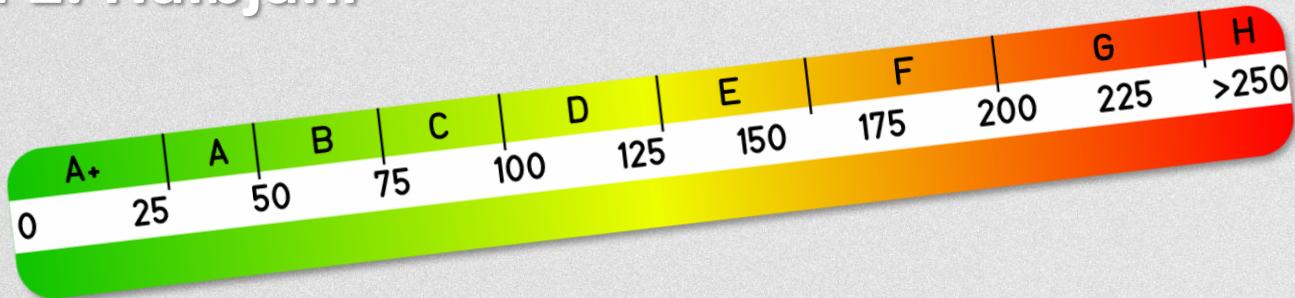




BG 12 Bautechnik

LK im 2. Halbjahr



Q2 Leistungskurs Energiesparendes Bauen



Teil 3 : Vorschriften
Vereinfachter Nachweis



ars
Adolf Reichwein
Schule

Inhalte nach BG Kerncurriculum



Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen

HESSEN

HMKB
Fachrichtung: Technik
Schwerpunkt: Bautechnik

Kerncurriculum berufliches Gymnasium

Qualifikationsphase (Q1/Q2)

Bautechnik (LK)

Q2		Energiesparendes Bauen	
		Q2.1 Wärmephysikalische Grundlagen	
		Q2.2 Bauteilnachweise und Berechnungsverfahren	
		Q2.3 Vorschriften	
		Q2.4 Projektbezogene Vertiefung	
		Q2.5 Ergänzende Nachweisverfahren	
		verbindlich: 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)
		Q1.1 Der Begriff der Energie	Energietechnik
		Q1.2 Energiesparende Gebäudekonstruktionen	
		Q1.3 Anlagentechnik	
		Q1.4 Großanlagen	
		Q1.5 Exkursion	
		verbindlich: Themenfelder Q1.1–Q1.3	
		Konstruktionslehre (GK)	
		Bauzeichnungen	
		2.1 Komplexe Objekte	
		2.2 Bauzeichnungen	
		2.3 Dachabwicklungen	
		2.4 Alternative Darstellungsformen	
		2.5 Gebäudeaufmaß und Skizzen	
		verbindlich: Themenfelder Q2.1–Q2.3	
		Konstruktionslehre (GK)	
		Bauteilkonstruktionen	
		Q3.1 Dachkonstruktionen und -aufbauten	Q3.1 Decken

Quelle: Kultusministerium Hessen

kultus.hessen.de

Hessische Kerncurricula
Berufliches Gymnasium ab dem zweiten Halbjahr des Schuljahres 2024/25

Neueller Kernausbildung für die Fachrichtung- und schwerpunktsgerechte Berufsbildung

Qualifikationsphase (Q1/Q2)

Kerncurriculum berufliches Gymnasium

Bautechnik (LK)

Energiesparendes Bauen

Q2.1 Wärmephysikalische Grundlagen

Q2.2 Bauteilnachweise und Berechnungsverfahren

Q2.3 Vorschriften

Q2.4 Projektbezogene Vertiefung

Q2.5 Ergänzende Nachweisverfahren

verbindlich: 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)

Bauzeichnungen

2.1 Komplexe Objekte

2.2 Bauzeichnungen

2.3 Dachabwicklungen

2.4 Alternative Darstellungsformen

2.5 Gebäudeaufmaß und Skizzen

verbindlich: Themenfelder Q2.1–Q2.3

Konstruktionslehre (GK)

Bauteilkonstruktionen

Q3.1 Dachkonstruktionen und -aufbauten

Q3.1 Decken

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

<p>HMKB</p> <p>Fachrichtung: Technik Schwerpunkt: Bautechnik</p>	<p>Kerncurriculum berufliches Gymnasium</p> <p>Fach: Bautechnik</p>
Q2.2 Bauteilnachweise und Berechnungsverfahren	
<ul style="list-style-type: none"> - Materialkennwerte - Wärmedurchgangsberechnungen <ul style="list-style-type: none"> - homogene Bauteile - inhomogene Bauteile - Temperaturverläufe <ul style="list-style-type: none"> - mathematisches Verfahren - zeichnerische Darstellung - Taupunktberechnung - Kenngrößen <ul style="list-style-type: none"> - Wärmegewinne / -verluste - Jahresprimärenergiebedarf 	
Q2.3 Vorschriften <ul style="list-style-type: none"> - sommerlicher / winterlicher Wärmeschutz - Anlagentechnik - Energiebedarfsausweise 	
Q2.4 Projektbezogene Vertiefung <ul style="list-style-type: none"> - projektbezogene Anwendung an einem überschaubaren Projekt 	
Q2.5 Ergänzende Nachweisverfahren <ul style="list-style-type: none"> - Luftdichtheit (zum Beispiel Blower-Door-Test) - Thermographie - Berechnung Wärmegewinne und Verluste - Referenzgebäude 	
40 Quelle: Kultusministerium Hessen	



Wochenplanung 2025

Kalender 2025 Hessen

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1 Mi Neujahr	1 Sa	1 Sa	1 Di	1 Do Tag der Arbeit	1 So	1 Di	1 Fr	1 Mo	36 1 Mi	1 Sa Alleheiligen	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 Dr. Einheit	3 Mo 45	3 Mi
4 Sa	4 Di	4 Di	4 Fr U-Ende Q4	4 So	4 Mi	4 Fr 32	4 Mo	4 Do	4 Sa	4 Di	4 Do
5 So	5 Mi	5 Mi	5 Sa	5 Mo ABIBAU 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 Vormonat 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 7	10 Mo 10	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	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 17	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	20 Do 4	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 17	21 Mi	21 Sa	21 Mo 30	21 Do	21 So	21 Di	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 24	13	24 Do	24 Sa	24 Di	24 Do	24 So	24 Mi	24 Fr	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	27 Do 5	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

...



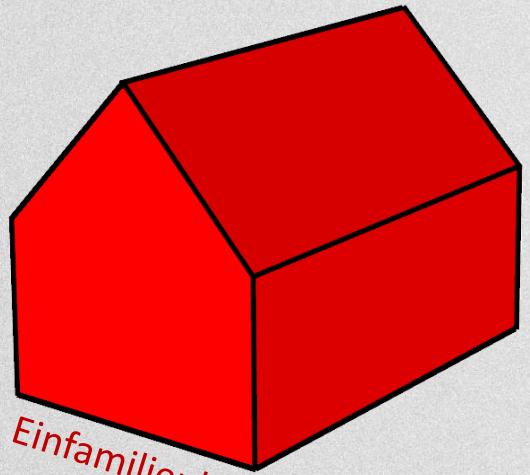
WARUM?

Vergleichbarkeit | Gesetze & Normen

Gebäudevergleich

mit

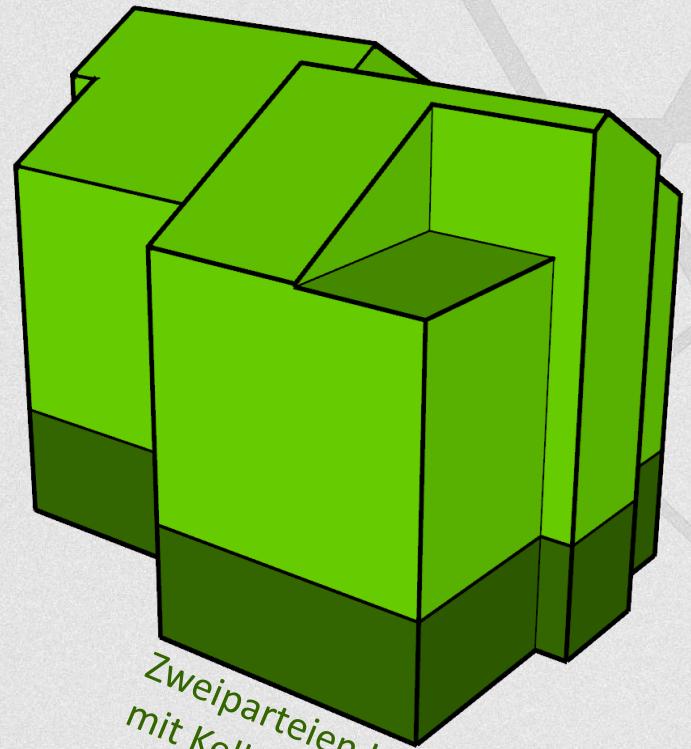
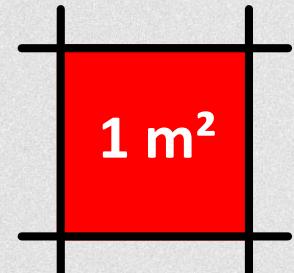
Transmissionswärmeverlust je m²



H'_T

Einfamilienhaus

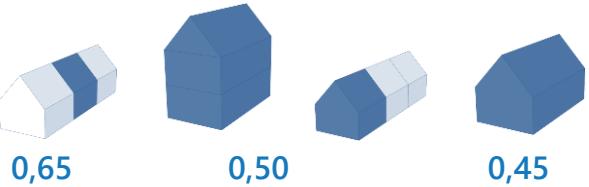
Transmissionswärmeverlust
des ganzen Gebäudes bezo-
gen auf einen Quadratmeter



Referenzgebäude nach GEG (EnEV)

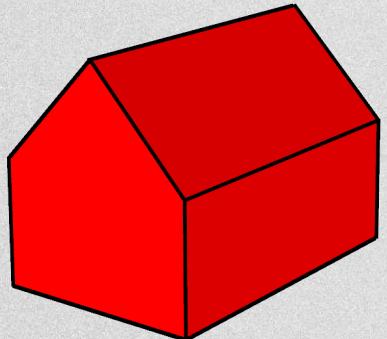
$\frac{W}{m^2 \cdot K}$

H'_T ≤ **H'**_{T,zul}

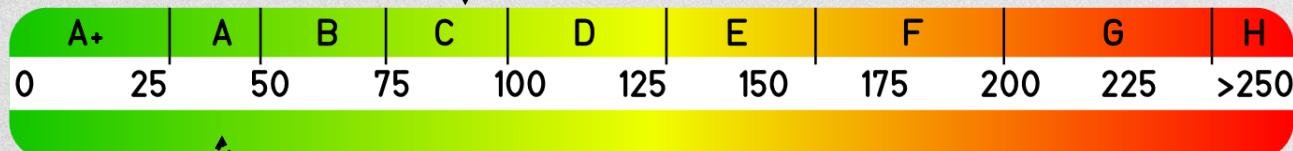


Gebäudevergleich

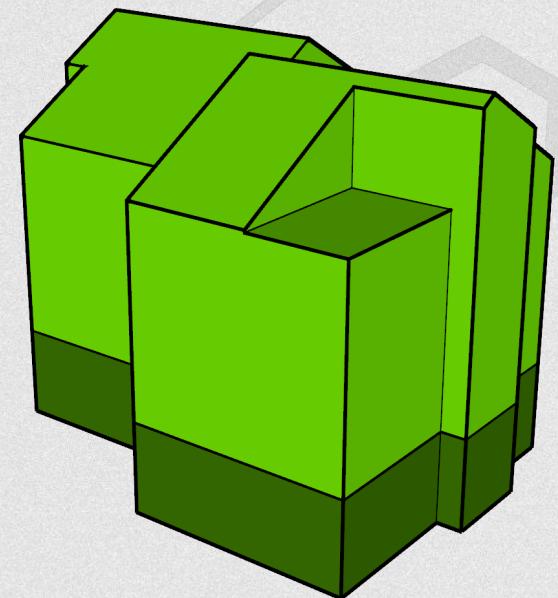
oder per Energieausweis



Energiebedarf des Gebäudes
92,6 kWh/(m²a)



