

# Inhalt · Biologische Baustofflehre + Bauphysik

<b>1. Historische Entwicklung</b>	<b>1</b>
<b>2. Ganzheitliche Betrachtung</b>	<b>3</b>
<b>3. Bewertung von Baustoffen und Bauteilen – Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>4. Wärmedämmung – Wärmespeicherung – Oberflächentemperatur</b>	<b>6</b>
4.1 Bauphysikalische Größen, Formeln, Berechnungsbeispiele	6
4.2 Holz und Holzwerkstoffe	14
4.3 Praxisgerechte Erläuterungen	15
4.4 Zusammenhang zwischen dem U-Wert der Außenbauteile und dem Heizenergieverbrauch	17
4.5 Resümee	19
<i>Zusammenfassung Wärmedämmg. – Wärmespeicherg. – Oberflächentemperatur</i>	20
<b>5. Hygroskopizität</b>	<b>21</b>
<i>Zusammenfassung Hygroskopizität</i>	26
<b>6. Materialfeuchte und Trocknungsdauer</b>	<b>27</b>
<i>Zusammenfassung Materialfeuchte und Trocknungsdauer</i>	31
<b>7. Wasserdampfdiffusion, Tauwasser, Feuchteschutz</b>	<b>32</b>
7.1 Bauphysikalische Größen, Formeln, Berechnungsbeispiele	32
7.2 Praxisgerechte Erläuterungen	38
<i>Zusammenfassung Zusammenwirken von Diffusion und Hygroskopizität</i>	41
<b>8. Wind- und Luftdichtung, Fugendurchlässigkeit</b>	<b>42</b>
8.1 Winddichtung	42
8.2 Luftdichtung	44
8.3 Fugen	48
8.4 Luftdurchlässigkeit von Baustoffen als Beitrag zum Luftwechsel	50
<b>9. Feuchteschäden bei Innendämmung</b>	<b>52</b>
<i>Zusammenfassung Feuchteschäden bei Innendämmung</i>	54
<b>10. Sorption – Regeneration – Giftstoffe – Gerüche</b>	<b>55</b>
<b>11. Elektrische und magnetische Eigenschaften</b>	<b>58</b>
<b>12. Elektromagnetische Wellen</b>	<b>60</b>
<b>13. Radioaktivität und Radon</b>	<b>62</b>
<b>14. Sinnliche Wahrnehmung</b>	<b>64</b>
<b>15. Biophysikalische Messmethoden</b>	<b>65</b>
<b>16. Akustische Eigenschaften, Schalldämmung und -dämpfung</b>	<b>67</b>
<b>17. Preis-Leistungsverhältnis</b>	<b>68</b>
<b>18. Ganzheitliche Bewertung von Wärmedämmstoffen</b>	<b>70</b>
<b>19. Baubiologische Gesamtbewertung</b>	<b>74</b>
<b>20. Standard der Baubiologischen Messtechnik</b>	<b>78</b>
<b>Fragen zur Lernkontrolle</b>	<b>79</b>

**Thermische Materialkennwerte verschiedener Baustoffe (Ca.-Angaben)**

Je nach Hersteller/Produkt sind auch andere Materialkennwerte möglich.

Baustoff	Rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ [W/mK]	Spez. Wärmekapazität $c_p$ [J/kgK]	Wärmespeicherzahl <sup>1)</sup> $s$ [kJ/m <sup>3</sup> K]	Wärmeeindringzahl <sup>2)</sup> $b$ [J/m <sup>2</sup> · K · s <sup>0,5</sup> ]	Temperaturleitfähigkeit <sup>2)</sup> $a \times 10^{-3}$ [cm <sup>2</sup> /s]
	s. Punkt a)	s. Punkt a)	s. Punkt g)	s. Punkt h)	Punkt j)	s. Punkt k)
Polystyrol	15	0,035	1.500	22,5	28	15,6
Glas- u. Mineralwolle	30	0,040	800	24	31	16,7
Flachs- und Hanfdämmung	30	0,040	1.300	39	39	10,3
Zelluloseschüttung	50	0,045	1.900	95	65	4,7
Holzspäne	70	0,055	2.100	147	90	3,7
Korkplatten u. Kokoswolle	100	0,045	1.600	160	85	2,8
Strohballen	100	0,045	1.260	126	75	3,6
Holzweichfaserplatten	190	0,045	2.100	399	134	1,1
Schilfrohr	190	0,055	1.300	247	117	2,2
Holzwoolleichtbauplatten	400	0,075	2.100	840	251	0,9
Porenbeton	400	0,10	1.050	420	205	2,4
Porenziegel	600	0,12	920	552	257	2,2
Vollholz (Weichholz)	600	0,13	2.100	1.260	404	1,0
Lehrbauplatte	500	0,14	1.140	570	282	2,4
Leichtlehm	800	0,25	1.100	880	469	2,8
Gipsfaserplatte	1.000	0,27	840	840	476	3,2
Kalksandstein 1,0	1.000	0,50	880	880	663	5,7
Ziegel HLZ 1,2	1.200	0,50	920	1.104	743	4,5
Strohlehm	1.200	0,55	1.000	1.200	812	4,6
Lehmputz	1.700	0,80	1.000	1.700	1.166	4,7
Kalkputz	1.800	0,87	960	1.728	1.226	5,0
Massivlehm	1.800	0,91	1.000	1.800	1.280	5,1
Sandstein	2.400	2,10	930	2.232	2.165	9,4
Stahlbeton	2.500	2,10	960	2.400	2.245	8,7
Stahl	7.800	60,00	400	3.120	13.682	192,3
Aluminium	2.700	203,00	900	2.430	22.210	835,4

Bauphys. Größen, Formeln, Berechnungsbeispiele:

<sup>1)</sup> hier kJ/m<sup>3</sup>K, nicht J/m<sup>3</sup>K  
<sup>2)</sup> gerundete Werte

**Die wichtigsten Formeln** - weitere Angaben s. Kap. 3.1.1 a) - k):  
 Wärmedurchlasswiderstand:  $R = d/\lambda$   
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):  $U = 1 / (R_{si} + R_T + R_{se})$   
 Wärmespeicherzahl:  $s = c_p \times \rho$   
 Wärmeeindringkoeffizient:  $b = \sqrt{\rho \cdot \lambda \cdot c_p}$  oder  $\sqrt{\lambda \cdot s}$   
 Temperaturleitfähigkeit:  $a = \lambda/s$

[m<sup>2</sup>K/W]  
 [W/m<sup>2</sup>K]  
 [J/m<sup>3</sup>K]  
 [J/m<sup>2</sup> · K · s<sup>0,5</sup>]  
 [cm<sup>2</sup>/s]

Quellen: DIN 4108-4, DIN-EN 12524, Herstellerangaben

Tipp: www.u-wert.net

© IBN 06/2016  
 www.baubiologie.de

### 4.3 Praxisgerechte Erläuterungen

Nur ein ausgewogenes Verhältnis wärmedämmender und/oder –speichernder Materialien garantiert im Winter wie im Sommer ein gesundes Raumklima und einen geringen Energieverbrauch.

Körpernahe Materialien für Sitzmöbel oder Fußböden u.a. sollen gute wärmedämmende Eigenschaften und somit hohe Oberflächentemperaturen aufweisen (s. Kurs "Raumklima"). Wände und Decken dagegen sollen Wärme auch gut speichern, um zu allen Jahres- und Tageszeiten für ausgeglichene Temperaturverhältnisse und optimale Nutzung passiver Sonnenenergie zu sorgen.

Folgender Vergleich verschiedener Bauarten soll beispielhaft die im Bauwesen möglichen Gegensätzlichkeiten aufzeigen:

<b>Thermische Eigenschaften</b>	<b>a) Holzblockbau ohne Wärmedämmung</b>	<b>b) Massivbau aus Sandsteinen</b>	<b>c) Holzrahmenbau</b>
<b>Wanddicke</b>	20 cm	50 cm	30 cm
<b>Wärmeleitung <math>\lambda</math> [W/mK]</b>	0,13	2,1	1)
<b>Wärmedämmung (U-Wert)</b>	mittel (0,6)	sehr schlecht (2,5)	sehr gut ( $\leq 0,25$ )
<b>Wärmespeicherung <math>Q_v</math> [kJ/m<sup>3</sup>K]</b>	250	1110	120
<b>Oberflächentemperatur °</b>	hoch, 17 °C	sehr niedrig, 10 °C	sehr hoch, 19 °C
<b>Erforderl. Raumlufttemperatur °</b>	niedrig, 19 °C	hoch, 24 °C	sehr niedrig, 18 °C
<b>Anheizdauer</b>	niedrig, 2 h	sehr lang, > 6 h	sehr kurz, 1 h °
<b>Auskühlzeit</b>	lang, 100 h	5)	kurz, 35 h °
<b>Wärmebrücken °</b>	keine	viele	keine
<b>Kondens- und Tauwasser</b>	keines	häufig	keines
<b>Heizenergiebedarf</b>	gering	hoch	sehr gering
<b>Austrocknungszeit</b>	keine	langfristig	keine
<b>Abnahme der Wärmedämmung je 1 % Anstieg des Wassergehalts</b>	1 %	12 %	je nach Materialien

**Erläuterungen:**

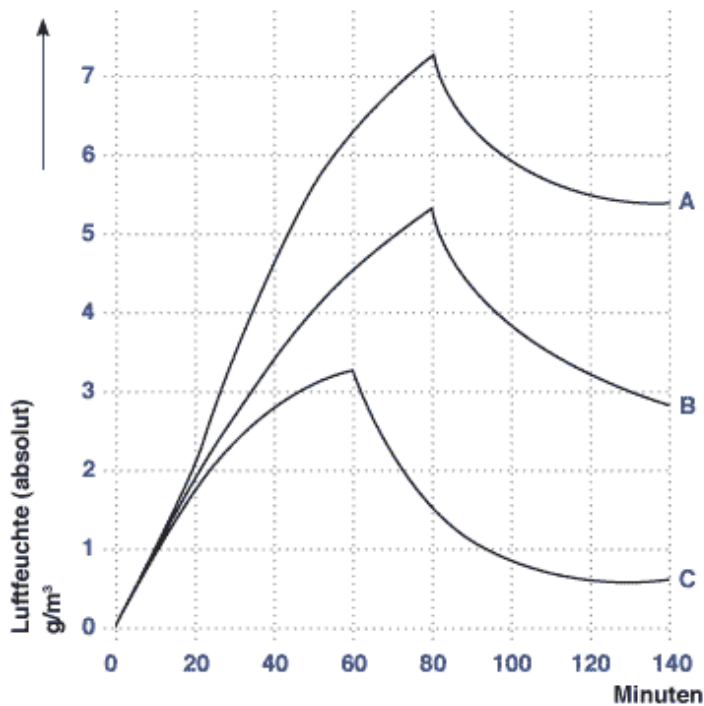
- 1) Der Wandaufbau besteht aus mehreren Baustoffschichten, Wärmedämmstoff z.B.  $\lambda = 0,04$
- 2) Durchschnittswert für die kalte Jahreszeit bei 20°C Lufttemperatur
- 3) entsprechend der Abb. "Abhängigkeit zwischen der mittleren Raumlufttemperatur und der Wandtemperatur" im Kurs "03 Raumklima"
- 4) Vorteilhaft auch für selten oder nur kurz benutzte Räume / Gebäude (Wochenendhaus, Werkstatt).
- 5) Da die Außenwände vor allem im Winter sehr kalt bleiben (siehe Oberflächentemperatur!), kommen primär die Innenwände als Wärmespeicher infrage. Eine Auskühlzeit in Stunden wird hier aufgrund der sehr niedrigen Oberflächentemperaturen der Außenwände im Winter bewusst nicht angegeben.
- 6) Um die negativ zu bewertende kurze Auskühlzeit zu vermeiden, sollten innen (Innenwände, Decken) schwere Materialien verwendet werden.
- 7) Bei den Holzbauweisen ist auf die Vermeidung von Wärmebrücken im Sockelbereich zu achten.

Tab.: **Thermische Eigenschaften verschiedener Bauarten** (primär die Außenwände betreffend, Ca-Werte)

**Baustoffe, welche in der Lage sind, viel Feuchtigkeit zu absorbieren, tragen auch zur Vermeidung von Tauwasser, Schimmelbildung und letztendlich Bauschäden bei, da Feuchtigkeit (z.B. Tauwasser) kapillar schnell weiter transportiert wird.**

**Maßgebend für die kurzfristig ausgleichende Wirkung auf die Raumfeuchte sind vor allem die ersten 2 bis 3 Zentimeter eines Bauteils. Besondere Aufmerksamkeit sollte man deshalb dem Putz, Verkleidungen oder Fußböden widmen.**

Die feuchtemäßig regulierende Eigenschaft hygroskopischer Materialien wurde in Versuchen am Institut für Bauphysik, Holzkirchen, getestet, indem Wasser verdampft und die zunehmende Luftfeuchte in unterschiedlich möblierten Räumen gemessen wurde.



**Raum A:** unmöbliert, Ölfarbe an Wänden und Decken

**Raum B:** sparsame Möblierung, Ölfarbe an Wänden und Decken

**Raum C:** durchschnittliche Möblierung, Leimfarbe an Wänden und Decken

Abb.: **Feuchtigkeitsregulierung durch Baustoffe, Möbel und Farben**

Quelle: Institut für Bauphysik, Holzkirchen

In allen 3 Räumen wurde die Verdampfung von Feuchtigkeit nach 60 Minuten eingestellt. In Raum A steigt die Luftfeuchtigkeit zunächst noch weiter an, da an Wänden und Decken kondensiertes, aber nicht absorbiertes Wasser wieder verdunstet. Ausgehend von einer angenommenen rel. Luftfeuchte von  $\varphi = 50\%$  (griechisch:  $\varphi = \text{phi}$ ) würde im Raum A nach 80 Minuten die Luftfeuchte auf 93 % gestiegen sein, im Raum B auf 81 %; im Raum C jedoch war das Maximum von nur 70 % bereits nach 60 Minuten erreicht; sofort nach Abschluss der Verdampfung fiel hier die Luftfeuchte stark ab und erreichte im Gegensatz zu den anderen Räumen nach 140 Minuten nahezu den Ausgangswert. Dass die Möblierung auch eine große Rolle spielt, zeigen die Differenzen zwischen Raum A und B. Die Hygroskopizität der Bezugstoffe sowie des Polstermaterials ist hier entscheidend.

**Bewertung von Wärmedämmstoffen ( $\lambda < 0,1$ )**

Erläuterungen siehe Folgeseite

Nr.	Dämmstoff ( $\lambda = \text{Ca.-Wert}$ )	A	B	C	D	E	F	G	
		Thermisches Verhalten	Feuchteverhalten	Diffusion $s_d$	Toxizität	Herstellung	Entsorgung	Brandverhalten	Gesamtbewertung*
1	Polyurethan PUR, $\lambda = 0,030$	+	--	--	--	--	--	--	-11
2	Polystyrol EPS+XPS, $\lambda = 0,035$	+	--	--	--	--	--	--	-10
3	Glas- u. Mineralwolle, $\lambda = 0,035$	+	--	++	--	--	--	+	-4
4	Polyester, $\lambda = 0,040$	+	--	++	0	-	-	-	-2
5	Schafwolle (Vlies), $\lambda = 0,040$	+	+	++	-	-	+	-	2
6	Baumwolle (Vlies), $\lambda = 0,040$	+	0	++	0	-	+	-	2
7	Flachs, Hanf (Vlies), $\lambda = 0,040$	+	+	++	0	0	+	-	4
8	Zellulosefasern, $\lambda = 0,045$	+	+	++	-	0	+	0	4
9	Holzweichfaserplatten, $\lambda = 0,045$	++	++	++	0	-	++	0	8
10	Backkork, $\lambda = 0,045$	+	0	++	0	-	++	-	3
11	Kokosfaser, $\lambda = 0,045$	+	++	++	0	-	+	-	5
12	Schilfrohr, $\lambda = 0,055$	+	+	++	0	0	++	-	5
13	Schaumglas, $\lambda = 0,050$	+	0	0	0	-	+	++	3
14	Calciumsilikatplatten, $\lambda = 0,050$	+	++	++	0	-	+	++	7
15	Perlite, $\lambda = 0,050$	+	-	++	-	-	0	++	2
16	Strohballen, $\lambda = 0,045$	+	+	++	0	0	++	-	5
17	Holzfaser-Einblasdämmung, $\lambda = 0,040$	++	++	++	0	0	++	-	6
18	Blähglimmer, $\lambda = 0,070$	0	-	++	0	-	+	++	4
19	Holzwohle-Leichtbauplatten, $\lambda \geq 0,075$	0	++	++	0	-	+	+	5
20	Blähton, $\lambda \geq 0,080$	-	+	++	0	-	+	++	4

**Benotungsschlüssel:** 0 nicht relevant bzw. neutral  
 - negativ  
 -- sehr negativ/bedenklich  
 + positiv  
 ++ sehr vorteilhaft  
 \* Summe der positiven und negativen Noten