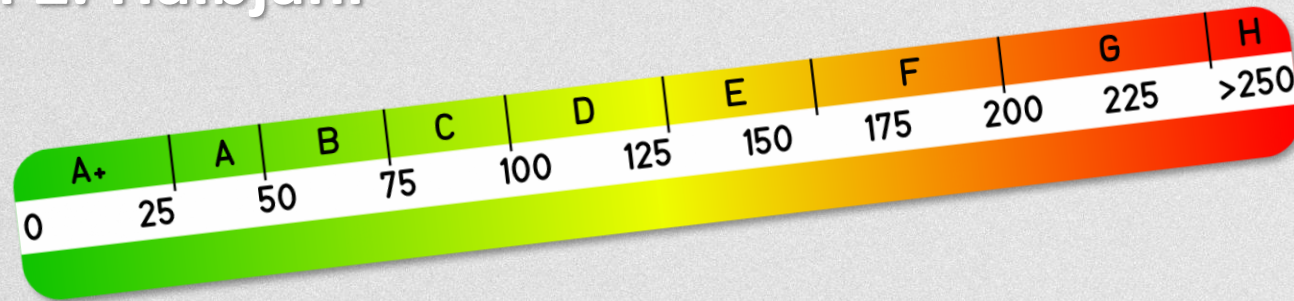




# BG 12 Bautechnik

LK im 2. Halbjahr



## Q2 Leistungskurs

# Energiesparendes Bauen



## Teil 3 : Vorschriften Vereinfachter Nachweis





# Inhalte nach BG Kerncurriculum



Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen



Kerncurriculum  
berufliches Gymnasium

HMKB

Kerncurriculum berufliches Gymnasium

Fachrichtung: Technik  
Schwerpunkt: Bautechnik

Qualifikationsphase (Q1/Q2)

## Bautechnik (LK)

Q2	Energiesparendes Bauen
	<b>Q2.1 Wärmephysikalische Grundlagen</b>
	<b>Q2.2 Bauteilnachweise und Berechnungsverfahren</b>
	<b>Q2.3 Vorschriften</b>
	<b>Q2.4 Projektbezogene Vertiefung</b>
	<b>Q2.5 Ergänzende Nachweisverfahren</b>
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q2.3–Q2.5, durch Erlass festgelegt

k (eGK)	Konstruktionslehre (GK)
Planung	Energietechnik
verfahren	<b>Q1.1 Der Begriff der Energie</b>
iche Planung	<b>Q1.2 Energiesparende Gebäudekonstruktionen</b>
der Ver- und ng	<b>Q1.3 Anlagentechnik</b>
ines ses	Q1.4 Großanlagen
e des	Q1.5 Exkursion
felder Q1.1–Q1.3	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q1.1–Q1.3

Konstruktionslehre (GK)
Bauzeichnen
<b>2.1 Komplexe Objekte</b>
<b>2.2 Bauzeichnungen</b>
<b>2.3 Dachabwicklungen</b>
<b>2.4 Alternative Darstellungsformen</b>
<b>2.5 Gebäudeaufmaß und Skizzen</b>
<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q2.1–Q2.3

Konstruktionslehre (GK)
Bauteilkonstruktionen
<b>Q3.1 Dachkonstruktionen und -aufbauten</b>
<b>Q3.1 Decken</b>





# Inhalte nach BG Kerncurriculum



HMKB	Kerncurriculum berufliches Gymnasium
Fachrichtung: Technik	
Schwerpunkt: Bautechnik	Fach: Bautechnik
Q2: Energiesparendes Bauen (LK)	

## Q2.2 Bauteilnachweise und Berechnungsverfahren

- Materialkennwerte
- Wärmedurchgangsberechnungen
  - homogene Bauteile
  - inhomogene Bauteile
- Temperaturverläufe
  - mathematisches Verfahren
  - zeichnerische Darstellung
  - Taupunktberechnung
- Kenngrößen
  - Wärmegewinne / -verluste
  - Jahresprimärenergiebedarf

HMKB	Kerncurriculum berufliches Gymnasium
Fachrichtung: Technik	
Schwerpunkt: Bautechnik	Fach: Bautechnik

### Q2.2 Bauteilnachweise und Berechnungsverfahren

- Materialkennwerte
- Wärmedurchgangsberechnungen
  - homogene Bauteile
  - inhomogene Bauteile
- Temperaturverläufe
  - mathematisches Verfahren
  - zeichnerische Darstellung
  - Taupunktberechnung
- Kenngrößen
  - Wärmegewinne / -verluste
  - Jahresprimärenergiebedarf

### Q2.3 Vorschriften

- sommerlicher / winterlicher Wärmeschutz
- Anlagentechnik
- Energiebedarfsausweise

### Q2.4 Projektbezogene Vertiefung

- projektbezogene Anwendung an einem überschaubaren Projekt

### Q2.5 Ergänzende Nachweisverfahren

- Luftdichtheit (zum Beispiel Blower-Door-Test)
- Thermographie
- Berechnung Wärmegewinne und Verluste
- Referenzgebäude



# Wochenplanung 2025

## Kalender 2025 Hessen

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1 Mi Neujahr 1	1 Sa	1 Sa	1 Di	1 Do Tag der Arbeit	1 So	1 Di	1 Fr	1 Mo 36	1 Mi	1 Sa Allerheiligen	1 Mo 49
2 Do	2 So	2 So	2 Mi	2 Fr	2 Mo 23	2 Mi	2 Sa	2 Di	2 Do	2 So	2 Di
3 Fr	3 Mo 6	3 Mo Rosenmontag 10	3 Do	3 Sa	3 Di	3 Do	3 So	3 Mi	3 Fr Tag der Dt. Einheit	3 Mo 45	3 Mi
4 Sa	4 Di	4 Di	4 Fr U-Ende Q4	4 So	4 Mi	4 Fr	4 Mo 32	4 Do	4 Sa	4 Di	4 Do
5 So	5 Mi	5 Mi	5 Sa	5 Mo ABI BAU 19	5 Do	5 Sa	5 Di	5 Fr	5 So	5 Mi	5 Fr
6 Mo Hl. Drei Könige 2	6 Do	6 Do	6 So	6 Di FOS BAU	6 Fr Vorlesung FOS	6 So	6 Mi	6 Sa	6 Mo 41	6 Do	6 Sa
7 Di	7 Fr	7 Fr	7 Mo 15	7 Mi	7 Sa	7 Mo 28	7 Do	7 So	7 Di	7 Fr	7 So
8 Mi	8 Sa	8 Sa	8 Di	8 Do	8 So Pfingsten	8 Di	8 Fr	8 Mo 37	8 Mi	8 Sa	8 Mo 50
9 Do	9 So	9 So	9 Mi	9 Fr	9 Mo Pfingstmontag 24	9 Mi	9 Sa	9 Di	9 Do	9 So	9 Di
10 Fr	10 Mo	10 Mo	10 Do	10 Sa	10 Di	10 Do	10 So	10 Mi	10 Fr	10 Mo 46	10 Mi
11 Sa	11 Di	11 Di	11 Fr	11 So Muttertag	11 Mi	11 Fr	11 Mo 33	11 Do	11 Sa	11 Di	11 Do
12 So	12 Mi	12 Mi	12 Sa	12 Mo 20	12 Do	12 Sa	12 Di	12 Fr	12 So	12 Mi	12 Fr
13 Mo 3	13 Do	13 Do	13 So	13 Di	13 Fr U-Ende FOS	13 So	13 Mi	13 Sa	13 Mo 42	13 Do	13 Sa
14 Di	14 Fr	14 Fr	14 Mo 16	14 Mi	14 Sa	14 Mo 29	14 Do	14 So	14 Di	14 Fr	14 So
15 Mi	15 Sa	15 Sa	15 Di	15 Do	15 So	15 Di	15 Fr	15 Mo 38	15 Mi	15 Sa	15 Mo 51
16 Do	16 So	16 So	16 Mi	16 Fr	16 Mo 25	16 Mi	16 Sa	16 Di	16 Do	16 So	16 Di
17 Fr	17 Mo 8	17 Mo 12	17 Do	17 Sa	17 Di	17 Do	17 So	17 Mi	17 Fr	17 Mo 47	17 Mi
18 Sa	18 Di	18 Di	18 Fr Karfreitag	18 So	18 Mi	18 Fr	18 Mo 34	18 Do	18 Sa	18 Di	18 Do
19 So	19 Mi	19 Mi	19 Sa	19 Mo 21	19 Do Fronleichnam	19 Sa	19 Di	19 Fr	19 So	19 Mi	19 Fr
20 Mo 4	20 Do	20 Do	20 So Ostern	20 Di	20 Fr	20 So	20 Mi	20 Sa	20 Mo 43	20 Do	20 Sa
21 Di	21 Fr	21 Fr	21 Mo Ostermontag 17	21 Mi	21 Sa	21 Mo 30	21 Do	21 So	21 Mi	21 Fr	21 So
22 Mi	22 Sa	22 Sa	22 Di	22 Do	22 So	22 Di	22 Fr	22 Mo 39	22 Mi	22 Sa	22 Mo 52
23 Do	23 So	23 So	23 Mi	23 Fr	23 Mo 26	23 Mi	23 Sa	23 Di	23 Do	23 So	23 Di
24 Fr	24 Mo 9	24 Mo 13	24 Do	24 Sa	24 Di	24 Do	24 So	24 Mi	24 Fr	24 Mo 48	24 Mi Heiligabend
25 Sa	25 Di	25 Di	25 Fr	25 So	25 Mi	25 Fr	25 Mo 35	25 Do	25 Sa	25 Di	25 Do 1. Weihnachtstag
26 So	26 Mi	26 Mi	26 Sa	26 Mo WEIMAR 22	26 Do	26 Sa	26 Di	26 Fr	26 So Ende der Sommerzeit	26 Mi	26 Fr 2. Weihnachtstag
27 Mo 5	27 Do	27 Do	27 So	27 Di WEIMAR	27 Fr	27 So	27 Mi	27 Sa	27 Mo 44	27 Do	27 Sa
28 Di	28 Fr	28 Fr	28 Mo 18	28 Mi WEIMAR	28 Sa	28 Mo 31	28 Do	28 So	28 Di	28 Fr	28 So
29 Mi		29 Sa	29 Di	29 Do Christi Himmelfahrt	29 So	29 Di	29 Fr	29 Mo 40	29 Mi	29 Sa	29 Mo 1
30 Do		30 So Beginn der Sommerzeit	30 Mi	30 Fr	30 Mo 27	30 Mi	30 Sa	30 Di	30 Do	30 So 1. Advent	30 Di
31 Fr		31 Mo 14		31 Sa		31 Do	31 So		31 Fr Reformationstag		31 Mi Silvester

## Fakten

...





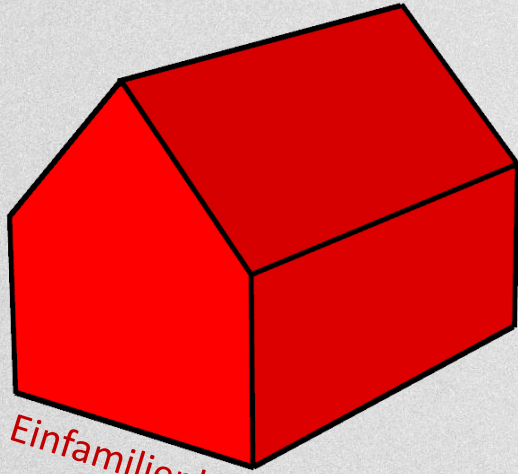
# WARUM?

Vergleichbarkeit | Gesetze & Normen



# Gebäudevergleich

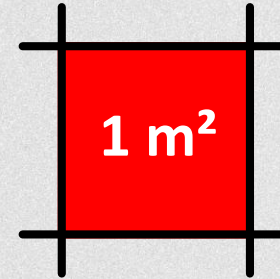
mit Transmissionswärmeverlust je m<sup>2</sup>



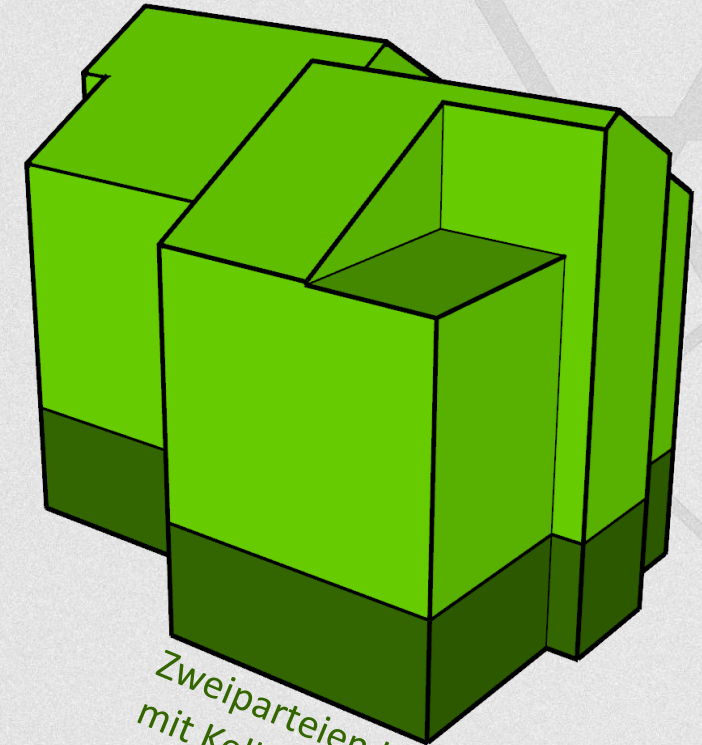
Einfamilienhaus

$$\mathbf{H'_T}$$

Transmissionswärmeverlust  
des ganzen Gebäudes bezo-  
gen auf einen Quadratmeter