28,3 kWh/(m²a)
Primärenergiebedarf des Gebäudes



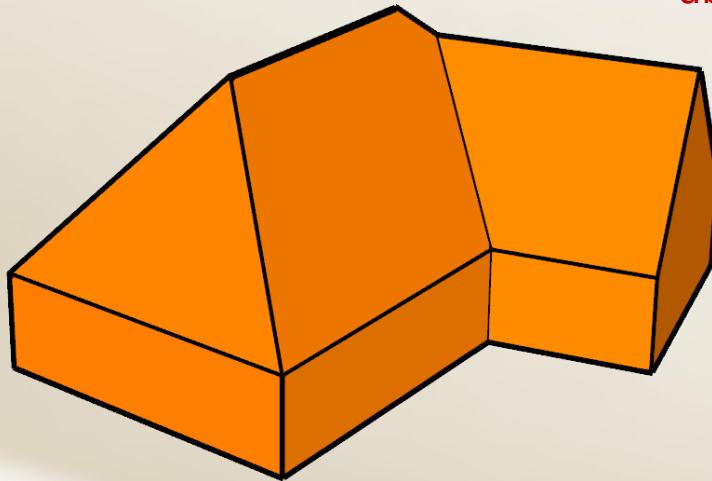
Energiebedarf des Gebäudes
43,2 kWh/(m²a)



55,1 kWh/(m²a)
Primärenergiebedarf des Gebäudes



Einschätzen der Kosten



über

absoluter Jahresheizwärmebedarf

Q_H

z.B. Q_H = 27.500 kWh/a



The screenshot shows a promotional offer for the 'VATTENFALL Tarif Easy12 Gas'. It is labeled as a 'Best Seller' with a 90% recommendation rate. The tariff is described as 'Standard Gas' (fossil natural gas). Key features include a 'Sofortbonus: 10 €' and a 'Neukundenbonus: 40 €'. The contract period is 12 months, and there is a price fix for 12 months. The total cost for the first year is listed as 2.821,58 €, with a note that 845,32 € can be saved compared to the previous year. A 'weiter' button is at the bottom right.

Best Seller ⓘ

VATTENFALL ⓘ

Tarif Easy12 Gas

90 % Weiterempfehlung

Standard Gas Fossiles Erdgas

Bonus Sofortbonus: 10 €

Bonus Neukundenbonus: 40 €

Vertragslaufzeit: 12 Monate

Preifixierung: 12 Monate

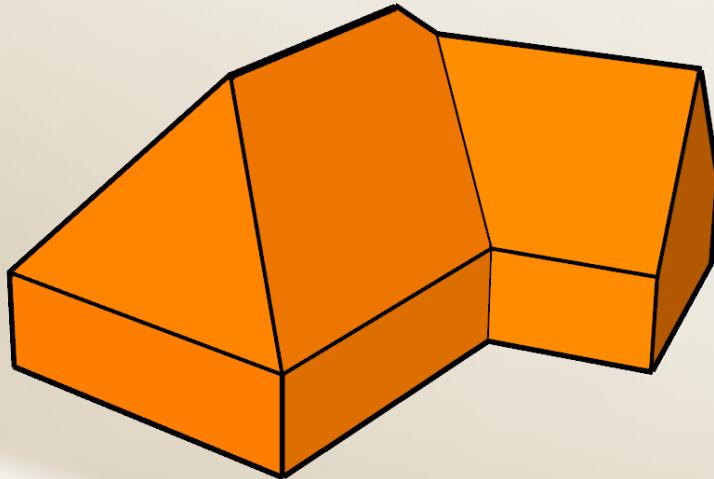
2.821,58 € ⓘ im 1. Jahr
845,32 € sparen ⓘ

weiter



Einschätzen der Kosten

realistischer über
Primärenergiebedarf je m²



Q'' P

z.B. Q''_P = 55,1 kWh/m²a mit A = 250 m²
Q_P = 55,1 * 250 = 13.775 kWh/a



Berücksichtigung der

- Warmwassererzeugung
- Anlagentechnik und
- Primärenergieform

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



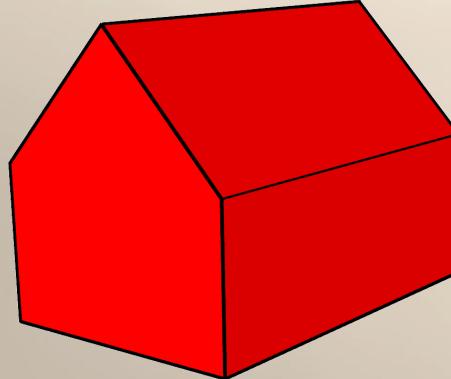


theoretische **GRUNDLAGEN**

Eingangswerte | Nachweise | Verluste | Gewinne



Eingangswerte



$U_i; A_i$

U-Werte

aller Bauteile die zur beheizten Außenhülle gehören und deren Flächen

Gebäudeinformationen
Geschoßanzahl, Gebäudetyp

Baubeschreibung

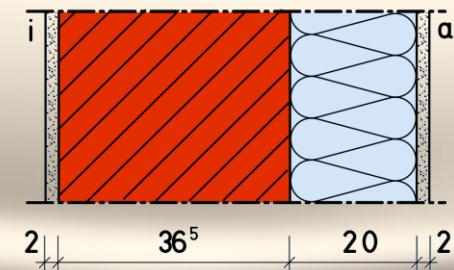
Gebäudevolumen
Beheizt

V_e

Gebäudeaußenfläche
beheizt

A

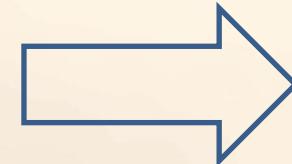
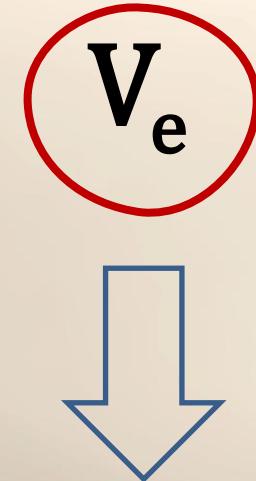
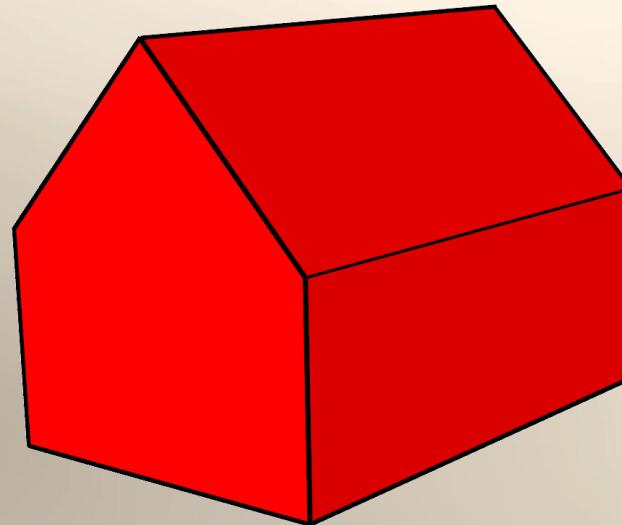
**Baupläne &
fehlende
Maße
bestimmen**





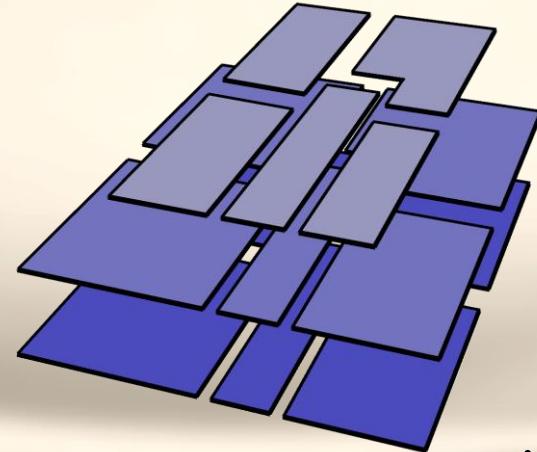
Gebäudevolumen

Hüllfläche beheizt



Gebäudenutzfläche

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



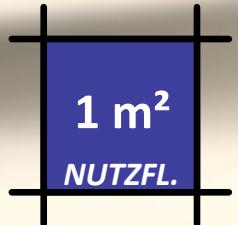
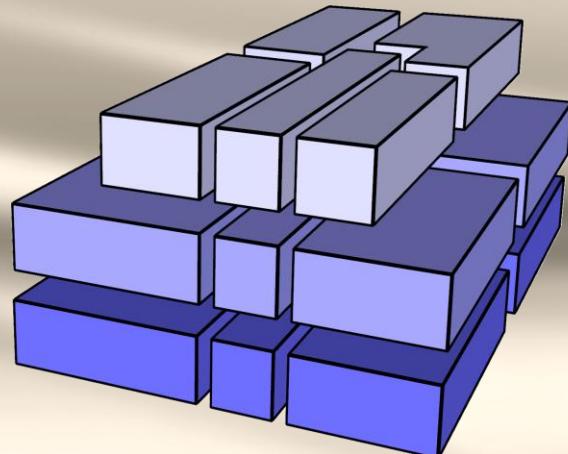
Beheiztes Volumen

Bis 3 Vollgeschosse:

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

Ansonsten:

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





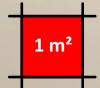
Nachweise im Überblick

Vereinfachtes Jahresbilanzverfahren

Transmissionswärmeverluste



spezifischer Transmissionswärmeverlust



zulässiger Transmissionswärmeverlust
je m^2 Gebäudeaußenfläche A

H_T

H'_T

$H'_{T,zul}$

NACHWEIS: Referenzgebäude nach EnEV/GEG

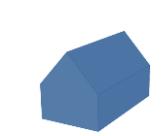
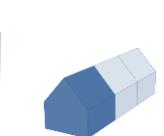
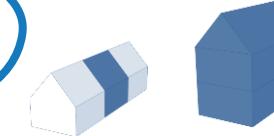
[W/m²K]

0,65

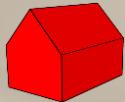
0,50

0,45

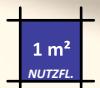
0,40



Endenergiebedarf pro Jahr



absoluter Jahresheizwärmeverbrauch



absoluter Jahresheizwärmeverbrauch
je m^2 Nutzfläche A_N

Q_h

Q''_h

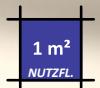
Vergleichbarkeit der Gebäude

Endenergiebedarf dieses Gebäudes
kWh/(m²·a)

A+	A	B	C	D	E	F	G	H
0	25	50	75	100	125	150	175	200

kWh/(m²·a)
Primärenergiebedarf dieses Gebäudes

Primärenergiebedarf pro Jahr



Berücksichtigung der Warmwasser-
erzeugung, Anlagentechnik und
Primärenergieform

Q''_p

<

NACHWEIS: Höchstwerte nach EnEV/GEG

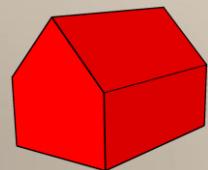
[W/m²K]



Jahresheizwärmeverbrauch

(End)Energiebedarf pro Jahr

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

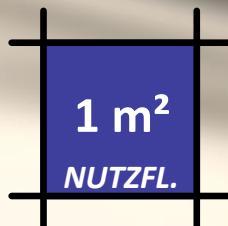


$$Q_h = \underbrace{66 \cdot (H_T + H_V)}_{\text{Wärmeverluste}} - \underbrace{0,95 \cdot (Q_s + Q_i)}_{\text{Wärmegewinne}}$$

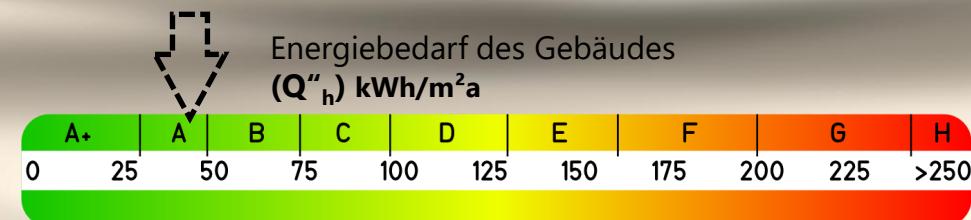
Interne Wärmegewinne
Solare Wärmegewinne
Faktor: i.d.R. 0,95

Lüftungswärmeverlust
Spezifischer Transmissionswärmeverlust
Faktor: fGt = 66

Nachweise



$$Q''_h = Q_h \div A_N$$





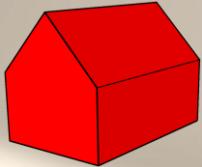
Transmissionswärmeverlust H_T

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$$H_T = \sum (F_{xi} + U_i + A_i) + 0,05 \cdot A$$

Wärmeverluste je Bauteil *Wärmebrücken*



$\frac{W}{K}$

... mit F_{xi}
aus Tabellenbuch

Temperaturkorrekturfaktoren F_{xi}		
Wärmestrom nach außen über Bauteil	Temperaturkorrekturfaktor F_{xi}	
Fenster, Außenwand	F_w, F_{AW}	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

Bauteil	Orientierung	A_i [m ²]	U [W/m ² 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	0,17	0,5	5,610
Bodenplatte	Erde (Orientierung egal)	108,598	0,226	0,5	12,272
Dach	N	42,930	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

Summe A: 589,143 Summe $H_{T,i}$: 91,797

Wärmebrückenzuschlag H_{wb} : 29,457

Summe H_T : 121,254

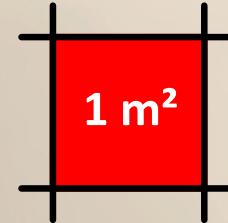
Beispiel als Tabelle



Transmissionswärmeverlust H'_T

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

vorh. Transmissionswärmeverlust je m^2



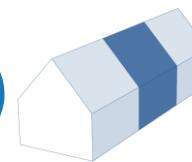
$$H'_T = H_T \div A$$

NACHWEIS: Referenzgebäude
für Wohngebäude nach EnEV/GEG

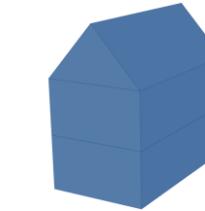
H'_T

\leq

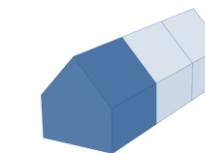
$H'_{T,zul}$



0,65



0,50



0,45



0,40

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



Transmissionswärmeverlust H'_T

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

NACHWEIS: für Nichtwohngebäude nach EnEV/GEG

$$H'_T \leq$$

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

$$H'_T = 0,3 + 0,15 / (A/V_e)$$

und bei einem Fensteranteil > 30%

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

in W/(m²·K)

in W/(m²·K)

WORK IN PROGRESS

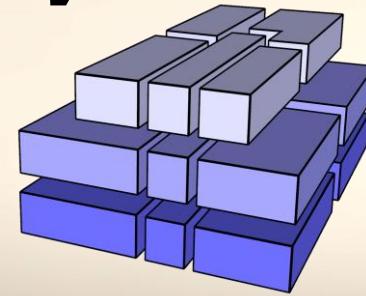
S 176



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	$n = 0,7$

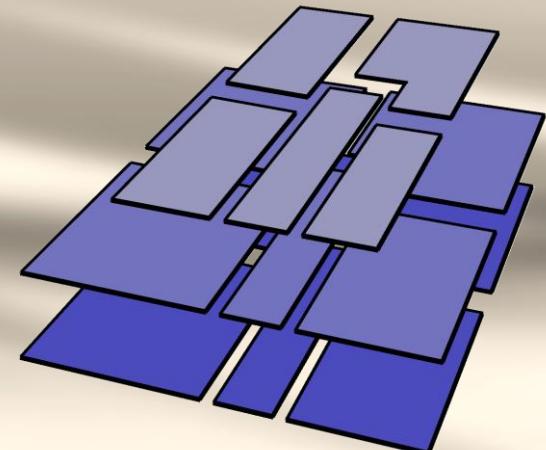


Interne Wärmegewinne Q_i

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

Pauschale Berechnung:

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



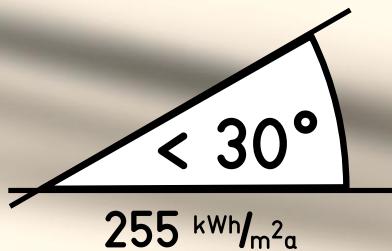


Solare Wärmegewinne Q_S

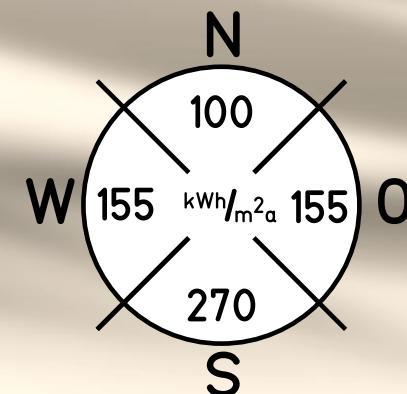
Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

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

Solare Einstrahlung I_j



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



Fensterflächen $A_{W,i}$

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

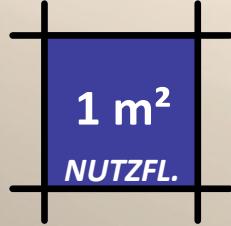
Gesamtenergiedurchlassgrad g_i

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	$g = 0,35 \dots 0,55$



Primärnergiebedarf Q''_p

Vereinfachtes Jahresbilanz-Verfahren

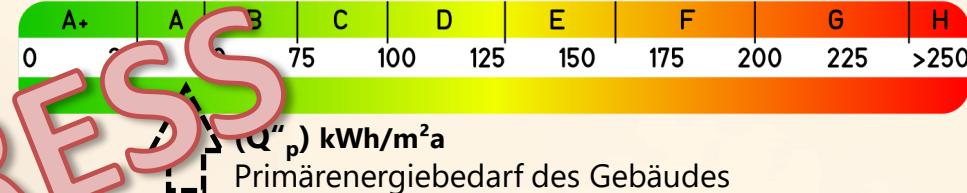


$$Q''_p = (Q''_h + 12,5) \cdot e_p$$

Wärmeverlustschichtdurchgangsleistung
 $t_{q_w} = 12,5 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ pauschal¹⁾

¹⁾ nach DIN 4701-10, EnEV

e_p Anlagenanlagen zu Wärmeleitung,
DIN 4701-10, Bbl. 1, Primärenergie-
bedarf (nachgerechnet) ► S. 180



NACHWEIS: Höchstwerte nach EnEV/GEG



Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs und des Transmissionswärmeverlustes (nach EnEV)			
Verhältnis A/V_e	Q''_p in kW·h/(m ² ·a) bezogen auf die Gebäudenutzfläche	Transmissionswärmeverlust H'_T in W/(m ² ·K)	
≤ 0,2	$66,00 + 2600/(100 + A_N)$	83,80 ²⁾	1,05 ³⁾
0,3	$73,53 + 2600/(100 + A_N)$	91,33	0,80
0,4	$81,06 + 2600/(100 + A_N)$	98,86	0,68
0,5	$88,58 + 2600/(100 + A_N)$	106,39	0,60
0,6	$96,11 + 2600/(100 + A_N)$	113,91	0,55
0,7	$103,64 + 2600/(100 + A_N)$	121,44	0,51
0,8	$111,17 + 2600/(100 + A_N)$	128,97	0,49
0,9	$118,70 + 2600/(100 + A_N)$	136,50	0,47
1	$126,23 + 2600/(100 + A_N)$	144,03	0,45
≥ 1,05	$130,00 + 2600/(100 + A_N)$	147,79	0,44
Zwischenwerte			

¹⁾ $Q''_p = 50,94 + 75,29 \cdot A/V_e + 2600/(100 + A_N)$ in kW·h/(m²·a)
²⁾ $Q''_p = 68,74 + 75,29 \cdot A/V_e$ in kW·h/(m²·a)
³⁾ $H'_T = 0,3 + 0,15 / (A/V_e)$ in W/(m²·K)
 und bei einem Fensteranteil > 30 %
 $H'_T = 0,35 + 0,24 / (A/V_e)$ in W/(m²·K)



Anlagenaufwandszahl e_p

S 180 oder wird angegeben

Niedertemperaturkessel 70 °C/55 °C

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

A_N in m ²	100	150	200	300	500	750	1 000	1 500	2 500	5 000	10 000
q_h in kW·h/(m ² ·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 ²	100	150	200	300	500	750	1 000	1 500	2 500	5 000	10 000
q_h in kW·h/(m ² ·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	
90	1,64	1,51	1,45	1,38	1,32	1,29	1,27	1,26	1,25	1,23	

WORK IN PROGRESS

$$q_h = Q''_h$$

Wärmepumpe mit gebäudezentraler Trinkwasserversorgung 35 °C/28 °C

Verteilung außerhalb der thermischen Hülle; Wärmepumpe außerhalb der thermischen Hülle

A_N in m ²	100	120	150	170	200	250	300	350	400	450	500
q_h in kW·h/(m ² ·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	0,96	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	0,92	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,86

Niedertemperaturkessel 70 °C/55 °C

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

A_N in m ²	40	50	60	70	80	90	A_N in m ²	q_h in kW·h/(m ² ·a)	40	50	60	70	80	90
q_h in kW·h/(m ² ·a)	Anlagenaufwandszahl e_p													
100	1,64	1,57	1,52	1,48	1,45	1,42	100	1,56	1,49	1,43	1,40	1,36	1,34	
120	1,60	1,54	1,49	1,45	1,42	1,40	120	1,52	1,45	1,41	1,37	1,34	1,32	
150	1,55	1,49	1,45	1,42	1,39	1,37	150	1,46	1,41	1,36	1,33	1,31	1,29	
170	1,53	1,47	1,43	1,40	1,38	1,36	170	1,44	1,39	1,35	1,32	1,30	1,28	
200	1,50	1,45	1,41	1,38	1,36	1,35	200	1,41	1,36	1,33	1,30	1,28	1,26	
250	1,47	1,42	1,39	1,37	1,35	1,33	250	1,39	1,34	1,31	1,29	1,27	1,25	
300	1,44	1,40	1,37	1,35	1,33	1,32	300	1,36	1,32	1,29	1,27	1,25	1,24	
350	1,43	1,39	1,36	1,34	1,33	1,31	350	1,35	1,31	1,28	1,26	1,25	1,23	
400	1,42	1,38	1,36	1,34	1,32	1,31	400	1,34	1,30	1,28	1,26	1,24	1,23	



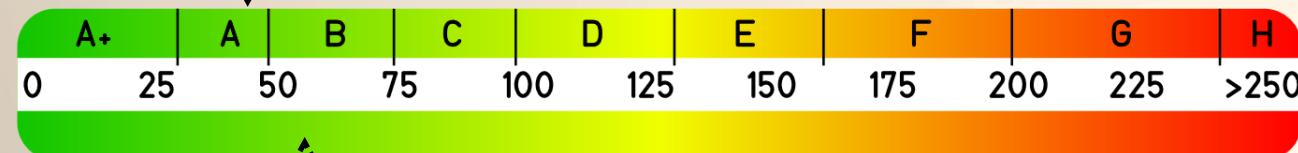
Energieausweis

S 185ff

Q'' h

Energiebedarf des Gebäudes

kWh/(m²a)



Primärenergiebedarf des Gebäudes

kWh/(m²a)

Q'' p

Wohnhaustypen

Plusenergiehaus

< 0 kWh/m²a

Nullenergiehaus

≈ 0 kWh/m²a

Effizienzhaus 100

nach GEG Referenzgebäude

KfW-70-Haus

70% der GEG Referenzgebäude

Durchschnitt Bundesweit

≈ 150 kWh/m²a

SZ



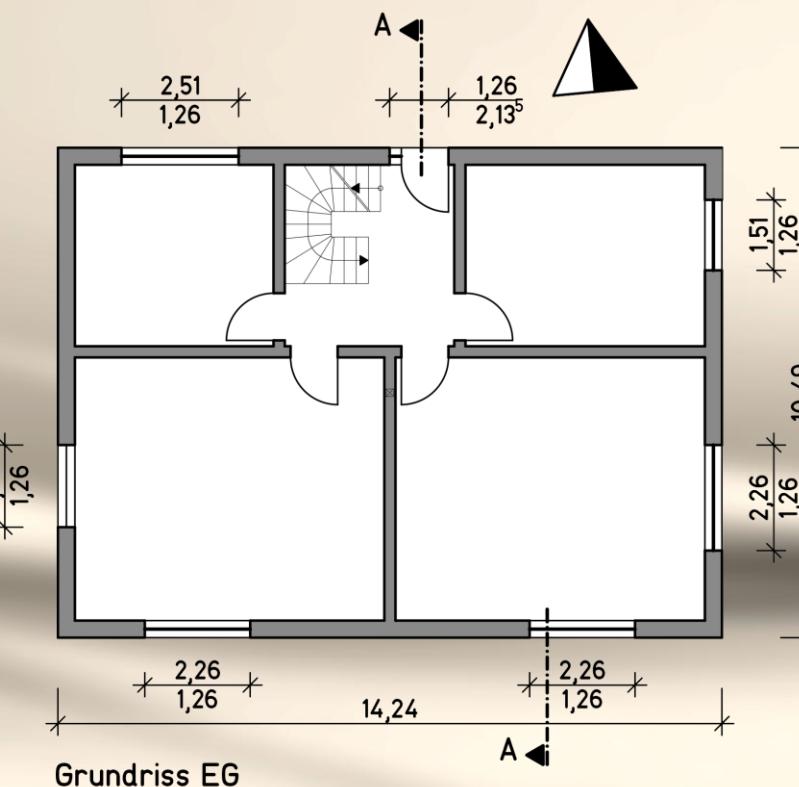
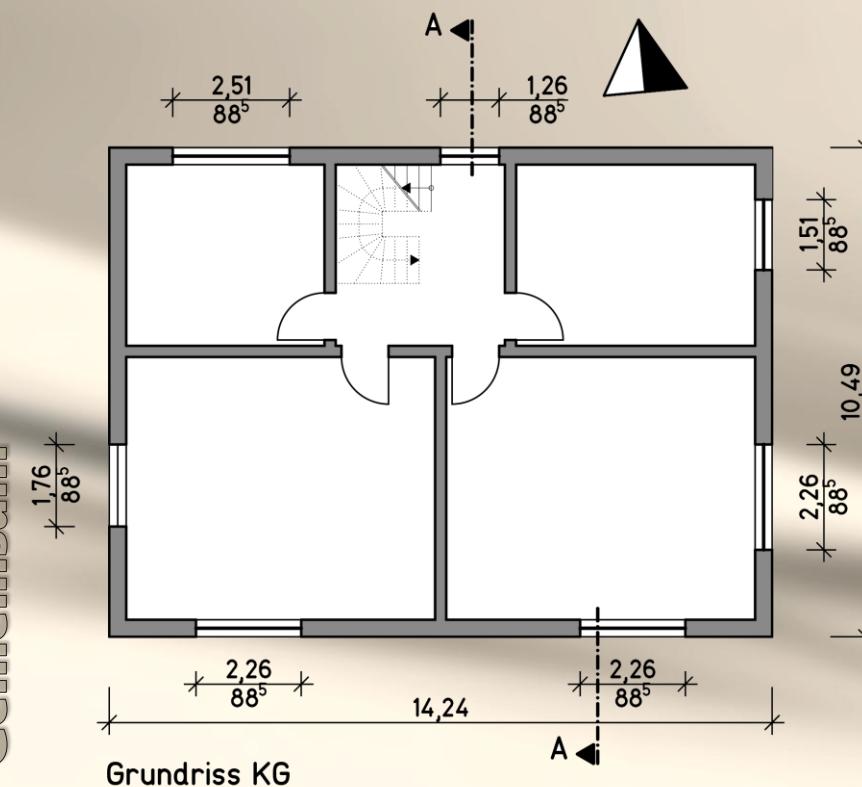
Komplexe Übungen

Gemeinsam | Einzelarbeit



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

Übung 12



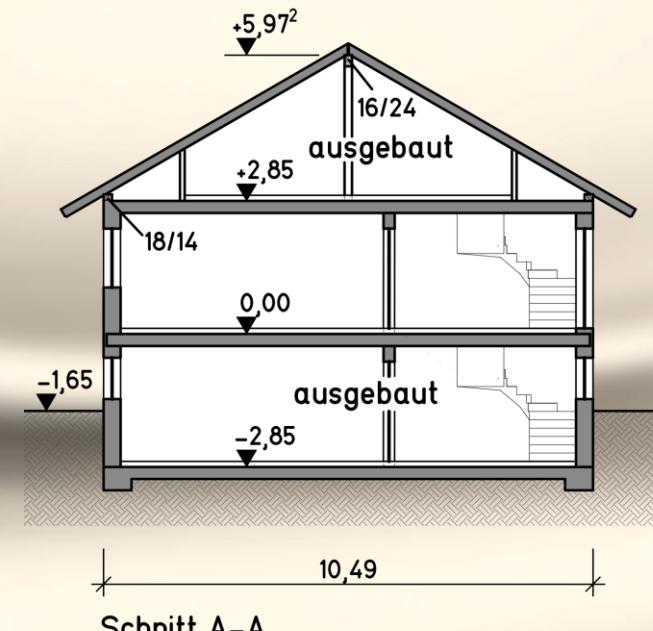
Je Giebelseite ein Fenster im DG
2,26 x 1,76 m

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

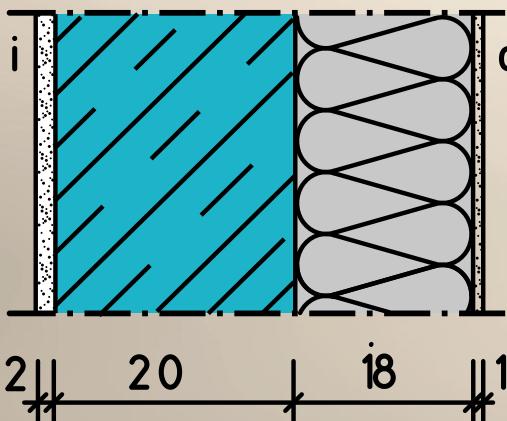




Übung 12

Außenwände

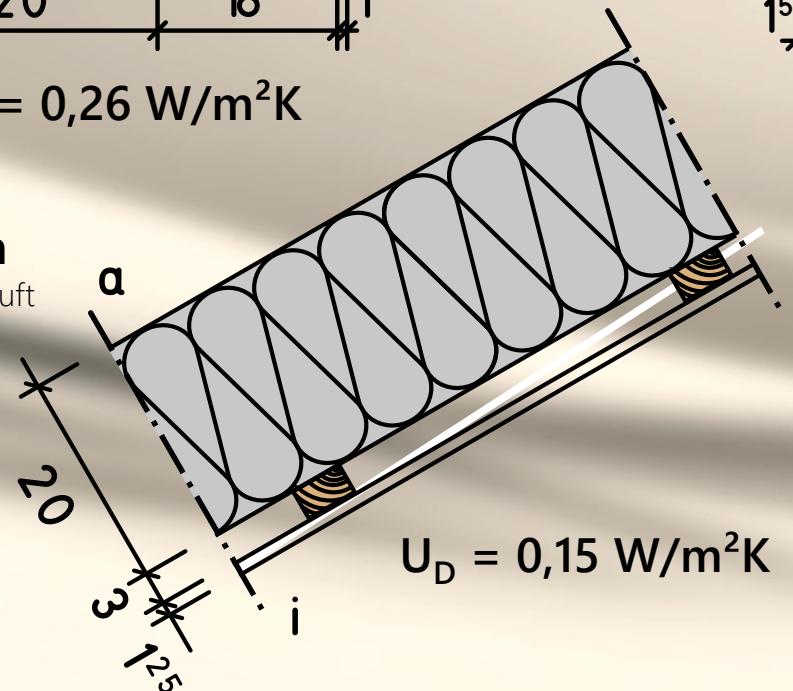
gegen Erdreich



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

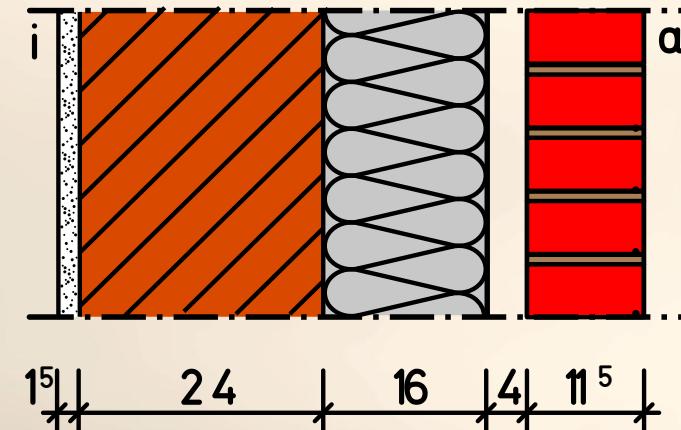
Dach

gegen Luft



Außenwände

gegen Luft



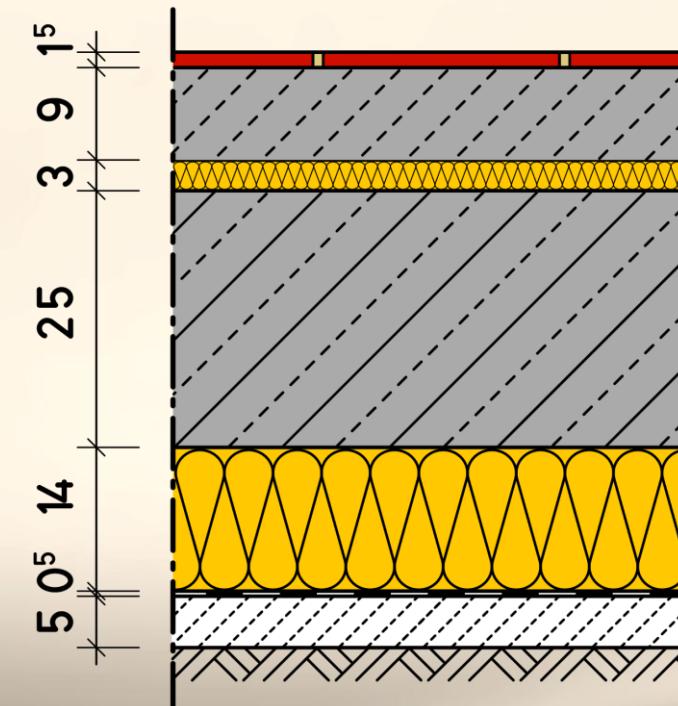
$$U_{AW2} = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Variante 1: stehende Luftsicht
(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



Übung 12

1. Beheiztes Volume V_e .

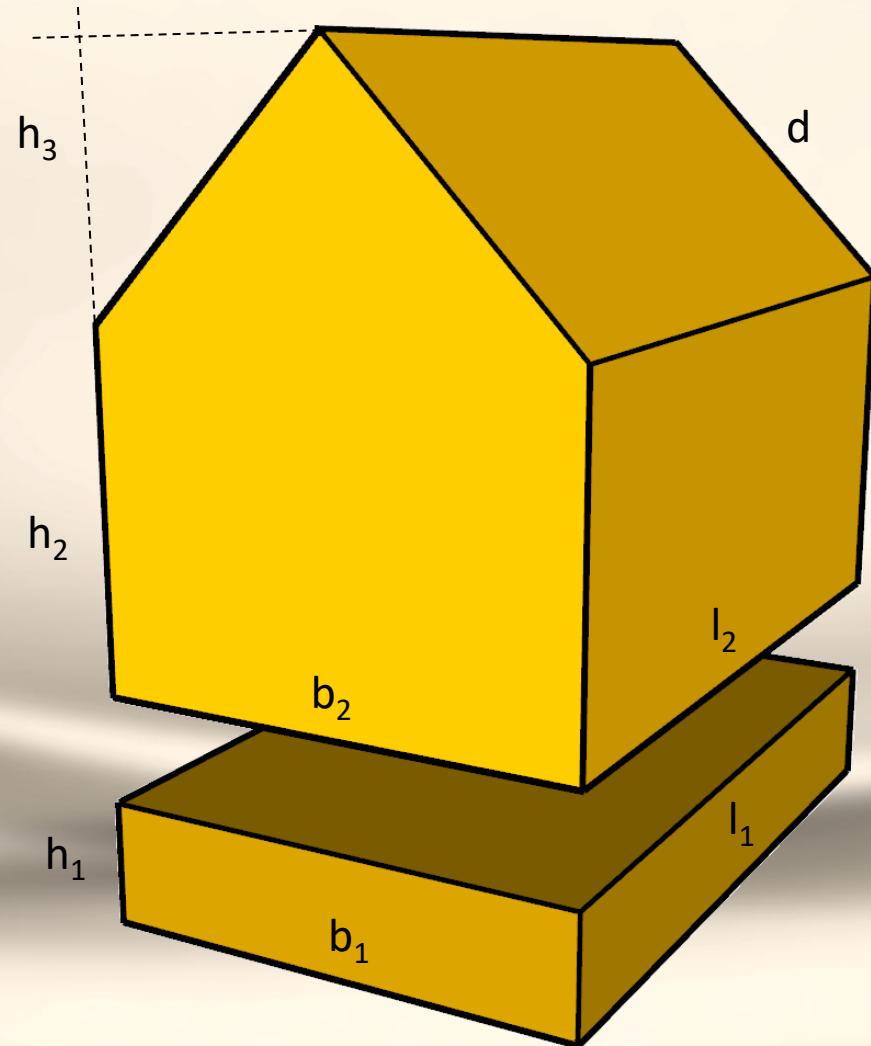
Skizze machen, welche Maße benötigt werden und ggf. fehlende Maße berechnen, dann V_e berechnen

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

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



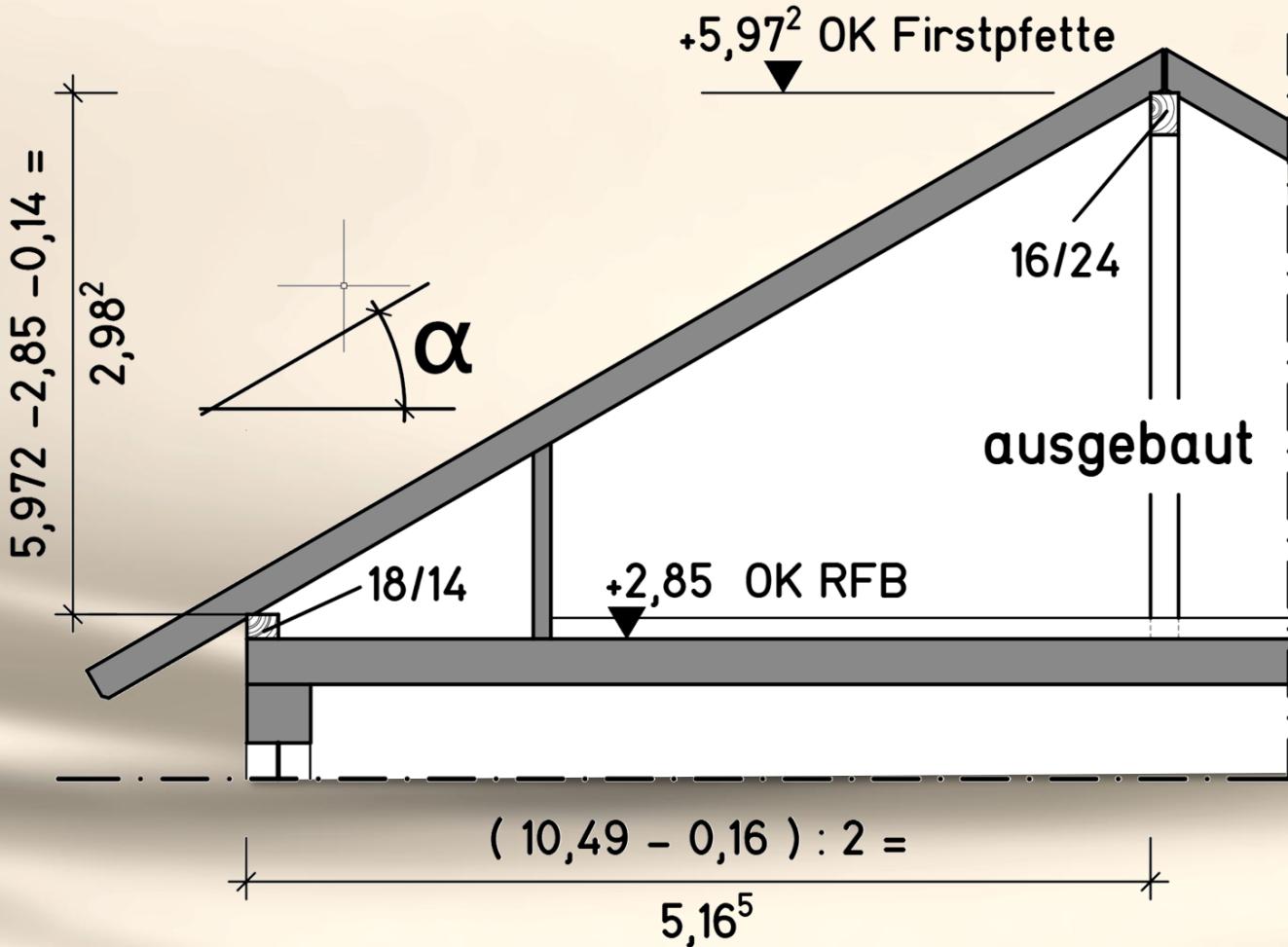


Übung 12

a) Dachneigung ausrechnen

$$\tan \alpha = a : b$$

$$\begin{aligned}\alpha &= \tan^{-1}(2,982 : 5,165) \\ &= 30,023^\circ \rightarrow \text{gew. } 30,0^\circ\end{aligned}$$





Übung 12

b) OK Traufe_{Warm} ausrechnen

Obholz O

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

Vertikales Obholz O_v

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

Höhe S über RFB EG

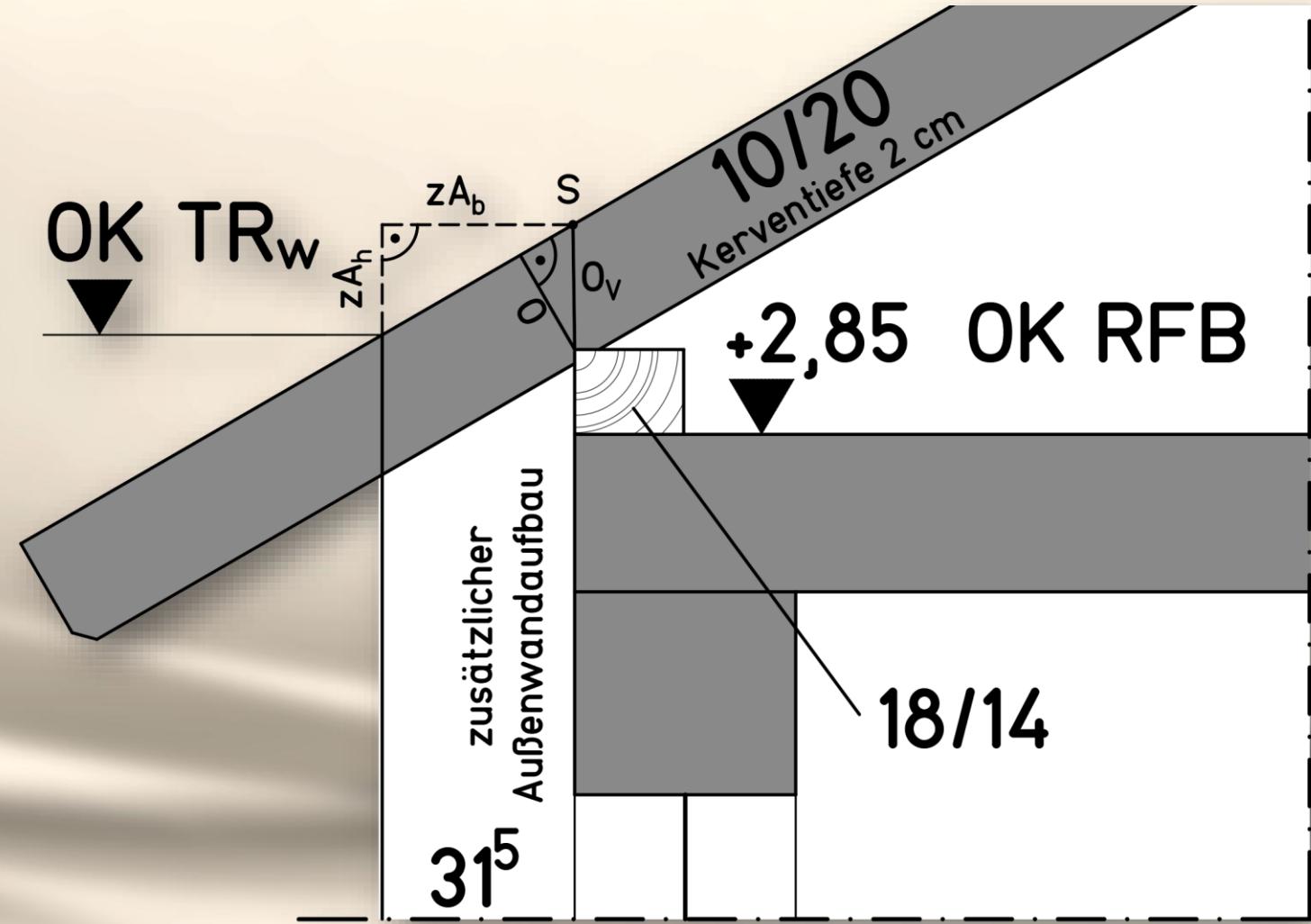
$$\begin{aligned}S &= \text{OK RFB} + \text{Fußpfette} + O_v \\&= 2,85 + 0,14 + 0,208 \\&= 3,198 \text{ m}\end{aligned}$$

Höhe zA_h 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

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





Übung 12

1. Beheiztes Volume V_e

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

Gegen Erdreich

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

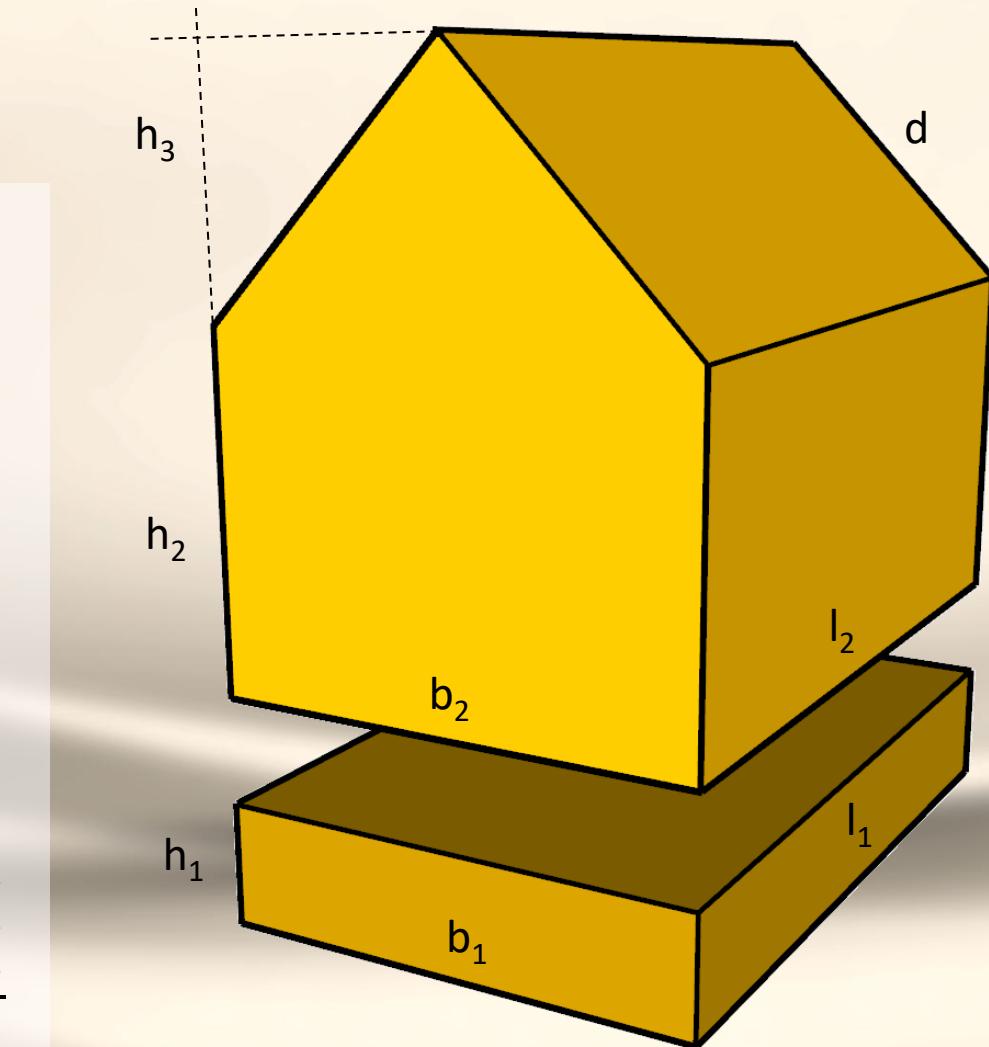
Gegen Luft

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

Beheiztes Volumen V_e

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

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	KG	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

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

$$g = 0,8$$

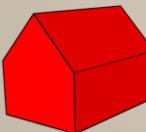


Übung 12

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

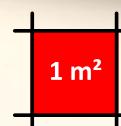
	A _{brutto}	A _{Fenster/Tür}	A _{netto}	U [W/m ² K]	F _{xi} [-]	H _{T,i} [W/K]
	[m ²]					
Außenwände gegen Luft	291,351	-41,619	249,732	0,21	1,00	52,444
Außenwände gegen Erdreich	61,176		61,176	0,26	0,45	7,158
Bodenplatte	158,919		158,919	0,26	0,45	18,594
Dachfläche	218,738	-6,100	212,638	0,15	1,00	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

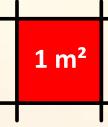
$H'_T = H_T : A$	=	0,292
------------------	---	-------



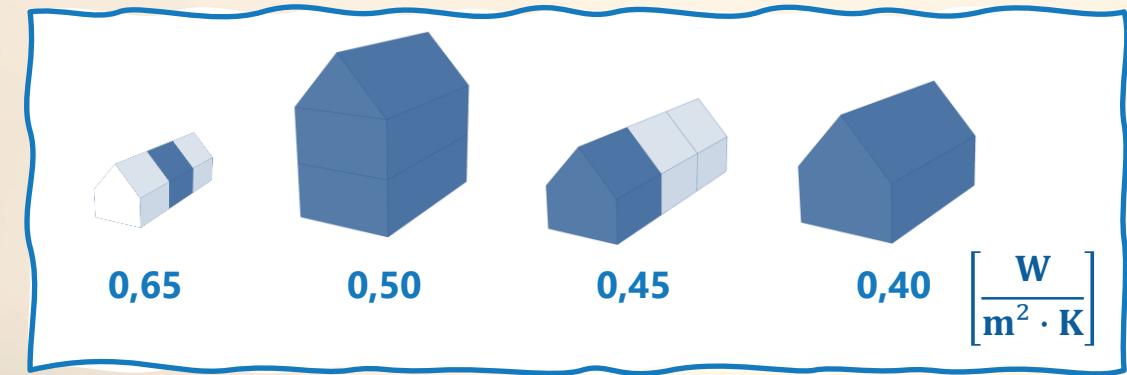


Übung 12

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)



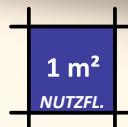
$$Q_h = 66 \cdot (H_T + H_V) - 0,95 \cdot (Q_s + Q_i)$$



$$Q''_h = Q_h \div A_N$$

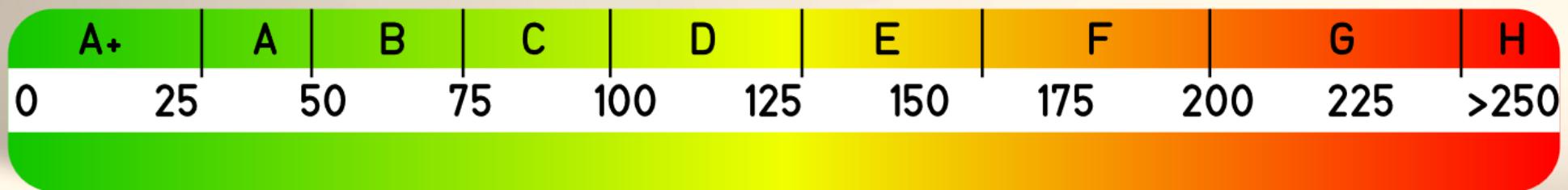
8. Anlagenaufwandszahl e_p

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

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 %)~~.

