



**BG 12 Bautechnik**  
LK im 2. Halbjahr

**ars**  
Adolf Reichwein  
Schule

# **Q2 Leistungskurs** **Energiesparendes Bauen**

**Teil 2 : Bauteilnachweise &  
Berechnungsverfahren**



# Inhalte nach BG Kerncurriculum



Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen

HESSEN

**Kerncurriculum  
berufliches Gymnasium**

**HMKB**

Fachrichtung: Technik  
Schwerpunkt: Bautechnik

**Qualifikationsphase (Q1/Q2)**

**Kerncurriculum berufliches Gymnasium**

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

**Konstruktionslehre (GK)**

**Energietechnik**

**Q1.1 Der Begriff der Energie**

**Q1.2 Energiesparende Gebäudekonstruktionen**

**Q1.3 Anlagentechnik**

**Q1.4 Großanlagen**

**Q1.5 Exkursion**

**verbindlich:** Themenfelder Q1.1–Q1.3

**Konstruktionslehre (GK)**

**Bauzeichnen**

**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

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

### Q2.2 Bauteilnachweise und Berechnungsverfahren

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

### Q2.3 Vorschriften

- sommerlicher / winterlicher Wärmeschutz
- Anlagentechnik
- Energiebedarfsausweise

### Q2.4 Projektbezogene Vertiefung

- projektbezogene Anwendung an einem überschaubaren Projekt

### Q2.5 Ergänzende Nachweisverfahren

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





# Wochenplanung 2025

## Kalender 2025 Hessen

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

...



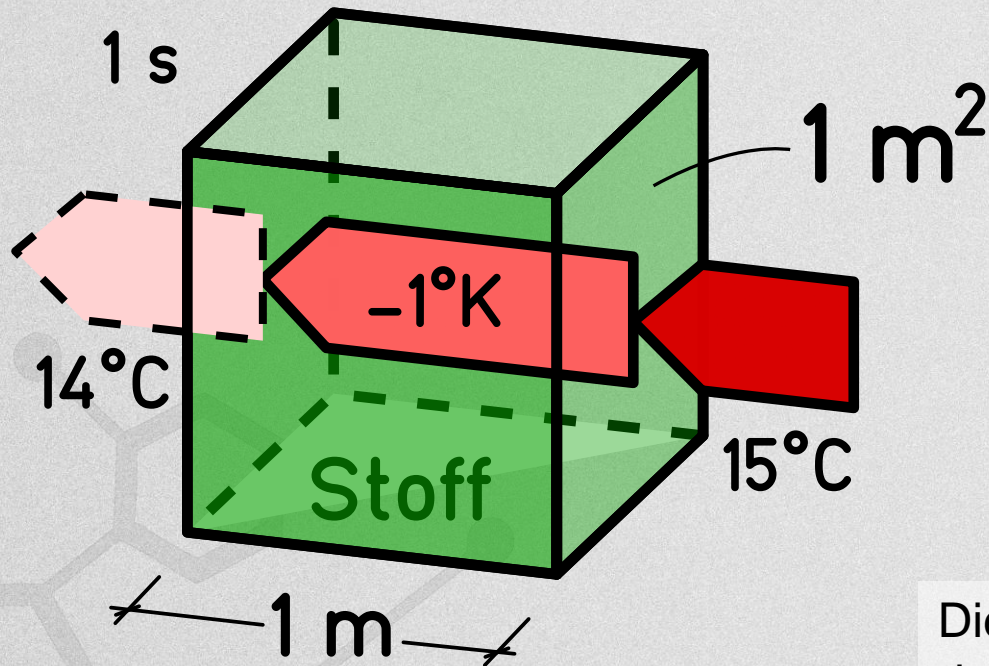


# Wärmeleitzahl

$\lambda$  (Lambda)



# 1 Wärmeleitzahl/~fähigkeit $\lambda$ (Lambda)



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

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

Die Wärmeleitfähigkeit wird aus dem Tabellenbuch entnommen.

**TB17: S 165 ff / TB18: S 178 ff**





**1** Wärmeleitfähigkeit  
**Wärmeleitzahl**

$\lambda$

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

bezogen auf  
**1,00 m**  
Materialdicke

**Widerstand  
= Wärmedämmung**

**Wärmedurchgang  
= Durchlass von Wärme**





# Wärme widerstände





# Wärmedurchlasswiderstand

# R



## 2 Wärmedurchlasswiderstand R

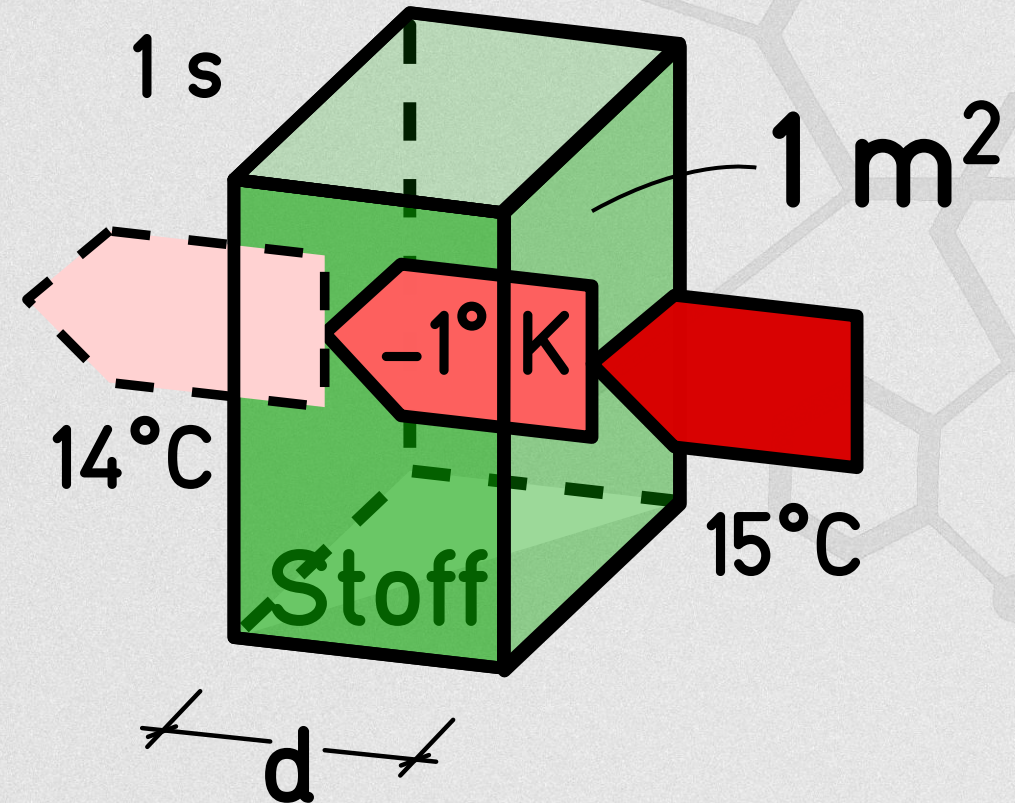
Ein Bauteil wird in der Praxis nach dem **Wärmedurchlasswiderstand R** beurteilt.

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



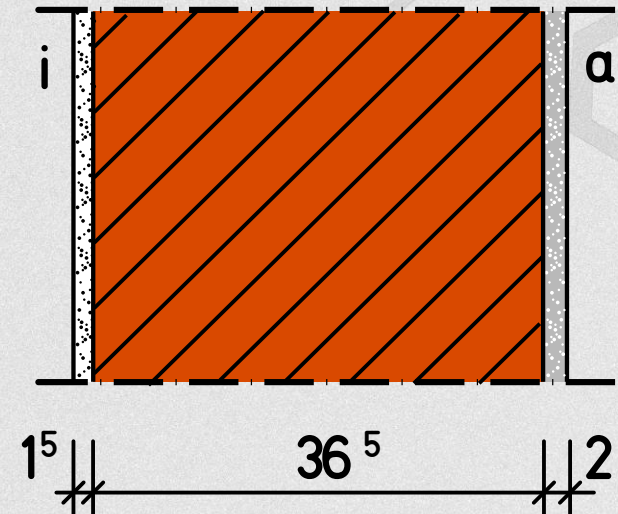


## 2 Wärmedurchlasswiderstand R

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





## ② Wärmedurchlasswiderstand R

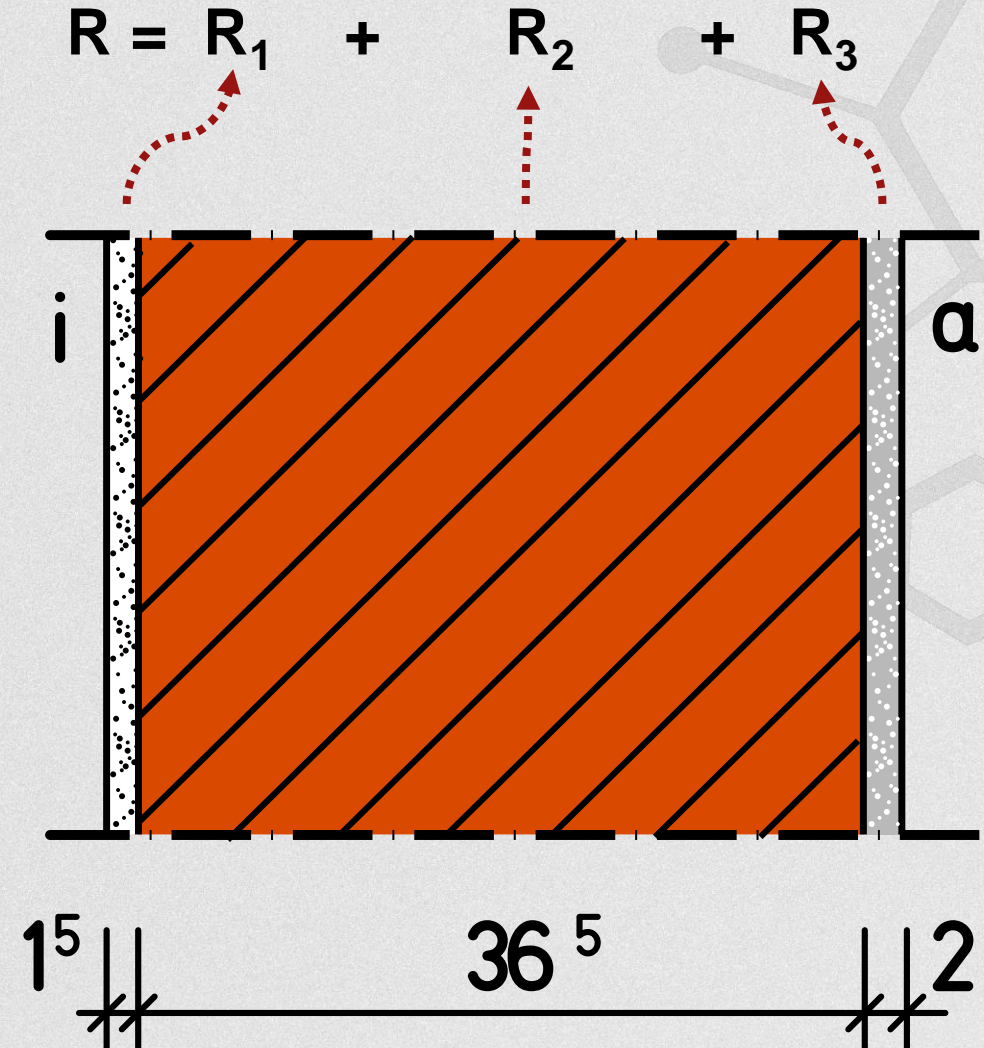
### Beispiel (Tafel)

#### Außenwandaufbau

innen

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

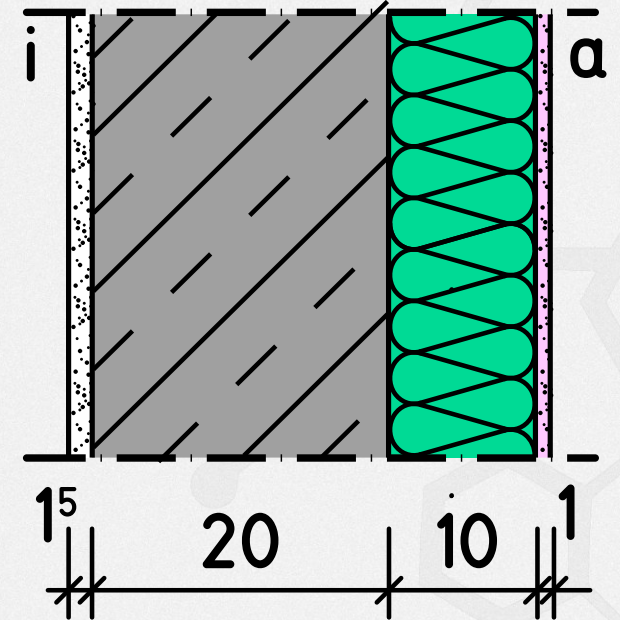
außen





## 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

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

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

5.2)

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

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

5.3)

KG  $\rightarrow$  Kalk-Gips-Putz

StB  $\rightarrow$  Stahlbeton

WD  $\rightarrow$  Wärmedämmung

PU  $\rightarrow$  Polyurethan

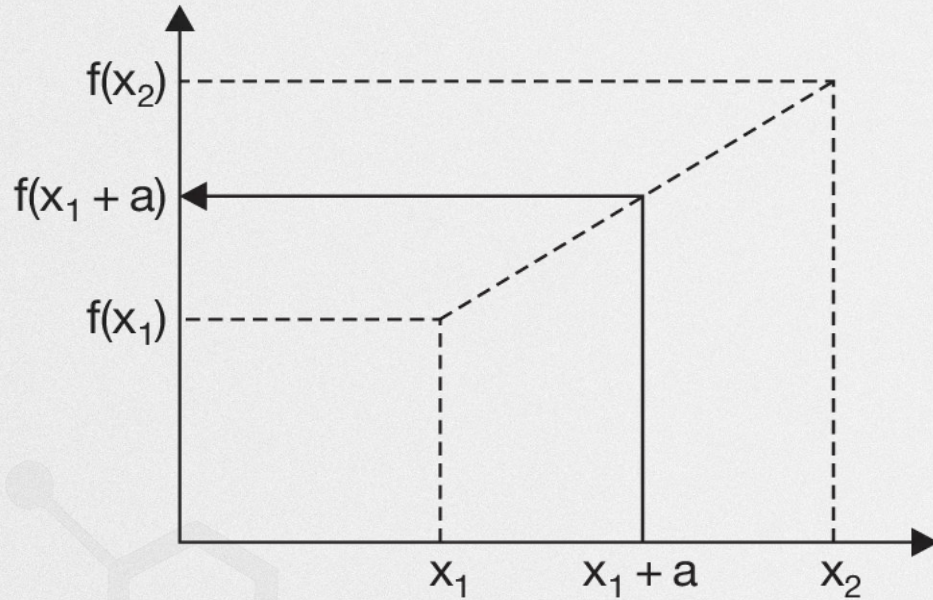
zg  $\rightarrow$  Zugfestigkeit: geringe Anforderung

sh  $\rightarrow$  Schalltechnische Eigenschaften erhöht

WLG  $\rightarrow$  Wärmeleitgruppe  
 Kt-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 Punktepaare  $(x_1, f(x_1))$  und  $(x_2, f(x_2))$  bekannt sind. Statt des linearen kann auch ein anderer sinnvoll erscheinender Zusammenhang unterstellt werden.





**1** Wärmeleitfähigkeit  
**Wärmeleitzahl**

$\lambda$

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

bezogen auf  
**1,00 m**  
Materialdicke

**Widerstand  
= Wärmedämmung**

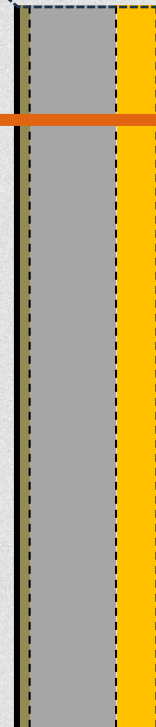
**Wärmedurchgang  
= Durchlass von Wärme**

**2** Wärmedurchlass-  
widerstand

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

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

konkretes  
Bauteil







Nachweis nach DIN 1946-6: 2009-5

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



# 2 Wärmetechnische Mindestanforderungen

Nachweis nach DIN 1946-6: 29-05

$$R_{vorh} \geq R_{erf} \quad \text{Einheit: } \frac{m^2 K}{W}$$

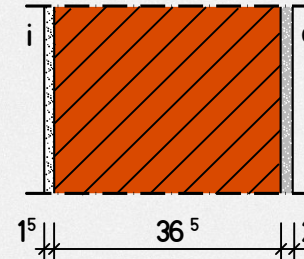
Beispiel:

Außenwand

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

$$= R_{vorh.}$$

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



## 5.2 Wärmeschutz

### 5.2.2 Wärmetechnische Mindestanforderungen

Bei Temperaturunterschieden zwischen dem beheizten Gebäudeinneren und dem unbeheizten Gebäudeaußen kommt es zur Wärmeübertragung durch die Umfassungsbauteile. Diese Wärmeübertragung ist durch ausreichend große Widerstände bzw. kleine Wärmeleitfähigkeiten zu begrenzen. Die inneren Bauteiloberflächen sollen behaglich warm sein und frei von gesundheitsschädlichem Tauwasser. 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 Lüftungsrandbedingungen nach DIN 1946-6: 2008-05 (Lüftung von Wohnungen) ist zu erwarten, dass sich im Gebäude ein hygienisches Raumklima einstellt und Tauwasserfreiheit 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 $R$	$m^2 \cdot K/W$
Außenwände einschl. Nischen und Brüstungen unter Fenstern, Fensterstürzen und Wärmebrücken		1,20
Wände von Aufenthaltsräumen gegen Bodenräume, Durchfahrten, offene Hausflure, Garagen		1,20
Wohnungstrennwände, Wände zu fremdgenutzten Räumen		0,07
Treppenraumwände zum Treppenraum mit Innentemperaturen $\theta \leq 10^\circ \text{C}$ , aber Treppenraum frostfrei		0,25
Treppenraumwände zum Treppenraum mit Innentemperaturen $\theta \geq 10^\circ \text{C}$ , z.B. in Verwaltungsgebäuden, Geschäftshäusern, Unterrichtsgebäuden, Hotels, Gaststätten und Wohngebäuden		0,07
Wände von Aufenthaltsräumen, die an das Erdreich grenzen		1,20
Wohnungstrenndecken, Decken zwischen fremden Arbeitsräumen	allgemein	0,35
Decken unter ausgebauten Dachräumen mit gedämmten Dachschrägen und Absseitenwänden	in zentralbeheizten Bürogebäuden	0,17
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen, Decken unter belüfteten Räumen zwischen Dachschrägen und Absseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen, wärmegeprägten Dachschrägen		0,90
Decken und Dächer, die Aufenthaltsräume nach oben gegen die Außenluft abgrenzen, Decken und Dächer unter Terrassen, Umkleekabinen		1,20
Kellerdecken, Decken gegen abgeschlossene, unbeheizte Hausflure		0,90
Decken, die Aufenthaltsräume nach unten gegen die Außenluft abgrenzen, z.B. über Garagen, Durchfahrten und belüfteten Kriechkellern		1,75
Unterer Abschluss nicht unterkellerten Aufenthaltsräume, wenn unmittelbar an das Erdreich (bis zu einer Raumtiefe von 5 m) oder über einem nicht belüfteten Hohlraum 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)

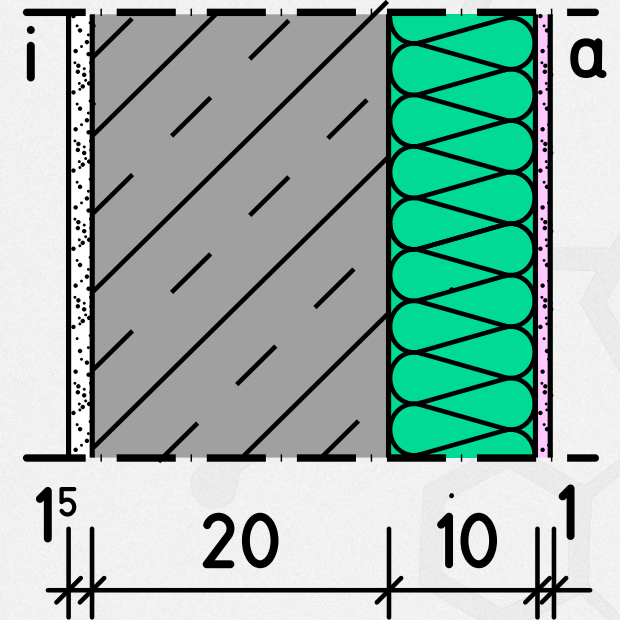
Bauteile	Wärmedurchlasswiderstand $R$	$m^2 \cdot K/W$
Außenwände, Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Dächern ( $< 100 \text{ kg/m}^2$ )		1,75
Rahmen und Skelettbauarten im Gefachbereich		1,75
	für das gesamte Bauteil im Mittel ( $R_{\text{M}}$ )	1,00
Rollladerklappen		1,00
Deckel von Rollladerklappen		0,55
Nichttransparenter Teil der Ausfachung von Fensterwänden und Fensterstürzen	bei $> 50\%$ der Gesamtaufdachungsfläche	1,20
	bei $< 50\%$ der Gesamtaufdachungsfläche	1,00

Grundsatz: Der Mindestwärmeschutz muss an jeder Stelle des Bauteils 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.



## 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**

$\lambda$

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

bezogen auf  
**1,00 m**  
Materialdicke

**Widerstand  
= Wärmedämmung**

**Wärmedurchgang  
= Durchlass von Wärme**

2

**Wärmedurchlass-  
widerstand**

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

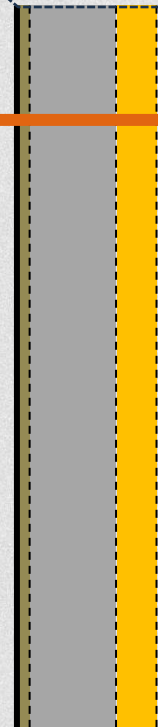
$$\frac{m^2 \cdot K}{W}$$



**Bauteilnachweis  
nach DIN:**

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

konkretes  
Bauteil







# Wärmeübergangswiderstände

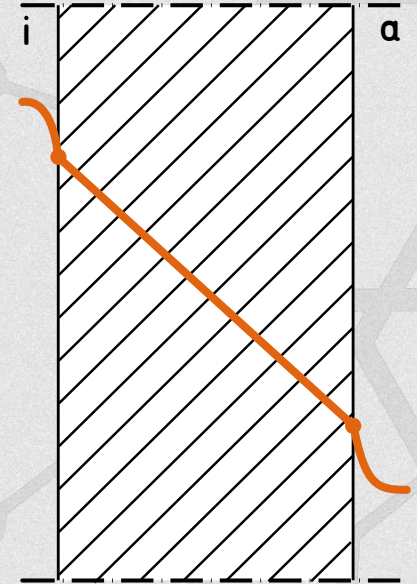
$R_{si}$  &  $R_{se}$



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

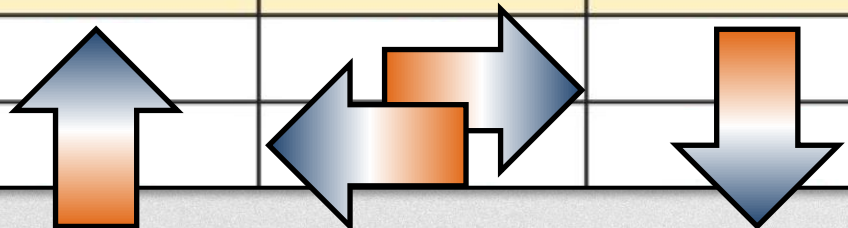
Wärmeübergangswiderstände	Wärmeschutz DIN EN ISO 6946			Wärmebrücken DIN 4108-2	
	aufwärts	horizontal	abwärts	beheizte Räume	unbeheizte Räume
$R_{si}$ in $m^2 \cdot K/W$	0,100	0,125	0,167	0,250	0,167
$R_{se}$ in $m^2 \cdot K/W$	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
Wärmeübergangswiderstände	Tauwasser DIN 4108-3				
	aufwärts	horizontal	abwärts		
$R_{si}$ in $m^2 \cdot K/W$	0,125	0,125	0,167		
$R_{se}$ 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 $R_{si} = 0,100$ $R_{se} = 0,043$ abwärts $R_{si} = 0,167$ $R_{se} = 0,043$	horizontal $R_{si} = 0,125$ $R_{se} = 0,043$
				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**

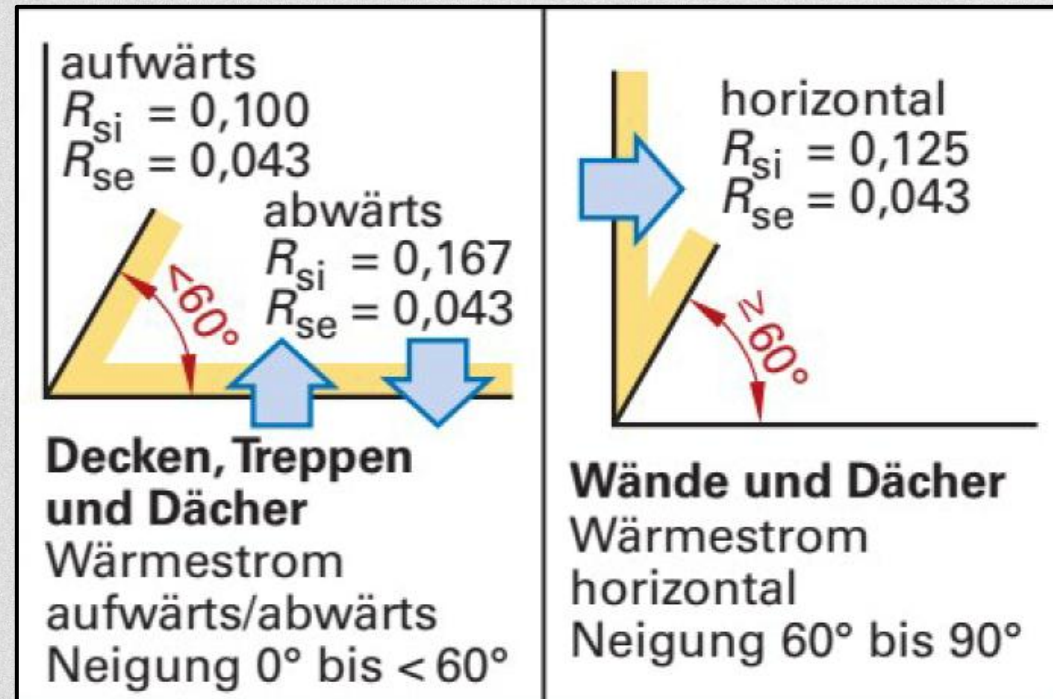
Wärmeübergangswiderstände	Wärmeschutz DIN EN ISO 6946		
	aufwärts	horizontal	abwärts
$R_{si}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$			
$R_{se}$ in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$			



T17: 170 / T18: 185



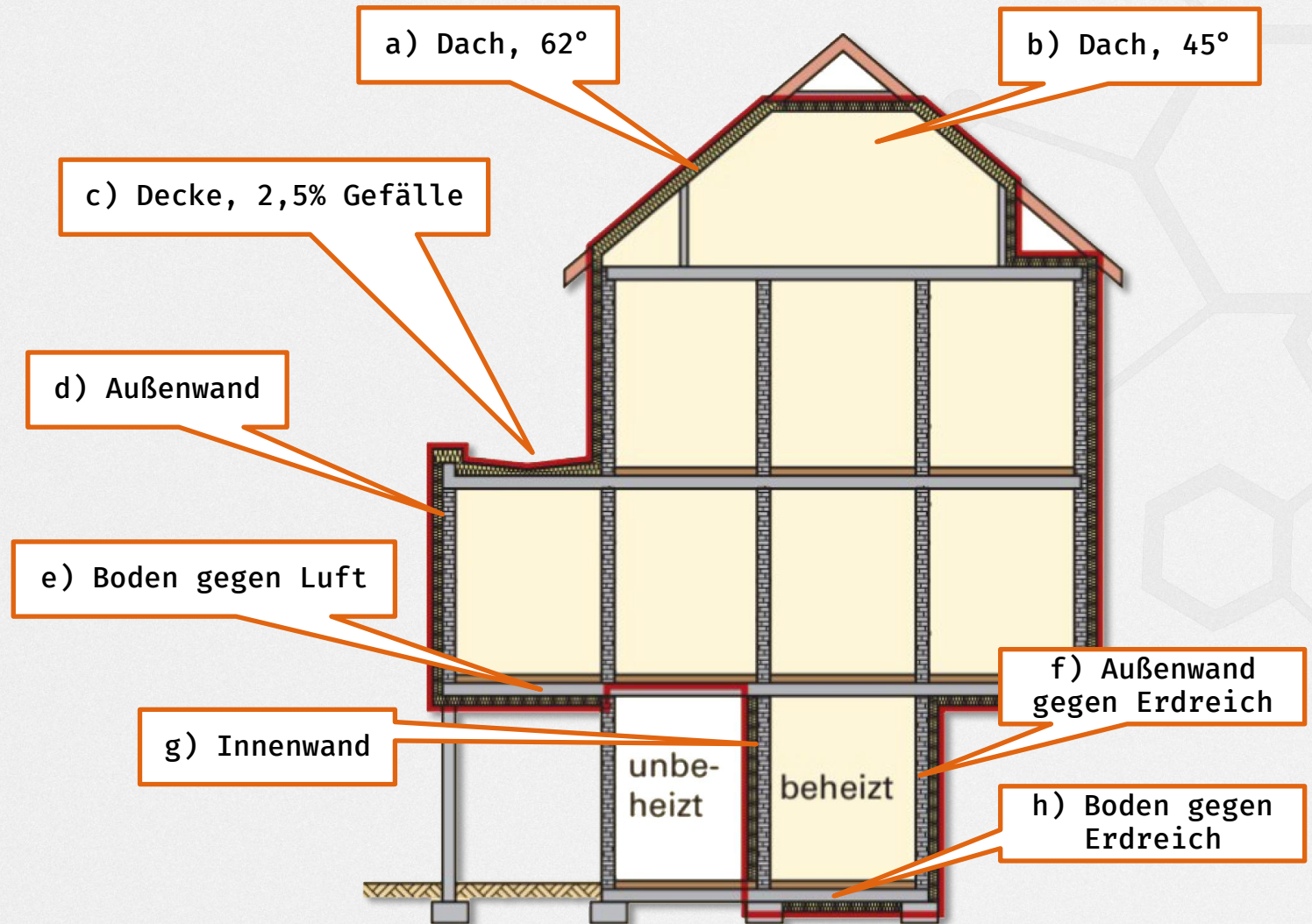
Auch die **Neigung des Bauteils** entscheidet, ob der Wärmestrom aufwärts, abwärts oder horizontal geht.





## Übung 7

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







# 1 Wärmeleitfähigkeit Wärmeleitzahl

$\lambda$

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

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

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

$R_{si}$

$R_{se}$

konkretes  
Bauteil







# Wärmedurchgangswiderstand

$R_T$



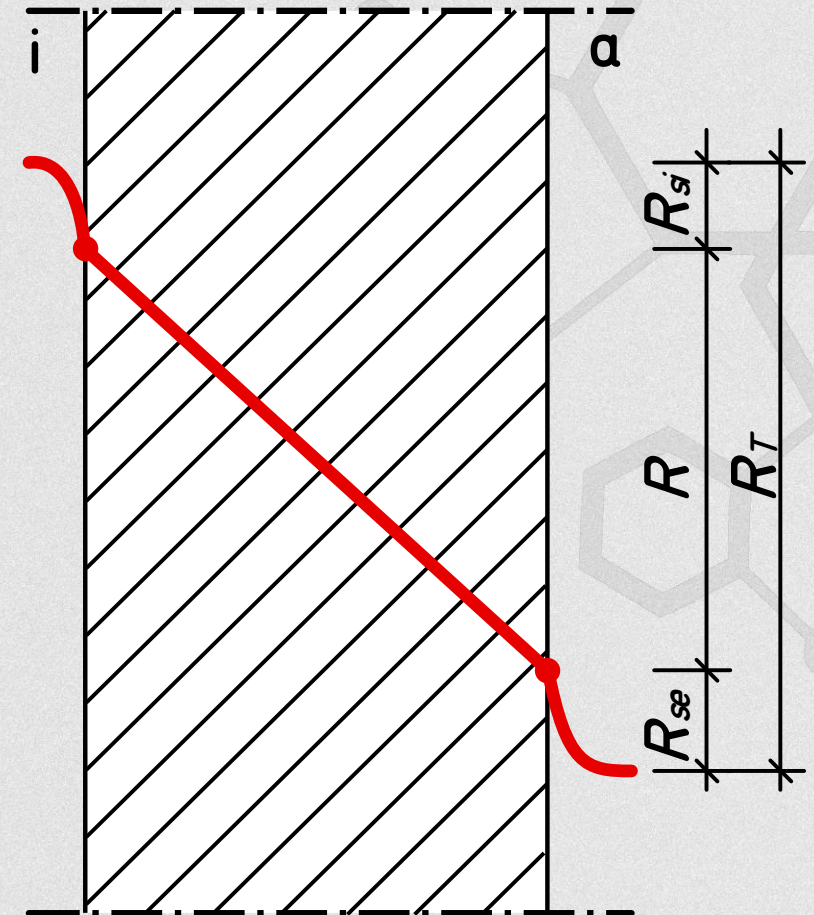
## 4 Wärmedurchgangswiderstand $R_T$

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

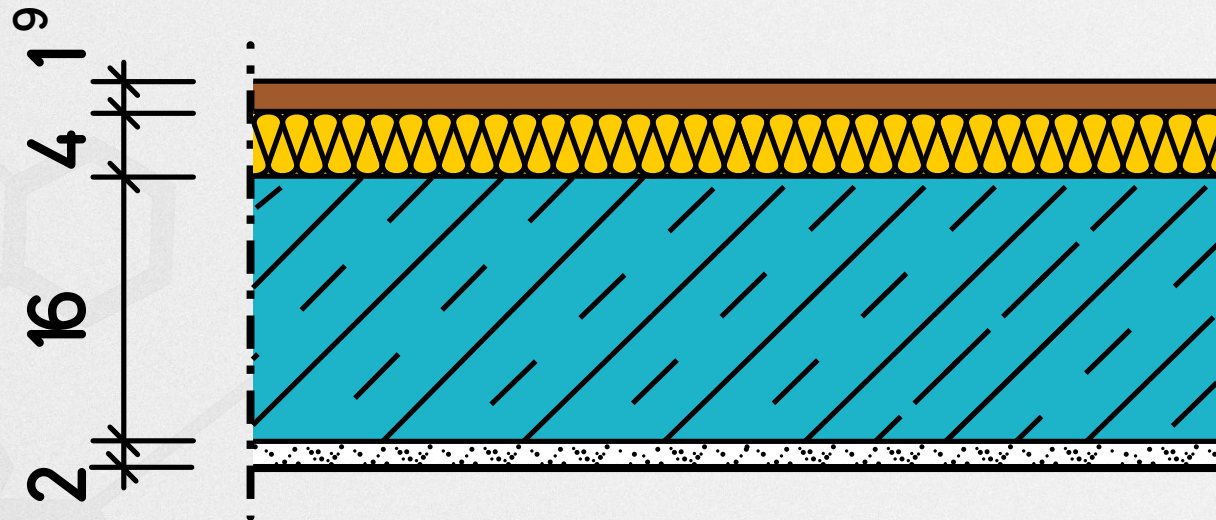




## Übung 8

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

- 1<sup>9</sup>cm Eichenbohlen
- 4 cm Trittschalldämmung PU

WLG040

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

außen





# 1 Wärmeleitfähigkeit Wärmeleitzahl

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

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

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

$R_{si}$

$R_{se}$

# 4 Wärmedurchgangs- widerstand

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

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

konkretes  
Bauteil







# Wärme durchgang





# Wärmedurchgangskoeffizient

**U**

Anforderungen Neu-/Umbau

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



## 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.

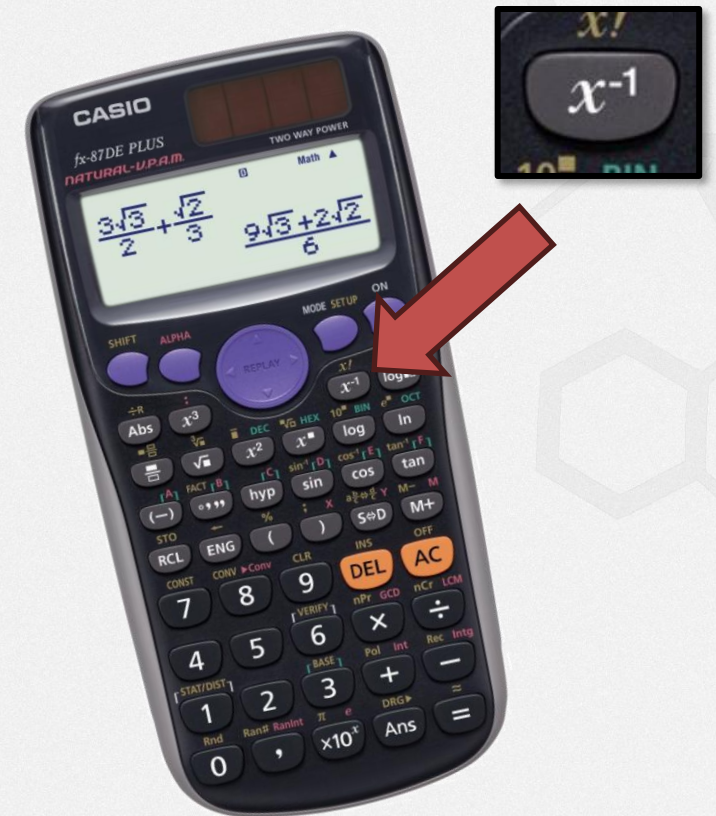
Für den **U-Wert** bilden wir den **Kehrwert von  $R_T$** .

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

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

**TIPP:**

**Kehrwert-Taste:**





# 5 Höchstwerte der U-Werte

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

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

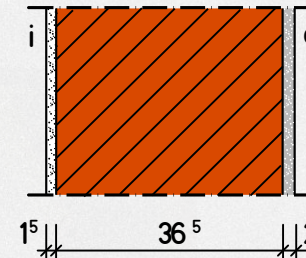
Einheit:  $\frac{W}{m^2 K}$

### Beispiel:

Außenwand

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

$$U_{erf} = 0,124 \frac{W}{m^2 K} \neq U_{vor} = 1,355 \frac{W}{m^2 K} \rightarrow \text{NACH GEG NICHT zulässig!}$$



### 5.3 Energieeinsparverordnung

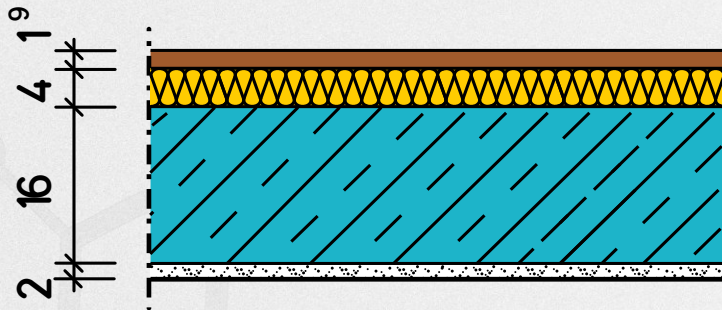
Ausführung des Referenzgebäudes (Neubau, Wohngebäude)			
Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U in W/(m²·K)			
Bauteil/System	erstmaliger Einbau, Ersatz oder Erneuerung ab 05/2014		
Innentemperatur $\geq 19^\circ\text{C}$	Anforderungen nach EnEV 2009		
Außenwand, Geschossdecke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient in W/(m²·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 Abseiten	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,20$	$U = 0,20$
Fenster, Fenstertüren, $U_{f,0} = 1,10$ $U_{f,0}$ für Verglasung ohne Rahmen	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_{f,0} = 1,30$	$U_{f,0} = 1,30$
Dachflächenfenster	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1,40$	$U = 1,40$
	Gesamtenenergiedurchlass	$g_{f,0} = 0,60$ (Verglasung)	
Lichtkuppeln/Glasdächer	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 2,70$	$U = 2,00$
	Gesamtenenergiedurchlass	$g_{f,0} = 0,64$ (Verglasung)	
Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1,80$	$U = 1,80$
Wärmebrückenanschlag		$\Delta U_{wb} = 0,05 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	
Luftdichtheit der Gebäudehülle			
<ul style="list-style-type: none"><li>Die Luftwechselzahl <math>n</math> gibt an, wie oft das vorhandene Netto-Raumvolumen in einer Stunde mit der Außenluft ausgetauscht wird, z.B. <math>n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}</math> (m²/h).</li><li>Nassverputztes Mauerwerk mit mindestens einer verputzten Oberfläche ist grundsätzlich luftdicht.</li></ul>		Bemessungswert $n_{50}$ Berechnungsverfahren B nach DIN EN 13829 bei einer Druckdifferenz von 50 Pa (Blower-Door-Test)	
Sonnenschutzvorrichtung		Soweit hier Sonnenschutzverglasung zum Einsatz kommt, ist bei Fenstern, Türen und Dachflächenfenstern $g_{f,0} = 0,35$ anzusetzen.	
Heizungsanlage			
Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)			
<ul style="list-style-type: none"><li>Wärmeerzeugung durch Brennkessel (verbessert), Heizöl EL, Aufstellung: – für Gebäude bis zu 500 m² Gebäudenutzfläche innerhalb der thermischen Hülle – für Gebäude mit mehr als 500 m² Gebäudenutzfläche außerhalb der thermischen Hülle</li><li>Auslegungstemperatur <math>55^\circ\text{C}/45^\circ\text{C}</math>, zentrales Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge und Anbindeleitungen, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, <math>\Delta p</math> konstant), Rohrnetz hydraulisch abgeglichen, Wärmedämmung der Rohrleitungen</li><li>Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen, Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit Proportionalbereich <math>1^\circ\text{C}</math></li></ul>			
Warmwasserbereitung			
Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)			
<ul style="list-style-type: none"><li>zentrale Warmwasserbereitung mit Heizungsanlage</li><li>Solaranlage (Kombisystem mit Flachkollektor) entsprechend den Vorgaben nach DIN V 18599-8: 2018-09</li><li>Speicher, indirekt beheizt (stehend), gleiche Aufstellung wie Wärmeerzeuger, Auslegung nach DIN V 4701-10: 2003-08 als kleine Solaranlage bei <math>A_{K,0} &lt; 500 \text{ m}^2</math> (bivalenter Solarspeicher), große Solaranlage bei <math>A_{K,0} \geq 500 \text{ m}^2</math></li><li>Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge, gemeinsame Installationswand, Wärmedämmung der Rohrleitungen</li><li>Die Anwendbarkeit der DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN 47701-10 gilt bis Ende 2023</li></ul>		Das GEG schreibt die Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen vor.  Innendurchmesser $d \leq 22 \text{ mm}$ Dicke d. Dämmschicht $\geq 20 \text{ mm}$  Innendurchmesser $22 \text{ mm} < d \leq 35 \text{ mm}$ Dicke d. Dämmschicht $\geq 30 \text{ mm}$  Innendurchmesser $d > 35 \text{ mm}$ Dicke d. Dämmschicht $\geq \text{Innen-}\varnothing$	



## Übung 9

Operatoren 2025

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



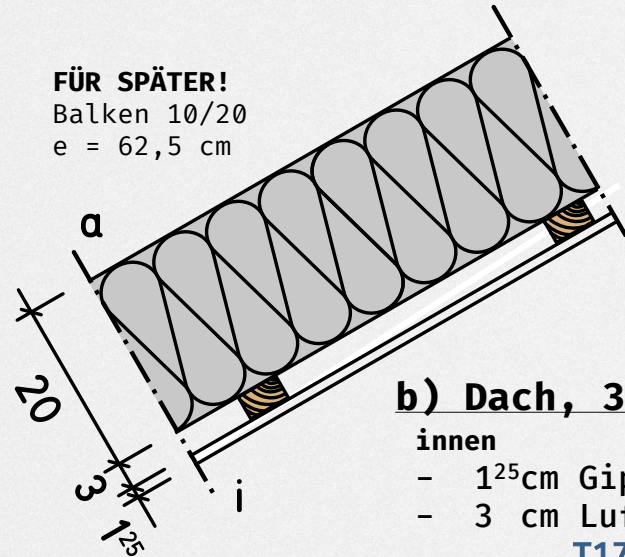
### a) Boden gegen Durchfahrt

innen

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

außen

FÜR SPÄTER!  
Balken 10/20  
e = 62,5 cm



### b) Dach, 30°

innen

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

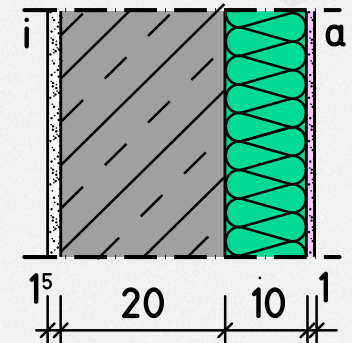
außen

### c) Außenwandaufbau

innen

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

außen

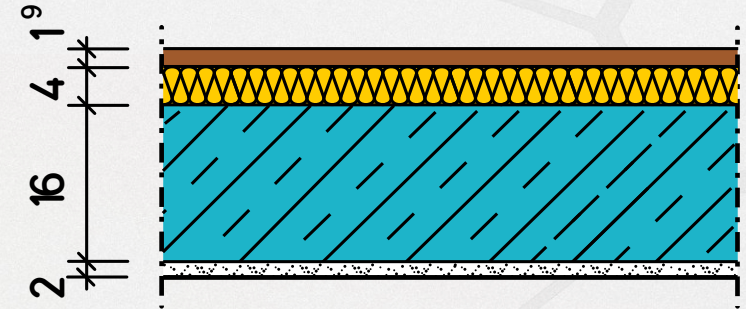




# LÖSUNGSVORSCHLAG

9.1 a)  $R_T = 1,402 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$

$U_{\text{vor}} = \frac{1}{R_T} = \underline{\underline{0,713 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}}}$



$U_{\text{ref}} = 0,24 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \not\geq U_{\text{vor}} = 0,713 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \rightarrow$  Nach GEG NICHT zulässig!



# LÖSUNGSVORSCHLAG

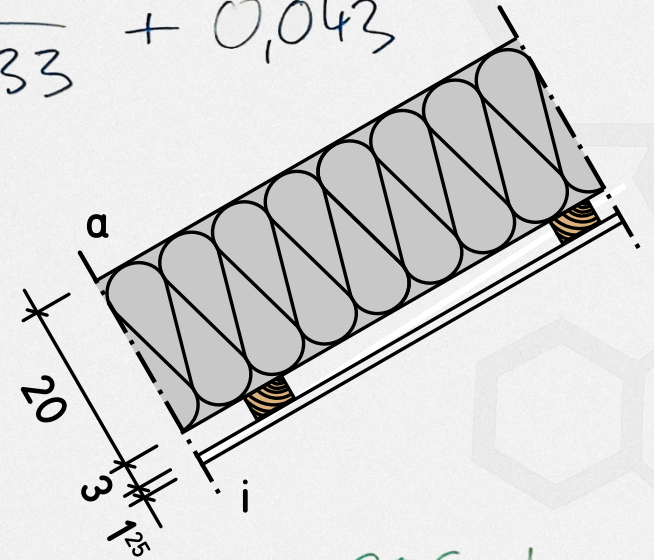
$$b) \quad R_{+} = 0,100 + \frac{0,0125}{0,25} + 0,16 + \frac{0,20}{0,033} + 0,043$$

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

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

$$U_{ef} = 0,200 \frac{w}{m^2k} \geq U_{vor} = 0,156 \frac{w}{m^2k} \quad \checkmark$$

Nach GEG  
ZULÄSSIG!





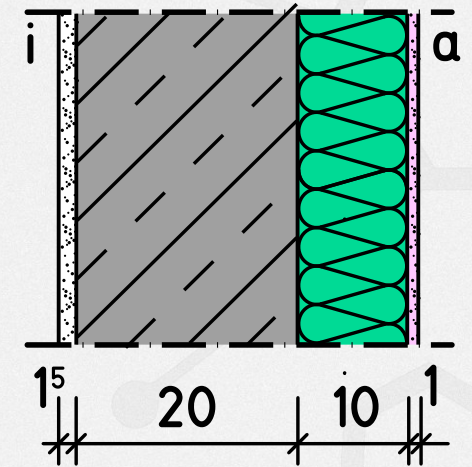
# LÖSUNGSVORSCHLAG

$$c) \quad R_T = 0,125 + 4,199 + 0,043$$

$$= 4,287 \frac{m^2k}{W}$$

$$U_{vor} = \frac{1}{4,287} = \underline{\underline{0,233 \frac{W}{m^2k}}}$$

$$U_{erg} = 0,24 \frac{W}{m^2k} \geq U_{vor} = 0,233 \frac{W}{m^2k} \quad \checkmark$$



Nach GEG  
ZULASSIG!





# 1 Wärmeleitfähigkeit Wärmeleitzahl

 $\lambda$ 

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

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

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

 $R_{si}$  $R_{se}$ 

# 4 Wärmedurchgangs- widerstand

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

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

# 5 Wärmedurchgangs- koeffizient

Wärmedurchgangszahl

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

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

Bauteilhöchstwerte  
nach GEG:

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

konkretes  
Bauteil





# Berechnungen mit Hilfe einer Tabelle



# Die ‚Tabelle‘

## U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

Bauteil:

Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$						
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$					[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$					[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$					[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$					[K]	
Wärmestrom $\phi =$					[W/m²]	

Digital & auf Papier austeilen!





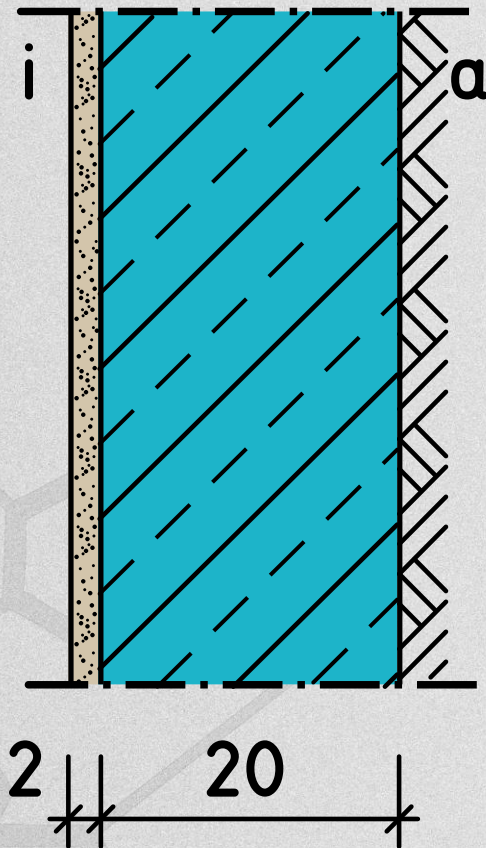
Berechnen Sie mit Hilfe der Tabelle  
die Werte **R**, **R<sub>T</sub>** und **U**

# 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

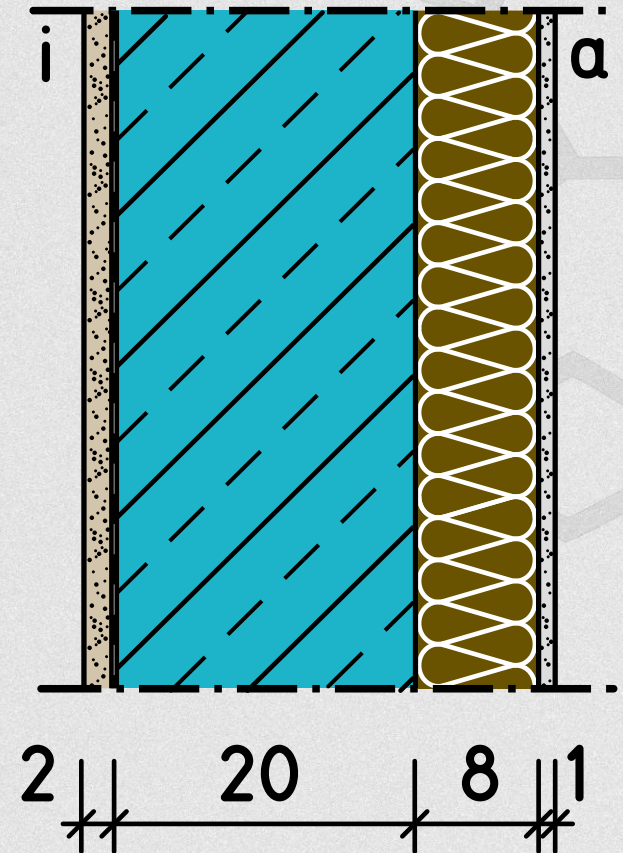
außen

## 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

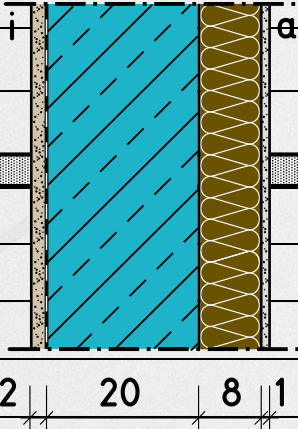
Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$				0,125		
1	Kalk-Zement-Putz	0,020	1,000	0,020		
2	Stahlbeton	0,200	2,400	0,083		
3						
4						
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$				0,000		
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R$ =				0,103	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T$ =				0,228	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U$ =				4,386	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ =						[K]
Wärmestrom $\phi$ =						[W/m²]



# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Übung 10.2: Wandaufbau KG

Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$				0,125		
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 $R_{se}$				0,043		
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R$ =				1,709	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T$ =				1,877	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U$ =				0,533	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ =						[K]
Wärmestrom $\phi$ =						[W/m²]





# Übung 10 - Bodenplatte

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

## 3) BESTAND

innen

- Buchenparkett
- Estrich CT
- EPS WLK 050
- Stahlbeton

außen

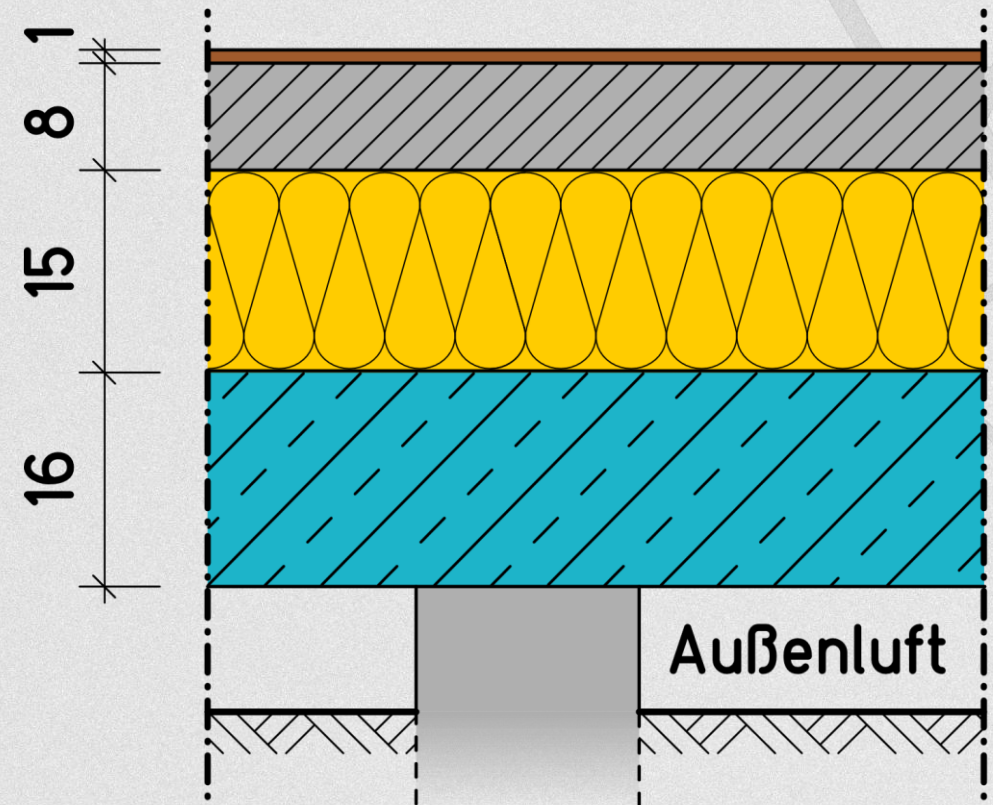
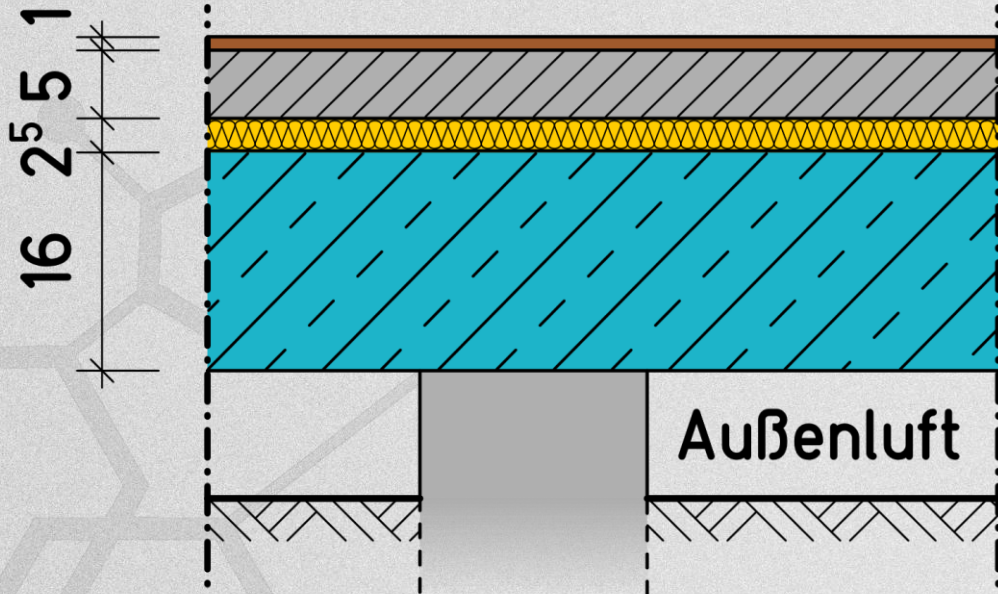
## 4) SANIERUNG

innen

- Buchenparkett
- Heizestrich CA
- EPS WLK 035
- Stahlbeton

außen

Estricharten:  
T17 S.:255

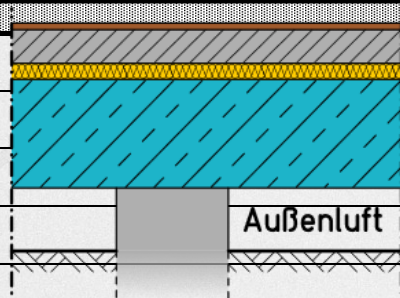




# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Übung 10.3: Bodenplatte BESTAND

Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$				0,167		
1	Buchenparkett	0,010	0,180	0,056		
2	Estrich CT	0,050	1,400	0,036		
3	Trittschalldaemmung EPS	0,025	0,040	0,625		
4	StB, aufgeständert	0,160	2,400	0,067		
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$				0,043		
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R$ =				0,784	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T$ =				0,994	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U$ =				1,006	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ =						[K]
Wärmestrom $\phi$ =						[W/m²]

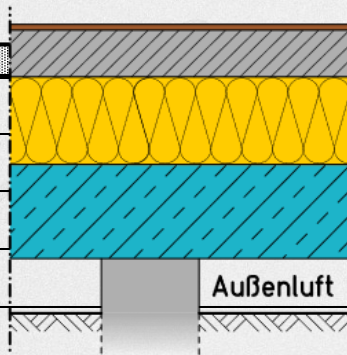




# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Übung 10.4: Bodenplatte SANIERUNG

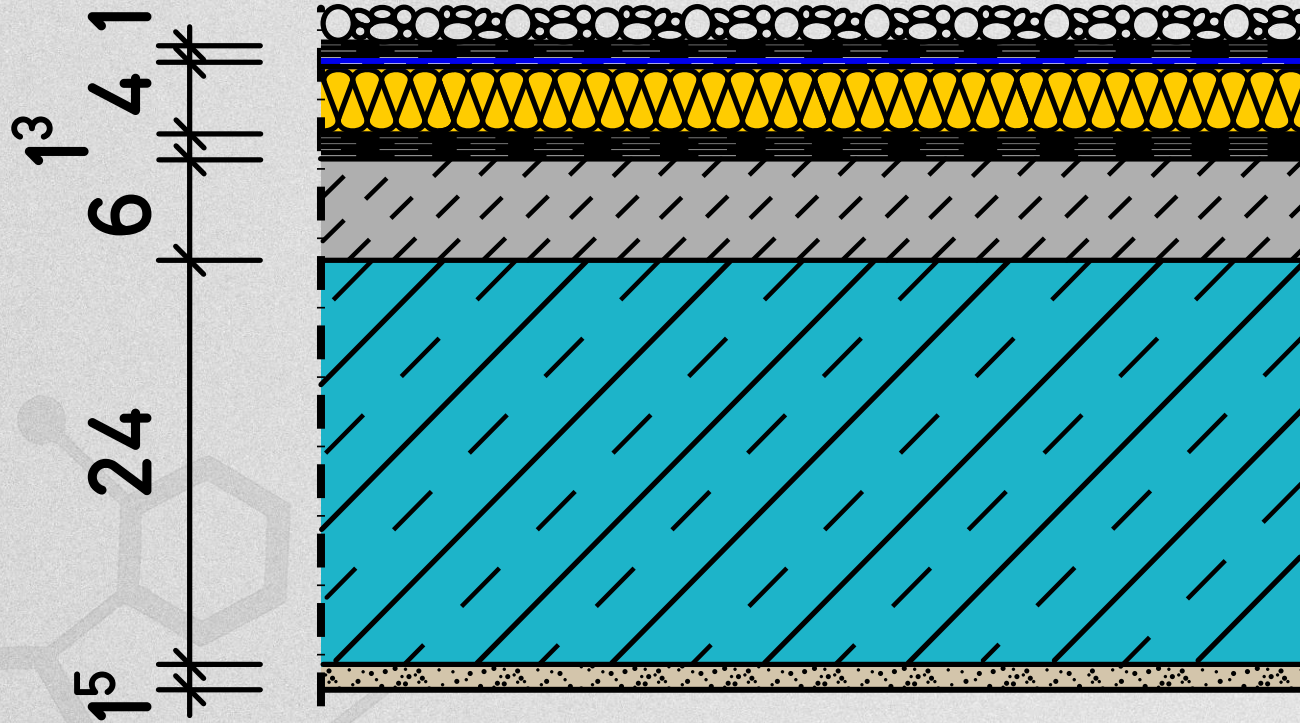
Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$				0,167		
1	Buchenparkett	0,010	0,180	0,056		
2	Heizestrich CA	0,080	1,200	0,067		
3	Trittschalldämmung EPS	0,150	0,035	4,286		
4	StB, aufgeständert	0,160	2,400	0,067		
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$				0,043		
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$				4,476	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$				4,686	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$				0,213	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$						[K]
Wärmestrom $\phi =$						[W/m²]





# 10.5 - Flachdach

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



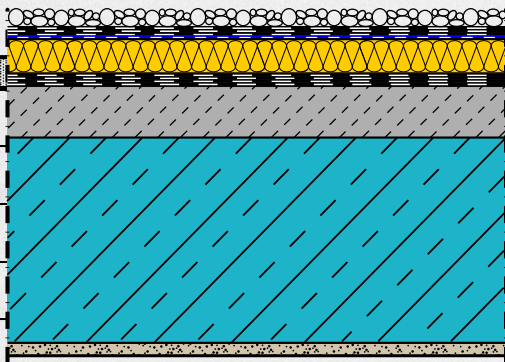
- Oberhalb der Dachhaut die Schichten **NIE ansetzen**, da diese nass werden können
- 3 Lagen Glasvlies-Bitumendachbahn (insges.  $\approx 1,0$  cm)
- Dampfdruckausgleichsschicht (in der WD-Berechnung ignorieren)
- 4 cm Dämmschicht WLG 050
- 4 Lagen Bitumenschweißbahn (insges.  $\approx 1,3$  cm)
- 6 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

Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$					0,100	
1	Glasvlies-Bitumendachbahn	0,010	0,170	0,059		
2	Dämmschicht	0,040	0,050	0,800		
3	Bitumenschweißbahn	0,013	0,170	0,076		
4	Estrich (Magnesia)	0,060	0,700	0,086		
5	StB	0,240	2,400	0,100		
6	Kalkzement-Putz	0,015	1,000	0,015		
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$					0,043	
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R$ =				1,136	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T$ =				1,279	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U$ =				0,782	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ =						[K]
Wärmestrom $\phi$ =						[W/m²]



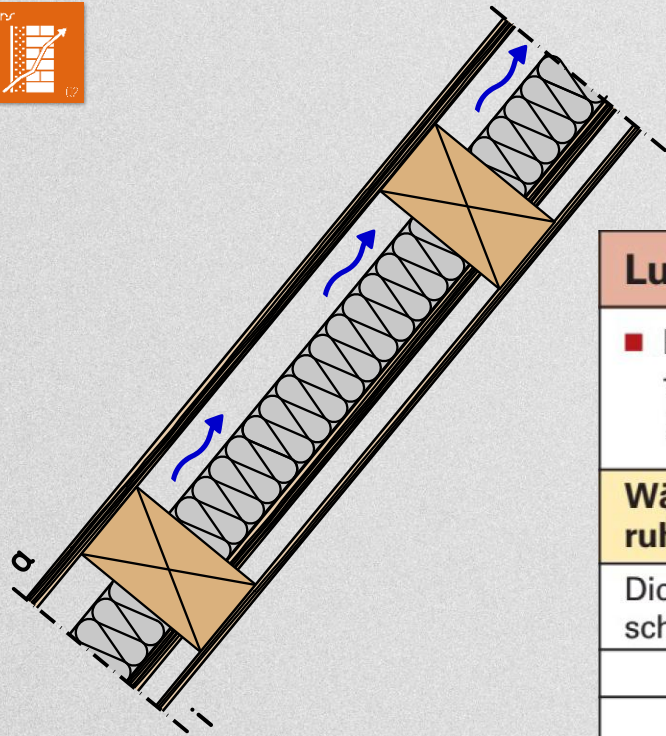




# Luftschichten



# 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.

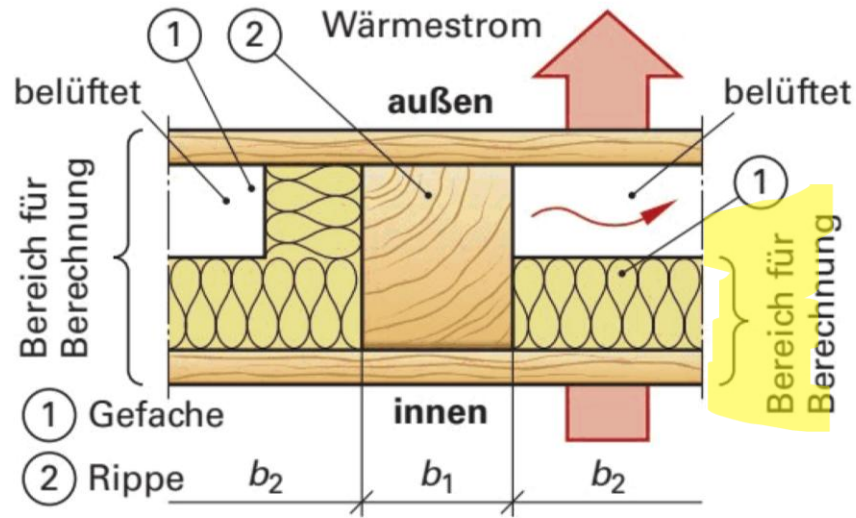
- Bei Außenbauteilen mit **stark belüftetem** Gefachebereich erbringen die Bauteile zwischen der Luftschicht und der Außenluft keinen wesentlichen Anteil zum Wärmeschutz. Sie werden beim rechnerischen Ansatz nicht berücksichtigt. Hier ist  $R_{se} = R_{si} = 0,125 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .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

# Übung 11

## - Luftschichten -





# Übung 11 - Luftschichten

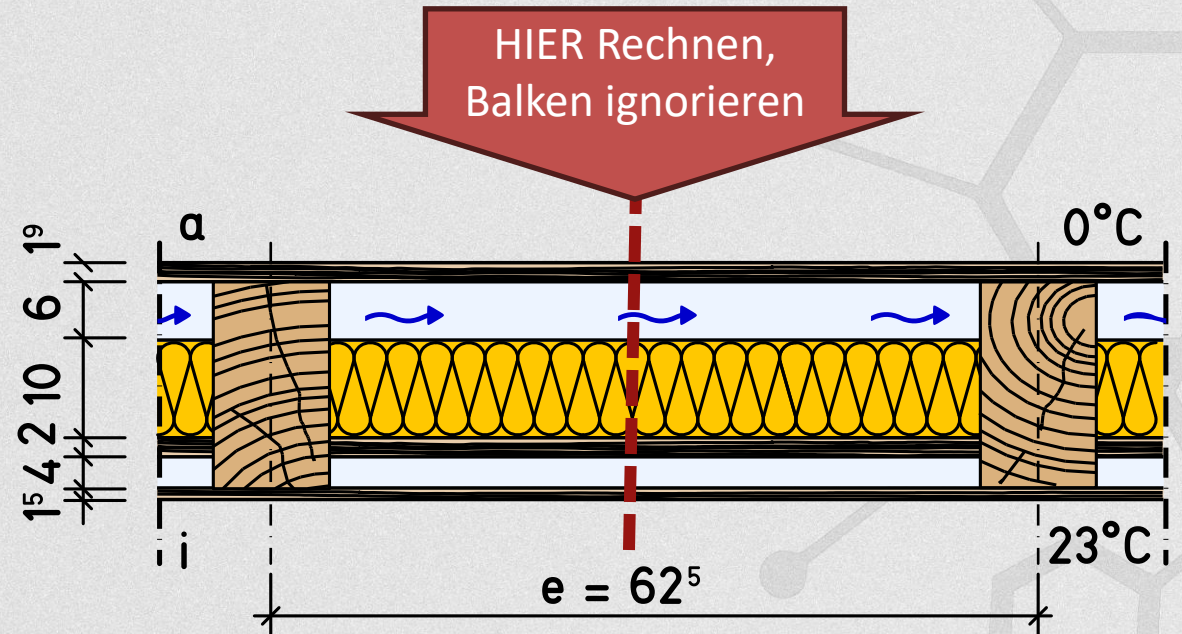
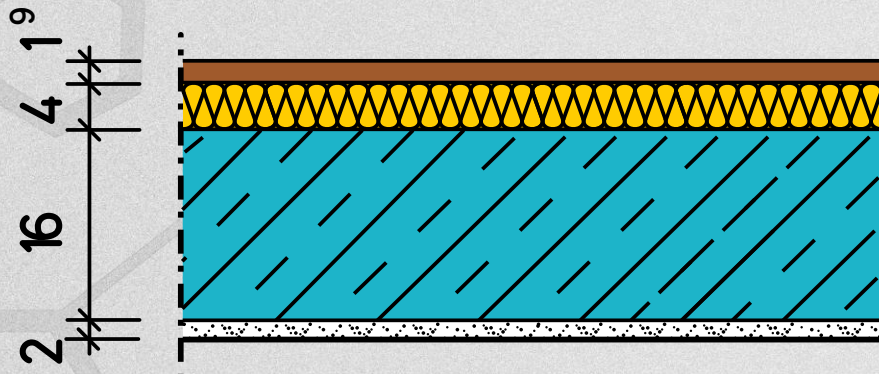
## 1) Kehlbalkendecke

Luftschicht oben: Schwach  
unten: nicht belüftet

oben  $0^{\circ}\text{C}$

- OSB-Platte  $0,65 \text{ kg/dm}^3$ , 1,9 cm
- Luft, 6 cm
- Mineralwolle WLG 035, 10 cm
- Einschub aus Nadelholz, 2 cm
- Luft, 4 cm
- Holzschalung: Kiefer, 1,5 cm

unten  $23^{\circ}\text{C}$



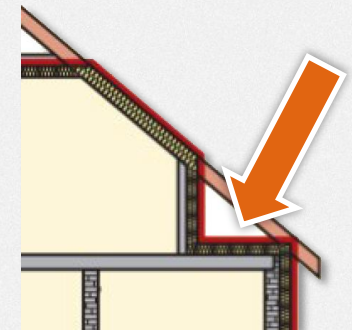
## 2) Decke unter Abseite

Dachdämmung nicht weitergeführt

oben  $0^{\circ}\text{C}$

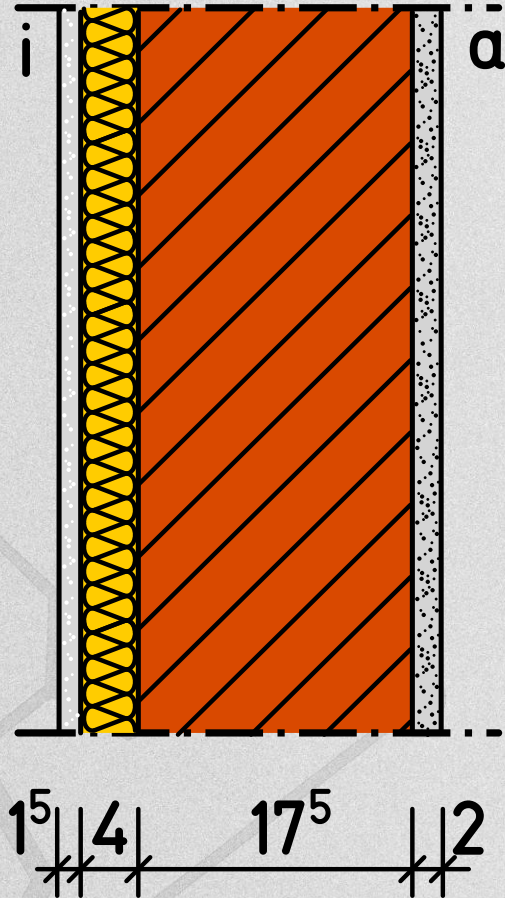
- OSB-Platte  $0,65 \text{ kg/dm}^3$
- PU-Platten WLG 040
- Stahlbeton
- Kalkputz

unten  $22^{\circ}\text{C}$





# Übung 11 - Luftschichten



## 3) Wandnische

innen

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

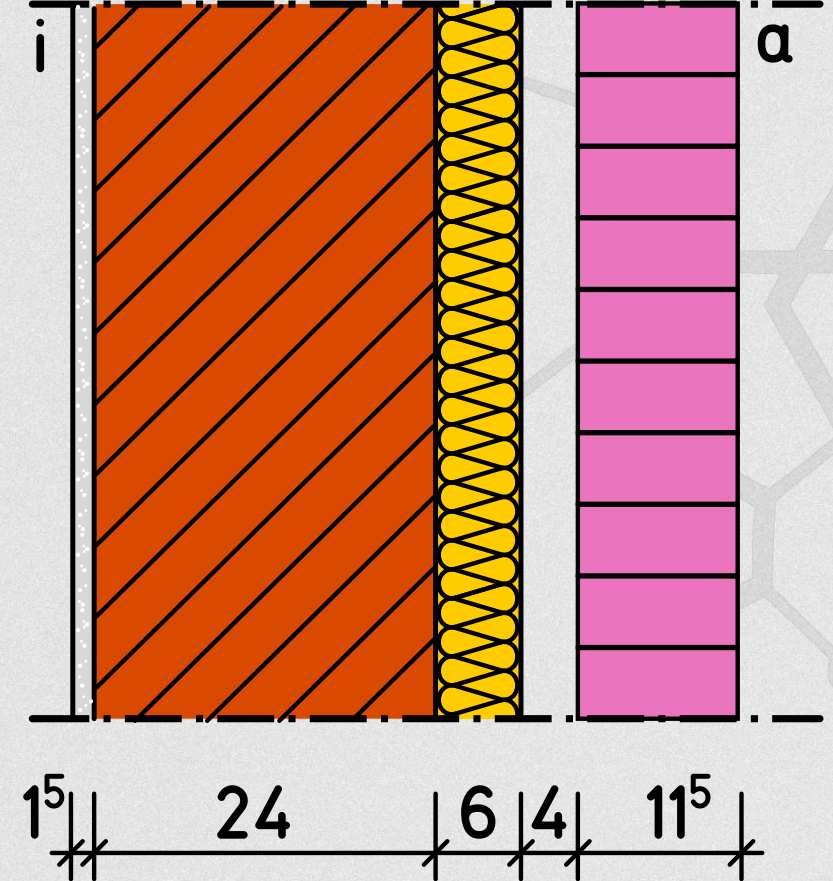
außen

## 4) Außenwand

innen

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

außen



Luftschicht: unbek. belüftet

Innentemperatur:

18°C

Außentemperatur:

-15°C

Rel. Luftfeuchte:

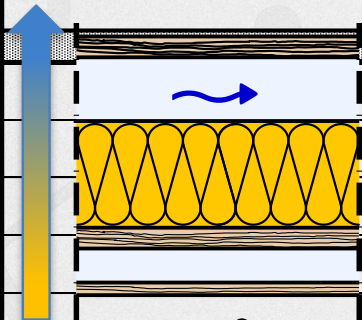
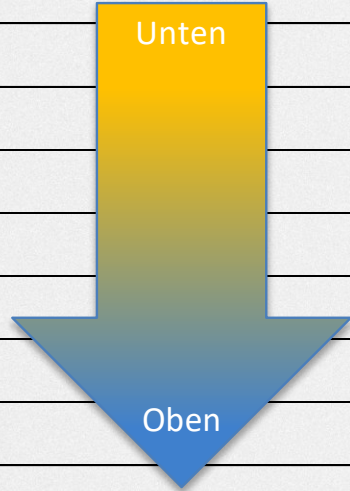
50%



# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Übung 11.1: Kehlbalkendecke - DURCH DIE DÄMMUNG

Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$				0,100		
1	Holzschalung	0,015	0,130	0,115		
2	Luft	0,600		0,160		
3	Einschub NH	0,020	0,130	0,154		
4	Dämmung	0,100	0,035	2,857		
5	Luft	0,400		0,160		
6	OSB-Platte	0,019	0,130	0,146		
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$				0,043		
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R$ =				3,592	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T$ =				3,735	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U$ =				0,268	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ =						[K]
Wärmestrom $\phi$ =						[W/m²]

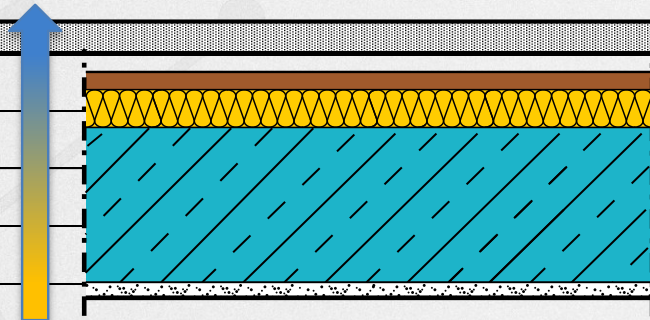
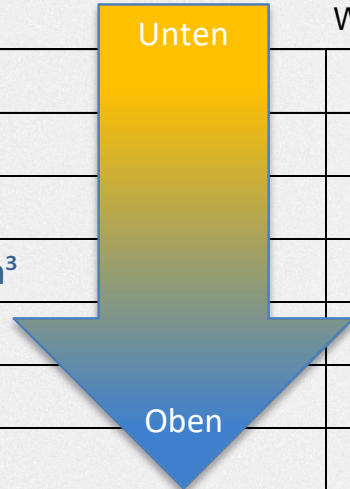




# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Übung 11.2: Decke unter Abseite

Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$				0,100		
1	Kalkputz	0,020	1,000	0,020		
2	Stahlbeton	0,160	2,400	0,067		
3	PU-Platten	0,040	0,040	1,000		
4	OSB-Platte, 0,65 kg/dm³	0,019	0,130	0,146		
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$				0,043		
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R$ =				1,233	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T$ =				1,376	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U$ =				0,727	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ =						[K]
Wärmestrom $\phi$ =						[W/m²]



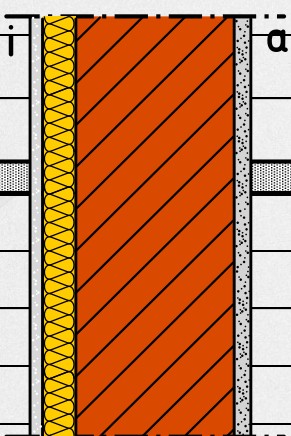




# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Übung 11.3: Wandnische

Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$				0,125		
1	KG-Putz	0,015	0,700	0,021		
2	Dämmung	0,040	0,027	1,481		
3	HLz 0,7-0,6-3DF, LM	0,175	0,280	0,625		
4	Kalk-Zement-Putz	0,020	1,000	0,020		
5						
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$				0,043		
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$				2,147	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$				2,315	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$				0,432	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$						[K]
Wärmestrom $\phi =$						[W/m²]

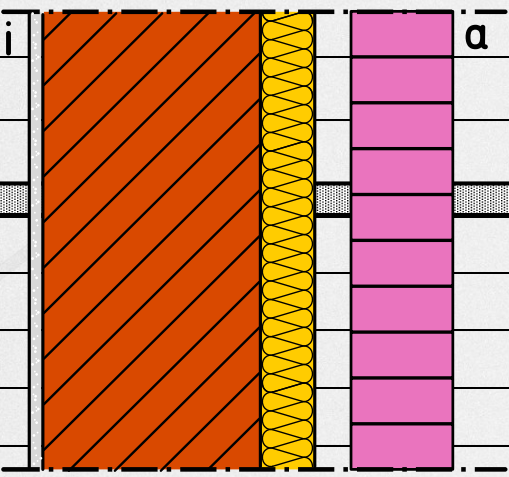






# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Übung 11.3: Wandnische

Nr.	Schicht	Dicke  $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand  $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied  $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur  $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$						
1	GK-Putz	0,015	0,700	0,021		
2	Kalksandstein $\rho = 1,6 \text{ t/m}^3$	0,240	0,790	0,304		
3	Mineralwolle	0,060	0,035	1,714		
4	Luft	0,040		0,180		
5	Kalksand-Vormauerstein $\rho = 1,8 \text{ t/m}^3$	0,115	0,990	0,116		
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$				0,043		
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$				2,335	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$				2,478	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$				0,404	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$					[K]	
Wärmestrom $\phi =$					[W/m²]	





**Berechnen** Sie die Dicke/WLG der Dämmung um den U-Wert einzuhalten.

**Wählen** Sie eine **Dicke** aus, wenn es die Dämmplatten in 2 cm Stufen ab 4 cm Dicke gibt. **Wählen** Sie eine **WLG** in 002 Schritten **aus**.

# Übung 12

- neue Dämmschichtdicke -



# Beispiel

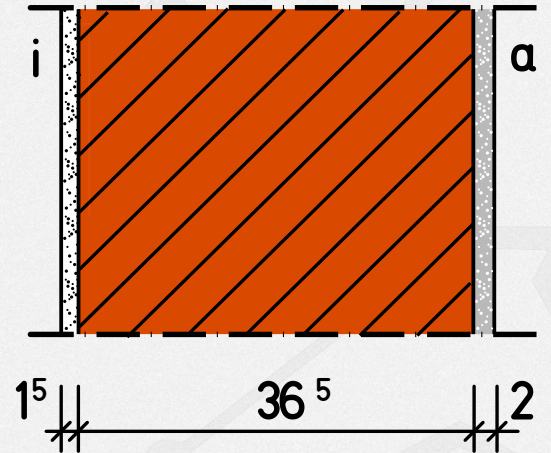
$$U_{\text{erf}} = 0,24 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} ; \lambda = 0,030 ; \underline{\text{WDVS}}$$

$$\leadsto R_{\text{erf}} = \frac{1}{0,24} = 4,1\bar{6} \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

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

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

gew.: 12 cm



## Außenwandaufbau

innen

- 1<sup>5</sup> cm Kalk-Gipsputz
- 36<sup>5</sup> cm Hbl  $\rho = 1.400 \text{ kg/m}^3$   
mit LM36
- 2 cm Kalk-Zementputz

außen

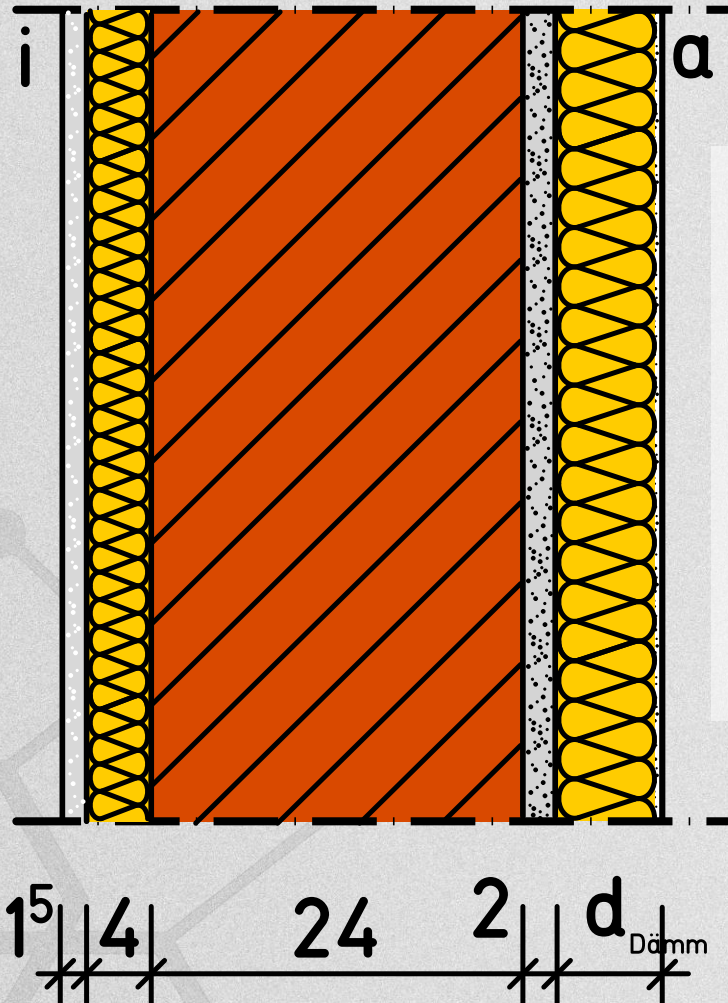
$$R = 0,570 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{T}} = 0,738 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

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



# Übung 12 – Dicke/WLG Dämmschicht

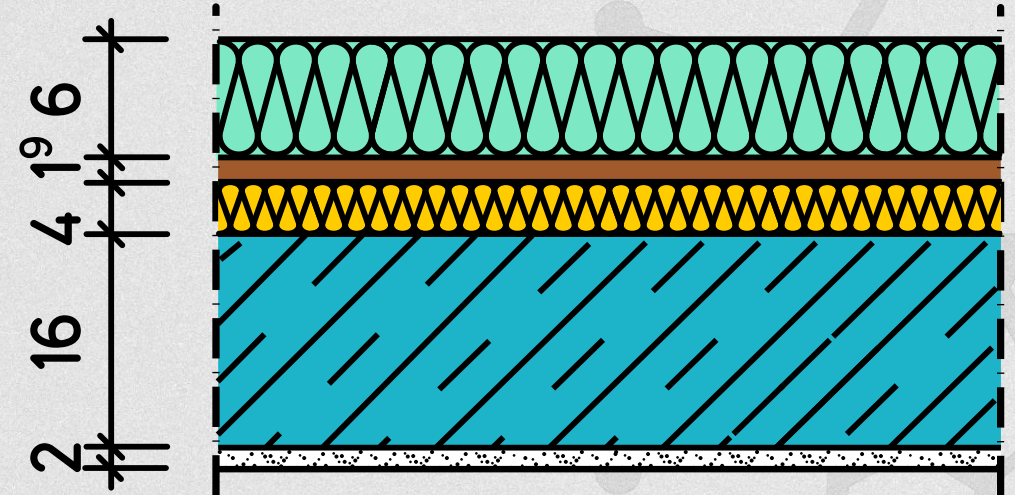


## 1) Wandnische (Dicke bestimmen)

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 (WLG bestimmen)

Dachdämmung nicht weitergeführt

oben

- trittfeste PU-Platten
- OSB-Platte 0,65 kg/dm<sup>3</sup>
- PU-Platten WLG 040
- Stahlbeton
- Kalkputz

unten



# LÖSUNGSVORSCHLAG

$$U_{\text{erf}} = 0,20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

T17: S178

$$\rightarrow R_{\text{erf}} = \frac{1}{0,20} = 5 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{Dan}} = 5,0 - 0,100 - \frac{0,019}{0,13} - \frac{0,04}{0,04} - \frac{0,16}{2,4} - \frac{0,02}{1,00} - 0,043$$

$$= 3,624 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$\frac{d}{R \cdot A} \quad \lambda = \frac{0,06}{3,624} = 0,016$$

2. Durchlauf  $\lambda = \frac{0,08}{3,624} = 0,022$

kein Dämmstoff mit WLG 016

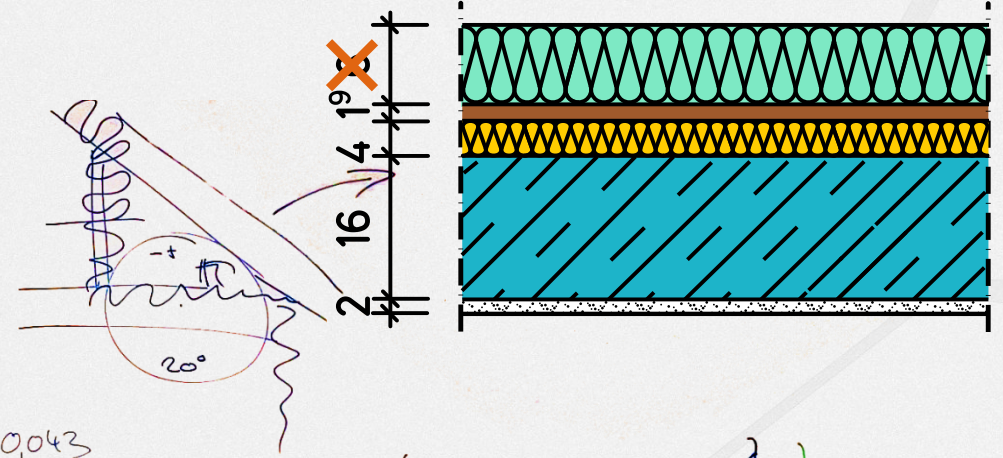
$\rightarrow$  Was tun?

Dicke d neu wählen:

3. Durchlauf  $\Rightarrow \lambda = \frac{0,1}{3,624} = 0,0275$

gew. 8 cm  
gew. 10 cm

gew WLG 027

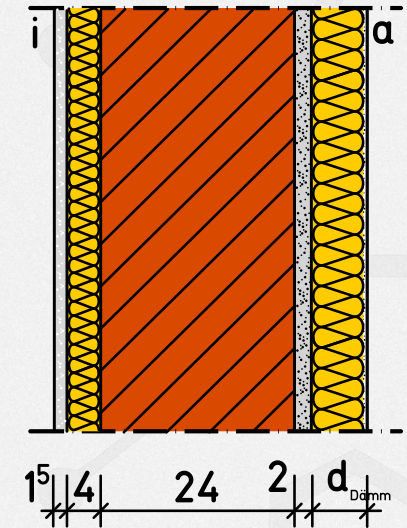


PU  $\rightarrow$  WLG ?  
OSB (0,65)  
PU  $\rightarrow$  WLG 040  
StB  
Kalkputz

$\lambda$   
?  
0,13  
0,040  
2,4  
1,0



# 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

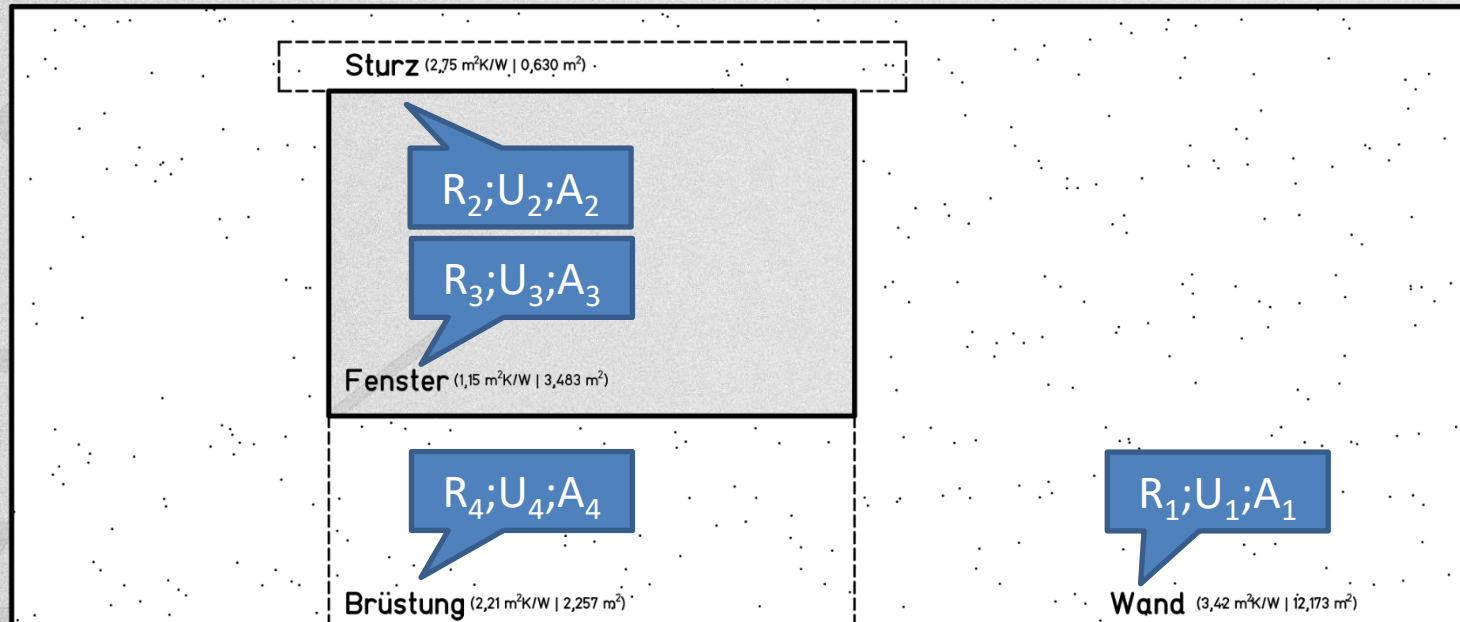
$R_m$  : über R-Werte der Bauteile

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

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

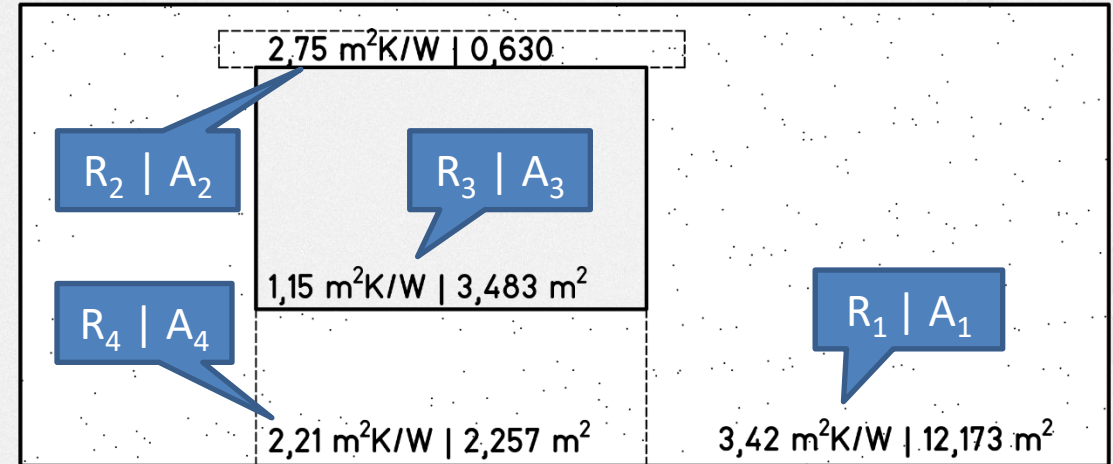
$$R_m = \frac{\sum A_n}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$$

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





# 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**

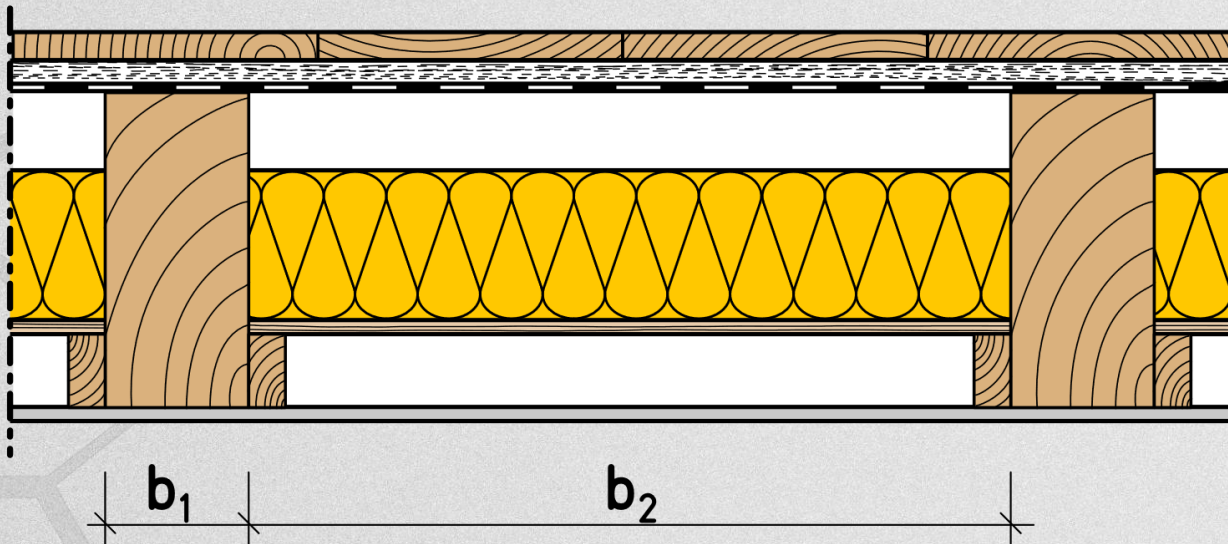
$U_{m,1}$  : über U-Werte der Bauteile

$R_m$  : über R-Werte der Bauteile

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

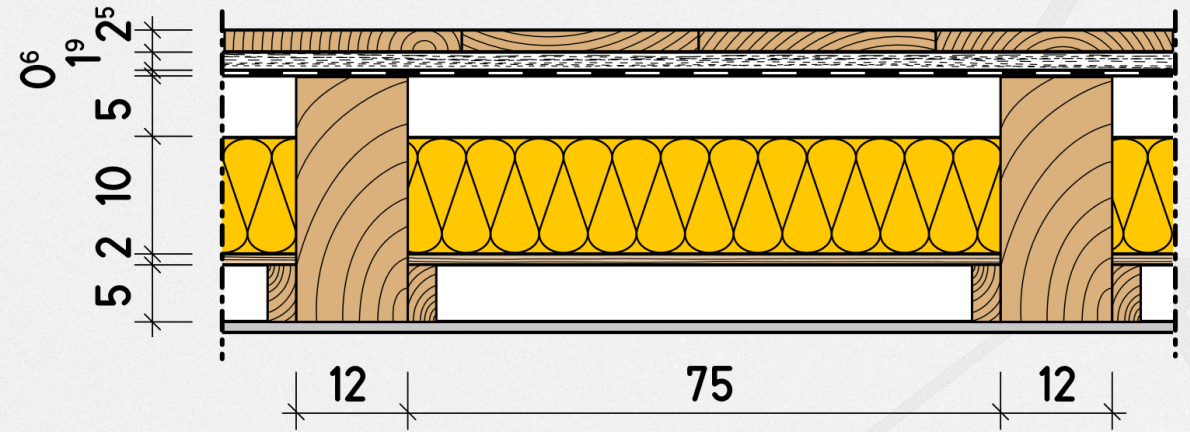
$$R_m = \frac{\sum b_n}{\frac{b_1}{R_1} + \frac{b_2}{R_2} + \dots + \frac{b_n}{R_n}}$$

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





# 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**

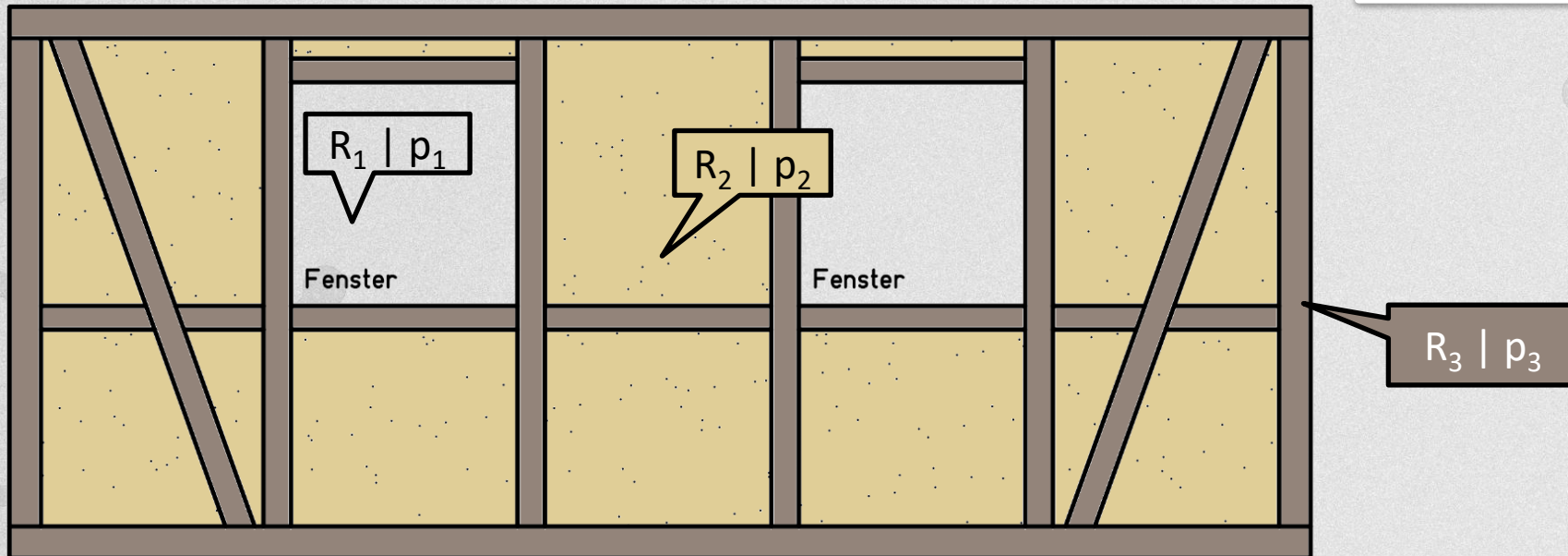
$U_{m,1}$  : über U-Werte der Bauteile (TB17 168)

$R_m$  : über R-Werte der Bauteile

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

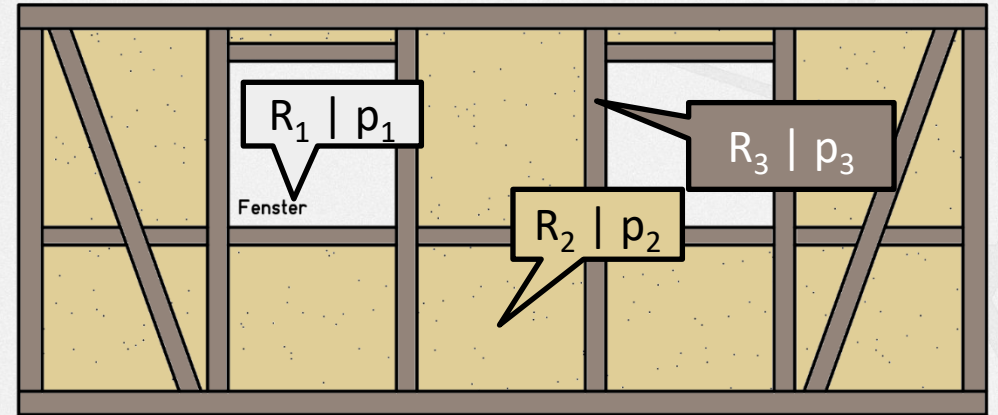
$$R_m = \frac{100\%}{\frac{p_1}{R_1} + \frac{p_2}{R_2} + \dots + \frac{p_n}{R_n}}$$

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





# 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  $U_m$

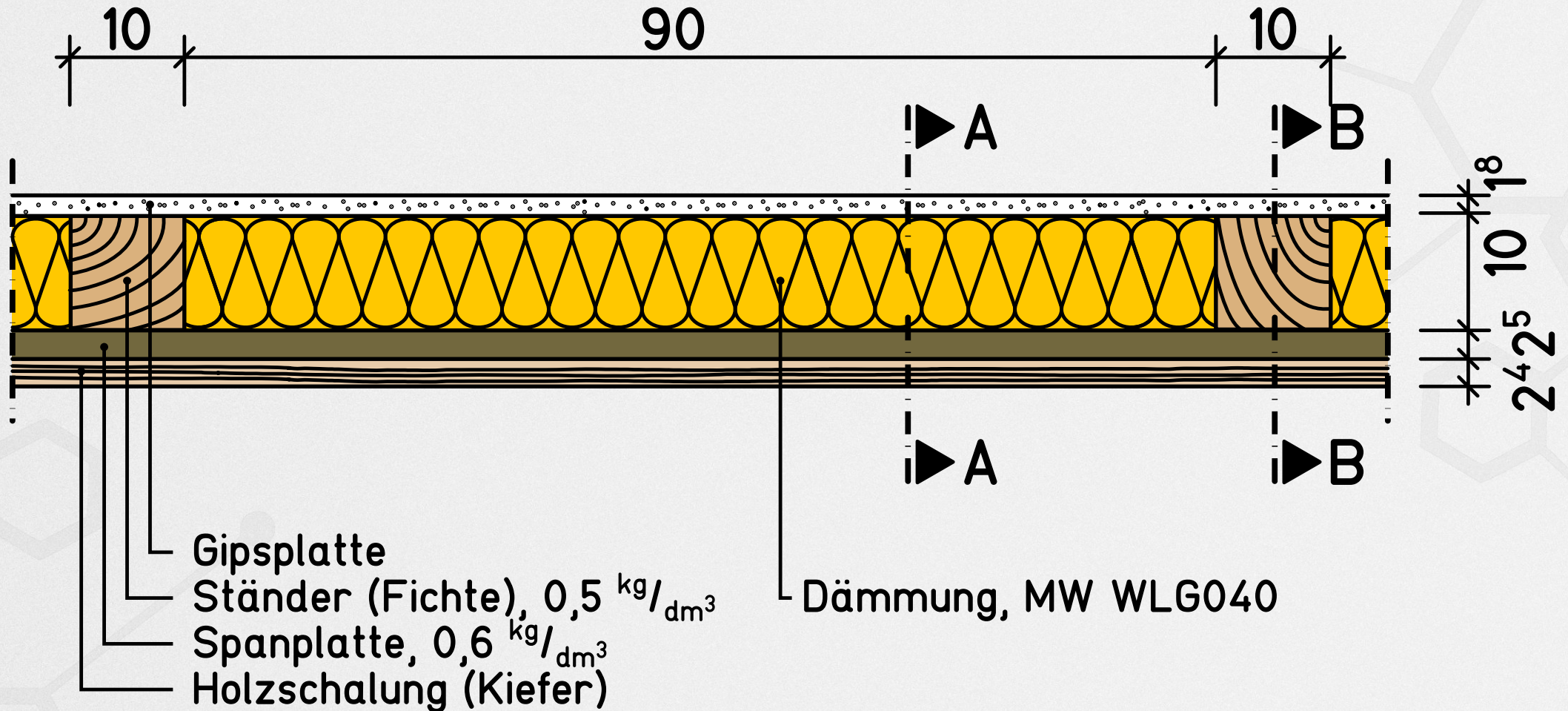
# Übung 13

- Mittelwerte -



# 13.1 - Mittelwerte

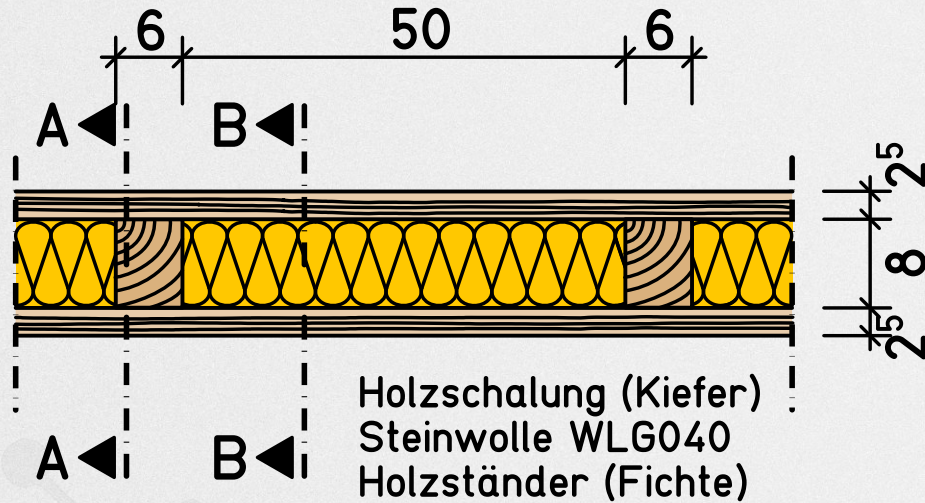
## 1) Ständerwand im Bungalow



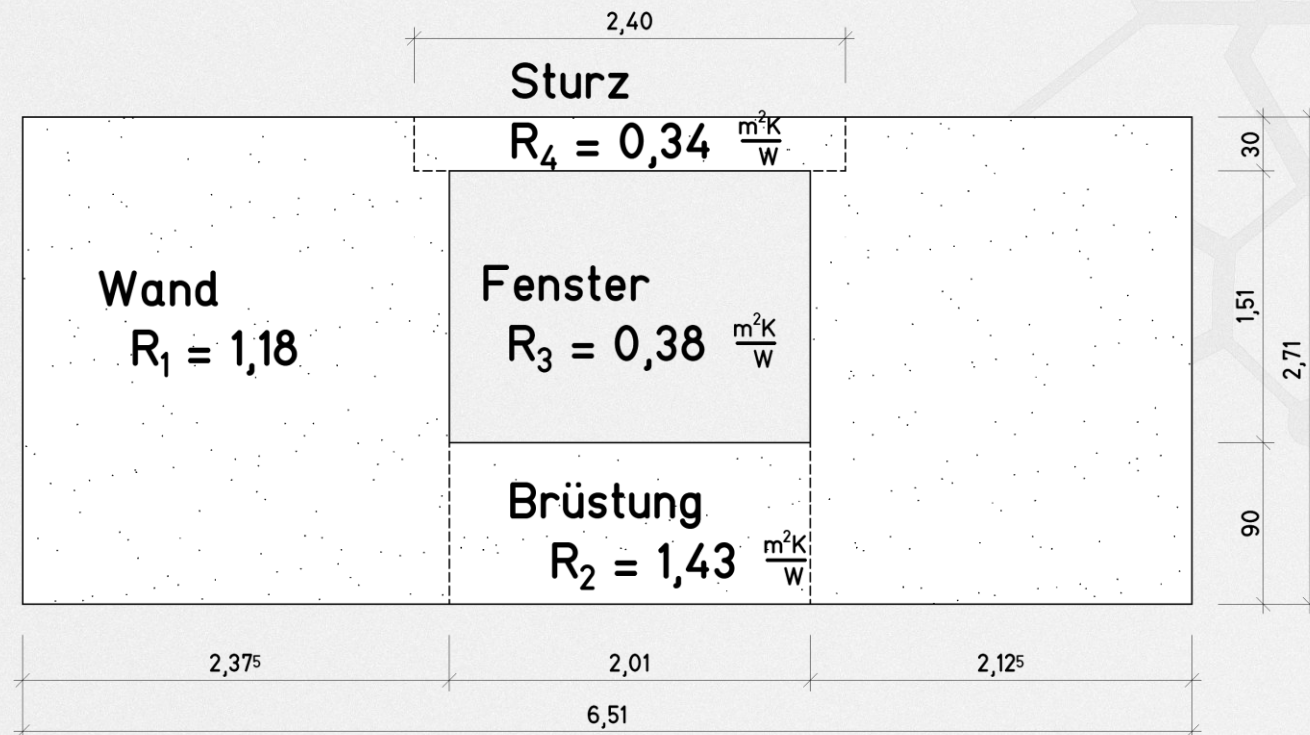


# 13.2 + 13.3 - Mittelwerte

## 2) Ferienhaus Giebelwand



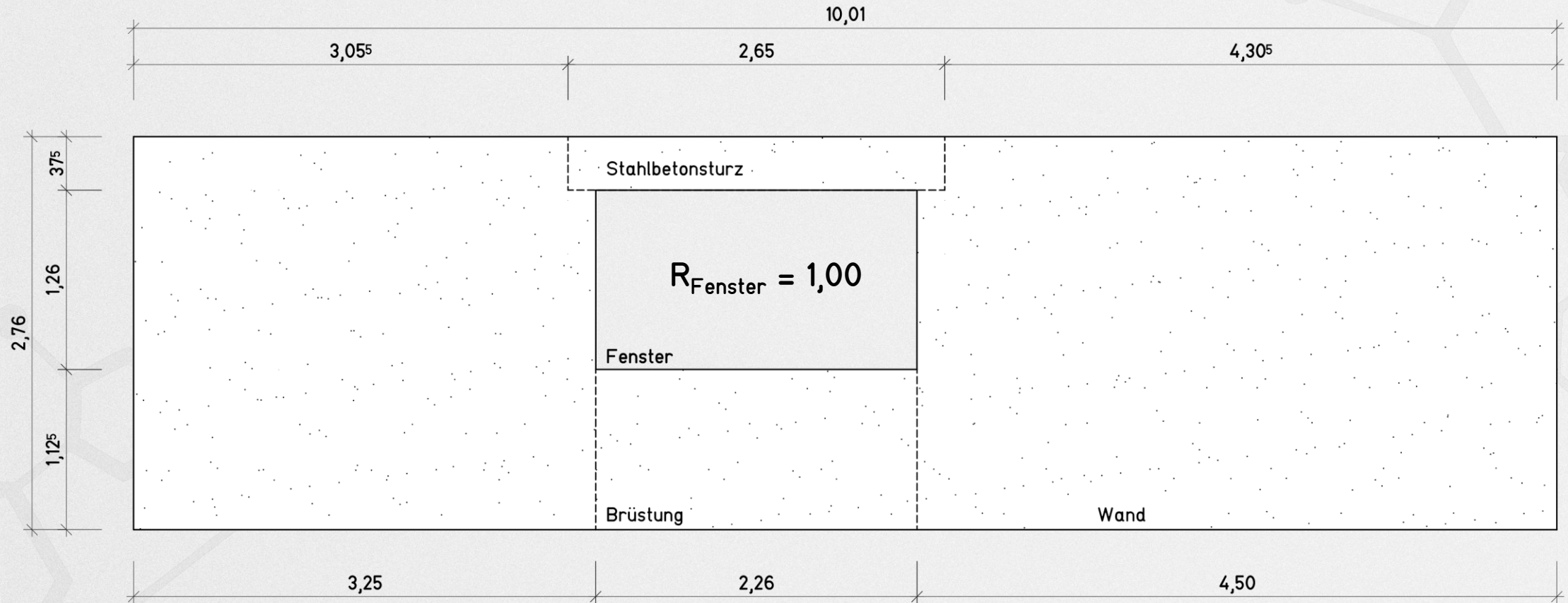
## 3) Außenwand Garage (beheizt)





# 13.4 - Mittelwerte

## 4) Bungalow – Abmessungen

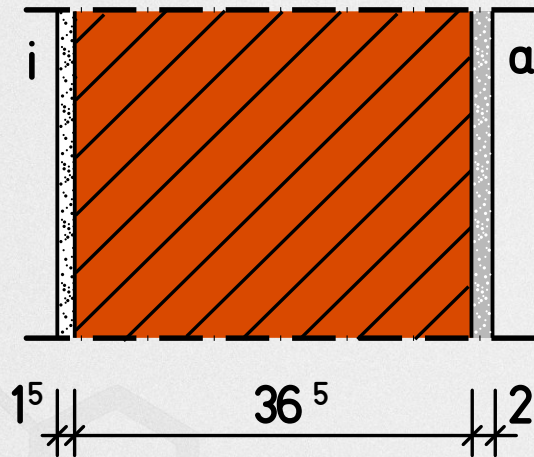




# 13.4 - Mittelwerte

## 4) Bungalow – Aufbauten

### Wand

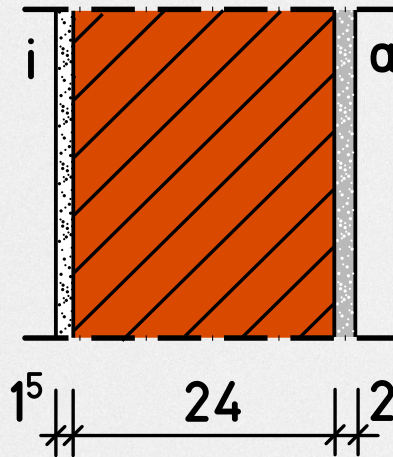


innen

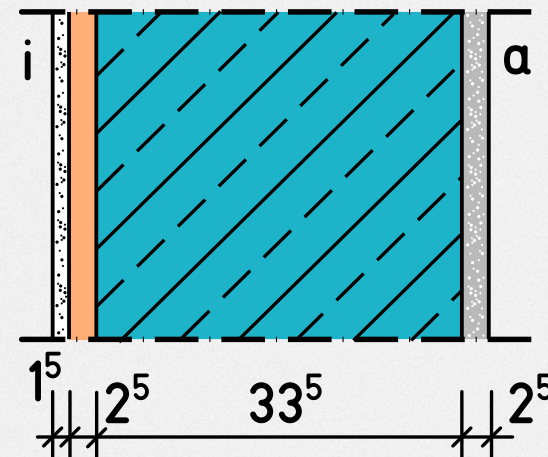
- 15 cm Kalk-Gipsputz
- 24/36 cm HLzW, 0,80 kg/m<sup>3</sup>
- 2 cm Kalk-Zementputz

außen

### Brüstung



### Sturz



innen

- 15 cm Kalk-Gipsputz
- 2 cm Holzwoleplatten WLG065
- 33 cm Stahlbeton
- 2 cm Kalk-Zementputz

außen

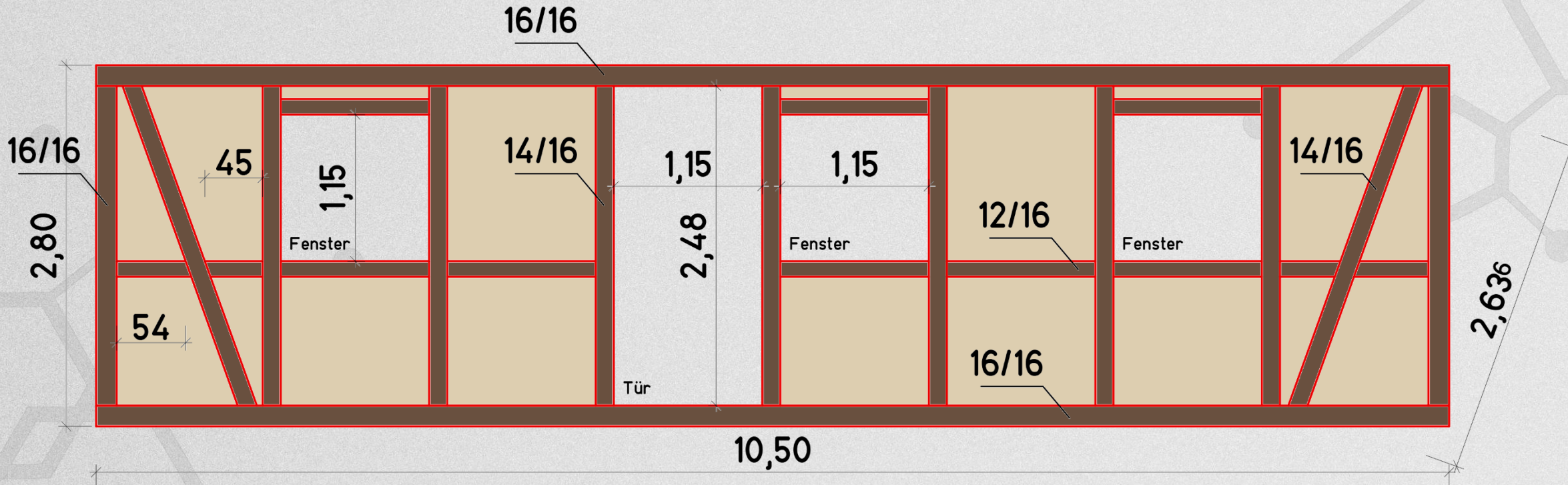


# 13.5 - Mittelwerte

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.





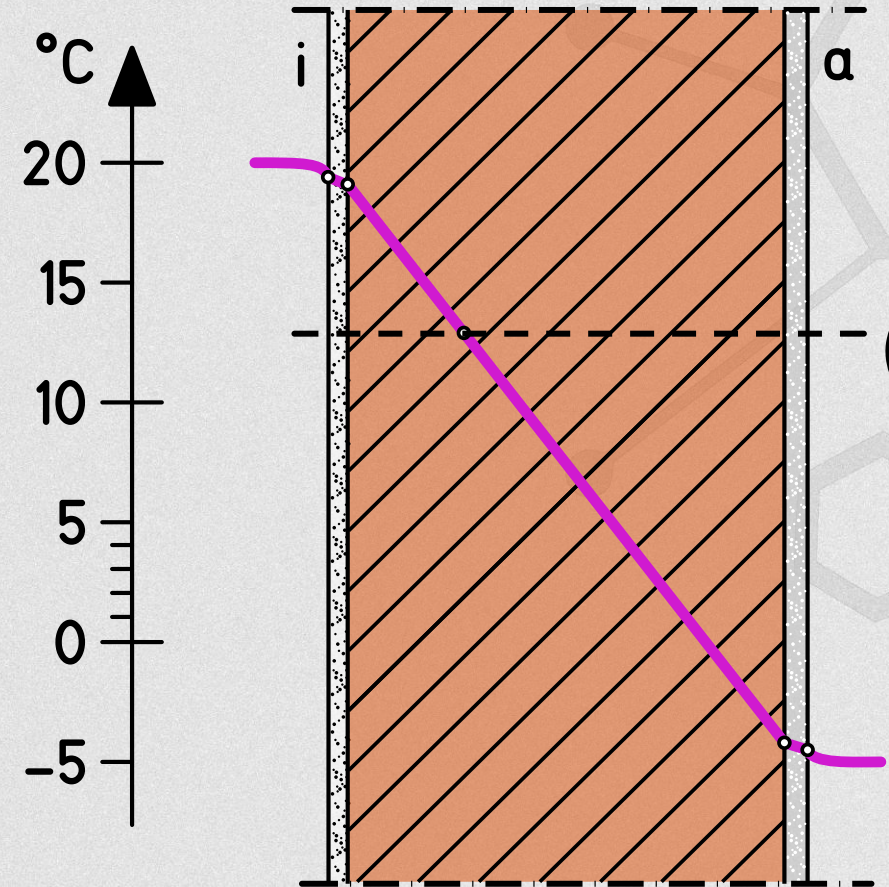


# Temperatur- verlauf

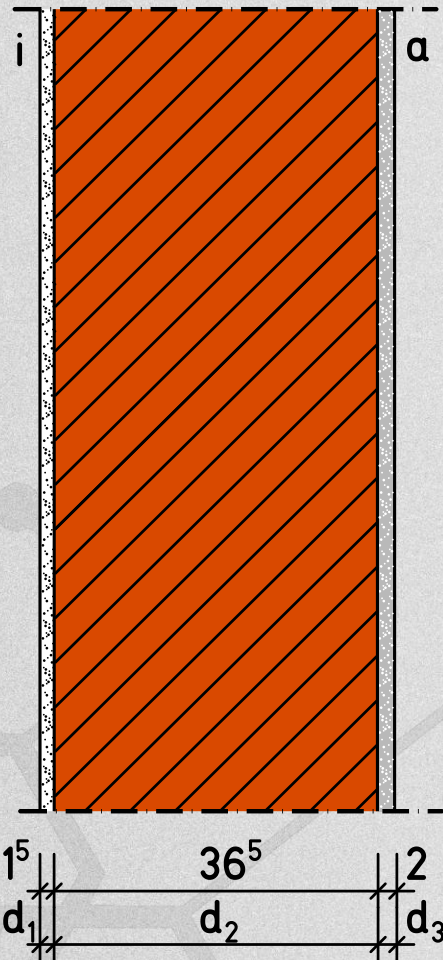


Die Bestimmung der einzelnen Temperaturen an den Schichtgrenzen ist notwendig:

- 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







## Außenwandaufbau

### innen

- 15 cm Kalk-Gipsputz
- 36 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,

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

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

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



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

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

Temperaturunterschiede je Schicht :

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

$$\textcircled{R} \quad 4,2^\circ\text{K} + 0,7^\circ\text{K} + 17,9^\circ\text{K} + 0,7^\circ\text{K} + 1,5^\circ\text{K} = 25^\circ\text{K}$$

Schichttemperaturen :

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

$$20^\circ\text{C} \quad 15,8^\circ\text{C} \quad 15,1^\circ\text{C} \quad -2,8^\circ\text{C} \quad -3,5^\circ\text{C} \quad -5,0^\circ\text{C}$$

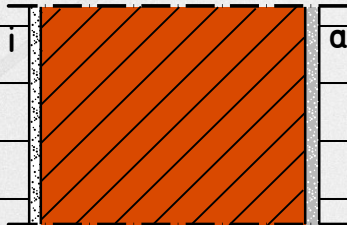




# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Beispielwand

Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$						20,0
1	Kalk-Gips-Putz	0,015	0,700	0,021	0,7	15,8
2	Mauerwerk Hbl mit LM36, 1,4t/m³	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	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T$ =				0,738	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U$ =				1,355	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ =					25,0	[K]
Wärmestrom $\phi$ =					33,875	[W/m²]







# Übung 13

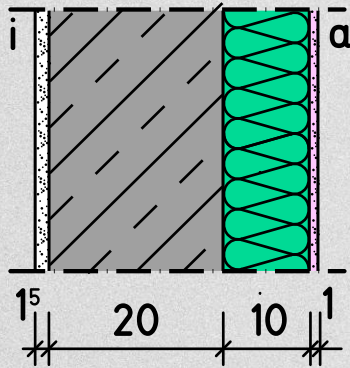
## - Temperaturverlauf -

**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**.

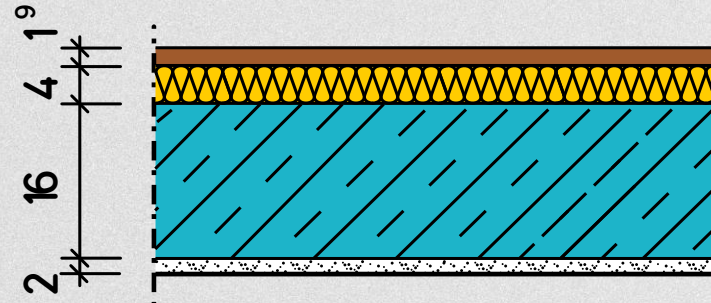
**Zeichnen** Sie die **Temperaturverläufe**



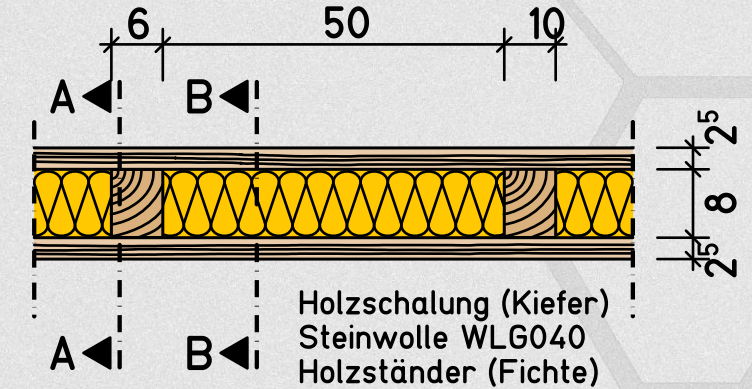
# Bisherige (ausgewählte) Aufbauten



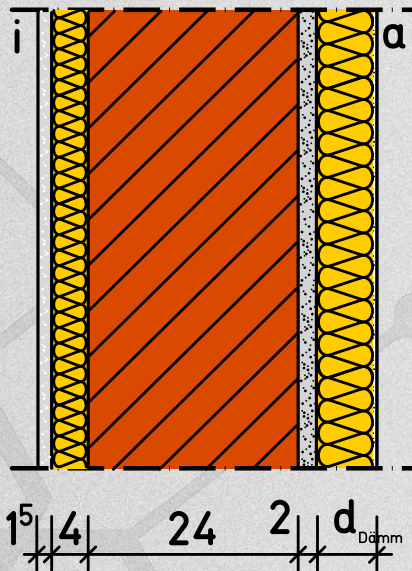
Ü5.2



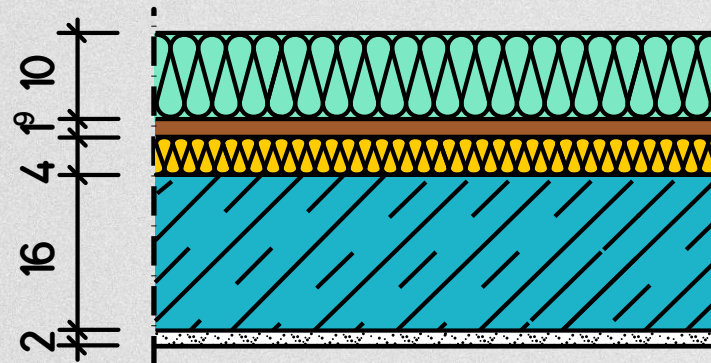
Ü11.2



Ü13.2 (beide Temperaturverläufe in eine Zeichnung)



Ü12.1



Ü12.2

**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

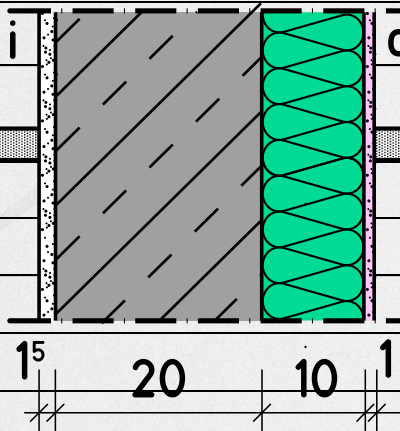


# U-Wert Berechnung und Temperaturverlauf in Bauteilen

## Übung 5.2: Außenwandaufbau

### Berechnung mit Tabelle

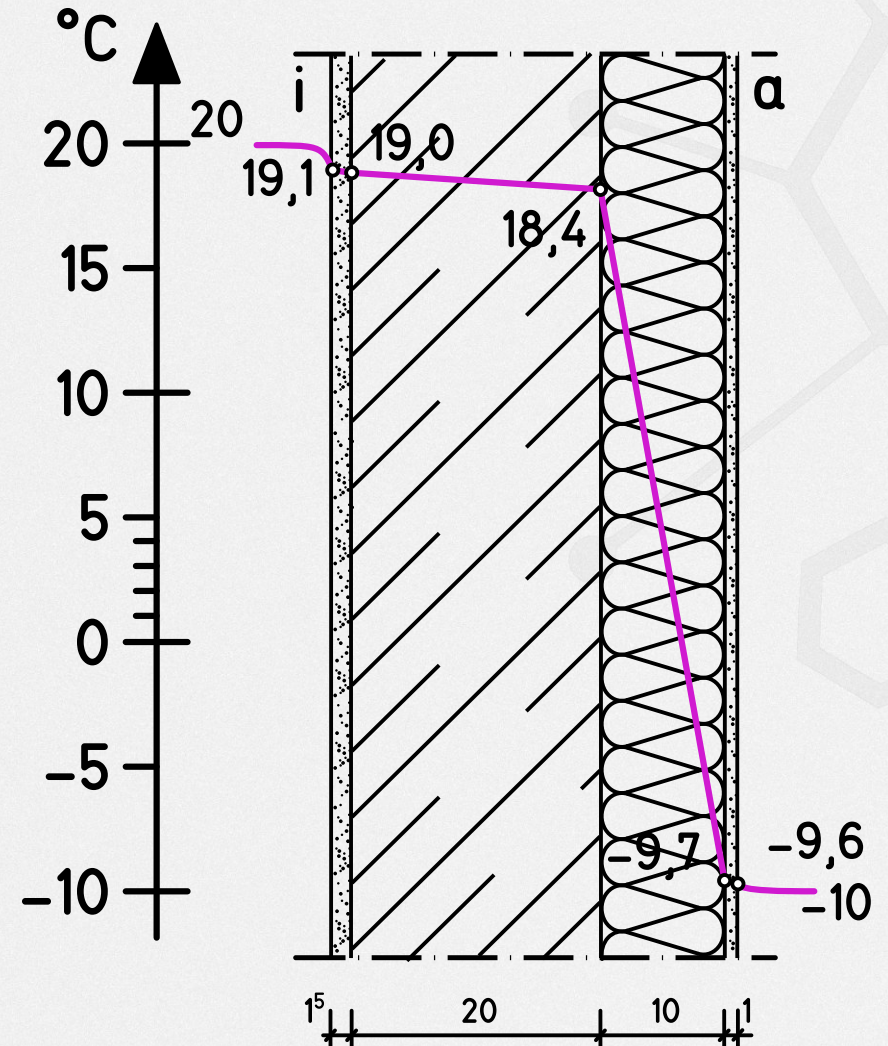
Nr.	Schicht	Dicke $d_i$ [m]	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurch- lasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperatur- unterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schicht- temperatur $\theta_i$ [°C]
Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$						20,0
1	Kalk-Gips-Putz	0,015	0,700	0,021	0,1	19,1
2	Stahlbeton	0,200	2,400	0,083	0,6	19,0
3	WD	0,100	0,025	4,000	28,0	18,4
4	Kunstharzputz	0,010	0,700	0,014	0,1	-9,6
5						-9,7
6						
7						
Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$						-9,7
						-10,0
Wärmedurchlasswiderstand Bauteil $R =$				4,118	[m²K/W]	
Wärmedurchgangswiderstand Bauteil $R_T =$				4,286	[m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient Bauteil $U =$				0,233	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$					30,0	[K]
Wärmestrom $\phi =$					7,000	[W/m²]





# Berechnung mit Tabelle

Wärmeleitfähigkeit $\lambda_i$ [W/mK]	Wärmedurchlasswiderstand $R_i$ [m²K/W]	Temperaturunterschied $\Delta\theta_i$ [K]	Schichttemperatur $\theta_i$ [°C]
			20,0
swiderstand $R_{si}$	0,125	0,9	19,1
0,700	0,021	0,1	19,0
2,400	0,083	0,6	18,4
0,025	4,000	28,0	-9,6
0,700	0,014	0,1	-9,7
			-9,7
swiderstand $R_{se}$	0,043	0,3	-10,0
stand Bauteil $R =$	4,118	[m²K/W]	
stand Bauteil $R_T =$	4,286	[m²K/W]	
fizient Bauteil $U =$	0,233	[W/m²K]	
Temperaturdifferenz $\Delta\theta =$		30,0	[K]
Wärmestrom $\phi =$		7,000	[W/m²]







# Übung 14

Ähnlich einer Abschlußaufgabe

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

**Zeichnen** Sie die Temperaturverläufe



# 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: 1135**

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

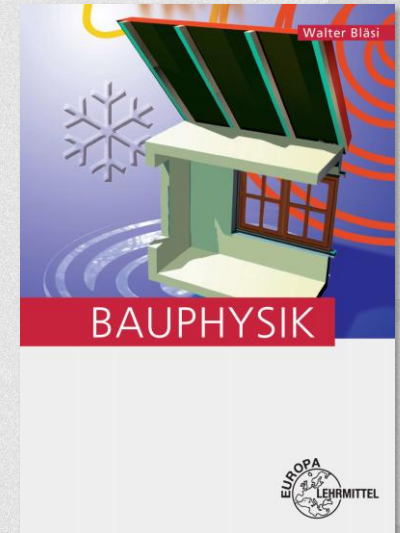
**Vismann, Ulrich** (Hrsg.) (2018), Wendehorst – Bautechnische Zahlentafeln, 36. Auflage, Aachen, Deutschland: Verlag Springer Vieweg



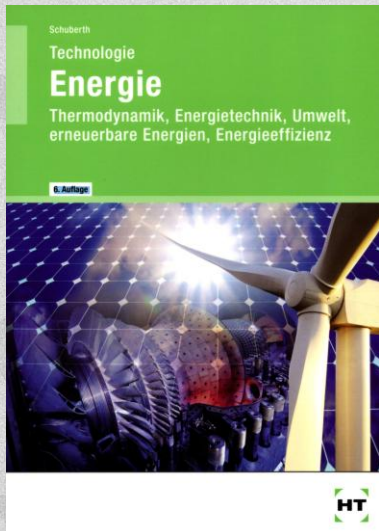
# Abkürzungen mit zugehörigen Quellen

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

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



**BP10: 23**



**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  $R_{se} = 0$ .
- Luftschichten 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.