

BG 12 Bautechnik

LK im 2. Halbjahr



Q2 Leistungskurs

Energiesparendes Bauen

Teil 2 : Bauteilnachweise & Berechnungsverfahren

Inhalte nach BG Kerncurriculum



Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen

Kerncurriculum berufliches Gymnasium

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	

HMKB

Fachrichtung: Technik
Schwerpunkt: Bautechnik

Qualifikationsphase (Q1/Q2)

Q2	Konstruktionslehre (GK)
Q2.1	Energietechnik
Q2.2	Energiesparende Gebäudekonstruktionen
Q2.3	Anlagentechnik
Q2.4	Großanlagen
Q2.5	Exkursion
verbindlich: Themenfelder Q1.1–Q1.3	

Q2	Konstruktionslehre (GK)
Q2.1	Bauzeichnen
Q2.2	2.1 Komplexe Objekte
Q2.3	2.2 Bauzeichnungen
Q2.4	2.3 Dachabwicklungen
Q2.5	2.4 Alternative Darstellungsformen
verbindlich: Themenfelder Q2.1–Q2.3	

Q3.1	Konstruktionslehre (GK)
Q3.1	Bauteilkonstruktionen
Q3.1	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

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
- Energiebedarfssausweise

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 Mo <small>Neujahr</small>	1 Sa	1 Sa	1 Di	1 Do <small>Tag der Arbeit</small>	1 So	1 Di	1 Fr	1 Mo 36	1 Mi	1 Sa <small>Allerheiligen</small>	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 <small>Rosenmontag</small>	10 3 Do	3 Sa	3 Di	3 Do	3 So	3 Mi	3 Fr <small>Tag der Dt. Einheit</small>	3 Mo 45	3 Mi
4 Sa	4 Di	4 Di	4 Fr <small>U-Ende Q4</small>	4 Sa	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 <small>ABIBAU</small> 19	5 Do	5 Sa	5 Di	5 Fr	5 So	5 Mi	5 Fr
6 Mo <small>14. Drei Könige</small>	6 Do	6 Do	6 Sa	6 Di <small>FOS BAU</small>	6 Fr <small>Vormonat FOS</small>	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 <small>Pfingsten</small>	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 <small>Pfingstmontag</small> 24	9 Mi	9 Sa	9 Di	9 Do	9 So	9 Di
10 Fr	10 Mo	10 Mo 11	10 Do	10 Sa	10 Di	10 Do	10 Sa	10 Mo	10 Fr	10 Mo 46	10 Mi
11 Sa	11 Di	11 Di	11 Fr	11 Sa <small>Muttertag</small>	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 Sa	13 Di	13 Fr <small>U-ENDE FOS</small>	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 Sa	14 Di	14 Fr	14 Sa
15 Mi	15 Sa	15 Sa	15 Di	15 Do	15 Sa	15 Di	15 Fr	15 Mo	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	17 Mo 12	17 Do	17 Sa	17 Di	17 Do	17 Sa	17 Mi	17 Fr	17 Mo 47	17 Mi
18 Sa	18 Di	18 Di	18 Fr <small>Karfreitag</small>	18 Sa	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 <small>Fronleichnam</small>	19 Sa	19 Di	19 Fr	19 Sa	19 Mi	19 Fr
20 Mo	20 Do	20 Do	20 Sa <small>Ostern</small>	20 Di	20 Fr	20 Sa	20 Mi	20 Sa	20 Mo 43	20 Do	20 Sa
21 Di	21 Fr	21 Fr	21 Mo <small>Ostermontag</small>	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 Sa	22 Di	22 Fr	22 Mo 39	22 Mi	22 Sa	22 Mo 52
23 Do	23 Sa	23 Sa	23 Mi	23 Fr	23 Mo 26	23 Mi	23 Sa	23 Di	23 Do	23 Sa	23 Di
24 Fr	24 Mo	24 Mo 13	24 Do	24 Sa	24 Di	24 Do	24 Sa	24 Mi	24 Fr	24 Mo 48	24 Mi <small>Heiligabend</small>
25 Sa	25 Di	25 Di	25 Fr	25 Sa	25 Mi	25 Fr	25 Mo 35	25 Do	25 Sa	25 Di	25 Do <small>1. Weihnachtstag</small>
26 So	26 Mi	26 Mi	26 Sa	26 Mo <small>WEMAR</small> 22	26 Do	26 Sa	26 Di	26 Fr	26 So <small>Ende der Sommerzeit</small>	26 Mi	26 Fr <small>2. Weihnachtstag</small>
27 Mo	27 Do	27 Do	27 Sa	27 Di <small>WEMAR</small>	27 Fr	27 Sa	27 Mi	27 Sa	27 Mo 44	27 Do	27 Sa
28 Di	28 Fr	28 Mo 18	28 Mi <small>WEMAR</small>	28 Sa	28 Mo 31	28 Do	28 Sa	28 Di	28 Fr	28 Sa	
29 Mi		29 Di	29 Do <small>Christi Himmelfahrt</small>	29 Sa	29 Di	29 Fr	29 Mo 40	29 Mi	29 Sa	29 Mo 1	
30 Do		30 Mi	30 Fr	30 Mo 27	30 Mi	30 Sa	30 Di	30 Do	30 Sa <small>1. Advent</small>	30 Di	
31 Fr		31 Mo 14		31 Sa		31 Do	31 Sa		31 Fr <small>Reformationstag</small>		31 Mi <small>Silvester</small>

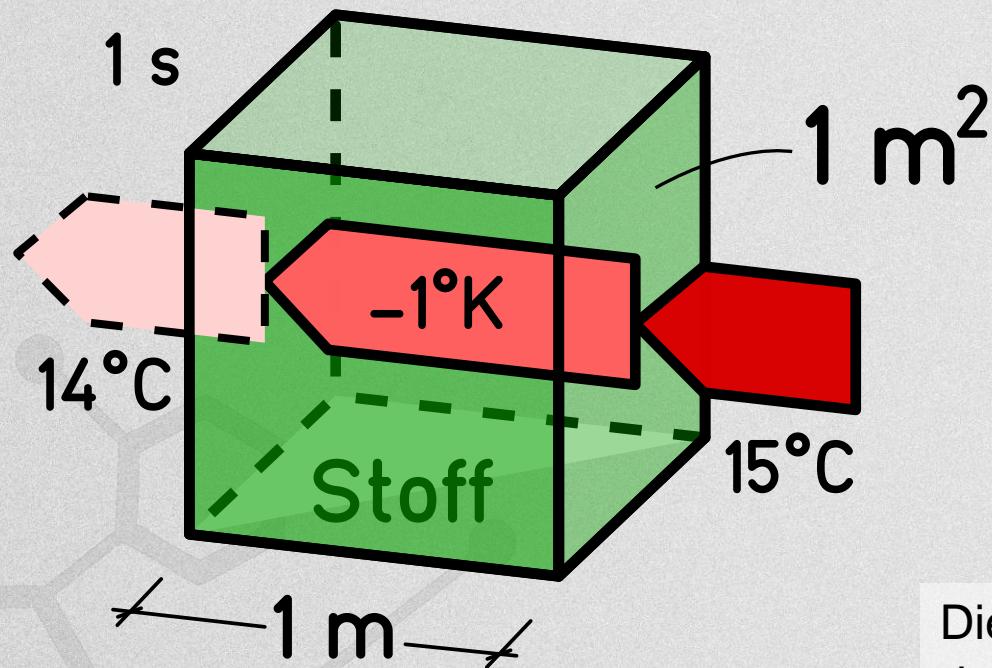
Fakten

...

Wärmeleitzahl

λ (Lambda)

1 Wärmeleitzahl/~fähigkeit λ (Lambda)



Sie gibt den Wärmestrom in Watt an, der sich auf einer Fläche von 1 m^2 bei einer 1 m dicken Schicht einstellt, wenn der Temperaturunterschied an den beiden Schichtoberflächen 1 Kelvin beträgt.

Einheit: $\frac{W \cdot m}{m^2 \cdot K}$ $\rightarrow \frac{W}{m \cdot K}$

Die Wärmeleitfähigkeit wird aus dem Tabellenbuch entnommen.

TB17: S 165 ff / TB18: S 178 ff

1

Wärmeleitfähigkeit
Wärmeleitzahl

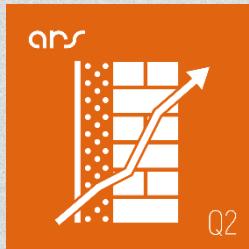
 λ

$$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

bezogen auf
1,00 m
Materialdicke

Widerstand
= Wärmedämmung

Wärmedurchgang
= Durchlass von Wärme



Wärme widerstände



Wärmedurchlasswiderstand

R

Wärmedurchlasswiderstand R

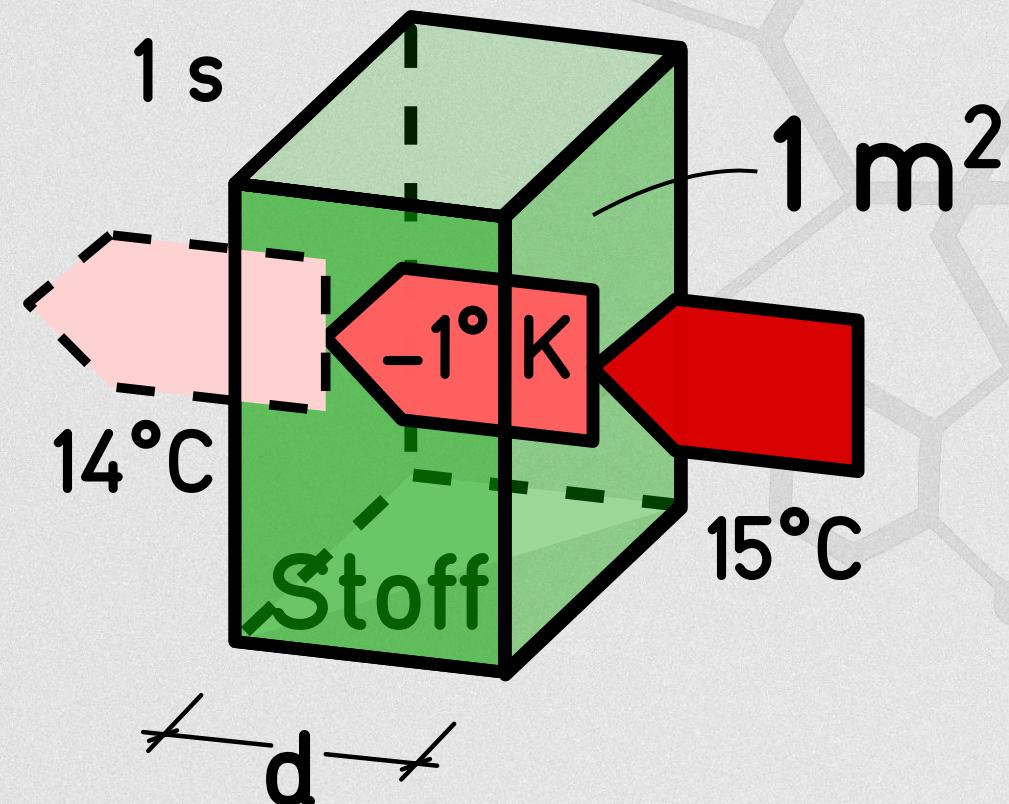
Ein Bauteil wird in der Praxis nach dem **Wärmedurchlasswiderstand R** beurteilt.

Je größer sein Wärmedurchlasswiderstand ist, desto besser ist die Wärmedämmung.

Der Wärmedurchlasswiderstand bezieht sich auf **1m² Fläche** aber auf die **tatsächliche Dicke** des Bauteils:

$$R = \frac{\text{Materialdicke}}{\text{Wärmeleitfähigkeit}} = \frac{d}{\lambda}$$

Einheit: $\frac{m^2 K}{W}$

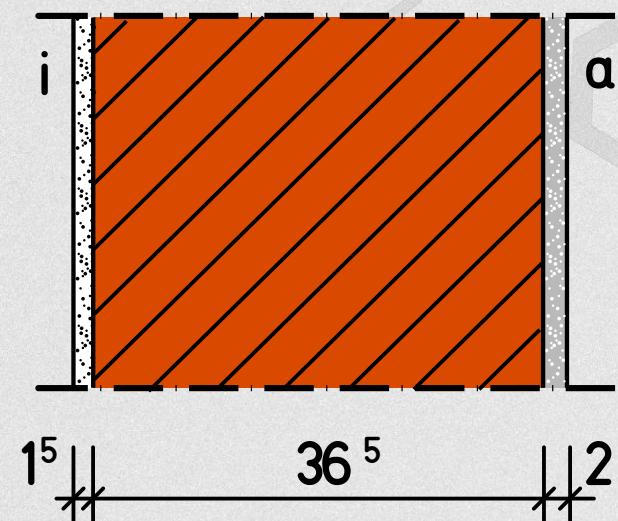


2 Wärmedurchlasswiderstand R

Besteht ein Bauteil aus **mehreren Schichten**, so können die **Wärmedurchlasswiderstände** der einzelnen Schichten **addiert** werden.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$

Einheit: $\frac{m^2 K}{W}$



Beispiel (Tafel)

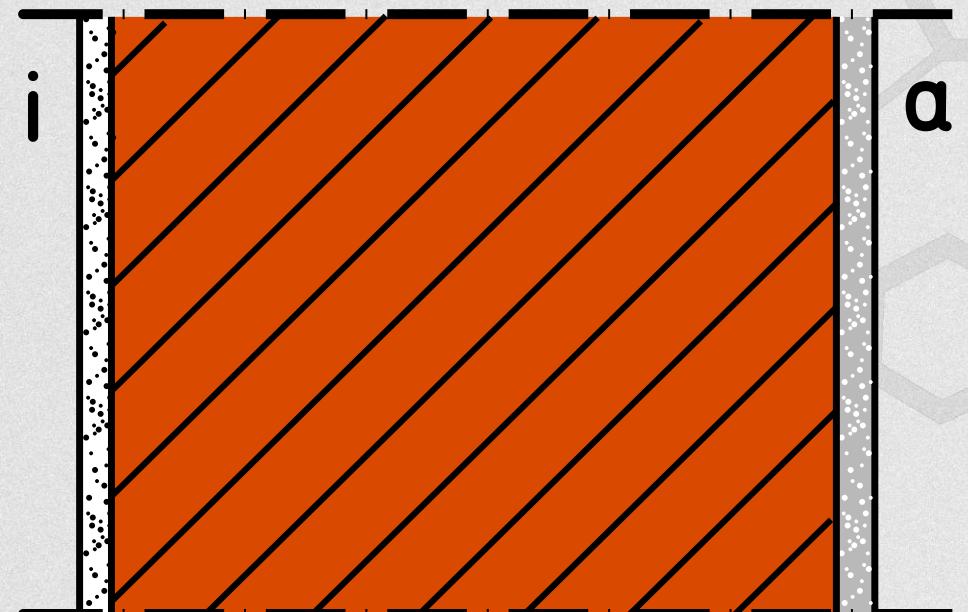
Außenwandaufbau

innen

- 1⁵ cm Kalk-Gipsputz
- 36⁵ cm Hbl $\rho = 1.400 \text{ kg/m}^3$
mit LM36
- 2 cm Kalk-Zementputz

außen

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$



15 | | 36 5 | | 2

Übung 5

1. **Berechnen** Sie den vorh.

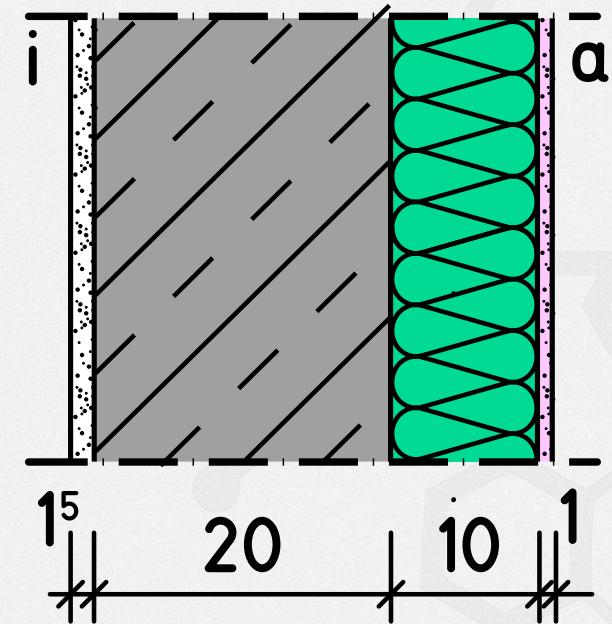
Wärmedurchlasswiderstand R der 16 cm dicken Außenwand einer Blockhütte aus Laubholz (KVH, $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$). **Interpolieren** Sie den Lambda-Wert!

2. **Berechnen** Sie den Wärmedurchlasswiderstand R

der rechts dargestellten Wand.

3. **Benennen** Sie alle rechts verwendeten

Abkürzungen mit der jeweiligen vollen Bezeichnung



Außenwandaufbau

innen

- 15 cm KG-Putz

- 20 cm StB

- 10 cm WD PU zg sh WLG025

- 1 cm KH-Putz

außen

LÖSUNGSVORSCHLAG

5.1) $\lambda_{600} = 0,155 \frac{W}{mK}$

$$R = \frac{0,16}{0,155} = 1,032 \frac{m^2K}{W}$$

5.2)

$$R = \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,20}{2,4} + \frac{0,10}{0,025} + \frac{0,01}{0,7}$$

$$= 4,119 \frac{m^2K}{W}$$

5.3) $kG \rightarrow$ Kalk-Gips-Putz

StB \rightarrow Stahlbeton

WD \rightarrow Wärmedämmung

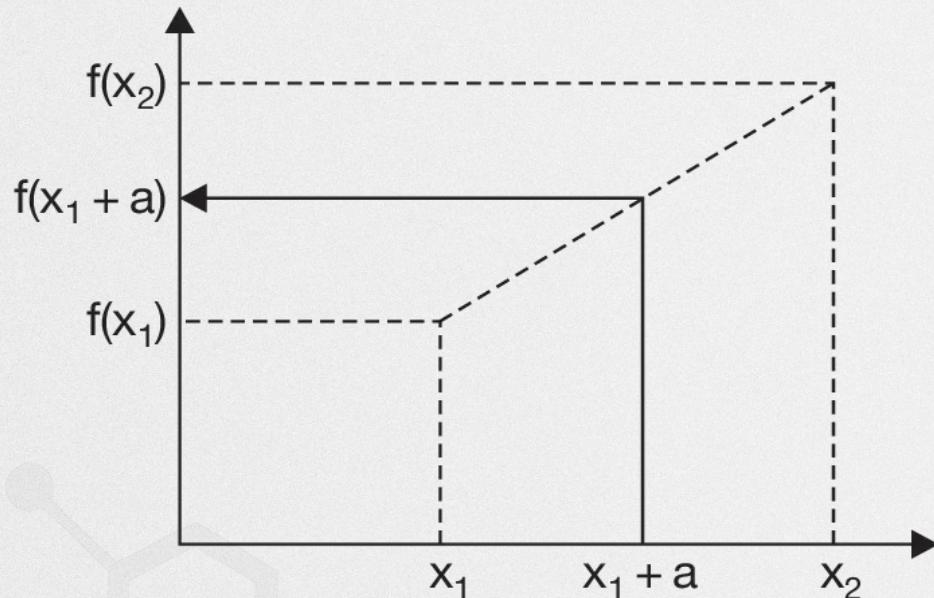
Pu \rightarrow Polyurethan

zg \rightarrow Zugfestigkeit: geringe Anforderung

sh \rightarrow Schalltechnische Eigenschaften erhöht

WLG \rightarrow Wärmeleitgruppe
kH-Putz \rightarrow Kunstharz-Putz

Interpolation



Man setzt also

$$f(x_1 + a) \approx f(x_1) + a \cdot \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}$$

für a aus dem Intervall $[0, x_2 - x_1]$, falls nur die Punktpaare $(x_1, f(x_1))$ und $(x_2, f(x_2))$ bekannt sind. Statt des linearen kann auch ein anderer sinnvoll erscheinender Zusammenhang unterstellt werden.

1**Wärmeleitfähigkeit
Wärmeleitzahl** λ

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

bezogen auf
1,00 m
Materialdicke

Widerstand
= Wärmedämmung

2**Wärmedurchlass-
widerstand**

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \dots$$

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

konkretes
Bauteil

Wärmedurchgang
= Durchlass von Wärme

Nachweis nach DIN 1946-6: 2009-5

$$R_{\text{vor}} \geq R_{\text{zul}}$$

2

Wärmetechnische Mindestanforderungen

Nachweis nach DIN 1946-6: 29-05

$$R_{vorh} \geq R_{erf}$$

Einheit: $\frac{m^2 K}{W}$

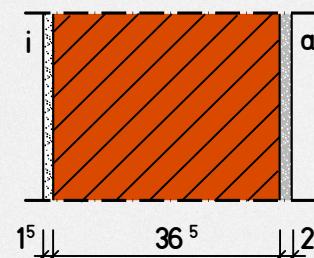
Beispiel:

Außenwand

$$R = \frac{0,015}{0,700} + \frac{0,365}{0,690} + \frac{0,020}{1,000} = 0,57 \frac{m^2 K}{W}$$

$= R_{vorh.}$

$R_{zul} = 1,20 \frac{m^2 K}{W} \neq R_{vorh} = 0,57 \frac{m^2 K}{W} \rightarrow \text{Nicht zulässig!}$



5.2 Wärmeschutz

5.2.2 Wärmetechnische Mindestanforderungen

Bei Temperaturunterschieden zwischen dem beheizten Gebäudeinneren und dem unbeheizten Gebäudeinnern bzw. der winterlichen Außenluft kommt es zu Wärmeübertragung durch die Umfassungsbauten. Diese Wärmeübertragung ist durch ausreichend große Widerstände bzw. kleine Wärmeleitfähigkeiten zu begrenzen. Die inneren Bauteilloberflächen sollen behaglich warm sein und frei von gesundheitsschädlichen Tawuasser. Für den winterlichen Wärmeschutz werden an die Außenbauteile eines Bauwerks Mindestanforderungen definiert. Danach dürfen die Anforderungen der Tabelle für den **Wärmedurchlasswiderstand R** nicht unterschritten werden.

Alle nationalen Regelwerke benutzen die internationalen Symbole.

Der Heizenergieverbrauch eines Gebäudes wird durch eine Vielzahl von Einflüssen bei der baulichen Gestaltung und der Gebäudenutzung bestimmt. Der bauliche Wärmeschutz ist die sicherste und nachhaltigste Maßnahme des energiesparenden Bauens.

Bei Erfüllung der Tabellenwerte und der Lüftungsanforderungen nach DIN 1946-6: 2009-05 (Lüftung von Wohnungen) ist zu erwarten, dass sich im Gebäude ein hygienisches Raumklima einstellt und Tawuasserfreiheit sichergestellt sowie das Risiko der Schimmelbildung verringert ist.

Mindestwerte der Wärmedurchlasswiderstände R für wärmeübertragende Bauteile (mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von $\geq 100 \text{ kg/m}^2$) (DIN 4108-2)

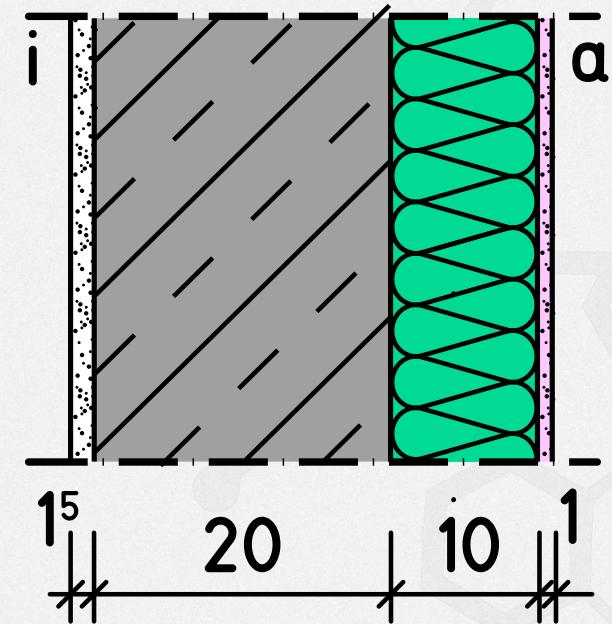
Bauteile	Wärmedurchlasswiderstand R	$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$
Außenwände einschl. Nischen und Brüstungen unter Fenstern, Fensterstürzen und Wärmebrücken	1,20	
Wände von Außenraumräumen gegen Bodenräume, Durchfahrten, offene Haustüre, Garagen	1,20	
Wohnungstrennwände, Wände zu fremden genutzten Räumen	0,07	
Treppenraumwände mit Innentemperaturen $\geq 10^\circ\text{C}$, aber Treppenraum frostfrei zum Treppenraum	0,25	
mit Innentemperaturen $\geq 10^\circ\text{C}$, z.B. in Verwaltungsgebäuden, Geschäftshäusern, Unterrichtsgebäuden, Hotels, Gaststätten und Wohngebäuden		
Wände von Außenraumräumen, die an das Erdreich grenzen	1,20	
Wohnungstrenndecken, Decken zwischen fremden Arbeitsräumen	allgemein 0,35	
Decken unter ausgebauten Dachräumen mit gedämmten Dachschrägen und Absatzwänden	in zentralbeheizten Bürogebäuden 0,17	
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen, Decken unter belüfteten Räumen zwischen Dachschrägen und Absatzwänden bei ausgebauten Dachräumen, wärmedämmten Dachschrägen	0,90	
Decken und Dächer, die Außenraumräume nach oben gegen das Außenluft abgrenzen, Decken und Dächer unter Terrassen, Umkehrdächer	1,20	
Kellerdecken, Decken gegen abgeschlossene, unbeheizte Haustüre	0,90	
Decken, die Außenraumräume nach unten gegen die Außenluft abgrenzen, z.B. über Garagen, Durchfahrten und belüfteten Kriechhöhlen	1,75	
Unterer Abschluss nicht unterkellter Außenraumräume, wenn unmittelbar an das Erdreich (bis zu einer Raumtiefe von 5 m) oder über einem nicht belüfteten Hohraum an das Erdreich grenzend	0,90	
Mindestwerte der Wärmedurchlasswiderstände R für leichte Bauteile (mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von $< 100 \text{ kg/m}^2$, sowie für Rahmen und Skelettbauarten) (DIN 4108-2)		
Bauteile	Wärmedurchlasswiderstand R	$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$
Außenwände, Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Dächen ($< 100 \text{ kg/m}^2$)	1,75	
Rahmen und Skelettbauarten	im Gefügebereich 1,75	
	für das gesamte Bauteil im Mittel (R_m) 1,00	
Rolladenkästen	1,00	
Deckel von Rolladenkästen	0,55	
Nichttransparenter Teil der Ausfachung	bei > 50 % der Gesamtausfachungsfläche 1,20	
von Fensterwänden und Fensterstürzen	bei < 50 % der Gesamtausfachungsfläche 1,00	

Grundsatz: Der Mindestwärmeschutz muss an jeder Stelle des Bauteiles vorhanden sein. Dies gilt insbesondere für Nischen, Brüstungen, Fensterstürze und Rohrkanäle. Werden die Anforderungen der Tabellen bereits von einer oder mehreren Schichten erfüllt, erübrigt sich ein weiterer Nachweis.

169

Übung 6

1. **Weisen** Sie die wärmetechnischen Mindestanforderungen der rechts dargestellten Wand **nach**.
2. **Entwerfen** Sie einen Wandaufbau aus 3 Schichten. **Konstruieren** Sie den Wärmedurchlasswiderstand R dabei so, dass er über $1,20 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ liegt.
3. **Weisen** Sie Ihre Konstruktion **nach** ($R_{\text{vor}} \geq R_{\text{zul}}$)



Außenwandaufbau

innen

- 15 cm KG-Putz
- 20 cm StB
- 10 cm WD PU zg sh WLG025
- 1 cm KH-Putz

außen

1**Wärmeleitfähigkeit
Wärmeleitzahl** λ

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

bezogen auf
1,00 m
Materialdicke**Widerstand**
= Wärmedämmung**2****Wärmedurchlass-
widerstand**

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \dots$$

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

**Bauteilnachweis
nach DIN:**

$$R_{\text{vorh}} \geq R_{\text{zul}}$$

**Wärmedurchgang
= Durchlass von Wärme**konkretes
Bauteil

Wärmeübergangswiderstände

R_{si} & **R_{se}**

3 Wärmeübergangswiderstand R_s

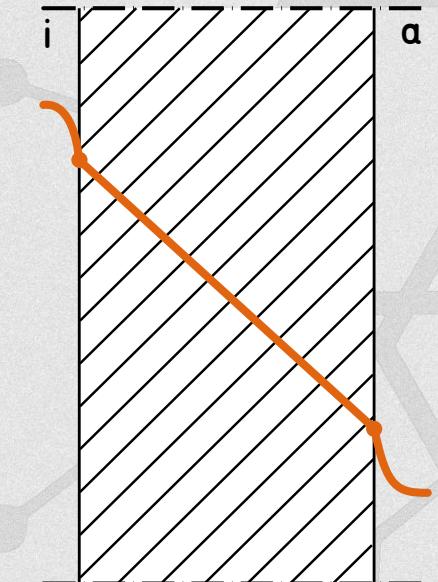
Im Winter ist die Wand innen kühler als die Raumluft, während die Wandoberfläche außen wärmer ist als die Außenluft.

Luft bietet dem Wärmeverlust also einen **Widerstand innen und außen**.

innen: R_{si}

außen: R_{se}

Einheit: $\frac{m^2 K}{W}$



Wärmeübergangs-widerstände	Wärmeschutz DIN EN ISO 6946			Wärmebrücken DIN 4108-2	
	aufwärts	horizontal	abwärts	beheizte Räume	unbeheizte Räume
R_{si} in $m^2 \cdot K/W$	0,100	0,125	0,167	0,250	0,167
R_{se} in $m^2 \cdot K/W$	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Wärmeübergangs-widerstände Tauwasser DIN 4108-3					
Wärmeübergangs-widerstände	aufwärts	horizontal	abwärts		
	0,125	0,125	0,167		
R_{si} in $m^2 \cdot K/W$	0,043	0,043	0,043		
R_{si} an belüfteter Luftschicht	0,083	0,083	0,083		
R_{se} an das Erdreich	0	0	0		
aufwärts $R_{si} = 0,100$ $R_{se} = 0,043$				horizontal $R_{si} = 0,125$ $R_{se} = 0,043$	
abwärts $R_{si} = 0,167$ $R_{se} = 0,043$					
Decken, Treppen und Dächer Wärmestrom aufwärts/abwärts Neigung 0° bis < 60°				Wände und Dächer Wärmestrom horizontal Neigung 60° bis 90°	

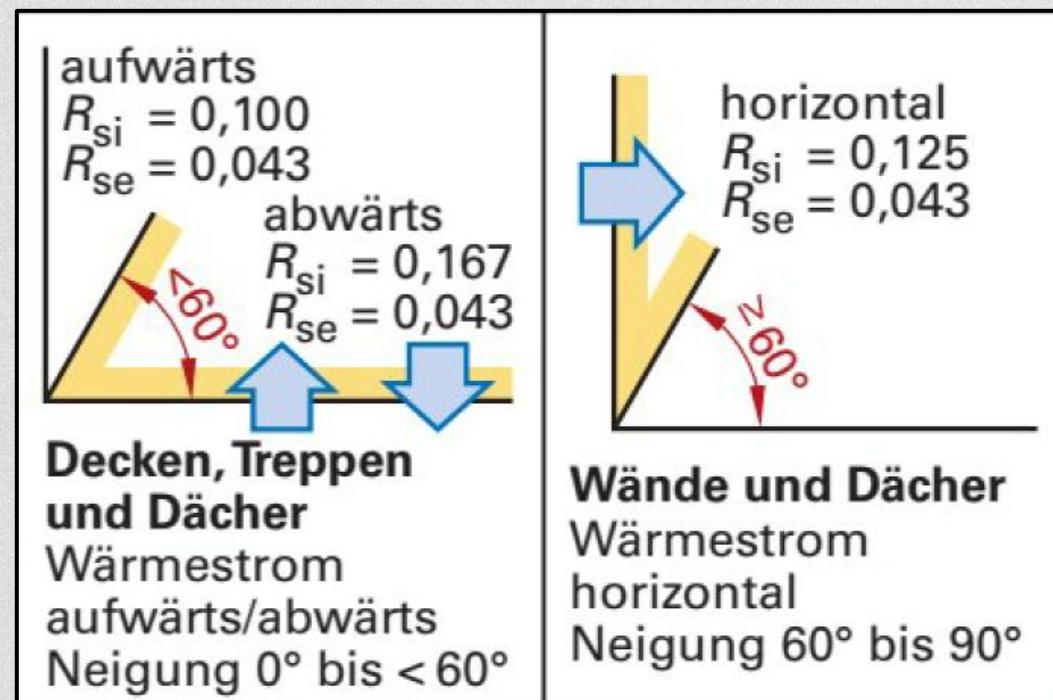
Durch unterschiedliche Lagen der Bauteile müssen andere Wärmeübergangswiderstände gewählt werden:

**Nach Richtung des Wärmestroms
von WARM nach KALT**

Wärmeübergangswiderstände	Wärmeschutz DIN EN ISO 6946		
	aufwärts	horizontal	abwärts
R_{si} in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$			
R_{se} in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$			

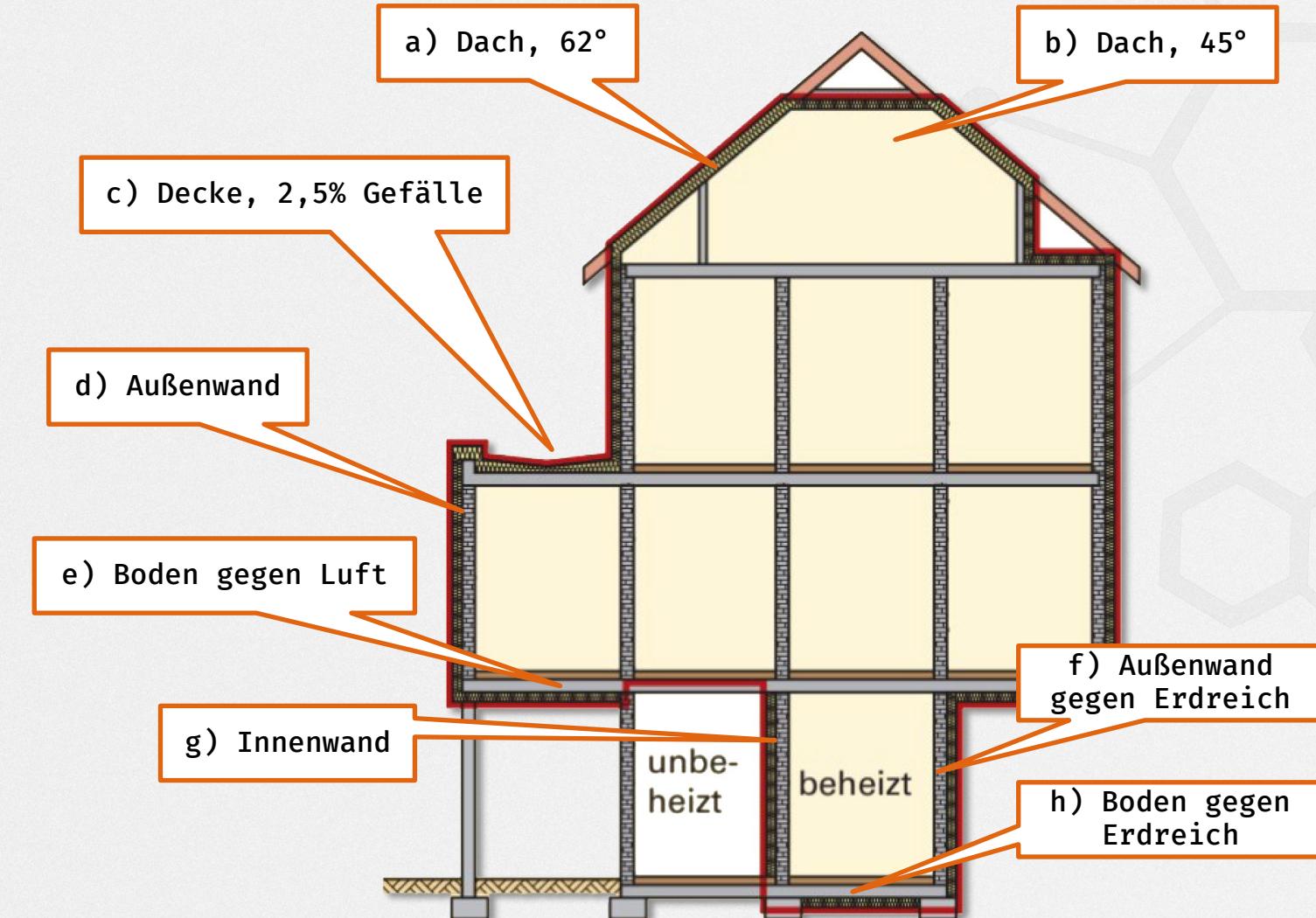
T17: 170 / T18: 185

Auch die **Neigung des Bauteils** entscheidet, ob der Wärmestrom aufwärts, abwärts oder horizontal geht.



Übung 7

1. **Nennen** Sie die korrekten Wärmeübergangswiderstände innen & außen für die in der Zeichnung markierten Bauteile a) bis h)



1**Wärmeleitfähigkeit
Wärmeleitzahl** λ

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

bezogen auf
1,00 m
Materialdicke**Widerstand**
= Wärmedämmung**Wärmedurchgang**
= Durchlass von Wärme**2****Wärmedurchlass-
widerstand**

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \dots$$

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

**Bauteilnachweis
nach DIN:**

$$R_{\text{vorh}} \geq R_{\text{zul}}$$

3**Wärmeübergangs-
widerstand**

$$R_s (\text{innen } R_{si}; \text{ außen } R_{se})$$

konkretes
Bauteil R_{si} R_{se} 

Wärmedurchgangswiderstand

R_T

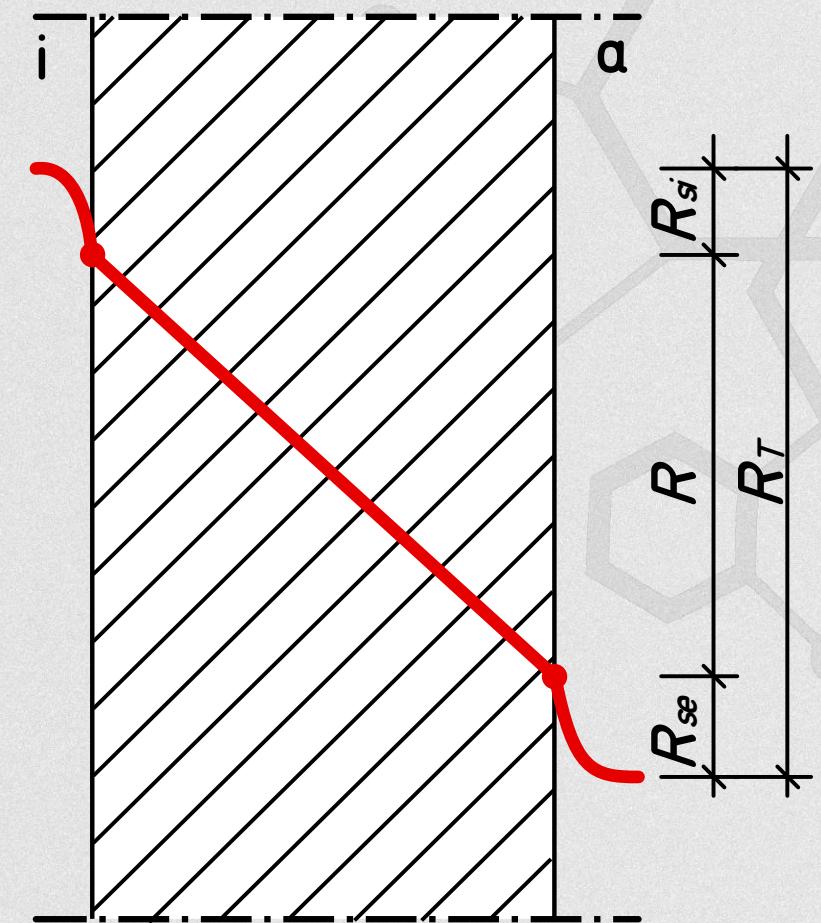
Wärmedurchgangswiderstand R_T

Wird bei dem Bauteilaufbau jede Schicht berücksichtigt, so ist es nur sinnvoll, auch die Wärmeübergangswiderstände der angrenzenden Luft zu berücksichtigen.

Für R_T wird die **Summe aller drei Werte** berechnet.

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

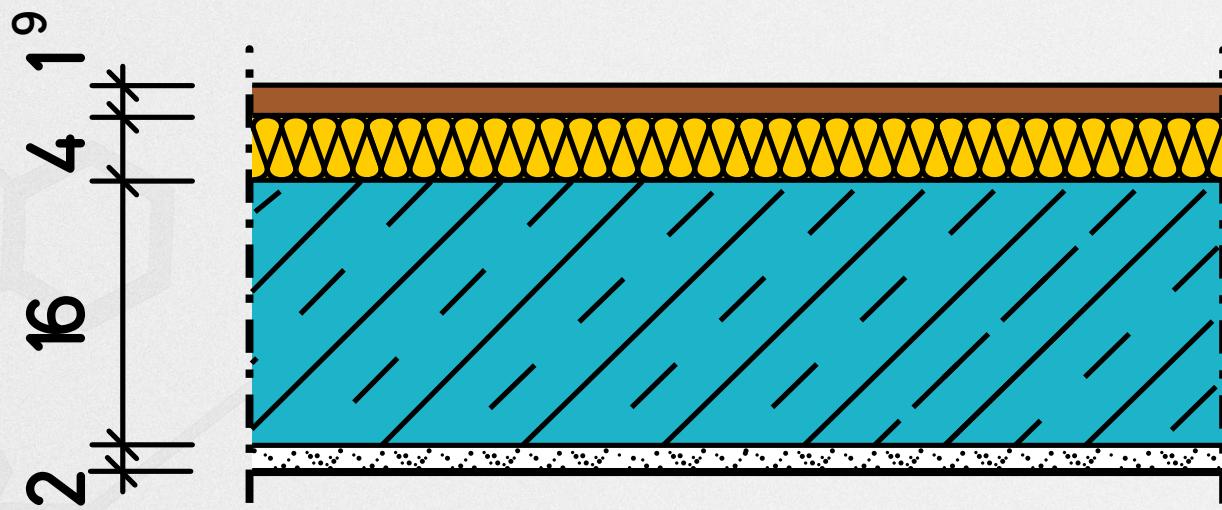
Einheit: $\frac{m^2 K}{W}$



Übung 8

1. **Berechnen** Sie R und R_T für das unten dargestellte Bauteil.
2. **Weisen** Sie **nach**, ob die Mindestanforderungen nach DIN eingehalten werden ($R_{\text{vor}} \geq R_{\text{zul}}$)

 Operatoren 2025



Boden gegen Durchfahrt

innen

- 1⁹cm Eichenbohlen
- 4 cm Trittschalldämmung PU

WLG040

- 16 cm Stahlbeton
- 2 cm Kalk-Zement-Putz

außen

1 Wärmeleitfähigkeit Wärmeleitzahl

λ

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

bezogen auf
1,00 m
Materialdicke

Widerstand
= Wärmedämmung

Wärmedurchgang
= Durchlass von Wärme

2 Wärmedurchlass- widerstand

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \dots$$

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



Bauteilnachweis
nach DIN:
 $R_{vorh} \geq R_{zul}$

3 Wärmeübergangs- widerstand

R_s (innen R_{si} ; außen R_{se})

konkretes
Bauteil

R_{si}

R_{se}

4 Wärmedurchgangs- widerstand

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

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



Wärme durchgang

Wärmedurchgangskoeffizient

U

Anforderungen Neu-/Umbau

$U_{vorh} \leq U_{zul}$

5 Wärmedurchgangskoeffizient U

Bisher haben wir uns angeschaut, wie gut ein Bauteil Wärme hält. Um später ausrechnen zu können wieviel wir heizen müssen, benötigen wir aber den Verlust.

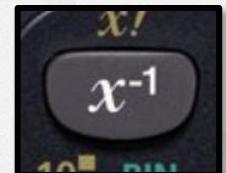
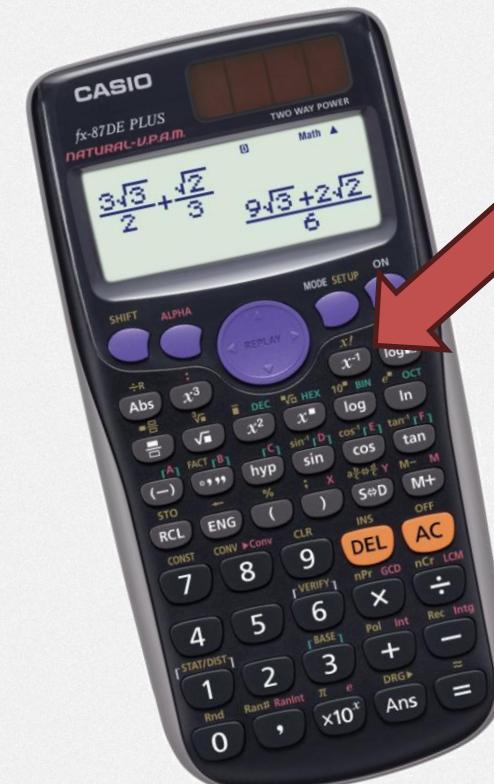
Für den **U-Wert** bilden wir den **Kehrwert von R_T** .

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Einheit: $\frac{W}{m^2 K}$

TIPP:

Kehrwert-Taste:



5 Höchstwerte der U-Werte

Nachweis nach Gebäude-Energie-Gesetz GEG (ALT: EnEV)

$$U_{vorh} \leq U_{zul}$$

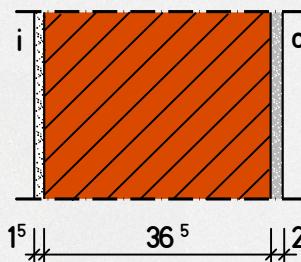
Einheit: $\frac{W}{m^2 K}$

Beispiel:

Außenwand

$$U_{vorh} = \frac{1}{0,125 + 0,57 + 0,043} = 1,355 \frac{W}{m^2 K}$$

$$U_{ref} = 0,24 \frac{W}{m^2 K} \neq U_{vorh} = 1,355 \frac{W}{m^2 K} \text{ ~nach GEG NICHT zulässig!}$$



5.3 Energieeinsparverordnung			
Ausführung des Referenzgebäudes (Neubau, Wohngebäude)			
Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U in $W/(m^2 \cdot K)$		erstmaliger Einbau, Ersatz oder Erneuerung ab 05/2014	
Bauteil/System	InnenTemperatur $\geq 19^{\circ}C$	erstmaliger Einbau, Ersatz oder Erneuerung ab 05/2014	
Außenwand, Geschossdecke gegen Außenluft		Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2 \cdot K)$	$U = 0,28$ $U = 0,24$
Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen		Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,35$ $U = 0,30$
Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abrisseen		Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,20$ $U = 0,20$
Fenster, Fenstertüren, $U_0 = 1,10$ U_0 für Verglasung ohne Rahmen	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_W = 1,30$ $U_W = 1,30$	
Dachflächenfenster	Gesamtenergiedurchlass	$g_i = 0,60$ (Verglasung)	
Lichtkuppeln/Glasdächer	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1,40$ $U = 1,40$	
Außentüren	Gesamtenergiedurchlass	$g_i = 0,64$ (Verglasung)	
Wärmebrückenzuschlag	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1,80$ $U = 1,80$	
		$\Delta U_W = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	
Luftdichtheit der Gebäudehülle			
■ Die Luftwechselzahl n gibt an, wie oft das vorhandene Netto-Raumvolumen in einer Stunde mit der Außenluft ausgetauscht wird, z.B. $n_{\text{ref}} \leq 3,0 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$.			
■ Nassverputz Mauerwerk mit mindestens einer verputzten Oberfläche ist grundsätzlich luftdicht.			
Bemessungswert n_{ref} Berechnung nach DIN EN 13829 bei einer Druckdifferenz von 50 Pa (Blower-Door-Test)			
5 Sonnenschutzvorrichtung Soweit hier Sonnenschutzverglasung zum Einsatz kommt, ist bei Fenstern, Türen und Dachflächenfenstern $g_i = 0,35$ anzusetzen.			
6 Heizungsanlage Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)			
■ Wärmeabgabe durch Brennstoff, Antrieb und Betriebsmittel, für Gebäude bis zu 500 m^2 Gebäudenutzfläche innerhalb der thermischen Hülle			
■ für Gebäude mit mehr als 500 m^2 Gebäudenutzfläche außerhalb der thermischen Hülle			
■ Auslegungstemperatur $55^{\circ}C$ zentrale Verteilungssystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge und Anbindelleitungen, Pumpe auf Bedarf ausgelagert (geregt, Δp konstant), Rohrnetz hydraulisch abgeglichen, Wärmedämmung der Rohrleitungen			
■ Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen, Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit Proportionalbereich $1^{\circ}C$			
7 Warmwasserbereitung Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)			
■ zentrale Warmwasserbereitung mit Heizungsanlage			
■ Solaranlage (Kombisystem mit Flachkollektor) entsprechend den Vorgaben nach DIN V 18599-8: 2018-09			
■ Spülkabine, indirekt beheizt (stehend), gleiche Aufstellung wie Spülkabine, indirekt beheizt nach DIN V 4701-10: 2003-08 als kleine Solaranlage bei $A_{\text{H}} < 500 \text{ m}^2$ (bivalenter SolarSpeicher), große Solaranlage bei $A_{\text{H}} \geq 500 \text{ m}^2$			
■ Verteilungssystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge, gemeinsame Installationswand, Wärmedämmung der Rohrleitungen			
■ Die Anwendbarkeit der DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN 47701-10 gilt bis Ende 2023			
8 Innenraumtemperatur $\geq 20^{\circ}C$ bei $n_{\text{ref}} = 3,0 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ und $U_W = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$			
■ Das GEG schreibt die Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen vor.			
■ Innenraumdurchmesser $d \leq 22 \text{ mm}$ Dicke d. DämmSchicht $\geq 20 \text{ mm}$			
■ Innenraumdurchmesser $22 \text{ mm} < d \leq 35 \text{ mm} \Rightarrow 30 \text{ mm}$ Dicke d. DämmSchicht 30 mm			
■ Innenraumdurchmesser $d > 35 \text{ mm}$ Dicke d. DämmSchicht $\geq \text{Innen} - 2$			

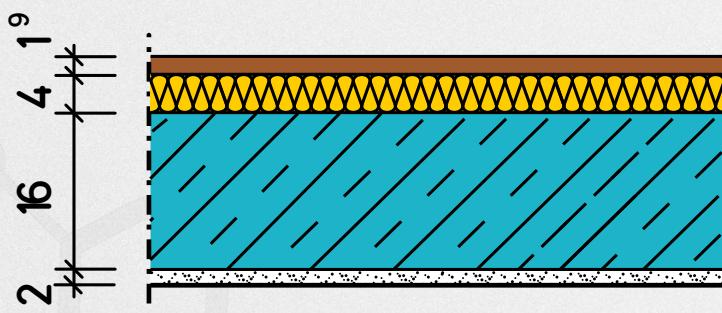
178

T17: 178 / T18: 200

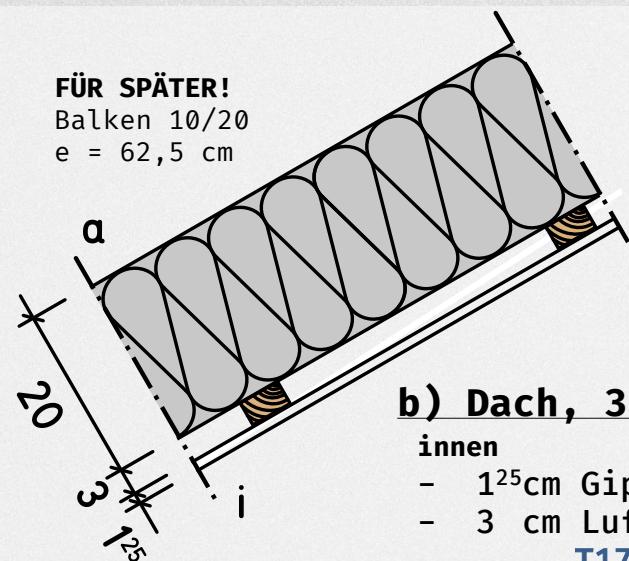
Übung 9

Operatoren 2025

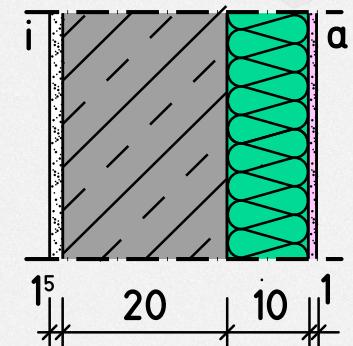
1. Berechnen Sie U für die unten dargestellten Bauteile. Weisen Sie nach, ob die Höchstwerte nach GEG (EnEV) eingehalten werden ($U_{\text{vor}} \leq U_{\text{zul}}$)

**a) Boden gegen Durchfahrt**

- innen
- 19 cm Eichenbohlen
 - 4 cm Trittschalldämmung
 - 16 cm Stahlbeton
 - 2 cm Kalk-Zement-Putz
- außen

**b) Dach, 30°**

- innen
- 125 cm Gipsbauplatte
 - 3 cm Luftschicht
 - 20 cm Steinwolle WLG033
- außen

**c) Außenwandaufbau**

- innen
- 15 cm KG-Putz
 - 20 cm StB
 - 10 cm WD PU zg sh WLG025
 - 1 cm KH-Putz
- außen

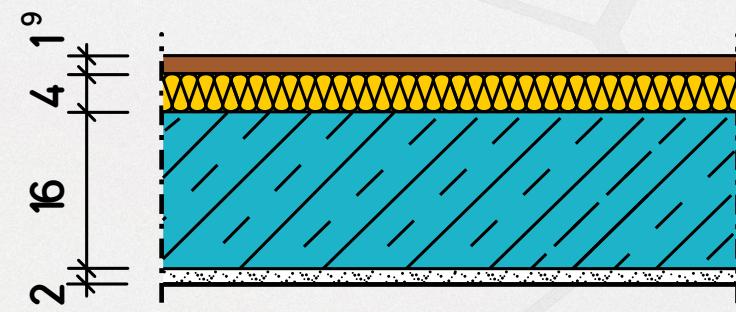
LÖSUNGSVORSCHLAG

9.1 a) $R_T = 1,402 \frac{m^2k}{\omega}$

$$U_{vor.} = \frac{1}{R_T} = \underline{0,713 \frac{\omega}{m^2k}}$$

$$U_{ref} = 0,24 \frac{\omega}{m^2k} \neq U_{vor.} = 0,713 \frac{\omega}{m^2k}$$

Nach GEG
 NICHT
 zulässig!



LÖSUNGSVORSCHLAG

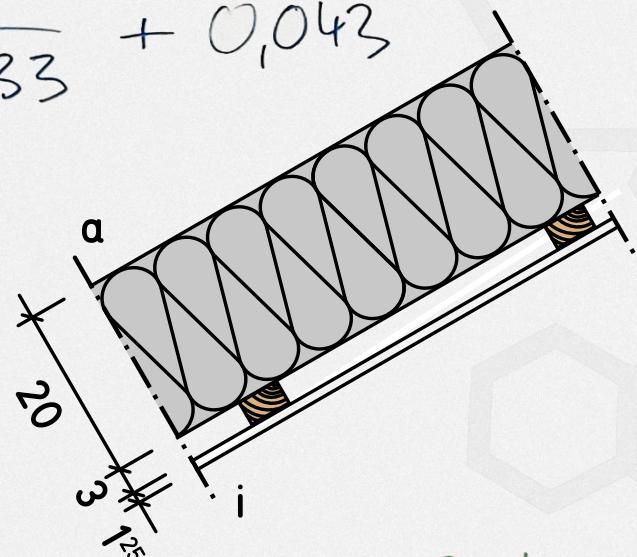
b)

$$R_+ = 0,100 + \frac{0,0125}{0,25} + 0,16 + \frac{0,20}{0,033} + 0,043$$

$$= \underline{\underline{6,414 \frac{m^2k}{W}}}$$

$$U_{vor} = \frac{1}{6,414} = \underline{\underline{0,156 \frac{W}{m^2k}}}$$

$$U_{ref} = 0,200 \frac{W}{m^2k} \Rightarrow U_{vor} = 0,156 \frac{W}{m^2k}$$



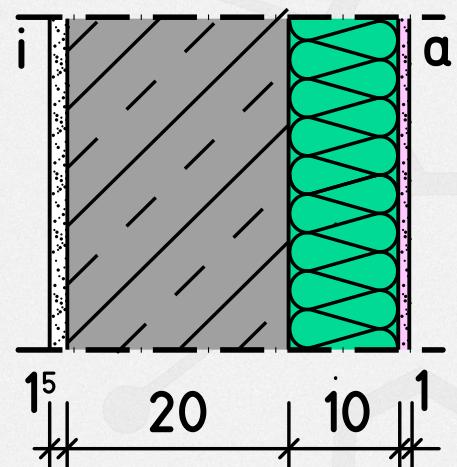
Nach GEG
ZULÄSSIG !

LÖSUNGSVORSCHLAG

c)

$$\begin{aligned}
 R_+ &= 0,125 + 4,119 + 0,043 \\
 &= \underline{4,287} \frac{m^2 k}{\omega} \\
 U_{\text{vor}} &= \frac{1}{4,287} = \underline{\underline{0,233}} \frac{\omega}{m^2 k}
 \end{aligned}$$

$$U_{\text{erg}} = 0,24 \frac{\omega}{m^2 k} \Rightarrow U_{\text{vor}} = 0,233 \frac{\omega}{m^2 k} \quad \checkmark$$



Nach GEG
ZULÄSSIG!

1

Wärmeleitfähigkeit
Wärmeleitzahl

λ

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

bezogen auf
1,00 m
Materialdicke

Widerstand
= Wärmedämmung

Wärmedurchgang
= Durchlass von Wärme

2

Wärmedurchlass-
widerstand

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \dots$$

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



Bauteilnachweis
nach DIN:
 $R_{vorh} \geq R_{zul}$

3

Wärmeübergangs-
widerstand

$$R_s \text{ (innen } R_{si}; \text{ außen } R_{se})$$

konkretes
Bauteil

4

Wärmedurchgangs-
widerstand

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

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

R_{si}

R_{se}

5

Wärmedurchgangs-
koeffizient

Wärmedurchgangszahl

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

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

Bauteilhöchstwerte
nach GEG:

$$U_{vorh} \leq U_{zul}$$

Berechnungen mit Hilfe einer Tabelle

Die ‚Tabelle‘

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Bauteil:

Nr.	Schicht	Dicke d_i [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ_i [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand R_i [m ² K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur θ_i [°C]
Wärmeübergangswiderstand R_{si}						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand R_{se}						
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$ [m ² K/W]						
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$ [m ² K/W]						
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$ [W/m ² K]						
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$ [K]						
Wärmestrom $\Phi =$ [W/m ²]						

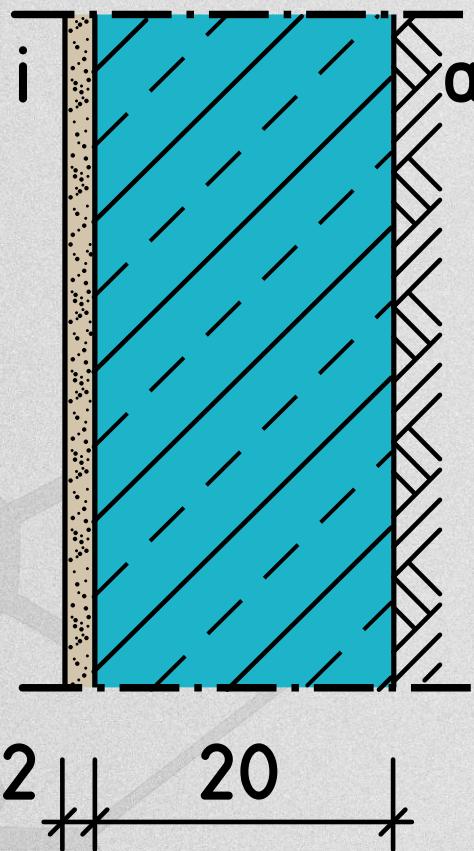
Digital & auf Papier austeilen!

Berechnen Sie mit Hilfe der Tabelle
die Werte **R**, **R_T** und **U**

Übung 10

Übung 10 - Kellerwände

Berechnen Sie mit Hilfe der Tabelle die Werte R , R_T und U

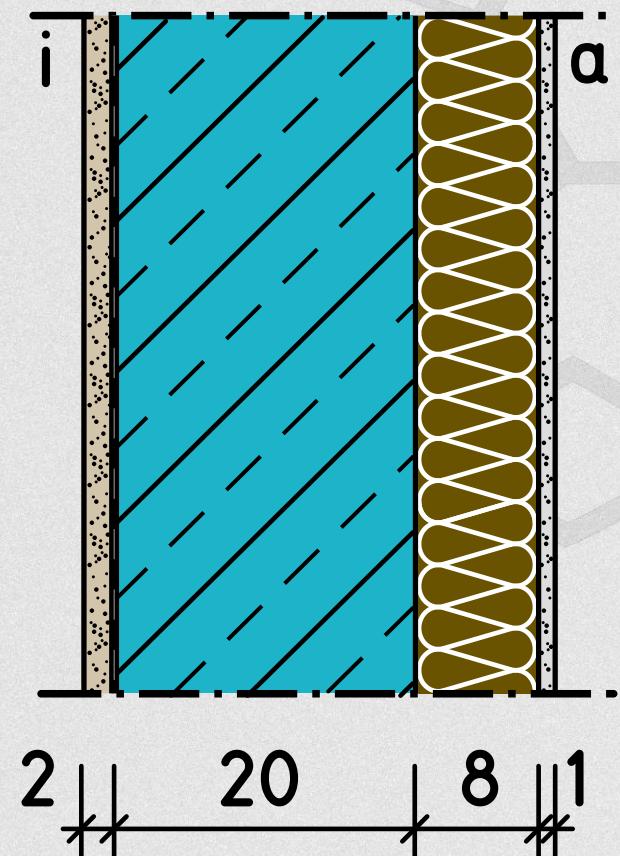


1) KG Wand

innen

- Kalk-Zement-Putz
- Stahlbeton

außen



2) Wandaufbau KG

innen

- Kalkputz
- Dampfbremse
- Stahlbeton C30/37
- Schaumglas WLG 050
- Zementputz

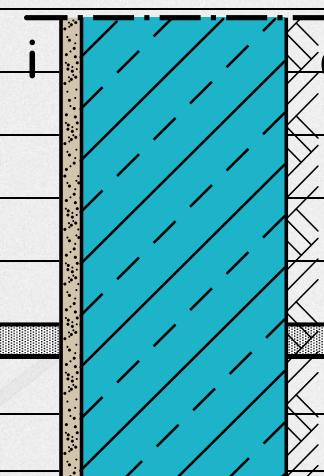
außen

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Übung 10.1: KG-Wand

Nr.	Schicht	Dicke d_i [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ_i [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand R_i [m ² K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur θ_i [°C]
Wärmeübergangswiderstand R_{si}						
1	Kalk-Zement-Putz	0,020	1,000	0,020		
2	Stahlbeton	0,200	2,400	0,083		
3						
4	i					
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand R_{se}						
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$ 0,103 [m ² K/W]						
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$ 0,228 [m ² K/W]						
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$ 4,386 [W/m ² K]						
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$ [K]						
Wärmestrom $\Phi =$ [W/m ²]						

2 20



U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Übung 10.2: Wandaufbau KG

Nr.	Schicht	Dicke d_i [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ_i [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand R_i [m ² K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur θ_i [°C]
Wärmeübergangswiderstand R_{si}						
1	Kalkputz	0,020	1,000	0,020		
2	Stahlbeton	0,200	2,400	0,083		
3	Dämmung Schaumglas	0,080	0,050	1,600		
4	Zementputz	0,010	1,600	0,006		
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand R_{se}						
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$ 1,709 [m ² K/W]						
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$ 1,877 [m ² K/W]						
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$ 0,533 [W/m ² K]						
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$ [K]						
Wärmestrom $\Phi =$ [W/m ²]						
2	20	8	1			

Übung 10 - Bodenplatte

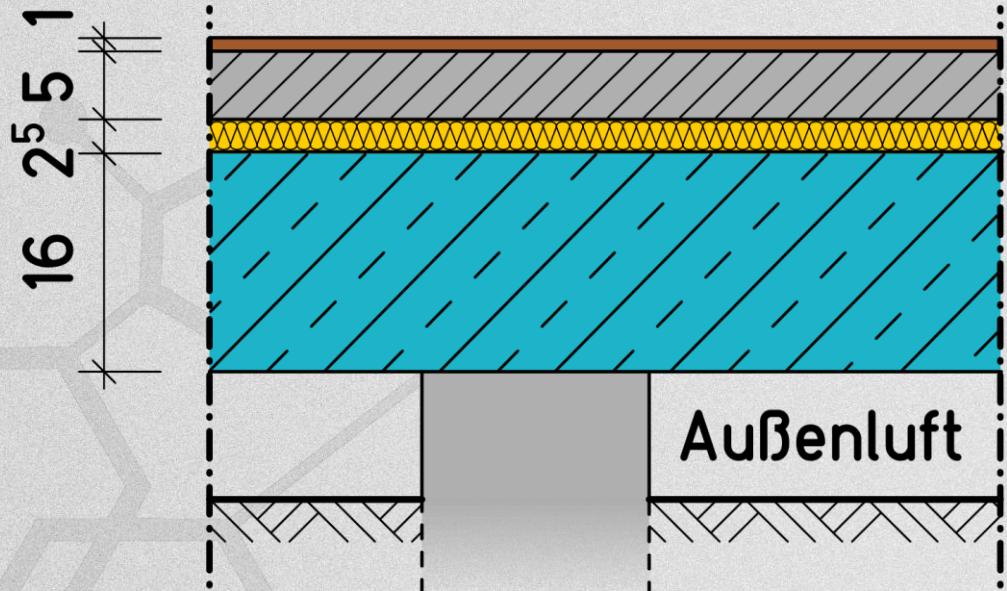
Berechnen Sie mit Hilfe der Tabelle die Werte R , R_T und U

3) BESTAND

innen

- Buchenparkett
- Estrich CT
- EPS WLG 050
- Stahlbeton

außen

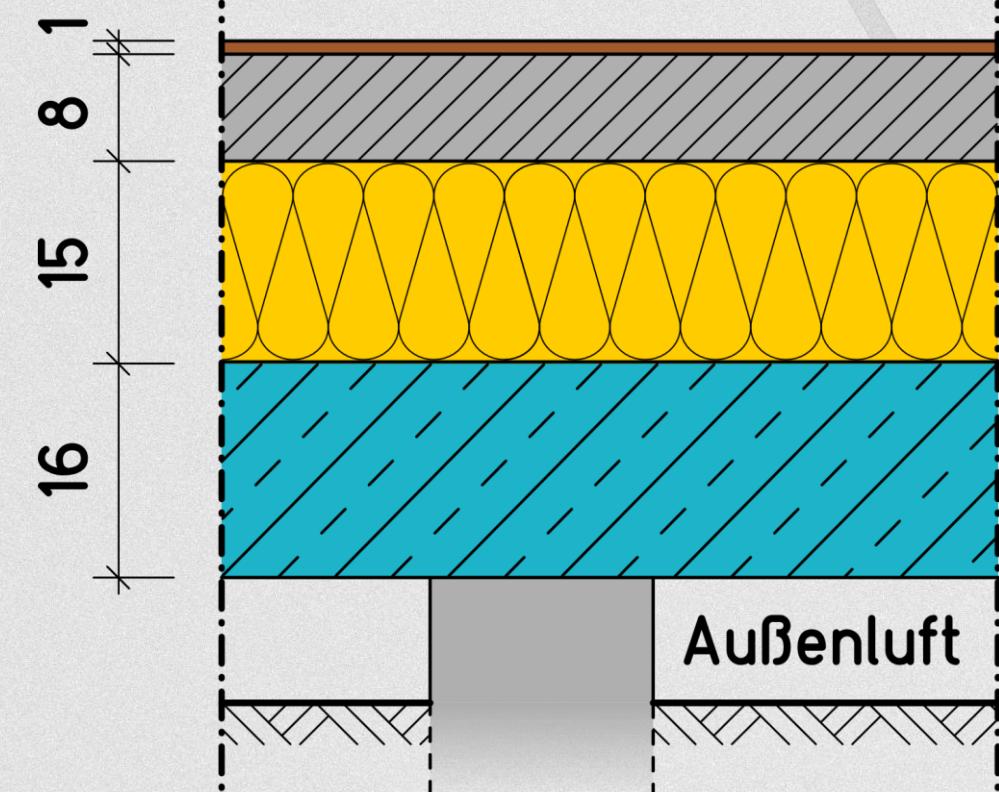


4) SANIERUNG

innen

- Buchenparkett
- Heizestrich CA
- EPS WLG 035
- Stahlbeton

außen



LÖSUNGSVORSCHLAG Ü10.3

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Übung 10.3: Bodenplatte BESTAND

LÖSUNGSVORSCHLAG Ü10.4

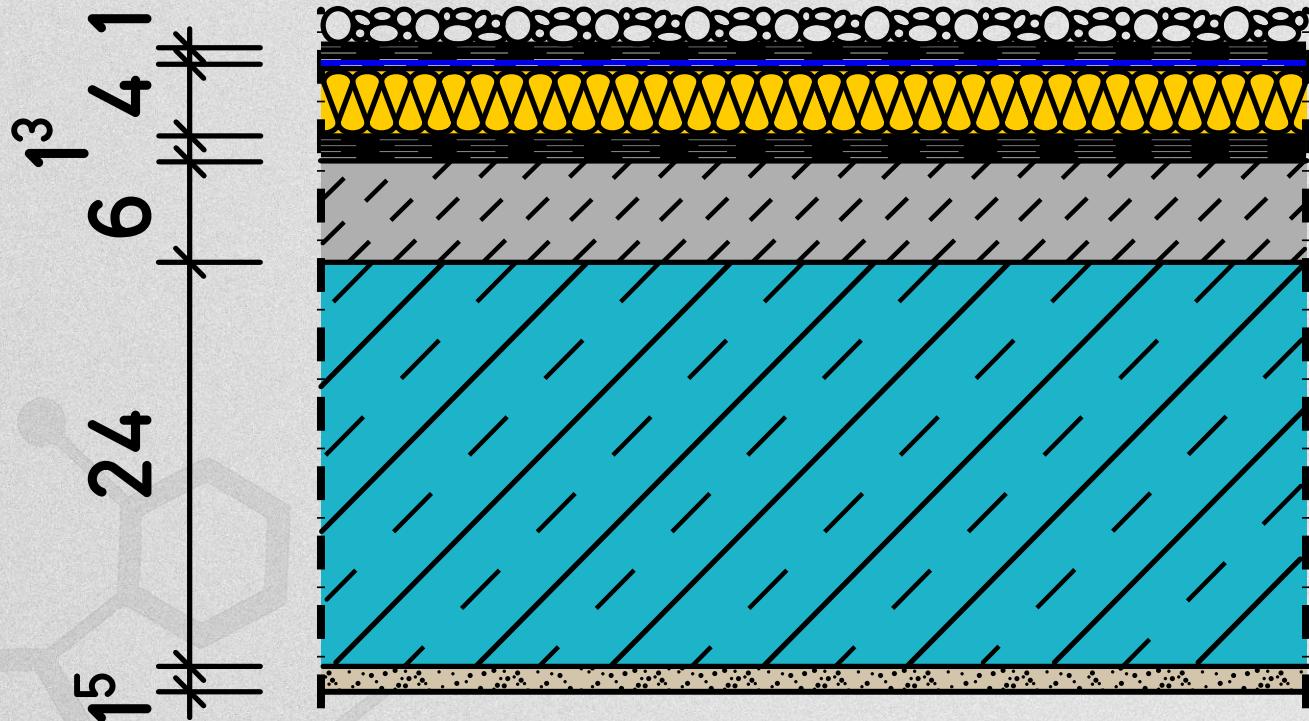
U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Übung 10.4: Bodenplatte SANIERUNG

Nr.	Schicht	Dicke d_i [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ_i [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand R_i [m ² K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur θ_i [°C]
Wärmeübergangswiderstand R_{si}						
1	Buchenparkett	0,010	0,180	0,056		
2	Heizestrich CA	0,080	1,200	0,067		
3	Trittschalldämmung EPS	0,150	0,035	4,286		
4	StB, aufgeständert	0,160	2,400	0,067		
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand R_{se}						
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$ 4,476 [m ² K/W]						
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$ 4,686 [m ² K/W]						
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$ 0,213 [W/m ² K]						
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$ [K]						
Wärmestrom $\Phi =$ [W/m ²]						
	Außenluft					

10.5 - Flachdach

Berechnen Sie mit Hilfe der Tabelle die Werte **R**, **R_T** und **U**



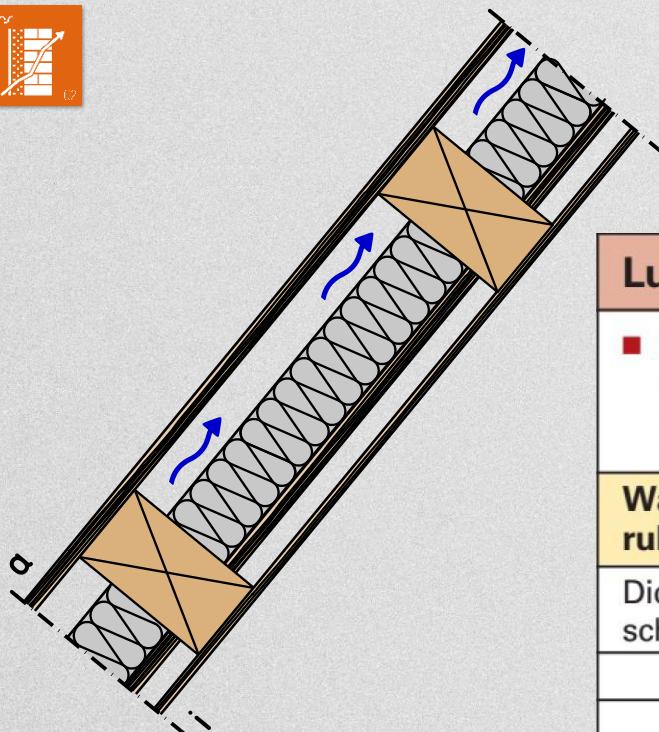
- Oberhalb der Dachhaut die Schichten **NIE ansetzen**, da diese nass werden können
- 3 Lagen Glasvlies-Bitumendachbahn **(insges. $\approx 1,0$ cm)**
- Dampfdruckausgleichsschicht **(in der WD-Berechnung ignorieren)**
- 4 cm Dämmschicht WLG 050
- 4 Lagen Bitumenschweißbahn **(insges. $\approx 1,3$ cm)**
- 6 cm Magnesia-Estrich an der Stelle mit der geringsten Dicke
- 24 cm Stahlbeton
- 1,5 cm Innenputz (Kalkzement)

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Übung 10.5: Flachdach



Luftschichten



Luftschichten

Luftschichten

- **Ruhende Luftschichten** bezeichnen Luftschichten, die nicht mit der das Bauteil umgebenden Luft in Verbindung stehen.

Wärmedurchlasswiderstand R_g in $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ ruhender Luftschichten (DIN EN ISO 6946)

Dicke der Luftschicht in mm	Richtung des Wärmestromes aufwärts	horizontal	abwärts
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Zwischenwerte können interpoliert werden.

Die Werte unter „horizontal“ gelten auch für einen Wärmestrom von $\pm 30^\circ$ zur horizontalen Ebene.

- Bei Außenbauteilen mit **stark belüftetem** Gefachebereich erbringen die Bauteile zwischen der Luftschicht und der Außenluft keinen wesentlichen Anteil zum Wärmeschutz. Sie werden beim rechnerischen Ansatz nicht berücksichtigt. Hier ist $R_{se} = R_{si} = 0,125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$.

- **Schwach belüftet** ist eine Luftschicht, wenn die Verbindungsöffnungen $1500 \text{ mm}^2 / \text{m}^2$ nicht übersteigen. Für solche Luftschichten darf für den Wärmedurchgangswiderstand R_g die Hälfe des entsprechenden Tabellenwertes angesetzt werden, allerdings nur bis zum maximal regulären Tabellenwert $0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$.

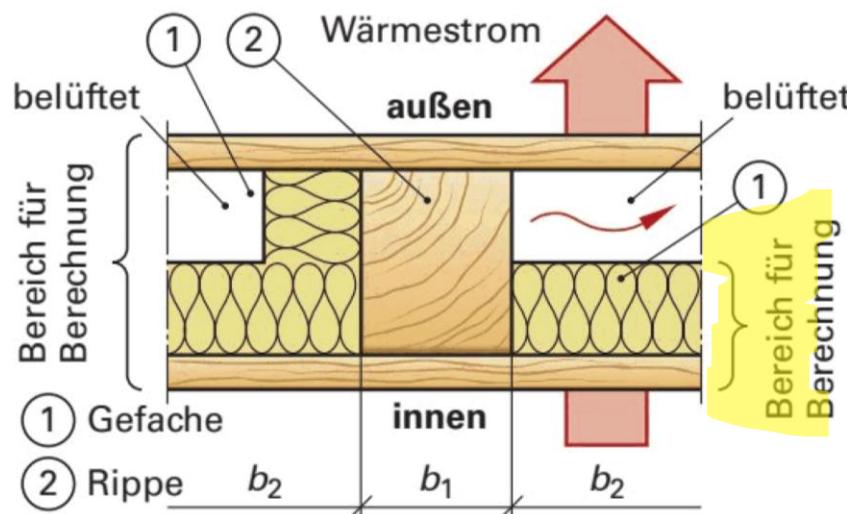
- Bei **zweischaligem Mauerwerk** nach DIN EN 1996-1-1/NA dürfen Luftschicht und Vorsatzschale in die Berechnung mit einbezogen werden. Die Luftschicht (Hinterlüftung) wird als ruhend eingestuft, wenn die Verbindungsöffnung $500 \text{ mm}^2 / \text{m}$ nicht überschreitet.

Empfohlen wird, Luftschicht und Vorsatzschale nicht zu berücksichtigen und mit $R_{se} = R_{si} = 0,125 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ zu rechnen.

ACHTUNG! Höhe ...

Rippen und Gefache

- Die Rippenhöhe ist in Abhängigkeit von der Anordnung der Dämmschicht (Dämmhöhe) zu berücksichtigen. Das heißt der Sparren darf nur in der Dicke der Dämmschicht wärmetechnisch berücksichtigt werden ► S.173.



T17 Seite 171

belüftetes Flachdach

Kriterium:

- Regenschutzfunktion sowie
- Wärmeschutzfunktion
- Schallschutzfunktion
- statische Funktion

Alle Funktionen durch zwei getrennte Schalen



Bild 3: Dachaufbau

Berechnen Sie mit Hilfe der in
EXCEL selbst erstellten Tabelle
die Werte **R**, **R_T** und **U**

Übung 11

- Luftschichten -



Übung 11 - Luftschichten

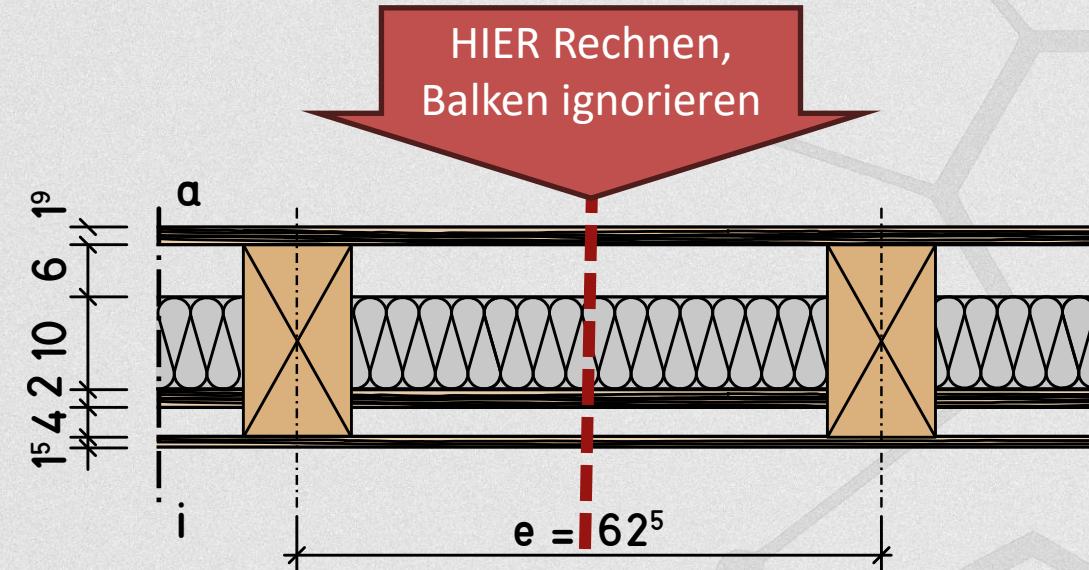
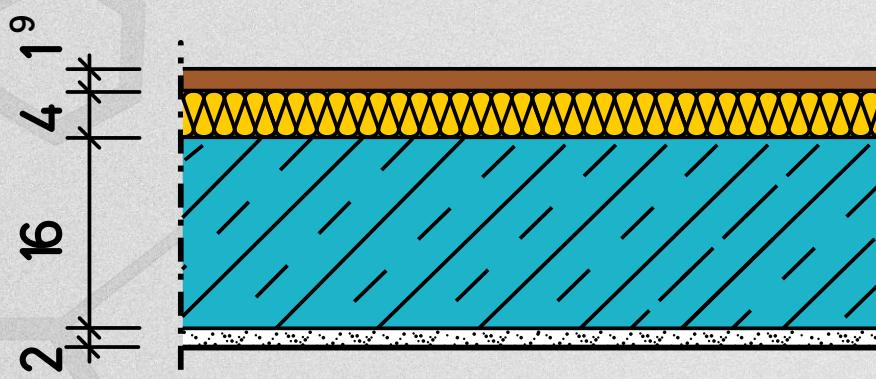
1) Kehlbalkendecke

Luftschicht oben: Schwach
unten: nicht belüftet

oben

- OSB-Platte 0,65 kg/dm³, 1,3 cm
- Luft, 6 cm
- Mineralwolle WLG 035, 10 cm
- Einschub aus Nadelholz, 2 cm
- Luft, 4 cm
- Holzschalung: Kiefer, 1,5 cm

unten



2) Decke unter Abseite

Dachdämmung nicht weitergeführt

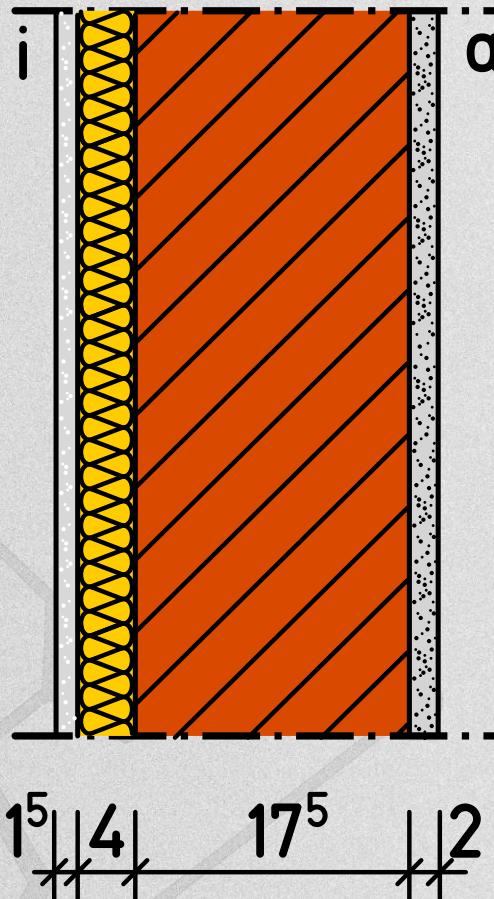
oben

- OSB-Platte 0,65 kg/dm³
- PU-Platten WLG 040
- Stahlbeton
- Kalkputz

unten



Übung 11 - Luftschichten

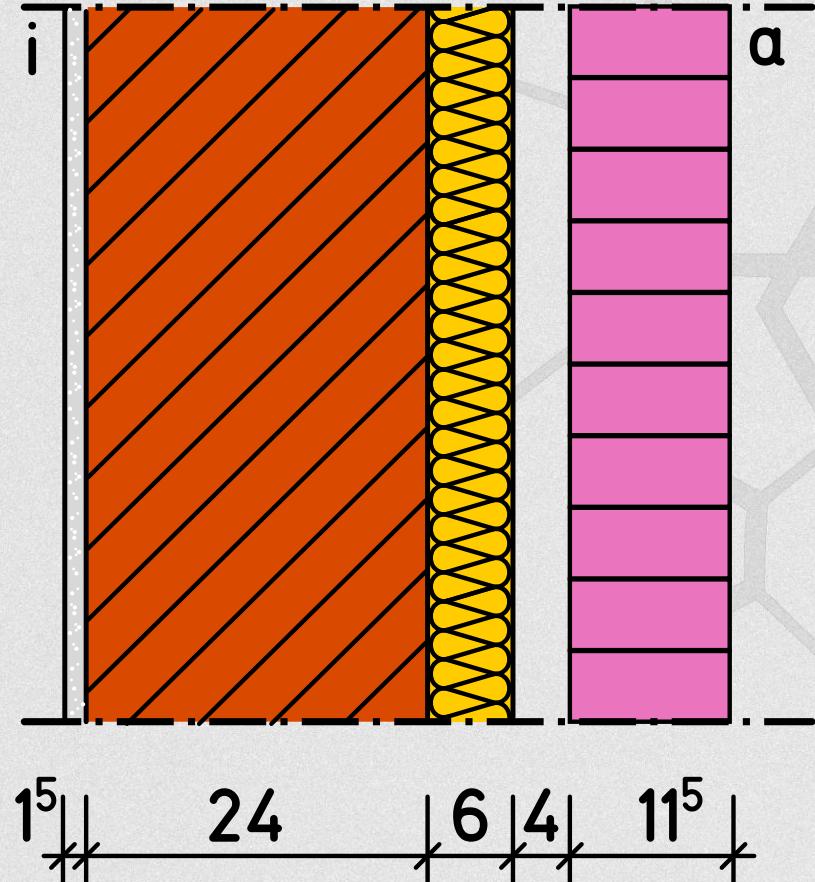


3) Wandnische

innen

- KG-Putz
- Dämmung 4 cm, WLG027
- HLz 0,7-6-3 DF (175) mit LM
- Kalk-Zementputz

außen



4) Außenwand

innen

- Gips-Kalkputz
- KS 20-1,6
- MW WLG035, 6 cm
- Luftschicht
- KSVm 22-1,8

außen

Innentemperatur:

18°C

Außentemperatur:

-15°C

Rel. Luftfeuchte:

50%

Luftschicht: unbek. belüftet

LÖSUNGSVORSCHLAG Ü11.1

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Übung 11.1: Kehlbalkendecke - DURCH DIE DÄMMUNG

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

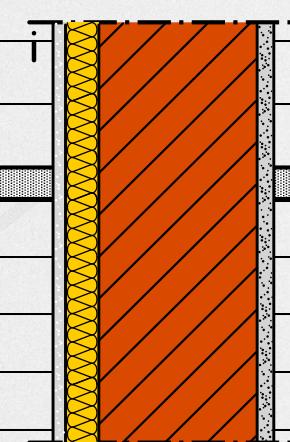
Übung 11.2: Decke unter Abseite

Nr.	Schicht	Dicke d_i [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ_i [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand R_i [m ² K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur θ_i [°C]
Wärmeübergangswiderstand R_{si}						
1	OSB-Platte, 0,65 kg/dm ³	0,013	0,130	0,100		
2	PU-Platten	0,040	0,040	1,000		
3	Stahlbeton	0,160	2,400	0,067		
4	Kalkputz	0,020	1,000	0,020		
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand R_{se}						
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R = 1,187$ [m ² K/W]						
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T = 1,330$ [m ² K/W]						
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U = 0,752$ [W/m ² K]						
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$ [K]						
Wärmestrom $\Phi =$ [W/m ²]						

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Übung 11.3: Wandnische

Nr.	Schicht	Dicke d_i [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ_i [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand R_i [m ² K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur θ_i [°C]
Wärmeübergangswiderstand R_{si}						
1	KG-Putz	0,015	0,700	0,021		
2	Dämmung	0,040	0,027	1,481		
3	HLz 0,7-6-3DF, LM	0,175	0,310	0,565		
4	Kalk-Zement-Putz	0,020	1,000	0,020		
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand R_{se}						
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R = 2,087$ [m ² K/W]						
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T = 2,230$ [m ² K/W]						
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U = 0,448$ [W/m ² K]						
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$ [K]						
Wärmestrom $\Phi =$ [W/m ²]						



LÖSUNGSVORSCHLAG Ü11.4

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Übung 11.3: Wandnische

Berechnen Sie die Dicke eines
Wärmedämm-Verbundsystems
(WDVS) mit einer WLG030
um den U-Wert einzuhalten.

Wählen Sie eine Dicke **aus**,
wenn es die Dämmplatten in 2 cm Stufen ab 4 cm
Dicke gibt.

Übung 12
- neue Dämmsschichtdicke -

Beispiel

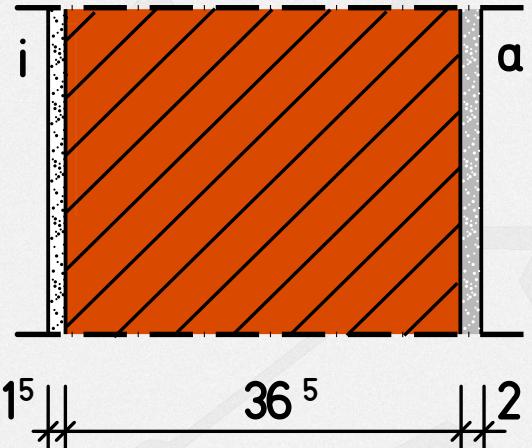
$$U_{ref} = 0,24 \frac{W}{m^2 K}; \lambda = 0,030; \underline{WDVS}$$

$$\rightarrow R_{ref} = \frac{1}{0,24} = 4,16 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_{Dämm} = 4,167 - R_{T, \text{Bestand}} = 3,429 \frac{m^2 K}{W}$$

$$\triangle \frac{d}{R \times A} \rightarrow d_{Dämm} = 3,429 \times 0,030 = \underline{0,103 \text{ m}}$$

gew.: 12 cm



Außenwandaufbau

innen

- 1⁵ cm Kalk-Gipsputz
- 36⁵ cm Hbl $\rho = 1.400 \text{ kg/m}^3$ mit LM36
- 2 cm Kalk-Zementputz

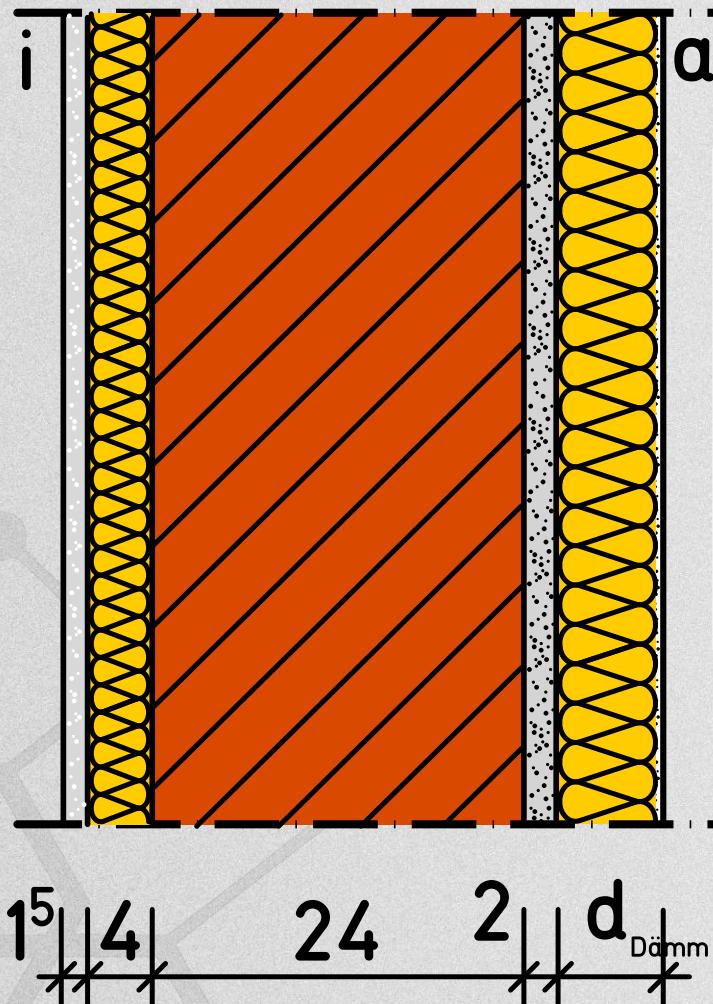
außen

$$R = 0,570 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_T = 0,738 \frac{m^2 K}{W}$$

$$U = 1,355 \frac{W}{m^2 K}$$

Übung 12 – Dicke Dämmschicht

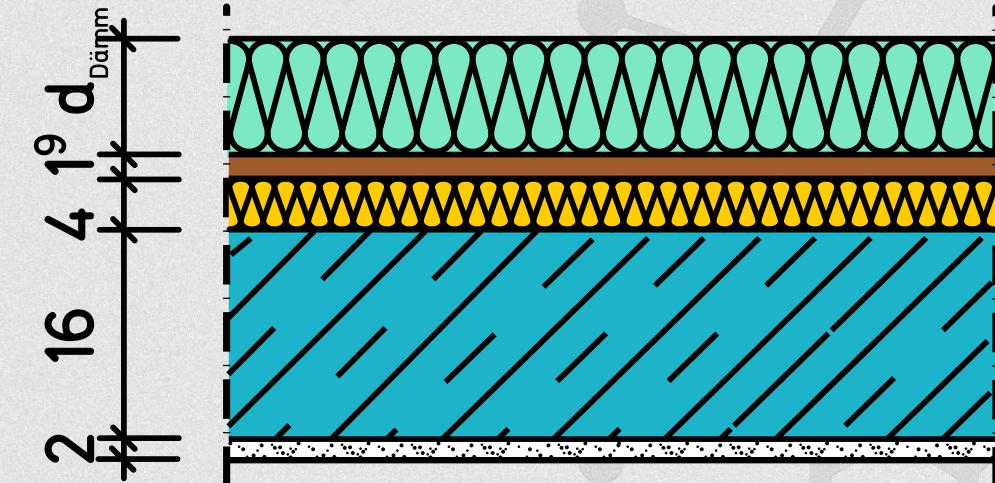


1) Wandnische

innen

- KG-Putz
- Dämmung 4 cm, WLG 0,027
- HLz W 0,7-6-3 DF mit LM36
- Kalk-Zementputz
- WDVS WLG027

außen



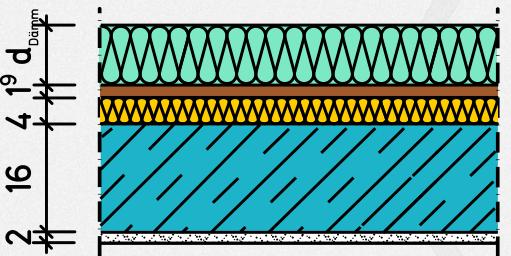
2) Decke unter Abseite

Dachdämmung nicht weitergeführt
oben

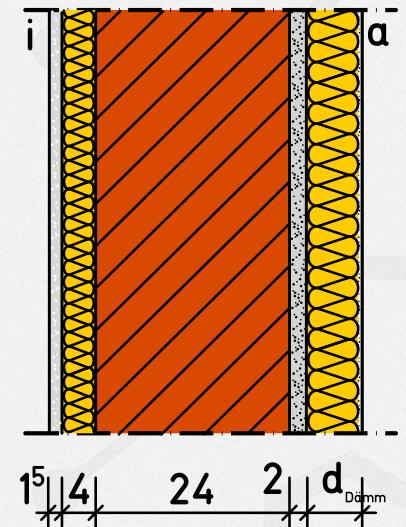
- trittfeste PU-Platten WLG030
- OSB-Platte 0,65 kg/dm³
- PU-Platten WLG 040
- Stahlbeton
- Kalkputz

unten

LÖSUNGSVORSCHLAG



LÖSUNGSVORSCHLAG



Mittelwerte R_m , $R_{T,m}$ & U_m

Mittlere Werte R_m / U_m



Variante 1: **Flächenbezogen**

$U_{m,1}$: über U-Werte der Bauteile

R_m : über R-Werte der Bauteile

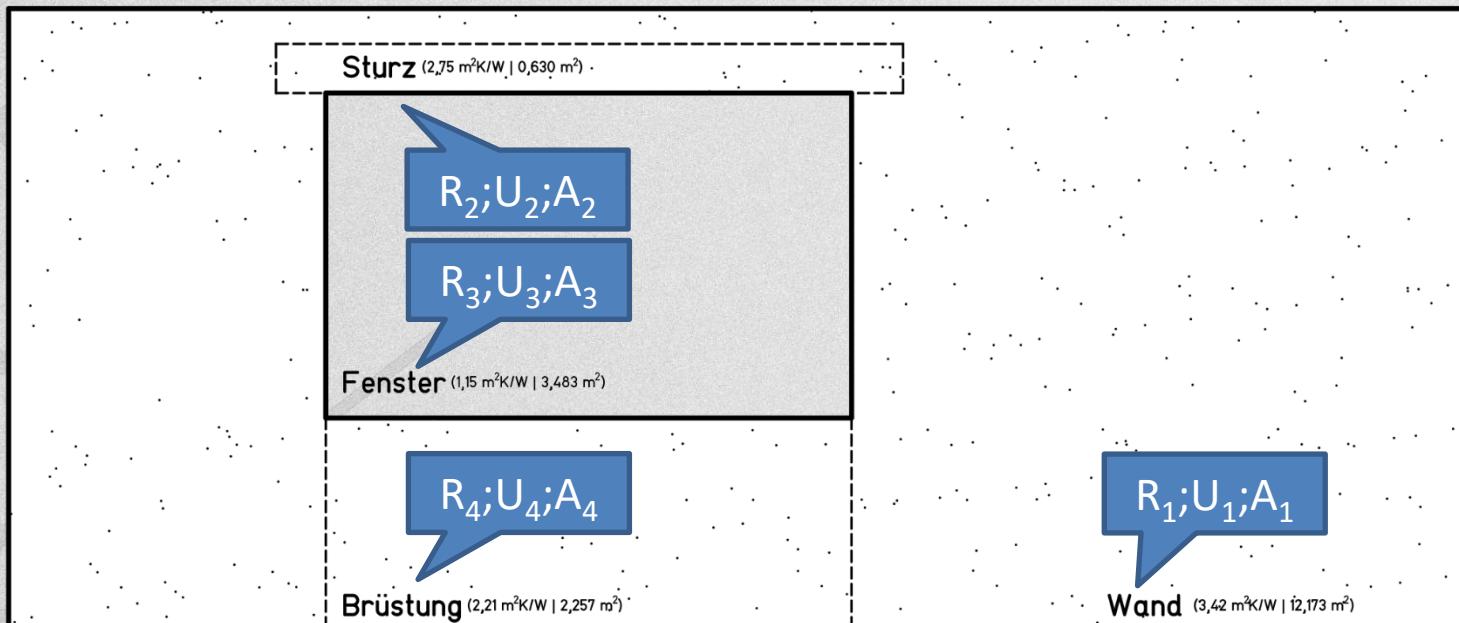
$U_{m,2}$: über R_m

Genauer, da Rsi & Rse nur 1x berücksichtigt

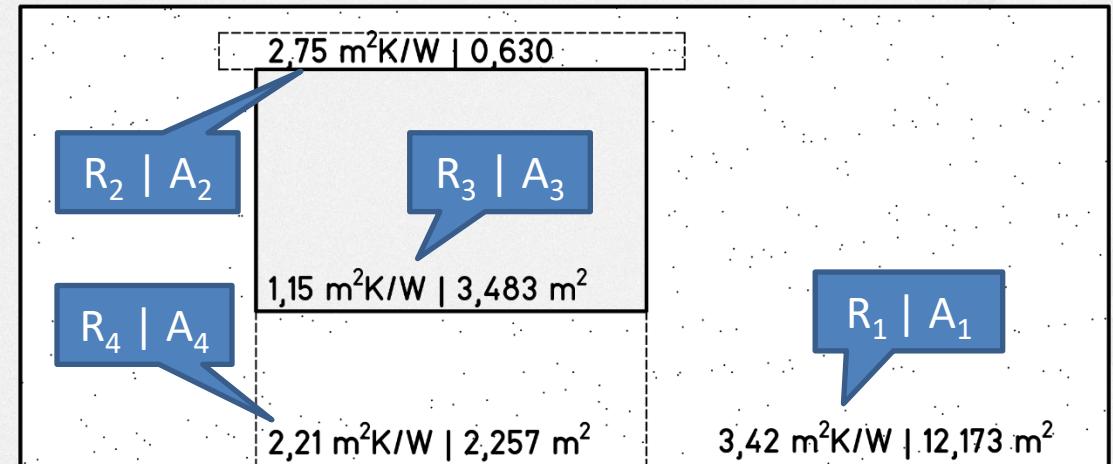
$$U_{m,1} = \frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots + U_n \cdot A_n}{\sum A_n}$$

$$R_m = \frac{\sum A_n}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$$

$$U_{m,2} = \frac{1}{R_{si} + R_m + R_{se}}$$



Beispiel



$$R_m = \frac{\sum A_n}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$$

$$U_{m,2} = \frac{1}{R_{si} + R_m + R_{se}}$$

Mittlere Werte R_m / U_m

Variante 2: **Breitenbezogen**

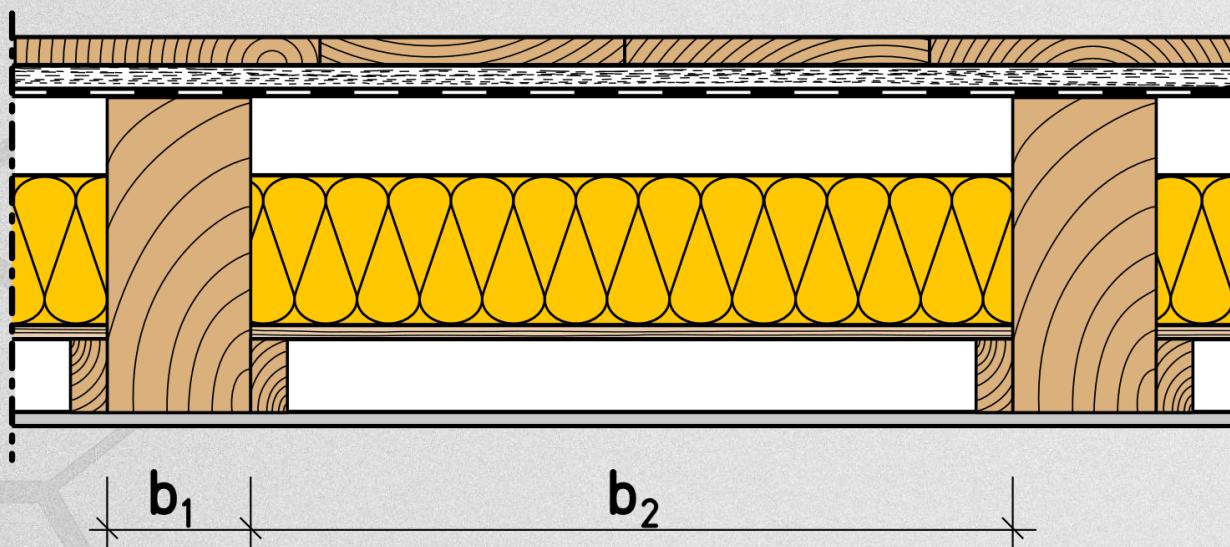
$U_{m,1}$: über U-Werte der Bauteile

R_m : über R-Werte der Bauteile

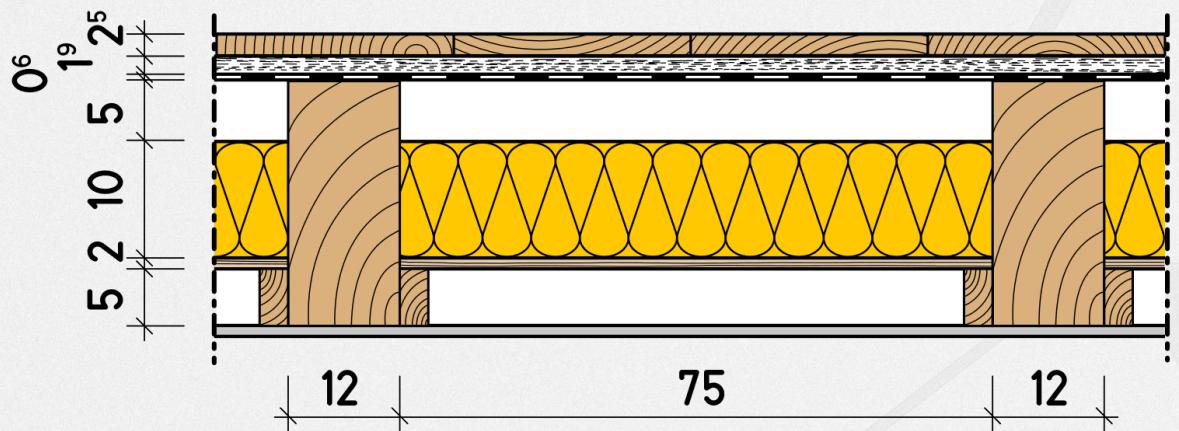
$U_{m,2}$: über R_m
Genauer, da R_{si} & R_{se} nur 1x berücksichtigt

$$R_m = \frac{\sum b_n}{\frac{b_1}{R_1} + \frac{b_2}{R_2} + \dots + \frac{b_n}{R_n}}$$

$$U_{m,2} = \frac{1}{R_{si} + R_m + R_{se}}$$



Beispiel



$$R_m = \frac{\sum b_n}{\frac{b_1}{R_1} + \frac{b_2}{R_2} + \dots + \frac{b_n}{R_n}}$$

$$U_{m,2} = \frac{1}{R_{si} + R_m + R_{se}}$$

Mittlere Werte R_m / U_m

Variante 3: **Prozentual**

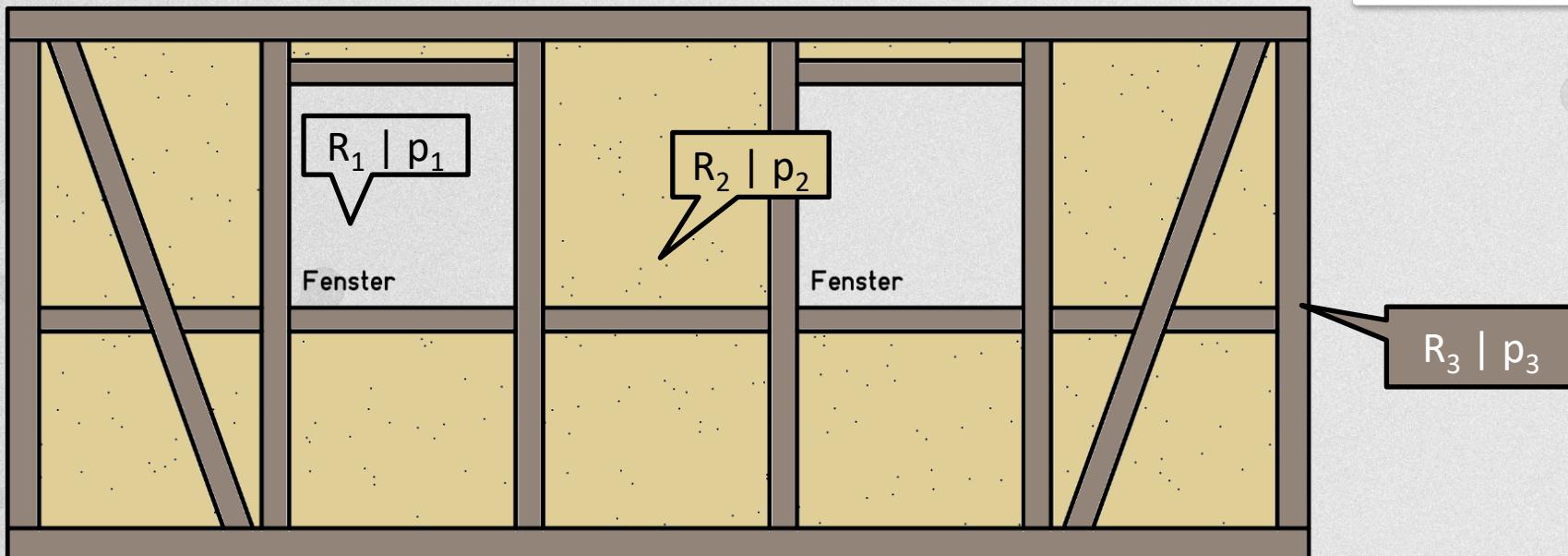
$U_{m,1}$: über U-Werte der Bauteile (TB17 168)

R_m : über R-Werte der Bauteile

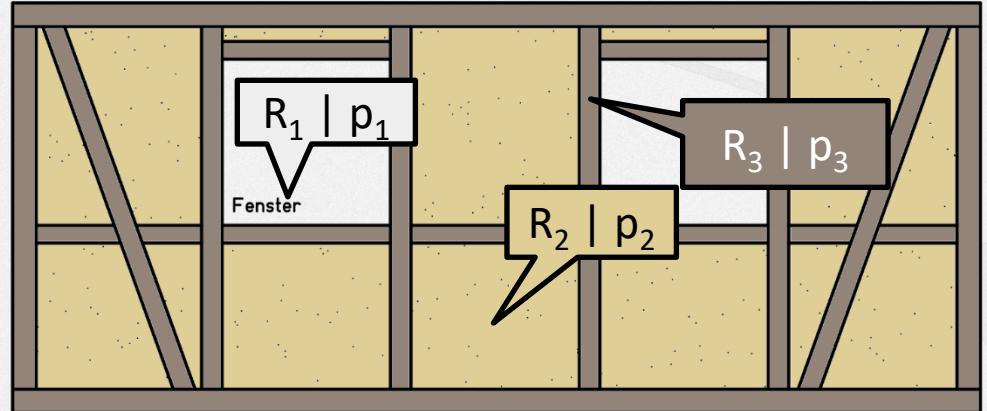
$U_{m,2}$: über R_m
Genauer, da Rsi & Rse nur 1x berücksichtigt

$$R_m = \frac{100\%}{\frac{p_1}{R_1} + \frac{p_2}{R_2} + \dots + \frac{p_n}{R_n}}$$

$$U_{m,2} = \frac{1}{R_{si} + R_m + R_{se}}$$



Beispiel



$$R_m = \frac{100\%}{\frac{p_1}{R_1} + \frac{p_2}{R_2} + \dots + \frac{p_n}{R_n}}$$

$$U_{m,2} = \frac{1}{R_{si} + R_m + R_{se}}$$

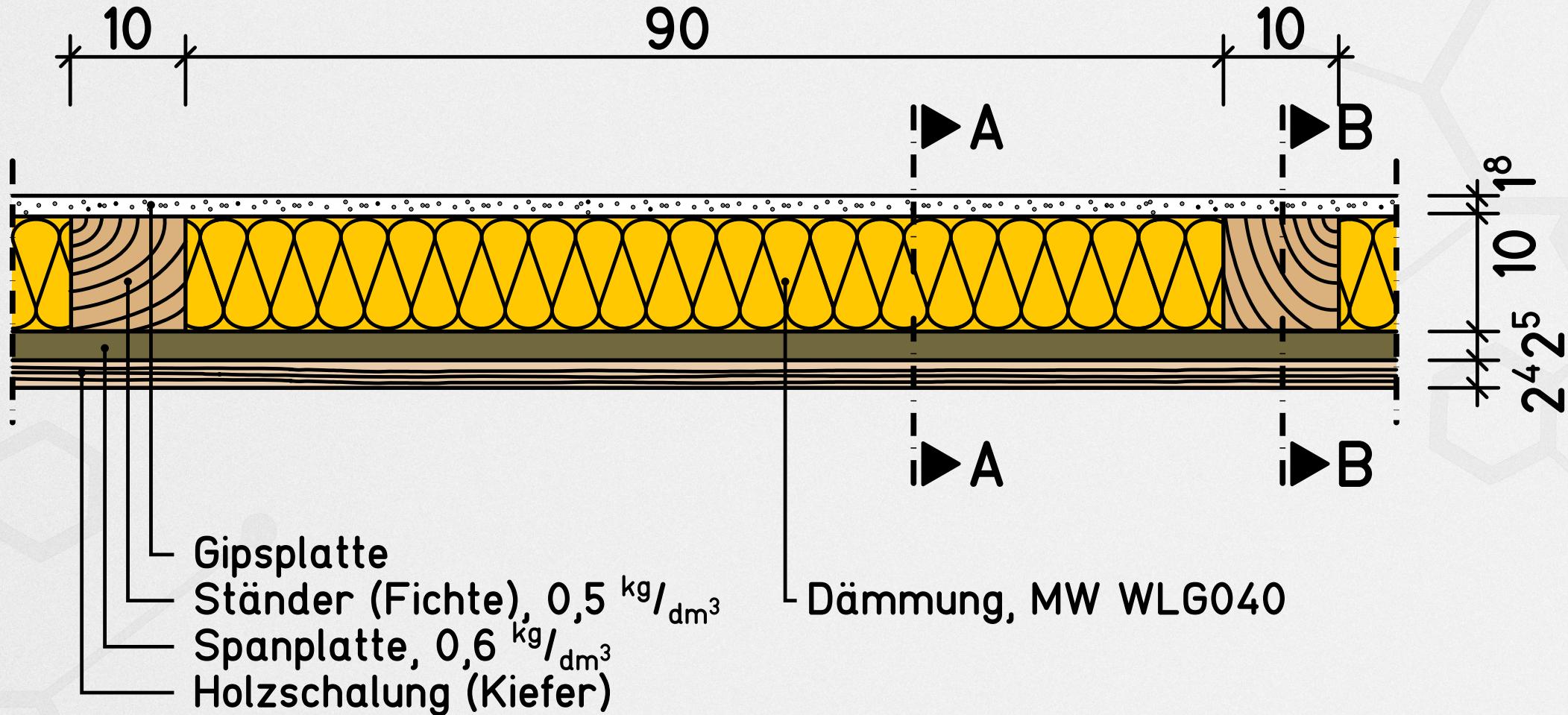
Berechnen Sie schriftlich
die Werte R_m , $R_{T,m}$ und U_m

Übung 13

- Mittelwerte -

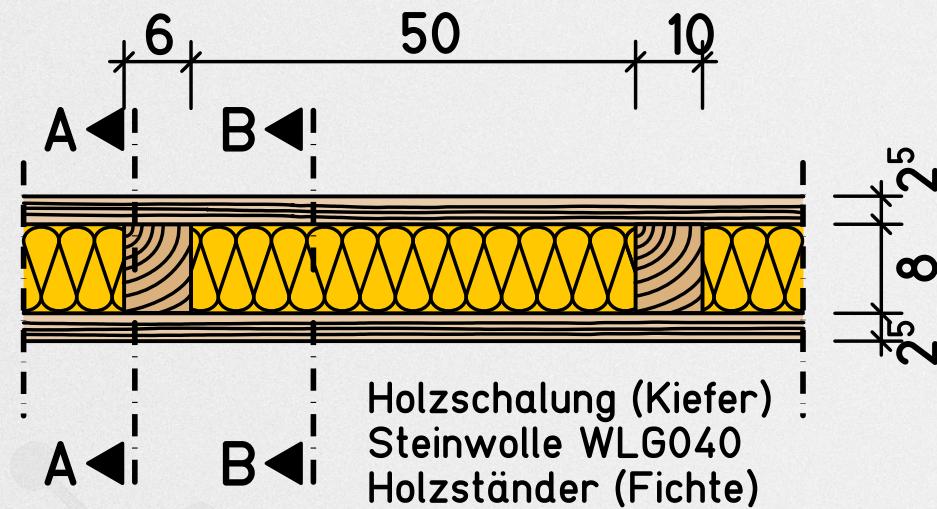
Übung 13 - Mittelwerte

1) Ständerwand im Bungalow

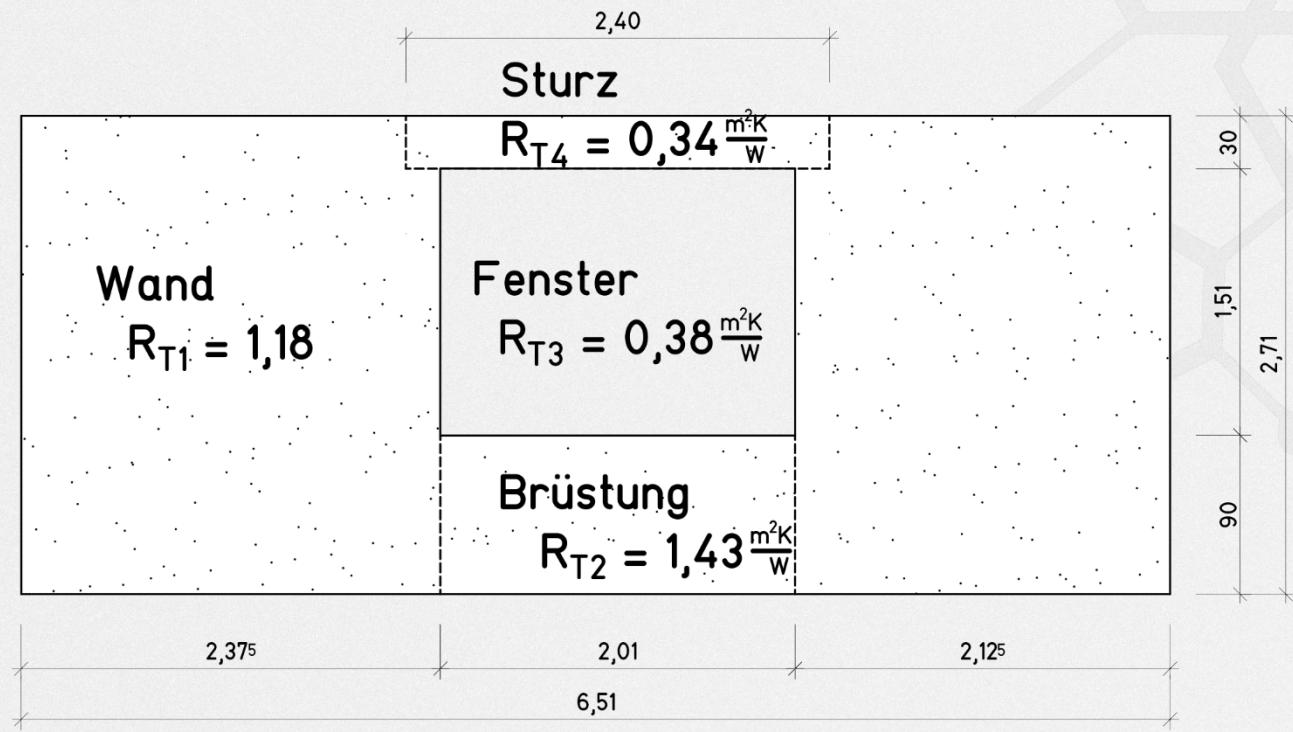


Übung 13 - Mittelwerte

2) Ferienhaus Giebelwand



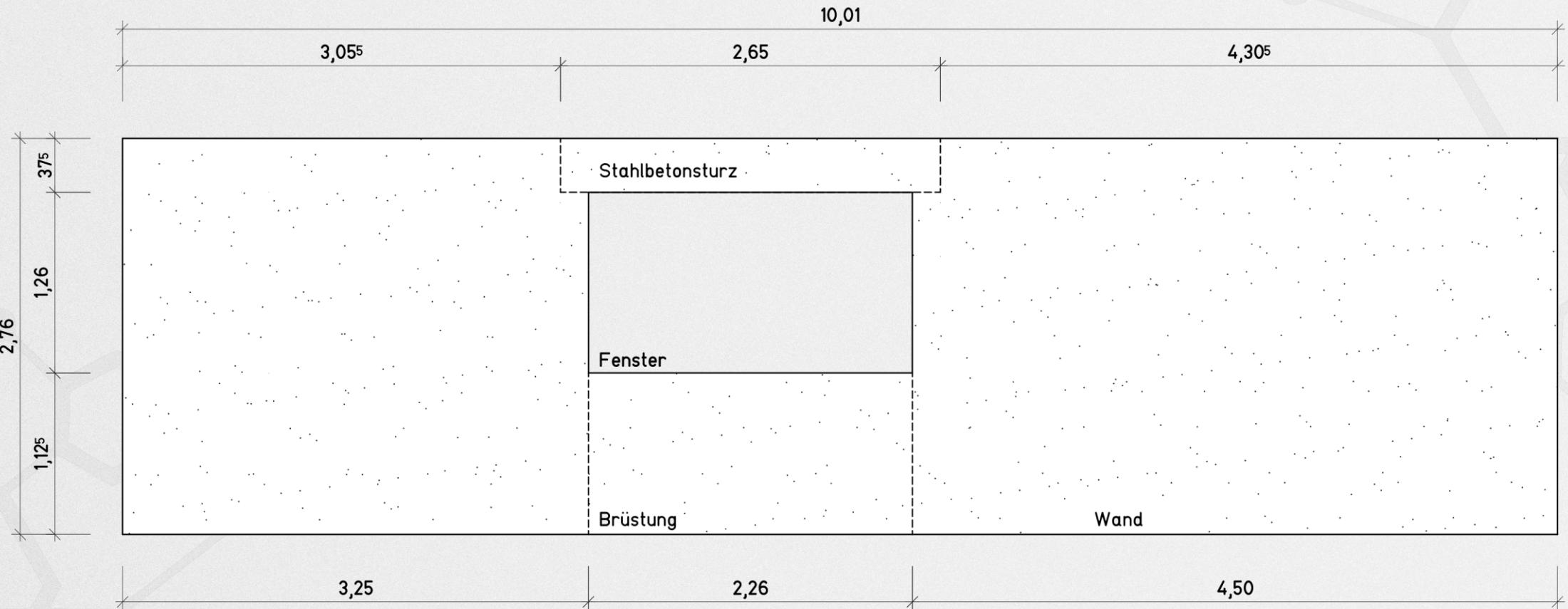
3) Außenwand Garage (beheizt)



13.4 - Mittelwerte



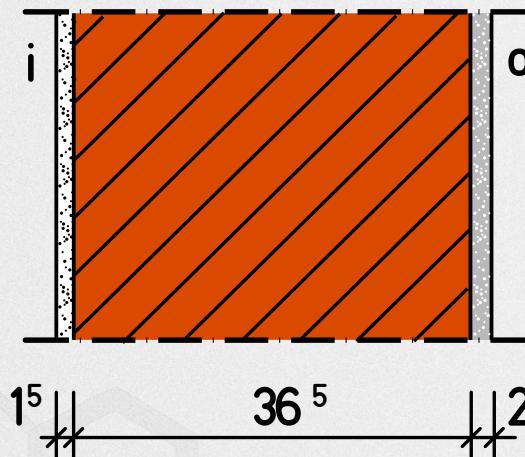
4) Bungalow – Abmessungen



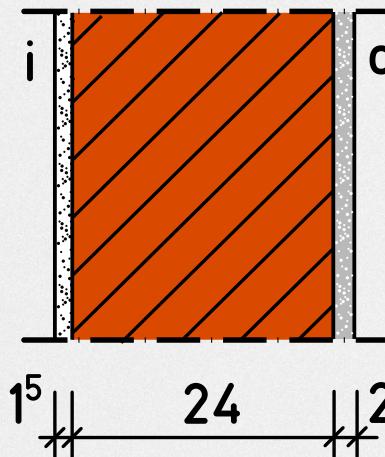
13.4 - Mittelwerte

4) Bungalow – Aufbauten

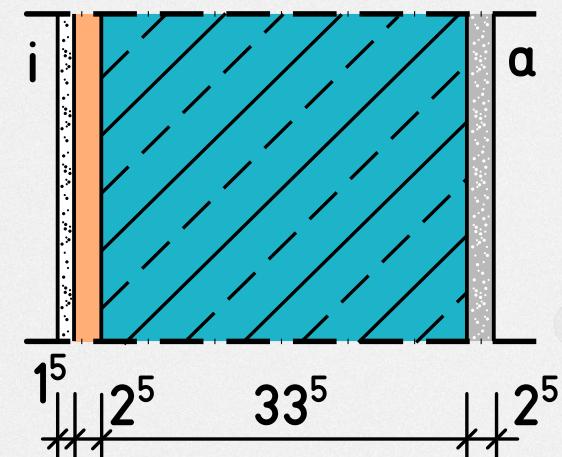
Wand



Brüstung



Sturz



innen

- 1⁵ cm Kalk-Gipsputz
- 24/36⁵ cm HLZW, 0,80 kg/m³
- 2 cm Kalk-Zementputz

außen

innen

- 1⁵ cm Kalk-Gipsputz
- 2⁵ cm Holzwolleplatten WLG065
- 33⁵ cm Stahlbeton
- 2⁵ cm Kalk-Zementputz

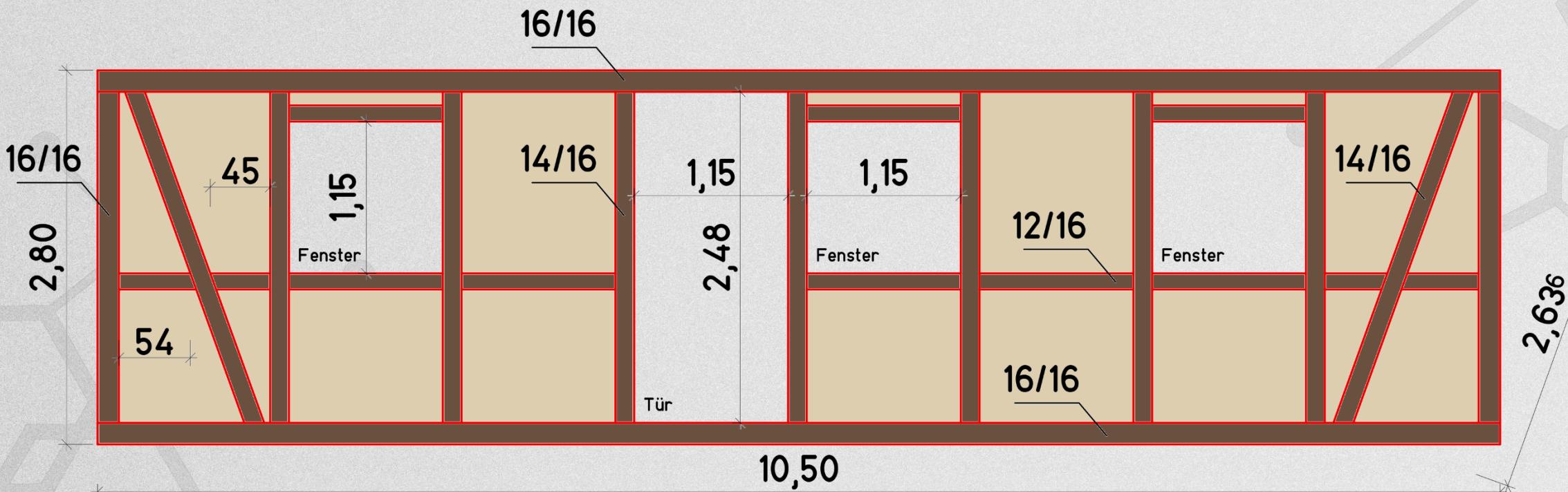
außen

12.5 - Mittelwerte

Bei einer Fachwerkwand besteht das Fachwerk aus

- Eichenholz ($\lambda=0,13 \text{ W/mK}$; 29,1% der Fläche) und die
- Ausfachung aus Lehmwickel mit Stroh auf Holzstaken ($\lambda= 0,50 \text{ W/mK}$).
- Fenster und Tür sind gleichwertig ($R = 1,800 \text{ m}^2\text{k/W}$; 23,2% der Fläche).

Ermitteln Sie mit Hilfe der Prozente den mittleren U-Wert.



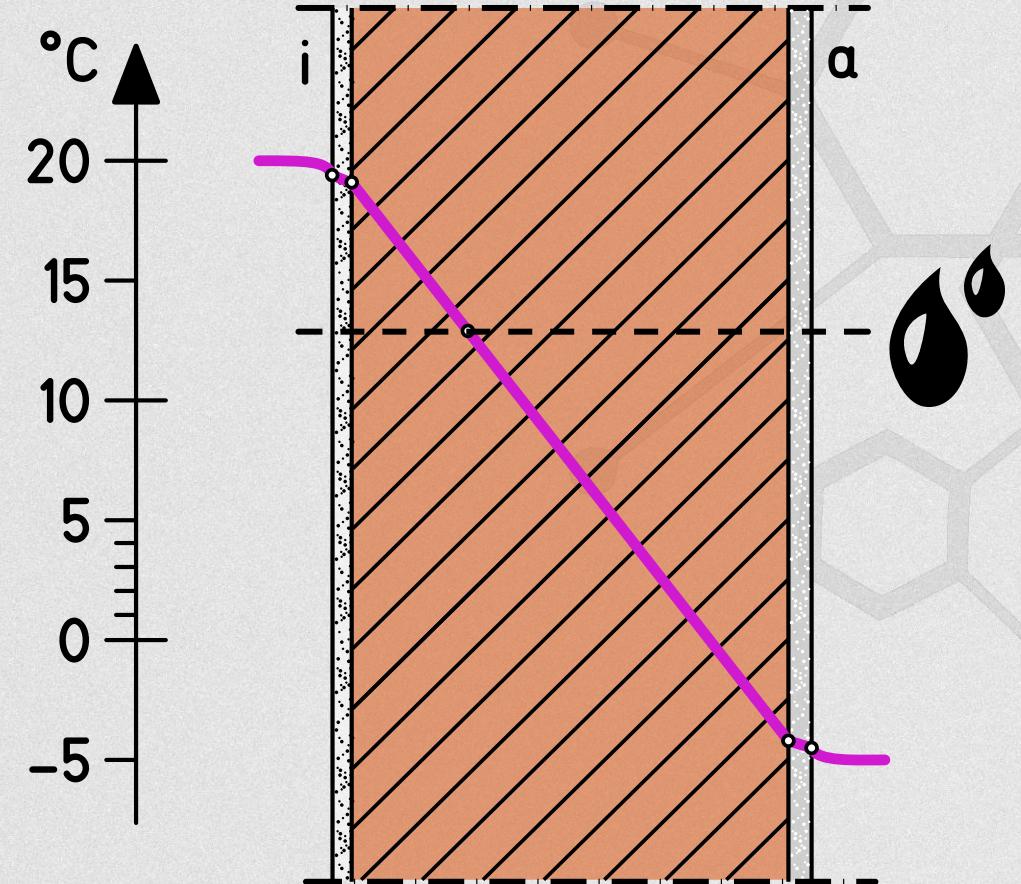
Temperatur- verlauf

Temperaturverlauf

20°C bis -5°C

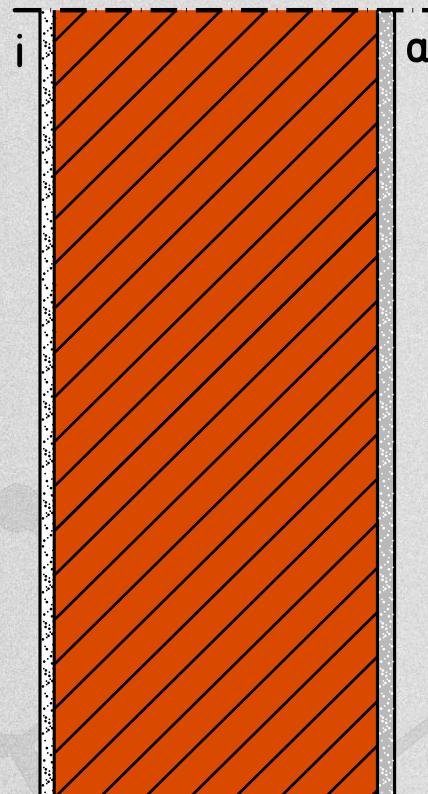
Die Bestimmung der einzelnen Temperaturen an den Schichtgrenzen ist notwendig:

- Um den Temperaturverlauf durch ein Bauteil zeichnen zu können (**plastische Darstellung, welche Schicht am besten dämmt**)
- Um feststellen zu können, **in welcher Schicht** ein **Tauwasserausfall** stattfindet



Temperaturverlauf

20°C bis -5°C



Außenwandaufbau

innen

- 1⁵ cm Kalk-Gipsputz
- 36⁵ cm Hbl $\rho = 1.400 \text{ kg/m}^3$
mit LM36
- 2 cm Kalk-Zementputz

außen

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,015}{0,700} + \frac{0,365}{0,690} + \frac{0,020}{1,000} = 0,570 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_T = \frac{1}{h_i} + R + \frac{1}{h_e} = \frac{1}{8} + 0,57 + \frac{1}{23} = 0,739 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

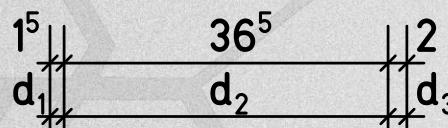
$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,739} = 1,353 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Wenn die Temperaturdifferenz Innen zu Außen auf den Wärmedurchgangswiderstand R_T bezogen wird,

$$R_T = 0,739 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \hat{=} \Delta\theta = |\theta_{\max} - \theta_{\min}| = 25^\circ \text{K}$$

Kann für jede einzelne Schicht mit dessen R-Wert, die Temperaturdifferenz dieser Schicht ermittelt werden:

$$\text{z.B. } = \frac{25 \times 0,125}{0,739} = 4,229^\circ \text{K}$$



Temperaturverlauf

20°C bis -5°C

$$R_T = \frac{1}{8} + \frac{0,015}{0,700} + \frac{0,365}{0,690} + \frac{0,020}{1,000} + \frac{1}{23} = 0,739 \frac{m^2K}{W} \quad A \quad 25^\circ K$$

$$= 0,125 + 0,021 + 0,529 + 0,020 + 0,043$$

Temperaturunterschiede je Schicht :

$$\Delta\theta_i = \frac{\Delta\theta \cdot R_i}{R_T}$$

$$\rightarrow 4,2^\circ K + 0,7^\circ K + 17,9^\circ K + 0,7^\circ K + 1,5^\circ K = 25^\circ K$$

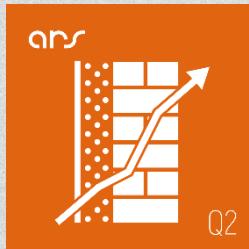
Schichttemperaturen :

$$20^\circ C \rightarrow 20 - 4,2 = 15,8^\circ C \rightarrow 15,8 - 0,7 = 15,1^\circ C \rightarrow 15,1 - 17,9 = -2,8^\circ C \rightarrow -2,8 - 0,7 = -3,5^\circ C \rightarrow -3,5 - 1,5 = -5,0^\circ C$$

U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Beispielwand

Nr.	Schicht	Dicke d_i [m]	Wärmeleit- fähigkeit λ_i [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand R_i [m ² K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur θ_i [°C]
				Wärmeübergangswiderstand R_{si}	0,125	20,0
1	Kalk-Gips-Putz	0,015	0,700	0,021	4,2	15,8
2	Mauerwerk Hbl mit LM36, 1,4t/m ³	0,365	0,690	0,529	17,9	15,1
3	Kalk-Zement-Putz	0,020	1,000	0,020	0,7	-2,8
4						-3,5
5						
6						
7				Wärmeübergangswiderstand R_{se}	0,043	1,5
						-3,5
						-5,0
				Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$	0,570	[m ² K/W]
				Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$	0,738	[m ² K/W]
				Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$	1,355	[W/m ² K]
				Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$	25,0	[K]
				Wärmestrom $\Phi =$	33,875	[W/m ²]



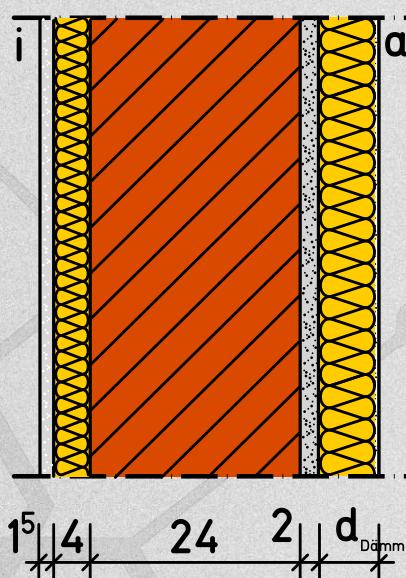
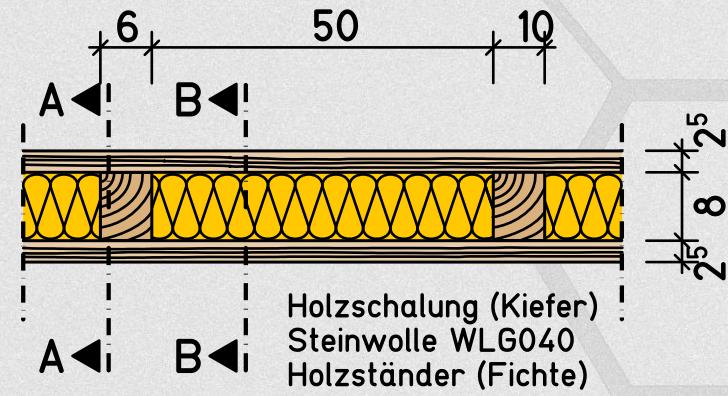
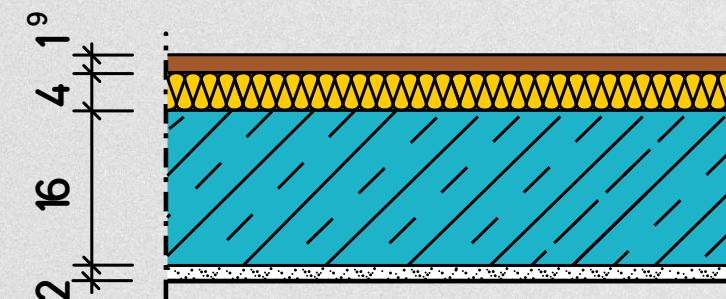
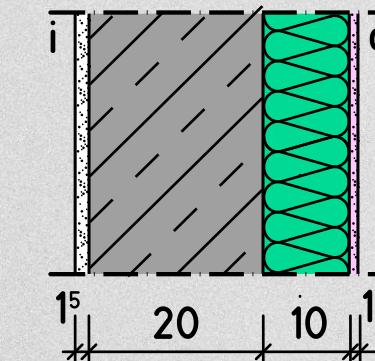
Übung 13

- Temperaturverlauf -

Berechnen Sie für die ausgewählte Aufbauten in einer Tabelle die Werte R_m , $R_{T,m}$ und U_m , sowie die **Temperaturen an den Schichtgrenzen**.

Zeichnen Sie die **Temperaturverläufe**

Bisherige (ausgewählte) Aufbauten



Ü12.2

Ü

Abkürzungen mit zugehörigen Quellen

T17/18: Das im Unterricht verwendete Tabellenbuch in der 17./18. Auflage. Dieses Buch wird einheitlich an den Beruflichen Gymnasien in Hessen für den Bautechnik Unterricht empfohlen. Jede SuS sollte ein eigenes Exemplar besitzen.

Peschler, Peter (2024), Tabellenbuch Bautechnik, 18. Auflage, Haan-Gruiten: VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL



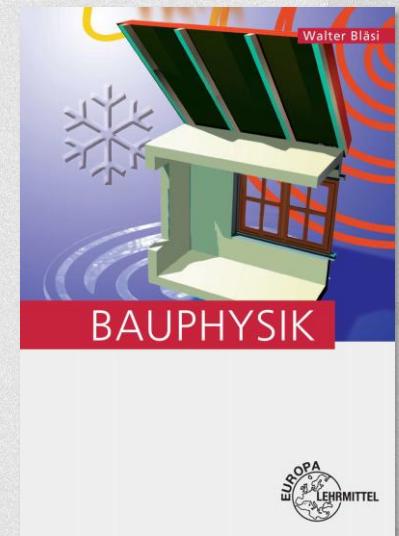
T17: 134
T18: 142

W36: Ein umfangreicheres Tabellenwerk, welches häufig in Universitäten und Hochschulen verwendet wird. Hier nur als ergänzende Quelle – nicht als Literaturempfehlung zu sehen.

Vismann, Ulrich (Hrsg.) (2018), Wendehorst – Bautechnische Zahlentafeln, 36. Auflage, Aachen, Deutschland: Verlag Springer Vieweg

Abkürzungen mit zugehörigen Quellen

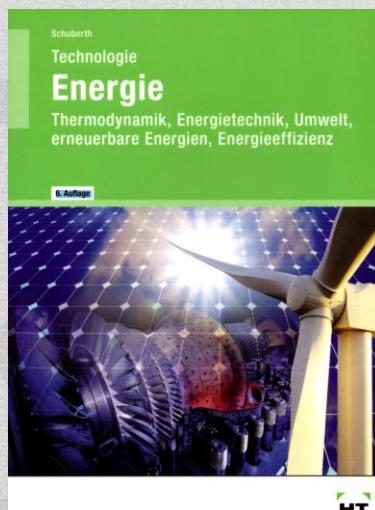
BP10: Bauphysik, 10. Auflage. Dieses Buch liegt als Klassensatz der Schule vor.
Viele Aufgaben, Grafiken, Übungen entspringen dieser Quelle.



EUROPA
LEHRMITTEL

BP10: 23

Bläsi, Walter (2016), Bauphysik,
10. Auflage, Haan-Gruiten: VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL



TE6: 123

TE6: Technologie Energie, 6. Auflage. Dieses Buch liegt als Klassensatz der Schule vor.
Viele Aufgaben, Grafiken, Übungen entspringen dieser Quelle.

Schuberth, Reinhard (2016), Technologie Energie (...),
6. Auflage, Hamburg, Deutschland: Verlag Handwerk und Technik

Eigene Darstellungen und deren Quellen

- Grafiken, Diagramme mit **BI21** ([BargInkscape](#)) gekennzeichnet wurden selbst mit dem Grafikprogramm Inkscape (OpenSource) erstellt. Diese Grafiken sind Vektorbasiert und können verlustfrei vergrößert oder verkleinert werden.
- Fotos und Bilder mit **BB21** ([BargBilder](#)) wurden selbst erstellt und ggf. mit Photoshop (Schulversion) nachbearbeitet

Grundlage für die Grafiken sind häufig standardisierte Darstellungsformen, die in verschiedenen Publikationen verwendet werden.

Sollten Rechte Dritter betroffen sein, bitte ich um eine kurze Nachricht ob die Grafik herausgenommen werden soll oder eine Quellenangabe für die weitere Verwendung ausreicht.

R_{si} & R_{se} : Sonderfälle und Vereinfachungen

- Nach DIN EN ISO 6946 darf mit $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ gerechnet werden.
- Bei innen liegenden Bauteilen ist zu beiden Seiten mit demselben Wärmeübergangswiderstand R_{si} zu rechnen.
- Der äußere Wärmeübergangswiderstand R_{se} zum Erdreich (Wärmestrom abwärts, aufwärts, horizontal) beträgt $R_{se} = 0$.
- Luftsichten sind nach unterstehender Tabelle zu berücksichtigen.
- Wenn die Dämmung im Dachbereich bis zum Fußpunkt heruntergezogen wird, können eine Abseitenwand und der zugehörige Dachraum unberücksichtigt bleiben.
- Als horizontale Richtung des Wärmestromes gilt die Richtung von $\pm 30^\circ$ zur horizontalen Ebene (vgl. Abbildung). Wärmestrom aufwärts/abwärts für Decken und Dächer mit einer Neigung $< 60^\circ$, Wärmestrom horizontal für Wände und Decken $\geq 60^\circ$.
- Als Berechnungswerte werden unterschieden: Berechnung für den Wärmeschutz (**rote Werte**), Berechnung für den Feuchteschutz (Tauwasser) (**grüne Werte**) und Berechnung, um Schimmel (Wärmebrücken) (**blaue Werte**) zu verhindern.