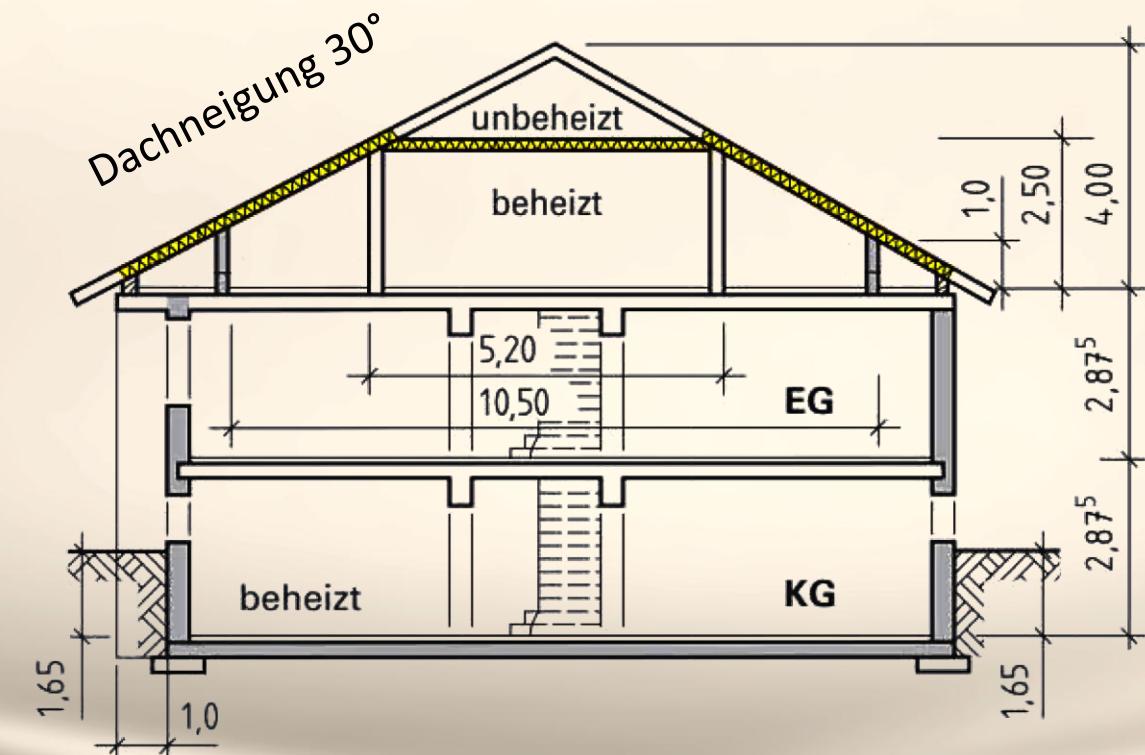


Bild 3: Schnitt

Anlagetechnik: Brennwerttechnik mit solar unterstützter Trinkwassererwärmung



Noch mit Fehlern?!

Übung 13

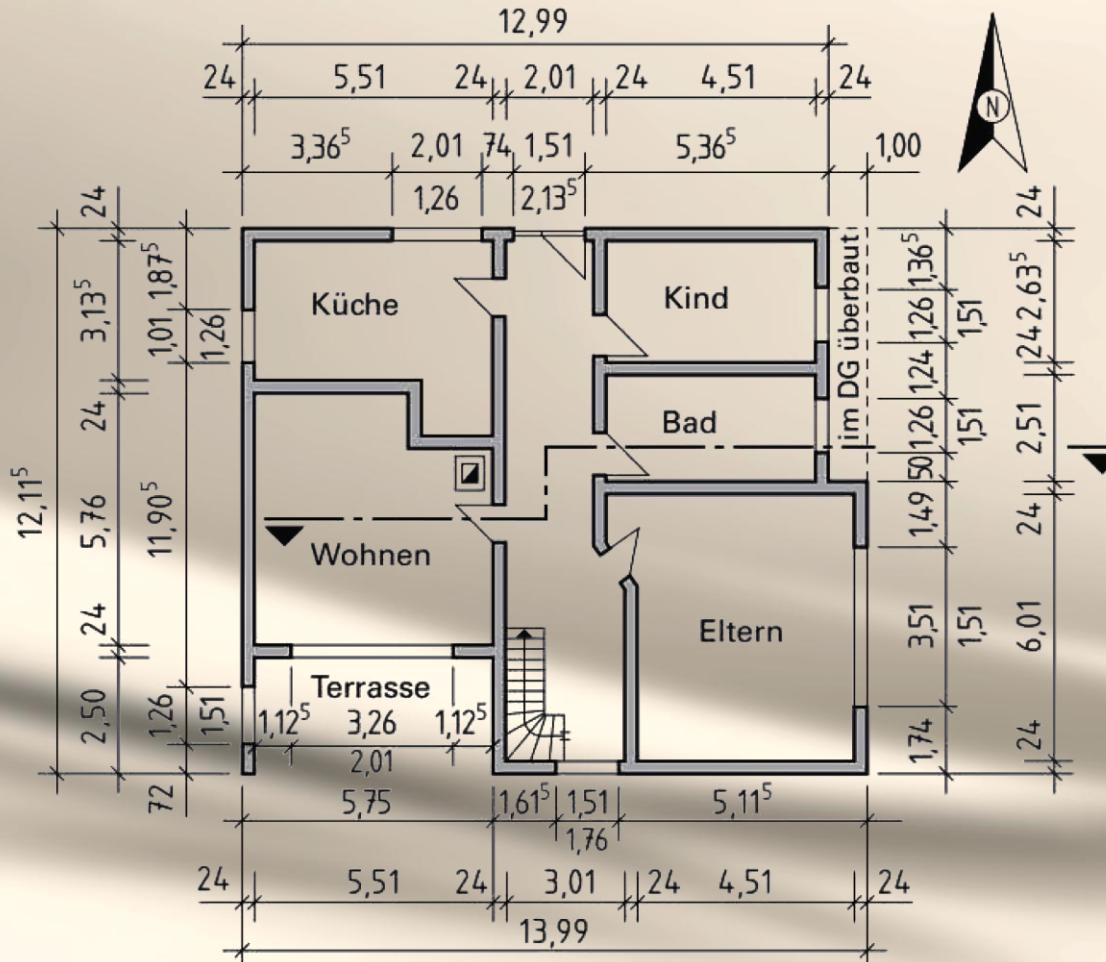


Bild 1: Grundriss EG

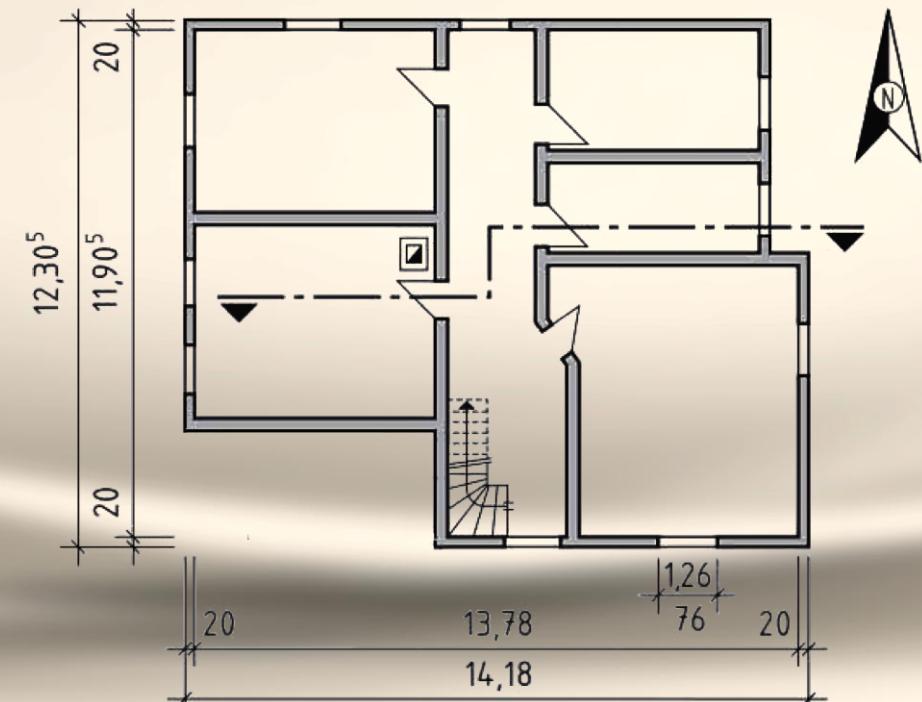


Bild 2: Grundriss KG



Noch mit Fehlern?!

