

Die Tragödie der Strahlung

Von Prof. Claus Meier

Die Heiztechnik ist nicht in der Lage, die Strahlung physikalisch richtig einzuordnen. Sie verharrt in den methodischen Regularien der für eine übliche Konvektionsheizung geltenden klassischen Wärmelehre und versucht nun, die Strahlung hier mit einzupassen. Strahlung ist jedoch eine elektromagnetische Welle und kann deshalb mit Wärmeleitung und Wärmeströmung nicht gleichgesetzt werden. Man begeht damit methodisch einen gravierenden Fehler. Dieser allgemeine Mißstand wird jedoch systematisch zu verschleiern versucht: dies wird anhand von Dokumenten untermauert.

Zunächst wird zur Orientierung ein kurzgefaßter Text vorangestellt, der in "Wohnung und Gesundheit" 3/01 – Nr. 98 erschienen ist.

Humane Strahlungswärme

Strahlungswärme bedeutet eine Nutzwärme, die physiologisch günstig bewertet und vom menschlichen Organismus als wohltuend empfunden wird. Seit Urzeiten nutzt und genießt der Mensch die Strahlungswärme der Sonne.

Es gibt drei Möglichkeiten des Wärmetransportes: Die Wärmeleitung, die Wärmeströmung oder Konvektion und die Wärmestrahlung.

Die Wärmeleitung und damit auch die Konvektion ist Teil der klassischen Wärmelehre und braucht zum Wirksamwerden immer Temperaturdifferenzen (zweiter Hauptsatz der Thermodynamik - Wärme fließt vom höheren zum niedrigeren Potential). Dies wird auch bei den Dimensionen erkennbar (W/m^2K), (W/mK). In der Heiztechnik spricht man von "Übertemperaturen".

Die von einer Oberfläche ausgehende Wärmestrahlung, wie z. B. die Heizfläche einer Strahlungsheizung oder die Oberfläche eines Raumes, ist als Wärmestrahler eine elektromagnetische Welle, gleich dem sichtbaren Licht, der Radiowelle, den Röntgenstrahlen und gehorcht im Gegensatz zur Wärmeleitung quantenmechanischen Gesetzen, eben dem Planckschen Strahlungsgesetz.

Dieses Strahlungsgesetz läßt sich nicht aus der klassischen Physik herleiten, sondern erfordert die Annahme quantenhafter Absorption und Emission elektromagnetischer Strahlungsenergie durch den Schwarzen Strahler [8]. Es mußte damals von Planck ein radikaler Bruch mit den klassischen Vorstellungen der Wärmelehre vollzogen werden. Somit läßt sich Strahlung physikalisch auch nicht mit den Mitteln der kinetischen Wärmelehre beschreiben [11].

Das Plancksche Strahlungsgesetz beschreibt nun die Intensität der elektromagnetischen Strahlung eines Schwarzen Körpers in Abhängigkeit von der Wellenlänge; das Strahlungsgesetz von Stefan und Boltzmann führt daraus abgeleitet zur Strahlungsleistung, die sich nun proportional zur vierten Potenz der absoluten Temperatur verhält ($\sim T^4$). Strahlung benötigt zum Wirksamwerden also lediglich eine Temperatur. Eine Temperaturdifferenz, wie sie bei der Thermodynamik erforderlich wird, ist bei der Strahlung also fehl am Platz. Dies drückt sich auch in der Dimension für die Strahlungsleistung aus (W/m^2).

Mit der Wärmestrahlung werden besonders günstige Wärmeleistungen erreicht, weil diese allein von der "absoluten Temperatur" abhängen. Damit fallen Unterschiede von z. B. 10 oder 15 K nicht groß ins Gewicht, wie dies beim klassischen Wärmeübergang der Fall ist. Eine Strahlungsheizung funktioniert allein durch eine temperierte Fläche und kann deshalb auch nicht mit einer üblichen Konvektionsheizung, die auf vorliegende Temperaturdifferenzen zwischen Heizkörper und Luft angewiesen ist, verglichen werden.

Da Strahlung keine Luft, sondern nur massive Stoffe erwärmt (erst die erwärmten Oberflächen geben dann Energie an die Innenraumluft ab), ist bei einer Strahlungsheizung die Wandtemperatur immer höher als die Raumlufttemperatur. Dies hat Vorteile: Bei dem hygienisch notwendigen Luftaustausch wird dadurch viel Energie gespart. Auch werden Kondensatschäden (Schimmelpilzbildung) vermieden. Wer also Energie sparen und Schimmelpilze vermeiden will, wählt eine Strahlungsheizung! Bei vielen Bauten, besonders aber in der Denkmalpflege, hat sich die Temperierung durch eine Strahlungsheizung sehr bewährt [3].

Warum aber hat sich bei diesen vielen Vorteilen eine Strahlungsheizung noch nicht endgültig durchgesetzt? dass das Plancksche Strahlungsgesetz und die Wiensche Strahlungsformel in [8] einen Faktor 2 enthält, der in den einschlägigen Fachpublikationen fehlt, ist schon recht bemerkenswert. Sollte die Heizungsbranche gegenüber den hervorragenden Vorteilen einer Strahlungsheizung Korrekturen eingeführt haben, die die Strahlungsleistung einer Strahlungsheizung gewaltig mindern? [5], [6].

Wegen der Vorstellung einer räumlich nur nach einer Seite hin gerichteten Strahlung wird vom "Schwarzen Strahler in den Halbraum" gesprochen (so z. B. in [2] und [5]). Sind als Konsequenz dieser Argumentation die Ergebnisse der Strahlungsgesetze halbiert worden, so ist dies nicht gerechtfertigt. Wenn eine Fläche gemäß dem Strahlungsgesetz Energie emittiert, dann strahlt sie eine bestimmte Energieleistung pro Flächeneinheit ab (W/m^2), unabhängig von der Form der Strahlfläche (Kugelgestalt oder ebene Fläche). Die emittierte Leistung der Fläche ist in beiden Fällen gleich,

nur die empfangenen Flächen erleiden durch die unterschiedliche Erreichbarkeit der emittierten Strahlen Reduzierungen. Bei einer Wandflächenheizung in einem geschlossenen Raum (Hohlraumstrahlung) allerdings erfolgen keine Reduzierungen.

In Anlehnung an die klassische Thermodynamik werden bei der Strahlungsheizung Differenzen gebildet. Wärmestrahlung jedoch wirkt als elektromagnetische Welle und ist allein von der absoluten Temperatur abhängig, ist also immer positiv (+). Insofern ist es falsch, bei zwei gegenüberliegend angeordnete Temperaturstrahlern (z. B. Heizfläche und Wandfläche) die Strahlungsleistungen mit einem positiven (+) und einem negativen (-) Vorzeichen zu belegen. Diese Differenzbildung ($T_{14} - T_{24}$) ist jedoch überall vorzufinden, z. B. in [1], [2], [4], [9], [10]. Man berechnet damit jedoch die Strahlungsbilanz einer Heizfläche, nicht aber die Summe der in den Raum strahlenden Energie. Bei einer Strahlungsheizung versagt dieses Modell der Differenzbildung, es führt zu absurden Ergebnissen.

Was passiert, wenn zwei gleich große Strahlplatten oder sogar Strahlwände gegenüberliegend angeordnet werden, die beide das gleiche Temperaturniveau haben? Die Energieabgabe in Richtung des Raumes (und darauf kommt es ja doch an) würde bei der Differenzbildung dann zu Null werden - ein Unding. Ein solches Ergebnis muß falsch sein, denn immerhin strahlen beide Flächen recht deutlich. Werden die Temperaturen der beiden Flächen, sagen wir, auf 40 °C gebracht, so wird es für einen Menschen im Raum gewiß recht unangenehm warm - und doch wird für die beiden Heizflächen jeweils eine Wärmeabgabe von Null errechnet! Dies kennzeichnet in eindrucksvoller Weise die Unrichtigkeit einer Differenzbildung, beim Strahlungsaustausch wird mit der Strahlungsaustauschzahl also fehlerhaft gerechnet.

Die bei einer Strahlungsheizung übliche Anwendung der Strahlungsaustauschzahl $C_{1,2}$ [9] beinhaltet sowohl die Halbierung der Strahlleistung als auch die Differenzbildung. Insofern werden grundsätzlich zu niedrige Ergebnisse berechnet. Darüber hinaus werden u.a. bei der Ableitung der Strahlungsausgleichzahl für zwei parallele Flächen, die im übrigen auch in der DIN EN ISO 6946 von 1996 aufgeführt ist, gemäß [2] noch folgende Randbedingungen angenommen [5], [6]:

1. Es wird eine einmalige Reflektion berücksichtigt.

Diese Einschränkung beschreibt einen Zeitpunkt, der bei vorliegender Lichtgeschwindigkeit der Strahlung in Sekundenschnelle vorbei ist. In Wirklichkeit erfolgt, besonders bei Wandflächen, eine vielfache Reflektion, die solange anhält, bis die gesamte Strahlungsenergie absorbiert und nach gewisser Zeit der Energieaustausch zwischen den beiden Flächen abgeschlossen ist - die Temperaturen gleichen sich an. Wenn alle Strahlung jedoch absorbiert wird, dann nähert sich der Emissionsgrad der Zahl 1 und wird zum Schluß zu 1.

2. Es werden zwei gleich große und parallele Flächen angenommen.

Bei der verallgemeinerten Anwendung dieser Strahlungsaustauschzahl trifft dies selten zu.

3. Die seitlichen Strahlungsverluste werden zu Null.

Inwieweit diese Randbedingung gesetzt werden kann, hängt vom Abstand der beiden Flächen ab. Um seitliche Strahlungsverluste vernachlässigen und dies einigermaßen rechtfertigen zu können, müssen die beiden Strahlflächen sehr eng beieinander liegen oder sehr groß sein. In Praxis ist dies aber selten der Fall, es sei denn, es handelt sich um einen geschlossenen Raum mit vielfältigen Reflektionen.

4. Die beiden Temperaturen T_1 und T_2 werden konstant angenommen.

Dies trifft in Realität nicht zu, da ein Strahlungsaustausch erfolgt (s. Randbedingung 1).

5. Die beiden Emissionsgrade ϵ_1 und ϵ_2 werden konstant angenommen.

Auch dies trifft bei einem Innenraum in Realität nicht zu, da durch wiederholte Reflektionen man sich dem "Schwarzen Strahler" nähert (s. Randbedingung 1).

Diese Randbedingungen müssen beachtet werden. Es ist zu vermuten, dass bei der in der Fachwelt doch allgemein angenommenen Gültigkeit dieser in der Literatur vorzufindenden Strahlungsaustauschzahlen (u.a. in [9]) man gar nicht ahnt, wie fehlerhaft man rechnen kann.

Um die Wärmestrahlung den thermodynamischen Rechenmethoden anzupassen, wird zusätzlich noch die T_4 -Differenz durch die Temperaturdifferenz $T_1 - T_2$ geteilt, um am Ende wieder analog der allerdings für die Strahlung nicht zutreffenden kinetischen Wärmelehre mit einer Temperaturdifferenz multiplizieren zu können.

Quintessenz: Die langjährig angewendeten und damit auch fälschlicherweise als "bewährt" bezeichneten Formelansätze für die Berechnung der Strahlungsaustauschzahlen erweisen sich für die Beurteilung der wahren Strahlungsverhältnisse als logisch widersprüchlich; sie verstoßen gegen die elementaren Gesetzmäßigkeiten der Strahlungsphysik.

Bemerkenswert ist, dass bei Anwendung der "praktizierten" Formeln stets alle errechneten Werte zu Ergebnissen führen,

die zu niedrig ausfallen. Dies bedeutet neben einer Überdimensionierung der Anlage eine generelle Unterbewertung und damit Benachteiligung der Strahlungsheizung! Bei einer solchen Methodik braucht man sich dann auch nicht zu wundern, dass die Strahlungsheizung nicht die Geltung erreicht, die sie verdient.

Es ist deshalb ernsthaft die Frage zu prüfen, inwieweit hier nicht grundsätzlich umgedacht werden muß, damit bei der Installation von Heizungsanlagen die rechnerisch produzierten Benachteiligungen der Strahlungsheizung der Vergangenheit angehören.

Literatur:

- [1] Bogoslawskij, V. N.: Wärmetechnische Grundlagen der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1982.
- [2] Cerbe, G.; Hoffmann, H.-J.: Einführung in die Thermodynamik - von den Grundlagen zur technischen Anwendung, Hanser Verlag München.
- [3] Großes Schmidt, H.: Das temperierte Haus: sanierte Architektur und Großvitrine. Aspekte der Museumsarbeit in Bayern, MuseumsBausteine Band 5, Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen beim Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege
- [4] Lutz, P.; Jenisch, R.; Klopfer, H.; Freymuth, H.; Krampf, L.; Petzold, K.: Lehrbuch der Bauphysik, Teubner Verlag Stuttgart, 3. Auflage 1994.
- [5] Meier, C. (Hrsg.): Wärmeschutzplanung für Architekten und Ingenieure. Rudolf Müller Verlag Köln, 1995; 2 Bände mit insgesamt 1800 Seiten; (im Mai 1998 vom Markt genommen).
- [6] Meier, C.: Humane Wärme. Strahlungswärme als energiesparende Heiztechnik. bausubstanz 1999, H. 3, S. 40.
- [7] Meier, C.: Bauphysik – aus den Gleisen geraten. bausubstanz 2000, H. 11/12, S. 48.
- [8] Meyers Enzyklopädisches Lexikon. Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich 1971
- [9] Recknagel, H.; Sprenger, E.; Hönnmann, W.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. München und Wien: R. Oldenbourg Verlag 1988/1989.
- [10] Reeker, J.; Kraneburg, P.: Haustechnik - Heizung, Raumlufttechnik, Werner Verlag Düsseldorf 1994.
- [11] Tipler, P.A.: Physik. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford, 1994.

Dieser Text machte schon vor der Veröffentlichung einigen "Experten" Kopfzerbrechen, denen der Artikel zwecks Begutachtung zugeschiedt wurde.

Ein Oberingenieur mit über 40 Jahren Berufserfahrung schreibt am 15. 12. 1998: "Ich habe Sie im Verdacht, dass Sie eine revolutionierende Erfindung gemacht haben, die es ermöglicht, aus einer Heizwand mehr Energie herauszuholen als man hineinbringt". Weiter heißt es: "Das ist sicher die umwälzende Erfindung unserer Zeit, Herr Professor, da sehe ich Sie schon mit dem Bundesverdienstkreuz herumlaufen".

Eine Firma für Haus- und Küchentechnik schreibt am 07. 01. 1999: "Insofern teilen wir die Ansicht von Prof. Meier nicht, wonach Strahlung keine Luft erwärmt, sondern nur massive Baustoffe ..."

Ein pensionierter Fachhochschulprofessor und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger schreibt am 05. 02. 1999: "Die Kritik an der Strahlung in den Halbraum ist nicht berechtigt. Auch führt die Differenzbildung bei der Ermittlung der erforderlichen Strahlungsflächen bei der Beheizung eines Raumes durch eine Strahlungsheizung nicht zu "absurden Ergebnissen", wie der Verfasser schreibt. Der Unterzeichnete weiß aus eigener Erfahrung, dass Flächenstrahlungsheizungen dann richtig dimensioniert sind, wenn sie nach den Dimensionierungsverfahren der Heizungstechnik ausgelegt werden. Dies trifft ebenso auf die Strahlungsaustauschzahl zu, bei der der Verfasser behauptet, dass diese wegen der Halbierung der Strahlungsleistung und Differenzbildung zu falschen Ergebnissen führen würde. Wegen der falschen bzw. unrichtigen Einschätzung der Auslegungsverfahren der Strahlungsheizung kommt der Verfasser schließlich zu Folgerungen, die dem Stand der Technik auf diesem Gebiet einfach nicht gerecht werden".

Auch Prof. Bach vom Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik (IKE) in Stuttgart lieferte am 09. 06. 1999 eine Stellungnahme ab, in der es u. a. heißt: "Abgesehen davon, dass dieser Teil seiner Ausführungen für mich nicht nachvollziehbar ist, dürfen seine Behauptungen über die Praxis in der Heiztechnik nicht unwidersprochen bleiben." Und weiter wird geschrieben: "Im Übrigen hat Herr Prof. Meier in allen 5 Punkten die übliche Berechnung des Strahlungsaustausches und der dabei verwendeten Randbedingungen falsch verstanden". Wegen der Bedeutsamkeit der Strahlung in Theorie und Praxis wird der Antwortbrief auf diese Stellungnahme vorgelegt:

Prof. Dr. C. Meier - Neuendettelsauerstr. 39 - 90449 Nürnberg

Herrn
Prof. Dr.-Ing. Heinz Bach
IKE, Lehrstuhl f. Heiz- und Raumlufttechnik
Universität Stuttgart Pfaffenwaldring 35
70 569 Stuttgart

Nürnberg, den 29. 06. 1999

"Humane Strahlungswärme"
Ihre Stellungnahme vom 09.06.99

Sehr geehrter Herr Prof. Bach,
der og Artikel scheint beim Neubeuerner Institut auf Mißtrauen zu stoßen, denn bisher lagen mir drei Stellungnahmen vor, die alle die Kernaussagen des Artikels nicht behandelten, sondern sie mit Nebensätzen umgingen. Zwischenzeitlich handelt es sich bei dem nochmals überarbeiteten Text, den ich beilege, mit Rücksicht auf die Leserschaft um die dritte Kürzung, die sich nur verbal, also ohne Formeln, mit dieser Materie auseinandersetzt. Dies geschah bereits ausführlich in [3] und zusammengefaßt in [4] (ebenfalls beiliegend), so dass die "Diskussion" dieser Problematik meine Sichtweise zum Thema nur erweitern kann.

Nun werden Sie bemüht, um "Licht in das Dunkel" zu bringen. Dr. Schneider bat mich mit Schreiben vom 14.06., den Sachverhalt mit Ihnen abzuklären.

Persönlich konnten wir uns auf dem BHKS/VDI-Symposium am 26. und 27. September 1991 auf der Wartburg bekannt machen und damals habe ich in meinem Referat auf die nachweisbare Effizienzlosigkeit dicker Dämmungen hingewiesen. Heute wird dieser Unfug allgemein vorgeschrieben. Wie Sie daraus ersehen können, setze ich mich auch kritisch mit technischen Entwicklungen auseinander.
Bei meinen Überlegungen betrachte ich nur die Wärmestrahlung und ihre physikalischen Gesetzmäßigkeiten als selbständige Heiztechnik.

Ausgehend von der römischen Hypokaustenheizung stellt sich die Frage, wie die Strahlungswärme von umschließenden Bauteilen rechnerisch erfaßt werden kann. Hierfür dient die Plancksche Strahlungsformel [1] und als Integral das Stefan-Boltzmannsche Gesetz [4].

Dabei müssen nun die zwei im Artikel aufgeworfenen Fragen geklärt werden:

1. Warum fehlt im Gegensatz zum Planckschen [1] (Bd. 18, S. 747) und Wienschen Strahlungsgesetz [1] (Bd. 25, S. 346) in der einschlägigen Fachliteratur der Faktor 2.
2. Warum muß bei der Quantifizierung der Strahlungsleistung für einen Raum die Differenz zweier Strahlflächen gebildet werden? Planck hätte bei seinen Messungen der Hohlraumstrahlung infolge des dort vorliegenden Strahlungsgleichgewichtes dann das Ergebnis "Null" erhalten !

Die Beantwortung dieser Fragen erfolgt u. a. auch in dem Ihnen vorliegenden Manuskript.

Die Ableitung der Strahlungsausgleichszahl gemäß [6] und [8] habe ich unter Berücksichtigung der aufgeführten fünf Randbedingungen nachvollzogen und komme eben auch zu dem allseits bekannten Ausdruck. Diese Randbedingungen werden in [6] genannt und begrenzen die Einsatzmöglichkeit. Was habe ich da "falsch verstanden"?

Sie empfehlen zur Lektüre den Rietschel/Raiß. Bei meinem Vordiplom im SS 59 an der TU Berlin bin ich noch von Prof. Raiß geprüft worden (Note: sehr gut); Sie sehen also, dass ich mich in Fragen der Heizung und Lüftung schon ein wenig auskenne. Über die Integrität von Prof. Raiß gibt es keine Zweifel, immerhin wurde er von Prof. Esdorn als ein Wissenschaftler charakterisiert, der sich stets dem höchsten Ziel, der Wahrheit, verpflichtet fühlte.

Gehen wir deshalb in seinem Sinne an die Frage der Strahlungswärme heran.

Ich finde in Rietschel/Raiß "Heiz- und Lüftungstechnik" 1958 auf Seite 351 unter "B. Strahlungswärmeaustausch" folgenden Satz:

"..., dass jede Fläche gleichzeitig Wärme abgibt, aufnimmt und rückstrahlt, wobei nicht nur die erste Emission und Absorption, sondern auch der weitere Weg der reflektierten Wärme mit neuerlicher Teilabsorption und Reflektion betrachtet werden muß. Zur Vereinfachung der Rechnung vernachlässigt man meist die Wiederabsorption der reflektierten Strahlung, bricht also den Vorgang nach der ersten Reflektion ab. Das ist zulässig, wenn die Absorptionzahlen beider Flächen nahe bei 1 liegen, oder wenn der Abstand der Flächen voneinander, im Verhältnis zu ihrer Ausdehnung, so groß ist, dass nur sehr kleine Beträge der reflektierten Strahlung jeweils die andere Fläche wieder treffen. Für zwei idealisierte Fälle, die auch praktische Bedeutung haben, kann eine einfache exakte Lösung angegeben werden, nämlich für zwei ebene parallele Flächen unendlicher Ausdehnung und ...".

Dazu wäre folgendes zu sagen:

1. Bei der Ableitung der Strahlungsausgleichszahl wird nur die Reflektion, also die zurückkommende Strahlung berücksichtigt. Die absorbierte Strahlung geht bei der Ableitung verloren. Diese absorbierte Energie führt aber zur

Temperaturerhöhung, so dass die Annahme konstanter Temperaturen fehlerhaft ist (s. Kommentar zur Randbedingung 1).

2. Es heißt, auch weitere Reflektionen seien zu betrachten. Aber nur "zur Vereinfachung" könne man nach der ersten Reflektion abbrechen. Nun, mehrere Reflektionen abzuleiten, führt zu einem Zahlensalat, der unüberschaubar wird. Man kommt also damit nicht weiter. Die Zulässigkeit einer derartigen Vorgehensweise wird mit zwei Argumenten begründet: a) wenn die Absorptionszahlen nahe bei 1 liegen. Wenn diese jedoch nahe bei 1 liegen müssen, dann ist es nur ein kleiner Schritt, sie mit 1 anzunehmen. Damit wäre dann die vielfache Reflektion einer Hohlraumstrahlung berücksichtigt (s. Kommentar zur Randbedingung 1), b) oder nur sehr kleine Beträge der reflektierten Strahlung die andere Fläche treffen. Bei der Ableitung der Strahlungsausgleichszahl wird jedoch gemäß Randbedingung 3 genau das Gegenteil angenommen, es werden keine seitlichen Verluste berücksichtigt. Auch bei einem geschlossenen Raum mit strahlenden Wandflächen trifft dieses Argument nicht zu. Ein Zimmer wirkt wie ein Hohlraum und ermöglicht eine vielfache Reflektion.

3. Für zwei "idealisierte" Fälle "unendlicher Ausdehnung" wird eine exakte Lösung angegeben. Wann aber kommt dies vor?

Entscheidend für die Fragwürdigkeit der Strahlungsausgleichszahl dürfte aber die eingearbeitete Differenzbildung sein. Darüber hinaus bleibt zu klären, warum die Strahlungsleistungen nicht den Faktor 2 enthalten. Diese beiden Aspekte bedürfen der Klärung.

Mit freundlichen Grüßen

gez. C. Meier

Anlagen: Manuskript "Humane Strahlungswärme"

Humane Wärme

Dieser Brief ist nie beantwortet worden.

Nun erarbeitete die VDI-Gesellschaft im Richtlinienausschuß VDI 6030 "Auslegung von freien Raumheizflächen" (Obmann Prof. Bach) einen Entwurf, zu dem eine Stellungnahme abgegeben wurde. In der Einspruchssitzung trage ich mein Begehren vor, man signalisiert Berücksichtigung. Bedeutsam ist nun, dass bei der weiteren Behandlung dieses Vorganges eine Anwesenheit meiner Person generell ignoriert wird, denn im Protokoll fehlt mein Name. Wenn dies die Methoden zukünftiger "Richtlinienarbeit" sind, dann besteht höchste Alarmstufe. Insofern wird es notwendig, meinen Brief vom 11. 02. 2000 an den Obmann des VDI-Ausschusses vorzulegen:

Prof. Dr. C. Meier - Neuendettelsauerstr. 39 - 90449 Nürnberg

Herrn

Prof. Dr.-Ing. Heinz Bach

IKE, Lehrstuhl f. Heiz- und Raumluftechnik

Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 35

70 569 Stuttgart

Nürnberg, den 11. 02. 2000

VDI-Einspruchssitzung

am 9. Dezember 1999 zur VDI Richtlinie 6030, Blatt 1

Sehr geehrter Herr Prof. Bach,

leider sehe ich mich veranlaßt, Sie auf einen Mißstand in der Protokollführung des Technisch-Wissenschaftlichen Mitarbeiters Herrn Lars Funk aufmerksam zu machen. Obgleich ich eingeladen wurde, zugesagt habe und ab 14:00Uhr als Gast an der o.g. Sitzung teilnahm, bin ich im Protokoll nicht erwähnt. Sowohl bei der Aufzählung der Teilnehmer (auch in TOP 2), als auch in TOP 3 (Behandlung der Einsprüche) vermisste ich meinen Namen.

Ich gehe davon aus, dass dies ein Versehen ist. Nach Erhalt des Protokolls am 16.12.1999 setzte ich mich sofort mit Herrn Funk telefonisch in Verbindung, machte ihn auf diesen Umstand aufmerksam und bat ihn, dies umgehend zu berichtigen und mir dann das vollständige Protokoll zuzusenden. Es geschah nichts. Ein erneutes Telefonat am 07.02.2000, entgegengenommen von Frau Wichmann, wollte er, weil abwesend, tags darauf erwidern. Bis heute geschah wieder nichts.

Ich würde Sie dringend bitten, als Obmann des Arbeitskreises für ein ordnungsgemäßes Protokoll zu sorgen.

In diesem Zusammenhang wären stichpunktartig die Inhalte meines Diskussionsbeitrages in der o.g. Sitzung in Erinnerung zu bringen, die auch wesentliche Argumente meines Einspruches vom 07. Oktober 1999 enthielten:

1. Die quantenmechanischen Grundlagen der Strahlung bewirken nur das Erwärmen von Materie. Luft wird durch Strahlung nicht erwärmt. Dies führt zu grundsätzlich unterschiedlichen Rechenmethoden, denn Thermodynamik und Quantenmechanik sind klar zu unterscheiden. Zum Beispiel sind gemäß dem Behaglichkeitsprofil nach Bedford und Liese bei der Auslegung einer Heizungsanlage baupraktische Konsequenzen zu beachten, die in der VDI-Richtlinie keinerlei Berücksichtigung finden. Auch würden sich bei einer Strahlungsheizung die in der VDI-Richtlinie oft angeführten "kalten Fallströme" in "warme Steigströme" verwandeln.

2. Die komplizierten rechnerischen Verfahren werden so filigran und umfangreich, dass die Praktikabilität nicht mehr gegeben ist. Verwirrung der Anwender ist die Folge. Durch den dann notwendigen oder vielleicht sogar auch beabsichtigten CD-ROM-Einsatz wird ein "unwissendes Expertentum" herangebildet, das die grundsätzlichen Zusammenhänge der Heizungstechnik gar nicht mehr sieht, erfaßt und versteht. Der Ingenieur degradiert sich damit zum Erfüllungsgehilfen von Vorschriften, Richtlinien und Normen.

3. Die VDI-Richtlinie definiert eine "Behaglichkeitszone", die an der kalten Umfassungsfläche erst nach einem Meter beginnt. Die Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite eines am Fenster stehenden Bewohners, dies wurde in der Debatte unter anderem als Begründung für die Notwendigkeit dieser VDI-Richtlinie vorgebracht, wird also überhaupt nicht erfaßt.

Was soll dann eigentlich die ganze VDI-Richtlinie 6030, Blatt 1 bezwecken?

Soll sie Mängel einer Heizungsanlage richtlinienmäßig absichern und rechtfertigen? Soll sie vielleicht vor Mängelbeseitigung (BGB § 633), Wandlung und Minderung (BGB § 634) oder Schadensersatz (BGB § 635) schützen?

Hier eröffnen sich Fragen, die beantwortet werden müssen.

4. Auf jeden Fall müssen die juristischen Konsequenzen beachtet werden, die sich aus der Anwendung der VDI Richtlinie 6030 ergeben. Nach BGB § 633 ist ein Werk so herzustellen, dass es die zugesicherten Eigenschaften hat und nicht mit Fehlern behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder nach dem Verträge vorausgesetzten Gebrauch aufheben und mindern.

In der VDI Richtlinie 6030, Blatt 1 werden nur die Konvektionsheizungen aufgeführt, die nun einmal große Leistungsdefizite aufweisen. Dies manifestiert sich in den klassifizierenden drei Anforderungsstufen. Sollen damit etwa "schlechte Heizungen" mit Tauglichkeitseinbußen durch eine Richtlinie zertifiziert werden?

Immerhin heißt die Stufe 1: "Deckung der Normheizlast ohne Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite".

Die Heizung mit keinerlei Behaglichkeitsdefiziten (Strahlungsdefiziten) ist jedoch die Strahlungsheizung selbst – diese aber wird überhaupt nicht erwähnt. Insofern ergibt sich hier ein Eldorado für juristische Auseinandersetzungen, denn dem Architekten wird mit dieser Richtlinie nicht das bestmögliche Heizungssystem angeboten. Kunden und Richter interessieren sich schon für solche Vorgänge, dies sollte man bedenken.

In der Sitzung haben Sie mir eine Antwort des Ausschusses auf meine Stellungnahme vom 07. Oktober 1999 zugesagt. Auch die Beantwortung der in meinem Brief vom 29.06.1999 gestellten Fragen sagten Sie mir auf der Einspruchssitzung am 9.12. zu.

Ich darf Sie an diese beiden Dinge erinnern.

Mit freundlichen Grüßen

gez. C. Meier

Das Protokoll wurde nicht berichtet, auch "die beiden Dinge" wurden nicht erledigt. Zwischenzeitlich wurde der Entwurf überarbeitet; Aus diesem Grunde schrieb ich dann den nachfolgenden Brief:

Prof. Dr. C. Meier - Neuendettelsauerstr. 39 - 90449 Nürnberg

Verein Deutscher Ingenieure
VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung
Postfach 10 11 39
40 002 Düsseldorf

Nürnberg, den 13. 11. 2000

Neues Gesamtmanuskript VDI 6030 Blatt 1 "Auslegung von freien Raumheizflächen"

Sehr geehrte Herren,

Den Erhalt o.g. neuen Manuskriptes VDI 6030 als Einsprecher zum Gründruck bestätige ich. Dem Anschreiben vom 25. 10. ist zu entnehmen, dass diese neue Version die Änderungen der Einspruchssitzungen und die Änderungswünsche der Mitarbeiter enthält und zum Weißdruck verabschiedet wurde. Sie bitten um Kenntnisnahme und um Nennung gravierender Fehler bzw. Abweichungen zum "Beschluß der Einspruchssitzungen".

Mir liegt nur das Protokoll der Einspruchssitzung vom 09. Dezember 1999 in Stuttgart vor, zu der ich eingeladen worden bin und an der ich auch teilgenommen habe. Meinen Einspruch konnte ich dort vortragen, es wurde auch darüber diskutiert. Nur in dem Protokoll vom 09. Dezember, das ich am 16. Dezember erhielt, ist darüber nichts zu lesen, selbst meine Teilnahme ist aus dem Protokoll nicht zu ersehen.

Diesen Mißstand beanstandete ich sofort nach Erhalt des Protokolls telefonisch beim Schriftführer Lars Funk und bat um Ergänzung. Es geschah nichts.

Am 07. Februar 2000 wiederholte ich das Telefonat; ich sprach mit Frau Wichmann, die mir sagte, Herr Lars Funk sei nicht im Hause, würde aber am nächsten Tag zurückrufen. Es geschah wieder nichts.

Darauf unterrichtete ich am 11. Februar brieflich Prof. Bach, schilderte den Sachverhalt und bat ihn, für ein ordnungsgemäßes Protokoll zu sorgen. Dieses Protokoll vermisse ich bis heute. Eine derart laxer Protokollführung kann nicht gutgeheißen werden und legt unmißverständlich skandalöse Zustände in der Richtlinienarbeit des VDI offen.

Insofern ist es schon recht erstaunlich, dass ich nun die überarbeitete Fassung zugeschickt bekomme mit der Bitte, eventuell vorhandene Abweichungen vom Protokoll zu nennen.

Da bei dieser Verfahrensweise mein Einspruch keinerlei Beachtung fand und völlig ignoriert wurde, obgleich er gravierende Mängel des Entwurfes VDI 6030 offenbarte, kann wohl davon ausgegangen werden, dass der Ausschuß sich für die physikalischen Naturgesetze der Strahlung und deren Umsetzung in den Richtlinien nicht für zuständig erklärt und weiter wie bisher einseitig, wenn nicht sogar wahrheitswidrig denkt und handelt. dass dabei der Kunde auf der Strecke bleibt, ist bei der Richtlinienarbeit im VDI offensichtlich zweitrangig und bei dem hohen Einfluß und Übergewicht der Industrie wohl dann auch verständlich.

Es folgen jetzt sechs wesentliche Punkte, die im nachfolgenden Brief vom 25. 07. 2001 wiederholt werden. Das Schreiben endet dann mit den Worten:

In diesem Zusammenhang sei auch an den Briefwechsel erinnert, den ich mit Prof. Bach bezüglich des Manuskriptes "Humane Strahlungswärme" geführt habe – auch hier wurden auf meine Fragen keine oder keine zufriedenstellenden Antworten gegeben.

Kunden und Richter interessieren sich sehr wohl für derartige Vorgänge beim Zustandekommen von "Richtlinien" für die Auslegung von Heizungen, dies sollte man bedenken. Bei den DIN-Normen zeichnen sich parallele Tendenzen ab. Höchststrichterlichen Entscheidungen (BGH-Urteile) haben bereits festgestellt, dass DIN-Normen keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter seien.

Meine Einwände sind physikalischer Natur und können nicht so ohne weiteres übergangen werden. Insofern lehne ich das "Neue Gesamtkonzept VDI 6030 Blatt 1, Auslegung von freien Raumheizflächen" ab. Die in der Vorbemerkung enthaltene Zielsetzung, dem Architekten den Zusammenhang zwischen Raumgestaltung und Erfordernissen der Heizflächen aufzuzeigen, wurde damit auch verfehlt.

Mit freundlichen Grüßen
gez. C. Meier

Es wurde dann ein weiterer Entwurf zugeschickt, zu dem ich den zunächst letzten Brief schrieb:

Prof. Dr. C. Meier - Neuendettelsauerstr. 39 - 90449 Nürnberg

Verein Deutscher Ingenieure
VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung
Postfach 10 11 39
40 002 Düsseldorf

Nürnberg, den 25. 07. 2001

VDI 6030 Blatt 1 "Auslegung von freien Raumheizflächen"

Sehr geehrte Frau Diana Wilhelm,
mit Schreiben vom 25. 01. 2001 teilten Sie mir Gründe mit, warum das mit dem Protokoll nicht so recht klappen wollte. Maßgebend ist allein die Tatsache, dass ich trotz Teilnahme an der Einspruchssitzung am 09. Dez. 1999 im Protokoll vom 13. Dez. 1999 nicht erwähnt werde. Diese Fehlerhaftigkeit ist bis heute nicht ausgeräumt worden; hier verweise ich auf meinen an Prof. Bach gerichteten Brief vom 11. 02. 2000, der auf diesen Mißstand hinwies und auf den ich bis heute

keine Antwort erhalten habe.

Mit Schreiben vom 3. Juli 2001 schicken Sie mir nun die letzte Version der VDI-Richtlinie 6030 vom Juli 2001 mit dem Hinweis, dass der Entwurf "in allen angesprochenen Punkten sorgfältig überarbeitet wurde".

