



FOS 12 Bautechnik
Pflichtfach, 2. Halbjahr



Themenfeld 12.2

Energiesparendes Bauen

**Teil 1 : wärmephysikalische
Grundlagen**

Inhalte nach FOS Kerncurriculum



Hessisches Kultusministerium Kerncurriculum Fachoberschule

Fachrichtung: Technik
Schwerpunkt: Bautechnik

Für Lernende der Organisationsform B gilt: Im Wahlpflichtunterricht kann mindestens ein Wahlpflicht-Themenfeld angeboten werden, das an Inhalte der dualen Ausbildung anknüpft und diese vertieft. Dieses Wahlpflicht-Themenfeld unterscheidet die Organisationsformen und kann von Lernenden der Organisationsform A nicht gewählt werden.

3.3.2 Übersicht über die Themenfelder

Themenfelder Organisationsform A Ausbildungsabschnitt I		Zeitrichtwerte in Stunden	
Organisationsform A			
Pflicht-Themenfelder			
11.1	Technisches Zeichnen	40	
11.2	Baustoffe	40	
11.3	Grundlagen der Bautechnik	40	
11.4	Lern- und Arbeitsmethoden	40	
Wahlpflicht-Themenfelder			
11.5	Energietechnik	40	
11.6	Messen und Maße	40	
11.7	Baugeschichte	40	
11.8	Arbeitssicherheit	40	
Themenfelder Organisationsform A Ausbildungsabschnitt II sowie Organisationsform B		Zeitrichtwerte in Stunden	
		Organisationsform A	Organisationsform B
Pflicht-Themenfelder			
12.1	Tragwerkssysteme	80	80
12.2	Wärmeschutz und energiesparendes Bauen	80	80
12.3	Projekt	80	80
per Erlass zuschaltbare Pflicht-Themenfelder			
12.4	Wandkonstruktionen	80	80
12.5	Treppenkonstruktionen	80	80
12.6	Dach- und Deckenkonstruktionen	80	80

Hessisches Kultusministerium Kerncurriculum Fachoberschule

Fachrichtung: Technik
Schwerpunkt: Bautechnik

Themenfelder Organisationsform A Ausbildungsabschnitt II sowie Organisationsform B		Zeitrichtwerte in Stunden	
		Organisationsform A	Organisationsform B
Wahlpflicht-Themenfelder			
12.7	Technisches Zeichnen (CAD)	40	40
12.8	Bauen im Bestand	40	40
12.9	Modellbau	40	40
12.10	Angewandte Mathematik	40	40
12.11	Restaurieren und Modernisieren	---	40

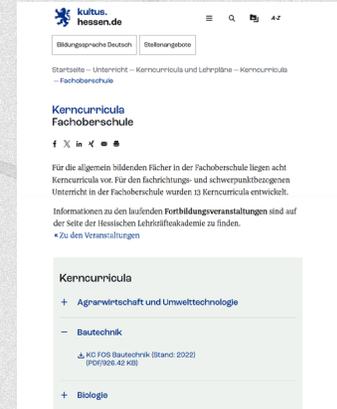
3.3.2.1 Verbindliche Regelungen zur Bearbeitung der Themenfelder bei einem modularen Angebot der Schwerpunkte Bautechnik, Elektrotechnik, Informationstechnik, Maschinenbautechnik und Wirtschaft

Nach § 2 Abs. 3 der Verordnung über die Ausbildung und Abschlussprüfung an Fachoberschulen (VOFOS) vom 17. Juli 2018 (ABl. S. 634), in der jeweils geltenden Fassung, können die Schwerpunkte Bautechnik, Elektrotechnik, Informationstechnik sowie Maschinenbautechnik in der Fachrichtung Technik sowie der Schwerpunkt Wirtschaft in der Fachrichtung Wirtschaft und Verwaltung gleichgewichtet fachrichtungs- bzw. schwerpunktübergreifend modular angeboten werden. Maximal zwei der genannten Schwerpunkte können miteinander kombiniert werden.

Erfolgt die Ausbildung modular nach § 2 Abs. 3 VOFOS, gelten folgende verbindliche Regelungen zur Bearbeitung der Themenfelder:

Im Ausbildungsabschnitt I der Organisationsform A sind jeweils die ersten beiden Pflicht-Themenfelder (11.1 und 11.2) beider Schwerpunkte im Pflichtunterricht verbindlich zu behandeln. Zusätzlich wird das Themenfeld 11.4 (Lern- und Arbeitsmethoden) verbindlich unterrichtet. Es wird kein Wahlpflichtunterricht angeboten.

Im Ausbildungsabschnitt II der Organisationsform A sowie in der Organisationsform B sind jeweils die ersten beiden Pflicht-Themenfelder (12.1 und 12.2) beider Schwerpunkte verpflichtend zu unterrichten. Diese vier Pflicht-Themenfelder sind prüfungsrelevant. Weitere Pflicht-Themenfelder werden **nicht** per Erlass zugeschaltet. Das Projekt (12.3) ist verpflichtend zu unterrichten, aber nicht prüfungsrelevant. Das Projektthema muss so gewählt werden, dass es jeweils mindestens einem Pflicht-Themenfeld aus beiden Schwerpunkten zugeordnet werden kann und so beide Schwerpunkte miteinander verknüpft. Im Wahlpflichtunterricht können insgesamt maximal zwei Wahlpflicht-Themenfelder aus den allgemein bildenden Fächern und/oder beider Schwerpunkte gewählt werden.



Inhalte nach FOS Kerncurriculum



Hessisches Kultusministerium **Kerncurriculum Fachoberschule**

Fachrichtung: Technik
Schwerpunkt: Bautechnik

12.2 Wärmeschutz und energiesparendes Bauen **(Pflicht-Themenfeld)**

Der wissenschaftlich bestätigte und allgemein anerkannte Klimawandel sowie die Knappheit der Ressourcen erfordern ein radikales Umdenken im Umgang mit Energie. Auch in der Bautechnik müssen wir uns unserer Verantwortung gegenüber der Natur und den nachfolgenden Generationen stellen. Daher sind stets die aktuellen Anforderungen an den Wärmeschutz und an ein energiesparendes Bauen zu berücksichtigen.

Durch die Auseinandersetzung mit grundlegenden wärmetechnischen Begriffen und den wärmetechnischen Anforderungen an die Gebäudekonstruktion erkennen die Lernenden die Wichtigkeit des Wärmeschutzes unter energetischer Sicht.

Sie führen einfache Bauteilnachweise durch und beurteilen den Wärmeschutz einzelner Bauteile. Neue gesetzliche Vorgaben zum Wärmeschutz und zur Energieeinsparung werden durch Nachweise zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) berücksichtigt.

Zusätzlich ist auch der wachsenden Bedeutung des sommerlichen Wärmeschutzes Rechnung zu tragen. Aktuelle Möglichkeiten der Anlagentechniken sind darzustellen.

Bezug zu den maßgeblichen Leitideen

Baustoffe (L2), Baukonstruktion (L3), Energieeffizientes und nachhaltiges Bauen (L4), Umwelt und Gesellschaft (L5)

Obligatorische Inhalte

- wärmephysikalische Grundlagen
 - Wärmetransport, -leitung, -strom und -strahlung
 - Wärmeleitfähigkeit und Wärmeübergangswiderstände
 - Wärmedurchgangswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
- Bauteilnachweise und Berechnungsverfahren
 - Materialkennwerte
 - Wärmedurchgangsberechnung und Anforderungen
 - Temperaturverlauf
- Gebäudeenergiegesetz
 - Thermische Gebäudehülle
 - Energiebedarfsausweise

Hessisches Kultusministerium **Kerncurriculum Fachoberschule**

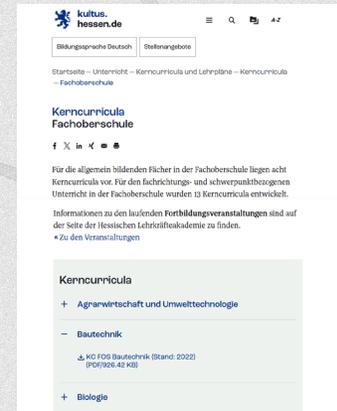
Fachrichtung: Technik
Schwerpunkt: Bautechnik

Fakultative Inhalte

- sommerlicher/winterlicher Wärmeschutz
- Anlagentechnik
- Lage des Taupunkts

Teil 1: Grundlagen

- Wärmetransport, -leitung, -strom und -strahlung
- Wärmeleitfähigkeit und Wärmeübergangswiderstände
- Wärmedurchgangswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient



Eingliederung des Themenbereichs

Bauphysik

Wärmeschutz

Feuchteschutz

Schallschutz

Brandschutz

Sommer

Winter

Tau-
wasser

Grund-
wasser

Regen

Luft

Körper

Tritt

Bau-
stoffe

Bauteile

Wärmetransport

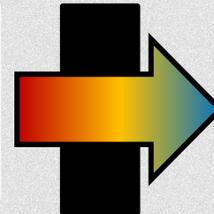
Wärme

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

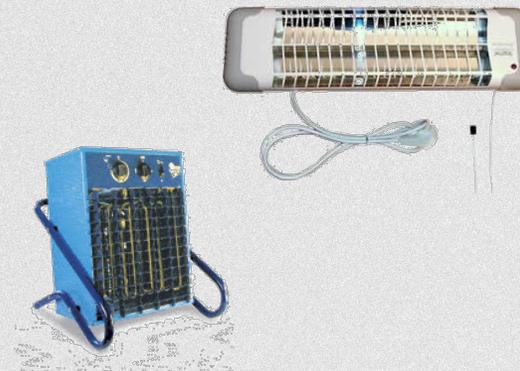
- a) *"Das ist heute wieder einmal eine Kälte!"*
- b) *"Im Winter wärmt ein Wollpullover am besten."*
- c) *"Am Ofen herrscht eine wohlige Wärme."*
- d) *"Die Sonne hat im April schon wieder eine große Kraft."*
- e) *"Die sibirische Kälte dringt nach Deutschland ein."*

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.

aus NiU Physik 1/2007- S. 26



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 Wärmeindringkoeffizienten 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 Leichtlochziegel mit $\rho = 1.200 \text{ kg/m}^3$ hat eine mittlere Temperatur von $14 \text{ }^\circ\text{C}$.

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

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

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

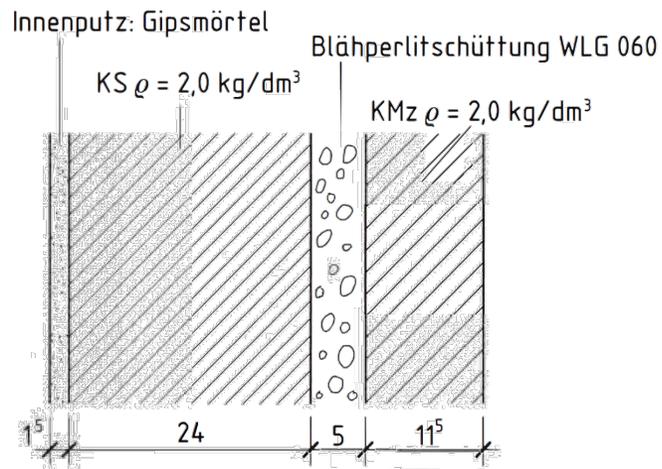
$$Q = 360\,000 \text{ J/m}^2 = 0,10 \text{ kWh/m}^2$$

Übung 2

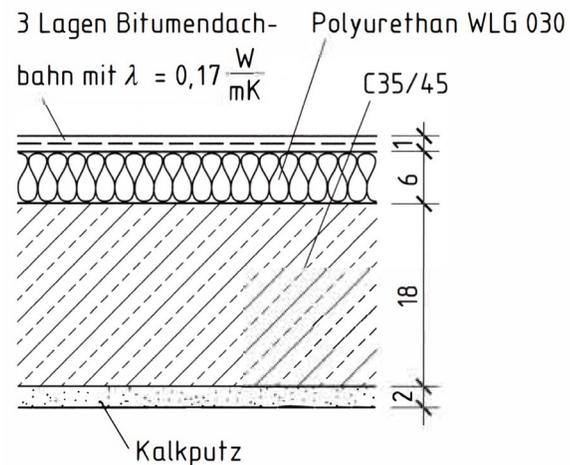
Speicherbare Wärmeenergiemenge Q

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

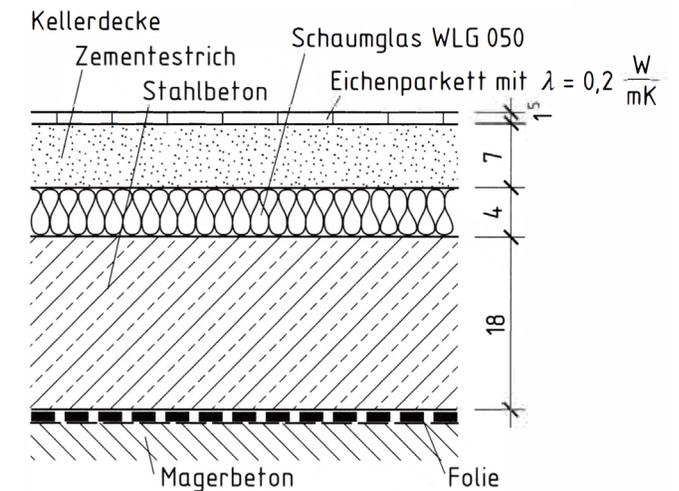
a) Wandaufbau



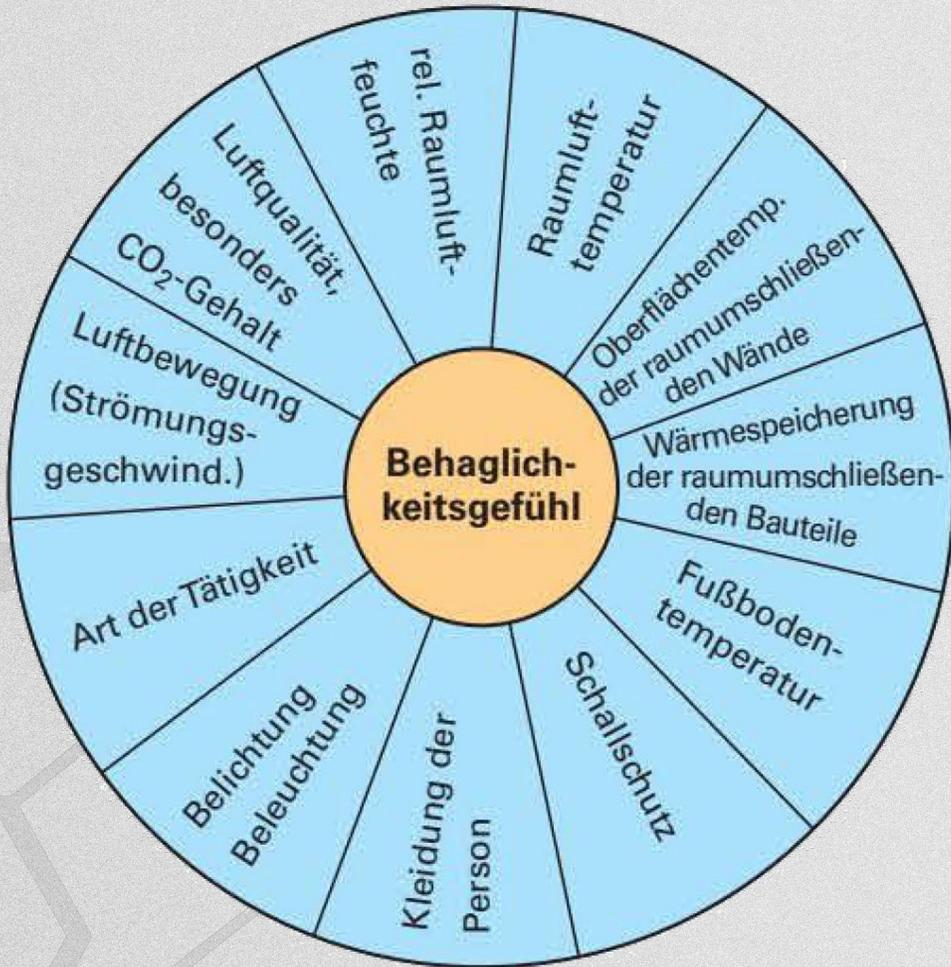
b) Dachaufbau (Flachdach)



c) Bodenaufbau (zu Erdreich)

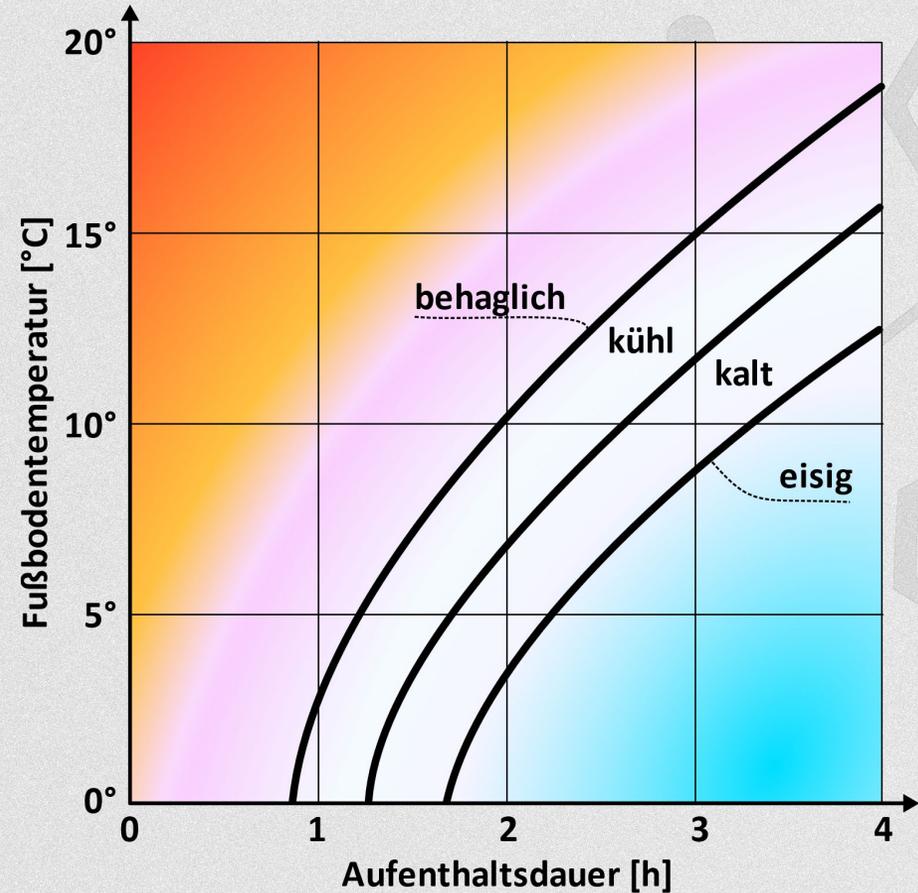


Behaglichkeit



Abhängigkeiten der Behaglichkeit

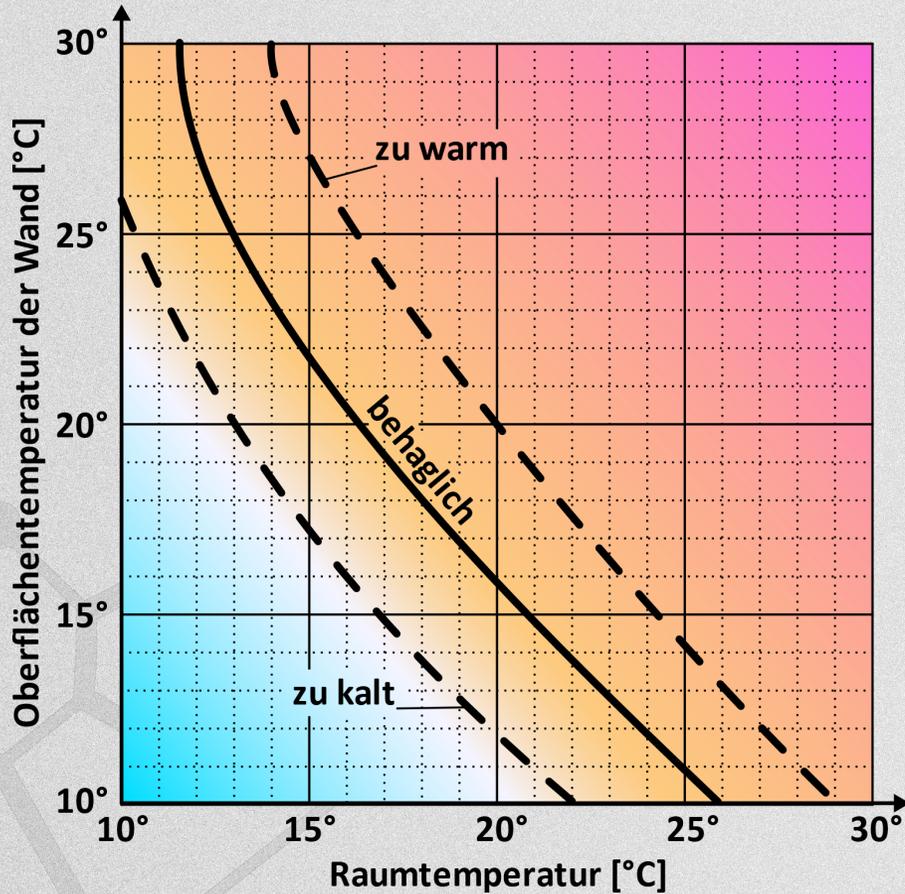
Quelle: Fachbuch Bauphysik S.20, Bild 1



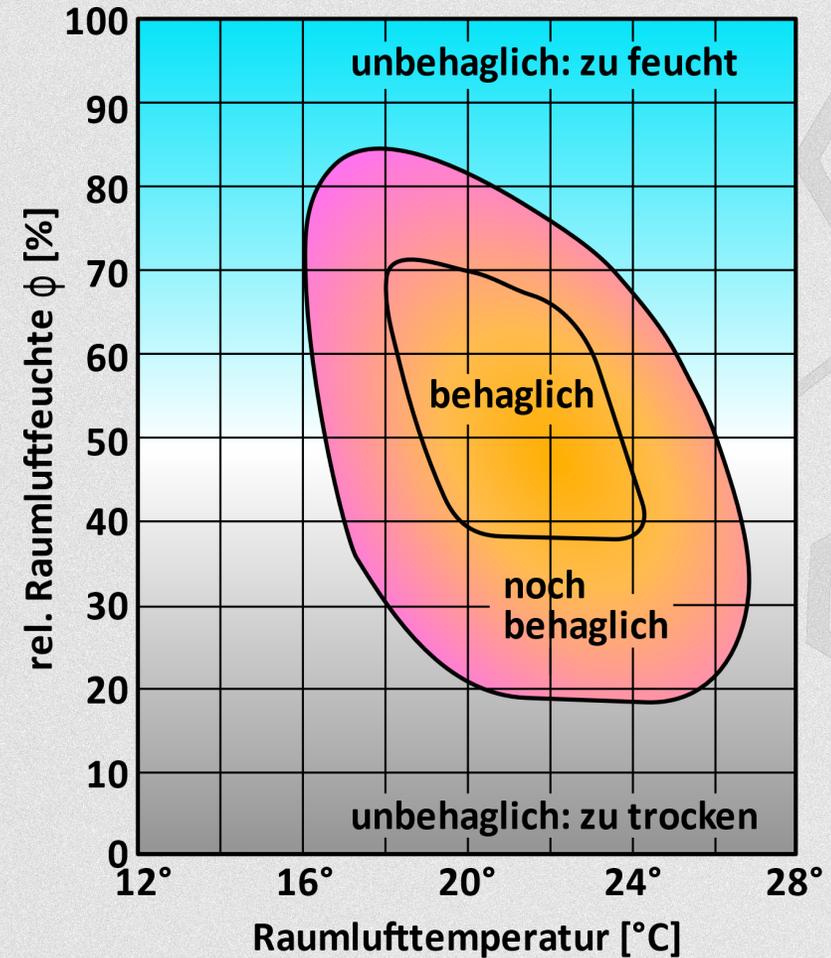
Fußbodenbehaglichkeit

BI21

Behaglichkeit



Raumbehaglichkeit



Relative Luftfeuchtigkeit & Behaglichkeit

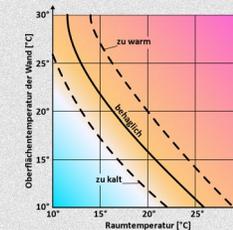
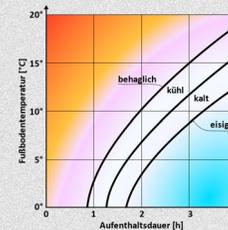
Übungen 3 – Behaglichkeit

Erläutern Sie die Diagramme allgemein
& anhand eines Beispiel

- Fußbodenbehaglichkeitskurve
- Raumbehaglichkeit
- Relative Luftfeuchtigkeit & Behaglichkeit



BB21

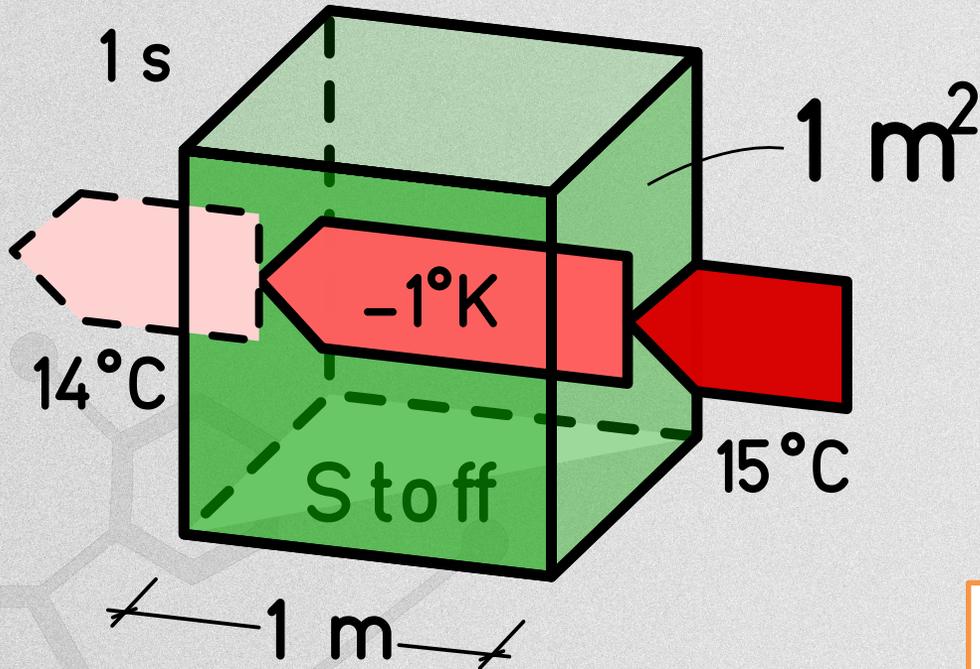


BI21

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 λ (Lambda)



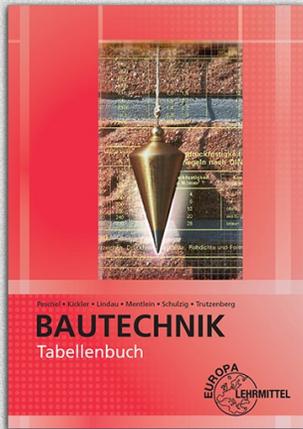
Sie gibt den Wärmestrom in Watt an, der sich auf einer Fläche von 1 m² bei einer 1 m dicken Schicht einstellt, wenn der Temperaturunterschied an den beiden Schichtoberflächen 1 Kelvin beträgt.

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

Die Wärmeleitfähigkeit wird aus dem Tabellenbuch entnommen (ab S.165).

Three pages from a technical table book showing material properties, including thermal conductivity values for various materials.

Wärmeleitfähigkeit λ (Lambda)



T15: 165

5.1 Dämmstoffe, Dichtungsstoffe und S

Nr.	Baustoff, Bauteil	Rohdichte ρ kg/m ³	Wärmeleitfähigkeit 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	70/150
		1000	0,49	
		1200	0,62	
		1400	0,79	
		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 <i>(PU rigid foam / PU mousse rigide)</i> Anwendungstyp DAA dh, DEO dh (DIN 4108-10)			
Nr. Prüfzettel (certified body): 0751 Muster GmbH & Co. KG, 00000 Musterstadt, Musterstraße 1 13 Leistungsbezeichnung (DOP) Nr. 4015 EN 13165-2013-A1-2015 Muster PU abc2014 Wärmedämmung für Gebäude (Thib)		Nennwert Wärmeleitfähigkeit: <i>(nominal thermal conductivity coefficient)</i> $\lambda_{n,0} = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	Dicke <i>(thickness/plaqueur)</i> 100 mm
$\lambda_{n,0} = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ Rf: E (EN 13501-1) PU - EN 13165 - 13 - 000/0,000 - 000/00 - 00 - 000/00/000-THAC DA-TDJE-WQJPU-10	$R_{f,0} = 4,50 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ $d_n = 100 \text{ mm}$	Format <i>(size/dimension):</i> 1200 x 2400 mm (Außenmaß) 1166 x 2386 mm (Einbaumaß)	3 Platten <i>(boards/slice/plaqueur):</i> Außenmaß: 8,64 m² Einbaumaß: 8,48 m²
		Leistungserklärung: www.musterfirma.de Herstellungsdatum: <i>(date of production)</i>	

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.

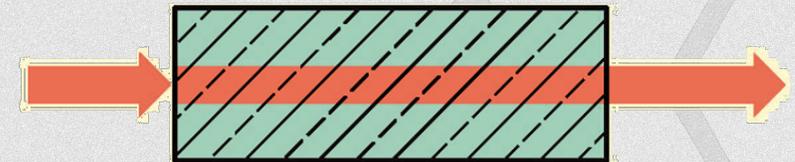
Merksätze:

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

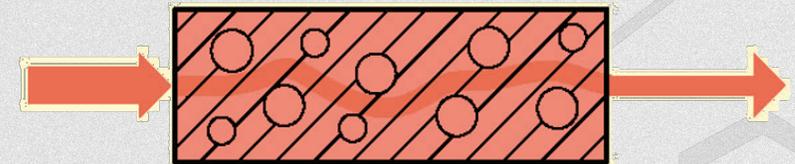
Je mehr Luftporen und je geringer die Rohdichte des Stoffes, desto kleiner λ .

Je feuchter ein Stoff, desto schlechter die Wärmedämmung.

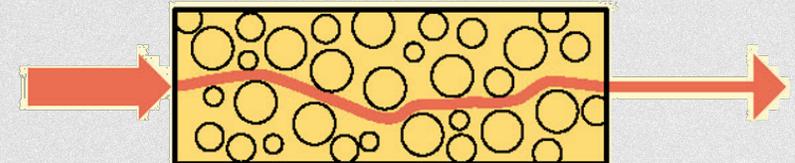
Je niedriger die Stofftemperatur, desto schlechter die Wärmeleitung.



geringer Luftporenanteil
= hohe Wärmeleitfähigkeit

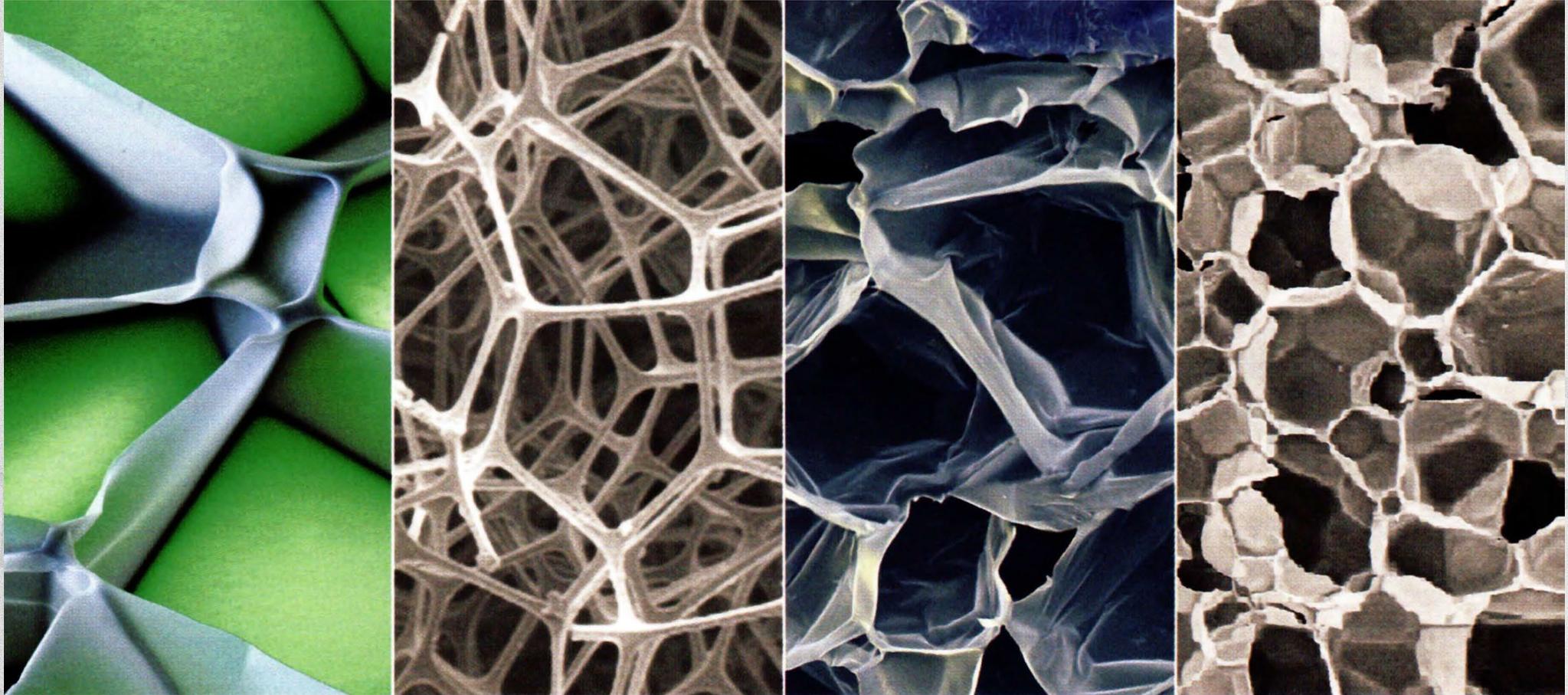


mäßiger Luftporenanteil
= mittlere Wärmeleitfähigkeit



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

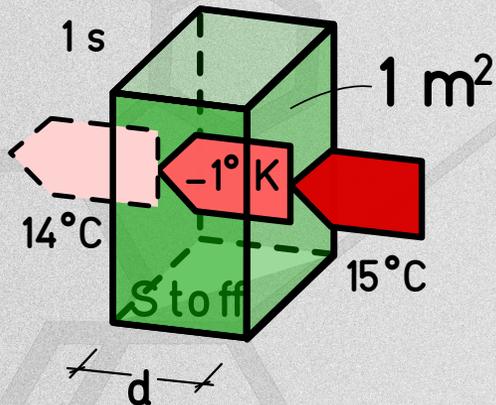
Übung 4

1. Ermitteln Sie aus den Tabellen je DREI Materialien mit

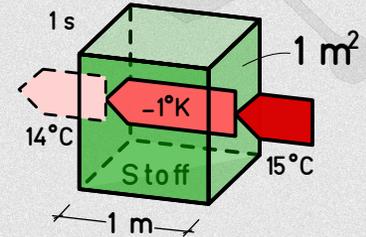
- geringem Luftporenanteil und hohem Lambda-Wert
- mäßigem Luftporenanteil und mittlerem Lambda-Wert
- hohem Luftporenanteil und geringem Lambda-Wert.

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 ($\lambda = 0,18 \frac{W}{m \cdot K}$) entspricht:



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



Wärmedurchlasswiderstand R

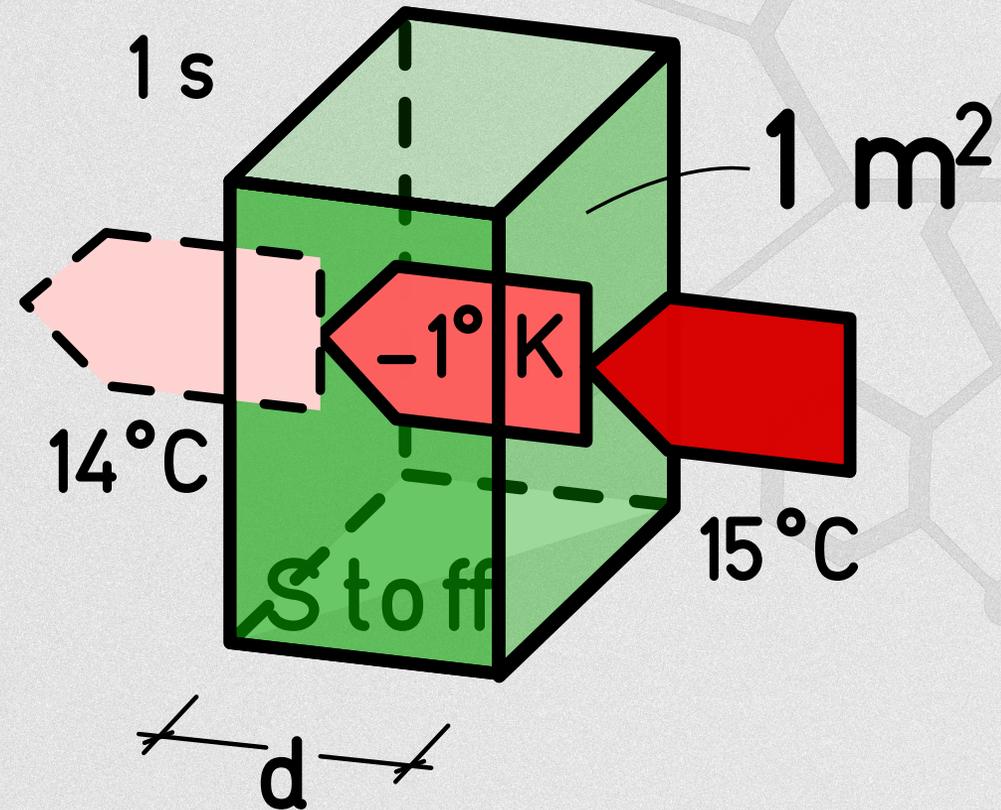
Ein Bauteil wird in der Praxis nach dem **Wärmedurchlasswiderstand R** beurteilt.

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

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

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

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



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

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

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

3 Wärmeübergangs-
widerstand

R_s (innen R_{si} ; außen R_{se})

4 Wärmedurchgangs-
widerstand

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

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

Bauteilnachweis
nach **DIN:**

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

Bauteilhöchstwerte
nach **GEG:**

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

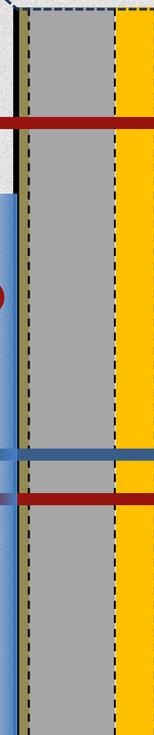
5 Wärmedurchgangs-
koeffizient

Wärmedurchgangszahl

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

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

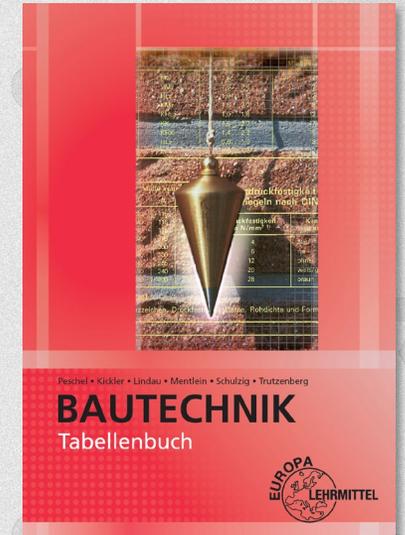
konkretes
Bauteil



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

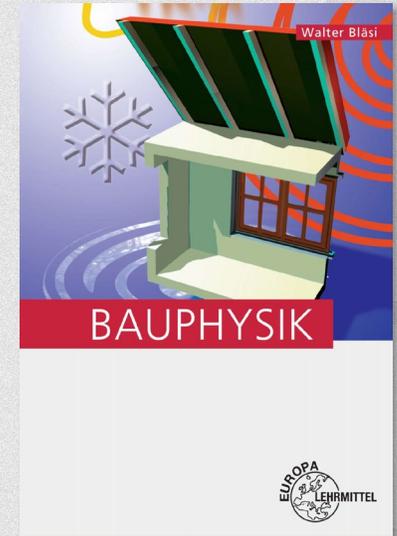
W26: Ein umfangreicheres Tabellenwerk, welches häufig in Universitäten und Hochschulen verwendet wird. Hier nur als ergänzende Quelle – nicht als Literaturempfehlung zu sehen.

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

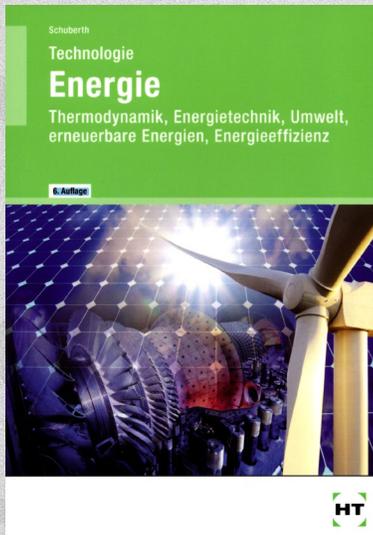
Abkürzungen mit zugehörigen Quellen

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.