



Claus Meier

Umweltschutz und Gebäudewärmedämmung*

Die Umwelt muß geschont werden, darüber ist sich jeder im klaren, doch welcher Weg beschritten werden muß, darüber gibt es unterschiedliche Meinungen. Hier ist besonders die These der konsequenten k-Wert-Minimierung zu nennen, die aus Gründen der Energieeinsparung und des Umweltschutzes immer wieder ins Gespräch gebracht wird. „Die Raumwärme würde einen bedeutenden Anteil des Energieverbrauches ausmachen, die Reduzierung durch eine verbesserte Dämmung liefere einen entscheidenden Beitrag zur Umweltentlastung“, ist immer wieder zu hören. Kann eine Wärmedämmung tatsächlich die Erwartungen erfüllen, die man allorts vermutet?

Environmental protection and building insulation

Opinion is unanimous that the environment must be protected, but divided as to the measures to be taken. Proposals for resolutely minimizing the C-factor feature prominently in conversations about energy and environmental concerns. Claims are frequently heard that a significant part of the energy we consume goes into the heating of rooms, and that improved insulation would contribute decisively to a healthy environment. Are the widespread expectations for insulation realistic?

Protection de l'environnement et isolation thermique des bâtiments

L'environnement doit être protégé, tout le monde est d'accord là-dessus; le problème est de savoir comment, et là, les opinions divergent. Il faut citer ici la thèse de la réduction systématique de la valeur k qui revient toujours dans le débat à cause des économies d'énergie et de la protection de l'environnement. Le thème selon lequel «le chauffage des habitations représenterait une partie importante de la consommation énergétique et une meilleure isolation réduirait cette consommation et contribuerait à la défense de l'environnement» est de plus en plus évoquée. L'isolation thermique peut-elle vraiment apporter la réponse dont on se doute?

1. Einleitung

In einer Studie von Prof. Gertis werden folgende k-Werte gefordert [1] und vom Gesamtverband der Dämmstoffindustrie empfohlen [2]:

$$\begin{aligned} k_F &= 1.30 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (Sondergläser)} \\ k_W &= 0.30 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (10 bis 12 cm Thermohaut)} \\ k_D &= 0.15 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (20 bis 25 cm Dämmung)} \\ k_G &= 0.40 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (8 bis 10 cm Dämmung)} \end{aligned}$$

Begründung: Die jährlichen Schadstoffmengen aus Gebäudeheizungen würden sich im Laufe von Jahren zu erdrückenden und das organische Leben sowie die klimatische Entwicklung beeinträchtigenden Giftbergen aufstürmen.

Auch Prof. Hauser beteiligt sich an diesen Empfehlungen [3]: „Er regte außerdem an, im Neubaubereich für Außenwände einen k-Wert von 0.3 und im Dachbereich von 0.25 W/m²K anzuzielen.“

Neuerdings werden derartige k-Wert-Bereiche im Zuge der Aktion „Wege zum Niedrigenergiehaus“ auch amtlicherseits als Möglichkeit aufgezeigt, solche Bauweisen zum allgemeinen Baustandard zu machen [4]:

$$\begin{aligned} k_F &= 1.80 \text{ bis } 1.50 \text{ W/m}^2\text{K} \\ k_W &= 0.40 \text{ bis } 0.20 \text{ W/m}^2\text{K} \\ k_D &= 0.20 \text{ bis } 0.15 \text{ W/m}^2\text{K} \\ k_G &= 0.45 \text{ bis } 0.30 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

Begründung: Energieeinsparung sei gleichzeitig ein wesentlicher Beitrag zur Umweltentlastung.

Unterschwellig wird dem Anwender bei Nichtbeachtung dieser Forderungen suggeriert, sich in unverantwortlichem Maße an der Umwelt zu versündigen. Wo man auch hinsieht: In der Absicht, umweltschonend und umweltentlastend zu handeln, wird immer wieder die k-Wert-Minimierung propagiert. Kann diesem Trend gefolgt werden?

2. Energie und Gebäudedämmung

Um den gesamten Umfang an Raumwärme abschätzen und einordnen zu können, bedarf es der Darstellung des Energieverbrauches in der Bundesrepublik Deutschland.

2.1 Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland

Den Gesamtenergieverbrauch im Jahre 1986 zeigt Tabelle 1 [5]: Der Energieverbrauch der „Haushalte und Kleinverbraucher“ umfaßt damit:

44.8%, bezogen auf den Endenergieverbrauch,
29.7%, bezogen auf den Primärenergieverbrauch und
18.7%, bezogen auf den Gesamtenergieverbrauch.

Tabelle 1 Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1986

| | | | | |
|---|-------|---------|--------|--------|
| Endverbrauchssektoren | (PJ) | | | |
| übriger Verkehr | 387 | 5,1 % | | |
| Straßenverkehr | 1582 | 20,8 % | | |
| Haushalte und Kleinverbraucher | 3406 | 44,8 % | 29,7 % | 18,7 % |
| Industrie | 2233 | 29,3 % | | |
| Endenergieverbrauch | 7608 | 100,0 % | 66,3 % | 41,7 % |
| Nichtenergetischer Verbrauch | 687 | | | |
| Umwandlungsbereich (Nutzenergie) | | | | |
| Kraft-/Fernheizwerke | | | | |
| Umw. Einsatz | 4302 | | | |
| - Umw. Ausstoß | 1693 | 2609 | | |
| übriger Umwandlungsbereich | | | | |
| Umw. Einsatz | 5627 | | | |
| - Umw. Ausstoß | 5058 | 569 | | |
| Primärenergieverbrauch | 11473 | | 100 % | 63,0 % |
| Umwandlungsbereich (Ausstoß) | | | | |
| Kraft-/Fernheizwerke | 1693 | | | |
| übriger Umwandlungsbereich | 5058 | | | |
| Gesamtenergieverbrauch | 18224 | | | 100 % |

Die 3406 PJ der Haushalte und Kleinverbraucher bedeuten den gesamten Energieverbrauch dieses Sektors. Für die Raumheizung allein ergibt sich daraus nur ein bestimmter Anteil. Wenn nun ca. 70% für die Raumwärme angenommen wird, dann ergeben sich daraus ca. 2385 PJ, d. s. 13,1% des Gesamtenergieverbrauches.

Als Kontrollrechnung kann dienen: die Raumwärme der „Haushalte und Sonstige“ betrug im Jahre 1987 nach [6] ca. 2370 PJ.

Also ganze 13,1% des Gesamtenergieverbrauches könnten durch Gebäudewärmedämmung bewegt werden. In welchem Ausmaße läßt sich nun dieser Anteil durch Wärmedämmungen reduzieren?

2.2 Energieverluste unterschiedlicher Dämmungsvarianten

Konkret muß geklärt werden, in welchem Maße eine Gebäudedämmung am Energieverbrauch des Gebäudes beteiligt ist und welche Energieverluste sich bei unterschiedlichen Dämmkonzeptionen ergeben.

Zu diesem Zweck werden sechs Dämmvarianten rechnerisch untersucht:

- (1) ungedämmtes Vorkriegshaus in Anlehnung an [7].
- (2) Dämmung nach DIN 4108 (1952) – WDG II.
- (3) Dämmung nach DIN 4108 (1981).
- (4) Dämmung nach Wärmeschutzverordnung 1984.
- (5) Optimale Dämmung nach [8].
- (6) „Niedrigenergiehaus“ nach [1].

Bei dem Vergleich werden:

- a) die infolge der verschiedenen Temperaturdifferenzen auftretenden Transmissionswärmeverluste berücksichtigt.
- b) die Lüftungs- und Brauchwasserverluste bei allen Varianten gleich hoch angesetzt.
- c) bei den Fenstern passive Solarenergie und im EG zusätzlich temporärer Wärmeschutz berücksichtigt.
- d) die Minderung der Transmissionswärmeverluste infolge Strahlungsintensität pauschal mit 15% angesetzt [9].
- e) die infolge niedriger k-Werte auftretenden überproportionalen Wärmebrückenverluste nicht in Ansatz gebracht, dies würde die Ergebnisse noch weiter angleichen (nach [10]).

Im einzelnen werden folgende k-Werte gewählt (W/m²K):

| | (1) ¹⁾ | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Außenwand | 1,26 | 1,57 | 1,39 | 0,95 | 0,49 | 0,30 |
| Kellerwand | 3,00 | 1,57 | 1,39 | 0,55 | 0,61 | 0,40 |
| Kellerfußboden | 3,40 ²⁾ | 3,40 ²⁾ | 3,40 ²⁾ | 0,55 | 0,66 | 0,40 |
| Dachdecke | 1,40 | 1,40 | 0,90 | 0,30 | 0,50 | 0,15 |
| Fenster UG | 5,20 ³⁾ | 5,20 ³⁾ | 5,20 ³⁾ | 2,90 ⁴⁾ | 2,90 ⁴⁾ | 1,30 ⁵⁾ |
| Fenster EG | 3,50 ⁶⁾ | 5,20 ³⁾ | 2,50 ⁷⁾ | 2,90 ⁴⁾ | 2,90 ⁴⁾ | 1,30 ⁵⁾ |

¹⁾ in Anlehnung an das „Münchener Energiesparhaus“
²⁾ 10 cm Unterbeton und 4 cm Estrich
³⁾ Einscheibenglas: g = 0,9; k_F = 5,2 W/m²K
⁴⁾ Isolierglas 10–16 mm LZR: g = 0,8; k_F = 2,9 W/m²K
⁵⁾ Sonnenschutzglas: g = 0,4; k_F = 1,3 W/m²K
⁶⁾ Doppelfenster: g = 0,8; k_F = 3,5 W/m²K
⁷⁾ Kastenfenster: g = 0,8; k_F = 2,5 W/m²K

Tabelle 2 Energieverbrauch unterschiedlicher Dämmvarianten

| | (1) unged. Vorkr. Haus | (2) nach DIN 4108 (1952) WDG II | (3) nach DIN 4108 (1981) | (4) nach WSVO 1984 | (5) optimale Dämmung nach [11] | (6) Niedrig- energie- haus | |
|---|---------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------|---|-------------------------------------|--------------------|
| 1 mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient k _m | 1,55 | 1,43 | 1,17 | 0,54 | 0,44 | 0,25 | W/m ² K |
| 2 Transmissionswärmeverluste mit Absorption | 8167 | 7565 | 6176 | 2877 | 2346 | 1297 | W |
| 3 Lüftungswärmeverluste | 1502 | 1502 | 1502 | 1502 | 1502 | 1502 | W |
| 4 jährlicher Wärmeverlust | 59011 | 55336 | 46860 | 26727 | 23483 | 17084 | kWh/a |
| 5 Brauchwasser | 1320 | 1320 | 1320 | 1320 | 1320 | 1320 | kWh/a |
| 6 Energieverlust | 60331 | 56656 | 48180 | 28047 | 24803 | 18404 | kWh/a |
| 7 Heizölmenge | 7357 | 6909 | 5876 | 3420 | 3025 | 2244 | l/a |
| 8 Heizölkosten | 2943 | 2764 | 2350 | 1368 | 1210 | 898 | DM/a |
| 9 auf (1) bezogener Energieverlust (f _{FE}) | 100 % | 93,9 % | 79,9 % | 46,5 % | 41,1 % | 30,5 % | ° |
| 10 auf (1) bezogener k _m -Wert | 100 % | 92,6 % | 75,6 % | 35,2 % | 28,7 % | 15,9 % | ° |
| 11 Transmissionswärmeverlustanteil TWA | 82,6 % | 81,5 % | 78,2 % | 62,6 % | 57,7 % | 43,0 % | ° |
| 12 Lüftungswärmeverlustanteil | 15,2 % | 16,2 % | 19,1 % | 32,7 % | 37,0 % | 49,8 % | ° |
| 13 Brauchwasseranteil | 2,2 % | 2,3 % | 2,7 % | 4,7 % | 5,3 % | 7,2 % | ° |

Das Ergebnis der Berechnung zeigt Tabelle 2.

Erläuternd ist zu bemerken:

- Zeile 2: Bei einer durchschnittlichen Temperaturdifferenz zwischen innen und außen während der Heizperiode von 15,4 K und einer Außenhüllfläche von 403,7 m² ergibt sich unter Berücksichtigung eines mittleren Solargewinnfaktors von S_w = 0,85 der Transmissionswärmeverlust in W [9].
- Zeile 3: Die Lüftungswärmeverluste bei einem 0,8fachen Luftwechsel und einem Lüftungsvolumen von 335 m³ in W (Δθ = 15,4 K und c_p = 0,364 W/m³K)
- Zeile 4: Der Wärmeverlust pro Jahr (Zeile 2 + Zeile 3) bei 6103,2 Stunden in kWh/a (VDI-Richtlinie 2067).
- Zeile 5: Brauchwasser (bei 2 Personen) mit 3,6 kWh/Tag und 365 Tagen in kWh/a.
- Zeile 7: Die erforderliche Heizölmenge bei einem η von 0,82 und 10 kWh/l Heizöl in l/a.
- Zeile 8: Die Heizölkosten bei einem Literpreis von 0,40 DM/l in DM/a.

Interpretation der Tabelle 2:

- 1) Die Variante (5) – optimale Dämmung – ist trotz eines k_D-Wertes von 0,50 W/m²K energiesparender als die nach der Wärmeschutzverordnung konzipierte Variante (4) mit einem k_D von 0,30 W/m²K. Ein Abweichen vom üblichen k_D-Wert hat also keine so schwerwiegenden Folgen!
- 2) Die eingesparten Heizkosten der Superdämmung (6) gegenüber der Lösung (5) – optimale Dämmung – betragen ganze 312 DM/a (Zeile 8), das bedeutet einen monatlichen Betrag von 26 DM, wahrlich eine sehr bescheidene Größe.
- 3) 312 DM würden bei einem Mehrkostennutzenverhältnis von 10 (hoch gegriffen) die wirtschaftlich noch zu vertretenden zusätzlichen Investitionskosten auf 3120 DM limitieren [11]. Jeder Praktiker weiß, daß die Realisierung der Variante (6) mit diesem Geld eine Utopie ist.
- 4) Gegenüber dem Basishaus (1) beträgt die Reduzierung des Energieverlustes bei der Variante (4) – WSV 1984 – 53,5%. Variante (5) – optimale Dämmung – 58,9%. Variante (6) – GDI Forderung – 69,5%. Es handelt sich also um Varianten, die alle über 50% Einsparung erbringen (s. Zeile 9). Es ist also nicht nötig, Althausbestand auf Superdämmungsniveau zu trimmen, der Unterschied zu einer „Normalausführung“ ist recht klein.
- 5) Der Lüftungswärmeverlustanteil (Zeile 12) steigt von rund 15% über 30% auf ca. 50% an. Daraus jedoch den Schluß zu ziehen, die „großen Anteile an Lüftungswärmeverlusten“ müßten nun reduziert werden, wäre falsch: diese sind ja konstant geblieben (Zeile 3). Im Wohnungsbau lohnt sich eine Wärmerückgewinnung nicht, da die relativ geringen wiederge-

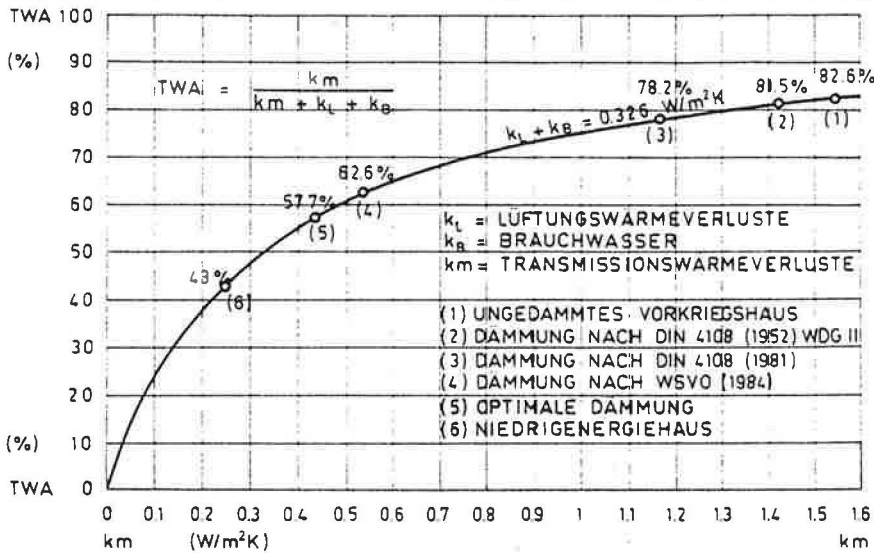


Bild 1: Transmissionswärmeverlustanteil TWA

wonnenen Energiemengen durch zusätzlich notwendig werdende elektrische Energie geschmälert werden. Der Wiedergewinnungseffekt kann auch durch den Wirkungsgrad der Verstromung völlig verlorengehen [12].