Der Vergleich zur Version "Oktober 2000" zeigt, dass sich methodisch nichts geändert hat. Meine Einwände, die ich im Brief vom 13. 11. 2000 konkretisiert habe, sind nicht beachtet worden. Die auf Seite 18 erfolgte Klammerergänzung (mit Strahlungswirkung) unter "6 Auslegung von Raumheizkörpern" kann ja wohl nicht ernst genommen werden, denn wenn eine Strahlungswirkung quantitativ berücksichtigt wird, dann muß im Manuskript wenigstens die Stefan-Boltzmannsche Formel erscheinen. Dieser Ausschluß weigert sich also weiterhin strikt, von den Vorzügen einer Strahlungsheizung bezüglich der Beseitigung von Strahlungsdefiziten überhaupt Kenntnis zu nehmen. Die sechs Punkte im Brief vom 13. 11. 2000 zeigen meine Bedenken sehr deutlich; mit dieser "Richtlinie" werden wahrheitswidrig Naturgesetze mißachtet, so dass man schon überrascht ist von der Überheblichkeit, mit der man die sachlich/technischen Sachverhalte behandelt.

Rückfragen gibt es meinerseits nur in der grundsätzlichen Fragestellung, warum "die Heiztechnik" die anstehenden Probleme derart schwerfällig und uneinsichtig zu lösen versucht. Ein "direkter Kontakt" zu Prof. Bach hilft hier nicht weiter, denn meine Briefe vom 11. 02. 2000 und vom 29. 06. 1999, die die Problematik verdeutlichen, sind unbeantwortet geblieben. Auch der Verfahrensablauf "dieser VDI-Richtlinie 6030" zeigt, dass an bestehenden und festgefahrenen Vorstellungen konsequent festgehalten wird.

Der Vollständigkeit halber wiederhole ich noch einmal meine Bedenken:

1. Die quantenmechanischen Grundlagen der Strahlung werden in der Richtlinie VDI 6030 völlig ignoriert. Immerhin geht es ja hier um die Beseitigung von Strahlungsdefiziten. Insofern ist es physikalisch falsch, mit thermodynamischen Regularien dieses Ziel erreichen zu wollen. Diese stimmen zwar für Konvektionsheizungen, nicht jedoch für Strahlungsheizungen mit ihren besonderen Beiträgen zur Raumtemperierung. Die Begründung dazu habe ich in meinem Einspruch vom 07. Oktober 1999 geliefert. Meine dortigen Ausführungen sind bisher nicht widerlegt worden – nach den wissenschaftstheoretischen Regularien gemäß Raimund Popper gelten sie also. Das Ignorieren von Argumenten jedoch dient nicht der Sache.

2. Die besonderen Merkmale einer Strahlungsheizung unterscheiden sich wesentlich von den Merkmalen einer Konvektionsheizung. Erstere bewirken nur das Erwärmen von Materie. Luft wird durch Strahlung also nicht erwärmt. Dies führt zu grundsätzlich unterschiedlichen Rechenmethoden, denn Thermodynamik und Quantenmechanik sind klar zu unterscheiden. Zum Beispiel sind gemäß dem Behaglichkeitsprofil nach Bedford und Liese bei der Auslegung einer Heizungsanlage baupraktische Konsequenzen zu beachten, die in der VDI-Richtlinie keinerlei Berücksichtigung finden. Die Raumoberflächentemperaturen sind bei einer Strahlungsheizung höher als die Raumlufttemperaturen. Dadurch würden sich die in der VDI-Richtlinie oft angeführten "kalten Fallströme" bei einer Strahlungsheizung in "warme Steigströme" verwandeln. In der "VDI Richtlinie" wird immer nur von "zu erreichenden Raumlufttemperaturen" gesprochen, dabei würden ausreichende Wand- und Fensteroberflächentemperaturen, die nur durch eine Strahlungsheizung erzielt werden, die Behaglichkeitsdefizite verschwinden lassen. Bei einer Strahlungsheizung werden Wandtemperaturen von ca. 22°C und Fenstertemperaturen von ca. 19°C erreicht – beste Voraussetzungen für die angestrebte Behaglichkeit.

3. Die VDI-Richtlinie definiert eine "Behaglichkeitszone", die an der "kalten" Umfassungsfläche erst nach einem Meter beginnt, ansonsten erst nach 30 cm von der Wand. Die Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite eines am Fenster stehenden Bewohners, dies wurde in der Debatte unter anderem als Begründung für die Notwendigkeit dieser VDI-Richtlinie vorgebracht, wird also überhaupt nicht erfaßt. Die kritischen Zonen werden also von vornherein ausgeklammert – die typischen Nachteile einer Konvektionsheizung werden also "genormt". Darüber hinaus gibt es für die Anforderungszonen dann noch unterschiedliche Anforderungsstufen:

Stufe 3: "Vollständige Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite",
Stufe 2: "Teilweise Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite" und
Stufe 1: "Deckung der Normheizlast ohne Beseitigung von Behaglichkeitsdefiziten".

Richtlinienmäßig wird also auch in der VDI 6030 eine Heizung klassifiziert, die zwar die "Normheizlast" deckt, jedoch die Behaglichkeitsdefizite nicht beseitigt.

- Was soll dann eigentlich die ganze VDI-Richtlinie 6030, Blatt 1 bezwecken?
- Soll sie Mängel einer Heizungsanlage richtlinienmäßig absichern und rechtfertigen?
- Soll sie vielleicht vor Mängelbeseitigung (BGB § 633), Wandlung und Minderung (BGB § 634) oder Schadensersatz (BGB § 635) schützen? Immerhin wird ja nach dem "Pflichtenheft" vom Auftraggeber die Anforderungsstufe "bestätigt".
- Hier eröffnen sich Fragen, die beantwortet werden müssen.

4. Die komplizierten rechnerischen Verfahren in der VDI 6030 werden so filigran und umfangreich, dass die Praktikabilität nicht mehr gegeben ist. Verwirrung der Anwender ist die Folge. Durch den dann notwendigen oder vielleicht sogar auch beabsichtigten CD-ROM-Einsatz wird ein "unwissendes Expertentum" herangebildet, das die grundsätzlichen Zusammenhänge der Heizungstechnik gar nicht mehr sieht, erfaßt und versteht. Der Ingenieur degradiert sich damit zum Erfüllungsgehilfen von Vorschriften, Richtlinien und Normen, die dann auch noch fehlerhaft sind.

5. Auf jeden Fall müssen die juristischen Konsequenzen beachtet werden, die sich aus der Anwendung der VDI Richtlinie 6030 ergeben. Nach BGB § 633 ist ein Werk so herzustellen, dass es die zugesicherten Eigenschaften hat und nicht mit Fehlern behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder nach dem Vertrage vorausgesetzten Gebrauch aufheben und mindern.

Die VDI-Richtlinie 6030 kommt dieser Forderung jedenfalls nicht nach, es sei denn, dass eine "unzureichende" Heizung vertraglich festgelegt wird, indem man z. B. die "Deckung der Normheizlast" vereinbart (siehe Punkt 3).

In der VDI-Richtlinie 6030, Blatt 1 werden darüber hinaus nur die Konvektionsheizungen aufgeführt, die einzig und allein nur aus systembedingten Gründen diese großen Leistungsdefizite aufweisen. Dies manifestiert sich in den klassifizierenden drei Anforderungsstufen. Damit werden "schlechte Heizungen" mit Tauglichkeitseinbußen durch eine Richtlinie nur sanktioniert, sogar zertifiziert.

6. Eine Heizung mit keinerlei Behaglichkeitsdefiziten (in der VDI 6030 Blatt 1 werden deshalb hauptsächlich Strahlungsdefizite angesprochen) ist jedoch die Strahlungsheizung selbst – diese aber wird überhaupt nicht erwähnt. Insofern ergibt sich hier ein Eldorado für juristische Auseinandersetzungen, denn dem Architekten wird mit dieser Richtlinie nicht das bestmögliche und sauberste Heizungssystem angeboten. Immerhin sind seit hundert Jahren die Strahlungsgesetze von Wilhelm Wien und Max Planck bekannt. Wann endlich wird davon Kenntnis genommen, damit diese Erkenntnisse heizungstechnisch umgesetzt werden?

Kunden und Richter interessieren sich sicher für derartige Vorgänge beim Zustandekommen von "Richtlinien", dies sollte man bedenken. DIN-Normen, das haben höchstrichterliche Entscheidungen (BGH-Urteile) bereits festgestellt, sind keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter – sie sind wirtschaftsorientiert. VDI-Richtlinien unterliegen offensichtlich dem gleichen Trend.

Meine Einwände sind physikalischer Natur und können nicht so ohne weiteres übergangen werden. Insofern lehne ich auch das "Manuskript VDI 6030 Blatt1, Auslegung von freien Raumheizflächen" vom Juli 2001 ab. Die in der Vorbemerkung enthaltene Zielsetzung, dem Architekten den Zusammenhang zwischen Raumgestaltung und Erfordernissen der Heizflächen aufzuzeigen, wurde damit auch verfehlt.

Mit freundlichen Grüßen
gez. C. Meier

Mir ist auch ein Prüfbericht zugesandt worden, der die Leistung einer Wandstrahlungsheizung quantifiziert. Dabei treten kapitale methodische Fehler auf, die sich ausschließlich aus dem physikalischen Mißverständnis von der Wirkungsweise einer Strahlung ergeben. Dabei geht es weniger um die baupraktische Umsetzung der Wandstrahlungsheizung (hier gibt es ja unterschiedliche Systeme), sondern mehr um die "technisch / wissenschaftliche" Behandlung in Theorie und Praxis. Der Prüfbericht Nr. A96 S090.1031 der Prüfstelle HLK Stuttgart behandelt die Wandheizung "meßtechnisch" und hier offenbart sich das ganze Dilemma bei den verwendeten Rechenmethoden.

Zu diesem Prüfbericht ist folgendes zu sagen:

Zum Prüfbericht Seite 1:

Es wird ein Strahlungsanteil von 0,50 angenommen. Dies ist für einen Wandstrahler unrealistisch. Hier zeigt sich die Unvereinbarkeit von Wärmeleitung/Wärmeströmung (Thermodynamik) und Wärmestrahlung (Quantenmechanik). Die Rechenmethode der Thermodynamik ist auf die Strahlung nicht übertragbar.

Im Prüfbericht steht:

Nutzwärmeleistung bei $\Delta T = 20 \text{ K}$: $q = 153 \text{ W/m}^2$

Die spezifische Leistung pro Kelvin ergibt dann; $7,65 \text{ W/m}^2\text{K}$

Mit Heizregistern belegt werden 3 m^2 .

Dies sind die "Umrechnungsfaktoren" bei der Behandlung der Wärmeleistung nach thermodynamischen Gesichtspunkten mit der Abhängigkeit von "Übertemperaturen". Dieses Vorgehen ist jedoch physikalisch falsch.

Zum Prüfbericht Seite 2:

Hier werden technische Daten aufgelistet, die für die Behandlung im Sinne der klassischen Wärmelehre wichtig werden. Es können folgende Daten entnommen bzw. berechnet werden:

			1	2	3
1	Lufttemperatur TI (0,75 m)	°C	20,87	20,72	20,2
2	Vorlauftemperatur Tv	°C	55,46	44,93	34,99
3	Rücklauftemperatur Tr	°C	48,98	40,7	32,44
4	Temperaturspreizung	K	6,48	4,23	2,55
5	Mitteltemperatur (2 und 3)	°C	52,22	42,815	33,715
6	Übertemperatur DT	K	31,35	22,1	13,52
7	Wärmeleistung, gemessen	W	755	493	295
8	Wärmeleistung (1013 mbar)	W	765	500	299
9	spez. Leistung/m ² (8 : 3,00)	W/m ²	255	166,8	99,8
10	spez. Leistung/K (9 : 6)	W/m ² K	8,13	7,54	7,38

Die "Wärmeleistung" ergibt sich also fast proportional zur "Übertemperatur" (s. Zeile 10) und wird mit 7,65 W/m²K festgelegt (siehe oben). Dies ist falsch, denn die Strahlungsleistung hängt allein von den Oberflächentemperaturen ab.

Zum Prüfbericht Seite 3:

Hier werden vier Oberflächentemperaturen der Heizwand angegeben, die Mittelwerte werden in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

			1	2	3
11	Oberflächentemperatur	°C	38,2	33,4	28,1
12	dto. absolut	K	311,2	306,4	301,1

Daraus ergibt sich die Strahlungsleistung bei $CS = 5,67 \text{ W/m}^2\text{K}^4$ und $e = 0,93$:

13	Halbraum	W/m ²	495	465	433
14	Hohlraum	W/m ²	989	930	867
9	spez. Leistung/m ² (8 : 3,00)	W/m ²	255	166,8	99,8

Die Zeilen 13 und 14 wären die Strahlungsleistungen, die sich nach dem Strahlungsgesetz von Stefan und Boltzmann ergeben. Maßgebend sind dabei allein die Oberflächentemperaturen.

Der Vergleich der Zeilen 13 (Halbraum) und 14 (Hohlraum) mit der Zeile 9 zeigt die große Diskrepanz zwischen der Strahlungsleistung (quantenmechanische Gesetzmäßigkeiten) und der "hingerechneten" Strahlungsleistung (thermodynamische Gesetzmäßigkeiten). Die Unterschiede sind gewaltig:

15	Halbraum	fach	1,94	2,79	4,34
16	Hohlraum	fach	3,88	5,58	8,69

Die Diskrepanz wird bei den niedrigen Vorlauftemperaturen (letzte Spalte) besonders krass. Dies zeigt, dass gerade die "Niedertemperaturstrahlungsheizungen" besonders effektiv sind, da hier die "Übertemperaturen" viel stärker reagieren als die "absoluten Oberflächentemperaturen".

Die DIN 4703/04 kann also zur Bestimmung der "Nutzwärmeleistung" einer Strahlungsheizung (Wandstrahler) nicht herangezogen werden. Die Ergebnisse sind ein "Theoriedebakel" sondern gleichen, ein völliges Durcheinander im Denken und im Rechnen.

Zum Prüfbericht Seite 4:

Die falsche Annahme einer Proportionalität zwischen Leistung und Übertemperatur hat natürlich Folgen. Auf Seite 4 wird die Wärmeleistung in W proportional zur Übertemperatur in K grafisch aufgetragen; dies aber widerspricht den Erkenntnissen der Strahlungsphysik. Dies führt nur zu falschen Vorstellungen über die Wirksamkeit einer Strahlungsheizung. Man meint, nur mit hohen Wassertemperaturen könne man eine Strahlungsheizung betreiben – mitnichten, gerade die niedrigen Wassertemperaturen sind besonders wirkungsvoll.

Dem Prüfbericht können auch Kontrolltemperaturen der linken und rechten Wandtemperatur entnommen werden, die sehr nahe beieinander liegen und folgende Durchschnittstemperaturen aufweisen (Seite 2):

			1	2	3
11	Oberflächentemperatur	°C	21,05	20,85	20,2
12	dto. absolut	K	294,05	293,85	293,2

Daraus ergibt sich die Strahlungsleistung bei $CS = 5,67 \text{ W/m}^2\text{K}^4$ und $e = 0,93$

13	Halbraum	W/m ²	394	393	390
14	Hohlraum	W/m ²	788	786	779
9	spez. Leistung/m ² (8 : 3,00)	W/m ²	255	166,8	99,8

Dies wären die Strahlungsleistungen, die sich nach dem Strahlungsgesetz von Stefan und Boltzmann für die "übrigen Wände" ergeben würden, abgeleitet nur aus den Oberflächentemperaturen. Der Vergleich der Zeilen 13 (Halbraum) und 14 (Hohlraum) mit der Zeile 9 zeigt selbst auch hier die Diskrepanz zwischen der Strahlungsleistung der übrigen Wände (quantenmechanische Gesetzmäßigkeiten) und der "hingerechneten" Strahlungsleistung der Heizwand (thermodynamische Gesetzmäßigkeiten).

15	Halbraum	fach	1,55	2,36	3,91
16	Hohlraum	fach	3,09	4,71	7,81

Es zeigt sich, dass selbst die temperierten "sonstigen Wände" höhere Wärmeleistungen erbringen, als die nach DIN 4703/04 geprüfte eigentliche Heizwand. Allein diese Temperaturen reichen aus, um dem Raum ausreichend Strahlungswärme zuzuführen. Auch hier wird die Diskrepanz bei den niedrigen Vorlauftemperaturen besonders krass. Eine "Niedertemperaturstrahlungsheizung" ist deshalb besonders effektiv.

Der Prüfbericht offenbart sehr überzeugend die Unzulänglichkeiten in der meßtechnischen Behandlung einer Strahlungsheizung. Es ist blamabel, dass dafür noch Prüfgebühren verlangt werden. Strahlung wird systematisch falsch behandelt, nämlich thermodynamisch mit "üblichen Übertemperaturen", und außerdem noch rigoros "thermodynamisch" niedergerechnet. Die in der Veröffentlichung "Humane Wärme" dargestellten Schlußfolgerungen werden somit nicht nur bestätigt, sondern noch weit übertroffen. Der Einfluß der Konvektionsheizungslobby bei der Formulierung von Normen für Strahlungsheizungen ist offensichtlich so groß, dass man sich nicht scheut, hier sogar manipulativ vorzugehen, nur um die bessere Konkurrenz niederzuhalten.

Fehlinterpretationen in der Norm:

Diese Fehlinterpretationen finden nun leider auch ihren Niederschlag in den Normen. Im Vorschlag zur ÖNORM H 5610 "Wandheizung und -kühlung" vom Februar 2000 wird auf Seite 9 dieser Unfug der Proportionalität von Leistung und Übertemperatur nun festgeschrieben. Bei einer "Übertemperatur" von 10 K weist die Grafik in der ÖNorm etwa eine Wärmeleistung zwischen 65 (10 cm Abstand) und 85 W/m² (5 cm Abstand) aus. Bei einer "Übertemperatur" von 20 K ergeben sich dann die doppelten Werte (130 W/m² bzw. 170 W/m²). In "Wirklichkeit" würde die Wandstrahlungsheizung jedoch nach Stefan/Boltzmann generell, also unabhängig von der Übertemperatur, bei einer Oberflächentemperatur von ca. 20°C Strahlungswerte von etwa 390 W/m² (Halbraum) bzw. 780 W/m² (Hohlraum) erbringen. Die Unterschiede zur "Norm" sind gewaltig.

Eine Proportionalität von Wärmeleistung und Übertemperatur ist für eine Strahlungsheizung nicht zutreffend.

Der Autor des Buches "Strahlungsheizung – Theorie und Praxis", erschienen im C. F. Müller Verlag Karlsruhe 1982, reagierte am 01. 08. 2001 auf die am Anfang vorgestellte Veröffentlichung "Humane Strahlungswärme" und ging auf die fünf Randbedingungen für die Strahlungsausgleichszahl, nachdem er auf verfeinerte Methoden hingewiesen hat, wie folgt ein: "Ihre Punkte 1 bis 5 sind gegenstandslos".

Kein Kommentar !

Wie man sieht, in der Heiztechnik ist die Strahlung mit den Planckschen Erkenntnissen tatsächlich ein riesiger Kloß im Hals der Fachingenieure – man tut sich schwer. Es ist davon auszugehen, dass hier ein völliges Umdenken einsetzen muß. Nicht die "Raumlufttemperatur" ist im Rahmen der Heizbemühungen sicherzustellen und zu gewährleisten, sondern durch Einsatz einer Strahlungsheizung die "Wandoberflächentemperaturen". Damit wird viel Energie gespart (geringere Raumlufttemperaturen) und der überall auftretende Schimmelpilz vermieden.

Mit dem Hintergrundwissen dieser Informationen können Strahlungsheizungen nun besser verstanden – und entsprechend ihrer quantitativen Zuordnung auch richtig bewertet werden.

Prof. Dr.-Ing. Claus Meier
Architekt SRL, BayAK
Nürnberg



Prof. Dr. Claus Meier erläutert die Vorzüge der Strahlungswärme aus wissenschaftlicher Sicht.

Humane Wärme

Strahlungswärme als energiesparende Heiztechnik

Mit der Zivilisation entwickelte sich auch die Heiztechnik, mit der in unserem Klima während der Winterzeit thermisch behagliche Wohnverhältnisse geschaffen werden sollen. Strahlungswärme bedeutet eine Energieform, die physiologisch günstig bewertet und vom menschlichen Organismus als wohltuend empfunden wird. Seit Urzeiten nutzt und genießt der Mensch die Strahlungswärme der Sonne [1], [2].

Bei Strahlungsheizungen hat sich empirisch herausgestellt, dass sie energetisch wesentlich günstiger einzustufen sind als die Theorie dies voraussagt [3], [4]. Damit zusammenhängende Kosteneinsparungen sind ebenfalls mit auf der Guthabenseite zu verbuchen. Die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen Theorie und Praxis werfen nun die Frage auf, inwieweit die bei einer Strahlungsheizung angewendeten Recheninstrumente einer kritischen Analyse standhalten können?

1 Die Strahlungsgesetze

Die von einer Oberfläche ausgehende Wärmestrahlung, wie z. B. die Heizfläche einer Strahlungsheizung oder die Oberfläche eines Raumes, ist als Temperaturstrahler eine elektromagnetische Welle, gleich dem sichtbaren Licht, der Radiowelle, den Röntgenstrahlen.

Das Plancksche Strahlungsgesetz beschreibt nun die Intensität der elektromagnetischen Strahlung eines schwarzen Körpers in W/m^2 [5]. Daraus abgeleitet folgt das Strahlungsgesetz von Stefan und Boltzmann für die Strahlungsleistung in W/m^2 . Die Formel hierfür lautet:

$$I_{SK} = 2 \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (W/m^2)$$

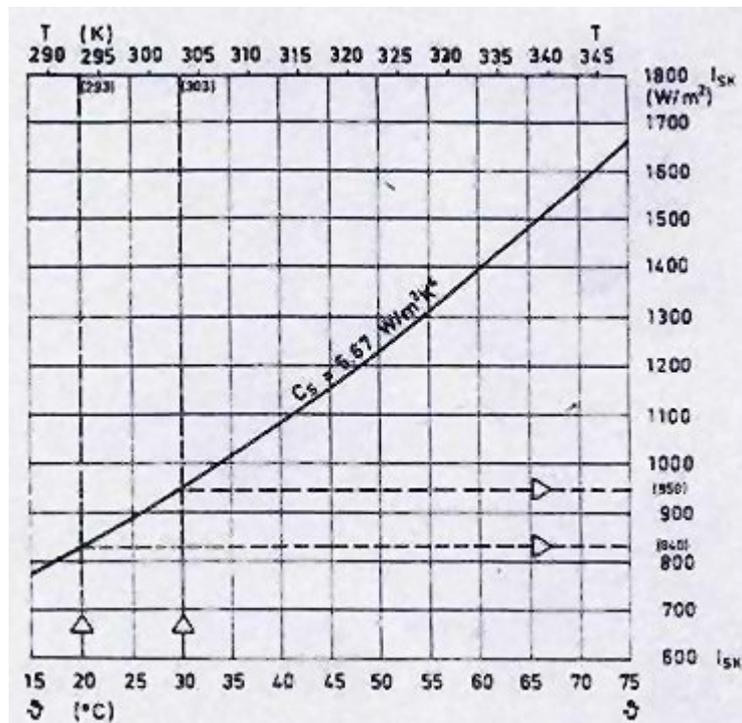
Für Temperaturen in $^{\circ}C$ wird dann geschrieben:

$$I_{SK} = 2 \cdot C_s \cdot \left(\frac{273 + \vartheta}{100} \right)^4 \quad (W/m^2)$$

ISK	=	Strahlungsenergie des schwarzen Körpers (W/m^2)
s	=	Stefan - Boltzmann Konstante ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$)
T	=	absolute Temperatur (K) (absoluter Nullpunkt: $-273^{\circ}C$)
CS	=	Strahlungskonstante des schwarzen Strahlers ($CS = 5,67 W/m^2K^4$)
J	=	Temperatur ($^{\circ}C$)

Anmerkung: Vielfach wird das Stefan-Boltzmannsche Gesetz ohne den Faktor 2 angegeben. Hierzu siehe "Strahlung in den Halbraum".