1 m<sup>2</sup>

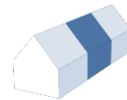


Zweiparteien Haus  
mit Keller

## Referenzgebäude

nach GEG (EnEV)

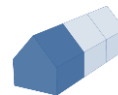
$$\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$



0,65



0,50



0,45

$$\mathbf{H'_T}$$

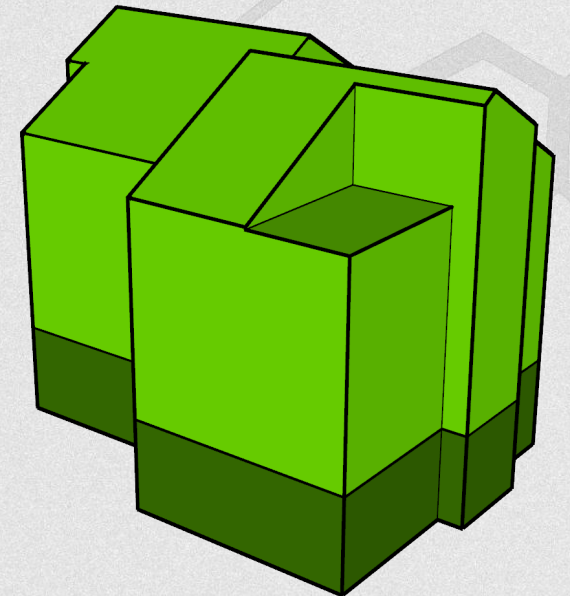
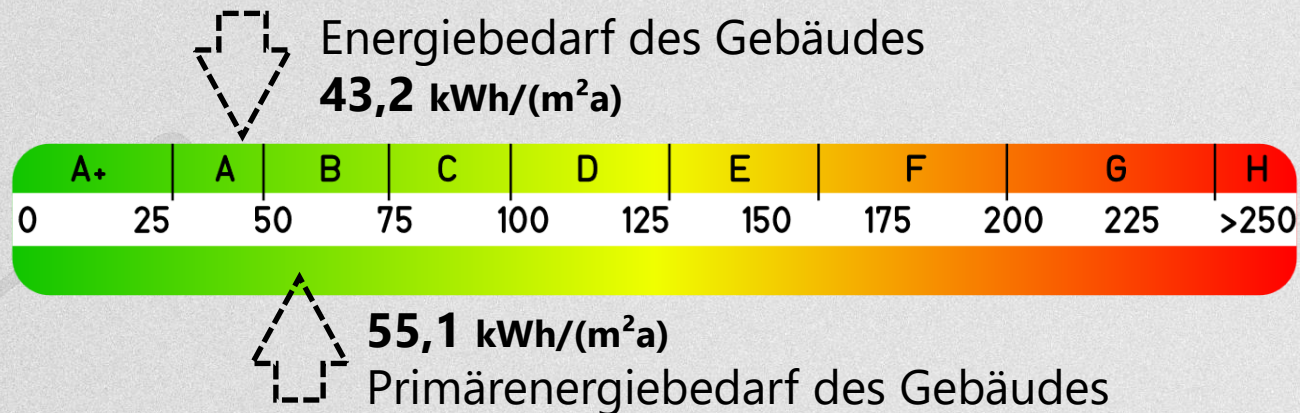
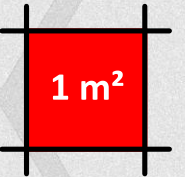
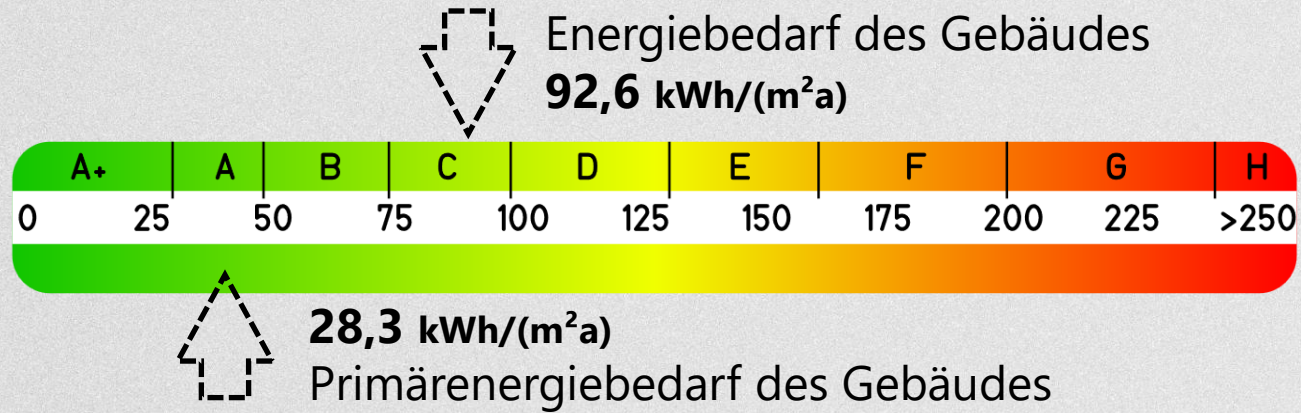
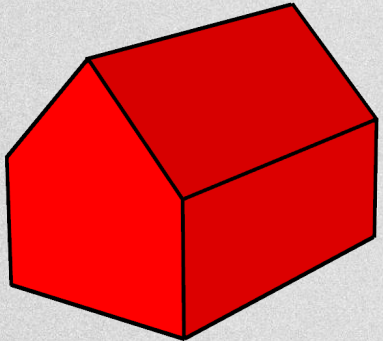
≤

$$\mathbf{H'_{T,zul}}$$



# Gebäudevergleich

oder per Energieausweis



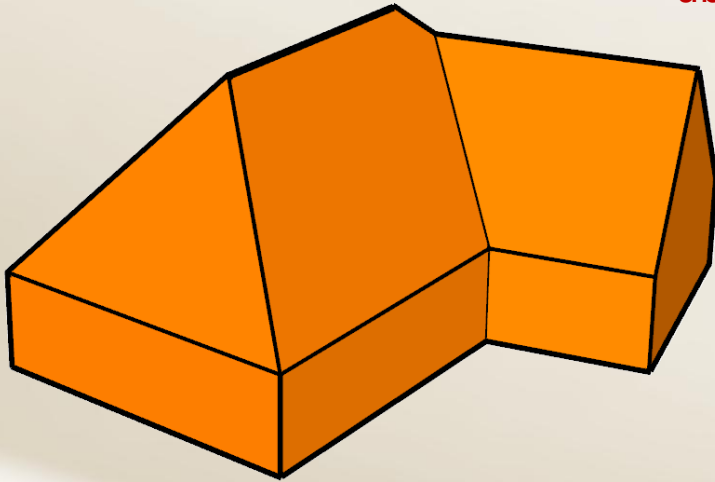




# Einschätzen der Kosten

über

**absoluter Jahresheizwärmebedarf**



$Q_H$


z.B.  $Q_H = 27.500 \text{ kWh/a}$




Guenstige-Gasanbieter.de




Best Seller ⓘ

**VATTENFALL** 

Tarif Easy12 Gas

 **90 %**  
Weiterempfehlung

 **Standard Gas**  
Fossiles Erdgas

**Bonus** Sofortbonus: 10 €  
**Bonus** Neukundenbonus: 40 €

ⓘ Vertragslaufzeit: 12 Monate  
ⓘ Preisfixierung: 12 Monate

★★★★★ Bewertungen ▼

Preisdetails ▼    Tarifdetails ▼

**2.821,58 €** ⓘ  
im 1. Jahr  
845,32 € sparen ⓘ

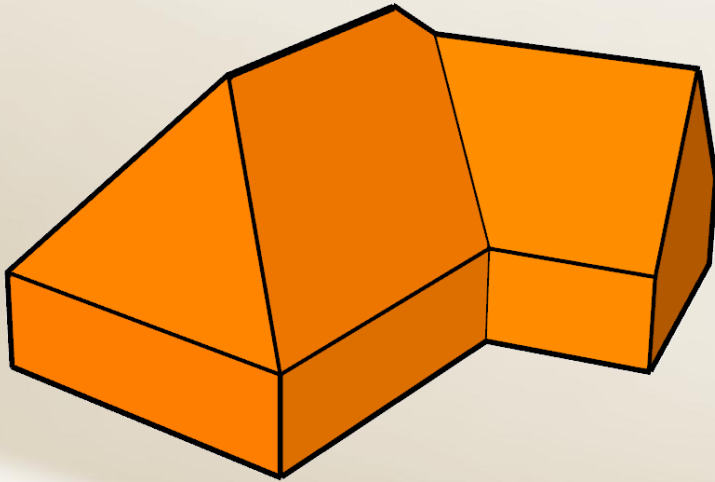
weiter





# Einschätzen der Kosten

**realistischer über**  
**Primärenergiebedarf je m<sup>2</sup>**



$$Q''_P$$

- Berücksichtigung der**
- **Warmwassererzeugung**
  - **Anlagentechnik und**
  - **Primärenergieform**

z.B.  $Q''_P = 55,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  mit  $A = 250 \text{ m}^2$   
 $Q_P = 55,1 * 250 = 13.775 \text{ kWh/a}$



Best Seller

**VATTENFALL**

Tarif Easy12 Gas

90 % Weiterempfehlung

Standard Gas  
Fossiles Erdgas

**Bonus** Sofortbonus: 10 €  
**Bonus** Neukundenbonus: 40 €

Vertragslaufzeit: 12 Monate  
Preisfixierung: 12 Monate

1.469,24 €  
im 1. Jahr  
431,31 € sparen

weiter

Preisdetails Tarifdetails Bewertungen





# Gesetze & Normen







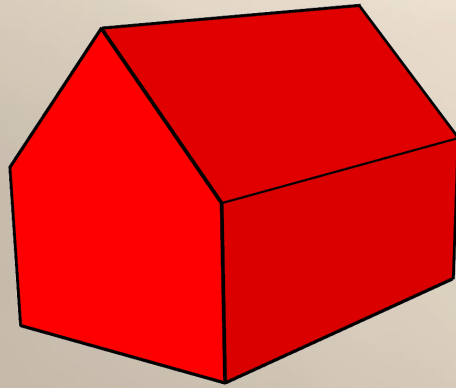
# theoretische GRUNDLAGEN

Eingangswerte | Nachweise | Verluste | Gewinne





# Eingangswerte



Gebäudevolumen  
Beheizt

$V_e$

Gebäudeaußenfläche  
beheizt

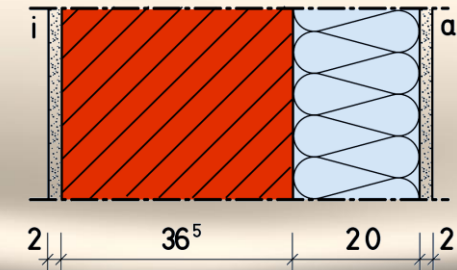
$A$

Baupläne &  
fehlende  
Maße  
bestimmen

$U_i; A_i$

U-Werte

aller Bauteile die zur beheizten  
Außenhülle gehören und deren  
Flächen



Gebäudeinformationen  
Geschoßanzahl, Gebäudetyp

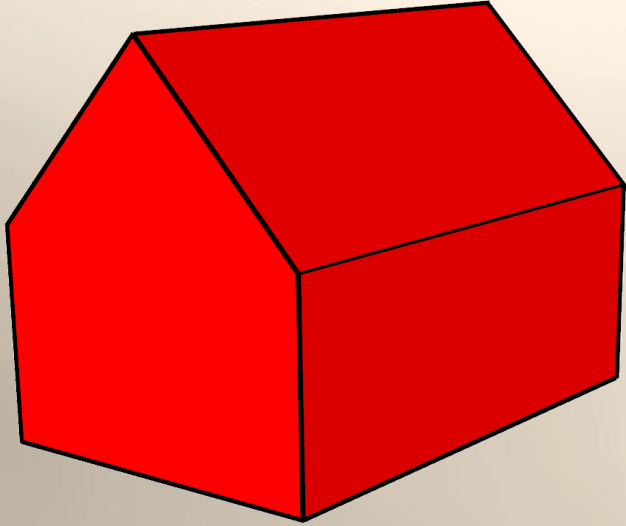
Baubeschreibung





# Gebäudevolumen

Hüllfläche beheizt

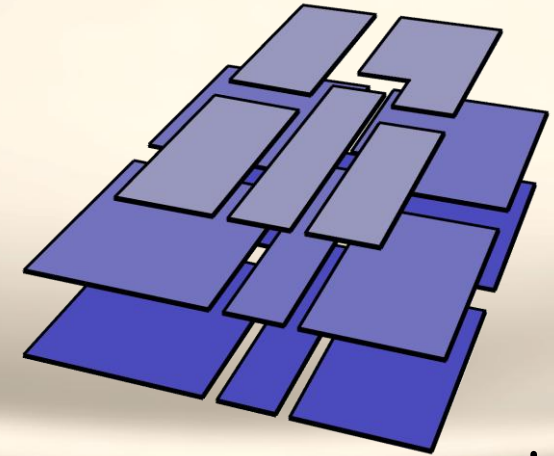


$V_e$



## Gebäudenutzfläche

$$A_n = 0,32 \cdot V_e$$



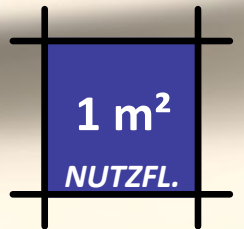
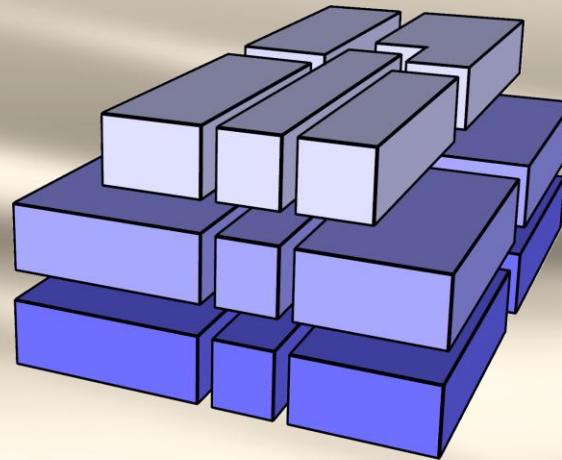
## Beheiztes Volumen

Bis 3 Vollgeschosse:

$$V = 0,76 \cdot V_e$$

Ansonsten:

$$V = 0,80 \cdot V_e$$



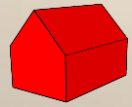




# Nachweise im Überblick

Vereinfachtes Jahresbilanzverfahren

## Transmissionswärmeverluste



spezifischer Transmissionswärmeverlust

$H_T$



zulässiger Transmissionswärmeverlust  
je  $m^2$  Gebäudeaußenfläche  $A$

$$H'_T \leq H'_{T,zul}$$

**NACHWEIS: Referenzgebäude**  
nach EnEV/GEG

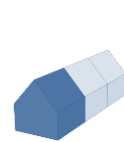
[  $W/m^2K$  ]



0,65



0,50

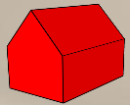


0,45



0,40

## Endenergiebedarf pro Jahr



absoluter Jahresheizwärmebedarf

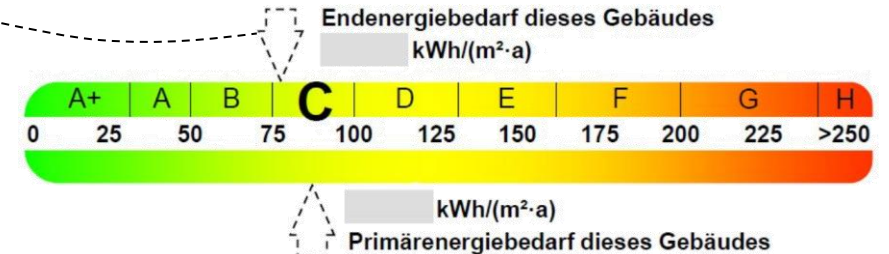
$Q_h$



absoluter Jahresheizwärmebedarf  
je  $m^2$  Nutzfläche  $A_N$

$$Q''_h$$

**Vergleichbarkeit der Gebäude**



## Primärenergiebedarf pro Jahr



Berücksichtigung der Warmwasser-  
erzeugung, Anlagentechnik und  
Primärenergieform

$$Q''_p$$

$\leq$

**NACHWEIS: Höchstwerte**  
nach EnEV/GEG

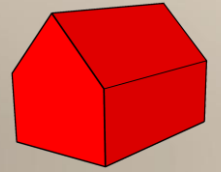
$Q''_{p,zul}$  [  $W/m^2K$  ]



# Jahresheizwärmebedarfe

(End)Energiebedarf pro Jahr

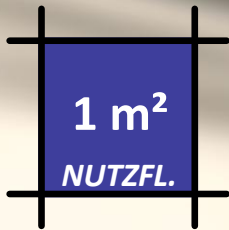
Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren



$$Q_h = \overbrace{66 \cdot (H_T + H_V)}^{\text{Wärmeverluste}} - \overbrace{0,95 \cdot (Q_s + Q_i)}^{\text{Wärmegewinne}}$$

Interne Wärmegewinne  
Solare Wärmegewinne  
Faktor: i.d.R. 0,95

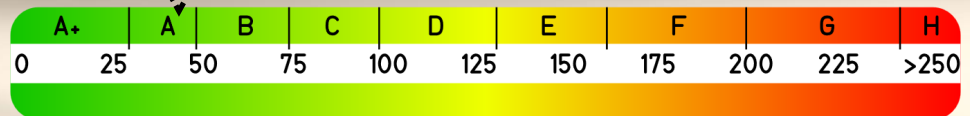
Lüftungswärmeverlust  
Spezifischer Transmissionswärmeverlust  
Faktor:  $fGt = 66$



$$Q_h'' = Q_h \div A_N$$



Energiebedarf des Gebäudes  
( $Q_h''$ ) kWh/m<sup>2</sup>a





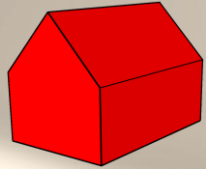


# Transmissionswärmeverlust $H_T$

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \sum \underbrace{(F_{xi} + U_i + A_i)}_{\text{Wärmeverluste je Bauteil}} + \underbrace{0,05 \cdot A}_{\text{Wärmebrücken}} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{K}} \right]$$



Wärmeverluste je Bauteil

Wärmebrücken

Bauteil	Orientierung	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$F_x$ [-]	$H_{T,i}$ [W/K]
Außenwand gegen Luft	N	54,276	0,100	1,0	5,428
	O	53,506			5,351
	S	63,546			6,355
	W	51,078			5,108
Außenwand g. Erdreich	Erde (Orientierung egal)	95,892	0,217	0,5	5,610
Bodenplatte	Erde (Orientierung egal)	108,598	0,226	0,5	12,272
Dach	N	42,600	0,099	1,0	4,245
	S	77,066			7,630
Fenster	N	8,115	0,900	1,0	7,304
	O	4,737			4,263
	S	12,186			10,967
	W	11,493			10,344
Türen	O	3,492	1,200	1,0	4,190
	S	2,277			2,732

Beispiel als Tabelle

	Summe A:	589,143		Summe $H_{T,i}$ :	91,797
				Wärmebrückenzuschlag $H_{WB}$ :	29,457
				Summe $H_T$ :	121,254

... mit  $F_{xi}$   
aus Tabellenbuch

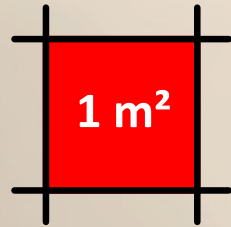
Temperaturkorrekturfaktoren $F_{xi}$		
Wärmestrom nach außen über Bauteil	Temperaturkorrekturfaktor $F_{xi}$	
Fenster, Außenwand	$F_{w, FAW}$	1,0
Dach (als Systemgrenze)	$F_D$	1,0
Oberste Geschossdecke (Dachraum nicht ausgebaut)	$F_{DG}$	0,8
Abseitenwand (Drempelwand)	$F_u$	0,8
Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	$F_u$	0,5
Wände und Decken zu niedrig beheizten Räumen	$F_{nb}$	0,35
Unterer Gebäudeabschluss Kellerdecke/-wände zu unbeheiztem Keller; Fußboden auf Erdreich; Keller gegen Erdreich	$F_G$	0,45 ... 0,7
Glasvorbau	$F_u$	0,5 ... 0,8



# Transmissionswärmeverlust $H'_T$

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

vorh. Transmissionswärmeverlust je  $m^2$

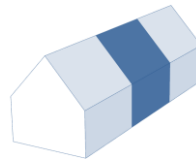


$$H'_T = H_T \div A$$

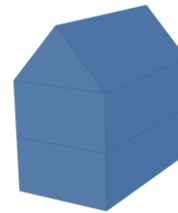
## NACHWEIS: Referenzgebäude

für Wohngebäude nach EnEV/GEG

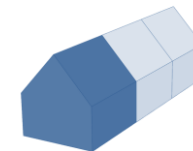
$$H'_T \leq H'_{T,zul}$$



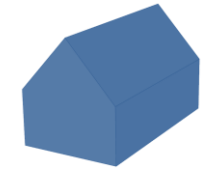
0,65



0,50



0,45



0,40

$\left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$





# Transmissionswärmeverlust $H'_T$

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

**NACHWEIS:** für Nichtwohngebäude nach EnEV/GEG

$$H'_T \leq H'_{T,zul}$$

$$H'_T = 0,3 + 0,15 / (A/V_e) \quad \text{in } W/(m^2 \cdot K)$$

und bei einem Fensteranteil > 50 %

$$H'_T = 0,35 + 0,24 / (A/V_e)$$

in  $W/(m^2 \cdot K)$

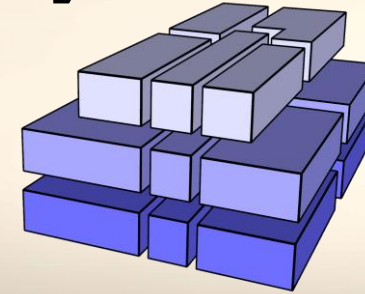
**S 176**



# Lüftungswärmeverlust $H_V$

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

$$H_V = 0,34 \cdot n \cdot V$$



## Faktor $n$ :

Dichtheitsprüfung: erfolgreich	$n = 0,6$
Dichtheitsprüfung: undicht	$n = 1,0$
Ohne Dichtheitsprüfung	$n = 0,7$



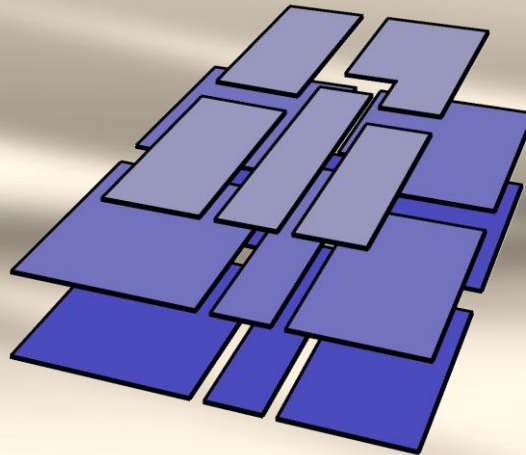


# Interne Wärmegewinne $Q_i$

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

Pauschale Berechnung:

$$Q_i = A_N \cdot 22 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ a}$$



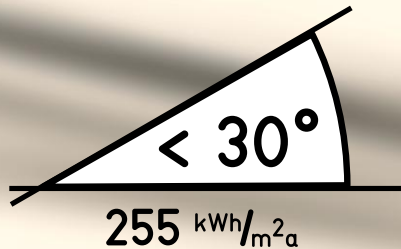


# Solare Wärmegewinne $Q_s$

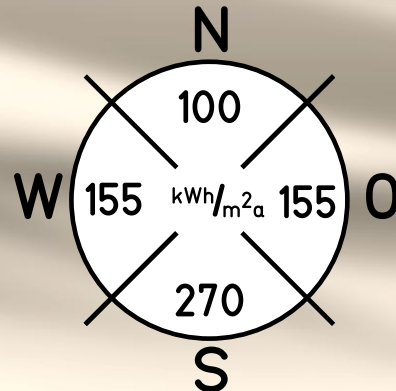
Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

$$Q_s = \sum [I_j \cdot 0,567 \cdot A_{W,i} \cdot g_i]$$

## Solare Einstrahlung $I_j$



Dachflächenfenster  $\geq 30^\circ$  wie senkrechte Fester.



## Fensterflächen $A_{W,i}$

Fensterflächen  $A_{W,i}$  nach lichten Maßen berechnen.

## Gesamtenergiedurchlassgrad $g_i$

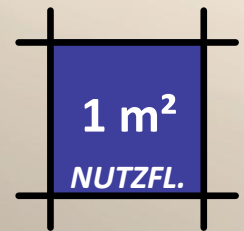
Einfachverglasung	$g = 0,87$
Doppelverglasung	$g = 0,80 \dots 0,85$
Wärmeschutzverglasung	$g = 0,58 \dots 0,62$
Dreifachverglasung	$g = 0,52 \dots 0,62$
Sonnenschutzverglasung	$g = 0,35 \dots 0,55$



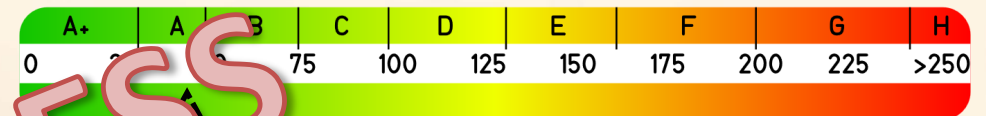


# Primärenergiebedarf $Q''_p$

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren



$$Q''_p = (Q''_h + 12,5) \cdot e_p$$

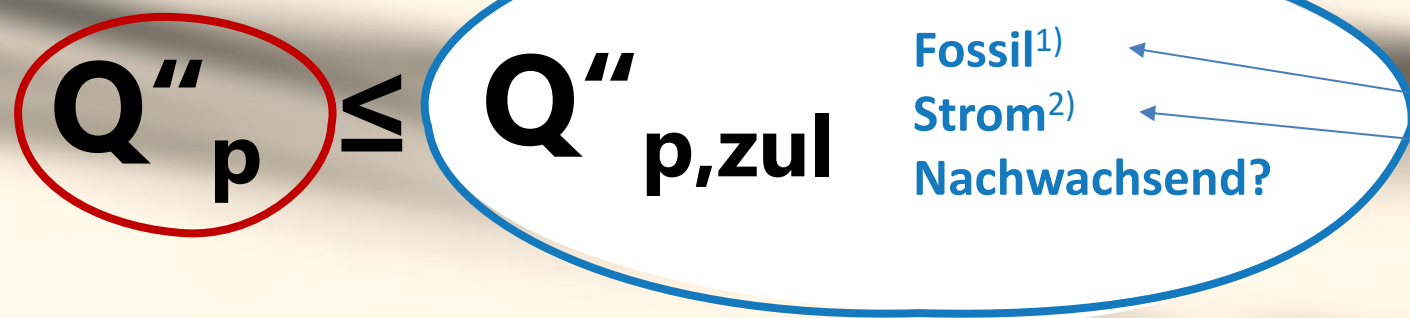


$Q''_p$  kWh/m²a  
Primärenergiebedarf des Gebäudes

1) nach DIN 4701-10, EnEV

$e_p$  Anlage an Wand, z.B. Wärmepumpe, Bbl. 1, Primärenergie-  
einstufen eingerechnet) ▶ S. 180

## NACHWEIS: Höchstwerte nach EnEV/GEG



Fossil<sup>1)</sup>  
Strom<sup>2)</sup>  
Nachwachsend?

Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs und des Transmissionswärmeverlustes (nach EnEV)			$Q''_{p,vorh} \leq Q''_{p,zul}$
Verhältnis $A/V_o$	$Q''_p$ in kWh/(m²·a) bezogen auf die Gebäudenutzfläche		Transmissionswärmeverlust $H'_T$ in W/(m²·K)
	Wohngebäude mit fossiler Warmwasserbereitung <sup>1)</sup>	Wohngebäude mit Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom	
≤ 0,2	$66,00 + 2600/(100 + A_{Nl})$	83,80 <sup>2)</sup>	1,05 <sup>3)</sup>
0,3	$73,53 + 2600/(100 + A_{Nl})$	91,33	0,80
0,4	$81,06 + 2600/(100 + A_{Nl})$	98,86	0,68
0,5	$88,58 + 2600/(100 + A_{Nl})$	106,39	0,60
0,6	$96,11 + 2600/(100 + A_{Nl})$	113,91	0,55
0,7	$103,64 + 2600/(100 + A_{Nl})$	121,44	0,51
0,8	$111,17 + 2600/(100 + A_{Nl})$	128,97	0,49
0,9	$118,70 + 2600/(100 + A_{Nl})$	136,50	0,47
1	$126,23 + 2600/(100 + A_{Nl})$	144,03	0,45
≥ 1,05	$130,00 + 2600/(100 + A_{Nl})$	147,79	0,44
Zwischenwerte	<sup>1)</sup> $Q''_p = 50,94 + 75,29 \cdot A/V_o + 2600/(100 + A_{Nl})$ in kWh/(m²·a) <sup>2)</sup> $Q''_p = 68,74 + 75,29 \cdot A/V_o$ in kWh/(m²·a) <sup>3)</sup> $H'_T = 0,3 + 0,15 / (A/V_o)$ in W/(m²·K) und bei einem Fensteranteil > 30 % $H'_T = 0,35 + 0,24 / (A/V_o)$ in W/(m²·K)		



# Anlagenaufwandszahl $e_p$

S 180 oder wird angegeben

$$q_h = Q''_h$$

## Niedertemperaturkessel 70 °C/55 °C

Verteilung außerhalb der thermischen Hülle; mit Zirkulation, zentral, keine Lüftungsanlage

$A_N$ in m <sup>2</sup>	100	150	200	300	500	750	1 000	1 500	2 500	5 000	10 000
$q_h$ in kW·h/(m <sup>2</sup> ·a)	Anlagenaufwandszahl $e_p$ (primärenergiebezogen)										
40	2,29	2,01	1,87	1,73	1,61	1,55	1,51	1,48	1,45	1,43	1,41
50	2,13	1,89	1,77	1,65	1,55	1,49	1,47	1,44	1,41	1,39	1,37
60	2,01	1,80	1,70	1,59	1,50	1,46	1,43	1,41	1,38	1,36	1,35
70	1,92	1,74	1,65	1,55	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36	1,34	1,33
80	1,85	1,69	1,60	1,52	1,44	1,40	1,38	1,36	1,34	1,33	1,31
90	1,79	1,64	1,57	1,49	1,42	1,39	1,37	1,35	1,33	1,31	1,30

## Brennwert-Kessel 55 °C/45 °C

Verteilung außerhalb der thermischen Hülle; mit gebäudezentraler Trinkwasserversorgung

$A_N$ in m <sup>2</sup>	100	150	200	300	500	750	1 000	1 500	2 500	5 000	10 000
$q_h$ in kW·h/(m <sup>2</sup> ·a)	Anlagenaufwandszahl $e_p$ (primärenergiebezogen)										
40	2,11	1,86	1,74	1,61	1,50	1,45	1,42	1,39	1,36	1,34	1,33
50	1,96	1,75	1,64	1,53	1,44	1,40	1,37	1,35	1,33	1,31	1,29
60	1,85	1,67	1,57	1,48	1,40	1,36	1,34	1,32	1,30	1,28	1,27
70	1,76	1,60	1,52	1,44	1,37	1,33	1,31	1,29	1,28	1,26	1,25
80	1,70	1,55	1,48	1,41	1,34	1,31	1,29	1,27	1,26	1,24	1,23
90	1,64	1,51	1,45	1,38	1,32	1,29	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21

## Wärmepumpe mit gebäudezentraler Trinkwasserversorgung 35 °C/28 °C

Verteilung außerhalb der thermischen Hülle; Wärmepumpe außerhalb der thermischen Hülle

$A_N$ in m <sup>2</sup>	100	120	150	170	200	250	300	350	400	450	500
$q_h$ in kW·h/(m <sup>2</sup> ·a)	Anlagenaufwandszahl $e_p$ (primärenergiebezogen)										
40	1,32	1,26	1,20	1,17	1,13	1,10	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02
50	1,22	1,17	1,12	1,09	1,06	1,03	1,01	1,00	0,98	0,97	0,97
60	1,15	1,10	1,06	1,04	1,01	0,98	0,97	0,95	0,94	0,94	0,93
70	1,09	1,05	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,92	0,91	0,91	0,90
80	1,05	1,01	0,97	0,96	0,94	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88
90	1,01	0,98	0,95	0,94	0,92	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86

## Niedertemperaturkessel 70 °C/55 °C

Verteilung innerhalb der thermischen Hülle; mit Zirkulation, zentral, keine Lüftungsanlage

$A_N$ in m <sup>2</sup>	40	50	60	70	80	90
$q_h$ in kW·h/(m <sup>2</sup> ·a)	Anlagenaufwandszahl $e_p$					
100	1,64	1,57	1,52	1,48	1,45	1,42
120	1,60	1,54	1,49	1,45	1,42	1,40
150	1,55	1,49	1,45	1,42	1,39	1,37
170	1,53	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36
200	1,50	1,45	1,41	1,38	1,36	1,35
250	1,47	1,42	1,39	1,37	1,35	1,33
300	1,44	1,40	1,37	1,35	1,33	1,32
350	1,43	1,39	1,36	1,34	1,33	1,31
400	1,42	1,38	1,36	1,34	1,32	1,31

## Brennwert-Kessel 55 °C/45 °C

Verteilung innerhalb thermischer Hülle mit Zirkulation, zentral; keine Lüftungsanlage

$A_N$ in m <sup>2</sup>	40	50	60	70	80	90
$q_h$ in kW·h/(m <sup>2</sup> ·a)	Anlagenaufwandszahl $e_p$					
100	1,56	1,49	1,43	1,40	1,36	1,34
120	1,52	1,45	1,41	1,37	1,34	1,32
150	1,46	1,41	1,36	1,33	1,31	1,29
170	1,44	1,39	1,35	1,32	1,30	1,28
200	1,41	1,36	1,33	1,30	1,28	1,26
250	1,39	1,34	1,31	1,29	1,27	1,25
300	1,36	1,32	1,29	1,27	1,25	1,24
350	1,35	1,31	1,28	1,26	1,25	1,23
400	1,34	1,30	1,28	1,26	1,24	1,23

WORK IN PROGRESS

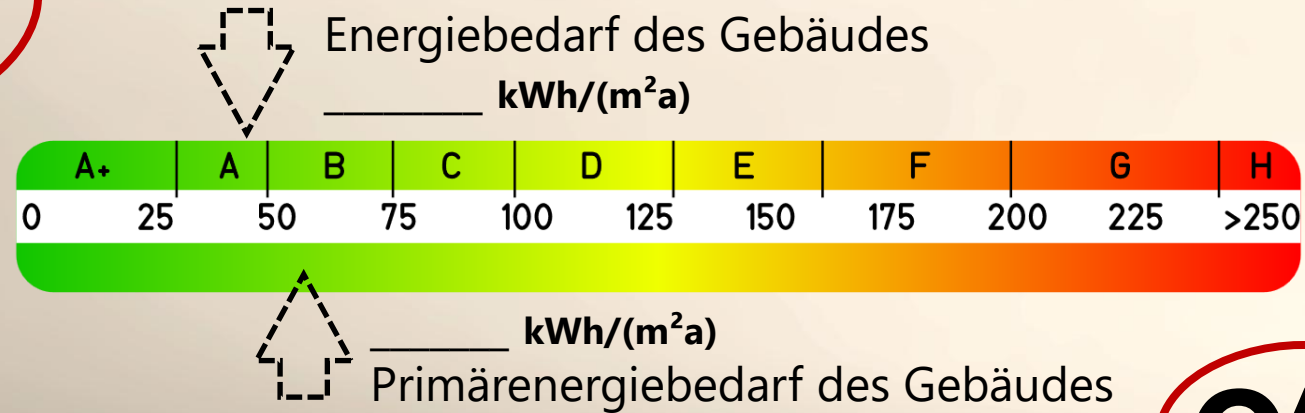




# Energieausweis

S 185ff

$Q''_h$



$Q''_p$

## Wohnhaustypen

Plusenergiehaus	< 0 kWh/m <sup>2</sup> a
Nullenergiehaus	≈ 0 kWh/m <sup>2</sup> a
Effizienzhaus 100	nach GEG Referenzgebäude
KfW-70-Haus	70% der GEG Referenzgebäude
Durchschnitt Bundesweit	≈ 150 kWh/m <sup>2</sup> a





# Komplexe Übungen

Gemeinsam | Einzelarbeit





# Übung 12

Führen Sie die Nachweise für  
Referenzgebäude und  
Primärenergiebedarf nach GEG  
2020 (2023)

Lage: Freiburg

Anlagentechnik: Brennwertkessel (BWK, Öl) mit  
gebäudezentraler Trinkwasserversorgung

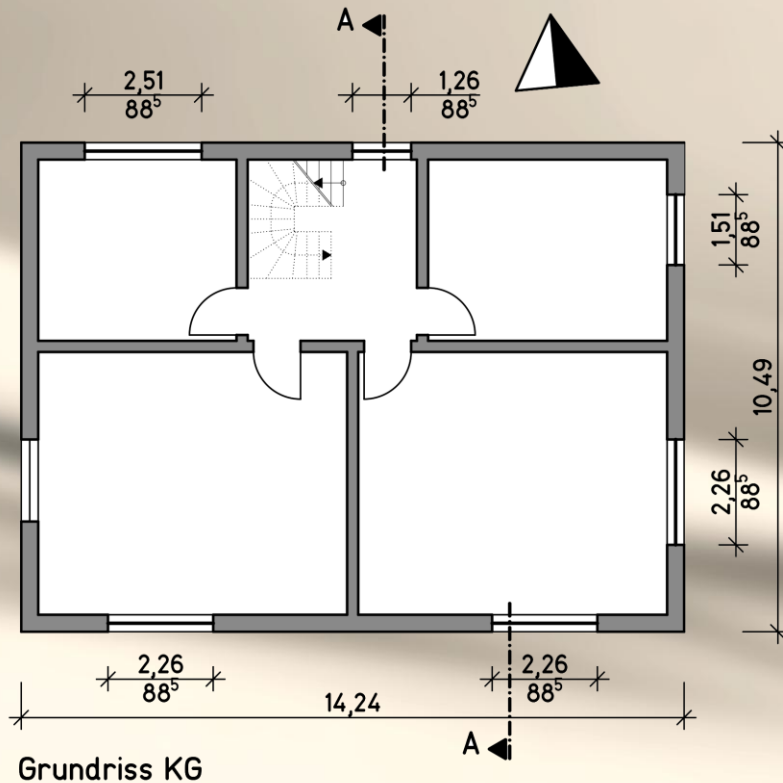
Je Giebelseite ein Fenster im DG  
2,26 x 1,76 m

Je Dachfläche zwei Dachflächenfenster  
1,01 x 1,51 m

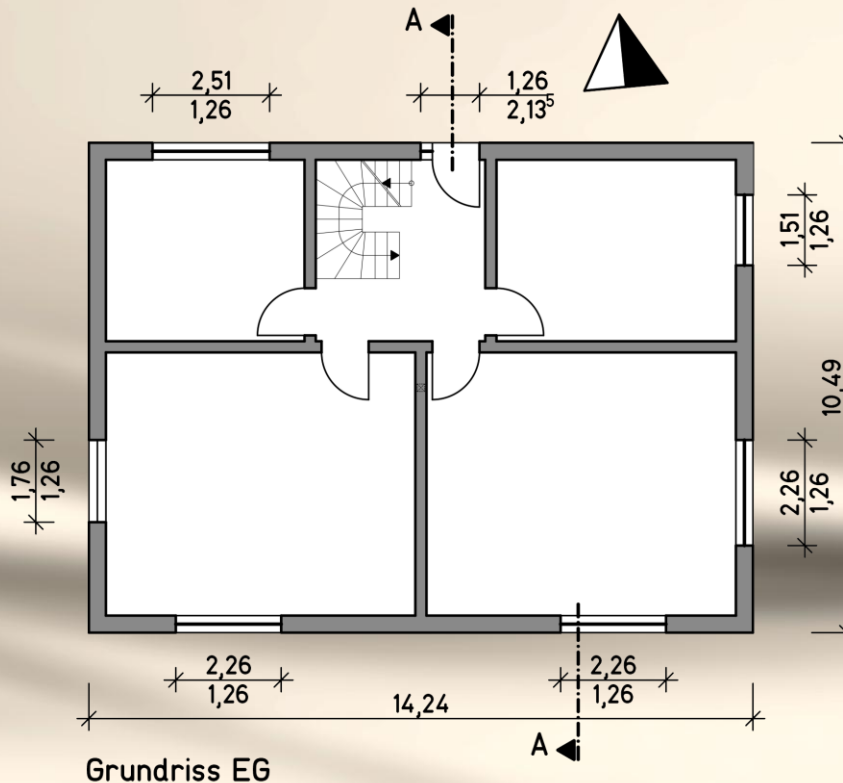
Fenster  $U_{W1} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $g = 0,6$

Dachflächenfenster  $U_{W2} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $g = 0,6$

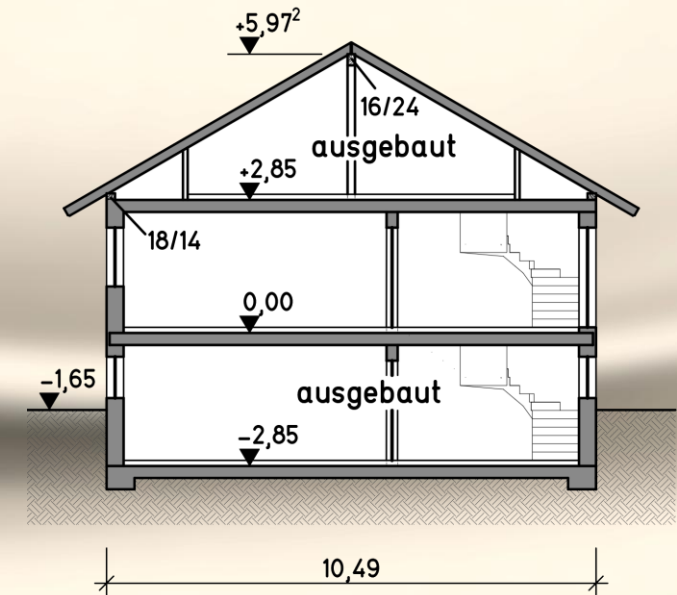
Tür  $U_T = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $g = 0,8$



Grundriss KG



Grundriss EG



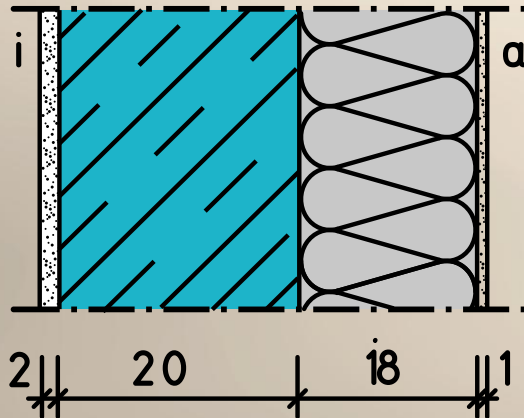
Schnitt A-A



# Übung 12

## Außenwände

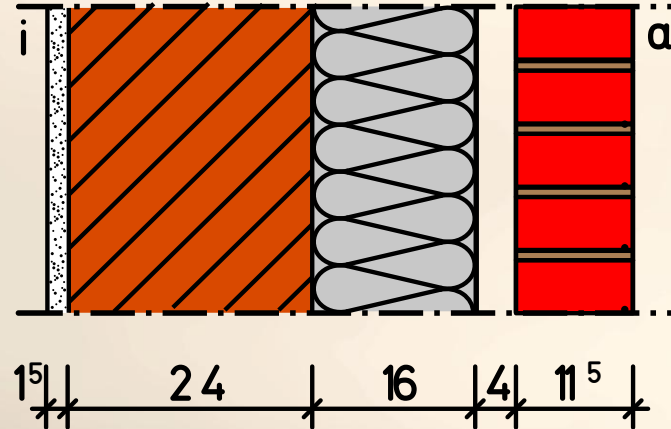
gegen Erdreich



$$U_{AW1} = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## Außenwände

gegen Luft



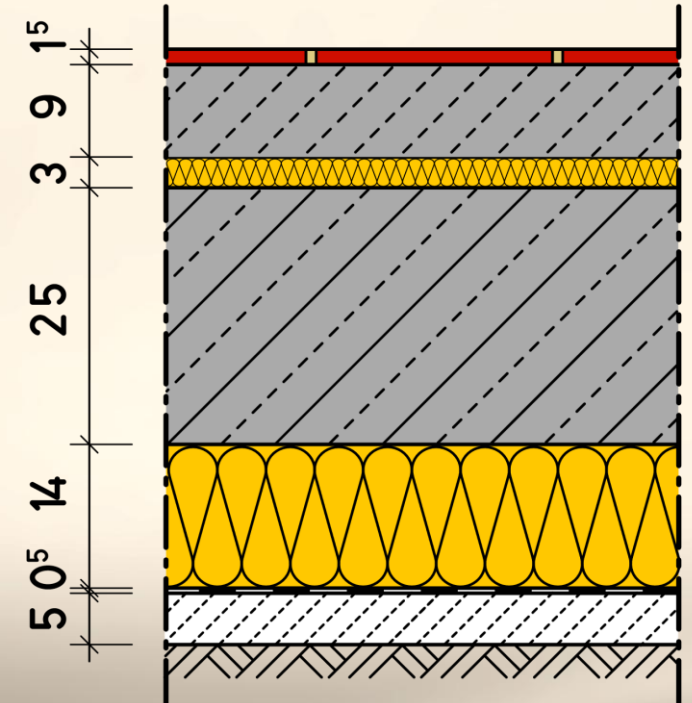
$$U_{AW2} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Variante 1: stehende Luftschicht  
(hier berechnet)

Variante 2: stark belüftet (gleicher  
U-Wert, Tafelbilder 2024)

## Bodenplatte

gegen Erdreich

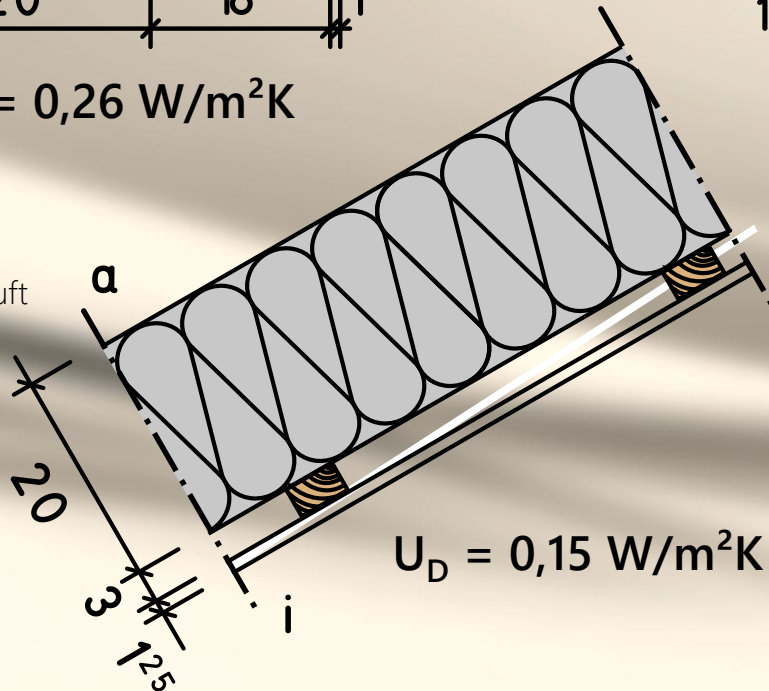


$$U_B = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Folie &  
Sauberkeitsschicht  
ignorieren

## Dach

gegen Luft



$$U_D = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$





# Übung 12

## 1. Beheiztes Volume $V_e$

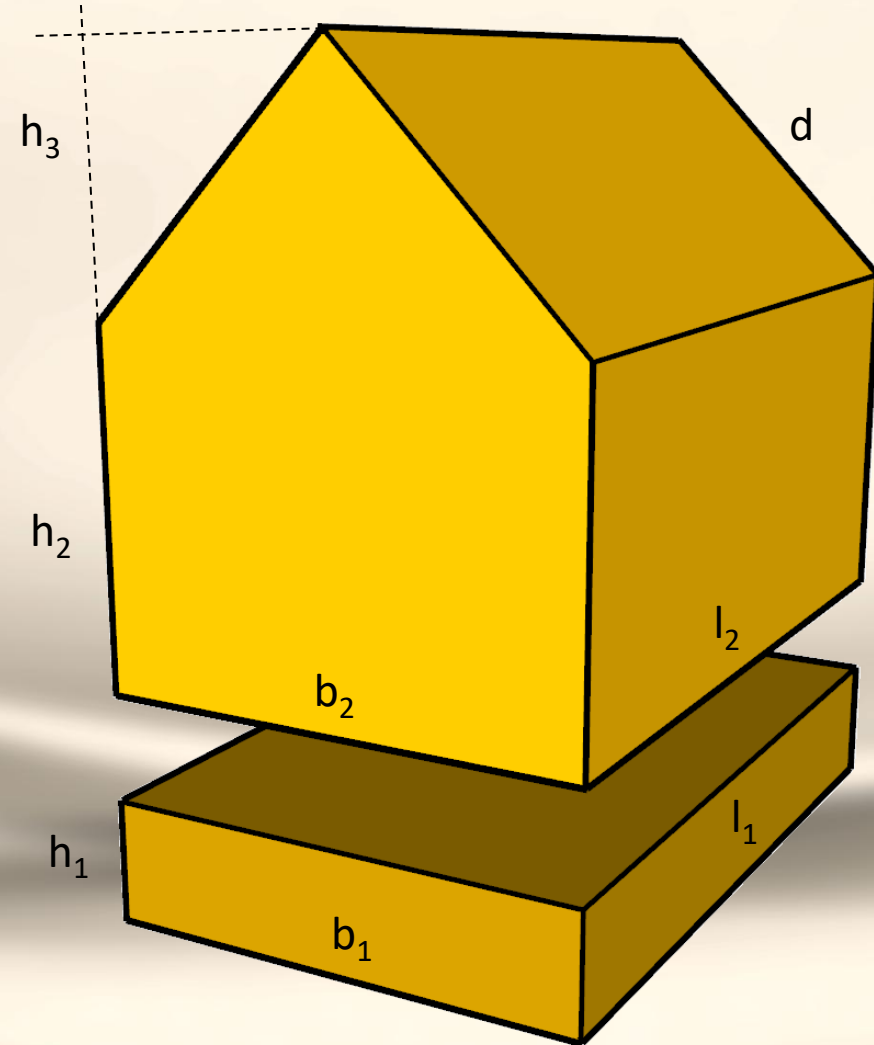
*Skizze machen, welche Maße benötigt werden und ggf. fehlende Maße berechnen, dann  $V_e$  berechnen*

### Gegen Erdreich

$$\begin{aligned}h_1 &= 2,85 - 1,65 + 0,25 + 0,14 &= 1,20 \text{ m} \\b_1 &= 10,49 + 2 \times 0,19 &= 10,87 \text{ m} \\l_1 &= 14,24 + 2 \times 0,19 &= 14,62 \text{ m}\end{aligned}$$

### Gegen Luft

$$\begin{aligned}h_2 &= \text{-- siehe nächste Seiten --} \\h_3 &= \text{-- siehe nächste Seiten --} \\b_2 &= 10,49 + 2 \times 0,315 &= 11,12 \text{ m} \\l_2 &= 14,24 + 2 \times 0,315 &= 14,87 \text{ m} \\d &= \text{-- siehe nächste Seiten --}\end{aligned}$$









# Übung 12

b) OK Traufe<sub>Warm</sub> ausrechnen

Obholz O

$$\begin{aligned} O &= 20 - 2 \\ &= 18 \text{ cm} \end{aligned}$$

Vertikales Obholz O<sub>v</sub>

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= O : O_v \\ O_v &= O : \cos \alpha \\ &= 18 : \cos 30^\circ \\ &= 20,78 \text{ cm } (-> 0,208 \text{ m}) \end{aligned}$$

Höhe S über RFB EG

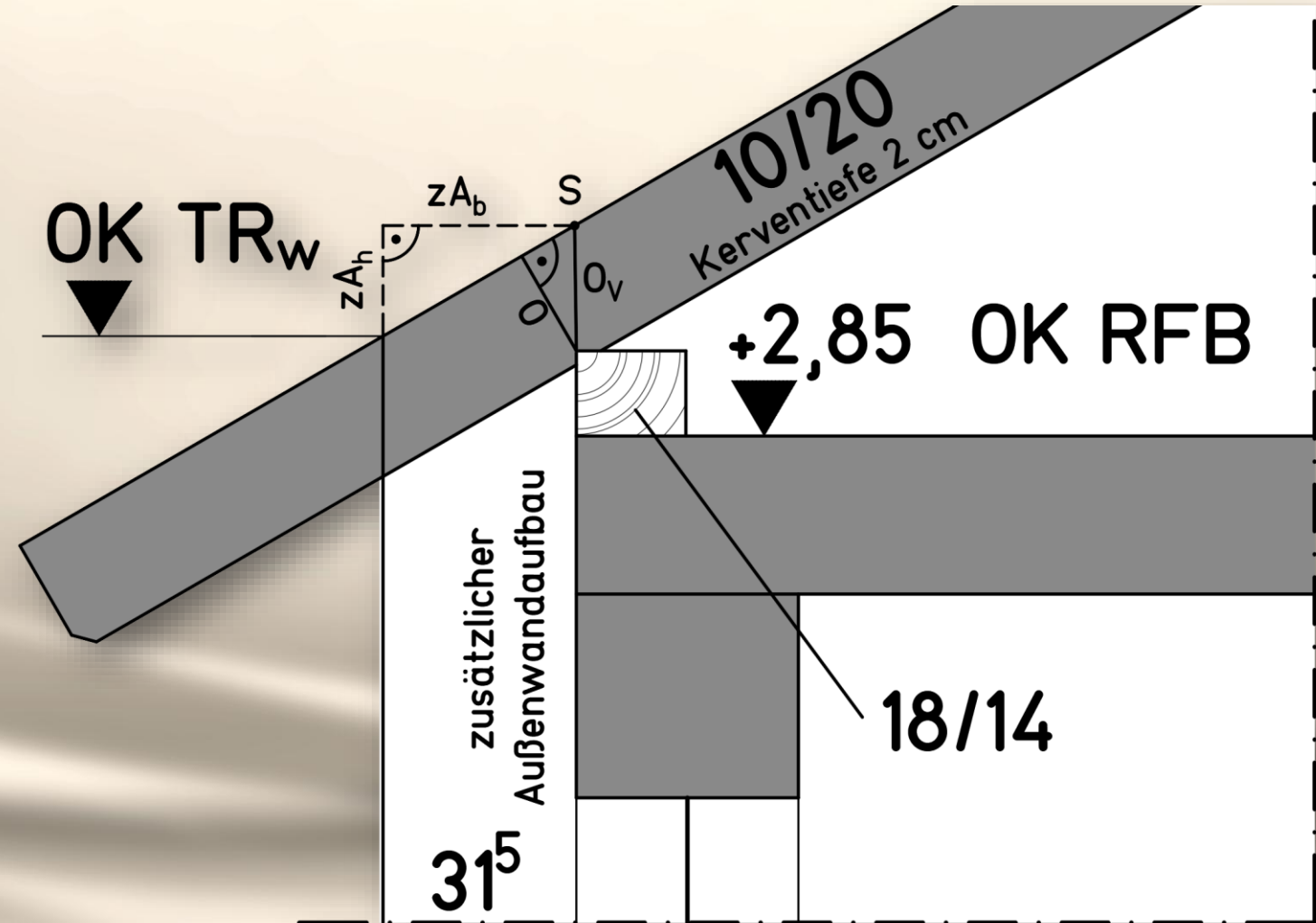
$$\begin{aligned} S &= \text{OK RFB} + \text{Fußpfette} + O_v \\ &= 2,85 + 0,14 + 0,208 \\ &= 3,198 \text{ m} \end{aligned}$$

Höhe zA<sub>h</sub> aus zus. Außenwandaufbau

$$\begin{aligned} zA_h &= \cos \alpha \times zA_b \\ &= \cos 30^\circ \times 31,5 \\ &= 27,28 \text{ cm } (-> 0,273 \text{ m}) \end{aligned}$$

Oberkante Traufe (Warm) OK TRw

$$\begin{aligned} \text{OK TRw} &= S - zA_h \\ &= 3,198 - 0,273 \\ &= \underline{\underline{2,925 \text{ m über OK Rohfußboden}}} \end{aligned}$$



<https://unterricht.polybau.ch/wrl-z1/rech/norm/norm.htm>



# Übung 12

## 1. Beheiztes Volume $V_e$

Skizze machen, welche Maße benötigt werden und ggf. fehlende Maße berechnen., dann  $V_e$  berechnen

### Gegen Erdreich

$$\begin{aligned} h_1 &= &= & 1,200 \text{ m} \\ b_1 &= &= & 10,870 \text{ m} \\ l_1 &= &= & 14,620 \text{ m} \end{aligned}$$

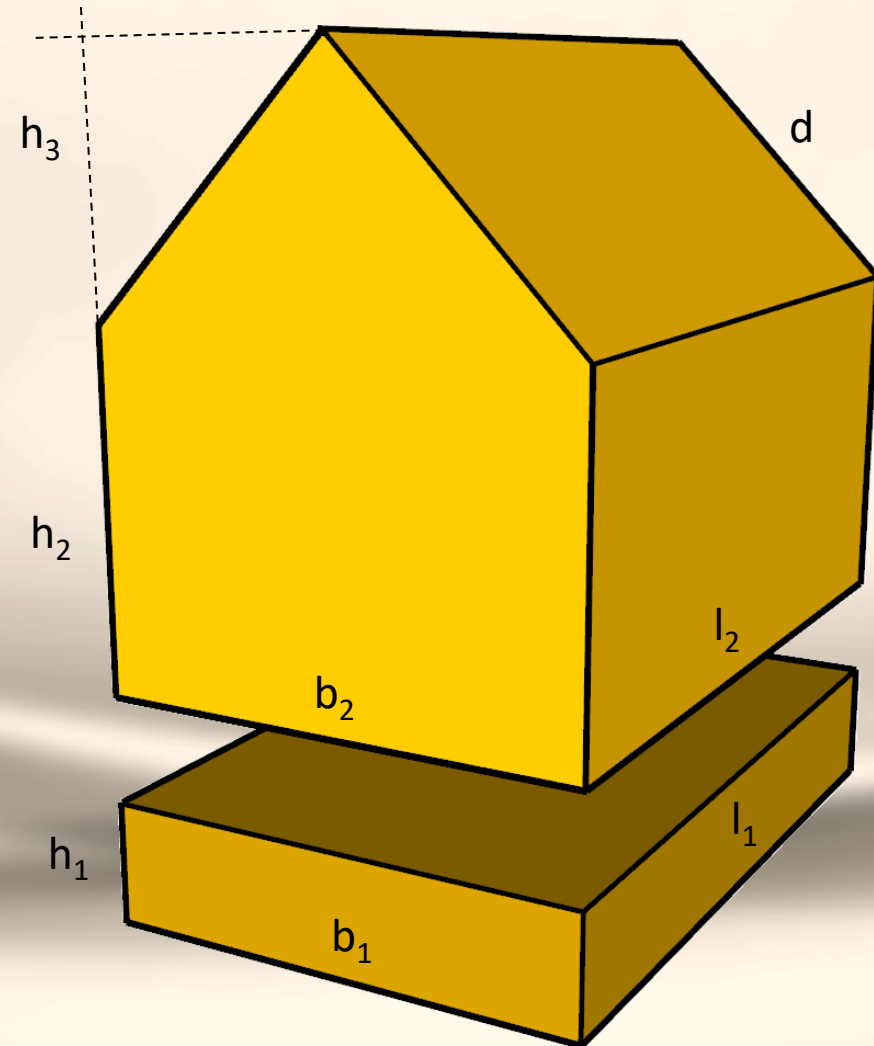
### Gegen Luft

$$\begin{aligned} h_2 &= | \text{OK Erdreich} | + \text{OK TRw} \\ &= 1,65 + 2,925 = 4,575 \text{ m} \\ h_3 &= b_2 : 2 \times \cos \alpha \\ &= 11,12 : 2 \times \cos 30^\circ = 4,815 \text{ m} \\ b_2 &= &= & 11,120 \text{ m} \\ l_2 &= &= & 14,870 \text{ m} \\ d &= \sqrt{[(h_3)^2 + (b_2:2)^2]} = 7,355 \text{ m} \end{aligned}$$

### Beheiztes Volumen $V_e$

$$\begin{aligned} V_{e,\text{Erd}} &= h_1 \times b_1 \times l_1 = 190,703 \text{ m}^3 \\ V_{e,\text{Luft}} &= (h_2 + h_3 : 2) \times b_2 \times l_2 = 1.154,587 \text{ m}^3 \\ V_e &= V_{e,\text{Erd}} + V_{e,\text{Luft}} = \underline{1.345,290 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

$$\text{Nutzfläche AN: } 0,32 \times V_e = 430,493 \text{ m}^2$$







# Übung 12

## 2. Fenster & Türen

*Tabelle erstellen: darin Fenster und Türen nach Himmelsrichtung /  
Dach & Himmelsrichtung aufteilen, Flächen berechnen.  
RECHENWEGE nicht vergessen!*

### Fensterflächen

in WÄNDEN	KG	EG	Giebel	Summe
Süd	4,000	5,965	–	9,965
Ost	3,340	4,750	3,978	12,064
West	1,558	2,218	3,978	7,754
Nord	3,336	5,853		9,186
Summe	12,234	18,786	7,956	38,969

$$U_{W1} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$g = 0,6$$

in DACH	<del>KG</del>	EG	Giebel	Summe
Süd				3,050
Nord				3,050
Summe				6,100

$$U_{W1} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$g = 0,6$$

### Türflächen

in WÄNDEN	KG	EG	Giebel	Summe
Nord		2,690		2,690

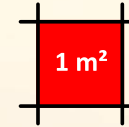
$$U_{W1} = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$g = 0,8$$

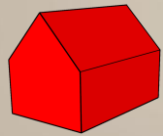


# Übung 12

## 3. Spezifischer Transmissionswärmeverlust



- Erst Umfassungsfläche je Bauteil ABZÜGLICH der darin befindlichen Fenster/Türen ermitteln, zugehörigen U-Wert aufschreiben und zugehöriges  $F_x$  ermitteln und eintragen. Dann ausrechnen. Summe für A
- Wärmebrückenzuschlag  $H_{WB}$  berechnen und Summe für  $H_T$
- Spez. Transmissionswärmeverlust  $H'_T = (H_T + H_{WB}) : A$



### Transmissionswärmeverlust $H_T$

	$A_{\text{brutto}}$	$A_{\text{Fenster/Tür}}$ [m²]	$A_{\text{netto}}$	U [W/m²K]	$F_{xi}$ [-]	$H_{T,i}$ [W/K]
Außenwände gegen Luft	291,351	-41,619	249,732	0,21	1,00	52,444
Außenwände gegen Erdreich	61,176		61,176	0,26	0,45	7,158
Bodenplatte	158,919		158,919	0,26	0,45	18,594
Dachfläche	218,738	-6,100	212,638	0,15	1,00	31,896
Fenster in Außenwänden		38,969	38,969	1,30	1,00	50,660
Dachflächenfenster		6,100	6,100	1,40	1,00	8,540
Tür Nord		2,650	2,650	2,90	1,00	7,685

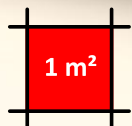
Summe A 730,184

Wärmebrückenzuschlag	$U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H_{WB} = U_{WB} \times A$	=	36,509
----------------------	---------------------------------------	----------------------------	---	--------

Summe  $H_T$  213,485

### Spezifischer Transmissionswärmeverlust $H'_T$

$H'_T = H_T : A$  = 0,292

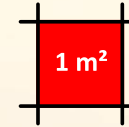




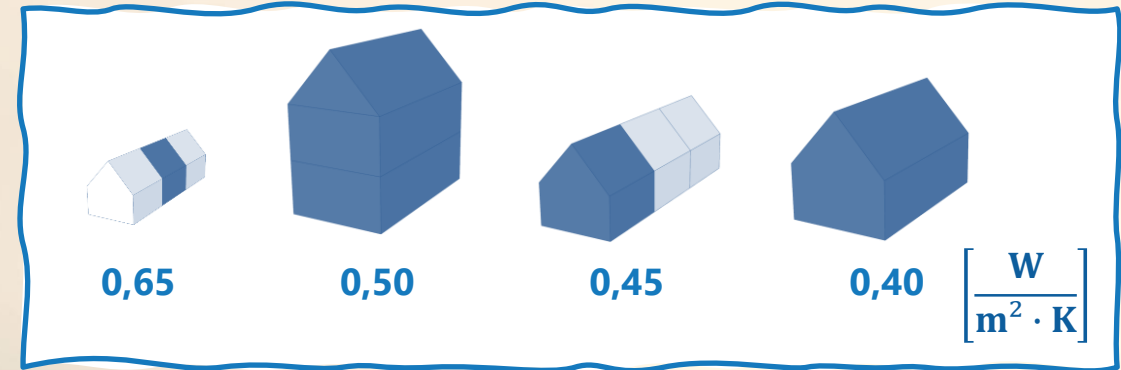


# Übung 12

## 3. Spezifischer Transmissionswärmeverlust



$$H'_T \leq H'_{T,zul}$$



**NACHWEIS** Referenzgebäude nach EnEV/GEG

$$H'_{T,vorh.} = 0,292 \text{ W/m}^2\text{K} \leq H'_{T,zul} = 0,500 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \checkmark \text{ Zulässig}$$



# Übung 12

**4. Lüftungswärmeverlust  $H_V$**


**5. Interne Wärmegewinne  $Q_i$**

**6. Solare Wärmegewinne  $Q_s$**

**7. (End) Energiebedarf pro Jahr**


(= Jahres-Heizwärmebedarf)


$$Q_h = 66 \cdot (H_T + H_V) - 0,95 \cdot (Q_s + Q_i)$$


$$Q_h'' = Q_h \div A_N$$

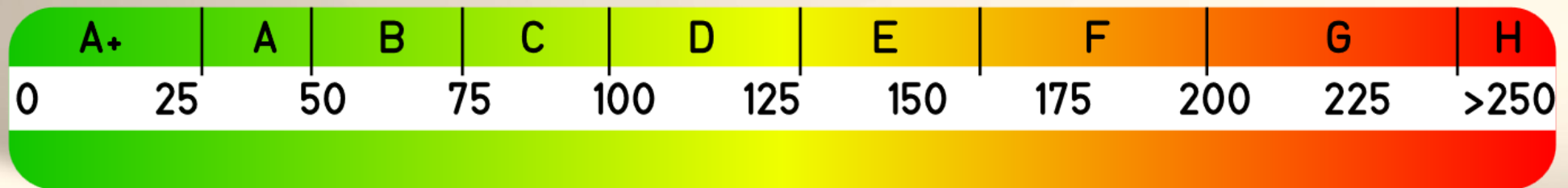
**8. Anlagenaufwandszahl  $e_p$**

**9. Primärenergiebedarf  $Q_p''$**


$$Q_p'' = (Q_h'' + 12,5) \cdot e_p$$









# Noch mit Fehlern?! Übung 13

Freistehendes ~~zu errichtendes~~ Zweifamilienhaus (ZFH) mit genutztem Kellergeschoss und Dachgeschoss.

~~Daten: den verschärften Anforderungen~~

Die Fenster im Kellergeschoss (KG) haben die Abmessungen 1,26 m x 0,76 m.

Die Anzahl ist dem Grundriss zu entnehmen.

An den Giebelseiten befinden sich je ein Fenster mit den Abmessungen 1,76 m x 1,26 m.

In den Dachflächen sind jeweils drei Dachflächenfenster eingebaut. Abmessungen 1,26 m x 1,51 m

~~Wohnfläche insgesamt  $A_{\text{Wohn}} = 300 \text{ m}^2$~~

Gesucht ist der Nachweis nach dem Referenz-Gebäudeverfahren ~~für den Referenzstandort Potsdam~~ auf der Grundlage der EnEV 2014 ~~mit den verschärften Anforderungen an die U-Werte (-25 %).~~

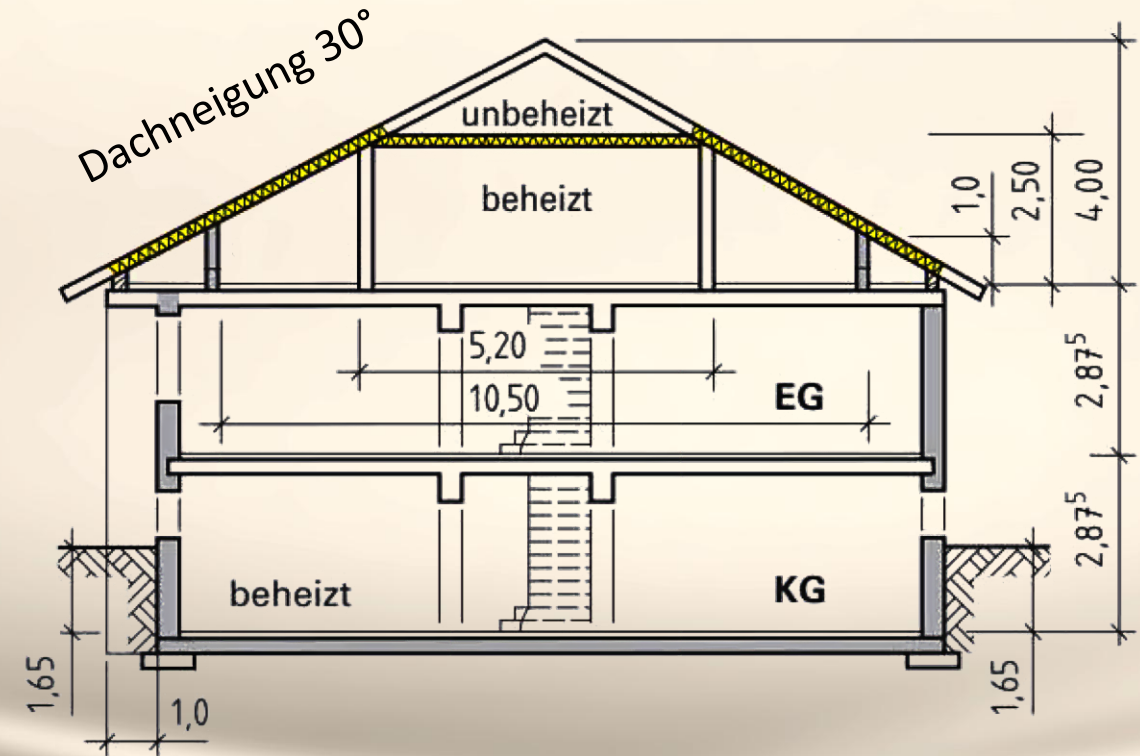


Bild 3: Schnitt

Anlagetechnik: Brennwerttechnik mit solar unterstützter Trinkwassererwärmung





# Noch mit Fehlern?! Übung 13

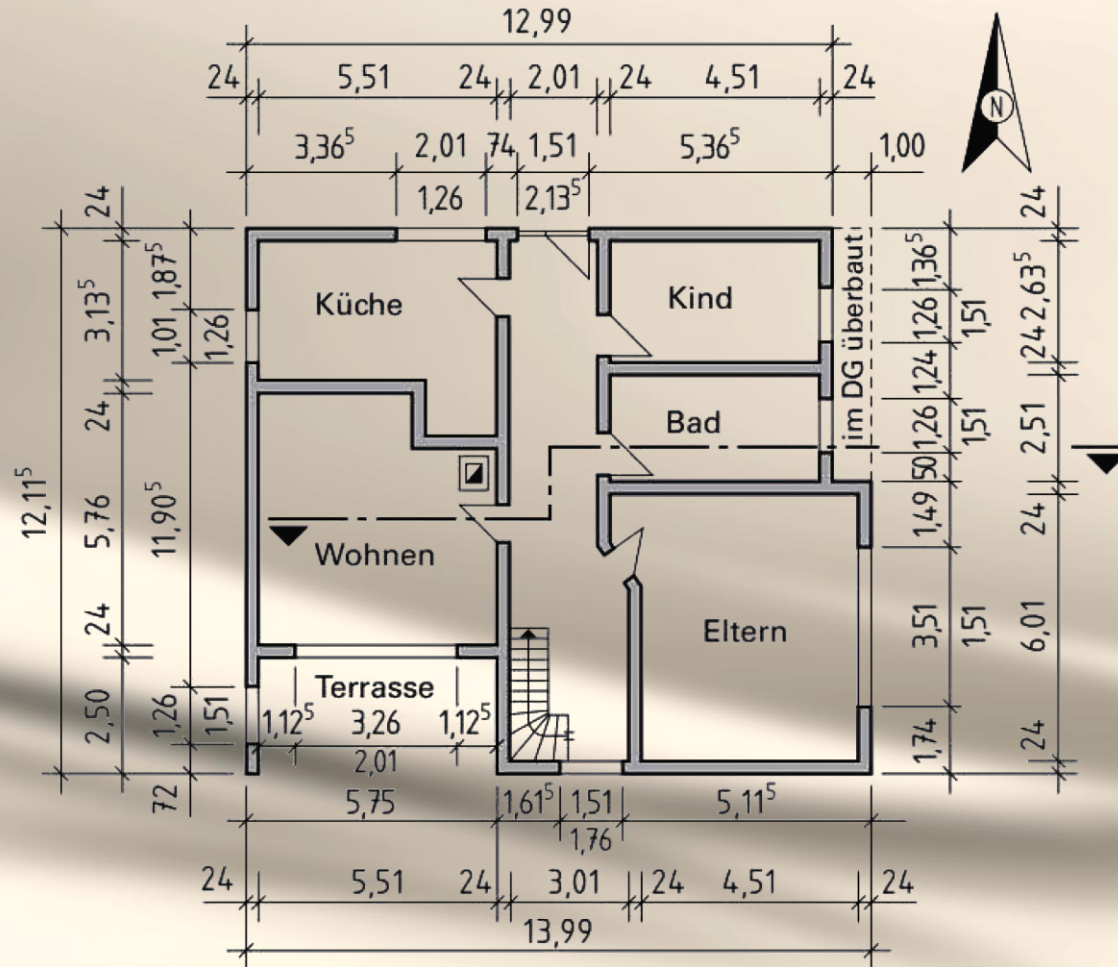


Bild 1: Grundriss EG

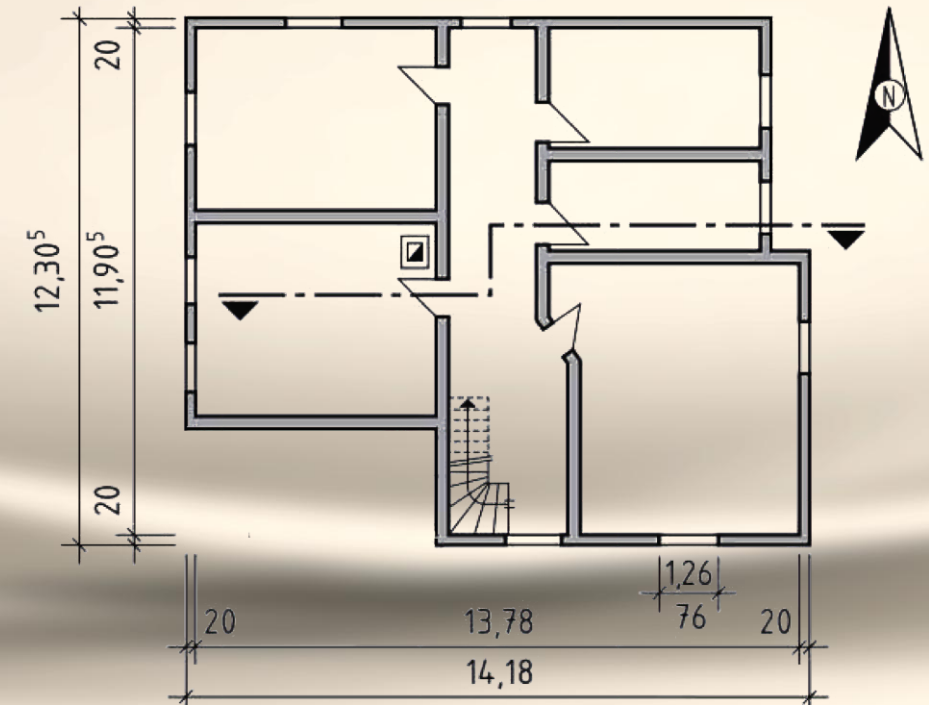
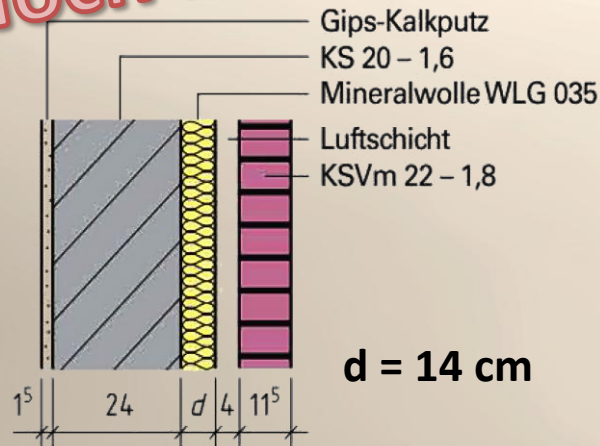


Bild 2: Grundriss KG



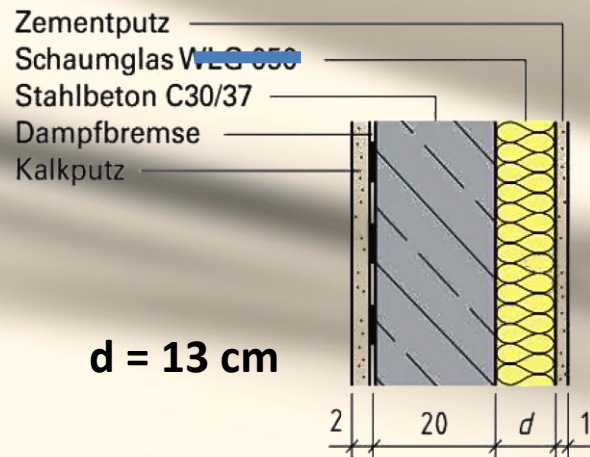
Noch mit Fehlern?!

# Übung 13



$$U_{AW1} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Bild 4: Wandaufbau EG und Giebel



$$U_{AW2} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Bild 5: Wandaufbau KG

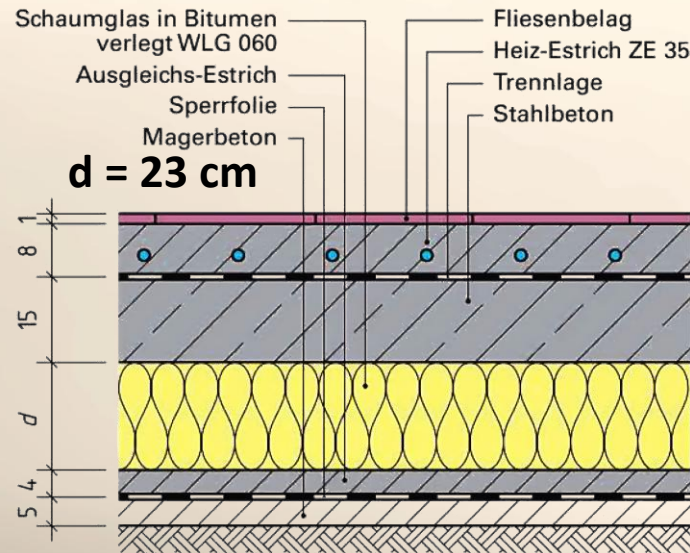


Bild 5: Bodenplatte  $U_{BP} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

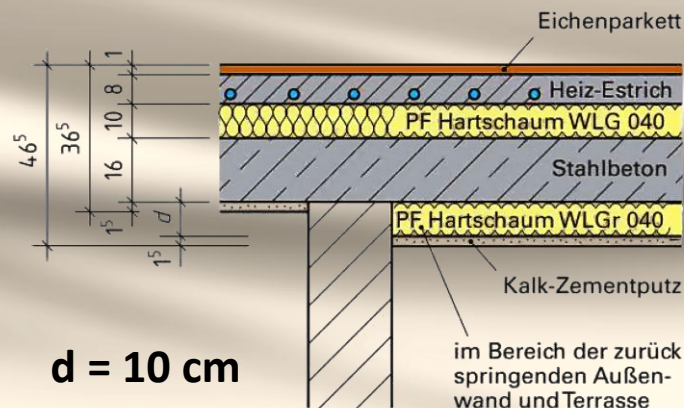


Bild 2: EG-Decke  $U_{EGD} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

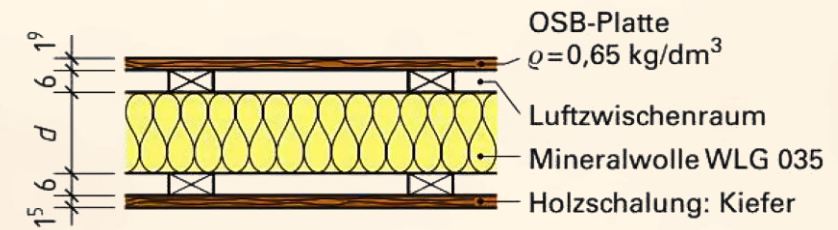


Bild 1: Kehlbalkendecke

$$U_{KBD} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

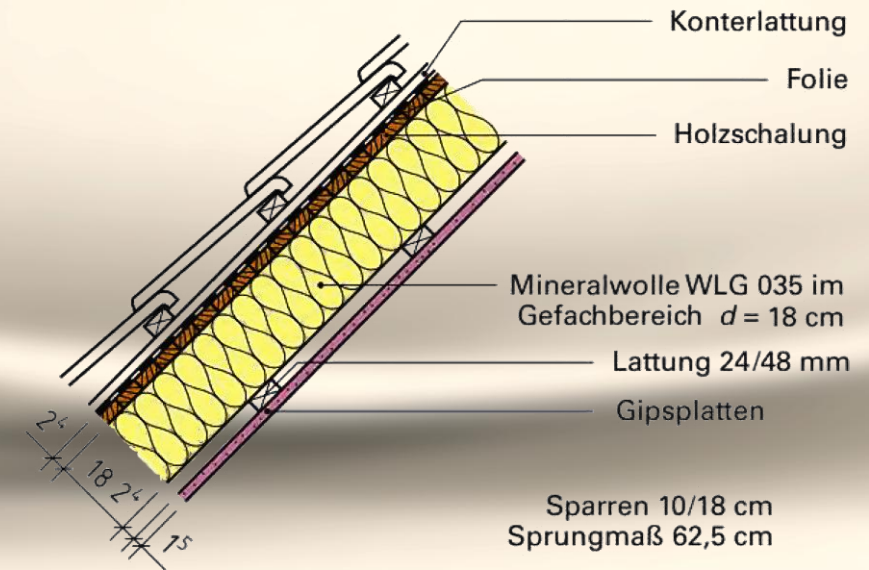


Bild 6: Dachaufbau  
 $U_D = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$