6) Der Transmissionswärmeverlustanteil TWA wird bei besserer Dämmung stetig kleiner; von rund 82% (bei ungedämmten Häusern) über rund 60% auf ca. 45% (s. Zeile 11).

Dieser Effekt ist in Bild 1 grafisch dargestellt. Je niedriger der km-Wert ist (gute Wärmedämmung), desto kleiner wird der Transmissionswärmeverlustanteil TWA. Energieverbrauch und k-Wert sind deshalb nicht proportional miteinander verknüpft.

2.3 Energieeinsparung

Welche Einspareffekte bestehen bundesweit, wenn der Althausbestand auf das Niveau der Wärmeschutzverordnung angehoben wird?

2.3.1 km_E-Wert Reduzierung

Die unterschiedlichen Dämmniveaus von Alt- und Neubauten (ebenso die sanierten Altbauwerke) unterscheiden sich durch folgende Randbedingungen:

Der Althausbestand wird mit einem km von 1,45 W/m²K [4] und einem Transmissionswärmeverlustanteil von rund 82% beschrieben.

Die Gebäude gem. Wärmeschutzverordnung (WSVO) von 1984 werden mit einem km von 0,77 W/m²K [4] und einem Transmissionswärmeverlustanteil von rund 65% beschrieben.

Daraus ergeben sich folgende Charakteristika:

Istsituation: 80% Althausbestand

20% Gebäude nach der WSVO

a) k-Wert: $1,45 \cdot 0,80 = 1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $0,77 \cdot 0,20 = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $km = 1,31 \text{ W/m}^2\text{K}$

b) Energieverbrauch: $\frac{1,45}{0,82} \cdot 0,80 = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $\frac{0,77}{0,65} \cdot 0,20 = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $km_E = 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$

Sollsituation: 100% Gebäude nach der WSVO

a) k-Wert: $km = 0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$

b) Energieverbrauch: $km_E = \frac{0,77}{0,65} \cdot 1,00 = 1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

Daraus ergeben sich einige Verhältniszahlen:

a) k-Wert: $\varphi_k = \frac{0,77}{1,31} = 0,59 \approx 59\%$

b) Energieverbrauch: $\varphi_E = \frac{1,18}{1,65} = 0,72 \approx 72\%$

Obleich der k-Wert um 41% verbessert wird, ergibt sich daraus nur eine Energieeinsparung von 28%.

Der vorn ermittelte Energieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland für die Raumwärme von insgesamt 2385 PJ (13,1%) würde sich bei Umstellung des gesamten Gebäudebestandes auf das Dämmniveau der WSVO somit um 28% auf 1717 PJ (9,4%) reduzieren lassen. Die Einsparung beträgt damit 668 PJ (3,7%).

2.3.2 Maßnahmenkatalog

Die Gebäudesituation stellt sich wie folgt dar:

5,3 Mrd. m² Gebäudehüllfläche bestehen insgesamt, 3,6 Mrd. m² davon könnten in Zukunft noch gedämmt werden. Bis jetzt werden von den Altbauten rund 14 Mio. m² Gebäudehüllfläche pro Jahr auf die neue WSVO umgestellt. Es wird angenommen, daß 13% der zu streichenden Fassaden (insgesamt 125 Mio. m²) zusätzlich noch gedämmt werden könnten, so daß sich daraus eine Größenordnung von 30 Mio. m² Gebäudehüllfläche ergibt, die jährlich umgestellt werden könnte [13]. Bei 80% Althausbestand wären insgesamt 4,24 Mrd. m² ungedämmte Gebäudehüllfläche vorhanden.

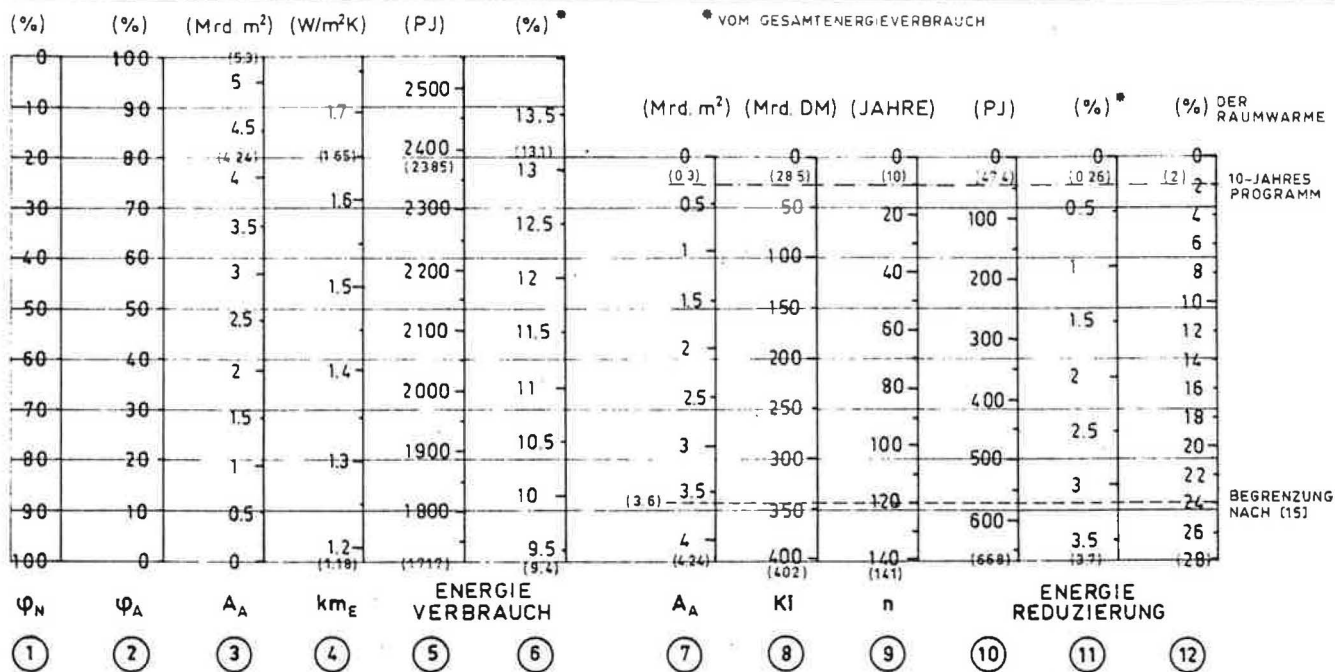
Die Investitionskosten werden mit einem Durchschnittswert von 95 DM/m² Gebäudehüllfläche angenommen. Die jährliche Investitionssumme beträgt damit 2,85 Mrd. DM.

Die sich daraus ergebenden Möglichkeiten einer Gebäudedämmverbesserung können Bild 2 entnommen werden.

2.3.3 Zusammenfassung

Der Kostenaufwand ist gewaltig, der Minderungseffekt kann jedoch als hoffnungslos gering bezeichnet werden. Was können schon 0,2% der Raumwärme pro Jahr bewirken? Dieses Mißverhältnis von Aufwand und Nutzen drückt sich auch in den Energie-minderungskosten EnMK aus: 2,16 DM/kWh ist ein zu hoher Betrag, um hier noch von effektiven Maßnahmen zur Energieeinsparung reden zu können.

Die Frage ist durchaus berechtigt, ob nicht andere Maßnahmen durchgeführt werden müssen, um den Energieverbrauch nachhaltig reduzieren zu können. Die Gebäudedämmung jedenfalls eig-



- ① Anteil φ_N des Gebäudebestandes nach WSV0 (%)
- ② Anteil φ_A des Althausbestandes (%)
- ③ Gebäudehüllfläche A_A der Altbauten (Mrd. m²)
- ④ Mittlerer Energiebedarf km_E aus Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Brauchwasser (W/m²K). Die zwei Grenzwerte Ist- und Sollsituation mit 1,65 und 1,18 W/m²K sind markiert.
- ⑤ Energieverbrauch pro Jahr in der BRD (PJ). 2385 und 1717 PJ als Grenzwerte sind eingetragen.
- ⑥ Anteil des Energieverbrauches in der Bundesrepublik Deutschland (%). Die zwei Grenzwerte 13,1 % und 9,4 % sind eingezeichnet.
- Aus diesen Angaben leitet sich ein möglicher Maßnahmenkatalog ab:
- ⑦ Als Ausgangslage werden 20 % „Neubau“ angesetzt. Umzustellende Gebäudehüllfläche A_A von Althäusern (Mrd. m²).
- ⑧ Aufzuwendende Investitionssumme K_i (Mrd. DM). Für die gesamte Umstellung aller Altbauwerke würde ein Aufwand von 402 Mrd. DM erforderlich werden.
- ⑨ Realisierungszeitraum. Investitionsdauer n (Jahre). Dafür würden 141 Jahre erforderlich werden.
- ⑩ Zu erzielende Energiereduzierung (PJ). Es würden insgesamt 668 PJ Minderung erzielt werden können.
- ⑪ Zu erzielende Energiereduzierung (%). Dies wären dann insgesamt 3,7 % des Gesamtenergieverbrauches.
- ⑫ Zu erzielende Energiereduzierung (%). Bezogen auf den Raumwärmeverbrauch wären dies dann 28 %.
- Wichtig wird die Auswertung der Skalen ⑦ bis ⑫.
- Ein 10-Jahres-Programm würde folgende Ziele erreichen:
- ⑦ 0,30 Mrd. m² Gebäudehüllfläche werden umgestellt.
- ⑧ Es werden 28,5 Mrd. DM an Investitionskosten erforderlich.
- ⑩ Die Energieverbrauchsreduzierung beträgt ganze 47,4 PJ oder 13,2 · 10⁹ kWh.
- ⑪ Es werden lediglich 0,26 % der Gesamtenergie eingespart.
- ⑫ Bezogen auf die Raumwärme wären dies dann ganze 2 %.
- Die spezifischen Energieminderungskosten $EnMK$ werden gem. ⑧ und ⑩ dann:

$$EnMK = \frac{28,5}{13,2} = 2,16 \text{ DM/kWh}$$

Bild 2 Raumwärme – Energieeinsparung und Investitionskosten durch Gebäudedämmung

net sich nicht, um die gewünschte und erhoffte Energieverbrauchsreduzierung zu erzielen.

3. Schadstoffe und Gebäudedämmung

Um die Schadstoffminderungen zu ermitteln, muß zunächst die Schadstoffbelastung in der Bundesrepublik Deutschland kurz skizziert werden:

3.1 Schadstoffbelastung in der Bundesrepublik Deutschland

Die Schadstoffemissionen im Jahre 1986 für Kleinverbraucher und Haushalte betragen [5]:

| | Kleinverbraucher und Haushalte | | Gesamtemission | |
|-------------------------------|--------------------------------|--------|----------------|-------|
| | kt | % | kt | % |
| SO ₂ | 240 | 10,7 % | 2200 | 100 % |
| NO _x | 140 | 4,8 % | 3000 | 100 % |
| CO | 950 | 10,6 % | 8900 | 100 % |
| Staub | 44 | 8,1 % | 550 | 100 % |
| C _x H _y | 87 | 3,5 % | 2400 | 100 % |
| Summe | 1461 | 8,6 % | 17050 | 100 % |

Die CO₂-Mengen dagegen betragen für die beiden Verbrauchsbe-
reiche im Jahre 1987 [14]:

| | Kleinverbraucher und Haushalte | | Gesamtemission | |
|-----------------|--------------------------------|--------|----------------|-------|
| | Mio. t | % | Mio. t | % |
| CO ₂ | 186 | 26,0 % | 716 | 100 % |

Dieser CO₂-Schadstoffbeitrag macht im Weltkonzert von insge-
samt etwa 22,5 Mrd. t CO₂ etwa 0,8 % aus [15].

Wenn Proportionalität zwischen Schadstoffemission und Energie-
verbrauch angenommen wird, dann würden die 1461 kt Schad-
stoffe bzw. die 186 Mio. t CO₂ zunächst auf 70 % reduziert wer-
den müssen (Anteil der Raumwärme); dies wären dann 1023 kt
Schadstoffe und 130 Mio. t CO₂.

Bei einem 10-Jahres-Programm – wie in 2.3.2 – wird mit einem
Mittlereinsatz von 28,5 Mrd. DM um 2 % reduziert; die Schad-
stoffe werden also um 20,5 kt (0,12 %) und das CO₂ um 2,6 Mio. t
(0,36 %) gemindert.

Pro Jahr würden damit rund 2 kt Schadstoff bzw. 0,3 Mio. t CO₂
„eingespart“ werden können!!!

Ergebnis:

Eine Verminderung der Schadstoffe durch Wärmedämmverbesser-
ung kann getrost vergessen werden, die Anteile sind derart
gering, daß es schon recht verwundert, mit welcher Vehemenz

immer wieder das Gegenteil behauptet wird – und das bei angenommener Proportionalität, die jedoch in Wirklichkeit überhaupt nicht besteht.

3.2 Emissionsfaktoren

Der Raumwärmebedarf und die zugeordneten Schadstoffemissionen der einzelnen Energieträger in der Bundesrepublik Deutschland betragen im Jahre 1984 [16]:

| | Gesamt | Öl | Gas | feste Brennstoffe | Fernwärme | Strom |
|-------------------------------|---------|------|------|-------------------|-----------|-------|
| Nutzwärmeverbrauch | 2000 PJ | 50 % | 28 % | 9 % | 6 % | 7 % |
| SO ₂ | 530 kt | 26 % | – | 19 % | 10 % | 45 % |
| NO _x | 290 kt | 24 % | 13 % | 10 % | 13 % | 40 % |
| CO | 1430 kt | 4 % | 2 % | 94 % | – | – |
| Staub | 92 kt | 3 % | – | 67 % | 4 % | 26 % |
| C _x H _y | 69 kt | 20 % | 3 % | 74 % | 3 % | – |
| Σ | 2411 kt | | | | | |

In Bild 3 werden diese Prozentzahlen grafisch aufgetragen.

Gas und Öl bewirken unterproportionale Umweltbelastungen, während Hauptsünder die festen Brennstoffe sind. Auch muß der Strom und in geringem Ausmaß die Fernwärme infolge der Umwandlungsprozesse als recht umweltbelastend angesehen werden (hier jedoch werden große Anstrengungen unternommen, um die Belastungen, vor allem an SO₂ und NO_x, abzubauen).

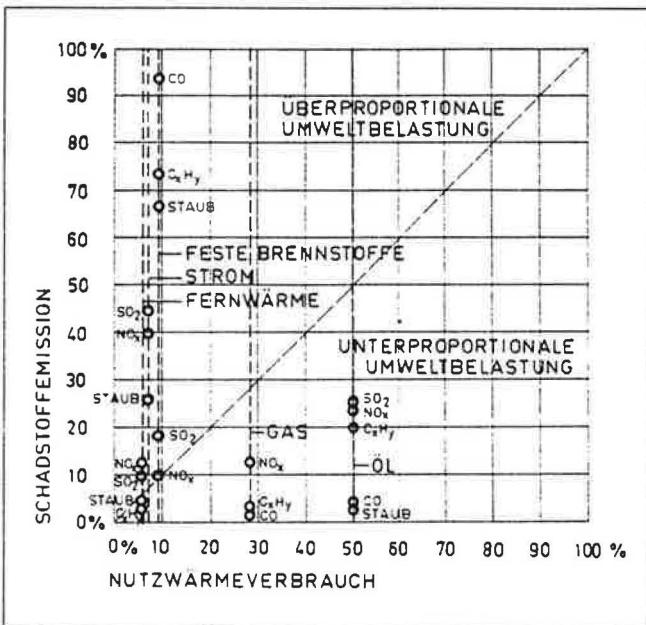


Bild 3 Prozentuale Umweltbelastung

Diese Unterschiede werden durch die ebenfalls aus [16] abzuleitenden Emissionsfaktoren in g/kWh verdeutlicht:

| (g/kWh) | Öl | Gas | feste Brennstoffe | Fernwärme | Strom |
|-------------------------------|------|------|-------------------|-----------|-------|
| SO ₂ | 0,49 | – | 2,01 | 1,59 | 6,13 |
| NO _x | 0,25 | 0,24 | 0,58 | 1,13 | 2,98 |
| CO | 0,17 | 0,18 | 26,90 | – | – |
| Staub | 0,01 | – | 1,23 | 0,11 | 0,61 |
| C _x H _y | 0,05 | 0,01 | 1,02 | 0,06 | – |

Grafisch sind diese Zahlen in Bild 4 dargestellt. Auch hier wird deutlich: Die Rangfolge der umweltbelastenden Energieträger heißt: feste Brennstoffe, Strom, Fernwärme, Öl und Gas. Öl und Gas jedoch machen allein schon 78 % des Nutzwärmeverbrauches aus, hier durch Wärmedämmungen etwas verbessern zu wollen bedeutet geradezu, „Investitionen für die Katz“ zu tätigen.

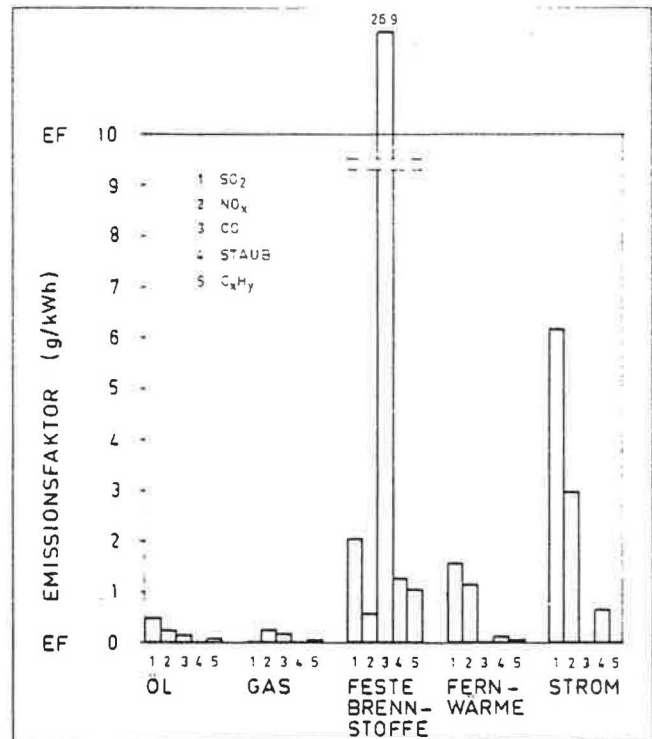


Bild 4 Emissionsfaktoren

Einer Untersuchung von 200 bestehenden Gas- und Ölf Feuerungsanlagen ist zu entnehmen [17]:

| (g/kWh) | Öl | Gas |
|-------------------------------|------|------|
| SO ₂ | 0,32 | – |
| NO _x | 0,19 | 0,11 |
| CO | 0,09 | 0,13 |
| Staub | – | – |
| C _x H _y | 0,02 | 0,01 |

Wenn diese Werte z. T. auch wesentlich unterhalb der aus [16] abgeleiteten liegen, so werden doch die Größenordnungen fixiert: die Bedeutungslosigkeit von Gas und selbst von Öl wird evident.

Ergebnis:

Die Wärmedämmung ist infolge der verschiedenen Energieträger mit ihren unterschiedlichen Emissionsfaktoren völlig ungeeignet, merkbare Schadstoffentlastungen zu erzielen. Die Wärmedämmung kann sich demzufolge nur betriebswirtschaftlichen Randbedingungen unterordnen [8].

Bezüglich der Elektrizitätserzeugung werden u. a. folgende Emissionsfaktoren genannt (gerundet) [18]:

| g/kWh | Mineralöl | Erdgas | Steinkohle | Braunkohle |
|-----------------|-----------|--------|------------|------------|
| SO ₂ | 1,10 | – | 0,73 | 0,65 |
| NO _x | 0,55 | 0,24 | 0,67 | 0,80 |
| Staub | 0,09 | – | 0,01 | 0,01 |
| CO ₂ | 800 | 550 | 950 | 1100 |

Die vorn erwähnten hohen Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme werden hier nicht erreicht: die Reduzierungen sind recht erheblich und spiegeln die Anstrengungen wider, die gerade bei den Umwandlungsprozessen zur Reduzierung der Umweltbelastungen unternommen werden, hier sind besonders die SO₂- und NO_x-Werte zu nennen – das Ergebnis weitreichender Schadstoffminderungen durch Entschwefelung und Entstickung, ein Erfolg der Großfeuerungsanlagen-Verordnung.

Die Emissionswerte für CO₂ sind bei Braunkohle am höchsten, bei Erdgas am niedrigsten (Verhältnis 2 : 1), auch hier emittieren also die einzelnen Energieträger unterschiedlich.

Für die Energieträger selbst, also ohne Verstromung, sind für CO₂ folgende Emissionsfaktoren nach [19] zu berücksichtigen:

| CO ₂ | t/SKE | g/kWh | Mio. t/EJ |
|-----------------|-------|-------|-----------|
| Braunkohle | 3,25 | 400 | 111 |
| Steinkohle | 2,68 | 330 | 91 |
| Erdöl | 2,30 | 280 | 78 |
| Erdgas | 1,50 | 185 | 51 |

Unter Berücksichtigung der prozentualen Aufteilung der Raumwärme nach Energieträgern [6] ergibt sich ein durchschnittlicher Emissionsfaktor von rund 73 Mio. t CO₂ pro EJ. Für ca. 2 EJ Raumwärme – es werden Werte zwischen 1,6 EJ [20] und 2,3 EJ [6] genannt – würde dies dann eine Gesamt-CO₂-Emission von 146 Mio. t CO₂ bedeuten; vorn ist von 130 Mio. t CO₂ ausgegangen worden, die Größenordnung jedenfalls liegt fest.

3.3 Schadstoffminderung

Aus den unterschiedlichen Emissionsfaktoren der einzelnen Energieträger leitet sich folgender Maßnahmenkatalog ab:

1. Umstellen von Heizungsanlagen für feste Brennstoffe auf Öl-, besser auf Gasheizung.
2. Konzentration auf die umweltfreundlichere Auslegung der Heizkraftwerke (Fernwärme) und der Kraftwerke (Strom).
3. Die vermehrte Nutzung von Fernwärmesystemen (die Umwandlungsverluste der Kraft- und Heizkraftwerke machen über 70%, die aller Umwandlungsverluste etwa das Dreifache der gesamten Raumwärme aus; siehe Tabelle 1).
4. Reduzierung des Stromverbrauches im Haushalt:
 - Substitution von Elektroheizungen.
 - Einsatz stromsparender Geräte und Lampen.
 - Reduzierung der elektrischen Ausstattung.

Hauptgedanke:

Bei der Raumwärme sind es die umweltfreundlichen Energieträger, die wirksame Abhilfe bei der Umweltentlastung schaffen können, die Wärmedämmung jedenfalls entfällt als wirkungsvolle und effektive Maßnahme.

4. Schlußbemerkung

Wärmedämmungen als maßgebende Mittel zur Schadstoffminderung können beruhigt vergessen werden. Die Berechnungen zeigen deutlich die Größenordnungen auf, die hier zur Debatte stehen. Selbst eine 100%ige Änderung der Randbedingungen würde bei einem 10-Jahres-Programm aus den 0,26% Energieeinsparung (47,4 PJ) dann lediglich 0,52% machen (94,8 PJ). Die Bedeutungslosigkeit von Wärmedämm-Maßnahmen zum Zwecke einer wirkungsvollen Energieeinsparung und damit auch Schadstoffentlastung bleibt immer bestehen.

Literatur

- [1] Gertis, K.: Wärmeschutz, Energieeinsparung, Umweltschutz. Studie im Auftrag des GDI und der Fachvereinigung Flachglas e. V.
- [2] GDI news, Februar 1987, Herausgeber: Gesamtverband Dämmstoffindustrie GDI.
- [3] DBZ Forum Wirtschaftliches Dämmen. Ein Expertengespräch auf Einladung des IVH (Industrieverband Hartschaum) und Koob Press in Düsseldorf. DBZ 1988, H. 7, S. 928–929.
- [4] Wege zum Niedrigenergiehaus. Herausgeber: Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau.
- [5] Vierter Immissionsschutzbericht der Bundesregierung (vom 28. 7. 1988).
- [6] Energiewirtschaft kurz und bündig, IZE, Ausgabe 1989.
- [7] Werner, H.; Lindauer, E.: Das Münchener Energiespar-Testhaus. DAB 1988, H. 12, S. 1701–1706.
- [8] Meier, C.: Wärmeschutzverordnung und sinnvoller Gebäudewärmeschutz – ein Leitfadens für Anwender – Wiesbaden und Berlin: Bauverlag 1987.
- [9] Meier, C.: Triumph der Sonne. Berliner Bauwirtschaft 1989, H. 15, S. 305.
- [10] Hauser G.: Wärmebrückenprobleme bei Gebäuden mit hoher Wärmedämmung. DBZ 1989, H. 2, S. 193–196.
- [11] Meier, C.: Investitions- und Folgekosten bei Bauvorhaben. Ehningen/Böblingen: expert verlag 1988.
- [12] RG-Bau Merkblatt Nr. 76: Die Lüftungswärmeverluste – wirtschaftliche Grenzen der Wärmerückgewinnung mit mechanischen Anlagen – RKW, 6236 Eschborn, Best.-Nr. 927.
- [13] Nur ein Quadratmeter gedämmte Fassade. bba – Information/April 1989, S. 20.
- [14] Angaben des Umweltbundesamtes (UBA).
- [15] Alle sind jetzt gefordert, IZE Stromthemen Nr. 11/1989, S. 1–2.
- [16] Glatzel, W.: Berücksichtigung des Umweltschutzes bei Entscheidungen zur Raumwärmeversorgung. Vortrag auf der VDI-Tagung „Umweltschutz in großen Städten“ v. 8.–10. 10. 1986 in München.
- [17] Bericht des TÜV Bayern und TÜV Rheinland. „Gas und Öl – umweltfreundlich“, vorgestellt 1987 in Frankfurt von der Max Weishaupt GmbH.
- [18] Stromanwendung in Europa. IZE Stromthemen Nr. 12/1989, S. 7.
- [19] Daten und Fakten zur Energieversorgung. Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr. Dez. 1989.
- [20] Gertis, K. A.; Erhorn, H.: Energiesparen beim Heizen. db 1990, H. 5, S. 98–101.

Alle Beiträge und Fachaufsätze der Zeitschrift


**Klima Kälte
Heizung**

können wir Ihnen als **Sonderdruck** mit einer nach Ihren Wünschen gestalteten Titelseite liefern.

Gern informieren wir Sie, bitte rufen Sie uns an:

Brigitte Niggemeyer (Herstellung)
Ursula Kühlewein (Redaktion Ki)

Tel. 0721/20909
Tel. 0721/20909

Verlag C. F. Müller GmbH · Amalienstr. 29 · 7500 Karlsruhe 1 · Tel. (0721) 2 09 09 · Telex 7 825 909