Das Strahlungsgesetz von Stefan und Boltzmann wird in der Abbildung 1 grafisch dargestellt.



Erläuterung der Abbildung 1:

Für eine Oberflächentemperatur J (in $^{\circ}\text{C}$) auf der unteren Skala oder T (K) auf der oberen Skala kann die sich daraus ergebende Strahlungsenergie in W/m^2 abgelesen werden. Ein Temperaturstrahler von z. B. 20 bis 30 $^{\circ}\text{C}$ (293 bis 303 K) strahlt immerhin mit rund 840 bis 950 W/m^2 bzw. mit einer Wärmemenge von 840 bis 950 $\text{Wh}/\text{m}^2\text{h}$; dies ist für eine Fläche mit derart geringer Temperatur schon recht respektabel.

Diese günstigen Wärmeleistungen werden erreicht, weil es sich hier um eine elektromagnetische Strahlung eines Schwarzen Körpers im Infrarotbereich handelt. Diese hängt allein von der "absoluten Temperatur" ab, dadurch fallen die Unterschiede von z. B. 10 oder 15 K nicht groß ins Gewicht.

Eine Strahlungsheizung kann deshalb auch nicht mit einer üblichen Konvektionsheizung, die nur bei vorliegenden Temperaturdifferenzen zwischen Heizkörper und Luft funktioniert, verglichen werden. Da außerdem durch Erwärmung der umzuwälzenden Luftmengen, die dann auch noch durch den nötigen Luftwechsel ständig ausgetauscht werden müssen, viel Energie benötigt wird, erfordern Luftheizungen (Konvektionsheizungen) zur Schaffung einer ausreichenden Raumtemperatur gegenüber Strahlungsheizungen auch einen erheblichen Mehraufwand an Energie. Wer Energie sparen will, wählt deshalb eine Strahlungsheizung!

Da Strahlung keine Luft erwärmt, sondern nur massive Baustoffe (erst die erwärmten Oberflächen geben dann über den Wärmeübergang Energie an die Innenraumluft ab), werden Kondensatschäden (Schimmelpilzbildung) vermieden, da die Wandtemperatur immer höher als die Raumlufttemperatur ist.

Das Strahlungsgesetz lässt sich nicht aus der klassischen Physik (Thermodynamik) herleiten, sondern erfordert die Annahme einer Emission und Absorption elektromagnetischer Strahlungsenergie durch den Schwarzen Strahler in Energiequanten. Diese Annahme gab den Anstoß zur Entwicklung der Quantentheorie. Es mußte damit von Max Planck ein radikaler Bruch mit den Vorstellungen der klassischen Wärmelehre vollzogen werden. Somit lässt sich Strahlung auch nicht mit den Mitteln der kinetischen Wärmelehre, die mit Temperaturdifferenzen operiert (2. Hauptsatz der Thermodynamik) beschreiben. Dies aber wird irrtümlicherweise in der Heizungstechnik praktiziert und führt demzufolge zu irregulären Ergebnissen [4].

2 Praktizierte Korrekturen

Die Heizungsbranche führt nun im Gegensatz zu den von Max Planck gefundenen Ergebnissen bei ihren Strahlungsberechnungen Korrekturen ein, die die Strahlungsleistung einer Strahlungsheizung gewaltig mindern [1]. Dies führt dann jedoch auch automatisch zu einer Überdimensionierung der Strahlungsheizung.

2.1 Strahlung in den Halbraum

Wegen der Vorstellung einer räumlich nur nach einer Seite hin gerichteten Strahlung wird vom "Schwarzen Strahler in den Halbraum" gesprochen (z.B. in [6], [7], [8], [9], [10]). Als Konsequenz dieser Argumentation werden die Ergebnisse der

Strahlungsgesetze halbiert, es entfällt der Faktor 2 in den Strahlungsformeln.

Dies aber ist nicht gerechtfertigt.

Wenn eine Fläche gemäß dem Strahlungsgesetz Energie emittiert, dann strahlt sie eine bestimmte Energieleistung pro Flächeneinheit ab (W/m^2), unabhängig von der Form der Strahlfläche (Kugelgestalt oder ebene Fläche) und der Lage der empfangenden Flächen. Die emittierte Leistung ist immer gleich. Die unterschiedliche Erreichbarkeit der empfangenden Flächen wird dann erst in einem zweiten Schritt mit der Einstrahlzahl j , die die "Verdünnung" für die empfangenden Flächen angibt, berücksichtigt.

2.2 Differenzbildung

Bei der Strahlung wirken Wärmestrahlen als elektromagnetische Wellen. Sie sind allein abhängig von der absoluten Temperatur, sind also immer positiv (+). Wenn zwei gegenüberliegend angeordnete Temperaturstrahler vorhanden sind (z. B. Heizfläche und Wandfläche), hat man bei der Behandlung des Strahlungsaustausches in Anlehnung an die Differenzbildungen in der kinetischen Wärmelehre die Strahlungsleistungen jeweils mit einem positiven (+) und einem negativen (-) Vorzeichen belegt - und kommt so zur Differenzbildung [6], [7], [8], [9], [10]. Man berechnet damit jedoch die Energiebilanz einer Heizfläche, nicht aber die Summe der in den Raum strahlenden Energie.

Bei einer Strahlungsheizung versagt dieses Modell der Differenzbildung, es führt zu absurden Ergebnissen.

Was passiert, wenn zwei gleich große Strahlplatten gegenüberliegend angeordnet werden, die beide das gleiche Temperaturniveau haben? Die Wärmeabgabe würde bei der Differenzbildung dann zu Null werden - ein Unding. Ein solches Ergebnis kann nicht stimmen, denn immerhin strahlen beide Flächen recht deutlich. Werden die Temperaturen der beiden Flächen z. B. auf 40 °C gebracht, so wird es gewiß recht warm im Raum - und doch wird für die beiden Heizflächen jeweils eine "Wärmeabgabe" von Null errechnet. Dies kennzeichnet in eindrucksvoller Weise die Unrichtigkeit einer Differenzbildung. Thermodynamische Gedankengänge sind für die elektromagnetische Strahlung nicht übertragbar, beim Strahlungsaustausch wird also falsch gerechnet.

2.3 Strahlungsaustauschzahl

Die Strahlungsaustauschzahl $C_{1,2}$ [8], [9], [10] beinhaltet sowohl die Halbierung der Strahlleistung als auch die Differenzbildung. Insofern werden bei der Berechnung einer Strahlungsheizung grundsätzlich falsche Voraussetzungen angenommen.

Darüber hinaus kommen noch weitere kritikwürdige Randbedingungen zum Tragen:

1. Es wird eine einmalige Reflektion berücksichtigt.

Diese Einschränkung beschreibt einen Zeitpunkt, der eigentlich schon sofort vorbei ist. Mit der Lichtgeschwindigkeit einer elektromagnetischen Strahlung erfolgt bei einem Abstand von 10 m eine 30millionenfache Reflektion pro Sekunde, die solange anhält, bis die gesamte Strahlungsenergie absorbiert (schwarzer Strahler) und nach gewisser Zeit der Energieaustausch zwischen den beiden Flächen abgeschlossen ist (die Temperaturen gleichen sich an). Wenn alle Strahlung jedoch absorbiert wird, dann muß der Emissionsgrad mit 1 angenommen werden.

2. Es werden zwei gleich große und parallele Flächen angenommen.

Bei der verallgemeinerten Anwendung der Strahlungsaustauschzahlen trifft dies selten zu.

3. Die seitlichen Strahlungsverluste werden zu Null.

Inwieweit diese Randbedingung gesetzt werden kann, hängt vom Abstand der beiden Flächen ab. Um seitliche Strahlungsverluste vernachlässigen und dies einigermaßen rechtfertigen zu können, müssen die beiden Strahlflächen sehr eng beieinander liegen. In Praxis ist dies aber selten der Fall.

4. Die beiden Temperaturen T_1 und T_2 werden konstant angenommen.

Diese Setzung entspricht nicht der Realität (s. Randbedingung 1).

5. Die beiden Emissionsgrade e_1 und e_2 werden konstant angenommen.

Auch diese Setzung entspricht nicht der Realität (s. Randbedingung 1).

Diese Randbedingungen lassen die allgemeingültige Einsatzfähigkeit der Strahlungsaustauschzahlen fast zu Null schrumpfen. Es ist sogar zu vermuten, dass bei der in der Fachwelt doch allgemein angenommenen Gültigkeit dieser in der Literatur vorzufindenden Strahlungsaustauschzahlen (u.a. auch in [8]) man gar nicht ahnt, wie fehlerhaft man rechnet.

Unter Berücksichtigung genannter "Korrekturen" wird die Strahlleistung in der Fachliteratur wie folgt angegeben:

$$I_{GK} = \frac{C_s}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

(W/m²)

IGK	=	Strahlungsenergie des grauen Körpers (W/m ²)
CS	=	Strahlungskonstante des schwarzen Strahlers (CS = 5,67 W/m ² K ⁴)
e1	=	Emissionsgrad der Fläche 1 (-)
e2	=	Emissionsgrad der Fläche 2 (-)
T1	=	absolute Temperatur der Fläche 1 (K)
T2	=	absolute Temperatur der Fläche 2 (K)

Dies ist die allseits bekannte und überall angewendete "Strahlungsformel", an ihr stimmt so ziemlich nichts.

In der praktischen Anwendung wird dann noch zusätzlich der []-Ausdruck mit den absoluten Temperaturen durch die Temperaturdifferenz (T1 - T2) geteilt, damit man am Ende wieder analog der allerdings nicht zutreffenden kinetischen Wärmelehre mit einer Temperaturdifferenz multiplizieren kann; hierfür wird dann jedoch meist die Temperaturdifferenz zwischen Heizkörper und "Luft" gewählt, wobei Luft ja doch nicht strahlen kann.

Quintessenz: Die langjährig angewendeten und damit auch fälschlicherweise sicher als "bewährt" bezeichneten Formelansätze für die Berechnung der Strahlungsaustauschzahlen erweisen sich für die Beurteilung der wahren Strahlungsverhältnisse als logisch widersprüchlich und fehlerhaft; sie verstoßen eklatant gegen die elementaren Gesetzmäßigkeiten der nur mit der Quantenmechanik zu erklärenden Strahlungsphysik. Bemerkenswert ist, dass bei Anwendung der "praktizierten" Formeln stets alle errechneten Werte zu Ergebnissen führen, die zu niedrig ausfallen. Dies bedeutet eine generelle Unterbewertung und damit Benachteiligung der Strahlungsheizung und damit eine Überdimensionierung der Anlage! Bei einer solchen Methodik braucht man sich dann auch nicht zu wundern, dass die Strahlungsheizung nicht die Geltung gewinnt, die sie verdient.

Es ist deshalb ernsthaft die Frage zu prüfen, inwieweit hier nicht grundsätzlich umgedacht werden muß, damit bei der Installation von Heizungsanlagen die rechnerisch produzierten Benachteiligungen der Strahlungsheizung der Vergangenheit angehören.

3 Schlußfolgerungen

Strahlungswärme ist das Gebot der Stunde. Schimmelpilze werden vermieden, da es zu keiner Kondensatbildung kommen kann. Physiologisch ist der Mensch auf Strahlungswärme ausgerichtet, seit Jahrtausenden. Strahlungswärme schafft energiesparend behagliche Wärme. Bedauerlicherweise wird die Strahlungswärme heizungstechnisch/rechnerisch benachteiligt und demzufolge sträflich vernachlässigt.

Mit daran beteiligt sind Rechenmethoden, die durch Denkfehler und falsche Schlußfolgerungen entstanden sind. Elektromagnetische Strahlung (Strahlungsheizung) und thermodynamische Prozesse der kinetischen Wärmelehre (Konvektionsheizung) sind aus physikalischen Gründen gegenseitig nicht adaptionsfähig.