Übung 13

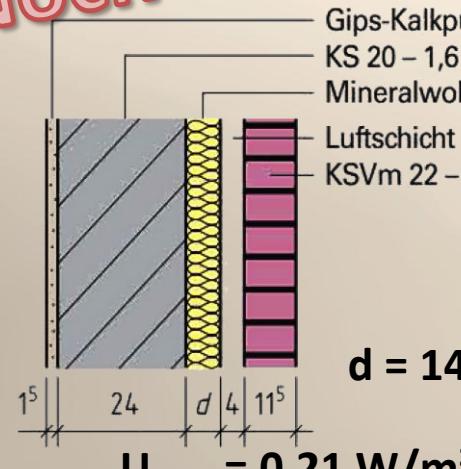


Bild 4: Wandaufbau EG und Giebel

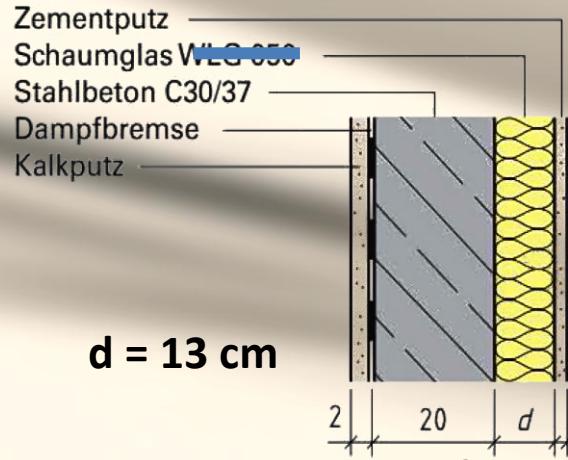


Bild 5: Wandaufbau KG

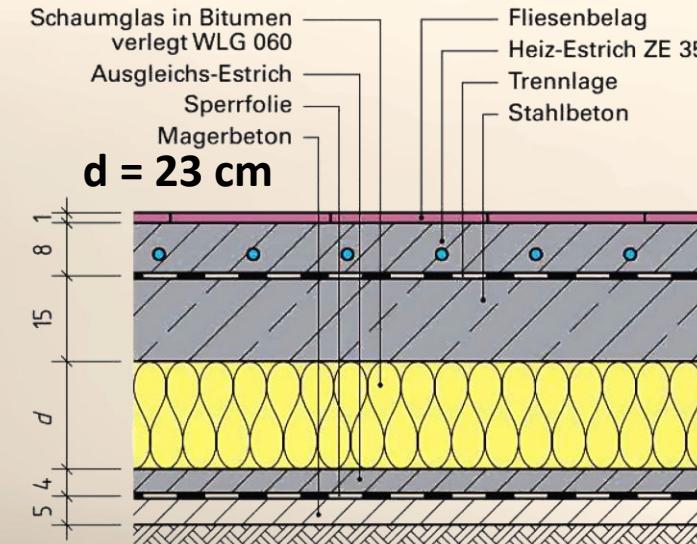


Bild 5: Bodenplatte $U_{BP} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

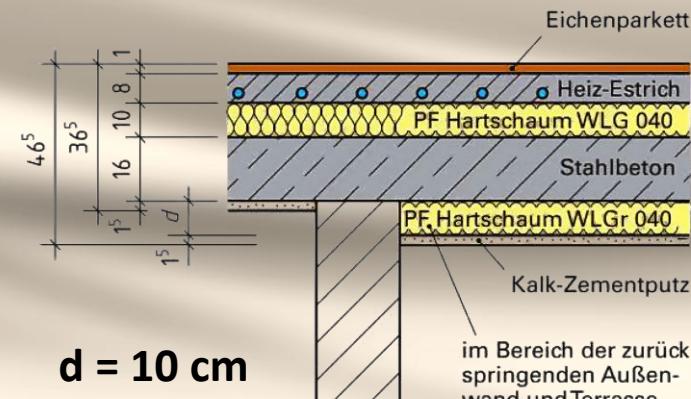


Bild 2: EG-Decke $U_{EGD} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

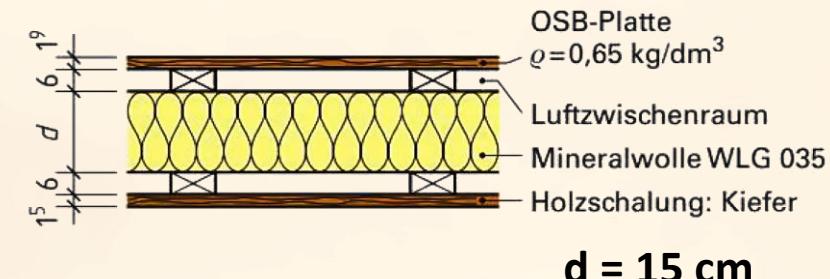


Bild 1: Kehlbalkendecke

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

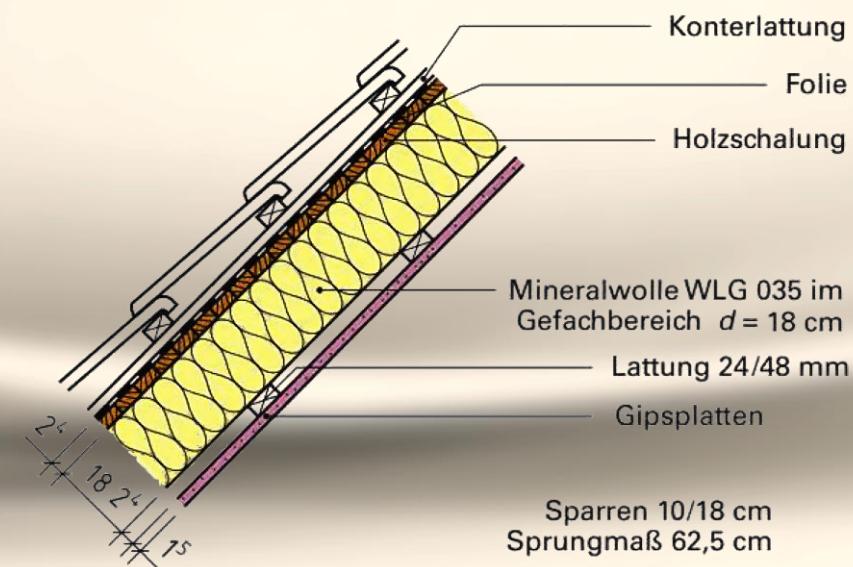


Bild 6: Dachaufbau

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



Teilaufgaben

Aus alten ABI-Klausuren



Übung 14

Nichtunterkellertes Wohnhaus mit Pultdach

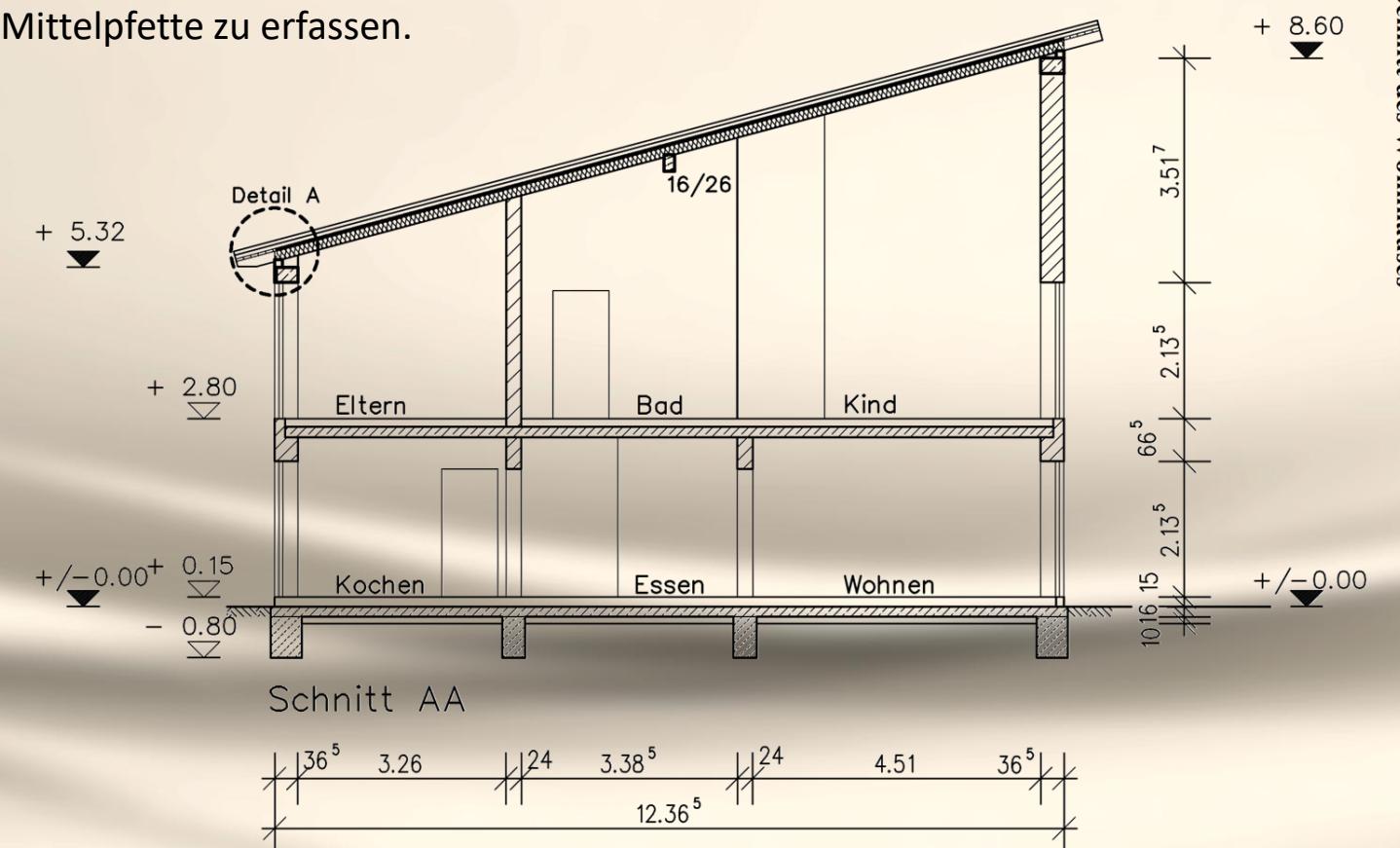
Für das Wohnhaus in den Materialien sind die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV 2014) hinsichtlich der Transmissionswärmeverluste sowie die Außenwandbelastung mit Fundamentbemessung und die Tragfähigkeit der Mittelpfette zu erfassen.

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)

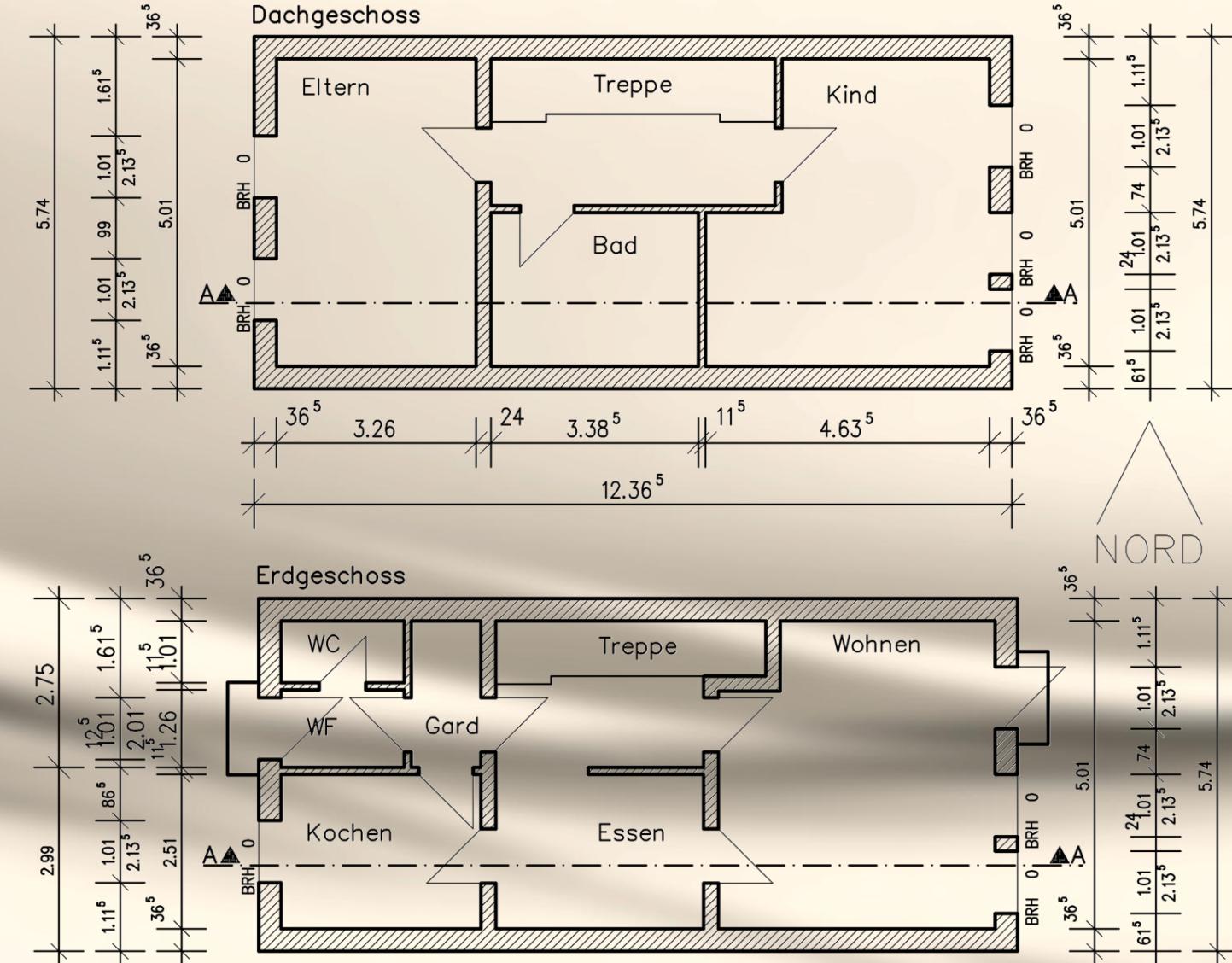
3.4)

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

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



Übung 14





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 = 8/12cm; Nadelholz C24; Bundmaß: 68cm; rechtwinklige Kerventiefe: 3 cm
- Dampfbremse
- stehende Luftschicht d = 30mm
- Gipskartonplatte d = 12,5mm; $\lambda = 0,25\text{W}/(\text{mK})$
- Dachüberstand: 60 cm ab Vorderkante Rohmauerwerk
- Fußpfette und Firstpfette b/h=12/12cm, jeweils bündig mit der Außenkante Rohmauerwerk

Aufbau der Außenwand von innen nach außen:

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

Baugrund:

- tonig-schluffiger Boden (steif)

Transmissionswärmeverluste

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

Bildnachweis

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

Seite 2: