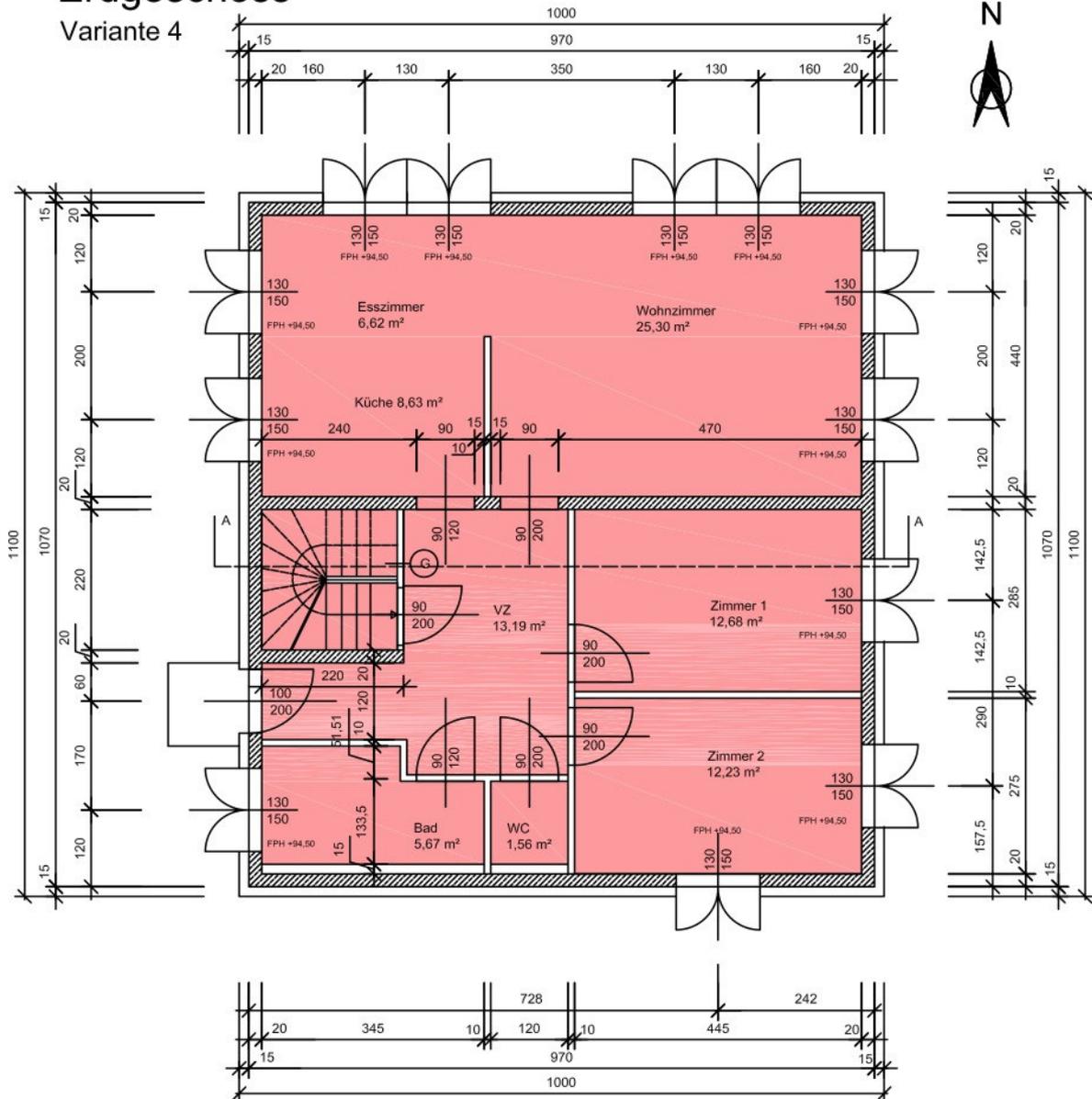




2.2.10 Variante 4 „60 kWh-Haus“ – gedämmter Keller

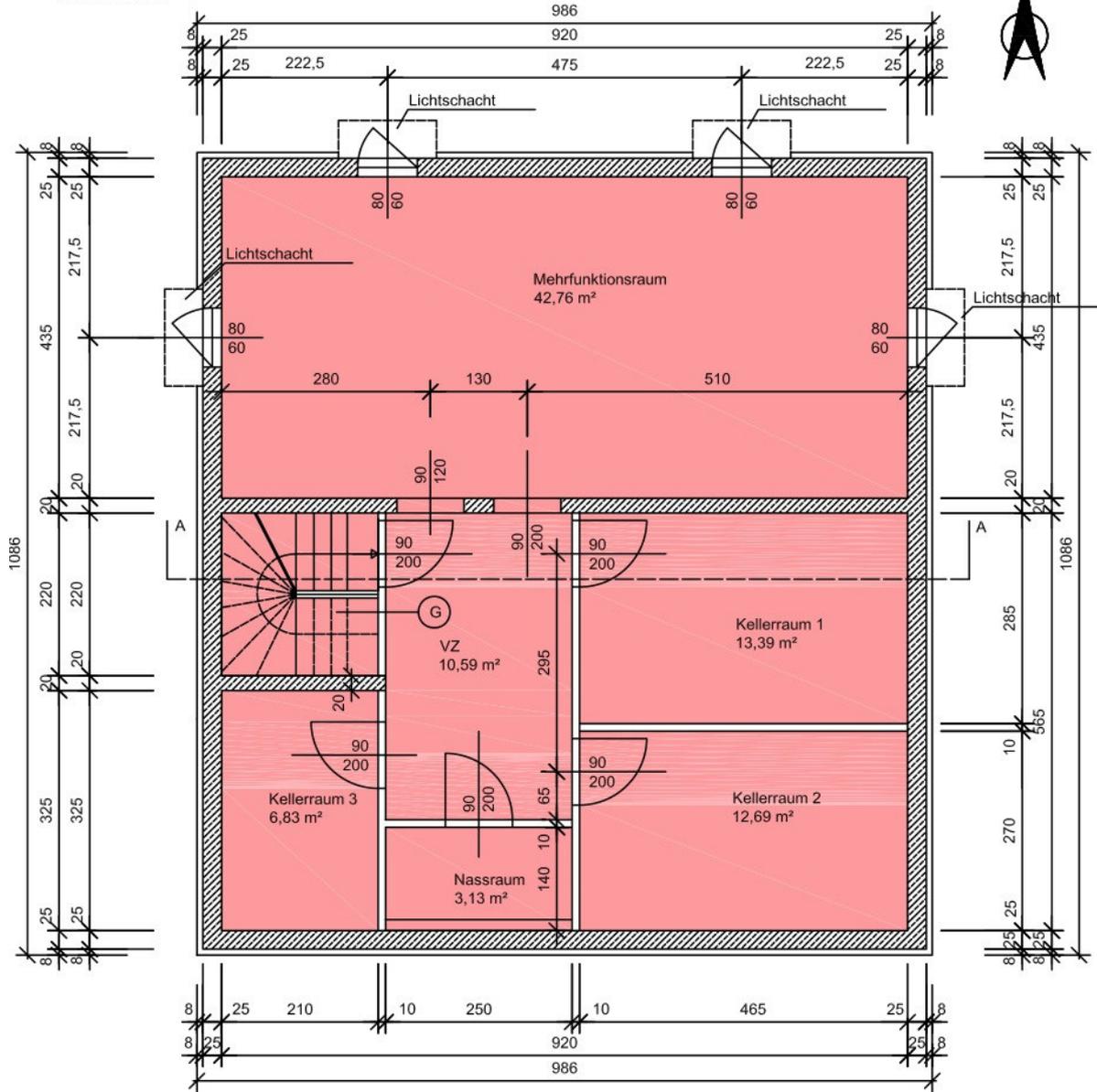
Erdgeschoss

Variante 4



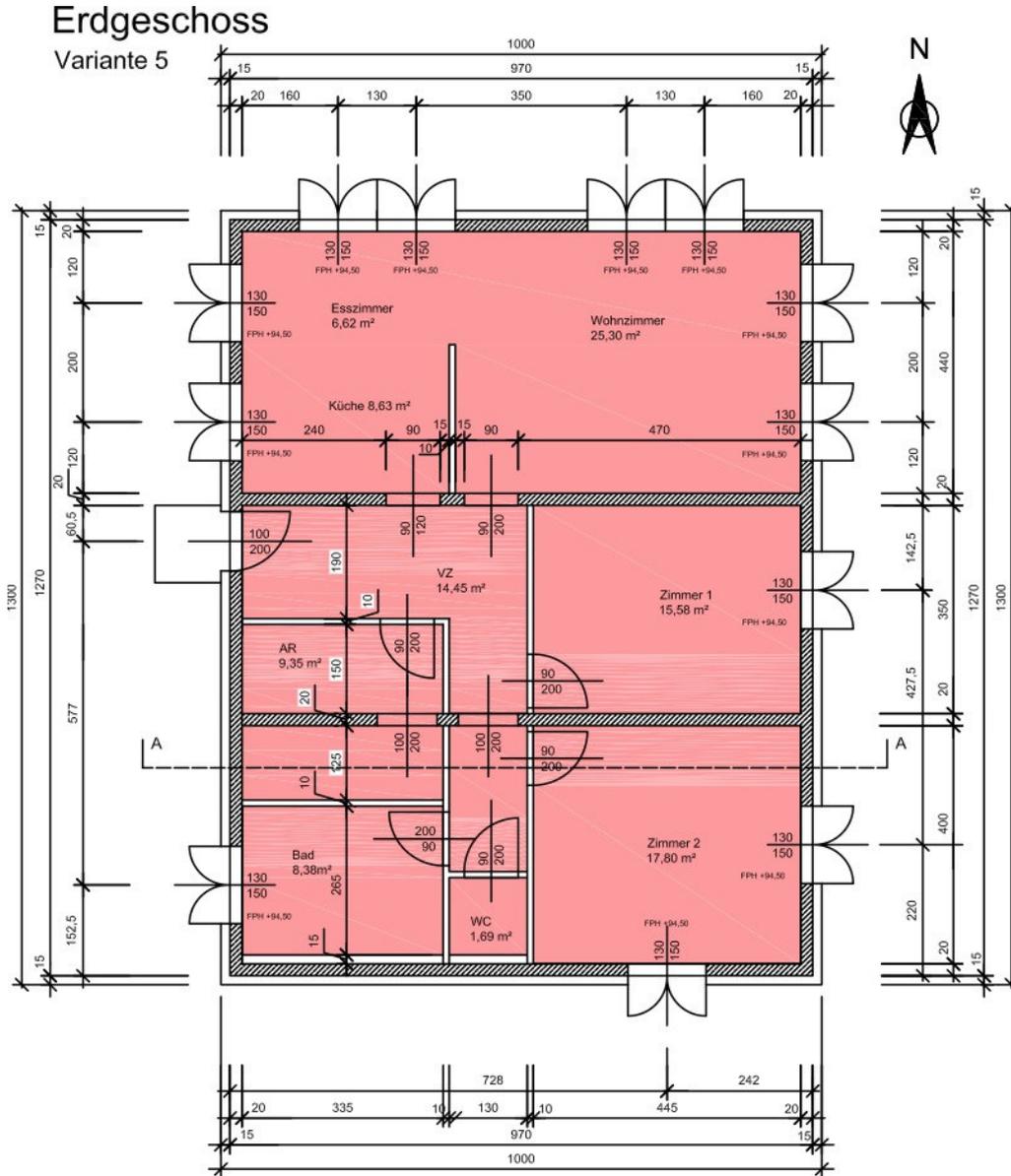
# Kellergeschoss

## Variante 4



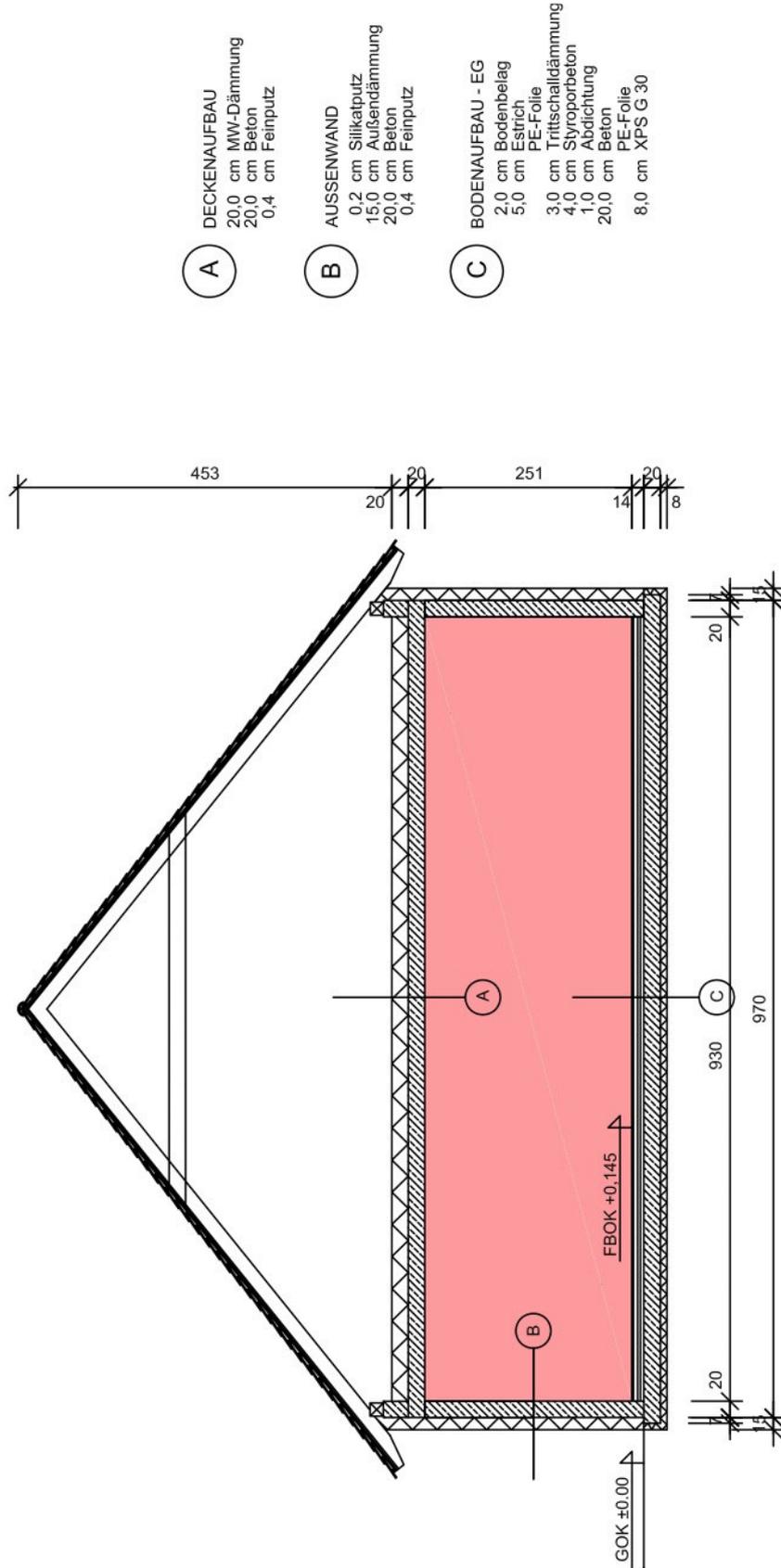


2.2.11 Variante 5 „60 kWh-Haus“ – Bodenplatte statt Keller



# Schnitt A-A

## Variante 5



### 3 Bauphysikalische Berechnungen

#### 3.1 Klima für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs

Den Berechnungen gemäß ÖN EN 832, ÖN EN ISO 13370 und ÖN B 8110 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

- 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 1: Globalstrahlungssummen in kWh/m<sup>2</sup>

- Innentemperatur: 20 °C

#### 3.2 Klima für die Nachweise Dampfdiffusions- und Kondensationsschutz

- Klima gem. ÖN B 8110-2 für den angegebenen Standort bei Normberechnungen bzw. Berechnungen nach Punkt 3.4 für Nachweise außerhalb der Normklimabedingungen (kalter Keller).

#### 3.3 Materialien

Alle Daten sind Herstellerangaben bzw. Normen entnommen.

### 3.3.1 Baustoffe

Für die Berechnungen wurden Baustoffe mit den folgenden Materialeigenschaften verwendet:

Nr.	Baustoffbezeichnung	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	$c$ [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	0.5	100000	1.8
5	Trittschalldämmung	64	0.033	1	1
6	Bitumendichtbahn	1100	0.24	50000	1
7	EPS – F *	18	0.04	60	1.4
8	XPS – G 30 *	35	0.035	150	1.25
9	Holzwohle Mehrschichtpl. WW-MW-WW *	280	0.05	2	1
10	Feinputz	1450	0.8	12	1.13
11	Silikatputz	1800	0.7	37	1.13
12	Mineralwolle MW*	14.5	0.038	1	1.03
13	Holzboden (Fichte)	600	0.14	40	2.1

\* Bezeichnungen gemäß ÖN B 6000

Tabelle 2: Übersicht der verwendeten Baustoffe

### 3.3.2 Erdreich

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

- Kategorie: 2
- Beschreibung: Sand oder Kies
- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ : 2 W/mK
- Volumenbezogene Wärmekapazität  $\rho c$ : 2\*10<sup>6</sup> J/m<sup>3</sup>K

### 3.3.3 Fenster und Türen

Die Angaben beziehen sich sowohl auf das „40 kWh-Haus“, wie auch auf das „60 kWh-Haus“.

- Fenster:
  - beheizte Zone:
    - $U_g = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$
    - $U_f = 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
    - $g = 0.52$
  - unbeheizte Zone
    - $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$
    - $U_f = 1.75 \text{ W/m}^2\text{K}$
    - $g = 0.52$
- Außentüren und Türen zu unbeh. Zonen:
  - $U_D = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 3.4 Ansätze

- Flächen- und Volumenberechnungen gemäß ÖN B 1800

- belüftetes Volumen (netto)

$$V_N = 0.75 \cdot V_B$$

- Glasanteil der Fenster

$$f_g = 0.8$$

- Länge des Glasrandverbundes:

$$l_g = 3 \cdot A_W$$

- Leitwertzuschläge für Wärmebrücken nach dem vereinfachenden Ansatz:

$$L_\psi + L_\chi = 0.2 \cdot \left( 0.75 - \frac{L_e + L_g + L_u}{A_B} \right) \cdot (L_e + L_g + L_u) \geq 0$$

- Luftwechselraten:

unbeheizter Keller

$$n = 0.3 \text{ h}^{-1}$$

beheiztes Volumen:

$$n = 0.4 \text{ h}^{-1}$$

Infiltrationsluftwechsel:

$$n_x = 0.07 \text{ h}^{-1}$$

- kontrollierte Wohnraum Be- und Entlüftung („40 kWh-Haus“)

- effektiver Wirkungsgrad  $\eta_{v,eff}$  des Wärmetauschers

$$\eta_{v,eff} = 78\%$$

- Verschattungsfaktor:

Erdgeschoß

$$f_s = 0.9$$

Kellergeschoß

$$f_s = 0.3$$

- wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad

$$g_w = 0.9 \cdot g$$

- interne Gewinne

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

- Fensterflächen bei allen Varianten gleich groß

- Da für unterkellerte Gebäude nach ÖN EN ISO 13370 die Berücksichtigung einer zusätzlichen Randdämmung im Bereich der Geländeoberkante nicht möglich ist, wurden die gesamten Berechnungen auch für die Variante ohne Keller aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit ohne Randdämmung durchgeführt. Aus bautechnischer Sicht ist bei allen Varianten eine zusätzliche Randdämmung auszuführen, um Frostschäden unmittelbar im Bereich der Geländeoberkante zu vermeiden.

### 3.5 Bauteilaufbauten, Wärme- und Feuchteschutz

Zur Festlegung der Bauteil-Aufbauten wurden folgende Regelwerke bzw. Kriterien berücksichtigt (Aufbauten für alle fünf Varianten siehe 10 „Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilienhäuser“):

- 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 10 „Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilienhäuser“ berücksichtigt sind.
- 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, da im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die Wärmebrücken pauschal im Heizwärmebedarf berücksichtigt sind und nicht einzeln untersucht wurden.
- 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
- 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 3.4 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.
- Die Dimensionierung und die Qualität der Stahlbetondecken und –wände sind beispielhaft, eine Dimensionierung nach statischen Erfordernissen ist in jedem Fall durchzuführen.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse der bauphysikalischen Berechnungen

#### 4.1.1 Heizwärmebedarf

Die Ergebnisse werden sowohl in die einzelnen Varianten, als auch zusätzlich in die zwei verschiedenen Fälle – derzeit in Niederösterreich förderwürdiges Gebäude („40 kWh-Haus“) und Gebäude mit einem energetischen Standard zwischen der niederösterreichischen Bautechnikverordnung und der Wohnbauförderung („60 kWh-Haus“) – aufgliedert.

Mit den unter Punkt 3.4 genannten, teilweise vereinfachenden, Ansätzen wurde für alle fünf Varianten der Heizwärmebedarf (HWB) nach dem Monatsbilanzverfahren gemäß ÖN EN 832 ermittelt (siehe Tabelle 3 und Tabelle 4 bzw. Diagramm 1 und Diagramm 2). Die Varianten 1 bis 4 sind unterkellerte Einfamilienhäuser mit einer Bruttofläche von 110 bzw. 116 m<sup>2</sup>. Die Variante 5 stellt ein nicht unterkellertes Einfamilienhaus mit 130 bzw. 137 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche dar. Die abweichenden Bruttoflächen zwischen Gebäudestandards „40 kWh-Haus“ und „60 kWh-Haus“ sind in der Forderung nach gleichen Nettoflächen begründet. Die zusätzliche Fläche von 20 m<sup>2</sup> bei Variante 5 beruht auf der Annahme, dass Technik- und Abstellräume, die ansonsten im Keller untergebracht werden können, im Erdgeschoss angeordnete werden müssen.

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

Für das „40 kWh-Haus“ ergeben sich folgende Werte aus der HWB-Ermittlung:

Bezeichnung	HWB*	Konditionierte Fläche (brutto)	Wohnnutzfläche (netto, exkl. Keller)	Kellerfläche (netto)	Gesamtnutzfläche (netto)
Variante 1, Keller unbeheizt, von außen begehbar	4195 kWh/a	116,4 m <sup>2</sup>	90,5 m <sup>2</sup>	94,4 m <sup>2</sup>	184,9 m <sup>2</sup>
Variante 2, Keller unbeheizt, über unbeheizte Innenstiege begehbar	4130 kWh/a	111,6 m <sup>2</sup>	85,5 m <sup>2</sup>	89,8 m <sup>2</sup>	175,3 m <sup>2</sup>
Variante 3, Keller unbeheizt, über beheizte Innenstiege begehbar	4334 kWh/a	121,2 m <sup>2</sup>	85,5 m <sup>2</sup>	89,8 m <sup>2</sup>	175,3 m <sup>2</sup>
Variante 4, Keller beheizt, über beheizte Innenstiege begehbar	5929 kWh/a	223,5 m <sup>2</sup>	85,5 m <sup>2</sup>	89,8 m <sup>2</sup>	175,3 m <sup>2</sup>
Variante 5, kein Keller	4508 kWh/a	137,0 m <sup>2</sup> **	107,0 m <sup>2</sup>	0,0 m <sup>2</sup>	107,0 m <sup>2</sup>

\* jährlicher Heizwärmebedarf

\*\* (116,4 m<sup>2</sup> + 20,6 m<sup>2</sup> Abstell- und Technikräume)

Tabelle 3: Übersicht des jährlichen Heizwärmebedarfs für alle fünf Varianten des „40kWh-Hauses“

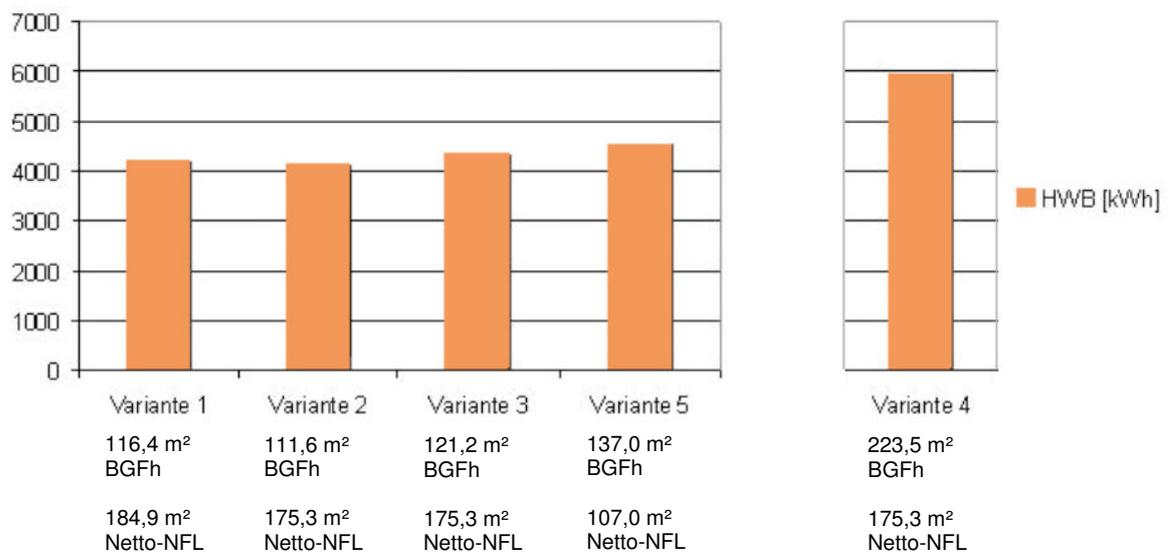


Diagramm 1: Gegenüberstellung des jährlichen Heizwärmebedarfs für alle fünf Varianten des „40kWh-Hauses“

**Die Berechnungen zeigen, dass:**

- die Variante 2 mit der unbeheizten Innenstiege und dem unbeheizten Keller mit 4130 kWh/a den geringsten jährlichen Heizwärmebedarf aufweist.
- die Variante 5 ohne Keller einen um ca. 7% höheren jährlichen HWB (ca. 4500 kWh/a) aufweist, als die drei Varianten mit kaltem Keller im Mittel (ca. 4200 kWh/a).
- Variante 4 den jährlichen HWB von Variante 5 nur um rund 32% übersteigt, dafür aber rund 69% mehr beheizte Bruttogeschossfläche aufweist.

Die HWB-Berechnungen für das „60 kWh-Haus“ liefern folgende Ergebnisse:

Bezeichnung	HWB*	Konditionierte Fläche (brutto)	Wohnnutzfläche (netto, exkl. Keller)	Kellerfläche (netto)	Gesamtnutzfläche (netto)
Variante 1, Keller unbeheizt, von außen begehbar	7899 kWh/a	110,0 m <sup>2</sup>	90,5 m <sup>2</sup>	94,4 m <sup>2</sup>	184,9 m <sup>2</sup>
Variante 2, Keller unbeheizt, über unbeheizte Innenstiege begehbar	7654 kWh/a	105,2 m <sup>2</sup>	85,5 m <sup>2</sup>	89,8 m <sup>2</sup>	175,3 m <sup>2</sup>
Variante 3, Keller unbeheizt, über beheizte Innenstiege begehbar	8072 kWh/a	114,8 m <sup>2</sup>	85,5 m <sup>2</sup>	89,8 m <sup>2</sup>	175,3 m <sup>2</sup>
Variante 4, Keller beheizt, über beheizte Innenstiege begehbar	10987 kWh/a	217,1 m <sup>2</sup>	85,5 m <sup>2</sup>	89,8 m <sup>2</sup>	175,3 m <sup>2</sup>
Variante 5, kein Keller	8937 kWh/a	130,0 m <sup>2**</sup>	107,0 m <sup>2</sup>	0,0 m <sup>2</sup>	107,0 m <sup>2</sup>

\* jährlicher Heizwärmebedarf

\*\* (110,0 m<sup>2</sup> + 20,0 m<sup>2</sup> Abstell- und Technikräume)

Tabelle 4: Übersicht des jährlichen Heizwärmebedarfs für alle fünf Varianten des „60kWh-Hauses“

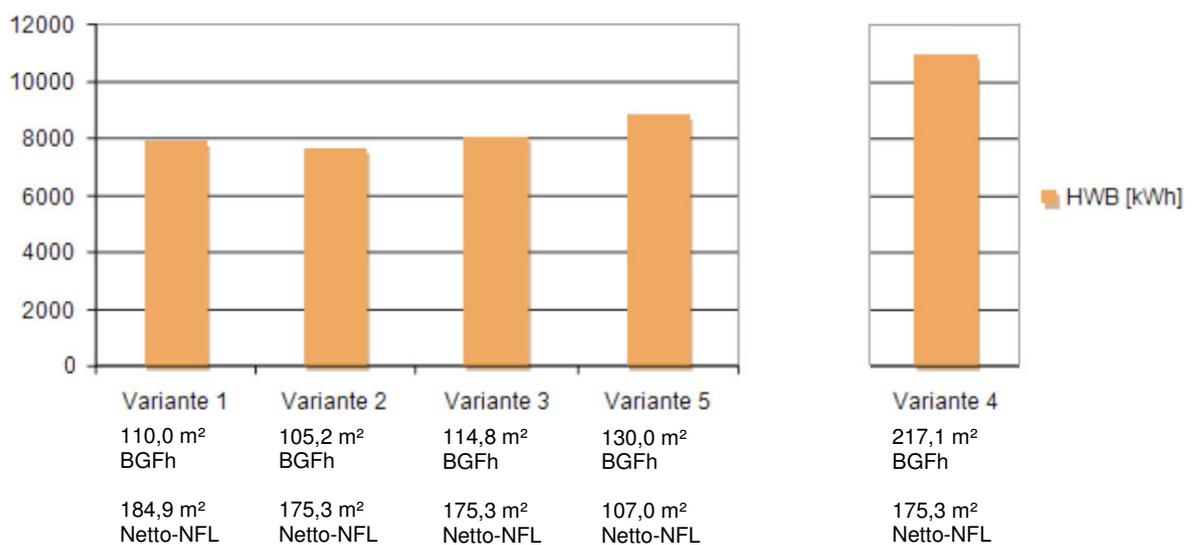


Diagramm 2: Gegenüberstellung des jährlichen Heizwärmebedarfs für alle fünf Varianten des „60kWh-Hauses“

Die Berechnungen zeigen, dass:

- die Variante 2 mit der unbeheizten Innenstiege und dem unbeheizten Keller mit 7654 kWh/a den geringsten jährlichen Heizwärmebedarf aufweist
- die Variante 5 ohne Keller einen um ca. 13% höheren jährlichen HWB (ca. 8900 kWh/a) aufweist, als die drei Varianten mit kaltem Keller im Mittel (ca. 7900 kWh/a)
- Variante 4 den jährlichen HWB von Variante 5 um nur rund 23% übersteigt, dafür aber rund 67% mehr beheizte Bruttogeschoßfläche aufweist.

## 4.1.2 Transmissionswärmeverluste

Die Transmissionswärmeverluste stellen die verlorene Wärme dar, die durch Wärmeleitung über die Gebäudehülle abgegeben wird. Es folgt die Darstellung der Transmissionswärmeverluste im Winter- und Sommerfall für das „40 kWh Haus“:

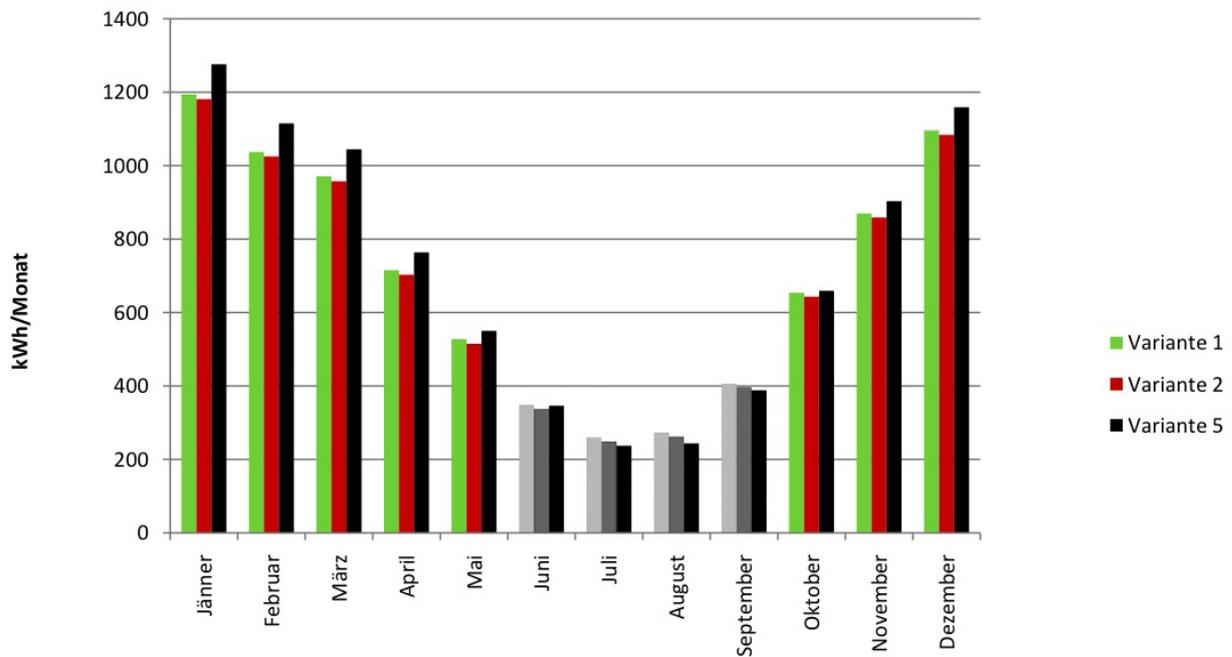


Diagramm 3: Gegenüberstellung des periodischen Verlaufs der Transmissionswärmeverluste am Beispiel von Variante 1 (Keller unbeheizt, von außen begehbar), 2 (Keller unbeheizt, unbeheiztes Stiegenhaus) und 5 (Bodenplatte) in der Heizperiode für das „40 kWh Haus“

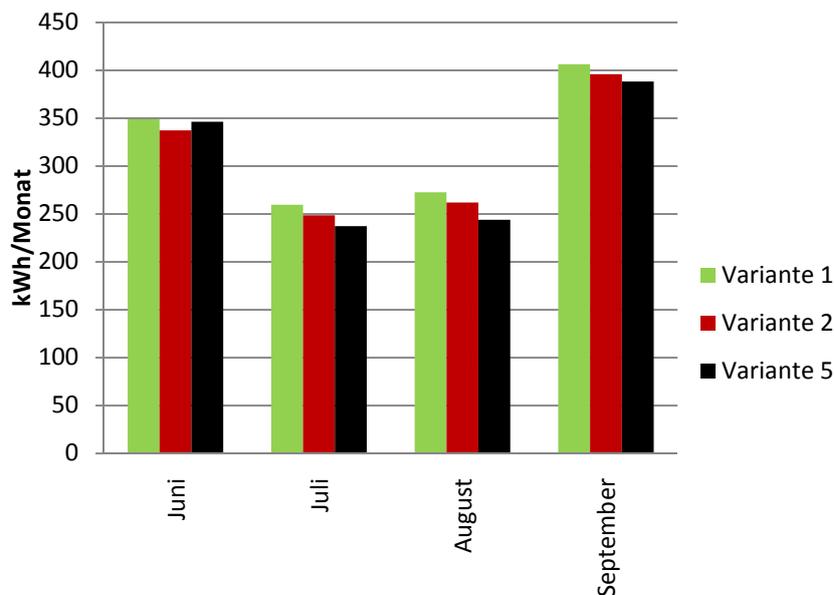


Diagramm 4: Gegenüberstellung des periodischen Verlaufs der Transmissionswärmeverluste am Beispiel von Variante 1 (Keller unbeheizt, von außen begehbar), 2 (Keller unbeheizt, unbeheiztes Stiegenhaus) und 5 (Bodenplatte) in der Sommerperiode für das „40 kWh Haus“

Zum Vergleich, die höheren Transmissionswärmeverluste für das „60 kWh Haus“:

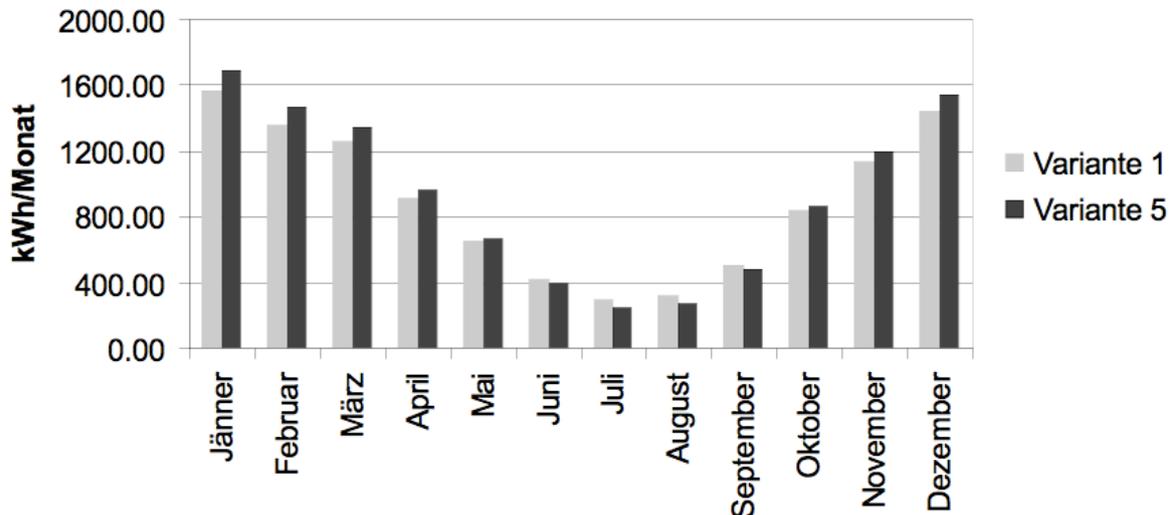


Diagramm 5: Gegenüberstellung des periodischen Verlaufs der Transmissionswärmeverluste am Beispiel von Variante 1 (Keller unbeheizt, von außen begehbar) und 5 (Bodenplatte) für das „60 kWh Haus“

Im Winter müssen hohe Verluste durch solare oder innere Gewinne ausgeglichen werden. Reichen diese Gewinne nicht aus, muss geheizt werden. Im Sommer sind hohe Verluste erwünscht. Für das „40 kWh Haus“ sowie das „60 kWh Haus“ wird am Beispiel von Variante 1 (unbeheizter Keller, von außen begehbar) und Variante 5 (kein Keller) in den Diagrammen 3, 4 und 5 folgendes gezeigt:

#### Verhalten in der Heizperiode:

- Durch die erdanliegenden Bauteile des Kellers wird das angrenzende Erdreich (siehe Kapitel 3.3.2 „Erdreich“) aktiviert und als Pufferspeicher verwendet. Durch die Wirkung als Pufferspeicher verringert sich der abfließende Wärmestrom, was sich positiv auf den HWB auswirkt.
- Das Gebäude ohne Keller weist im Winter höhere Verluste auf, als das Gebäude mit unbeheiztem Keller (z.B. im Jänner um ca. 7% mehr). Im Keller pendelt sich eine konstante Temperatur ein, was sich bauphysikalisch positiv auswirkt.

#### Verhalten in der Sommerperiode:

- Im Sommer wird beim Gebäude mit unbeheiztem Keller mehr Wärme abgegeben als beim Gebäude ohne Keller (z.B. im August ca. 12% mehr).

## 5 Abkürzungen und Formelzeichen

$a_0$	numerischer Parameter für die Berechnung von $a$
$a$	numerischer Parameter für den Ausnutzungsgrad
$A$	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 = $1046.7 \text{ J/kgK}$
$C$	wirksame Wärmespeicherfähigkeit der Temperaturzone in $J/K$
$d$	Schichtdicke in $cm$
$f_g$	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 $m$
$HWB_{BCF}$	jährlicher Heizwärmebedarf pro $m^2$ BGF in $kWh/m^2a$
$I_S$	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 $W/K$

$L_{\psi}$	Leitwertzuschlag für längenbezogene Verlustkoeffizienten in W/K
$L_x$	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
$q_i$	flächenbezogene interne Wärmegewinne in W/m <sup>2</sup>
$Q_g$	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 <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$	innerer Wärmeübergangswiderstand in m <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> K
$U_f$	Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens in W/m <sup>2</sup> K
$U_g$	Wärmedurchgangskoeffizient des Glases in W/m <sup>2</sup> K
$U_{iu}$	Wärmedurchgangskoeffizient der Trennfläche zwischen der beheizten und der unbeheizten Zone in W/m <sup>2</sup> K
$U_{ue}$	Wärmedurchgangskoeffizient der Trennfläche zwischen der unbeheizten Zone und der Außenluft in W/m <sup>2</sup> K
$U_w$	Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters in W/m <sup>2</sup> K
$V_B$	beheiztes Bruttovolumen in m <sup>3</sup>
$V_N$	belüftetes beheiztes Nettovolumen in m <sup>3</sup>
$V_u$	Volumen der unbeheizten Zone in m <sup>3</sup>
$w$	Wanddicke in m
$z$	Höhe des Kellergeschoßes unter der Geländeoberkante in m
$\eta$	Ausnutzungsgrad für die Wärmegewinne
$\gamma$	Wärmegewinn-/Verlustverhältnis
$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit in W/mK
$\psi_{\gamma}$	Korrekturkoeffizient für Wärmebrücken durch den Glasrandverbund in W/mK
$\rho c$	Volumenbezogene Wärmekapazität in J/m <sup>3</sup> K
$\eta_{v, \text{eff}}$	effektiver Wirkungsgrad des Wärmetauschers
$\theta_i$	Innentemperatur in °C
$\theta_a$	Außentemperatur in °C
$\tau$	Gebäudezeitkonstante
$\tau_0$	numerischer Parameter für die Berechnung von $\alpha$

## 6 Literaturverzeichnis

- 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: 1997-01-01
- 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

## 7 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Gegenüberstellung des jährlichen Heizwärmebedarfs für alle fünf Varianten des „40kWh-Hauses“ .....	40
Diagramm 2: Gegenüberstellung des jährlichen Heizwärmebedarfs für alle fünf Varianten des „60kWh-Hauses“ .....	41
Diagramm 3: Gegenüberstellung des periodischen Verlaufs der Transmissionswärmeverluste am Beispiel von Variante 1 (Keller unbeheizt, von außen begehbar), 2 (Keller unbeheizt, unbeheiztes Stiegenhaus) und 5 (Bodenplatte) in der Heizperiode für das „40 kWh Haus“ .....	42
Diagramm 4: Gegenüberstellung des periodischen Verlaufs der Transmissionswärmeverluste am Beispiel von Variante 1 (Keller unbeheizt, von außen begehbar), 2 (Keller unbeheizt, unbeheiztes Stiegenhaus) und 5 (Bodenplatte) in der Sommerperiode für das „40 kWh Haus“ .....	42
Diagramm 5: Gegenüberstellung des periodischen Verlaufs der Transmissionswärmeverluste am Beispiel von Variante 1 (Keller unbeheizt, von außen begehbar) und 5 (Bodenplatte) für das „60 kWh Haus“ .....	43

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Referenzeinfamilienhauses .....	4
--	---

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Globalstrahlungssummen in kWh/m <sup>2</sup> .....	35
Tabelle 2: Übersicht der verwendeten Baustoffe .....	36
Tabelle 3: Übersicht des jährlichen Heizwärmebedarfs für alle fünf Varianten des „40kWh-Hauses“ ..	39
Tabelle 4: Übersicht des jährlichen Heizwärmebedarfs für alle fünf Varianten des „60kWh-Hauses“ ..	41

## 10 Anhang - Bauteilaufbauten der untersuchten Einfamilienhäuser

Variante 1 „40 kWh-Haus“ – ungedämmter Keller:

<b>BT 1 Kellerfußboden</b>								erdberührt
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>	
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Estrich	5	100		1.4		0.036	
2	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
3	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909	
4	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
5	STB-Platte	25	100		2.3		0.109	
6	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.34	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	

<b>BT 2 Kellerwand</b>								erdberührt
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>	
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	STB Wand	25	100		2.3		0.109	
2	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
3	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
4								
5								
6								
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.49	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							außen	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							innen	

<b>BT 3    Decke über KG</b>		Wärmestrom von oben nach unten					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	STB Decke	20	100		2.3		0.087
7	Holzwolle Mehrschichtplatte	7	100		0.05		1.400
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.210
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							3.452
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							3.452
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							3.452
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.29
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	76.50
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	-

<b>BT 4    Außenwand EG</b>		Wärmestrom horizontal					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	30	100		0.04		7.500
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							7.765
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							7.765
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							7.765
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.13
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	282.93

<b>BT 5    Decke über EG</b>		<b>Wärmestrom von unten nach oben</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	35	100		0.038		9.211
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.200
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.11
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	283.15

## Variante 2 „40 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus nur im Erdgeschoss:

<b>BT 1 Kellerfußboden</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$d/\lambda$	
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Estrich	5	100		1.4		0.036	
2	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
3	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909	
4	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
5	STB-Platte	25	100		2.3		0.109	
6	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand $RT'$ in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangswiderstand $RT''$ in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
$RT = (RT' + RT'') / 2$ in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$ in W/m <sup>2</sup> K							0.34	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	

<b>BT 2 Kellerwand</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$d/\lambda$	
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	STB Wand	25	100		2.3		0.109	
2	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
3	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
4								
5								
6								
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand $RT'$ in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangswiderstand $RT''$ in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
$RT = (RT' + RT'') / 2$ in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$ in W/m <sup>2</sup> K							0.49	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	-	

<b>BT 3    Decke über KG</b>		Wärmestrom von oben nach unten					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	STB Decke	20	100		2.3		0.087
7	Holzwolle Mehrschichtplatte	7	100		0.05		1.400
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.210
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							3.452
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							3.452
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							3.452
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.29
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	76.60
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	-

<b>BT 4    Außenwand EG</b>		Wärmestrom horizontal					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	30	100		0.04		7.500
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							7.765
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							7.765
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							7.765
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.13
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	282.93

<b>BT 5    Decke über EG</b>		<b>Wärmestrom von unten nach oben</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	35	100		0.038		9.211
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.200
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.11
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	283.15

<b>BT 6    Wand zum Stiegenhaus</b>		<b>Wärmestrom horizontal</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	8	100		0.04		2.000
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.260
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						2.355
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						2.355
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						2.355
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.42
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	281.78

## Variante 3 „40 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Keller:

<b>BT 1 Kellerfußboden</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Estrich	5	100		1.4		0.036	
2	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
3	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909	
4	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
5	STB-Platte	25	100		2.3		0.109	
6	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand $RT'$ in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangswiderstand $RT''$ in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
$RT = (RT' + RT'') / 2$ in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$ in W/m <sup>2</sup> K							0.34	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	

<b>BT 2 Kellerwand</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	STB Wand	25	100		2.3		0.109	
2	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
3	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
4								
5								
6								
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand $RT'$ in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangswiderstand $RT''$ in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
$RT = (RT' + RT'') / 2$ in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$ in W/m <sup>2</sup> K							0.49	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							außen	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							innen	

<b>BT 3    Decke über KG</b>		Wärmestrom von oben nach unten					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	STB Decke	20	100		2.3		0.087
7	Holzwolle Mehrschichtplatte	7	100		0.05		1.400
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.210
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						3.452
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						3.452
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						3.452
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.29
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	76.50
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	-

<b>BT 4    Außenwand EG</b>		Wärmestrom horizontal					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	30	100		0.04		7.500
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.170
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						7.765
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						7.765
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						7.765
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.13
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					außen	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					innen	282.93

<b>BT 5    Decke über EG</b>		<b>Wärmestrom von unten nach oben</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	35	100		0.038		9.211
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.200
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.11
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	283.15

<b>BT 6    KW zum Stiegenhaus</b>		<b>Wärmestrom horizontal</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	8	100		0.04		2.000
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.260
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						2.355
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						2.355
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						2.355
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.42
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					außen	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					innen	281.78

## Variante 4 „40 kWh-Haus“ – gedämmter Keller:

<b>BT 1 Kellerfußboden</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$d/\lambda$	
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143	
2	Estrich	5	100		1.4		0.036	
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909	
5	Styroporbeton	5	100		0.06		0.833	
6	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
7	STB-Platte	25	100		2.3		0.109	
8	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
9	XPS G 30	8	100		0.035		2.286	
Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand $RT'$ in m <sup>2</sup> K/W							2.242	
Wärmedurchgangswiderstand $RT''$ in m <sup>2</sup> K/W							2.242	
$RT = (RT' + RT'') / 2$ in m <sup>2</sup> K/W							2.242	
Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$ in W/m <sup>2</sup> K							0.45	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	76.78	

<b>BT 2 Kellerwand</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$d/\lambda$	
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005	
2	STB Wand	25	100		2.3		0.109	
3	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
4	XPS G 30	8	100		0.035		2.286	
5								
6								
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände $R_{si} + R_{se}$ in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand $RT'$ in m <sup>2</sup> K/W							2.611	
Wärmedurchgangswiderstand $RT''$ in m <sup>2</sup> K/W							2.611	
$RT = (RT' + RT'') / 2$ in m <sup>2</sup> K/W							2.611	
Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$ in W/m <sup>2</sup> K							0.38	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	269.25	

<b>BT 3    Decke über KG</b>		Wärmestrom von oben nach unten					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	STB Decke	20	100		2.3		0.087
7	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.200
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.047
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.047
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.047
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.49
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	76.50
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	281.20

<b>BT 4    Außenwand EG</b>		Wärmestrom von innen nach außen					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	30	100		0.04		7.500
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							7.765
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							7.765
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							7.765
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.13
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	282.93

<b>BT 5    Decke über EG</b>		<b>Wärmestrom von unten nach oben</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	35	100		0.038		9.211
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.200
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.11
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	283.86

Variante 5 „40 kWh-Haus“ – 130m<sup>2</sup> Bodenplatte statt Keller:

<b>BT 1 Bodenplatte EG</b>		erdberührt					
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	λ 1	λ 2	d/λ
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.13		0.154
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	Bitumenbahn	1	100		0.23		0.043
7	STB Platte	20	100		2.3		0.087
8	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
9	XPS G 30	8	100		0.035		2.286
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							4.352
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							4.352
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							4.352
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.23
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	73.22

<b>BT 2 Außenwand EG</b>		Wärmestrom horizontal					
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	λ 1	λ 2	d/λ
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	30	100		0.04		7.500
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							7.765
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							7.765
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							7.765
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.13
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	282.93

<b>BT 3    Decke über EG</b>		<b>Wärmestrom von unten nach oben</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	35	100		0.038		9.211
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.200
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						9.502
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.11
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	283.86

## Variante 1 „60 kWh-Haus“ – ungedämmter Keller:

<b>BT 1 Kellerfußboden</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Estrich	5	100		1.4		0.036	
2	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
3	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909	
4	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
5	STB-Platte	25	100		2.3		0.109	
6	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.34	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	

<b>BT 2 Kellerwand</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	STB Wand	25	100		2.3		0.109	
2	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
3	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
4								
5								
6								
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.49	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							innen	-

<b>BT 3    Decke über KG</b>		Wärmestrom von oben nach unten					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	STB Decke	20	100		2.3		0.087
7	Holzwolle Mehrschichtplatte	5	100		0.05		1.000
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.210
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							3.052
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							3.052
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							3.052
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.33
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	76.50
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	-

<b>BT 4    Außenwand EG</b>		Wärmestrom horizontal					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	15	100		0.04		3.750
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							4.015
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							4.015
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							4.015
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.25
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	282.70

<b>BT 5    Decke über EG</b>		<b>Wärmestrom von unten nach oben</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	20	100		0.038		5.263
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.200
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						5.555
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						5.555
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						5.555
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.18
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	283.04

## Variante 2 „60 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus nur im Erdgeschoss:

<b>BT 1 Kellerfußboden</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Estrich	5	100		1.4		0.036	
2	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
3	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909	
4	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
5	STB-Platte	25	100		2.3		0.109	
6	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.34	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	

<b>BT 2 Kellerwand</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	STB Wand	25	100		2.3		0.109	
2	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
3	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
4								
5								
6								
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.49	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							außen	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							innen	

<b>BT 3    Decke über KG</b>		Wärmestrom von oben nach unten					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	STB Decke	20	100		2.3		0.087
7	Holzwolle Mehrschichtplatte	5	100		0.05		1.000
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.210
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							3.052
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							3.052
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							3.052
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.33
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	76.60
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	-

<b>BT 4    Außenwand EG</b>		Wärmestrom horizontal					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	15	100		0.04		3.750
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							4.015
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							4.015
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							4.015
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.25
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	282.70

<b>BT 5 Decke über EG</b>		Wärmestrom von unten nach oben					
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	20	100		0.038		5.263
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.200
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							5.555
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							5.555
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							5.555
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.18
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	283.04

<b>BT 6 Wand zum Stiegenhaus</b>		Wärmestrom horizontal					
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	8	100		0.04		2.000
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.260
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.355
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.355
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.355
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.42
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	281.78

## Variante 3 „60 kWh-Haus“ – gedämmtes Stiegenhaus im Keller:

<b>BT 1 Kellerfußboden</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Estrich	5	100		1.4		0.036	
2	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
3	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909	
4	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
5	STB-Platte	25	100		2.3		0.109	
6	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.980	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.34	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>							-	

<b>BT 2 Kellerwand</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	STB Wand	25	100		2.3		0.109	
2	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
3	XPS G 30	6	100		0.035		1.714	
4								
5								
6								
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.035	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.49	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	-	

<b>BT 3    Decke über KG</b>		Wärmestrom von oben nach unten					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	STB Decke	20	100		2.3		0.087
7	Holzwolle Mehrschichtplatte	5	100		0.05		1.000
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.210
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						3.052
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						3.052
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						3.052
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.33
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	76.50
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	-

<b>BT 4    Außenwand EG</b>		Wärmestrom horizontal					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	15	100		0.04		3.750
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.170
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						4.015
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						4.015
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						4.015
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.25
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					außen	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					innen	282.70

<b>BT 5 Decke über EG</b>		Wärmestrom von unten nach oben					
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	20	100		0.038		5.263
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.200
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							5.555
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							5.555
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							5.555
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.18
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	283.04

<b>BT 6 KW zum Stiegenhaus</b>		Wärmestrom horizontal					
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	8	100		0.04		2.000
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.260
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.355
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.355
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.355
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.42
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	281.78

## Variante 4 „60 kWh-Haus“ – gedämmter Keller:

<b>BT 1 Kellerfußboden</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143	
2	Estrich	5	100		1.4		0.036	
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909	
5	Styroporbeton	5	100		0.06		0.833	
6	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
7	STB-Platte	25	100		2.3		0.109	
8	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000	
9	XPS G 30	8	100		0.035		2.286	
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.242	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.242	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.242	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.45	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	76.78	

<b>BT 2 Kellerwand</b>								erdberührt
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	$\lambda 1$	$\lambda 2$	d/ $\lambda$	
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005	
2	STB Wand	25	100		2.3		0.109	
3	Bitumendichtbahn	1	100		0.24		0.042	
4	XPS G 30	8	100		0.035		2.286	
5								
6								
7								
8								
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170	
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.611	
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.611	
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.611	
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.38	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-	
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	269.25	

<b>BT 3    Decke über KG</b>		Wärmestrom von oben nach unten					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.14		0.143
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	STB Decke	20	100		2.3		0.087
7	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.200
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							2.047
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							2.047
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							2.047
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.49
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	76.50
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	281.20

<b>BT 4    Außenwand EG</b>		Wärmestrom von innen nach außen					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	15	100		0.04		3.750
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							4.015
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							4.015
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							4.015
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.25
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	282.70

<b>BT 5    Decke über EG</b>		<b>Wärmestrom von unten nach oben</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	20	100		0.038		5.263
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
	Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.200
	Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W						5.555
	Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W						5.555
	RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W						5.555
	Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K						0.18
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					oben	-
	flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>					unten	283.76

Variante 5 „60 kWh-Haus“ – 130m<sup>2</sup> Bodenplatte statt Keller:

<b>BT 1 Bodenplatte EG</b>		erdberührt					
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	λ 1	λ 2	d/λ
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Holzboden	2	100		0.13		0.154
2	Estrich	5	100		1.4		0.036
3	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
4	Trittschalldämmung	3	100		0.033		0.909
5	Styroporbeton	4	100		0.06		0.667
6	Bitumenbahn	1	100		0.23		0.043
7	STB Platte	20	100		2.3		0.087
8	PE Folie	0.02	100		0.5		0.000
9	XPS G 30	8	100		0.035		2.286
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							4.352
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							4.352
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							4.352
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.23
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	73.22

<b>BT 2 Außenwand EG</b>		Wärmestrom horizontal					
Nr.	Schichtaufbau	d	Anteil 1	Anteil 2	λ 1	λ 2	d/λ
	von innen nach außen	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
2	STB Wand	20	100		2.3		0.087
3	EPS-F	15	100		0.04		3.750
4	Silikatputz	0.2	100		0.7		0.003
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.170
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							4.015
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							4.015
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							4.015
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.25
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						außen	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						innen	282.70

<b>BT 3    Decke über EG</b>		<b>Wärmestrom von unten nach oben</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Schichtaufbau</b>	<b>d</b>	<b>Anteil 1</b>	<b>Anteil 2</b>	<b>λ 1</b>	<b>λ 2</b>	<b>d/λ</b>
	von oben nach unten	cm	%	%	W/mK	W/mK	m <sup>2</sup> K/W
1	Mineralwolle	20	100		0.038		5.263
2	STB Decke	20	100		2.3		0.087
3	Feinputz	0.4	100		0.8		0.005
4							
5							
6							
7							
8							
Wärmeübergangswiderstände R <sub>si</sub> + R <sub>se</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.200
Wärmedurchgangswiderstand RT' in m <sup>2</sup> K/W							5.555
Wärmedurchgangswiderstand RT'' in m <sup>2</sup> K/W							5.555
RT = (RT' + RT'') / 2 in m <sup>2</sup> K/W							5.555
Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>i</sub> in W/m <sup>2</sup> K							0.18
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						oben	-
flächenbezogene Speicherwirksame Masse in kg/m <sup>2</sup>						unten	283.76