

Biologische Baustofflehre / Bauphysik

1. Ganzheitliche Betrachtung	3
2. Historische Entwicklung	6
3. Bewertung von Baustoffen und Bauteilen	9
3.1 Wärmedämmung - Wärmespeicherung - Oberflächentemperatur	10
3.1.1 Bauphysikalische Größen, Formeln, Berechnungsbeispiele	10
3.1.2 Holz und Holzwerkstoffe	18
3.1.3 Praxisgerechte Erläuterungen	19
3.1.4 Zusammenhang zwischen dem U-Wert der Außenbauteile und dem Heizenergieverbrauch	22
3.1.5 Resümee	24
3.2 Hygroskopizität	27
3.3 Materialfeuchte und Trocknungsdauer	36
3.4 Wasserdampfdiffusion, Tauwasser, Feuchteschutz	43
3.4.1 Bauphysikalische Größen, Formeln, Berechnungsbeispiele	43
3.4.2 Praxisgerechte Erläuterungen	50
3.5 Wind- und Luftdichtung, Fugendurchlässigkeit	55
3.5.1 Winddichtung	56
3.5.2 Luftdichtung	58
3.5.3 Fugen	66
3.5.4 Luftdurchlässigkeit von Baustoffen als Beitrag für den Luftwechsel	69
3.6 Feuchteschäden bei Innendämmung	71
3.7 Sorption - Regeneration - Giftstoffe - Gerüche	76
3.8 Elektrische und magnetische Eigenschaften	82
3.9 Elektromagnetische Wellen	86
3.10 Radioaktivität und Radongas	88
3.11 Sinnliche Wahrnehmung	91
3.12 Biophysikalische Messmethoden	93
3.13 Akustische Eigenschaften, Schalldämmung und -dämpfung	96
3.14 Preis-Leistungsverhältnis	101
4. Ganzheitliche Bewertung von Wärmedämmstoffen	104
5. Baubiologische Gesamtbewertung	109
6. Standard der Baubiologischen Messtechnik	115
Fragen zur Lernkontrolle	116
Literaturverzeichnis	120



Baustoff	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK] s. 3.1.1 a)	Spez. Wärmekapazität c_p [J/kgK] s. 3.1.1. g)	Wärmespeicherzahl ¹⁾ s [kJ/m ³ K] s. 3.1.1 h)	Wärmeeindringzahl ²⁾ b [kJ/m ² ·K·s ^{0,5}] s. 3.1.1 j)	Temperaturleitfähigkeit ²⁾ $a \times 10^{-3}$ [cm ² /s] s. 3.1.1 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
Lehmbauplatte	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

1) hier kJ/m³K, nicht J/m³K
 2) gerundete Werte

Die wichtigsten Formeln - weitere Angaben s. Kap. 3.1.1 a) - k):
 Wärmedurchlasswiderstand: $R = d/\lambda$ [m²K/W]
 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert): $U = 1 / (R_{si} + R_T + R_{se})$ [W/m²K]
 Wärmespeicherzahl: $s = c_p \cdot \rho$ [J/m³K]
 Wärmeeindringkoeffizient: $b = \sqrt{\rho \cdot \lambda \cdot c}$ oder $\sqrt{\lambda \cdot s}$ [J/m²·K·s^{0,5}]
 Temperaturleitfähigkeit: $a = \lambda/s$ [cm²/s]

Tabelle 1 Thermische Materialkennwerte verschiedener Baustoffe (Ca.-Angaben)
 Je nach Hersteller/Produkt sind auch andere Materialkennwerte möglich.

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

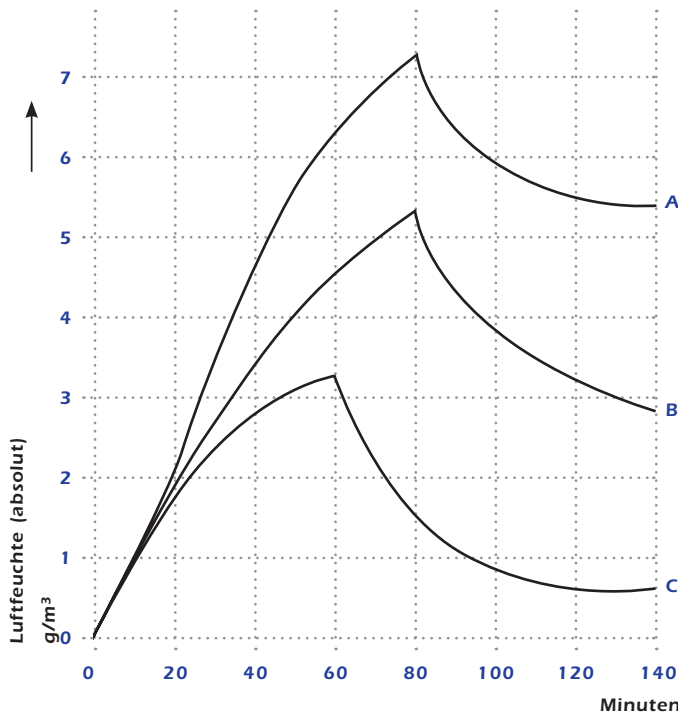
Thermische Eigenschaften	a) Holz-massivbau	b) Massivbau aus Sandsteinen	c) Holzrahmenbau
Wanddicke	20 cm	50 cm	30 cm
Wärmeleitung λ [W/mK]	0,13	2,1	1)
Wärmedämmung (U-Wert)	mittel (0,6)	sehr schlecht (2,5)	sehr gut ($\leq 0,25$)
Wärmespeicherung Q_{sp} [kJ/m ² K]	250	1110	120
Oberflächentemperatur ²⁾	hoch, 17 °C	sehr niedrig, 10 °C	sehr hoch, 19 °C
Erforderl. Raumlufttemperatur ³⁾	niedrig, 19 °C	hoch, 24 °C	sehr niedrig, 18 °C
Anheizdauer	niedrig, 2 h	sehr lang, > 6 h	sehr kurz, 1 h ⁴⁾
Auskühlzeit	lang, 100 h	5)	kurz, 35 h ⁶⁾
Wärmebrücken ⁷⁾	keine	viele	keine
Kondens- und Tauwasser	keines	häufig	keines
Heizenergiebedarf	gering	hoch	sehr gering
Austrocknungszeit	keine	langfristig	keine
Abnahme der Wärmedämmung je 1 % Anstieg des Wassergehalts	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 Behaglichkeitsdiagramm Lehrheft „Wohnklima“, Kap. 2.2, Abb. 4
- 4) Gut 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
- 6) Um die negativ zu bewertende kurze Auskühlzeit zu vermeiden, sollten innen (Innenwände, Decken) schwere Materialien verwendet werden
- 7) Bei den Holzbauweisen sind u.a. im ungedämmten Sockelbereich Wärmebrücken möglich

Übersicht 1 Thermische Eigenschaften verschiedener Bauarten

(primär die Außenwände betreffend, Ca.-Werte)



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. 5 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 $\varphi = 50\%$ 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.

..... griechisch: φ (phi)

Nr.	Dämmstoff ($\lambda = \text{Ca-Wert}$)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Gesamt-
		Thermisches Verhalten	Feuchteverhalten	Diffusion s_d	Toxizität	Herstellung	Entsorgung	Brandverhalten	Langzeitbewährung	Preis-Leistungsverh.	Bewertung*
1	Polyurethan PUR, $\lambda = 0,030$	+	--	--	--	--	--	--	-	-	-13
2	Polystyrol EPS+XPS, $\lambda = 0,035$	+	--	--	--	--	--	--	-	0	-12
3	Glas- u. Mineralwolle, $\lambda = 0,035$	+	--	++	--	--	--	+	+	0	-3
4	Polyester, $\lambda = 0,040$	+	--	++	0	-	-	-	-	0	-3
5	Schafwolle (Vlies), $\lambda = 0,040$	+	+	++	-	-	+	-	0	+	3
6	Baumwolle (Vlies), $\lambda = 0,040$	+	0	++	0	-	+	-	0	0	2
7	Flachs, Hanf (Vlies), $\lambda = 0,040$	+	+	++	0	0	+	-	0	+	5
8	Zellulosefasern, $\lambda = 0,045$	+	+	++	-	0	+	0	+	+	6
9	Holzweichfaserplatten, $\lambda = 0,045$	++	++	++	0	-	++	0	++	0	9
10	Backkork, $\lambda = 0,045$	+	0	++	0	-	++	-	++	0	5
11	Kokosfaser, $\lambda = 0,045$	+	++	++	0	-	+	-	++	-	5
12	Schilfrohr, $\lambda = 0,055$	0	+	++	0	0	++	-	++	+	7
13	Schaumglas, $\lambda = 0,050$	+	0	0	0	-	+	++	++	0	5
14	Calciumsilikatplatten, $\lambda = 0,050$	+	++	++	0	-	+	++	++	0	9
15	Torf, $\lambda = 0,050$	+	++	++	0	-	++	-	++	-	6
16	Perlite, $\lambda = 0,050$	+	-	++	-	-	0	++	++	+	5
17	Strohballen, $\lambda = 0,045$	+	+	++	0	0	++	-	++	+	8
18	Holzspäne, $\lambda = 0,055$ / Holzwolle $\lambda = 0,065$	0	++	++	0	0	++	-	++	+	8
19	Blähglimmer, $\lambda = 0,070$	0	-	++	0	-	+	++	++	0	5
20	Holzwohle-Leichtbauplatten, $\lambda \geq 0,075$	0	++	++	0	-	+	+	++	-	6
21	Blähton, $\lambda \geq 0,080$	-	+	++	0	-	+	++	++	-	5

Benotungsschlüssel:

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

Übersicht 6 Bewertung von Wärmedämmstoffen ($\lambda < 0,1$)

Erläuterungen siehe Folgeseite