

## Dämmstoff im Vergleich

### Bauphysikalische Grundlagen einer frapierenden Temperaturmessung

Die Baufachleute Fischer, Köneke, Lipfert, Meier und Parsiegla haben mit dem "Lichtenfelser-Experiment" Temperaturveränderungen verschiedener Dämmstoffe ermittelt; der erste Vorbericht erfolgte in [7]. Die Einstrahlung einer 150 W Lampe führte auf der Rückseite einer 4 cm Schicht nach 10 Minuten zu sehr unterschiedlichen Temperaturen:

	Anfangstemperatur	Endtemperatur
Mineralwolle	21,4°C	59,8°C
Polystyrol	21,4°C	35,4°C
Holzfaserplatte	21,4°C	22,2°C
Fichte	20,6°C	20,9°C
Vollziegel	20,9°C	23,4°C

Bemerkenswert ist, daß Styropor, aber besonders Mineralwolle entgegen der allgemeinen Vorstellungen sehr hohe Oberflächentemperaturen aufwiesen. Diese Ergebnisse lösten Überraschung und Erstaunen, aber auch Proteste der etablierten Bauphysik aus, denn immerhin wird der Fachwelt seit über 20 Jahren gesagt, die Dämmung (sprich U-Wert) sei der entscheidende Part im Wärmeschutz von Gebäuden. Der Tabelle ist jedoch zu entnehmen, daß bei den "Dämmstoffen" die Temperatur im Bauteil sehr schnell hindurchgeht. Hängt dies vielleicht mit dem Speichervermögen zusammen? Immerhin steht in [2]: "Für alle Räume, die unter Sonneneinstrahlung leiden können, sollte ein gewisser Wärmeinhalt der Wände sichergestellt sein".

Zunächst müssen zwei Begriffen geklärt werden:

Die *Temperatur* ist das Maß für den *Wärmezustand* eines Körpers, der sich infolge unterschiedlicher Wärmeeinwirkungen ständig ändert. Demzufolge werden im Bauteil stets auch Temperaturströme in Gang gesetzt. Hierfür sind Temperaturänderungen der umgebenden Luft, aber vor allem die Absorption der externen Solarenergie mit daraus resultierenden hohen äußeren Oberflächentemperaturen verantwortlich. Temperatur ist ein Qualitätsmerkmal.

*Wärme* dagegen ist eine *Energieform*, die immer vom höheren zum niedrigeren Temperaturniveau fließt und damit einen Wärmestrom hervorruft. Je größer die Temperaturdifferenz, desto größer der Wärmestrom. Wärme ist Bewegungsenergie der Moleküle und ein Quantitätsmerkmal.

Somit bestimmen allein die Temperaturverhältnisse in einem Bauteil die Wärmeströme und Energiebewegungen, die deshalb immer die *Folge* von Temperaturzuständen sind. Der funktionelle Zusammenhang zwischen der Temperaturdifferenz und dem Wärmestrom lautet:

$$q = \lambda \cdot \frac{\Delta\vartheta}{\Delta s} \quad (\text{W/m}^2)$$

- q = Wärmestrom (W/m<sup>2</sup>)
- λ = Wärmeleitfähigkeit (W/mK)
- Δϑ = Temperaturdifferenz (K)
- Δs = Streckendifferenz im Bauteil (m)

Es wird deutlich, daß der Wärmestrom q durch das Verhältnis der Temperaturdifferenz zur Streckendifferenz, dem Temperaturgradienten, bestimmt wird. Ein sich ständig verändernder Temperaturgradient, gekennzeichnet durch kurvige Isothermen, zeigt instationäre Verhältnisse an. Der Temperaturgradient spielt für die Beschreibung der Wärmeströme also eine wichtige Rolle [14].

Auch die Definition der Wärmeleitfähigkeit λ ist bemerkenswert. In [3] steht: "Die Wärmeleitfähigkeit λ gibt an, welche Wärmemenge in einer Sekunde (J/s = W) durch einen m<sup>2</sup> einer 1m dicken Schicht eines Stoffes im *stationären Temperaturzustand* (*Temperaturbeharrungszustand*) hindurch geleitet wird, wenn das Temperaturgefälle zwischen den beiden Oberflächen 1 K beträgt".

Die Gültigkeit der *Wärmeleitfähigkeit* λ fordert also den Temperaturbeharrungszustand, der jedoch, wie das Experiment zeigt, nie vorliegt – und in Realität auch nie vorliegen kann.

Deshalb ist in [4] zu lesen: "Die Temperaturbewegungen werden durch periodisch auftretende Strahlungsvorgänge verstärkt, so daß von den Elementen der Bauwerkshülle weniger Wärmedämmleistungen als Wärmebeharrungsvermögen und Wärmespeicherfähigkeit verlangt wird. Damit kommen die Rechengrößen  $c$  (spezifische Wärmekapazität),  $a$  (Temperaturleitfähigkeit) und  $b$  (Wärmeeindringvermögen) ins Spiel".

Auch das Wärmespeichervermögen  $Q_s$  muß bei einer energetischen Beurteilung eines Bauteils beachtet werden, da es immerhin bedeutsam ist, ob ein Bauteil viel oder wenig Energie zu "horten" imstande ist; Energie, die von der Sonne kostenfrei geliefert wird.

### Wichtige bauphysikalische Daten

Die spezifische Wärmekapazität  $c$  ist die Wärmemenge, die erforderlich wird, um 1 kg eines Stoffes um 1 K zu erwärmen (Wh/kg K) und ist nachfolgender Tabelle zu entnehmen (aus DIN 4108, Teil 4, Tabelle 7 - dort in J/kg K).

**Tabelle :** Rechenwerte der spezifischen Wärmekapazität  $c$  verschiedener Stoffe.

		J/kg K	Wh/kg K
1	Anorganische Bau- und Dämmstoffe	1000	0,28
2	Holz und Holzwerkstoffe (auch HWL-Platten)	2100	0,58
3	Pflanzliche Fasern und Textilfasern	1300	0,36
4	Schaumkunststoffe und Kunststoffe	1500	0,42
5.1	Aluminium	800	0,22
5.2	Sonstige Metalle	400	0,11
6	Luft ( $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ )	1000	0,28
7	Wasser	4200	1,17

Holz und Holzwerkstoffe haben eine hervorragende Wärmekapazität, deshalb sind *massive* Holzhäuser so vorteilhaft. Wasser ist überragend und eignet sich somit als Wärmeträger bei Heizungen. Pflanzliche Fasern und Schaumkunststoffe liegen zwar höher als die anorganischen Bau- und Dämmstoffe, sind jedoch wegen geringer Raumgewichte als Speicher ungeeignet.

Die Temperaturleitfähigkeit  $a$  ist ein Maß für die Geschwindigkeit, mit der sich unterschiedliche Temperaturen innerhalb des Materials ausgleichen, ist also ein Maß für den Temperaturstrom, der sich bei Temperaturveränderungen im Bauteil einstellt. Deshalb steht auch in [8]: "Eine Temperaturänderung pflanzt sich in einem Stoff umso *schneller* fort, je *größer* die Temperaturleitfähigkeit  $a$  dieses Stoffes ist". Die Formel lautet:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad (\text{m}^2/\text{h})$$

Es ist besonders darauf hinzuweisen, daß bei der Temperaturleitfähigkeit  $a$  nicht allein die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  maßgebend ist, sondern darüber hinaus das Raumgewicht und die spezifische Wärmekapazität des Materials mit einfließen.

Der Wärmeeindringkoeffizient  $b$  ist ein Maß für die Fähigkeit eines Materials, Wärme aufzunehmen oder wieder abzugeben. Je *größer* der Wärmeeindringkoeffizient ist, desto *mehr* wird aufgenommen bzw. abgegeben und desto *langsamer* erfolgt die Wärmeaufnahme bzw. -abgabe. Die Formel lautet:

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad (\text{Wh}^{0,5}/\text{m}^2\text{K})$$

Auch der Wärmeeindringkoeffizient  $b$  hängt weitgehend vom Raumgewicht und von der spezifischen Wärmekapazität ab [3].

Bei der Wärmeaufnahme bzw. -abgabe spielt das Wärmespeichervermögen eine Rolle. Dies ist die Wärmemenge, die das Material bei einer Temperaturdifferenz von 1 K speichern oder abgeben kann. Das Wärmespeichervermögen  $Q_s$  bestimmt maßgebend die instationären Verhältnissen einer Konstruktion. Je höher dieses ist, desto träger reagiert die Konstruktion auf Temperatur- und Wärmestromveränderungen. Die Formel lautet:

$$Q_s = \rho \cdot c \cdot V \quad (\text{Wh/K})$$

Die Kurzzeichen in den drei Formeln bedeuten:

- a = Temperaturleitfähigkeit ( $\text{m}^2/\text{h}$ )
- $\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit ( $\text{W}/\text{mK}$ )
- $\rho$  = Raumgewicht ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- c = spezifische Wärmekapazität ( $\text{Wh}/\text{kg K}$ )
- b = Wärmeeindringkoeffizient ( $\text{Wh}^{0,5}/\text{m}^2\text{K}$ )
- $Q_s$  = Wärmespeichervermögen ( $\text{Wh}/\text{K}$ )
- V = Baustoffvolumen ( $\text{m}^3$ )

### Fazit

Hier schon wird klar, daß die spezifische Wärmekapazität und das Raumgewicht in die energetischen Überlegungen mit einbezogen werden muß, wenn sachgerecht Temperatur- und Wärmetransportvorgänge bewertet werden sollen. Dies aber wird bei der energetischen Bewertung einer Außenwand von der etablierten Bauphysikszene strikt negiert.

### Meßdaten und Erläuterungen

Bei dem Versuch wurden unterschiedliche Materialien für 10 Minuten mit einer 150 W Infrarot-Lampe bestrahlt [7]. Dabei handelte es sich um 4 cm dicke Schichten in den Abmessungen 33 x 33 cm. Die Zusammenstellung von Stoffgrößen, umfangreicheren Meßdaten und zum Schluß der maßgebenden bauphysikalischen Kenndaten für die gewählten fünf Platten zeigt die folgende Tabelle:

	Mineralwolle		Styropor		Holzfaserplatte		Holz		Ziegel	
$\lambda$	0.04 W/mK		0.04 W/mK		0.04 W/mK		0.13 W/mK		0.98 W/mK	
$\rho$	40 kg/m <sup>3</sup>		20 kg/m <sup>3</sup>		150 kg/m <sup>3</sup>		440 kg/m <sup>3</sup>		1900 kg/m <sup>3</sup>	
c	0,28 Wh/kgK		0,42 Wh/kgK		0,58 Wh/kgK		0,58 Wh/kgK		0,28 Wh/kgK	
	Temperatur bei		Temperatur bei		Temperatur bei		Temperatur bei		Temperatur bei	
nach	0 cm	4 cm	0 cm	4 cm	0 cm	4 cm	0 cm	4 cm	0 cm	4 cm
0 min	21°C	21,4°C	21°C	21,4°C	21°C	21,4°C	21°C	20,6°C	21°C	20,9°C
2,5 min	150°C	22,3°C	60°C	23,0°C	84°C	21,6°C	56°C	20,7°C	41°C	20,9°C
5 min	181°C	33,5°C	66°C	26,7°C	88°C	21,7°C	74°C	20,9°C	51°C	21,2°C
7,5 min	180°C	47,3°C	68°C	31,3°C	100°C	21,9°C	79°C	20,9°C	53°C	22,0°C
10 min	173°C	59,8°C	72°C	35,4°C	105°C	22,2°C	82°C	20,9°C	57°C	23,4°C
12,5 min	45°C	67,7°C	36°C	37,1°C	47°C	23,4°C	45°C	21,0°C	39°C	25,2°C
15 min	35°C	65,9°C	30°C	36,3°C	37°C	24,7°C	40°C	21,2°C	35°C	27,1°C
17,5 min	30°C	60,4°C	26°C	33,4°C	33°C	25,8°C	35°C	21,5°C	33°C	28,2°C
20 min	28°C	54,1°C	25°C	31,1°C	30°C	26,3°C	31°C	21,9°C	31°C	29,0°C
a	$3,57 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$		$4,76 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$		$0,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$		$0,51 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$		$1,84 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$	
b	0,67 Wh <sup>0,5</sup> /m <sup>2</sup> K		0,58 Wh <sup>0,5</sup> /m <sup>2</sup> K		1,87 Wh <sup>0,5</sup> /m <sup>2</sup> K		5,76 Wh <sup>0,5</sup> /m <sup>2</sup> K		22,83 Wh <sup>0,5</sup> /m <sup>2</sup> K	
$Q_s$	0,049 Wh/K		0,037 Wh/K		0,379 Wh/K		1,112 Wh/K		2,317 Wh/K	
U	0,85 W/m <sup>2</sup> K		0,85 W/m <sup>2</sup> K		0,85 W/m <sup>2</sup> K		2,09 W/m <sup>2</sup> K		4,74 W/m <sup>2</sup> K	

Die gemessenen Temperaturverläufe auf der bestrahlten Seite, also bei 0 cm, werden in nachfolgender Abbildung 1 grafisch dargestellt:

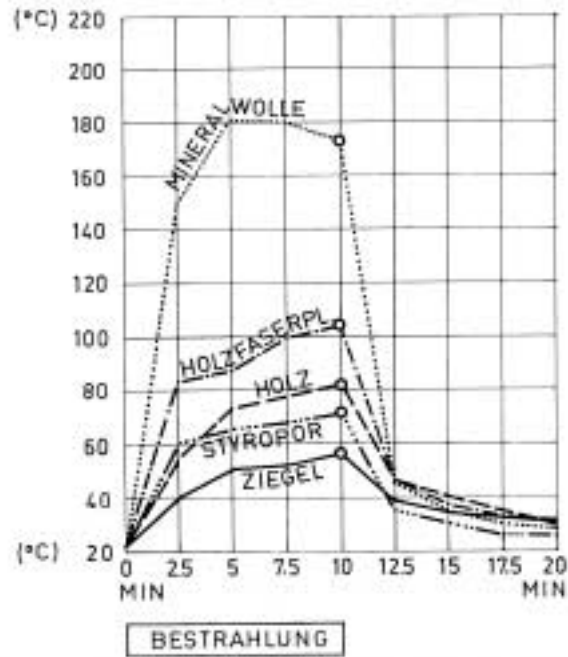


Abb. 1 Temperaturveränderungen auf der direkt bestrahlten Oberfläche einer jeweils 4 cm Schicht

Erläuterung:

Die Oberflächentemperaturen auf der bestrahlten Seite differieren während der 10minütigen Bestrahlung sehr, hier sei besonders die hohe Temperatur der Mineralwolle erwähnt. Sie klingen dann aber nach weiteren 10 Minuten auf ein Temperaturniveau um die 30°C ab.

Bedeutsam für die energetische Bewertung von Baustoffen werden die unterschiedlichen Temperaturen auf der Rückseite der 4 cm Schicht, dies zeigt die Abbildung 2:

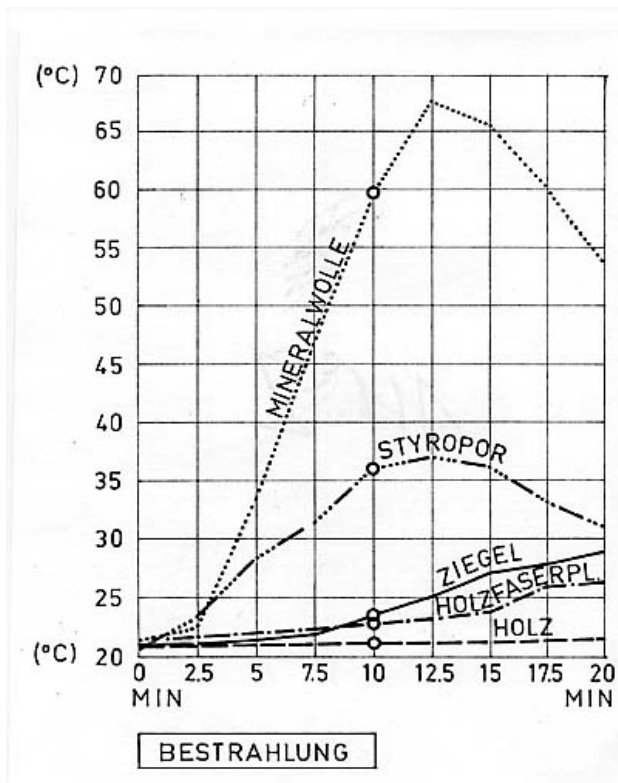


Abb. 2 Temperaturveränderungen auf der Rückseite einer jeweils 4 cm Schicht

Erläuterung:

Hier zeigt sich deutlich, daß nach der Bestrahlungszeit von 10 Minuten die "Dämmstoffe" verheerende Temperaturen aufweisen, während Holz, Holzfaserplatte und der Ziegel, also die Speicherstoffe, kaum nennenswerte Temperaturerhöhungen zulassen.

Während der Abklingzeit in den anschließenden 10 Minuten steigen bei den "Dämmstoffen" die Temperaturen zunächst kurz an, um dann wieder abzufallen. Die Temperaturen nach 20 Minuten sind aber immer noch höher als die der Speicherstoffe. Bei diesen erhöht sich nach der Bestrahlung sogar die Oberflächentemperatur, obgleich keine Strahlungsenergie mehr eingebracht wird. Speicherfähige und schwere Baustoffe bewirken also einen Verzögerungseffekt. Die eingestrahlte Energie wird im Baustoff eingelagert und gespeichert und dann später erst weitergegeben – das Speichervermögen kommt zum Tragen. "Dämmstoffe" dagegen können keine Wärme speichern und reagieren prompt – sie sind sehr empfindlich gegenüber Temperatur- und damit Wärmestromveränderungen.

Diese empirisch ermittelten unterschiedlichen Temperaturveränderungen können mit den in der Tabelle ebenfalls angeführten bauphysikalischen Speicherdaten erläutert werden:

Mineralwolle und Styropor haben hohe Temperaturleitfähigkeiten  $a$ , also schnelle Temperaturbewegungen, aber auch kleine Wärmeeindringkoeffizienten  $b$ , also eine geringe und schnelle Energieaufnahme. Dieser Nachteil der Dämmstoffe drückt sich auch im kaum vorhandenen Speichervermögen  $Q_s$  aus.

Die Speicherstoffe dagegen haben geringe Temperaturleitfähigkeiten  $a$ , also langsame Temperaturbewegungen, und hohe Wärmeeindringkoeffizienten  $b$ , also eine hohe und langsame Energieaufnahme, weil das Speichervermögen  $Q_s$  wesentlich höher ist. Der Ziegel gleicht hier die etwas höhere Temperaturleitfähigkeit  $a$  durch einen sehr hohen Wärmeeindringkoeffizienten  $b$  und besonders hohes Speichervermögen  $Q_s$  aus.

Diese bauphysikalischen Speicherkennwerte sind für das Temperaturverhalten einer Außenkonstruktion somit bestimmend und äußerst wichtig.

Diese positiven Eigenschaften der Speicherstoffe gegenüber Temperaturveränderungen können den U-Werten keineswegs entnommen werden. Im Gegenteil, die "guten" U-Werte der Dämmstoffe nutzen bei Temperaturveränderungen nichts, wenn keine Speicherfähigkeit vorhanden ist. Die "schlechten" U-Werte von Holz und besonders Ziegel dagegen reagieren auf Temperaturveränderungen hervorragend, weil eine genügende Speicherfähigkeit vorliegt.

**Fazit**

Da sich im Tagesrhythmus die Temperaturen in der Außenkonstruktion infolge der Solareinstrahlung ständig ändern, diese Temperaturen jedoch erst den Wärmestrom bestimmen, wird für die Beschreibung von Energieströmen die *Temperaturleitfähigkeit* in Verbindung mit der Speicherkapazität entscheidend und maßgebend. Holz, die Holzfaserplatte und der massive Ziegel bieten sich deshalb als geeignete Baustoffe an, die üblichen "Dämmstoffe" dagegen sind unbrauchbar.

Es muß bei instationären Verhältnissen eigentlich ein "*Temperaturdurchgangskoeffizient*" und nicht der "*Wärmedurchgangskoeffizient*", der U-Wert, Verwendung finden; wesentlich ist nicht der Wärmeschutz, sondern der Temperaturschutz. In *allen* Energiebedarfsberechnungen gilt jedoch nur der U-Wert, der eben nur bei eingependelten, festen Temperaturen (eine Utopie) anwendbar ist. Außerdem wird dieser *imaginäre* Wärmestrom auch noch durch die *Lufttemperaturdifferenz* zwischen Innen und Außen bestimmt. Maßgebend für den Wärmedurchlaß im Bauteil ist jedoch ausschließlich die *Oberflächentemperaturdifferenz* zwischen Innen und Außen und diese ist wesentlich geringer als die Lufttemperaturdifferenz. Zur Definition des U-Wertes steht deshalb in [3]: "Der Wärmedurchgangskoeffizient U (k-Wert) bezeichnet die Wärmemenge in Joule, die in einer Sekunde durch 1 m<sup>2</sup> eines Bauteils im stationären *Temperaturzustand* hindurchgeht, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiderseits angrenzenden Medien (z. B. Luft) 1 Kelvin beträgt".

Der U-Wert entpuppt sich damit als *Fata Morgana* [12], [14].

**Analoge Überlegungen zur Temperaturstabilität**

Nun bestehen Außenkonstruktionen selbstverständlich nicht aus 4 cm Schichten, aber allein schon dieser durchgeführte Test zeigt, wie wichtig das Speichern für das Temperaturverhalten eines Baustoffes ist. Die Speicherfähigkeit ist für die Stabilität des Raumklimas bedeutsam und darf schon aus diesem Grunde nicht vernachlässigt werden. Das Maß hierfür ist das Temperatur-Amplituden-Verhältnis (TAV) oder

der Kehrwert, die Temperatur-Amplituden-Dämpfung (TAD). Speicherfähiges Material dämpft die außenseitigen Oberflächentemperaturschwankungen auf der Innenoberseite, deshalb sollte wegen der Behaglichkeit das TAV den Wert 0,15 nicht übersteigen. Für bauübliche Abmessungen zeigt die Abbildung 3 dieses so wichtige Beurteilungskriterium:

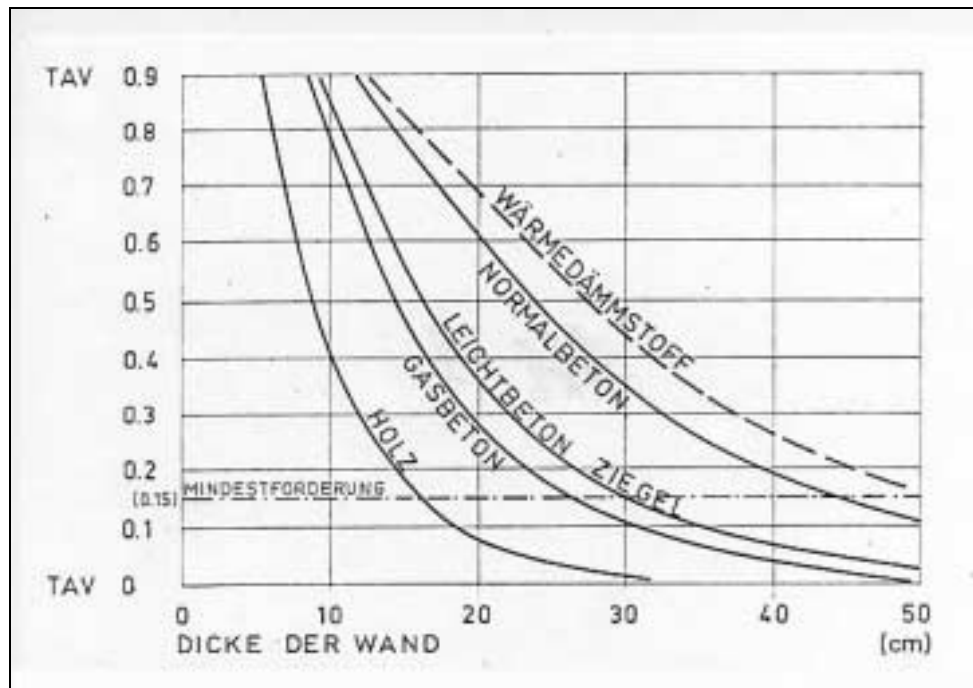


Abb. 3 Temperatur-Amplituden-Verhältnis homogener Wände aus verschiedenen Stoffen, abhängig von der Wanddicke [8]. Es werden folgende Baustoffe gewählt:  
 Holz:  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$ ,  $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$ ; Gasbeton:  $\lambda = 0,16 \text{ W/mK}$ ,  $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ ;  
 Leichtbeton:  $\lambda = 0,50 \text{ W/mK}$ ,  $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ ; Beton:  $\lambda = 2,10 \text{ W/mK}$ ,  $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$ ;  
 Wärmedämmstoff:  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ ,  $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$ .

#### Erläuterung:

Je nach Baustoff ergeben sich recht unterschiedliche Ergebnisse. Ein TAV von 0,1 (20 K Oberflächentemperaturschwankung außen wird innen mit 2 K Oberflächentemperaturschwankung wirksam) werden etwa durch 20 cm Holz, 36,5 cm Leicht- und Gasbeton (auch durch massive Ziegel) und etwa 50 cm Schwebbeton erzielt. Wärmedämmstoff dagegen muß bei Abmessungen von etwa 12 bis 16 cm (dies sind bereits ineffiziente und damit unwirtschaftliche Dämmstoffdicken) mit Temperatur-Amplituden-Verhältnissen von 0,8 bis 0,9 belegt werden (eine Oberflächentemperaturschwankung außen von 20 K wird innen mit 16 bis 18 K Oberflächentemperaturschwankung wirksam).

Reine Leichtkonstruktionen aus Dämmstoff bedingen deshalb ein "Barackenklima". Interessant ist, daß Beton und Wärmedämmstoff im TAV gar nicht allzu weit auseinander liegen. Die beiden Extrembaustoffe für Speicherung (Beton) und Dämmung (Wärmedämmstoff) können also bei ähnlichen Dicken ihre jeweiligen Schwachstellen in etwa kompensieren. Beton erfüllt die TAV-Anforderung schon mit 50 cm, eine durchaus mögliche Konstruktion. Dämmstoff dagegen muß nun noch mehr Dicke aufbringen, um annehmbare TAV-Werte zu erzielen – dies aber ist konstruktiv nicht umsetzbar und außerdem wirtschaftlich völlig unakzeptabel [14].

Auch Haferland hat bereits auf die Bedeutung einer Temperatur-Amplituden-Dämpfung hingewiesen und zeigt in [9] die folgende Abbildung 4.

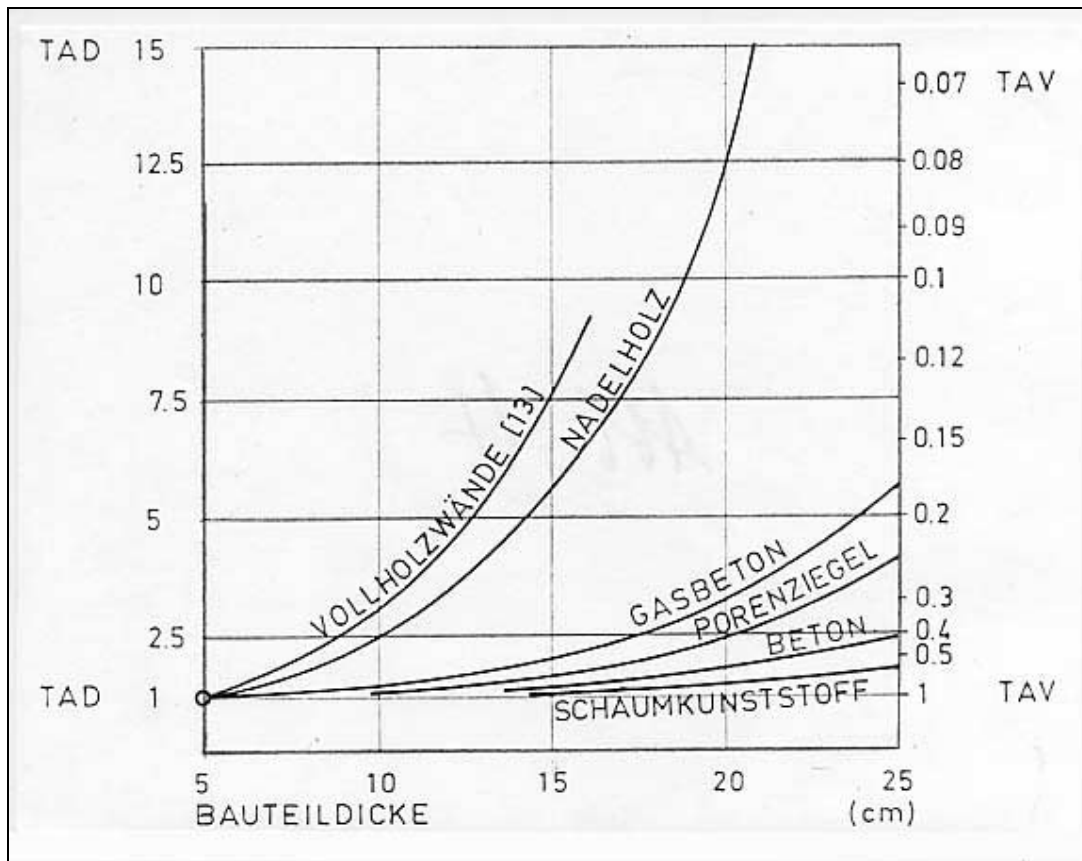


Abb. 4 Temperatur-Amplituden-Dämpfung und Temperatur-Amplituden-Verhältnis unterschiedlicher Baustoffe.

#### Erläuterung:

Auch hier wird "Schaumkunststoff" an *unterster* Stelle ausgewiesen, noch unterhalb des Betons. Der Porenziegel erreicht annehmbare und gute Werte, doch das Nadelholz zeigt seine ganze Stärke: Vollholzkonstruktionen sind hervorragend. Außerdem werden noch aus [15] die TAV-Werte für Vollholzwände übernommen, die sogar noch günstiger als die Haferland-Angaben sind.

Insofern verwundert es dann auch nicht, daß das für ein angenehmes Raumklima so entscheidende Maß des Temperatur-Amplituden-Verhältnisses von den Herstellern von Fertighäuser in Leichtbauweise bagatellisiert und für überflüssig gehalten wird. So steht unter der Überschrift "TAV nicht mehr aktuell" in [18]: "Das Temperatur-Amplituden-Verhältnis der Außenwände wird nicht mehr als wichtigste Größe für den sommerlichen Wärmeschutz angesehen" und weiter heißt es dort: "Im Verlauf der *Diskussion* entwickelte sich eine Prioritätenfolge, die derzeit folgendermaßen dargestellt werden kann:

1. Energiedurchlässigkeit und Fläche der transparenten Außenbauteile.
2. Sommerliche Gebäudelüftung (Nutzen der nächtlichen Abkühlung).
3. Orientierung der transparenten Außenbauteile.
4. Wärmespeicherfähigkeit der Innenbauteile.
5. Instationärer Wärmeschutz (TAV) der nicht-transparenten Außenbauteile.

Hier zeigt sich das ganze Dilemma "moderner" Bauentwicklungen. Bewährtes Erfahrungswissen wird nicht mehr als solches *angesehen*, es wird einfach *wegdiskutiert*. Die Sonne wird nur beim Fenster akzeptiert, die speicherfähige Außenwand wird ignoriert. Der Energieeintrag über die Fenster führt zu Überheizungen – hierfür braucht man dann nur "speicherfähige *Innenbauteile*".

Um die Leichtwand zu retten, wird einfach das Temperatur-Amplituden-Verhältnis abgeschafft. Es wird die Parole ausgegeben, das TAV sei nicht mehr wichtig und alle haben willig und gehorsam zu folgen, schließlich würde in der DIN 4108, wie in [3] zu lesen ist, der Nachweis des TAV auch nicht gefordert. So einfach ist das beim globalisierten Geschäft mit dem Kunden. Nur leider ist der Kunde dabei der Dumme.

## Fazit

Auch hier zeigt sich klar, daß Holz und massive Baustoffe wie der Ziegel hervorragend geeignet sind, klimatisch stabile Innenraumverhältnisse zu schaffen.

Aus diesem Grunde ist die "zukunftsweisende" Bauweise mit viel Dämmstoff sehr kritisch zu sehen. Immerhin werden in [17] für Leichtkonstruktionen recht ungünstige TAV-Werte ausgewiesen. Auf die Problematik des kapillaren Feuchttransportes bei Schichtkonstruktionen wird besonders hingewiesen [14]. Immerhin wird dieser sehr behindert, wenn nicht sogar unterbrochen, was dann zu Durchfeuchtungen der Wände und damit zu Schimmelpilzbildungen führt. Schimmelpilzseminare haben Hochkonjunktur.

## Schlußbemerkung

Im Interesse bestimmter Industriezweige wird "moderne" Bauphysik je nach Bedarf *diskutiert* und *umformuliert*. Nicht Erkenntnisse bestimmen die (deshalb pseudo) wissenschaftlichen Aussagen, sondern Kooperationsbekenntnisse zur Industrie – und all dies geht zu Lasten des Kunden. Dem wird dann durch Werbekampagnen klar gemacht, daß dies ja alles *letzter* Stand der Technik und deshalb erstrebenswert sei – außerdem diene es der Umwelt. Aber gerade das Umweltargument ist nur ein Scheinargument, es wird arg mißbraucht [13]. Die Medien veranstalten wahre Täuschungsorgien.

Als "Behaglichkeits-Ausgleich" beim Barackenklima wird nun empfohlen (oder verordnet), auftretende Mißstände beim Raumklima durch eine aufwendige und kostenintensive technische Gebäudeausrüstung zu "bereinigen". Wieder geht alles zu Lasten des Kunden. Es werden, wie immer, nicht die Ursachen beseitigt, sondern lediglich die Symptome bekämpft.

Da sich die Speicherfähigkeit einer Außenwand besonders günstig auf die Behaglichkeitskriterien im Innenraum auswirkt, wäre es leichter und billiger, für die Außenkonstruktion eben speicherfähiges Material zur Dämpfung und Pufferung der unliebsamen Temperatureinflüsse im Sommer vorzusehen. Im Winter aber kann durch speicherfähiges Material die kostenlose Sonnenenergie "geerntet" werden, so daß sich dadurch erhebliche Energieeinsparungen ergeben. Auch wenn dagegen polemisiert wird [6], es hat sich gezeigt, daß auf das Speichervermögen einer Außenkonstruktion nicht verzichtet werden kann – eben auch in energetischer Hinsicht [12], [14].

Die energetische Beurteilung einer Außenkonstruktion nur auf den U-Wert zu beschränken, ist deshalb völlig unzureichend und irreführend, da die Voraussetzung für die Gültigkeit, nämlich der Beharrungszustand, nie vorliegt. Diese Beschränkung des U-Wertes wird auch in [10] bestätigt. Dort steht:

"Folgendes ist vorzuschicken: der k-Wert (jetzt U-Wert) eines Bauteils beschreibt dessen Wärmeverlust unter stationären, d. h. zeitlich unveränderlichen Randbedingungen. Die Wärmespeicherfähigkeit und somit die Masse des Bauteils geht nicht in den k-Wert ein. Außerdem beschreibt der k-Wert nur die Wärmeverluste infolge einer Temperaturdifferenz zwischen der Raum- und der Außenluft. Die auch während der Heizperiode auf Außenbauteile auftreffende Sonneneinstrahlung bleibt unberücksichtigt".

Es ist recht bemerkenswert, daß Hauser, selbst ein Protagonist des U-Wert-Dogmas, einmal etwas derartig Fundamentales festgestellt hat. Wenn Leute nur das, was sie einmal gesagt haben, nicht wieder vergessen würden, wäre im Disput um den Gebäudewärmeschutz und die Behaglichkeit schon vieles gewonnen. Insofern ist es dann schon recht merkwürdig, wenn Hauser drei Jahre später in [11] versucht, die Allgemeingültigkeit des U-Wertes durch eine "Literaturstudie" zu retten, indem er die vielfältige Verwendung des U-Wertes auflistet. Damit aber wird nur dokumentiert, wer alles mit dem U-Wert hantierte und selbst dem Irrtum unterlag, dieser sei zur Bestimmung der Transmissionswärmeverluste brauchbar. Keinesfalls jedoch wird damit die Gültigkeit und Richtigkeit des U-Wertes bewiesen. Die zitierten Literaturstellen in [11] zeigen, wer alles an "Experten" hier irrte – und immer noch irrt [14].

Der U-Wert wird somit von offizieller Seite nicht zur Disposition gestellt. Dies aber ist gerade jetzt besonders verantwortungslos, weil mit der EnEV [5] vor allem die speicherfähige Altbausubstanz durch U-Wert-Verbesserung "energetisch saniert" werden soll. Damit aber werden nur die Bauschäden zunehmen – die Schwierigkeiten bei Wärmedämmverbundsystemen werden gerade jetzt offenkundig.

Mit dem "Lichtenfelser Experiment" werden die bauphysikalischen Zusammenhänge einer erstrebenswerten Außenkonstruktion wieder in Erinnerung gerufen. Dies ist wichtig, denn die etablierte Bauphysikszene ist weit davon entfernt, davon überhaupt Kenntnis zu nehmen. Sie ist in heller Aufregung und polemisiert in Ermangelung stichhaltiger Gegenargumente in gewohnter Weise. Beleidigungen und Diffamierungen ersetzen jedoch keine Argumente. Die Dämmstoff-Industrie hat die Order ausgegeben, das Lichtenfelser



Experiment "totzuschweigen". Eine Informationssperre aber löst keine bautechnischen Probleme. Umfassende Aufklärung ist notwendig, um hier die Spreu vom Weizen zu trennen, [16], [19]. Unabhängige Fachleute sind bemüht, hier den Nebel von Fehl- und Falschinformationen zu lichten, unter anderem auch die AGH, der Arbeitskreis Gesundes Haus [1].

Abraham Lincoln hat gesagt:

"Man kann einige Leute die ganze Zeit,  
und alle einige Zeit zum Narren machen,  
nicht aber alle die ganze Zeit".

Allerdings wurde Lincoln 1865 in seiner Theaterloge erschossen, wie so mancher amerikanische Präsident später auch.

## Literatur

- [1] AGH: Arbeitskreis Gesundes Haus. Zusammenschluß von unabhängigen Wissenschaftlern, Architekten, Fachingenieuren und Sachverständigen (Böttiger, Eisenschink, Fischer, Gagelmann, Gerlich, Köneke, Kühnel, Meier, Thüne); u. a. Petition zur EnEV an den Bundestag vom März 2001 – Aktenzeichen: Pet 1-14-12-232-031592 (siehe auch Internet-Adressen).
- [2] Cords-Parchim, W.: Technische Bauhygiene. Teubner Verlag Leipzig 1953.
- [3] Cziesielski, E.; Daniels, K.; Trümper, H.: Ruhrgas Handbuch - Haustechnische Planung. Hrsg. Ruhrgas AG, Karl Krämer Verlag Stuttgart 1985.
- [4] Eichler, F; Arndt, H.: Bautechnischer Wärme- und Feuchtigkeitsschutz. 2. Auflage, VEB Verlag für Bauwesen Berlin 1989.
- [5] Energieeinsparverordnung – EnEV. "Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden" – Februar 2002.
- [6] Feist, W.: Ist Wärmespeichern wichtiger als Wärmedämmen ? Institut für Wohnen und Umwelt GmbH Darmstadt, Mai 1987.
- [7] Fischer, K.; Köneke, R.; Lipfert, F.; Meier, C.; Parsiegla, H.: Temperaturmessung – Dämmstoffe im Vergleich. Bautenschutz + Bausanierung 2001, H. 8, S. 9.
- [8] Gösele, K.; Schüle, W.: Schall, Wärme, Feuchte. Bauverlag Wiesbaden Berlin 1985.
- [9] Haferland, F.: Forschungsbericht aus "Wirtschaftlich Bauen", Sonderheft 9, Bauverlag Wiesbaden; in Hebel Handbuch für den Wohnbau 1986.
- [10] Hauser, G.: Der k-Wert im Kreuzfeuer - ist der Wärmedurchgangskoeffizient ein Maß für Transmissionswärmeverluste? Bauphysik 1981, H. 1, S. 3.
- [11] Hauser, G.: Einfluß des Wärmedurchgangskoeffizienten und der Wärmespeicherfähigkeit von Bauteilen auf den Heizenergieverbrauch von Gebäuden. Literaturstudie. Bauphysik 1984, H. 5, S. 180 und H. 6, S. 207.
- [12] Meier, C.: Praxis-Ratgeber zur Denkmalpflege Nr.7, Januar 1999. Altbau und Wärmeschutz - 13 Fragen und Antworten. Informationsschriften der Deutschen Burgenvereinigung e.V. Marksburg - 56338 Braubach.
- [13] Meier, C.: Die Mär von der Klimakatastrophe. Bausubstanz 2001, H. 5, S. 59.
- [14] Meier, C. Richtig bauen – Bauphysik im Widerstreit – Probleme und Lösungen. Renningen-Malmsheim: expert verlag 2001, 248 Seiten.
- [15] Nürnberger, W.: Vollholzbauweise. Informationsdienst Holz e.V. Düsseldorf, November 1985.
- [16] Postman, N.: Die zweite Aufklärung. Berlin Verlag 1999.
- [17] Schulze, H.: Außenwände und Dächer. Informationsdienst Holz e.V. Düsseldorf, März. 1977.
- [18] Spethmann, H. J.: Sommerlicher Wärmeschutz. BMF Rundschau, Bauen mit Fertigteilen Nr. 26, 1976, S.17.
- [19] Wertheimer, J.; Zima, P. V.: Strategien der Verdummung. Infantilisierung in der Fun-Gesellschaft. Beck'sche Reihe 1423, Verlag C. H. Beck, München, 3. Auflage 2001.

Weitere Texte sind auch bei folgenden Internet – Adressen zu finden:

- a) Hintergrundinformationen und Veröffentlichungen: <http://ClausMeier.tripod.com>
- b) Umfangreiches Material: <http://home.t-online.de/home/konrad-fischer>
- c) Strahlungsheizung: [www.sancal.de](http://www.sancal.de)
- d) besonders Feuchteschutz: <http://www.ernst-vill-verlag.de>
- e) [www.dimagb.de](http://www.dimagb.de)