



BG 12 Bautechnik

LK im 2. Halbjahr



Q2 Leistungskurs

Energiesparendes Bauen

Teil 1 : wärmephysikalische
Grundlagen

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

Kerncurriculum berufliches Gymnasium

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 Dachkonstruktionen und -aufbauten	
Q3.1 Decken	

Quelle: Kultusministerium Hessen

31

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“ sind energiesparende Bauen zunehmend an Bedeutung. Die Energieeinsparungen treten deutlich stärker in das öffentliche Bewusstsein.

Aufbauend auf dem GK Konstruktionslehre „Energetik“ werden technischen Begriffe und die gesetzlichen Vorgaben explizit behandelt. Ausgehend von dem Wärmeschutz der Gebäudehülle ist die jeweils aktuelle Energieeinsparverordnung von Nachweisverfahren der Gebäudetechnik.

Bezug zu fachlichen Konzepten

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

verbindlich:

Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfelder 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
- Wärmestromung
- Wärmestrahlung
- Kenngrößen
- Wärmedurchlasskoeffizient
- Wärmeübergangskoeffizient
- Wärmedurchgangskoeffizient
- Wärmespeicherfähigkeit

HMKB **Kerncurriculum berufliches Gymnasium**

Fachrichtung: Technik
Schwerpunkt: Bautechnik

Fach: Bautechnik

Q2.1 Wärmephysikalische Grundlagen

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

39

40

Quelle: Kultusministerium Hessen

Eingliederung des Themenbereichs

Bauphysik

Wärmeschutz

Feuchteschutz

Schallschutz

Brandschutz

Sommer

Winter

Tau-
wasser

Grund-
wasser

Regen

Luft

Körper

Tritt

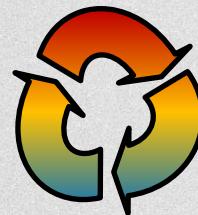
Bau-
stoffe

Bauteile

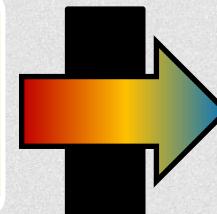
Wärmetransport

Wärme

Konvektion



Wärmeleitung



Wärmestrahlung



Verteilung durch
Bewegungen einer
Flüssigkeit oder Gases

Verteilung der Wärme
innerhalb eines
Materials

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

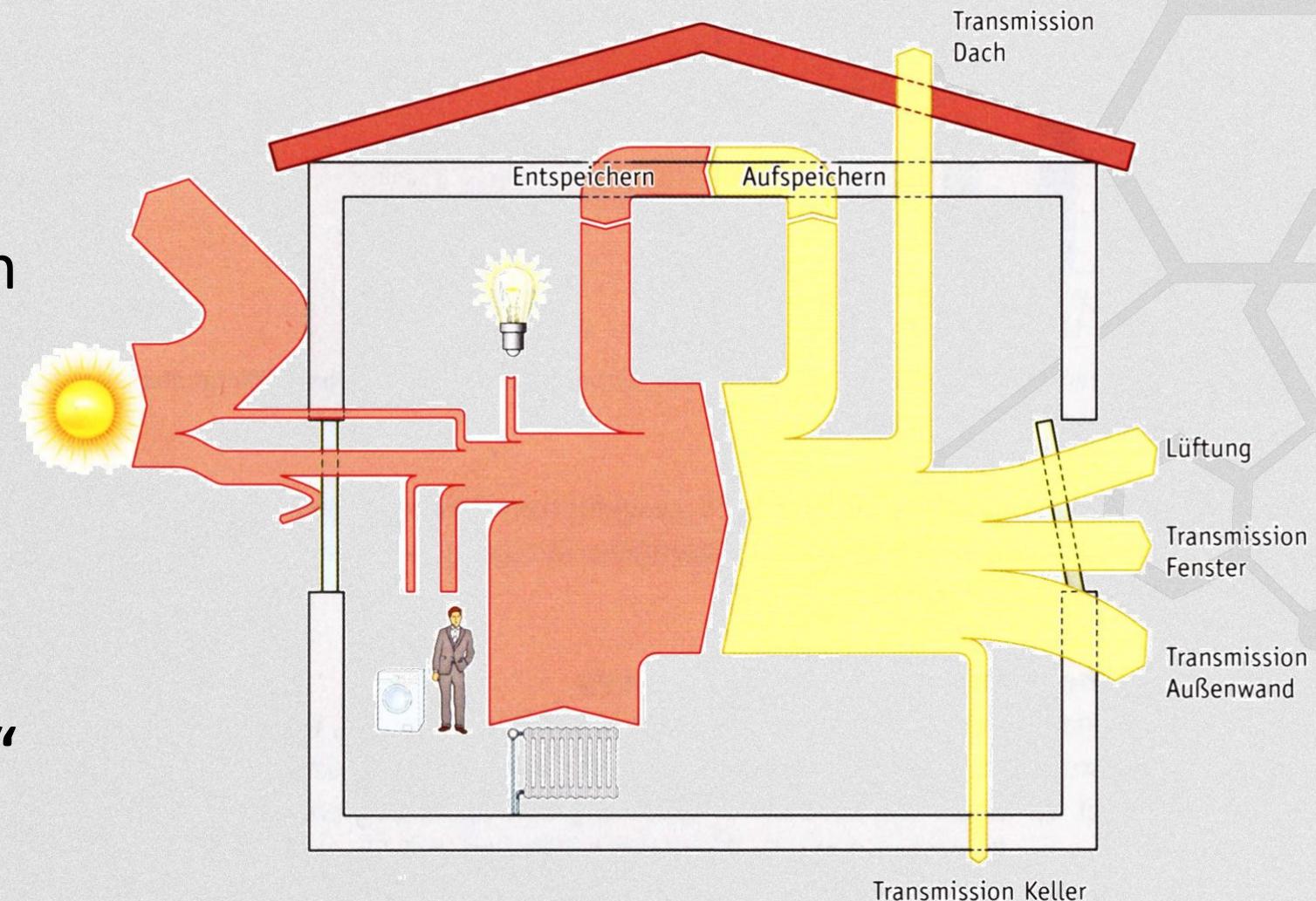
- a) *mit Reflektor,*
- b) *mit Ventilator arbeitet.*

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]
 ρ Rohdichte [kg/m³]

m' flächenbezogene Masse [kg/m²]
 $m' = d \cdot \rho$

c_p spezifische Wärmekapazität [J/(kg·K)]
 $\Delta \vartheta$ Temperaturdifferenz [°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 $< 0,1$ 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
Leichtlochziegel	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 $\epsilon = 1.200 \text{ kg/m}^3$ hat eine mittlere Temperatur von 14°C .

Die Wandoberflächentemperatur beträgt 17°C .

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

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

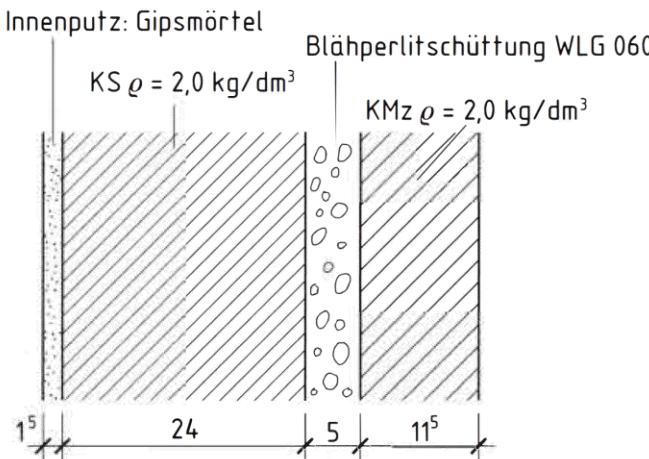
$$Q = 360\,000 \text{ J/m}^2 = 0,10 \text{ kWh/m}^2$$

Übung 2

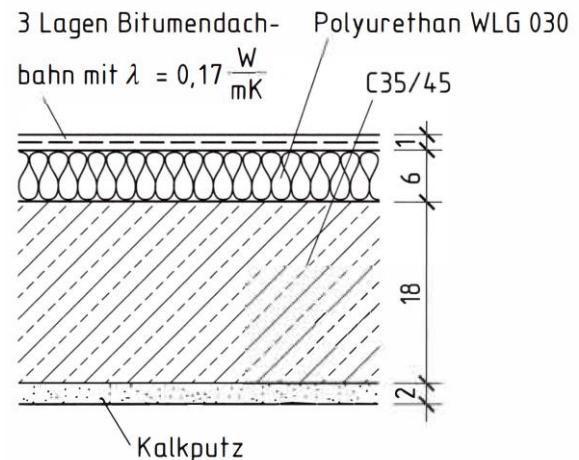
Speicherbare Wärmeenergiemenge Q

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

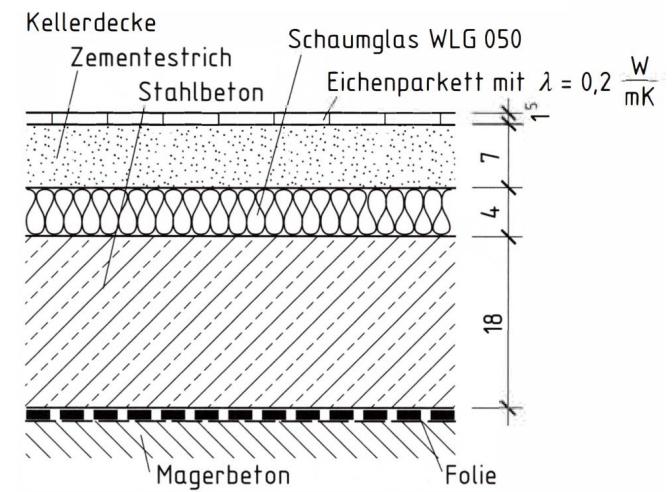
a) Wandaufbau



b) Dachaufbau (Flachdach)



c) Bodenaufbau (zu Erdreich)



Lösung 2.1

Lösung von Jonas

Wandaufbau

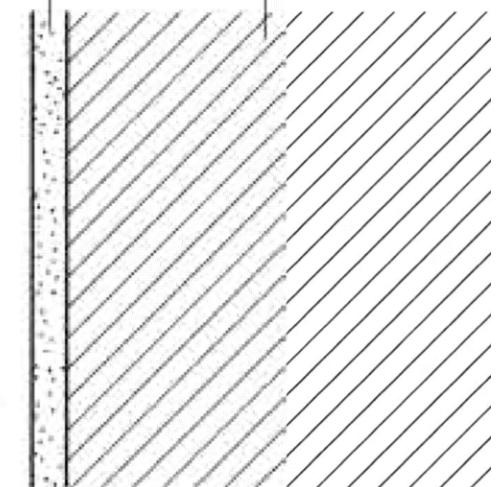
$$Q : 1.200 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,015 \text{ m} \cdot 1000 \text{ j. u. k}^2 : 3.600 = 20$$

$$Q : 2.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,085 \text{ m} \cdot 1000 \text{ j. u. k}^2 : 3.600 = \underline{\underline{188,8}} \\ = 208,8 \text{ Wh/m}^2$$

Wandaufbau

Innenputz: Gipsmörtel

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



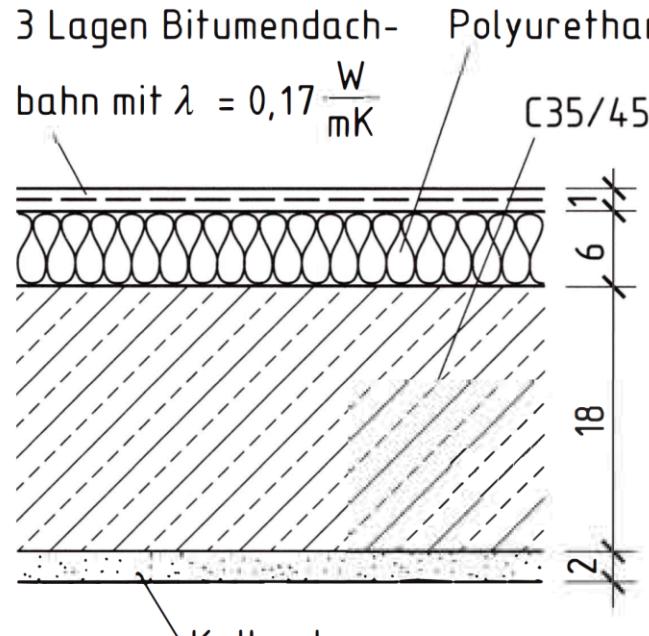
15 | 24

Lösung 2.2

Lösung von Jonas

Dachaufbau

3 Lagen Bitumendach-
bahn mit $\lambda = 0,17 \frac{W}{mK}$



Dachaufbau

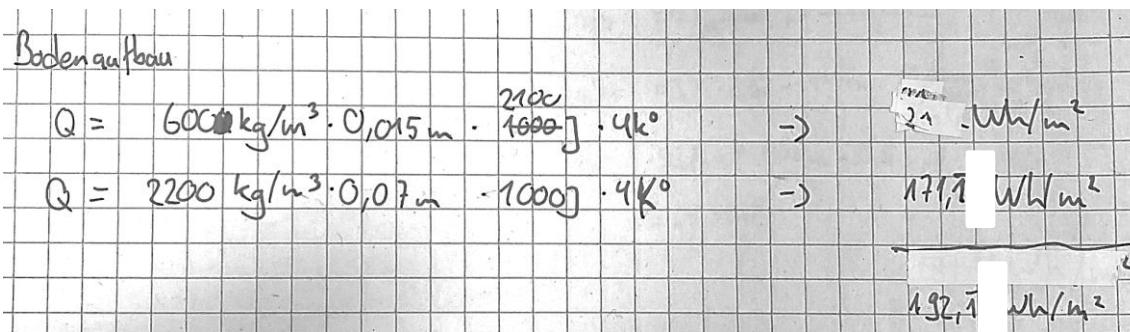
$$Q: 1.800 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,02m \cdot 1000 \frac{J}{W \cdot K} \cdot 3.600 = 40 \frac{Wh}{m^2}$$
$$Q: 2.500 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,08m \cdot 1000 \frac{J}{W \cdot K} \cdot 3.600 = 222,2 \frac{Wh}{m^2}$$
$$= 262,2 \frac{Wh}{m^2}$$

$$40,00$$
$$2400 \times 0,08 \times 1000 \times 4 : 3.600 = 213,3333333$$

$$253,3333333 \frac{Wh}{m^2}$$

Lösung 2.3

Lösung von Jan



: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

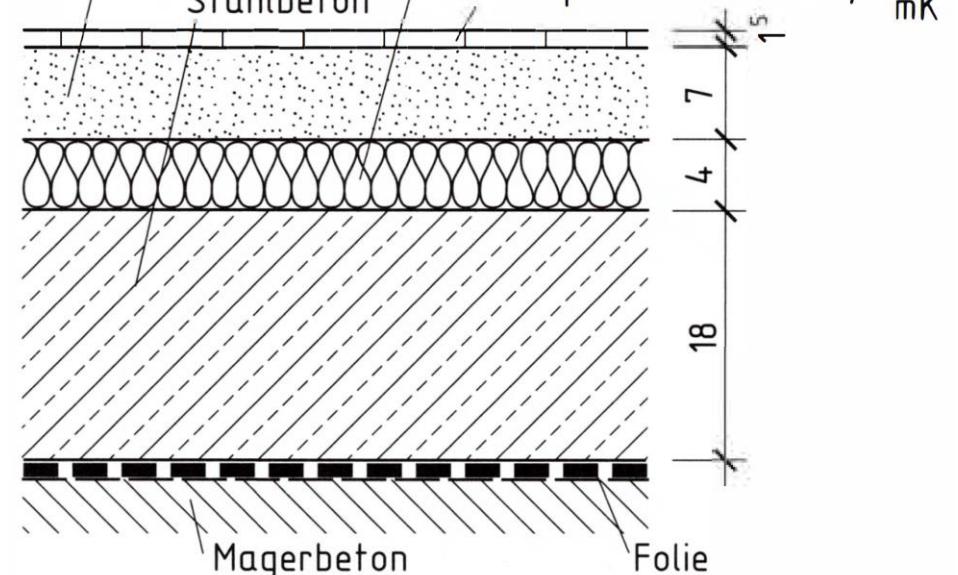
Kellerdecke

Zementestrich

Stahlbeton

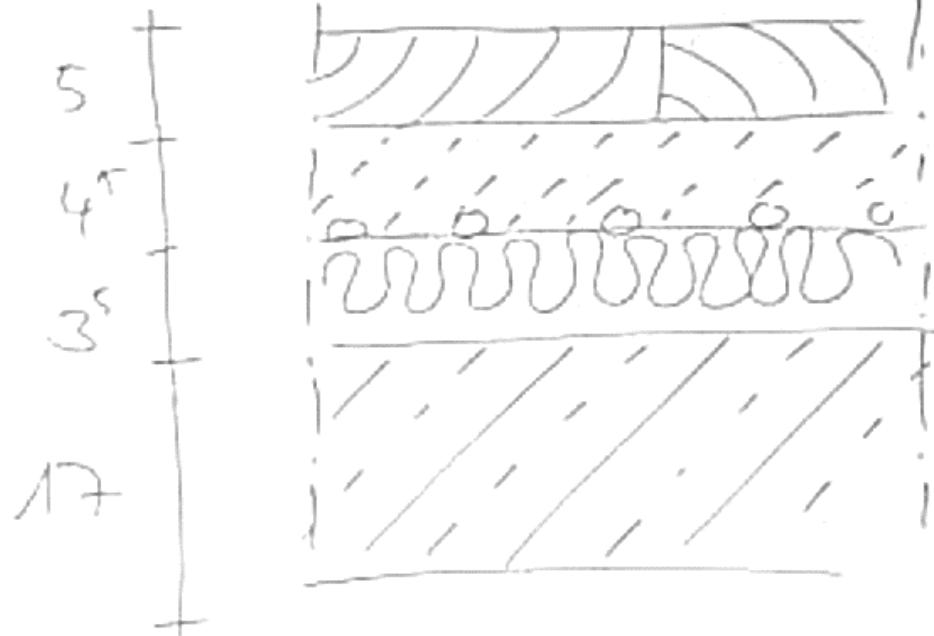
Schaumglas WLG 050

Eichenparkett mit $\lambda = 0,2 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$



Beispiel Tafel 2021-11-26

EG

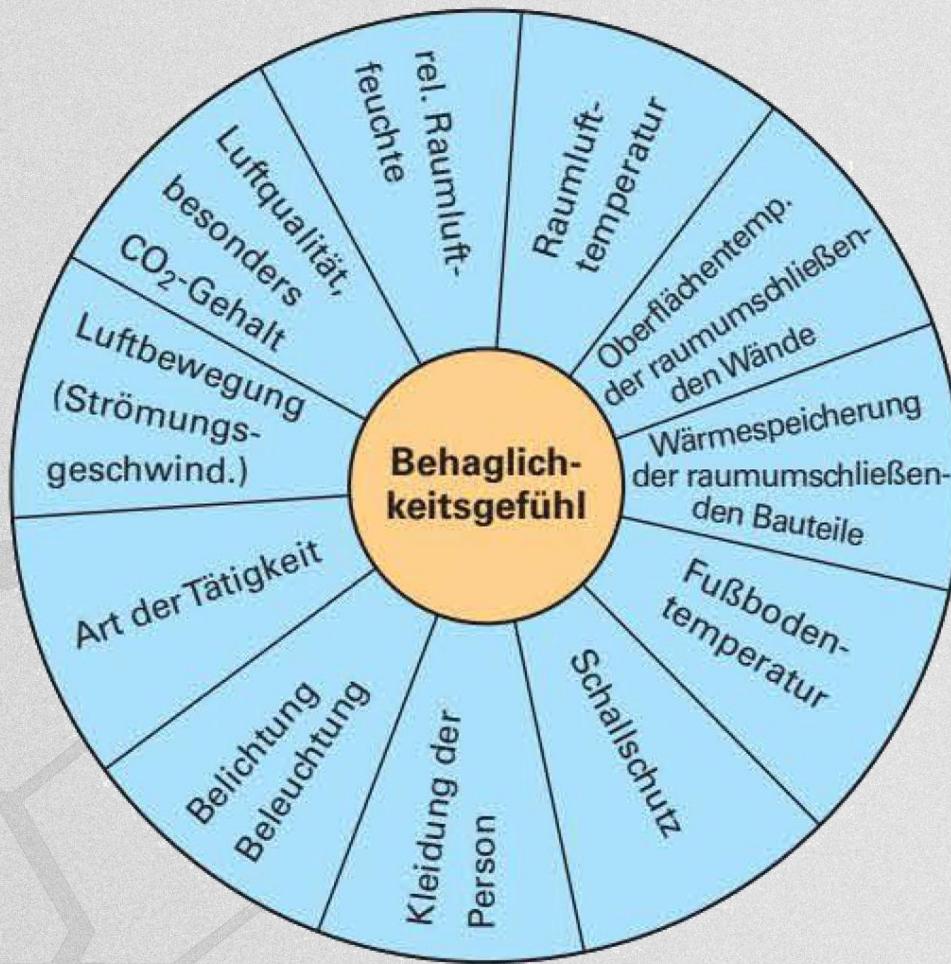


Eiche vollholzdiele
Zementestrich
Tragsdalldämmung WLG 035

StB C20/25

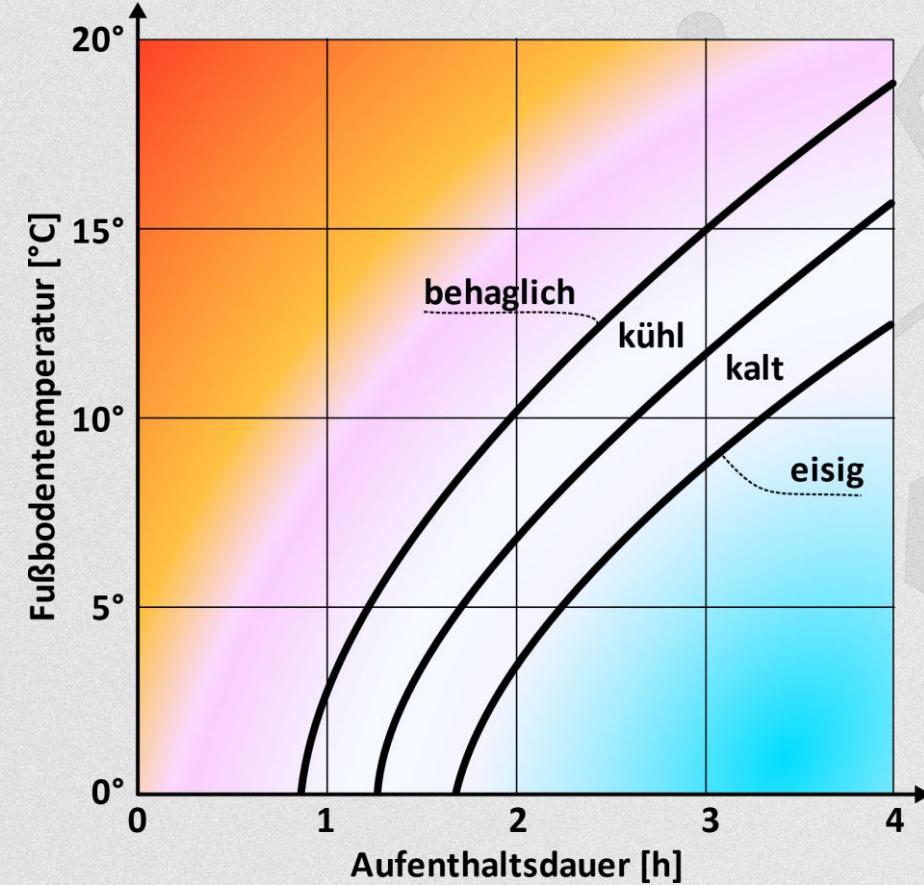
KG

Behaglichkeit



Abhängigkeiten der Behaglichkeit

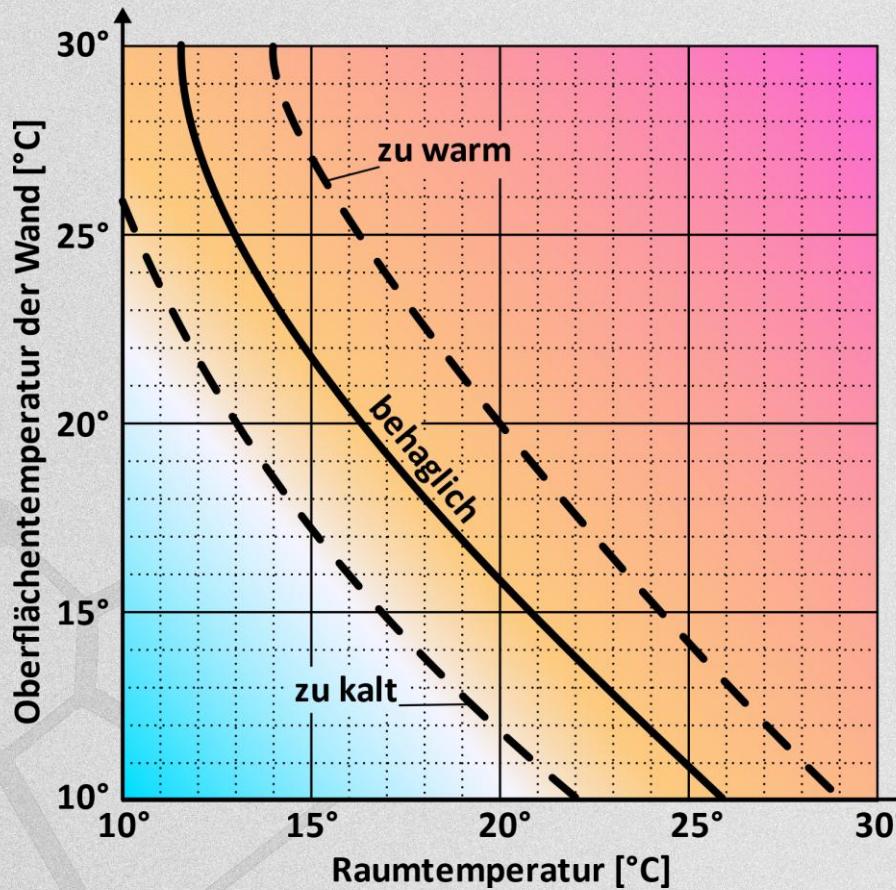
Quelle: Fachbuch Bauphysik S.20, Bild 1



Fußbodenbehaglichkeit

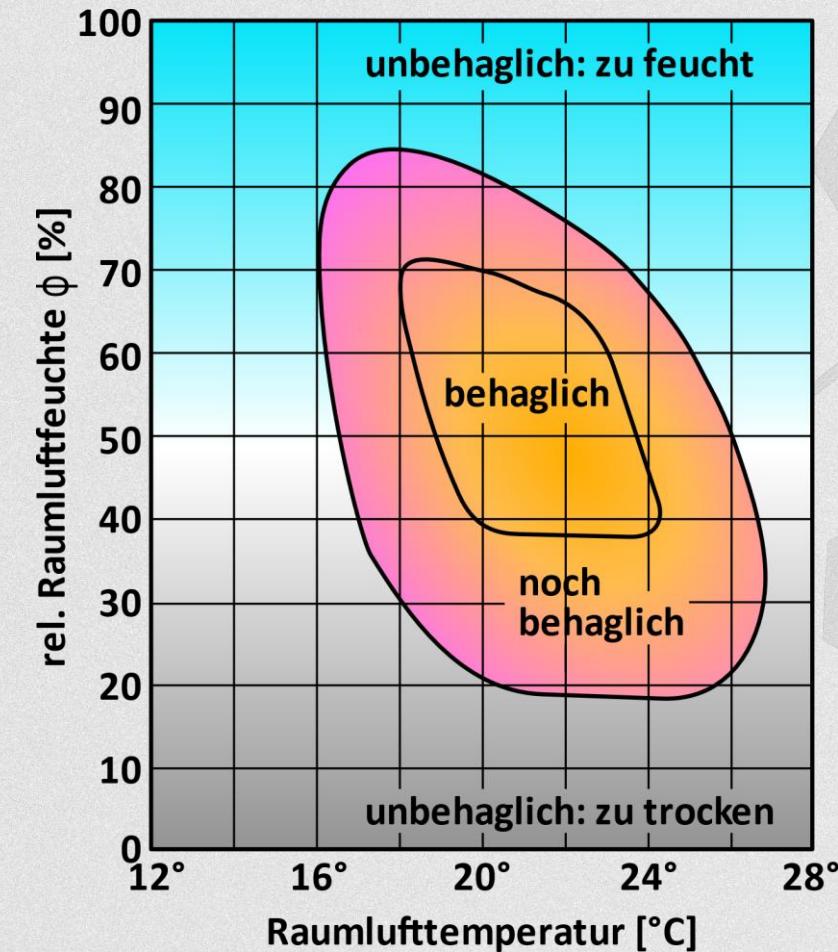
BI21

Behaglichkeit



Raumbehaglichkeit

BI21



Relative Luftfeuchtigkeit & Behaglichkeit

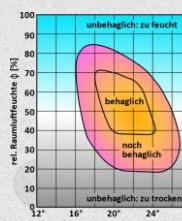
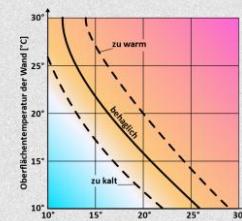
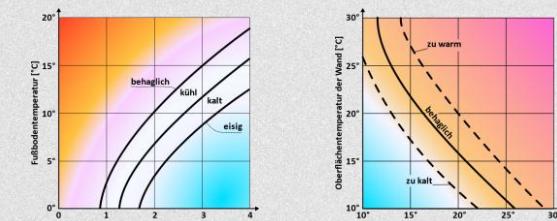
BI21

Übungen 3 – Behaglichkeit

Erläutern Sie die Diagramme allgemein
& anhand eines Beispiel

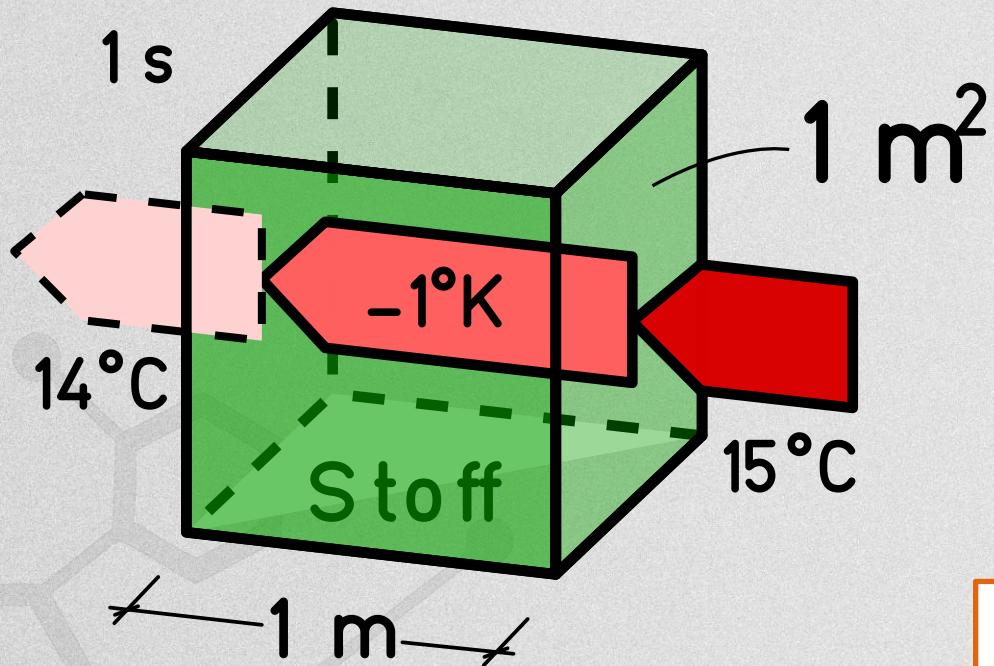


- a) Fußbodenbehaglichkeitskurve
- b) Raumbehaglichkeit
- c) Relative Luftfeuchtigkeit & Behaglichkeit



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

Die Wärmeleitfähigkeit wird aus dem Tabellenbuch entnommen (T17: S.165ff / T18: S.178ff).

Wärmeleitfähigkeit λ (Lambda)



T15: 165

5.1 Dämmstoffe, Dichtungsstoffe und S

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

Wärmeleitfähigkeit λ (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 DGPÜ o.V.
 Nr. Prüfstelle (notified body): 0751 Muster GmbH & Co. KG, 00000 Musterstadt, Musterstraße 1 13	Nennwert Wärmeleitfähigkeit: (declared thermal conductivity/conductivité déclarée) $\lambda_d = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	Dicke (thickness/épaisseur): 100 mm
$\lambda_d = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ R _d = 4,50 m ² ·K/W R _t : E (EN 13501-1) PU - EN 13165 - T2 - DS(70,80)3 - DS(-20,-)2 - CS(10/Y)120-TR40-DLT(2)5-WS(P)3,10	Leistungserklärung (DoP) Nr. 4015 EN 13165:2012+A1:2015 Muster PU abc2014 Wärmedämmung für Gebäude (Th/B)	Herstellwerk: Muster GmbH & Co. KG 00000 Musterstadt
	Format (size/dimension): 1200 x 2400 mm (Außenmaß) 1185 x 2385 mm (Einbaumaß)	3 Platten (boards/des plaques): Außenmaß: 8,64 m ² Einbaumaß: 8,48 m ²

Polyurethan
dämmt besser

Leistungserklärung: www.musterfirma.de

Herstelldatum:
(date of production)

Wärmeleitfähigkeit λ (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.

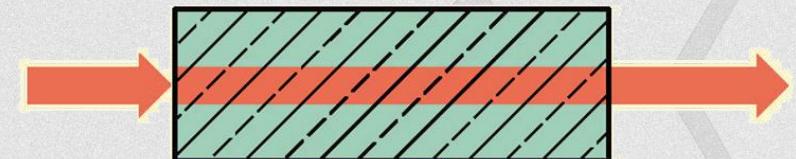
Merksätze:

Je kleiner λ , desto besser die Wärmedämmung und desto schlechter die Wärmeleitung.

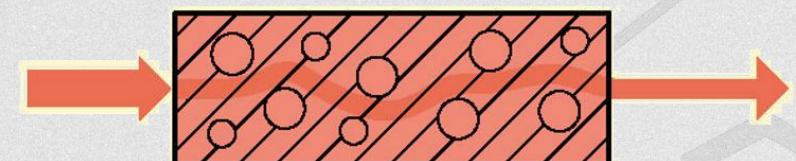
Je mehr Luftporen und je geringer die Rohdichte des Stoffes, desto kleiner λ .

Je feuchter ein Stoff, desto schlechter die Wärmedämmung.

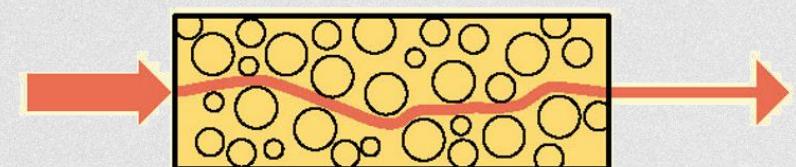
Je niedriger die Stofftemperatur, desto schlechter die Wärmeleitung.



geringer Luftporenanteil
= hohe Wärmeleitfähigkeit

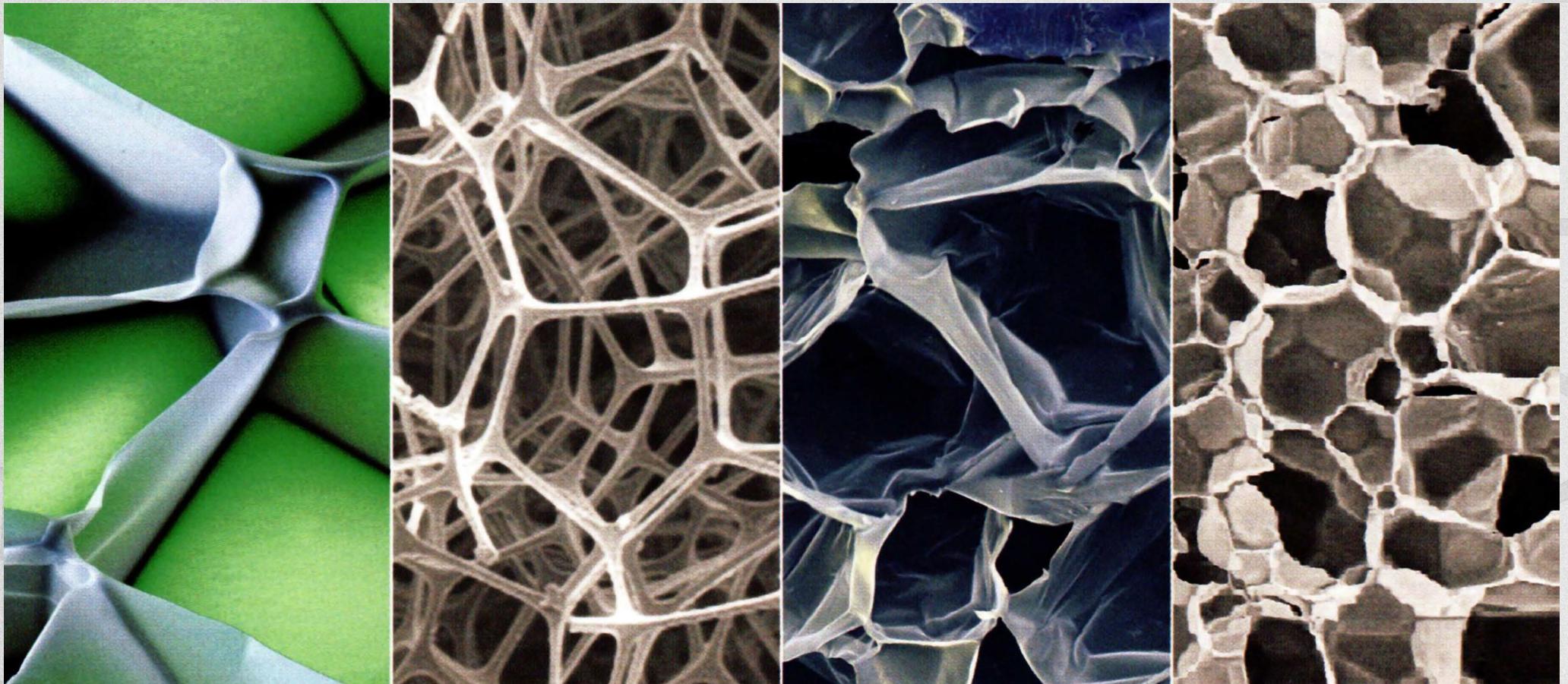


mäßiger Luftporenanteil
= mittlere Wärmeleitfähigkeit



hoher Luftporenanteil
= geringe Wärmeleitfähigkeit

Hoher Luftporenanteil = geringes λ , 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

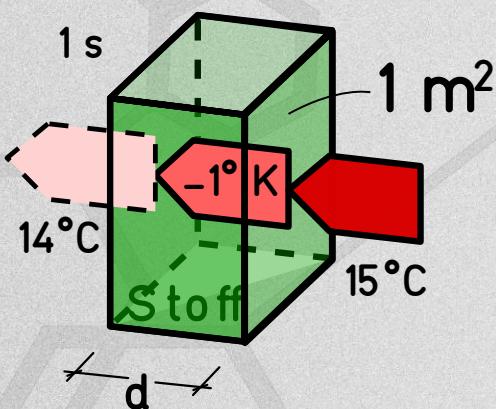
1. Ermitteln Sie aus den Tabellen je DREI Materialien mit

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

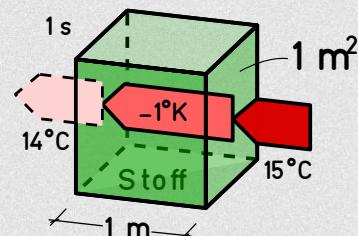
WLG =
Wärmeleitgruppe.
Dies entspricht den
Nachkommazahlen des
Lambda-Wertes.

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 ($\rightarrow \lambda = 0,050 \frac{W}{m \cdot K}$)*
- c) *Gipsputz $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$*
- d) *Hlz $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$*



$$\lambda = 0,13 \frac{W}{m \cdot K}$$



LÖSUNGSVORSCHLAG

- 4.1 a) Alu, Kupfer, Blei, Messing
 b) Zementmörtel, Schaumglas?, (Vakuum) Glas
 Kalksandstein
 c) Teppichboden 0,060, Mineralwolle 0,030
 Holzwolleplatte 0,063

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

$$\left(\begin{array}{c|c} m & \lambda \\ \hline 1,0 & 0,13 \\ \hline 1,0,384 & 1,15 \end{array} \right) : \frac{0,13}{1,15}$$

$$1 : 0,13 \times 1,35 = \underline{1,0384 \text{ m}}$$

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

0,384 m

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

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

d)

6,230 m

Wärmedurchlasswiderstand R

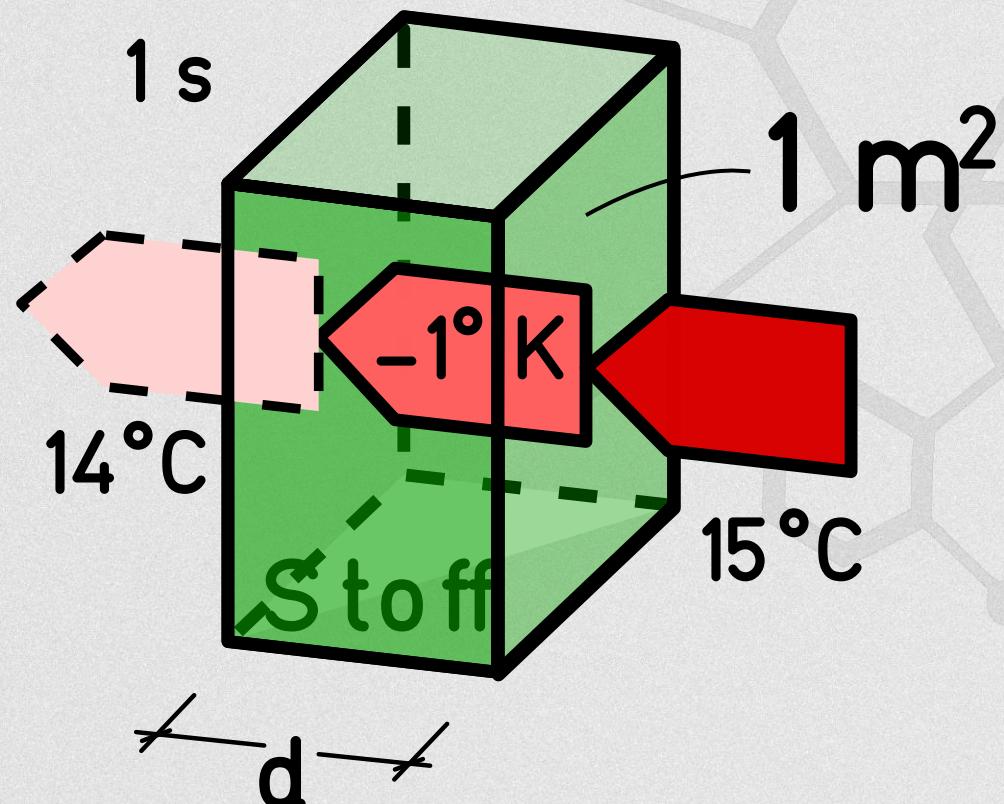
Ein Bauteil wird in der Praxis nach dem **Wärmedurchlasswiderstand R** beurteilt.

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

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

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

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



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_{se}

5

Wärmedurchgangs-
koeffizient

Wärmedurchgangszahl

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

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

Bauteilhöchstwerte
nach GEG:

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

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



W36: 1135



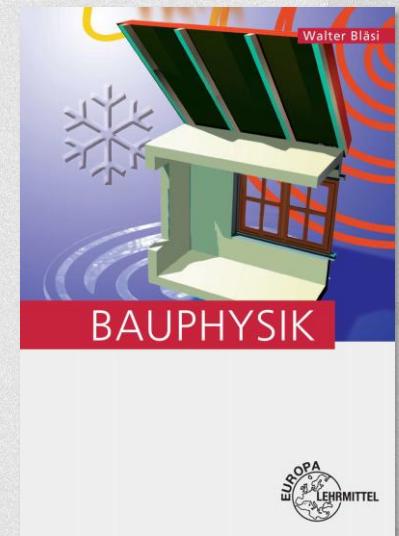
T15: 170

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

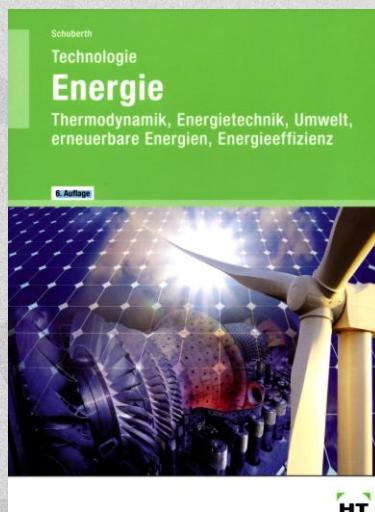
BP10: Bauphysik, 10. Auflage. Dieses Buch liegt als Klassensatz der Schule vor.
Viele Aufgaben, Grafiken, Übungen entspringen dieser Quelle.



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** 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.