Was hier bei einer Strahlungsheizung "berechnet" wird, sind Phantomrechnungen mit absonderlichen Resultaten. Es ist in diesem Zusammenhang besonders anzumerken, dass diese, aus der kinetischen Wärmelehre abgeleiteten

Recheninstrumente nun auch in den DIN- und EN-Vorschriften verankert werden. In DIN EN ISO 6946 werden diese falschen Rechenansätze normmäßig festgeschrieben und in der EnEV 2000 sollen Normen zu allgemein anerkannten Regeln der Technik erklärt werden [11]. Dies ist ein weiteres Indiz, dass DIN/EN nicht die Interessen des Kunden, des Käufers, des Menschen berücksichtigt, sondern sich den Interessen der Industrie unterwirft. Karl Steinbuch zitiert ein Kant-Wort [12]: "Habe Mut, dich deines Verstandes ohne fremde Leitung zu bedienen". Gerade in der Wissenschaft sollte dies zum Leitmotiv jeglichen Handelns werden.

Literatur:

[1] Meier, C. (Hrsg.): Wärmeschutzplanung für Architekten und Ingenieure. Rudolf Müller Verlag Köln, 1995; 2 Bände mit insgesamt 1800 Seiten;

(im Mai 1998 vom Markt genommen).

[2] Eisenschink, A.: Falsch geheizt ist halb gestorben. 4. Auflage Gräfelfing, Technischer Verlag Resch KG, 1983.

[3] Haartje, G.: Dunkelstrahlungsheizung. Heizungsjournal Dez. 1997, S. 36.

[4] Eisenschink, A.: Strahlungsklima aus dem Türfutter. Sanitär- und Heizungstechnik 1981, H. 11, S. 1057.

[5] Meyers Enzyklopädisches Lexikon. Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich, Band 18, 1978, S. 747.

[6] Lutz, P.; Jenisch, R.; Klopfer, H.; Freymuth, H.; Krampf, L.; Petzold, K.: Lehrbuch der Bauphysik, Teubner Verlag Stuttgart, 3. Auflage 1994.

[7] Bogoslawskij, V. N.: Wärmetechnische Grundlagen der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1982.

[8] Recknagel, H.; Sprenger, E.; Hönnmann, W.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. München und Wien: R. Oldenbourg Verlag 1988/1989.

[9] Reeker, J.; Kraneburg, P.: Haustechnik - Heizung, Raumluftechnik, Werner Verlag Düsseldorf 1994.

[10] Cerbe, G.; Hoffmann, H.-J.: Einführung in die Thermodynamik - von den Grundlagen zur technischen Anwendung, Hanser Verlag München.

[11] Entwurf der "Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz und eine energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden" (EnergiesparV) - Dez. 97: § 10 "Regeln der Technik".

[12] Steinbuch, K.: Maßlos informiert. Die Enteignung unseres Denkens. Goldmann Sachbuch 11248, 11/1979.

Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Meier
Architekt SRL
Neuendettelsauer Straße 39
90449 Nürnberg
Tel.: (0911) 6897526 Fax: (0911) 6897527

Berücksichtigung der Speicherung beim k-Wert

Die übliche k-Wert-Berechnung gilt nur für den Beharrungszustand, der in Realität nie vorliegt. Nur im Labor oder in der Klimakammer kann ein stationärer Fall simuliert werden, da nur dort gleich bleibende Lufttemperaturen erzeugt werden können. Außerdem ist die Sonneneinstrahlung zu beachten, die ebenfalls nur instationär zu behandeln ist. Der k-Wert beschreibt also nicht die Wirklichkeit, dies ist in [1], [2] und [3] erläutert worden.

Die kostenlose Nutzung der absorbierten Solarstrahlung bei speicherfähigem Material und die damit zusammenhängende k-Wert Reduzierung infolge der eingespeicherten Energie kann durch einen effektiven k-Wert beschrieben werden. Der k-Wert-Bonus (wird vom gemäß DIN 4108 gerechneten k-Wert abgezogen) hängt weitgehend vom Wärmeeindringkoeffizienten b ab. Je größer das Raumgewicht und die Wärmeleitfähigkeit sind, desto größer wird der Wärmeeindringkoeffizient und damit die

Speicherfähigkeit des Materials; desto größer wird dann auch der k-Wert-Bonus. Speicherung und Dämmung bilden also zusammen den erforderlichen Wärmeschutz.

Es muss deshalb eine ausgewogene Konstruktion gewählt werden, die zwischen Speicherung und Dämmung ausmittelt. Die Berücksichtigung der Speicherung durch einen effektiven k-Wert wurde in [4] und [5] erläutert. Welche absorbierten Solarstrahlungen sind in etwa dabei anzusetzen? In Anlehnung an die Wärmeschutzverordnung 95 werden als Strahlungsangebot die dort angegebenen Werte übernommen. Es ergeben sich mit einem Absorptionsgrad von 0,6 dann absorbierte Strahlungswerte, die in der Tabelle 1 zusammengestellt sind:

Tabelle 1:

Das Strahlungsangebot unterschiedlicher Himmelsrichtungen

	WSchVO 95	für 12 Stunden	as = 0,6
1	2	3	4
Südorientierung	400 kWh/m ² a	143 W/m ²	85 W/m ²
Ost- und Westorientierung	275 kWh/m ² a	98 W/m ²	59 W/m ²
Nordorientierung	160 kWh/m ² a	57 W/m ²	34 W/m ²

Die in der Spalte 4 angegebenen Strahlungswerte werden in der Tabelle 2 berücksichtigt.

Die kostenlose Nutzung der absorbierten Solarstrahlung und die damit zusammenhängende k-Wert Reduzierung (Bonus) infolge der eingespeicherten Energie führt zu effektiven k-Werten, die in der Tabelle 2 aufgelistet werden.

Dabei wird auf folgendes aufmerksam gemacht:

Die Tabelle ist in unterschiedliche Raumgewichte rho von 700 bis 2200 kg/m³ untergliedert. Für jeweils eine Gruppe dieser Raumgewichte können durch unterschiedliche Strangpressformen und unterschiedliche Mörtel auch unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten lambda in W/mK in Ansatz gebracht werden. Je nach Raumgewicht und Wärmeleitfähigkeit werden damit bei einer spezifischen Wärmekapazität von 0,28 Wh/kg K bestimmte Wärmeeindringkoeffizienten b erzielt, die von 5,2 bis 27,2 Wh^{0,5}/m³ K reichen. Weiter werden dann 24 cm, 36,5 cm und 49 cm Mauerwerk unterschieden. Für jede dieser Mauerdicken wird der nach DIN 4108 gerechnete k-Wert in W/m²K und dann die je nach Himmelsrichtung Süden (S), Osten/Westen (O/W) oder Norden (N) unterschiedlichen effektiven k-Werte k_{eff} in W/m²K tabellarisch gezeigt.

Tabelle 2:

Wärmeeindringkoeffizienten b, stationäre k-Werte und die keff-Werte für verschiedene Himmelsrichtungen von Mauerwerk aus Mauerziegeln u .a. nach DIN 105 Teile 1 bis 4, aufgeführt nach Rohdichte rho und Wärmeleitfähigkeit lambda.

Rohdichte ρ kg/m ³	Wärmeleitfähigkeit λ W/mK	Wärmeeindringkoeff. b Wh ^{0,5} /m ³ K	Wandstärke d=24cm			Wandstärke d=36,5cm			Wandstärke d=49cm					
			u	u _{eff}			u	u _{eff}			u	u _{eff}		
				S	O/W	N		S	O/W	N		S	O/W	N
700	0,14	5,2	0,53	0,15	0,27	0,38	0,36	0,03	0,13	0,23	0,27	0,00	0,07	0,15
	0,16	5,6	0,60	0,18	0,31	0,43	0,41	0,05	0,16	0,27	0,31	0,00	0,08	0,18
	0,20	6,3	0,73	0,25	0,40	0,54	0,50	0,09	0,22	0,34	0,38	0,01	0,12	0,23
	0,23	6,7	0,82	0,30	0,46	0,61	0,57	0,12	0,26	0,39	0,43	0,03	0,15	0,27
	0,30	7,7	1,03	0,41	0,60	0,78	0,72	0,19	0,35	0,51	0,55	0,08	0,22	0,36
	0,36	8,4	1,20	0,50	0,71	0,92	0,84	0,25	0,43	0,61	0,65	0,12	0,28	0,44
800	0,16	6,0	0,60	0,17	0,30	0,43	0,41	0,04	0,15	0,26	0,31	0,00	0,07	0,17
	0,21	6,9	0,76	0,25	0,41	0,56	0,52	0,09	0,22	0,35	0,40	0,00	0,12	0,24
	0,24	7,3	0,85	0,30	0,47	0,63	0,59	0,11	0,26	0,40	0,45	0,02	0,15	0,28
	0,26	7,6	0,91	0,33	0,51	0,68	0,64	0,13	0,29	0,43	0,49	0,03	0,17	0,30
	0,33	8,6	1,11	0,43	0,64	0,84	0,78	0,20	0,38	0,55	0,60	0,08	0,24	0,39
	0,39	9,3	1,27	0,52	0,75	0,97	0,90	0,26	0,46	0,65	0,70	0,12	0,30	0,47
900	0,18	6,7	0,67	0,19	0,33	0,47	0,46	0,04	0,17	0,29	0,35	0,00	0,08	0,19
	0,24	7,8	0,85	0,28	0,46	0,63	0,59	0,10	0,25	0,39	0,45	0,00	0,14	0,27
	0,27	8,2	0,94	0,33	0,52	0,70	0,66	0,13	0,29	0,45	0,50	0,02	0,17	0,31
	0,30	8,7	1,03	0,37	0,57	0,77	0,72	0,16	0,33	0,49	0,55	0,04	0,20	0,35

	0,36	9,5	1,20	0,46	0,68	0,90	0,84	0,21	0,41	0,59	0,65	0,08	0,25	0,42
	0,42	10,3	1,35	0,54	0,79	1,02	0,96	0,27	0,48	0,68	0,75	0,12	0,31	0,50
1000	0,32	9,5	1,09	0,38	0,60	0,81	0,76	0,16	0,34	0,52	0,59	0,03	0,20	0,37
	0,39	10,4	1,27	0,48	0,72	0,96	0,90	0,22	0,43	0,63	0,70	0,08	0,27	0,45
	0,45	11,2	1,42	0,56	0,82	1,08	1,02	0,28	0,50	0,72	0,79	0,12	0,32	0,52
1200	0,44	12,2	1,40	0,51	0,78	1,04	1,00	0,23	0,47	0,69	0,78	0,07	0,29	0,50
	0,50	13,0	1,62	0,64	0,94	1,23	1,11	0,28	0,54	0,78	0,87	0,11	0,34	0,57
1400	0,52	14,3	1,58	0,57	0,88	1,18	1,15	0,26	0,53	0,79	0,90	0,09	0,34	0,57
	0,58	15,1	1,71	0,64	0,97	1,28	1,25	0,31	0,60	0,88	0,99	0,12	0,39	0,64
1600	0,55	15,7	1,65	0,58	0,90	1,22	1,20	0,26	0,54	0,82	0,94	0,07	0,34	0,59
	0,68	17,5	1,91	0,71	1,08	1,43	1,41	0,35	0,68	0,99	1,12	0,15	0,44	0,73
1800	0,70	18,8	1,95	0,70	1,08	1,45	1,45	0,34	0,68	1,00	1,15	0,12	0,44	0,74
	0,81	20,2	2,14	0,80	1,21	1,61	1,61	0,41	0,78	1,13	1,29	0,18	0,52	0,85
2000	0,76	20,6	2,06	0,72	1,13	1,52	1,54	0,35	0,71	1,06	1,23	0,12	0,46	0,79
	0,96	23,2	2,38	0,89	1,34	1,78	1,82	0,48	0,89	1,28	1,47	0,23	0,61	0,97
2200	1,2	27,2	2,70	1,02	1,53	2,03	2,11	0,58	1,05	1,50	1,73	0,31	0,74	1,16

Die Tabelle 2 zeigt für monolithische Wände effektive k-Werte, die durch den Solarbonus sogar auch gegen Null gehen können.

Dies festzustellen wird besonders wichtig, da die bautechnische Entwicklung der Massivbauweise durch die unzutreffende stationäre Betrachtung nur in Richtung guter Dämmung mit kleinen Wärmeleitzahlen geht. Dies ist falsch, denn aus einem speicherfähigen Material, das besondere Vorzüge im Hinblick auf die Sorptionsfähigkeit und die Feuchte- und Temperaturstabilität aufweist, sollte kein "Dämmstoff" gemacht werden.