# Teilaufgaben

Aus alten ABI-Klausuren



# Übung 14

## Nichtunterkellertes Wohnhaus mit Pultdach

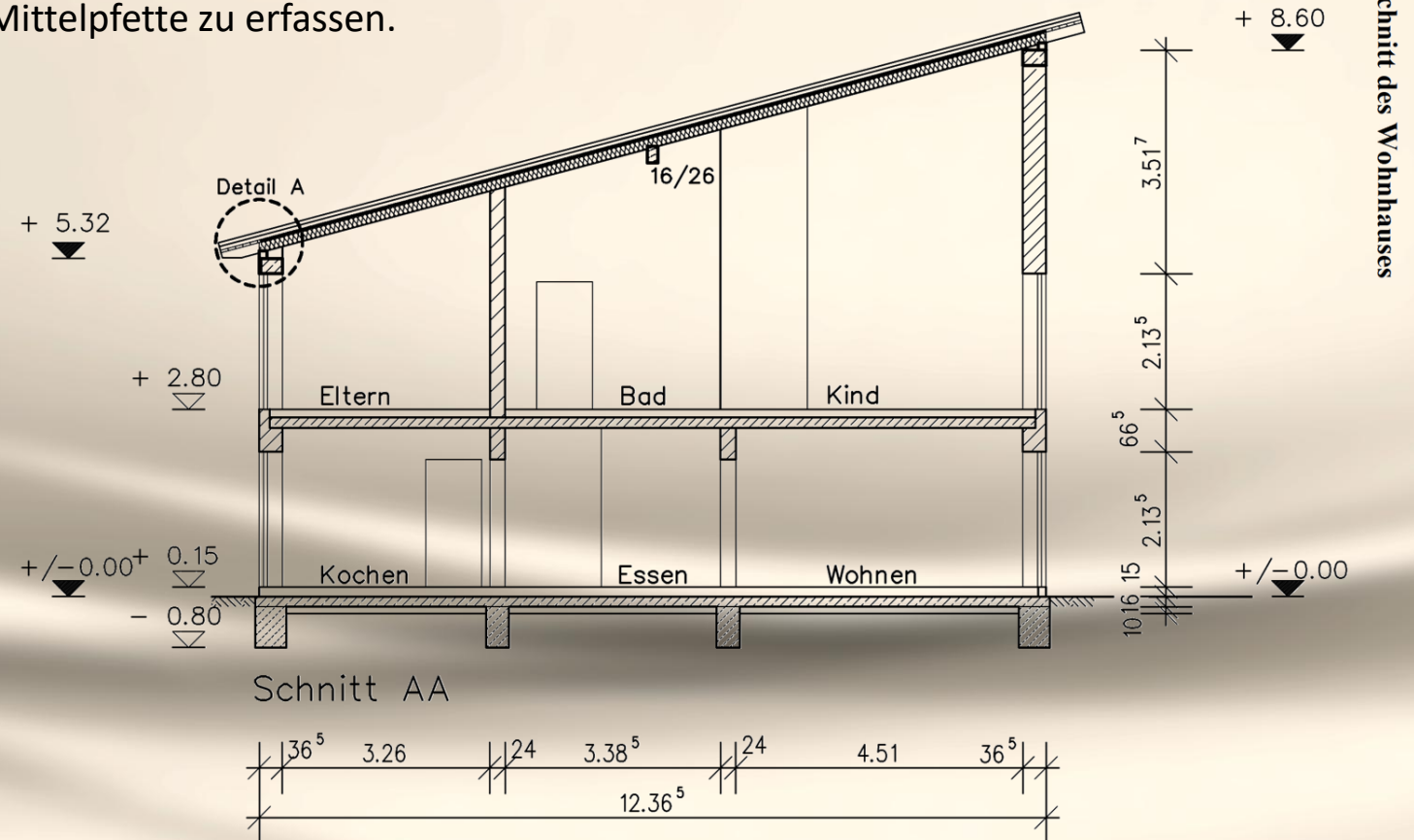
Für das Wohnhaus in den Materialien sind die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV 2014) hinsichtlich der Transmissionswärmeverluste sowie die Außenwandbelastung mit Fundamentbemessung und die Tragfähigkeit der Mittelpfette zu erfassen.

## 1) Wärmedurchgang der Außenwand

**Berechnen** Sie den vorhandenen Wärmedurchlasswiderstand  $R$  und den Wärmedurchgangskoeffizienten  $U$  für die Außenwand **und vergleichen** Sie Ihre Ergebnisse mit den zulässigen Werten nach DIN 4108-2 und der EnEV 2014.

**Geben** Sie einen Vorschlag zur Verbesserung des U-Wertes der Außenwand **an**.

**(8 BE \* 3Min/BE = 24 Min)**





# Übung 14

## 3) Transmissionswärmeverluste

3.1)

Entwerfen Sie für die Berechnung der wärmeübertragenden Umfassungsflächen die notwendigen Skizzen der Hüllflächen mit Bemaßung und berechnen Sie die

Gebäudesystemgrenzen sowie die Summe der wärmeübertragenden Umfassungsflächen  $A$ .

Hinweis: Hierzu ist es erforderlich First- und Traufdetail zu skizzieren und das nötige Obholz zu berechnen.

(17 BE \* 3Min/BE = 51 Min)

3.2)

Berechnen Sie das beheizte Gebäudevolumen  $V_e$  des Gebäudes sowie die Gebäudenutzfläche  $A_N$  nach EnEV 2014.

(4 BE \* 3Min/BE = 12 Min)

3.3)

Berechnen Sie die vorhandenen Transmissionswärmeverluste  $H_T$  und  $H'_{T, \text{vorh}}$  der einzelnen Umfassungsflächen mithilfe von Material 4.

Hinweise:

- Temperaturkorrekturfaktor für die Bodenplatte:  $F_G = 0,50$
- Es ist von folgenden fehlenden U-Werten auszugehen:
  - Dach:  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Fenster und Türen:  $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Außenwand:  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
  - Bodenplatte:  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

(12 BE \* 3Min/BE = 36 Min)

3.4)

Vergleichen und bewerten Sie den vorhandenen Transmissionswärmeverlust mit dem zulässigen Transmissionswärmeverlust von  $H'_{T, \text{zul}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  nach dem vereinfachten Verfahren.

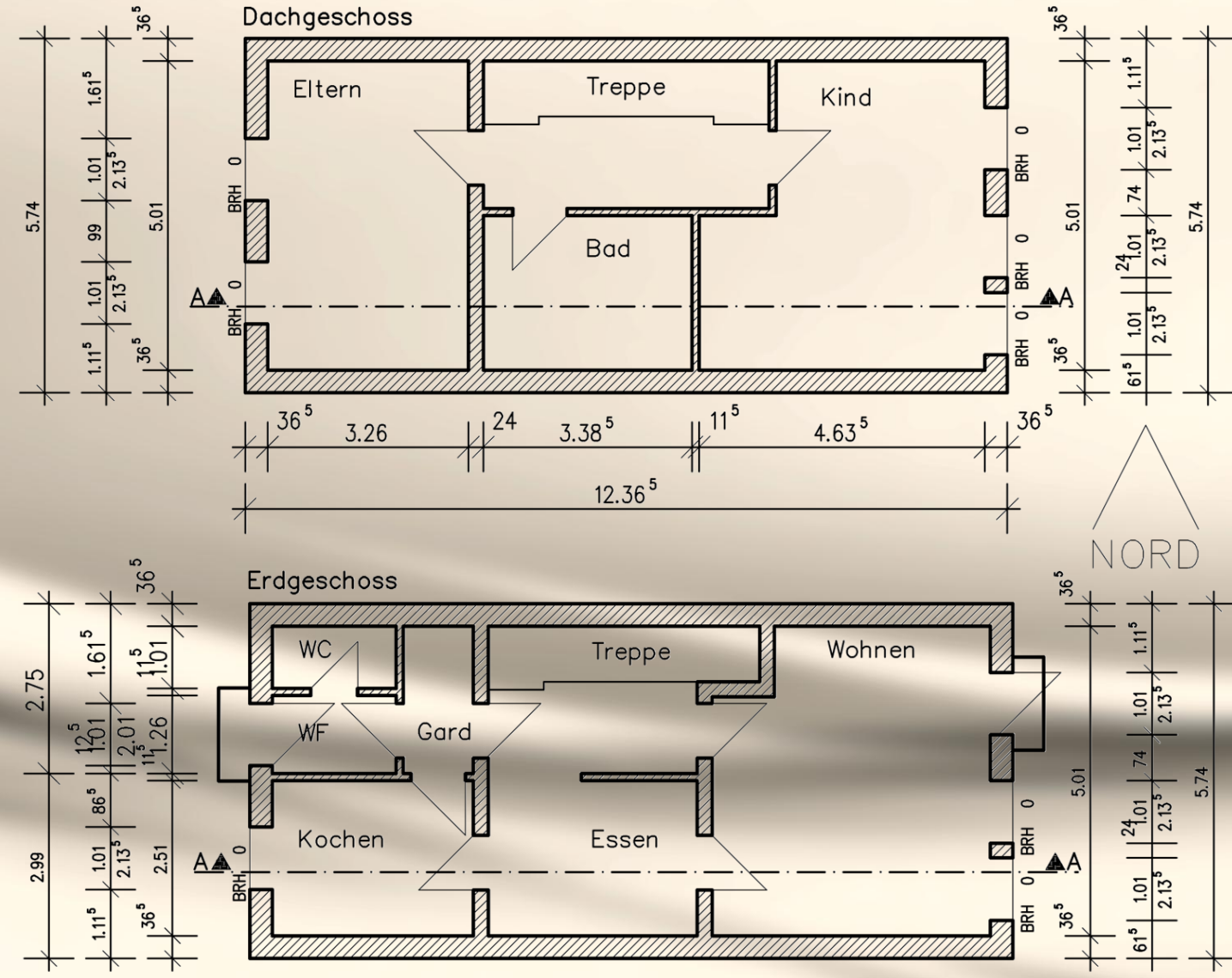
(4 BE \* 3Min/BE = 12 Min)





# Übung 14

ABI 2021 - Haupttermin - Vorschlag A





# Übung 14

## Technische Angaben zum Wohnhaus

### Aufbau des Daches:

- Dachdeckung (Trapezblech)
- Dachlattung und Konterlattung (Belüftungsebene)
- diffusionsoffene Unterspannbahn
- Aufsparrendämmung mit 4cm
- Zwischensparrendämmung aus Mineralfaser WLG 040
- Sparren  $b/h = 8/12\text{cm}$ ; Nadelholz C24; Bundmaß: 68cm; rechtwinklige Kervertiefe: 3 cm
- Dampfbremse
- stehende Luftschicht  $d = 30\text{mm}$
- Gipskartonplatte  $d = 12,5\text{mm}$ ;  $\lambda = 0,25\text{W}/(\text{mK})$
- Dachüberstand: 60 cm ab Vorderkante Rohmauerwerk
- Fußpfette und Firstpfette  $b/h=12/12\text{cm}$ , jeweils bündig mit der Außenkante Rohmauerwerk

### Aufbau der Außenwand von innen nach außen:

- 1,5cm Kalkgipsputz
- 365 cm Porenbeton-Planstein in Dünnbettmörtel mit  $\rho=650\text{kg}/\text{m}^3$
- 1cm Leichtputz ( $\lambda = 0,21\text{W}/(\text{mK})$ )

### Aufbau des Ringankers (rechts und links) in der Außenwand von innen nach außen:

- 1,5cm Kalkgipsputz
- Ringanker umlaufend,  $b/h=365/30\text{ cm}$
- 1cm Leichtputz ( $\lambda = 0,21\text{W}/(\text{mK})$ )

### Baugrund:

- tonig-schluffiger Boden (steif)

## Transmissionswärmeverluste

	$F_{\text{xi}}$	$U$ ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )	$A$ ( $\text{m}^2$ )	$H_{\text{T}}$ ( $\text{W}/\text{K}$ )
<b>Fensterflächen</b>				
Nord				
Süd				
West				
Ost				
<b>Türen</b>				
Nord				
Süd				
West				
Ost				
<b>Wände</b>				
Nord				
Süd				
West				
Ost				
<b>Boden</b>				
<b>Dach</b>				
<b>Summe:</b>				





# Bildnachweis

Seite 1: [Verbraucherzentrale](#) ([Direktlink](#) 12.5.2023 15:21)

Seite 2: