



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

**ars**  
Adolf Reichwein  
Schule

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

**Teil 1 : wärmephysikalische  
Grundlagen**



# 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)**

**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)

Unter dem Gesichtspunkt des steigenden globalen „Energieverbrauchs“ gewinnen energiesparendes Bauen zunehmend an Bedeutung. Die Energieeinsparungen treten deutlich stärker in das öffentliche Bewusstsein.

Aufbauend auf dem GK Konstruktionslehre „Energietechnik“ werden metetechnischen Begriffe und die gesetzlichen Vorgaben explizit behandelt. Ausgehend von dem Wärmeschutz der Gebäudehülle geht die Bautechnik in die jeweils aktuelle Energieeinsparverordnung von Bautechnik über. Nachweisverfahren der Gebäudetechnik.

#### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurses sind die Bautechnik (L1), Energieeffizienz (L2), Konstruktion und Dimensionierung (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

#### verbindlich:

Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeldern Q2.3–Q2.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

#### Inhalte und erläuternde Hinweise

##### Q2.1 Wärmephysikalische Grundlagen

- Wärmetransport
  - Wärmeleitung
  - Wärmeströmung
  - Wärmestrahlung
- Kenngrößen
  - Wärmedurchlasskoeffizient
  - Wärmeübergangskoeffizient
  - Wärmedurchgangskoeffizient
  - Wärmespeicherfähigkeit

## HMKB Kerncurriculum berufliches Gymnasium

Fachrichtung: Technik  
Schwerpunkt: Bautechnik

Fach: Bautechnik

## Q2.1 Wärmephysikalische Grundlagen

- Wärmetransport
  - Wärmeleitung
  - Wärmeströmung
  - Wärmestrahlung
- Kenngrößen
  - Wärmedurchlasskoeffizient
  - Wärmeübergangskoeffizient
  - Wärmedurchgangskoeffizient
  - Wärmespeicherfähigkeit





# Eingliederung des Themenbereichs

## Bauphysik

Wärmeschutz

Feuchteschutz

Schallschutz

Brandschutz

Sommer

Winter

Tau-  
wasser

Grund-  
wasser

Regen

Luft

Körper

Tritt

Bau-  
stoffe

Bauteile

# Wärmetransport

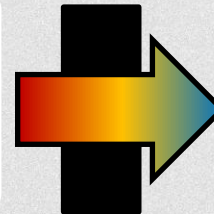
## Wärme

**Konvektion**



Verteilung durch  
**Bewegungen** einer  
**Flüssigkeit oder Gases**

**Wärme-  
leitung**



Verteilung der Wärme  
**innerhalb eines  
Materials**

**Wärme-  
strahlung**



Ist eine **Welle** -  
**benötigt kein Medium**



# Gemeinsames Auftreten im Alltag

Bei Phänomenen aus dem Alltag treten oft zwei oder auch alle drei Mechanismen gleichzeitig auf.

- So transportiert ein Heizkörper Wärmeenergie durch **Wärmeleitung** auf die **Luftteilchen** um ihn herum. Diese verteilen sich durch die **Luftzirkulation im Raum** - der Wärmetransport findet hier durch Konvektion statt. Zusätzlich sendet der Heizkörper auch **Wärmestrahlung** aus. Bei einer solchen Heizung treten also alle Arten des Wärmetransportes auf.

Häufig dominiert jedoch eine Art des Wärmetransportes einen Prozess.

- So ist z.B. in einem Aquarium die Konvektion besonders wichtig. Von einer Bratpfanne wird Wärmeenergie aber zum Großteil durch Wärmeleitung an das Bratgut weitergeleitet.



# Übung 1

## 1. Formulieren Sie die folgenden Sätze aus der Alltagssprache in Fachsprache um

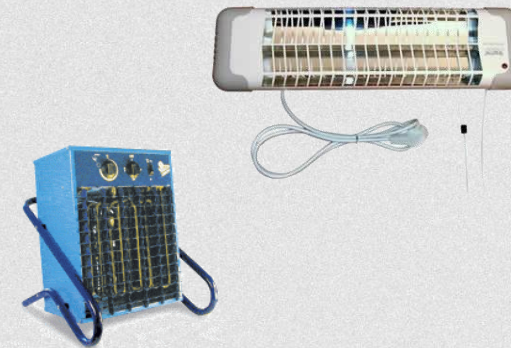
- a) *"Das ist heute wieder einmal eine Kälte!"*
- b) *"Im Winter wärmt ein Wollpullover am besten."*
- c) *"Am Ofen herrscht eine wohlige Wärme."*
- d) *"Die Sonne hat im April schon wieder eine große Kraft."*
- e) *"Die sibirische Kälte dringt nach Deutschland ein."*

aus NiU Physik 1/2007- S. 26

## 2. Welche Art des Energietransports benutzt die elektrische Heizung, wenn sie

- a) *mit Reflektor,*
- b) *mit Ventilator arbeitet.*

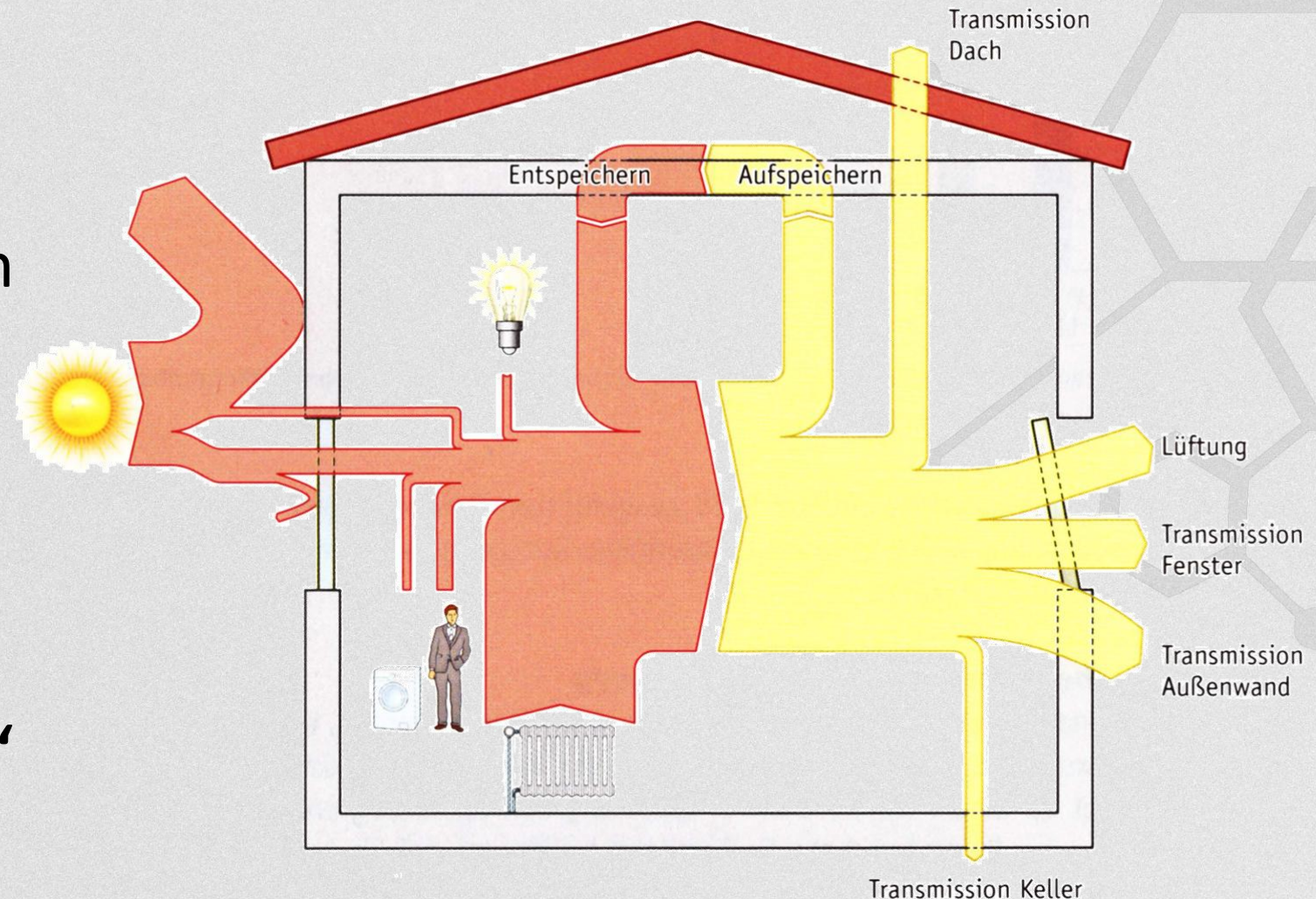
*Gehe auch auf Vor- und Nachteile der jeweiligen Heizungsart ein.*





# Transmission, Strahlung, Leitung ...

- **Transmission durch Bauteile** → im LK
- **Wärmeverlust** durch Fenster, Lüftung (MB-Verfahren) & **Wärmegewinne** im GK & eGK
- Es fehlt: „**Speichern**“





# Wärmespeicherung / ~fähigkeit

Von einer Wohnung wird ein **ausgeglichenes Innenraumklima** erwartet. → **Behaglichkeit** Dies hängt neben anderem auch weitgehend von der Wärmespeicherfähigkeit ihrer Wände ab.



**Im Sommer:** Die Bauteile nehmen tagsüber die Wärme auf und geben sie Abends und in der Nacht an die kühler werdende Raumluft ab. So wird das sog. „Barackenklima“ vermieden.



**Im Winter:** Die Bauteile nehmen die Wärme aus der Raumluft auf und geben sie bei Absenkung oder Wegfall der Heizung wieder an die Raumluft ab. So wird auch gewährleistet, dass Räume nach einer Stoßlüftung schneller wieder eine angenehme Temperatur erreichen. So werden Zugerscheinungen in Wandnähe vermieden.



# Wärmespeicherung / ~fähigkeit

Nicht jeder Baustoff speichert Wärme gleich gut. **Dichte, feste Stoffe** mit einer großen Masse, wie Beton oder Steine, **speichern Wärme besser** als porige, leichte Stoffe.

Ein Bauteil kann umso mehr Wärme speichern

- je größer seine flächenbezogene Masse  $m'$  ist,
- je größer seine spezifische Wärmekapazität  $c_p$  ist und
- je größer die Temperaturdifferenz  $\Delta\vartheta$  zwischen Bauteil und angrenzender Luft ist.

## Fachbegriffe:

- **Aufspeichern** – das Material nimmt Wärme aus der Umluft auf.
- **Entspeichern** – das Material gibt die gespeicherte Wärme ab.



# Wärmespeicherung / ~fähigkeit

speicherbare  
Wärmeenergiemenge  $Q$

$$Q = m' \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta$$

Einheit:  $\frac{J}{m^2}$

$d$  Bauteildicke [m]  
 $\rho$  Rohdichte [ $kg/m^3$ ]

$m'$  flächenbezogene Masse [ $kg/m^2$ ]

$$m' = d \cdot \rho$$

$c_p$  spezifische Wärmekapazität [ $J/(kg \cdot K)$ ]

$\Delta\vartheta$  Temperaturdifferenz [ $^{\circ}K$ ]

## §

### DIN 4108:

- Es dürfen nur 10 cm an der Innenseite der Wand zur Wärmespeicherung herangezogen werden.
- Speichertiefe darf nur bis zur nächsten Dämmung angesetzt werden. (schlecht bei Innendämmung)
- Baustoffe mit  $< 0,1 \text{ W/mK}$  dürfen nicht als Speichermasse angesetzt werden.



# spezifische Wärmekapazität $c_p$

**Tabelle 1: Rechenwerte der spezifischen Wärmekapazität  $c$  und des Wärmeeindringkoeffizienten  $b$**

	$c$ in J/kgK	$b$ in $\frac{W \cdot s^{0,5}}{m^2 K}$
Aluminium	800	20 785
Stahl	400	13 735
Beton	1000	2245
Leichtbeton	1000	930
Zementestrich	1000	1670
Kalkputz	1000	1250
Kalksandstein	1000	990
Mauerziegel	1000	900
Leichthochlochziegel	1000	510
Hohlblocksteine	1000	380
Porenbeton	1000	340
Kork	1700	160
Schaumkunststoffe	1500	35
Mineralfasern	1000	30
Holz	2100	400
Holzwerkstoffe	2100	400
Luft	1000	14
Wasser	4200	1630

Quelle: Bauphysik, S. 17

Stoff	$c_p$ [J/(kg·K)]
anorganische Bau- und Dämmstoffe	1000
Holz und Holzwerkstoffe	2100
pflanzliche Fasern und Textilfasern	1300
Schaumkunststoffe und Kunststoffe	1500
Aluminium	800
Sonstige Metalle	400
Luft (roh) $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$	1000
Wasser	4200

Quelle: Wendehorst, S.161, 25. Auflage

**Siehe auch Handout** Wendehorst – 36. Auflage Tafel 16.28



# Beispielberechnung

## speicherbare Wärmeenergiemenge $Q$

Eine 24 cm dicke Wand aus Leichthochlochziegel mit  $\rho = 1.200 \text{ kg/m}^3$  hat eine mittlere Temperatur von  $14 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Die Wandoberflächentemperatur beträgt  $17 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$Q = m' \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

$$Q = 1200 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,10 \text{ m} \cdot 1000 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)} \cdot 3 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$Q = 360\,000 \text{ J/m}^2 = 0,10 \text{ kWh/m}^2$$

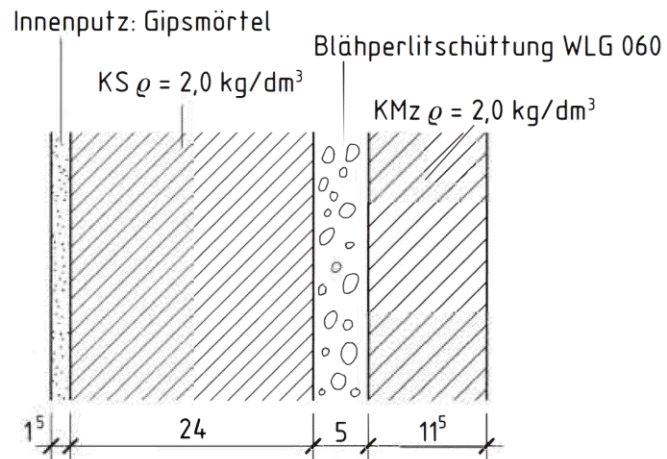


# Übung 2

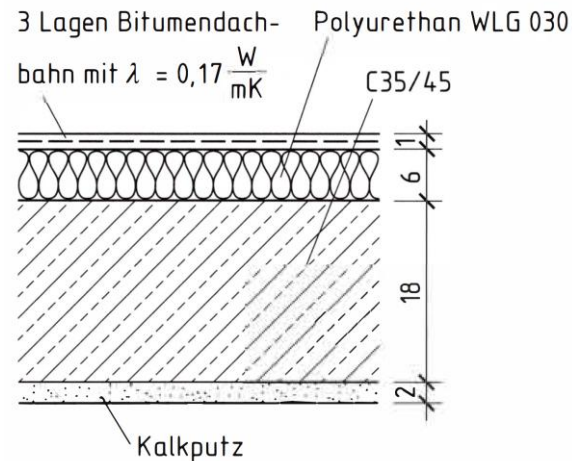
## Speicherbare Wärmeenergiemenge $Q$

- Berechnen Sie die speicherbare Wärmeenergiemenge der drei Bauteile mit jeweils einer mittleren Temperatur von  $16\text{ °C}$ . Die Oberflächentemperaturen betragen  $20\text{ °C}$ .

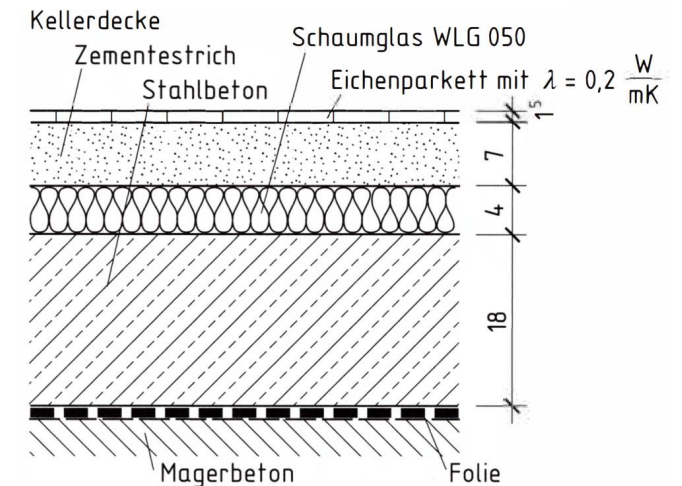
### a) Wandaufbau



### b) Dachaufbau (Flachdach)



### c) Bodenaufbau (zu Erdreich)



# Lösung 2.1

## Lösung von Jonas

Wandaufbau

$$Q = 1.200 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,015 \text{ m} \cdot 1000 \text{ j} \cdot 4 \text{ k}^2 = 3.600 = 20$$

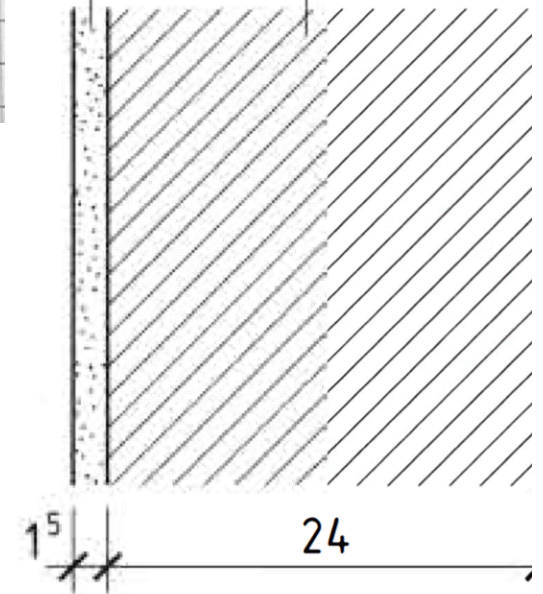
$$Q = 2000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,085 \text{ m} \cdot 1000 \text{ j} \cdot 4 \text{ k}^2 = 3.600 = 188,8$$

$$= 208,8 \text{ Wh/m}^2$$

### Wandaufbau

Innenputz: Gipsmörtel

KS  $\rho = 2,0 \text{ kg/dm}^3$



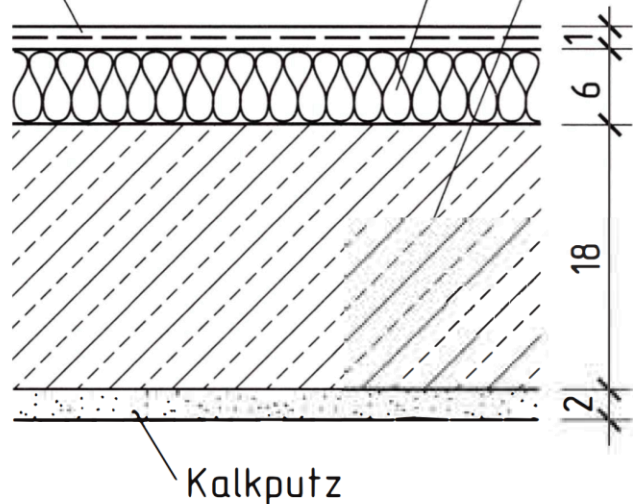


# Lösung 2.2

## Lösung von Jonas

### Dachaufbau

3 Lagen Bitumendachbahn mit  $\lambda = 0,17 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$  Polyurethan WLG 030 C35/45



Dachaufbau

$$Q = 1.800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,02 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 4 \text{ K} : 3.600 = 40 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}$$

$$Q = 2.500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 4 \text{ K} : 3.600 = 222,2 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}$$

$$= 262,2 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}$$

$$2400 \times 0,08 \times 1000 \times 4 : 3.600 = 213,3333333$$

$$253,3333333 \text{ Wh/m}^2$$

# Lösung 2.3

## Lösung von Jan

Bodenaufbau

$$Q = 600 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,015 \text{ m} \cdot \frac{2100}{1000} \cdot 4 \text{ K}^\circ \rightarrow 21 \text{ Wh/m}^2$$

$$Q = 2200 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,07 \text{ m} \cdot \frac{1000}{1000} \cdot 4 \text{ K}^\circ \rightarrow 171,7 \text{ Wh/m}^2$$

$$\underline{192,7 \text{ Wh/m}^2}$$

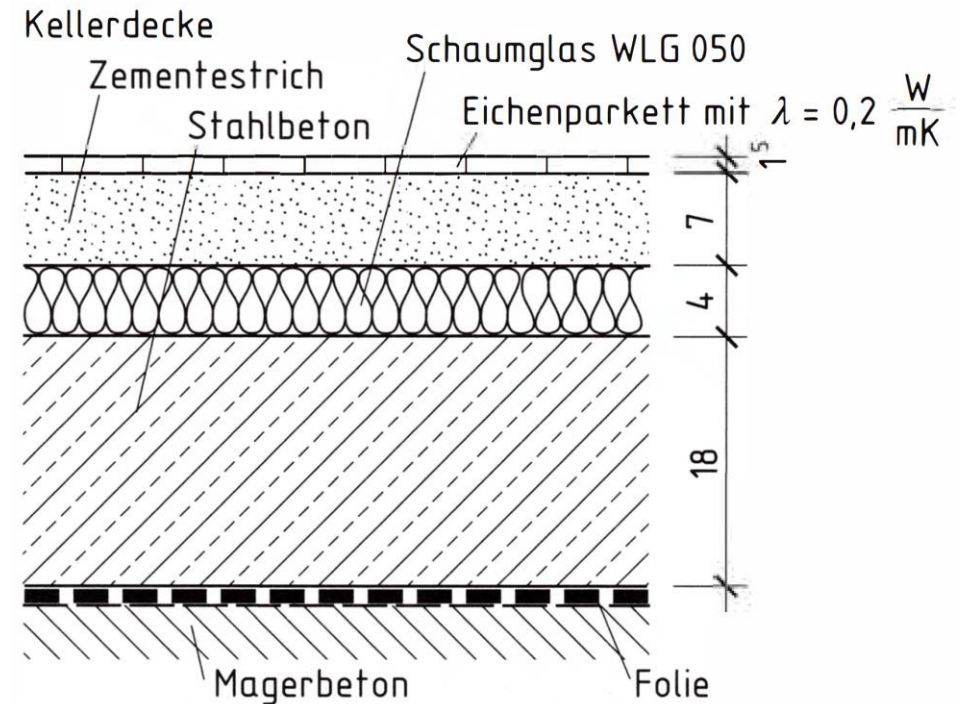
:3.600 fehlt noch in der Rechnung

$$700 \times 0,015 \times 2100 \times 4 : 3.600 = 24,50$$

$$2000 \times 0,07 \times 1000 \times 4 : 3.600 = 155,555555$$

$$180,055555 \text{ Wh/m}^2$$

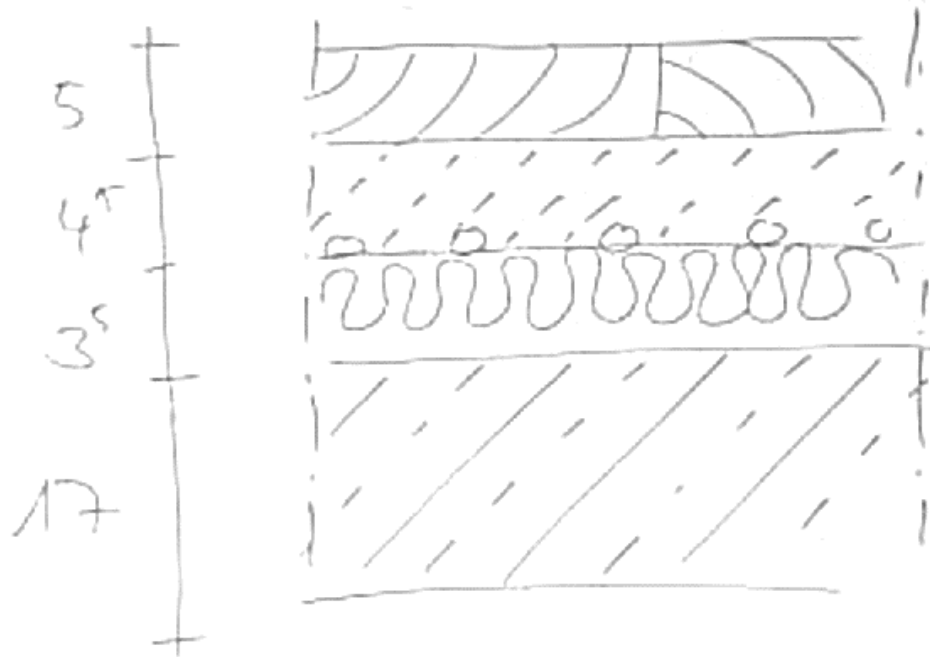
### Bodenaufbau





# Beispiel Tafel 2021-11-26

EG

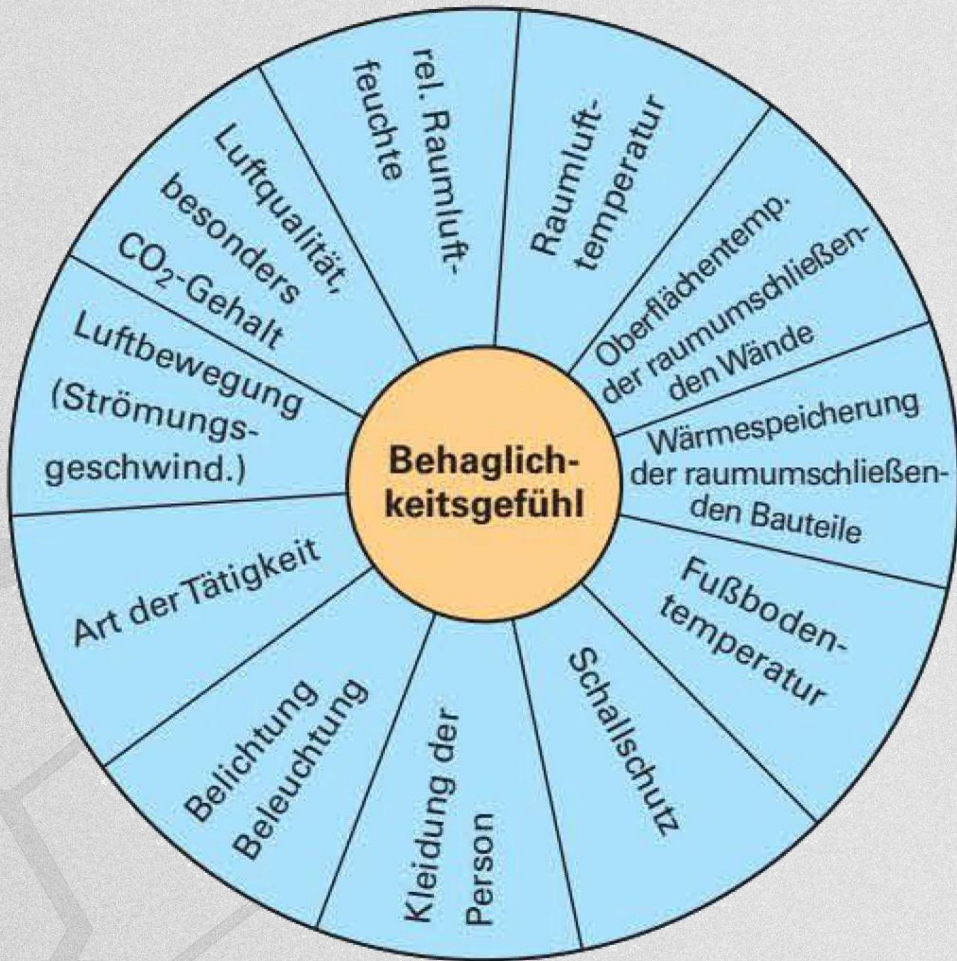


Eiche vollholzdielen  
Zementestrich  
Trittschalldämmung WLG 035  
STB C20/25

KG

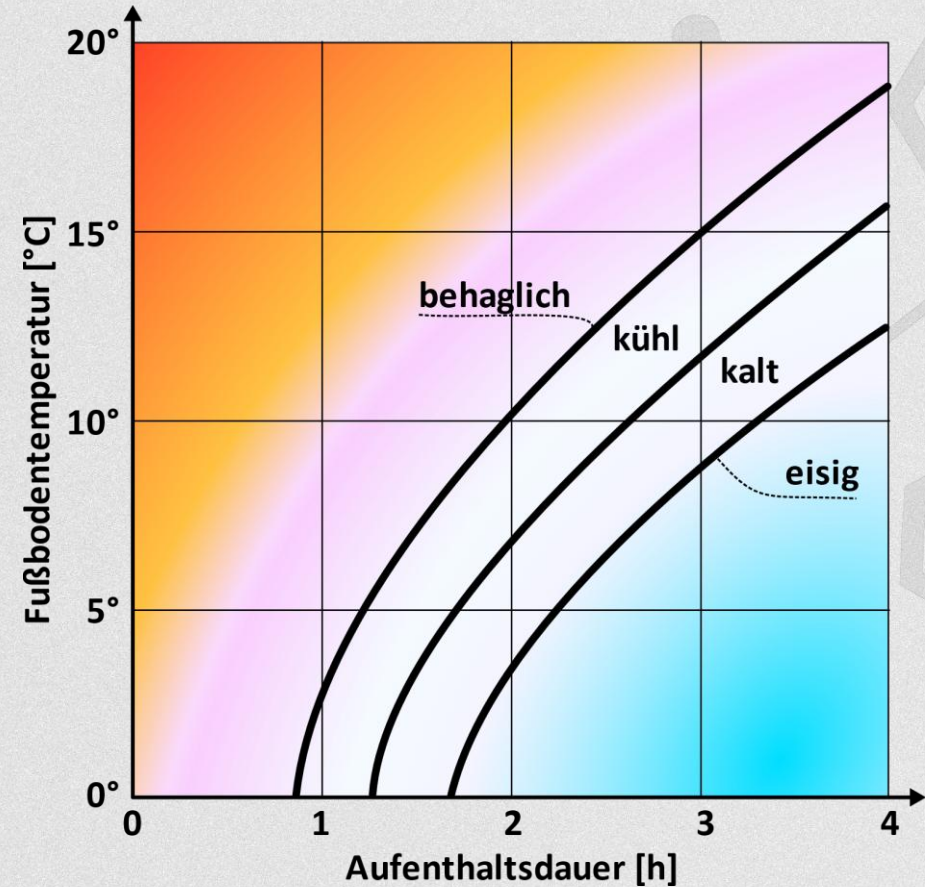


# Behaglichkeit



## Abhängigkeiten der Behaglichkeit

Quelle: Fachbuch Bauphysik S.20, Bild 1

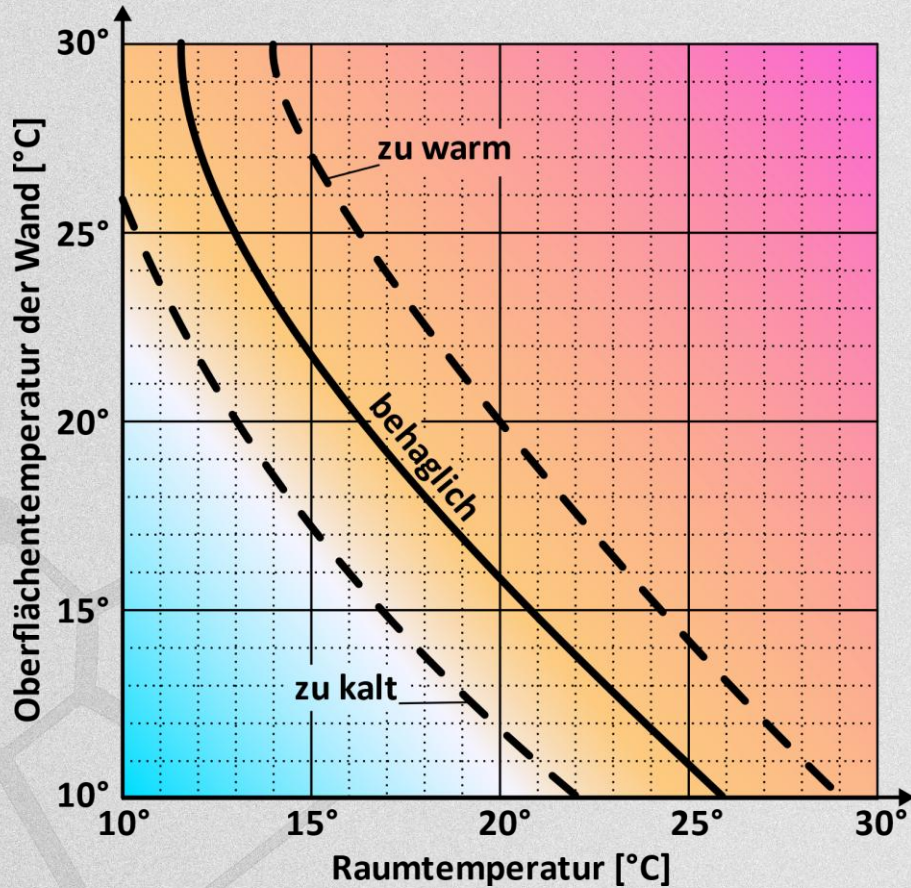


## Fußbodenbehaglichkeit

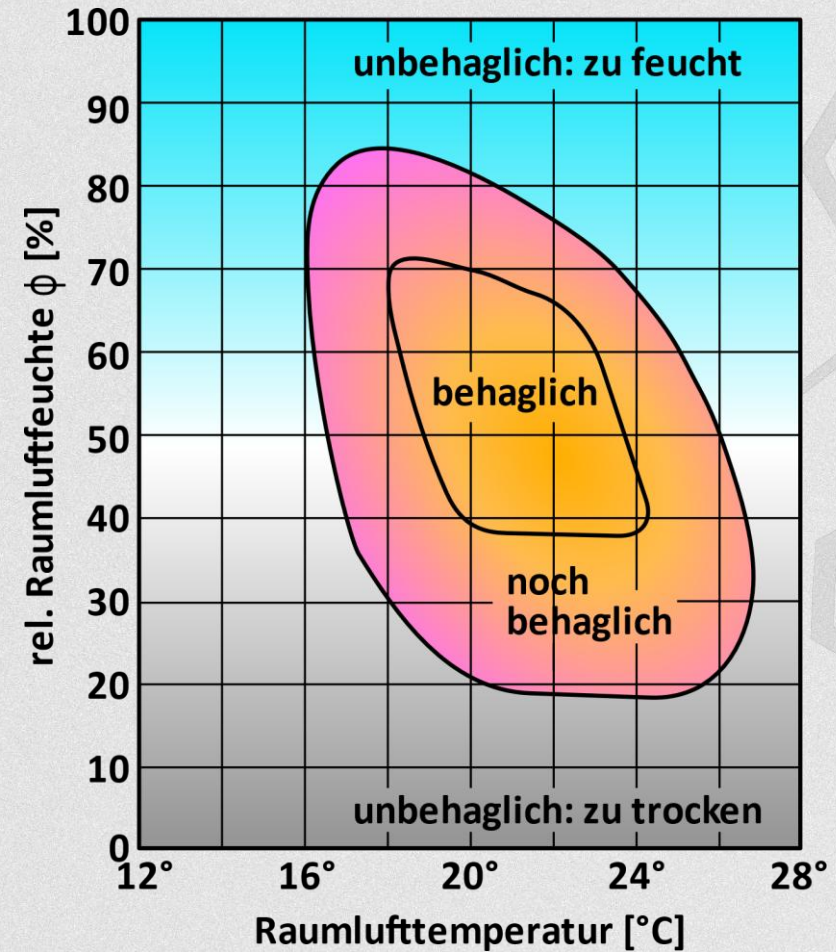
BI21



# Behaglichkeit



Raumbehaglichkeit



Relative Luftfeuchtigkeit & Behaglichkeit



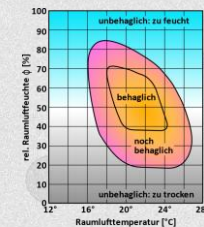
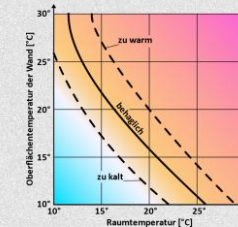
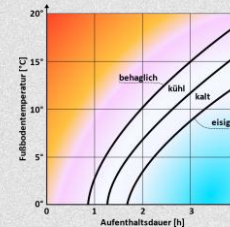
# Übungen 3 – Behaglichkeit

Erläutern Sie die Diagramme allgemein  
& anhand eines Beispiel



BB21

- Fußbodenbehaglichkeitskurve
- Raumbegleichheit
- Relative Luftfeuchtigkeit & Behaglichkeit



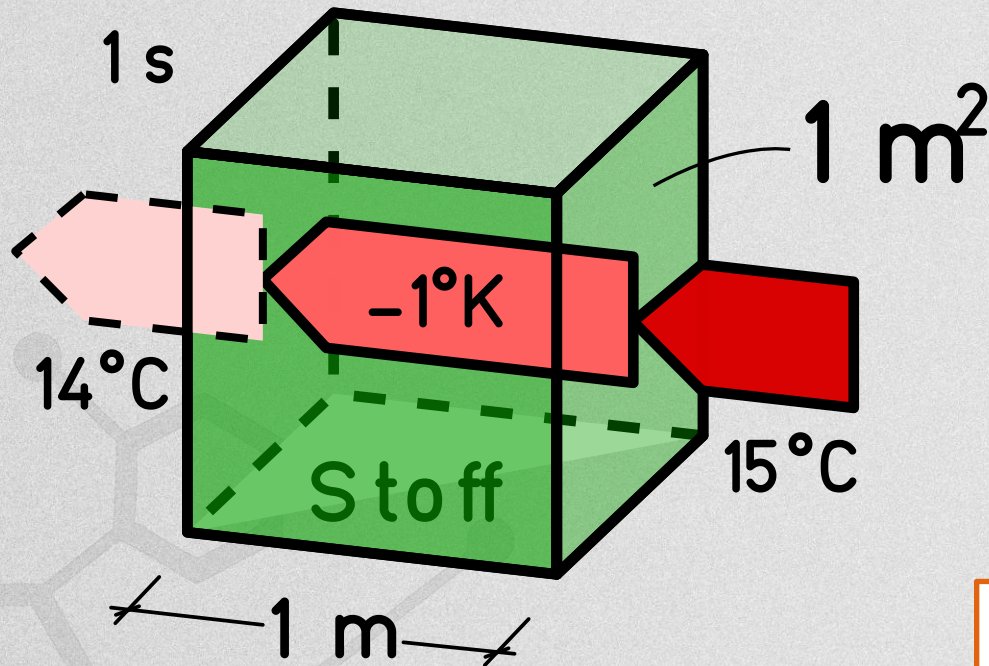
BI21

Beschreiben Sie, wie auf dem Raum-Klimamesser das Raumklima bestimmt wird.

Verwenden Sie die Begriffe Hygrometer, Thermometer, Behaglicher Bereich.  
Nehmen Sie Bezug zu dem entsprechenden Diagramm



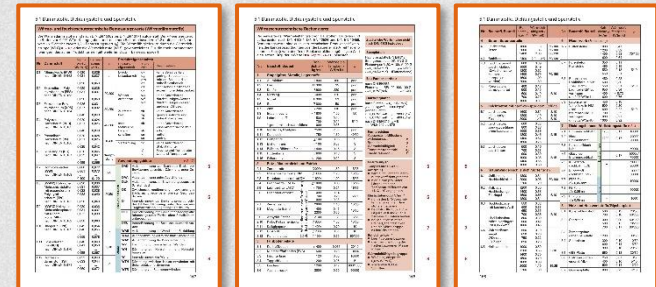
# Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (Lambda)



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 (T17: S.165ff / T18: S.178ff).





# Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (Lambda)



T15: 165

## 5.1 Dämmstoffe, Dichtungsstoffe und S

Nr.	Baustoff, Bauteil	Roh- dichte $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleit- fähigkeit $\lambda$ W/(m·K)	$\mu$
<b>4</b>	<b>Beton, Betonbauteile</b>			
4.1	Leichtbeton, Beton	1800 2000 2400	1,15 1,35 2,00	60/100 60/100 80/130
4.2	Stahlbeton	2400	2,3 ... 2,5	80/130
4.3	Leichtbeton mit geschl. Gefüge (Zwischenwerte können interpoliert werden)	800 1000 1200 1400 1600 2000	0,39 0,49 0,62 0,79 1,00 1,60	70/150



# Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (Lambda)

Hersteller von Baumaterialien versehen Ihre Produkte oft mit Kennzeichnungen. Meist, wenn größere Mengen z.B. palettenweise abgenommen werden.

Auf diesen **Kennzeichnungen** finden sich **genaue Angaben** über das Produkt.

Diese sind dann genauer als die allgemeinen Werte aus Tabellenbüchern.

## MusterPU XY

# 1234 5678

### Polyurethan (PU)-Hartschaum

(PU rigid foam / PU mousse rigide)

Anwendungstyp DAA dh, DEO dh (DIN 4108-10)



www.uegpu.de



pure life ist ein Siegel der UGPU e.V.



Nr. Prüfstelle (notified body): 0751  
Muster GmbH & Co. KG,  
00000 Musterstadt, Musterstraße 1  
13

Leistungserklärung (DoP) Nr. 4015  
EN 13165:2012+A1:2015  
Muster PU abc2014  
Wärmedämmung für Gebäude (ThIB)

$\lambda_D = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$   $R_D = 4,50 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$   $d_N = 100 \text{ mm}$

RTF: E (EN 13501-1)

PU - EN 13165 - T2 - DS(70,30)3 - DS(-20,-)2 - CS(10/Y)120-TR40-DLT(2)5-WS(P)0,10

### Nennwert Wärmeleitfähigkeit:

(declared thermal conductivity/conductivité déclarée)

$\lambda_D = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Herstellwerk:  
Muster GmbH & Co. KG  
00000 Musterstadt

Dicke  
(thickness/épaisseur):

**100 mm**

### Format (size/dimension):

1200 x 2400 mm (Außenmaß)

1185 x 2385 mm (Einbaumaß)

### 3 Platten (boards/des plaques):

Außenmaß: 8,64 m<sup>2</sup>

Einbaumaß: 8,48 m<sup>2</sup>



Leistungserklärung: [www.musterfirma.de](http://www.musterfirma.de)

Herstelldatum:  
(date of production)



# Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (Lambda)

Die Wärmeleitfähigkeit hängt vom Material sowie von Art, Größe und Verteilung der Poren ab, und damit von der Rohdichte des Stoffes. Des Weiteren spielen die Temperatur und der Feuchtegehalt des Stoffes eine Rolle.

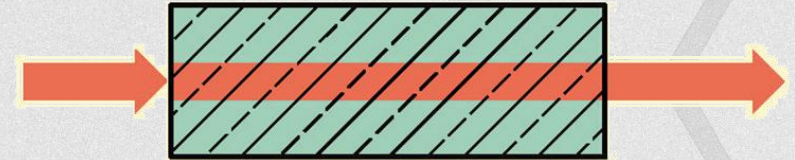
## Merksätze:

Je kleiner  $\lambda$ , desto besser die Wärmedämmung und desto schlechter die Wärmeleitung.

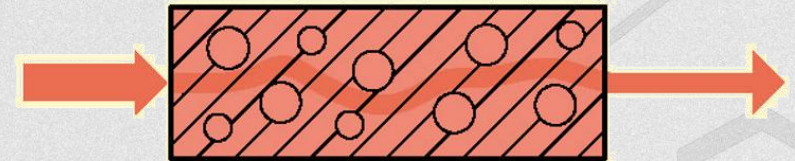
Je mehr Luftporen und je geringer die Rohdichte des Stoffes, desto kleiner  $\lambda$ .

Je feuchter ein Stoff, desto schlechter die Wärmedämmung.

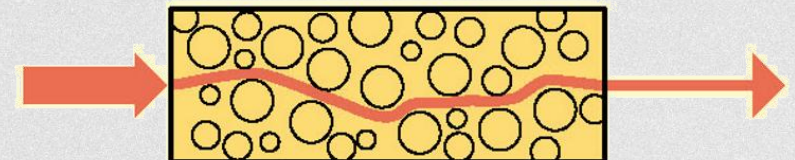
Je niedriger die Stofftemperatur, desto schlechter die Wärmeleitung.



geringer Luftporenanteil  
= hohe Wärmeleitfähigkeit



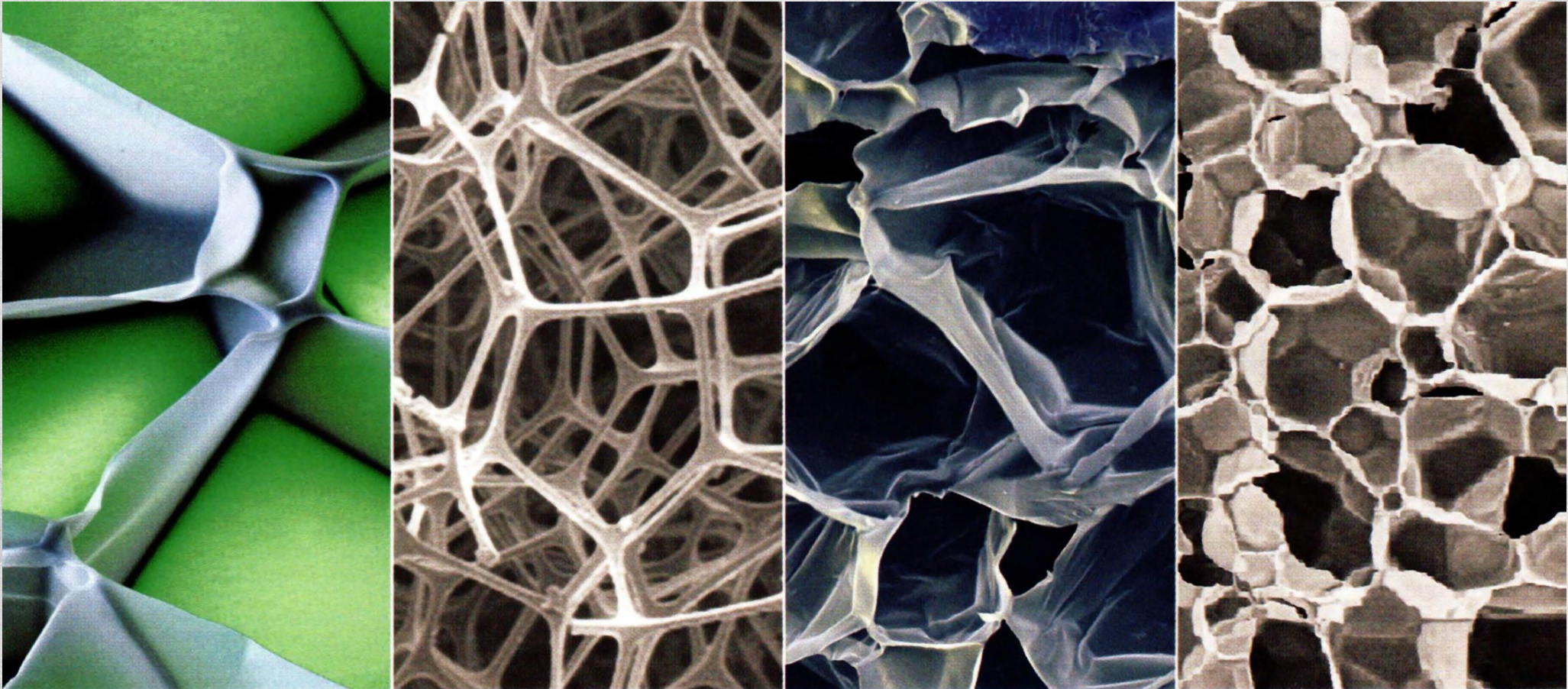
mäßiger Luftporenanteil  
= mittlere Wärmeleitfähigkeit



hoher Luftporenanteil  
= geringe Wärmeleitfähigkeit



# Hoher Luftporenanteil = geringes $\lambda$ , gute Dämmung



Schaumstoffe zu Dämmzwecken: Styrodur® C, Basotect®, Neopor® und Polyurethan-Hartschäume (von links nach rechts). Aus „Technologie Energie“ H&T Verlag, Schubert, 2016



# Übung 4

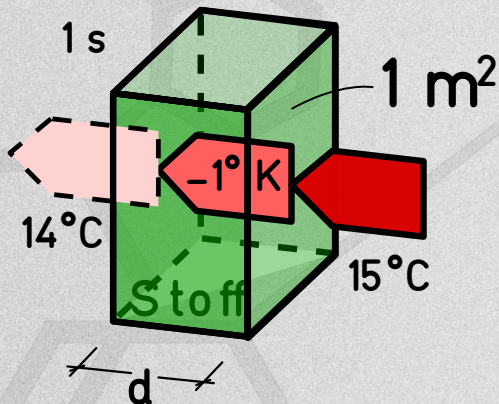
## 1. Ermitteln Sie aus den Tabellen je DREI Materialien mit

- a) *geringem Luftporenanteil und hohem Lambda-Wert*
- b) *mäßigem Luftporenanteil und mittlerem Lambda-Wert*
- c) *hohem Luftporenanteil und geringem Lambda-Wert.*

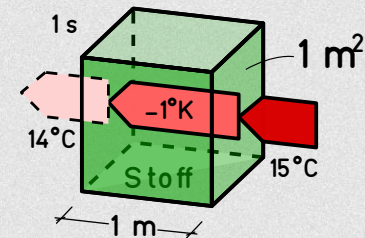
**WLG =**

Wärmeleitgruppe.  
Dies entspricht den  
Nachkommazahlen des  
Lambda-Wertes.

## 2. Ermitteln Sie die Dicke des jeweiligen Baustoffes, damit die Wärmeleitfähigkeit dem Lambda-Wert von Nadelholz ( $\lambda = 0,13 \frac{W}{m \cdot K}$ ) entspricht:



- a) *Leichtbeton Rohdichte  $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$*
- b) *Dämmung aus EPS WLG **050** ( $\rightarrow \lambda = 0, \underline{050} \frac{W}{m \cdot K}$ )*
- c) *Gipsputz  $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$*
- d) *Hlz  $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$*





# LÖSUNGSVORSCHLAG

- 4.1 a) Alu, Kupfer, Blei, Messing  
 b) Zementmörtel, Schaumlava?, (Pulver) Glas  
 Kalksandstein  
 c) Teppichboden 0,060, Mineralwolle 0,030  
 Holzwoleplatte 0,063

4.2 a) Holz:  $\lambda = 0,13 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$  / 1m Dicke  
 Leihb.:  $\lambda = 1,15 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$  / ? m Dicke

$$1 : 0,13 \times 1,35 = \underline{0,384 \text{ m}}$$

b) EPS:  $\lambda = 0,050 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$

$$\underline{0,384 \text{ m}}$$

c) Gipsputz:  $\lambda = 0,51 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$

$$d \approx \underline{3,923 \text{ m}}$$

d)

$$\underline{6,230 \text{ m}}$$

Diagramm zur Berechnung der Dicke d:

m	$\lambda$
1,0	0,13
10,384	1,35

Rechnung:  $0,13 \cdot 1,15 = 0,1495$



# Wärmedurchlasswiderstand R

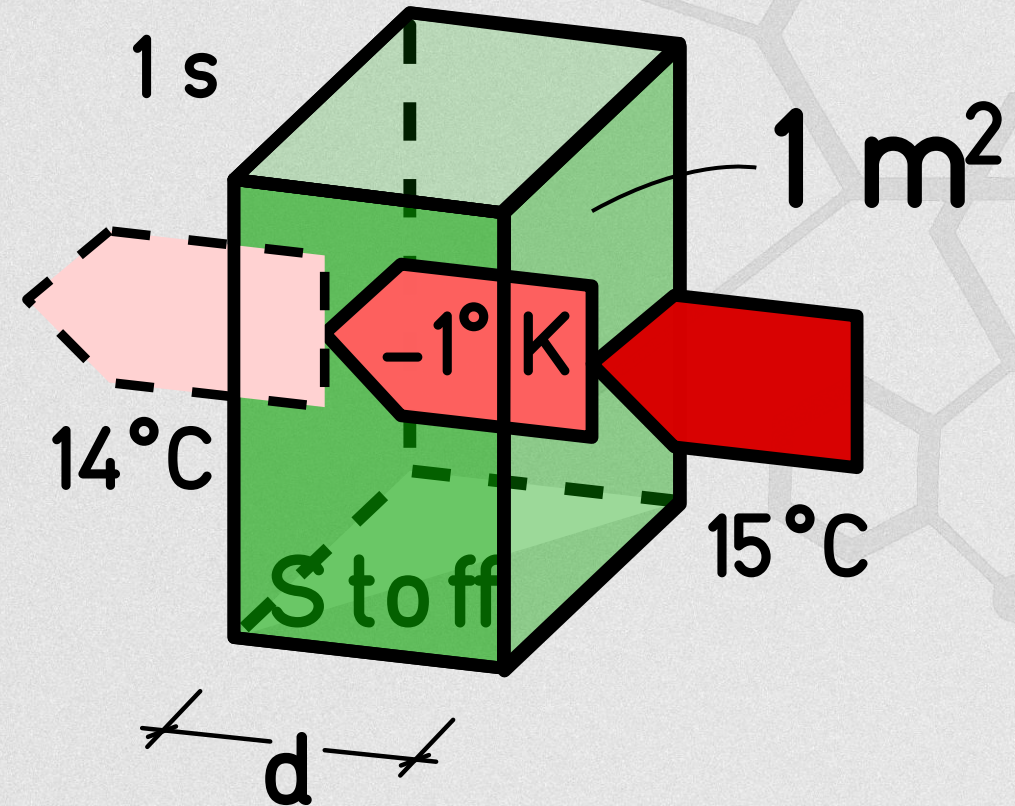
Ein Bauteil wird in der Praxis nach dem **Wärmedurchlasswiderstand R** beurteilt.

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

Der Wärmedurchlasswiderstand bezieht sich auf **1m<sup>2</sup> Fläche** aber auf die **konkrete Dicke** des Bauteils:

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

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







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



# Abkürzungen mit zugehörigen Quellen

**T15:** Das im Unterricht verwendete Tabellenbuch in der 15. 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** (2019), Tabellenbuch Bautechnik, 15. Auflage, Haan-Gruiten: VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL



**T15: 170**



**W36: 1135**

**W26:** Ein umfangreicheres Tabellenwerk, welches häufig in Universitäten und Hochschulen verwendet wird. Hier nur als ergänzende Quelle – nicht als Literaturempfehlung zu sehen.

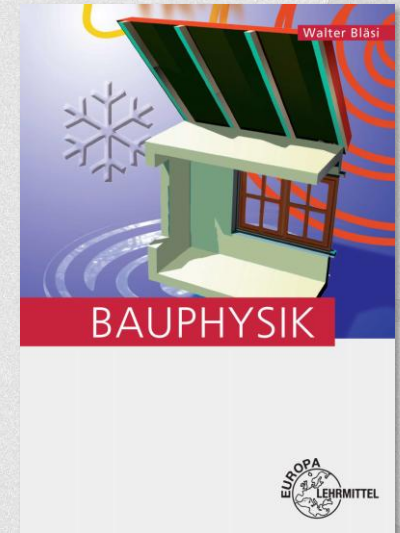
**Vismann, Ulrich** (Hrsg.) (2018), Wendehorst – Bautechnische Zahlentafeln, 36. Auflage, Aachen, Deutschland: Verlag Springer Vieweg



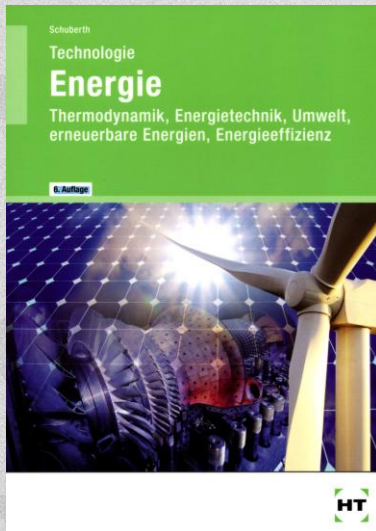
# Abkürzungen mit zugehörigen Quellen

**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** 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** wurden selbst erstellt und 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.