

Mein Name wurde schon des öfteren in der »db« erwähnt – von Raimund Probst unter positivem und von Frank Dieter Balkowski unter negativem Aspekt. Da meine Artikel (»Basler Zeitung« vom 1. 9. 1980, »Detail« 3/81) viele Denkprozesse ausgelöst haben, möchte ich die db-Leser über die konkreten Zusammenhänge meiner Beobachtungen informieren.

Ich verdiene mein Geld als Statiker und lebe nicht durch Schreiben. Bauphysik, Wärmedämmtechnik und Energietechnik sind ein teures Hobby für mich. Nun möchte ich gemäß einem dringlichen Wunsch von Balkowski die »Schweizer Seifenblase« platzen lassen (Briefe in db 4/81). Die db-Leser möchten dann hinterher entscheiden, wer nun Äpfel mit Birnen vergleicht.

Für einen hypothetisch-mathematisch-theoretischen Nachweis über instationäre Wärmeverteilungen in einem Gebäude bin ich nicht zuständig. Ich werde nur nachweisen, daß keine Korrelation zwischen Energieverbrauch und k-Werten bestehen kann. Sekundär werden mit diesem Bericht auch Ernst Träbing und Frieder Hohwiller angesprochen, die gleich Balkowski den k-Wert mit Inbrunst anbeten. Man wird feststellen, daß diese Personen noch nie eine EVA durchgeführt haben können, denn sonst hätten sie längst bemerken müssen, daß zwischen k-Werten und Energieverbrauch keine Wechselbeziehung besteht. Zur Beruhigung sei gesagt, daß ich kein Gegner des k-Wertes bin und ich ihm die bauphysikalische Größenordnung beimesse, die ihm zusteht. Für mich ist der k-Wert ein Maß für die Behaglichkeit im Zusammenhang mit der Oberflächentemperatur der inneren Wandseite. Je nach Flächengewicht der Außenwand kann ein k-Wert variieren. Bei 600 kg/m<sup>2</sup> genügt ein k-Wert von 0,8 W/m<sup>2</sup> K, während bei 300 kg/m<sup>2</sup> ein k-Wert von 0,4 erforderlich ist. Flächengewichte von 400 kg/m<sup>2</sup> sollte man nicht unterschreiten.

Ein Optimum an Behaglichkeit bieten 800 kg/m<sup>2</sup> bei einem k-Wert von 0,5. Doch wer macht das schon? Ist es doch offensichtlich so, daß die Baukosten immer klein gehalten werden, denn die hohen Betriebskosten werden ja ohnehin vom Mieter bezahlt. Anstatt den Öl-Multis das Geld für Heizöl nachzuwerfen, könnte man Bankzinsen in gleicher Höhe bezahlen und dafür *richtig* bauen. Das Geld bliebe dann wenigstens im eigenen Land.

Wie erstellt man eine EVA?

1. Ermittle den genauen Energieverbrauch während einer bestimmten Zeit (Heizperiode). Schließe den Warmwasseranteil, wenn möglich, aus.
2. Berechne das beheizte Gebäudevolumen ab Außenkante Fassade und von Unterkante Kellerdecke bis Oberkante Dachdecke.
3. Teile die Liter Heizöl durch die Kubikmeter Warmraumvolumen, so ergibt sich der spezifische Ölverbrauch in Liter pro m<sup>3</sup> pro Jahr.  
*Merke:* Alte, dickwandige Häuser brauchen 3 bis 5 l/m<sup>3</sup>/Jahr. Häuser aus den Jahren 1930 bis 1950 brauchen 6 bis 8 l/m<sup>3</sup>/Jahr. Neue Wohngebäude, auch superwärmegedämmte, brauchen 9 bis 15 l/m<sup>3</sup>/Jahr (Bossert, Nagel: »Energieverbrauchsanalyse von Hochbauten. Instationärer Wärmedurchgang durch Baumaterialien« 29. 1. 1980 z. Hd. des Eidg. Energiewirtschaftlichen Departements, Bern).
4. Bestimme den Wirkungsgrad der Heizungsanlage nach den Grundlagen des Bundesministeriums für Wirtschaft (Ausgabe Juni 1979). Je nach dem erhält man einen Anlage-Wirkungsgrad von 75% bis 90%.  
*Merke:* 1 Liter Heizöl entspricht etwa 10 kWh Energie.
5. Ermittle nun den Nutzenergieverbrauch des Gebäudes.  
Beispiel: Älteres Haus (Jahrgang 1910): 4 Liter Ölverbrauch pro m<sup>3</sup> und Jahr 75% Wirkungsgrad der Heizungsanlage; das ergibt 3 Liter Öl Nutzenergie pro m<sup>3</sup> und Jahr; dies entspricht 30 kWh/m<sup>3</sup>/Jahr Energieverbrauch.
6. Man bitte das nächste Wetteramt um die Zustellung der Klimatabellen der betreffenden Heizperiode.
7. Damit bildet man die Differenz von der Innentemperatur zu den jeweiligen mittleren Tages-Außentemperaturen.  
Beispiel: Innentemperatur +20 °C  
                  Außentemperatur + 2 °C  
                  Differenz                   18 °C
8. Multipliziere diese Temperaturdifferenz mit 24 Stunden und der Anzahl der Tage, an denen das Thermometer nicht über +14 °C gestiegen ist. Als Ergebnis erhält man die jährlichen Heiz-Grad-Stunden. Je nach Gegend und Meereshöhe schwanken diese Werte zwischen 70 000 und 90 000 Heizgradstunden.  
Beispiel: Gegend in Hessen, 83 000 Kh (Kelvin-Stunden).

Theorien sind wichtig, um die Praxis zu erhärten:

Wer das Maß einer Würfelseite kennt, kann Höhe, Breite, Tiefe, Rauminhalt, Diagonale des Kubus usw. feststellen. Die Wirkung des Würfels kennt er damit noch nicht. Material, Inhalt, Oberfläche,

9. Teile nun den Nutzenergieverbrauch durch die Gradstunden.

Beispiel:  

$$30 \text{ kWh/m}^3/\text{Jahr} = \frac{30000 \text{ Wh}}{83000 \text{ Kh m}^3}$$

$$= 0,36 \text{ W/m}^3 \text{ K.}$$

Dies ist nun der spezifische Energieverbrauch des Gebäudes.

10. Bilde den spezifischen Energieverlust nach den k-Wert-Vorschriften der DIN-Norm, einschließlich eines vernünftigen Lüftungswärmeverlustes von etwa 0,3fach/h. Nun wird man bei dem oben beschriebenen, älteren Gebäude, mit einem spezifischen Energieverbrauch von 0,36 W/m<sup>3</sup> K feststellen, daß es einen spezifischen Energieverlust von 0,8 bis 1,0 W/m<sup>3</sup>/K aufweist. Andererseits wird man beim Nachkontrollieren von neuen, superwärmegedämmten Gebäuden eine Umkehrung feststellen. Einem spezifischen Energieverlust von 0,5 W/m<sup>3</sup> K steht oft ein spezifischer Verbrauch von 0,8 bis 1,2 W/m<sup>3</sup> K gegenüber.

Nehmen wir nun einmal einen Bericht von F. D. Balkowski, auf den er in db 4/81 (Briefe) verwies und der sich auf seine Publikation in »KIB« 5+6/1976 bezieht, etwas auseinander. Obwohl er es angeblich satt hat, seit 20 Jahren das gleiche zu schreiben, prüfen wir nun, ob das, was er schreibt, richtig ist: Drei praktisch gleiche Mehrfamilienhäuser mit je 32 Wohneinheiten werden »verglichen«. Die Häuser befinden sich in Marl und gehören den Chemiewerken Hüls. Den drei Bildern sieht man jedoch nicht an, daß das Haus A (Bitterfelder Straße 7) mit der Längsfassade gegen Süden schaut, daß das Gebäude B (Am alten Sportplatz 17 a) süd-ost-orientiert ist und daß das Haus C nach Westen ausgerichtet ist. Hingegen sieht man auf den Fotos, daß unterschiedliche Außenwand-Farben vorhanden sind: Haus A, praktisch weiß gegen Süden, Haus B, sehr viel Dunkles gegen Südosten, Haus C, teilweise dunkel gegen Westen.

Ebenso hat er es vermieden, Energieverbrauchswerte anzugeben, dafür nur Kosten in DM. Die Häuser werden mit Fernwärme versorgt, wobei nach Auskunft bei den Vereinigten Elektrizitätswerken Bochum der damalige Energiepreis 4 Pf./kWh betrug. Die Gebäude weisen etwa 11 000 m<sup>3</sup> beheiztes Volumen auf; die unterschiedlichen Gebäudeteile sind dort wie folgt beschrieben:

Farbe, Umgebung, Zweck ergeben erst einen ungefähren Begriff des Kubus' – oder Würfels.

Bossert sagt vergleichsweise: der k-Wert ist so ein Würfelseitenmaß. Der Energiehaushalt eines Gebäudes ist damit allein nicht zu erfassen.



Gebäude A, Bitterfelder Straße 7a

Wandaufbau: 2 cm Außenputz  
24 cm Gitterziegel  
1,5 cm Innenputz  
Fenster: Wohnraum Verbundverglasung  
sonstige Fenster Einfachverglasung



Gebäude B, Am alten Sportplatz 17a

Wandaufbau: 0,5 cm armierter Dispersionsputz  
4 cm Vestyporplatten (PS-Hartschaum)  
24 cm Gitterziegel  
1,5 cm Innenputz  
Fenster: Wohnraum Verbundverglasung  
sonstige Fenster Einfachverglasung



Gebäude C, Emslandstraße 1

Wandaufbau: 0,5 cm armierter Dispersionsputz  
4 cm Vestyporplatten (PS-Hartschaum)  
30 cm Schüttbodyeton  
1,5 cm Innenputz  
Fenster: Verbundverglasung  
Dach: Verbesserung der Wärmedämmung um 1 cm Dicke

Nun folgt der nach der k-Wert-Methode berechnete spezifische Energieverlust, den ich sinngemäß mit Lüftungs- und Heizungsverlusten ergänzt habe (Tabelle 1).

Jetzt wird der spezifische Energieverbrauch berechnet. Grundlage bilden die Klimatabellen, die der Deutsche Wetterdienst mir zugestellt hat. Da sich im Marl keine Wetterstation befindet, werden die Werte der Station Lüdinghausen verwendet. Man teilte mir mit, daß die Klimaunterschiede dieser Orte äußerst gering seien. Nach Auswertung der Klimatabellen erhält man für die betreffende Heizperiode (1974/75) 77 683 Kh (Tabelle 2).

Bei Haus A und C ist der Verbrauch etwas geringer als der Verlust.

Nun wird jedermann sofort aufatmen, da man feststellt, daß ja die Verlustzahlen mit den Verbrauchszahlen recht gut übereinstimmen und daß demnach die k-Wert-Theorie doch ihre Berechtigung habe. Aber es ist eben ein Haken an dieser Geschichte.

Tabelle 1: Wärmedurchgang der Außenbauteile bei den Gebäuden A–C

Bauteile	Gebäude A kcal/h °C		Gebäude B kcal/h °C		Gebäude C kcal/h °C	
	m <sup>2</sup>	gesamt	m <sup>2</sup>	gesamt	m <sup>2</sup>	gesamt
Wände	1,41	3725	0,55	1453	0,65	1717
Fenster mit:						
Einfachverglasung	4,5	2764	4,5	2764	–	–
Verbundverglasung	2,8	405	2,8	405	2,8	2125
mittlerer k-Wert der Wandscheibe	2,03	–	1,38	–	1,13	–
Dachdecke	0,62	311	0,62	311	0,53	266
Kellerdecke	0,87	437	0,87	437	0,87	437
gesamte Außenfläche	–	7642	–	5370	–	4545
Gesamtfläche in %		100%		70%		59%
Luftwechsel 0,3fach		762		762		762
Leistungsverluste		840		840		840
Total in kcal/h °C		9244		6972		6147
Total in W/K		10750		8108		7149
spezifischer E-Verlust in W/m <sup>3</sup> K		0,977		0,737		0,650

Tabelle 2: Energiekostenvergleich

Kosten	Gebäude A	Gebäude B	Gebäude C
Energiekosten pro Jahr	32913 DM	25343 DM	21393 DM
Energiekosten pro m <sup>2</sup> Wohnfläche im Jahr	10,77 DM	8,28 DM	7,07 DM
DM/m <sup>3</sup> Jahr	3,0	2,3	1,95
kWh/m <sup>3</sup> Jahr	75	57	48
spezifischer E-Verbrauch in W/m <sup>3</sup> K	0,965	0,734	0,618

Man sieht, daß der k-Wert der Außenwände bei Haus C schlechter ist als bei Haus B. Nun meint jeder mit Recht, daß dem zufolge die Energieeinsparung von 70% auf 59% durch die Verbesserung der Fenster entstanden sei. Ja, es mußten sogar die Fenster die Verschlechterung der Außenwände kompensieren. Rechnet man jedoch den Energieverlust über die Fenster in Abhängigkeit der Gebäudeorientierung aus (nach K. Gertis, db 2/80), so ergibt sich bei allen Häusern praktisch der gleiche Energieverlust. Das heißt in diesem spezifischen Falle, daß die Verbundgläser gegen Westen gleich viel Energie verlieren wie die Einfachgläser gegen Süden:

Haus	A	B	C
E-Verlust der Fenster in kWh/m <sup>2</sup> /Jahr	16,0	15,9	16,4
in W/m <sup>2</sup> K	0,2	0,2	0,21

Der Energieverbrauch über die Fenster von Haus C ist, infolge der ungünstigen Orientierung nach Westen, am größten. Man kann die Verbesserung der Wärmedämmung um 1 cm beim Dach von Haus C nicht für die relativ große Energieeinsparung verantwortlich machen. Auch ist absolut unwahrscheinlich, daß die Leute im Haus B noch schlechtere Lüftungsgewohnheiten haben als die im Haus A und daß deshalb im Haus C so wenig Energie verbraucht wird.

Wer es noch nicht bemerkt hat, der schaue beim Gebäudebescrieb nach: Die Wände von Haus C weisen einen schlechteren k-Wert auf als die von Haus B. Die Außenwärmedämmung ist jedoch bei beiden Häusern gleich. Die Außenwände von Haus C besitzen jedoch ein Flächengewicht von 600 kg/m<sup>2</sup>, diejenigen von Haus B nur 300 kg/m<sup>2</sup>. Daß es ausgerechnet die Unterlagen von Balkowski sind, die den Zusammenhang von Masse und Phasenverschiebung im Zusammenhang mit den E-Verbrauch aufzeigen, ist erfreulich. Nun werden wiederum andere kommen und sagen: Siehste, Bossert, aber »isolieren« und k-Wert-Verbesserung nützen doch etwas. Ja, richtig, aber es kommt eben darauf an, in welchem Verhältnis man die Sache betrachtet. Stellen wir nun den Energieverbrauch dieser Häuser in Marl in einen ganzheitlichen, vergleichbaren Zusammenhang. Rechnet man diese Fernwärme-Energieverbrauchszahlen in die eher überschaubaren Öl-Einheiten um, so ergibt sich:

Haus	A	B	C
spezifischer Ölverbrauch in l/m <sup>3</sup> /Jahr	10,7	8,1	6,9

Bedenkt man jedoch, daß ältere, im heutigen Sinne nicht wärmegeämmte Bauten mit spezifischen E-Verlusten von 1,0 bis 1,5 W/m<sup>2</sup> K nur 3 bis 5 Liter Öl pro m<sup>3</sup> und Jahr benötigen, so ist jedermann klar, daß der scheinbar niedrige Energieverbrauch von Haus C, in Relation zu seinem »Isolierungsgrad« viel zu hoch ist. Daß eine Außenwand aus 24 cm dicken Gittersteinen wie bei Haus A heutzutage unverantwortlich wäre, dürfte somit jedermann einleuchten.

Bei der Bauverwaltung der Chemiewerke Hüls erhielt ich außerdem die bemerkenswerte und korrekte Information, daß man festgestellt habe, daß Außenwärmedämmungen z. B. aus Polystyrol nur dann effizient seien, wenn ein entsprechendes Flächengewicht der Außenwand von mindestens 400 kg/m<sup>2</sup> vorhanden sei. Diese Erkenntnisse habe man auch Herrn Prof. Ehm mitgeteilt. Betrachtet man allerdings die neueste Publikation der Hülser Bauabteilung (»Schweizer Baublatt«, 51, 1981), so erschrecken die vom Messungen aus den Jahren 1972 bis 1979, die jedoch Vergleichszahlen anderer Gebäude betreffen.

	E-Verbrauch in W/m <sup>2</sup> K	Öl in l/m <sup>3</sup> Jahr
Pommernstraße 1, Marl	1,48	16,4
Bebelstraße 14 a, Marl (Haus mit Dämmputz)	1,07	11,9

Das erste Haus hat einen katastrophalen Energieverbrauch. Das zweite ist immer noch bodenlos schlecht, es sollte nur etwa die Hälfte des angegebenen Werts verbraucht werden.

Allgemein ist zum Bericht von Balkowski noch nachzutragen, daß er ausgerechnet das Jahr mit den geringsten Energieverbrauchszahlen auswertete. Die Heizperiode 1974/75 stellt sich klimatologisch im Vergleich zu den jährlichen Mittelwerten wie folgt dar:

	Heizperiode 1974/75	langjähriges Mittel
Heizgradstunden	77683	80163
relative Feuchte	63,1%	86,6%
Sonnenstunden	762	667

(Quelle: Klimadaten von Europa, Deutscher Wetterdienst, Offenbach, 1980)

Man erkennt, daß hier schon gewichtige Differenzen vorliegen.

Betrachten wir noch kurz die Tabelle der Heizkosteneinsparungen, die Balkowski in db 11/80 veröffentlicht hat. Das beschriebene, zweigeschossige Haus weist etwa 390 m<sup>3</sup> beheiztes Volumen auf. Vermutlich ist dies ein sogenanntes nicht existentes Roboterhaus, das nur aus Skat-Karten und Einfachverglasung besteht, denn es läßt sich bei 42900 kWh ein Energieverbrauch von 1,5 W/m<sup>2</sup> K errechnen. Bemerkenswert ist, daß in dieser Tabelle der Verlust dem Verbrauch gleichgesetzt wird. Nicht der kleinste Sonnenenergie-Gewinnanteil oder ein geringer Anteil von innerer Abwärme ist berücksichtigt. Darauf reduziert er den Verlust/Verbrauch auf 0,5 W/m<sup>2</sup> K, so daß nur noch 1828 Liter Öl benötigt werden. Dies sind aber dennoch 4,7 Liter/m<sup>3</sup>/Jahr. Das ist halt eben immer noch mehr, als was ein gleich großes Haus mit Baujahr 1910 bis 1930, ohne jegliche k-Wert-»Isolation« im heutigen Sinne, gegenwärtig verbraucht. Ein nach der k-Wert-Verbesserung erfolgter Verbrauch dürfte höchstens 2,9 l/m<sup>3</sup>/Jahr betragen. Ähnliche Widersprüchlichkeiten ergaben sich bei der Recherche bezüglich der BASF-Untersuchung über den Wärmeverbrauch von Wohngebäuden (Verfasser: Frieder Hohwiller, BASF: »Und der k-Wert bringt's doch«). Von fünf untersuchten Bauten wurden nur zwei publiziert. Aus den mir von der BASF anstandslos überlassenen Unterlagen ließ sich folgendes ermitteln:

Publizierte Bauten	A	B			
Untersuchte Bauten	A	B	C	D	E
spezifischer E-Verlust (W/m <sup>2</sup> K)	0,50	0,52	0,57	0,54	0,53
spezifischer E-Verbrauch (W/m <sup>3</sup> K)	0,48	0,58	0,59	0,59	0,54

Normalerweise liegt der spezifische Energie-Verbrauch etwa 30 bis 50% unter dem spezifischen Energie-Verlust (die mittlere jährliche Temperaturdifferenz von Ludwigshafen betrug für die untersuchte Zeit etwa 78000 Kh (Kelvin-Stunden).

Wörtlich schrieb die BASF zu meinen Feststellungen: »Abgesehen davon kam es uns darauf an, den prozentualen Unterschied des Wärmeverbrauches zwischen zwei (?) Gebäuden mit unterschiedlichem k-Wert der Wandkonstruktion deutlich zu machen und nicht den spezifischen Energie-Verbrauch bestimmter Gebäudearten aufzuzeigen.« Wo da der Unterschied sein soll, ist mir persönlich nicht klar. P.B.