

# Mathematische und physikalische Grundlagen von 8 energierelevanten Faktoren einer Aussenwand

Aufgelistet in absteigender Folge ihrer Wichtigkeit – nach Bossert

## 1. Die Wanddicke

Die Wanddicke führt über die Zeitkonstante  $\tau \times 0,5 \text{ Log. } n$  zur Halbwertszeit. Die Halbwertszeit ist ein qualitativer Wert. Sie gibt an, in welcher Zeit der Wärmehalt einer Wand bei „freier“ Auskühlung abnimmt. Weil die Wanddicke im Quadrat über der Temperaturleitzahl in die Formel eingeht, bildet sie einer der wichtigsten Energie-Faktoren einer Aussenwand!

(Dr. habil. Georg Hofbauer, Gesundheitsingenieur, 29. März 1941)

Wanddicke	d	cm
Wärmeleitung	$\lambda$	W/mK
Raumgewicht	$\zeta$	kg/m <sup>3</sup>
Wärmespeicherzahl	c	Wh/kgK

Konstante für Halbwertszeit „k“ bei 0°C       $k = 0,5 \times \text{Log. } n = 0.347$

Die Temperaturleitzahl       $a = \lambda / \zeta \times c$       m<sup>2</sup> / h

Die Zeitkonstante       $\tau = d^2 / a$       h

Die Halbwertszeit       $\tau' = k \times d^2 / a$       h

Beispiel:

Zwei Wände mit gleichem Flächengewicht und gleichem U-Wert:

$a = \lambda / \zeta \times c = 0,1 \text{ W/mK} / 0,03 \text{ Wh/kgK} \times 1500 \text{ kg/m}^3 = 0,002 \text{ m}^2/\text{h}$  (Diese Konstruktionen könnte man sogar „hinbasteln“)

Wand W1:	d = 25 cm	d <sup>2</sup> = 0,0625 m <sup>2</sup>
Zeitkonstante W1:	$\tau = 0,0625 \text{ m}^2 / 0,002 \text{ m}^2/\text{h} = 31.25 \text{ h}$	
Halbwertszeit W1:	$\tau' = 0,347 \times 31.25 \text{ h} = 10,8 \text{ h}$	

Wand W2:	d = 50 cm	d <sup>2</sup> = 0.25 m <sup>2</sup>
Zeitkonstante W2:	$\tau = 0,25 \text{ m}^2 / 0,002 \text{ m}^2/\text{h} = 125.00 \text{ h}$	
Halbwertszeit W2:	$\tau' = 0,347 \times 125 \text{ h} = 43.4 \text{ h}$	

**Fazit: Bei doppelter Wanddicke ist die Halbwertszeit 4 mal höher!!!**

## 2. Die Wärmespeicherfähigkeit

Anhand von Energie-Verbrauchs-Analysen (EVA) ist beobachtbar, dass ein Flächengewicht von 700 (39 cm Vollziegel verputzt) bis 1'000 kg/m<sup>2</sup> (54 cm Vollziegel verputzt) energetisch von Vorteil ist.

Gebäude mit derartigen Wänden weisen einen Netto-Energieverbrauch von  $Q_h = 20 \text{ kWh/m}^3\text{a}$  auf (siehe Gesundheits-Ingenieur 1925 bis 1927).

## 3. Die Strahlungsaufnahmefähigkeit / Farbe

Strahlungsabsorptionsmessungen sind zur Zeit nur für den sichtbaren Teil des Lichts erhältlich. Wie die Infrarotstrahlung in einem Bauteil ankommt und wie sie ausgenützt werden kann, weiss niemand. Es ist anzunehmen, dass in der gemessenen Globalstrahlung – bestehend aus direkter und diffuser Strahlung – das IR möglicherweise enthalten ist.

Es ist m.E. aber unzulässig, Strahlungsprozente aus gemessenen Anteilen des sichtbaren Lichtes mit der gemessenen Globalstrahlung zu multiplizieren und so eine Strahlungsabsorptionsmenge zu bestimmen.

Zusammenhänge:

Verputze auf Aussendämmungen müssen – damit sie nicht reissen – einen hellen Farbton aufweisen und meistens handelt es sich um einen sogenannten Kunststoffputz mit einer:

Strahlungsabsorptionszahl von  $\mu = 0.30$  bis  $0,40$  und einer  
Reflektionszahl von  $\mu = 0,60$  bis  $0,70$

Auf massiven Wänden hingegen können durchgefärbte Kalkputze mit dunkler Einfärbung appliziert werden, welche eine:

Strahlungsabsorptionszahl von  $\mu = 0.65$  bis  $0,80$  bei einer  
Reflektionszahl von  $\mu = 0,35$  bis  $0,20$  aufweisen.

## 4. Die Oberflächenstruktur

Je nach Oberflächenstruktur kann eine Fassadenfläche mehr oder weniger Strahlung aufnehmen. Lisenen, Gewände und Gesimse bilden zwar so genannte geometrische Wärmebrücken. Sie nehmen jedoch auch auf allen Seiten Strahlung auf. Gleiches gilt für Putze. Rohe Putze weisen eine grössere Oberfläche als feine Putze auf und können deshalb mehr Sonnenstrahlung aufnehmen. Bis heute gibt es nur mathematisch ermittelte Wärmebrückenkataloge, beruhend auf stationären Theorien von innen nach aussen. Experimentelle Messungen und instationäre Wärmebrücken-Theorien existieren zur Zeit nicht.

## 5. Die Feuchtigkeit und Sorptionsfähigkeit

Die „offizielle“ Bauphysik nimmt an, dass im Winter die Raumfeuchtigkeit im inneren der Wände kondensiert (Kondensationsperiode) und das Kondensat im nächsten Sommer wieder austrocknet (Austrocknungsperiode). Aus den experimentellen Untersuchungen von ETH-Prof. und EMPA-Chef Paul Haller aus den Jahren 1953 bis 1958, geht aber eindeutig hervor, dass Aussenwände im Sommer generell nass sind und in den Wintermonaten austrocknen. Die Angaben im derzeit aktuellen Berechnungsprogramm WUFI, sind deshalb falsch. Experimente zu WUFI existieren nicht!

Es kann auch aus den Untersuchungen der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt EMPA entnommen werden, dass sich die von Aussenwänden aufgenommene Feuchtigkeit im Herbst und Frühjahr positiv auf den Energiehaushalt auswirkt, weil die eingedrungene Feuchtigkeit die Wärmespeicherfähigkeit im Aussenbereich von Wänden erhöht und somit die solare Zustrahlung bereits auf niederstem Niveau energiewirksam wird.

Eine Aussenwand kann aussen kalt und feucht und bei normaler innerer Beheizung auf 20 °C, innen warm und trocken sein!

Hypothese: Die um die Feuchtigkeit erhöhte Wärmespeicherfähigkeit übertrifft in ihrer Wirkung den negativen Aspekt des angeblich grösseren Wärmeverlustes der Wand infolge besserer Wärmeleitung.

Aus den Experimenten von Haller sind keine quantitativen Energieeinsparungen errechenbar.

## 6. Die Wärmeleitung > U-Wert (alt k-Wert)

Der U-Wert bildet bei nicht bestrahlten Bauteilen wie: Kellerdecke, Dachdecke und Rohrdämmungen etc. zweifelsfrei die relevante Energiespargrösse, wobei in zweiter Linie wiederum die Materialdicke und anschliessend die Wärmespeicherfähigkeit zum tragen kommt. Bei Aussenwänden aber, fehlt jedoch bis heute jegliche Korrelation in Bezug zum messbaren Energieverbrauch.

Das stellte auch ETH-Professor Max Hottinger in den 40-er Jahren fest.

Die nach ihm benannte Hottinger-Formel lautete:

$Q = \text{Wirkungsgrad} \times \text{Fläche} \times \text{Temperaturdifferenz} \times \text{k-Wert} \times \text{Gleichzeitigkeitsfaktor}$  plus zusätzlich noch ein paar weitere unwichtige Faktoren.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor betrug für Bauten mit Wandstärken aus Vollziegeln von 40 bis 50 cm = 0,5!

$$\underline{Q = \mu \times F \times \delta T \times k \times 0,5 = 0,45 \times m^2 \times ^\circ K \times W/m^2K \times 0,5}$$

## 7. Die Wärmebrücken

Generell gilt die Argumentation von Faktor: 4. „Die Oberflächenstruktur.“ Im Wesentlichen sind energetisch negative Wärmebrückenwirkungen bei Aussen-ecken, Wandanschlüssen zu Fassaden, bei Deckenauflagern und auskragen-den Bauteilen zu beachten. Das trifft aber nur auf aussengedämmte Konstrukti-onen mit geringer Innenwandstärke und mit niedrigem Flächengewicht zu. Meistens kommt es bei diesen Schwachstellen zu Kondensatausfall mit Schimmelpilz. Vermutlich spielt auch hier die Wanddicke gemäss Faktor: 1. „Die Wanddicke“ die entscheidende Rolle. Unterschreitet die Wanddicke eine be-stimmte Grösse, wird die exponentielle Auskühlung beschleunigt.

Bei dicken massiven Wänden von 40 bis 50 cm sind diese Nachteile nicht be-obachtbar. Würde man aber bei einem Jugendstil-Haus die Entwärmung nach der aktuellen Wärmebrückentheorie berechnen, so entsteht alleine aus Lisenen, Gewänden und Gesimsen ein derart hoher Energiebedarf, dass mit den Fens-ter-, Wand-, Boden- und Dachflächen ein um das vielfache höherer Energiever-brauch entsteht, als er in der Wirklichkeit beobachtbar ist. Offizielle, reale Mes-sungen bestehen hierzu nicht.

## 8. Die Wärmeeindring-Geschwindigkeit

Die Wärmeeindring-Geschwindigkeit leitet sich von der „Eindringzahl“  $b$  ab. Wattstunden pro Quadratmeter mal °Celsius mal Wurzel aus der Zeit. Normale Baustoffe haben  $b$ -Werte von 190 bis 550  $\text{Wh/m}^2 \text{K} \sqrt{\text{s}}$

Generell hängt die Wärmeeindring-Geschwindigkeit vom Flächengewicht, der Wanddicke und der Aussenstruktur des Wandbaustoffes ab. Hat die Wand in-folge zu hoher Porosität, einem allzu geringen Flächengewicht oder bei zu weit auseinanderliegenden Verbund-Stegen mit geringer Dicke (Schlitzlochsteine) einen zu grossen Wärmeeindring-Widerstand, so lässt sich beispielsweise die eingestrahelte Sonnenenergie nur in geringem Umfang nutzen. Es herrscht eine Wärmedepression! Erstmals wurden diese Zusammenhänge im Februar 1982 bei Messungen am Justus Knecht Gymnasium in Bruchsal beobachtet. Die Er-gebnisse wurden in der Folge als „Bruchsaler-Messung“ publiziert und baugeschichtlich festgehalten. Grundlagenforschungen dazu bestehen nicht.

Falsch verstandener Reduktionismus führt zum „Schichtendenken“! Die „Trag-, Dämm- und Wetter-Schichten“ sind letztendlich wieder ganzheitlich zu betrach-ten. Vermutlich bildet die einschalige Wand – infolge der besten Temperatur-verwaltung – die idealste Wandkonstruktion!

CH-4051 Basel, 5.10.2016  
e-mail: [paul.bossert@greenmail.ch](mailto:paul.bossert@greenmail.ch)

Arch. & Ing. Paul Bossert  
Tel. ++41 +44 740 83 93