Wärmeschutz bedeutet in unseren Breiten Dämmung und Speicherung. Deshalb ist der massive Bau gerade die ideale Kombination für einen hervorragenden Wärmeschutz. Leichthäuser sind bei uns fehl am Platz, die apparative Instrumentierung wäre zu groß und zu kostenträchtig.

Bei Berücksichtigung der Speicherung werden bei Massivbauten die Ziele der Wärmeschutzverordnung dann "durch andere Mittel" erreicht und sogar übertroffen. Die rechnerische Berücksichtigung der absorbierten Sonnenenergie macht dies möglich.

Dies hat für den Altbau deshalb besondere Bedeutung, da z. Zt. die "Notwendigkeit" (?) proklamiert wird, den Bestand infolge "schlechter k-Werte" energetisch "zu sanieren". Dies bedeutet die Verpackung mit Wärmedämmstoff, um niedrige k-Werte gemäß DIN 4108 berechnen zu können. Eine solche Rechnung gilt aber nur für den stationären Zustand, der bei massiven Außenwänden nicht vorliegt; somit stimmt also auch nicht die Berechnung, sie ist schlichtweg falsch. Ein solches Ansinnen würde der Dämmstoff-Scharlatanerie die Krone aufsetzen.

Literatur

[1] Meier, C.: Dämmen oder Speichern? Ist eine nachträgliche Wärmedämmung von Außenwänden erforderlich? k-Wert Berechnung ist falsch. bausubstanz 1999, H. 1, S. 40.

[2] Meier, C.: Entwickelt der Wärmeschutz sich zum Phantom. Deutsches Ingenieurblatt 1999, H. 5, S. 16.

[3] Meier, C.: Praxis-Ratgeber zur Denkmalpflege Nr.7, Januar 1999.

[4] Meier, C. (Hrsg): Wärmeschutzplanung für Architekten und Ingenieure Rudolf Müller Verlag, Köln 1995, 2 Bände mit insgesamt ca. 1800 Seiten (seit Mai 1998 vom Markt genommen).

[5] Meier, C.: Gut gespeichert ist auch gedämmt. deutsche bauzeitung 1999, H. 5, S. 138.

Kurt Weinmann; Handbuch Bautenschutz Bd. 2, Bauphysik und Bauchemie, expert Verlag 1992, Beitrag von Dr. habil. Engin Bagda, Instationäre Wärme- und Feuchteströme durch Baustoffe, S. 53 ff

Dämmen wir uns in die Sackgasse?

Wärmeschutz und Energieeinsparverordnung
Widersprüchliches und Absurdes
Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Meier

Inhaltsverzeichnis

[Einleitung](#)
[Wärmeschutz / Die Strahlungsphysik](#)
[Das Fenster](#)
[Die Feuchte](#)
[Die Wand](#)
[Lüftung und Luftdichtheit](#)
[Energieeinsparverordnung / Methodische Fehler](#)
[Absurde Beispielrechnung](#)
[Ausnahmen und Härtefälle](#)
[Schlußbemerkung](#)
[Literatur](#)

Einleitung

Zur Rechtfertigung der eingeleiteten Energieeinsparbemühungen wird ständig auf die DIN (EN)-Normen verwiesen (z. B. Hauser in [37] - Pro, S. 12). Auf DIN-Normen ist jedoch sachlich kein Verlaß, denn es heißt dort: "Durch das Anwenden von Normen entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jeder handelt insoweit auf eigene Gefahr". Auch BGH-Urteile verdeutlichen die Unverbindlichkeit von DIN-Normen.

Das Bundesverwaltungsgericht hat im Meersburg-Urteil festgestellt, dass DIN durch "Vereinbarungen interessierter Kreise eine bestimmte Einflußnahme auf den Markt bezweckt. Den Anforderungen an Neutralität und Unvoreingenommenheit genügen sie deswegen nicht".

Bei der festzustellenden Verordnungs- und Normenschwemme handelt es sich meist um "Vereinbarungen", keineswegs um Erkenntnisse, die ja die Grundlage von Wissenschaft sein sollten. Dadurch häufen sich die "genormten" methodischen und inhaltlichen Fehler - die Folge ist oft produzierter qualitativer und quantitativer Normungsmüll. Bei der Anwendung von DIN ist deshalb Vorsicht geboten. DIN-Normen sollten wegen der Fragwürdigkeit ihrer Entstehung einen möglichst geringen Stellenwert bekommen [32], [34], [41].

1 Wärmeschutz

Wenn energiesparendes Bauen diskutiert wird, dann müssen zunächst die theoretischen, methodischen und inhaltlichen Grundlagen behandelt werden.

1.1 Die Strahlungsphysik

Beim Wärmetransport werden Wärmeströmung und Wärmeleitung (Thermodynamik) sowie die Wärmestrahlung (Quantenmechanik) unterschieden. Eine Strahlung erwärmt keine Luft, sondern nur Materie, also Körper und feste Bauteile. Wärmeleitung und Wärmestrahlung können deshalb methodisch nicht einheitlich behandelt werden; beides sind physikalisch zwei völlig unterschiedliche Bereiche [26], [44]. DIN-Normen (z.B. DIN EN ISO 6946 und VDI-Richtlinien (z.B. VDI-6030) beachten dies allerdings nicht und vermengen beides.

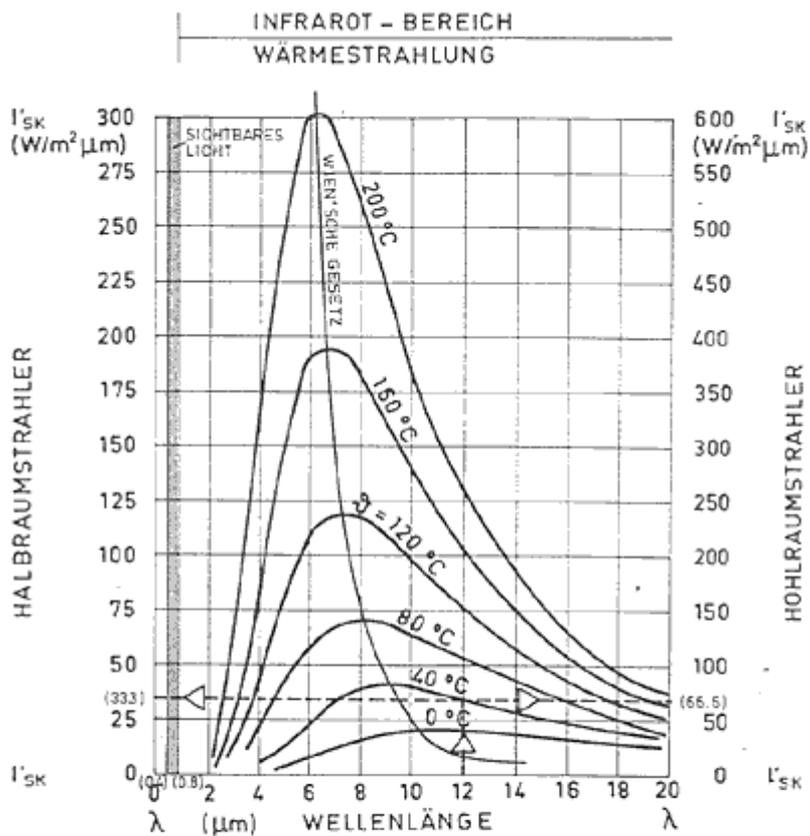


ABB. 1
SPEKTRALE INTENSITÄTSVERTEILUNG
DER TEMPERATURSTRAHLUNG
DES SCHWARZEN KÖRPERS

Abb. 1: Spektrale Intensitätsverteilung

Hier wird die Intensitätsverteilung des Schwarzen Strahlers für niedrige Temperaturen (in °C) gezeigt, die bei der Strahlungsheizung (Strahlplatten) und bei der Strahlung von Wänden und Decken zur Anwendung kommen. Die Maxima der Strahlungsintensität sind klar erkennbar (Wiensche Gesetz). Das Spektrum des sichtbaren Lichtes von 0,4 bis 0,8 mm ist eingezeichnet. Die rechte Skala zeigt die numerische Größe der Strahlungsintensität für einen Hohlraumstrahler, die linke Skala für einen Halbraumstrahler; die halbe Größe resultiert aus der nicht gerechtfertigten Halbierung der experimentell in einem Hohlraum durch Max Planck festgestellten Strahlungsintensität [39].

Der Wellenlängenbereich eines Wärmestrahlers liegt etwa zwischen 3 und 30 mm. Das sichtbare Licht ist "außen vor", so dass es sich bei dem technisch relevanten Temperaturbereich ausschließlich um infrarote Temperaturstrahlung handelt.

$$(13.1.7) \quad I_{SK} = 2 \cdot C_s \left(\frac{273 + \vartheta}{100} \right)^4 \quad (W/m^2)$$

$$(13.1.7a) \quad I_{SK} = C_s \left(\frac{273 + \vartheta}{100} \right)^4 \quad (W/m^2)$$

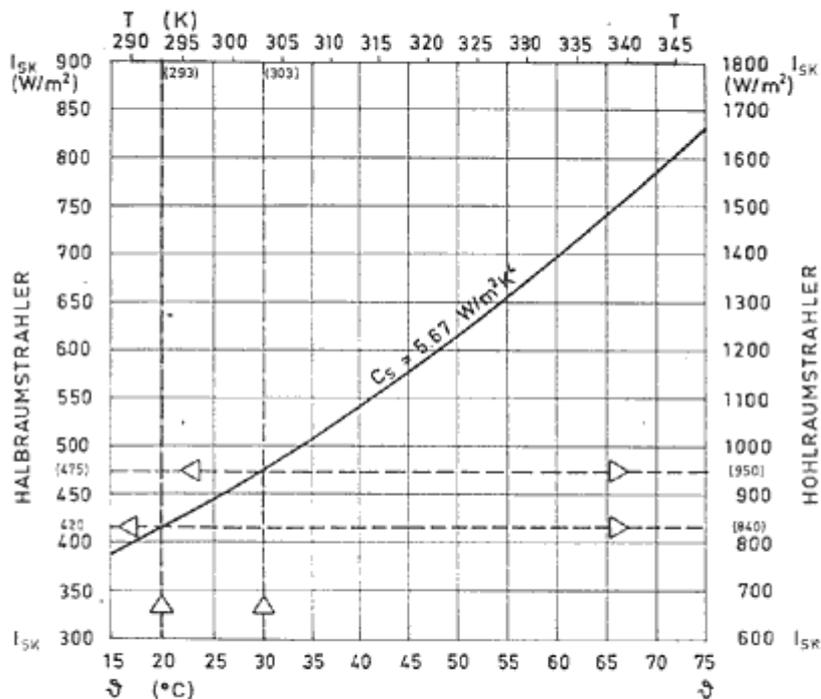


ABB. 2
WÄRMESTRAHLUNG DES
SCHWARZEN KÖRPERS
(STEFAN-BOLTZMANN'SCHE GESETZ)

Abb. 2: Wärmestrahlung

Das Stefan-Boltzmannsche Strahlungsgesetz gibt die Strahlleistung in W/m^2 an. Für eine Oberflächentemperatur ϑ kann die abgegebene Strahlungsenergie auf der linken Skala für einen "Halbraum", auf der rechten Skala richtigerweise die für einen Hohlraum (Vollstrahler) abgelesen werden. Ein Temperaturstrahler von z.B. 20 bis 30 °C (293 bis 303 K) strahlt als Halbraumstrahler mit einer Energieleistung von 420 bis 475 W/m^2 , als Hohlraumstrahler (Vollstrahler) dann realitätsnah immerhin mit rund 840 bis 950 W/m^2 .

Diese günstigen Wärmeleistungen werden erreicht, weil es sich hier um eine elektromagnetische Strahlung im Infrarotbereich handelt und diese hängt allein von der "absoluten Temperatur" ab; damit aber fallen die Unterschiede von z.B. 10 oder 15 K nicht so groß ins Gewicht. Eine Strahlungsheizung kann deshalb auch nicht mit einer üblichen Konvektionsheizung, die nur bei vorliegenden Temperaturdifferenzen zwischen Heizkörper und Luft funktioniert, verglichen werden. Wer eine effektive und physiologisch günstige Heizung wählen will, der entscheidet sich für eine Strahlungsheizung [44].

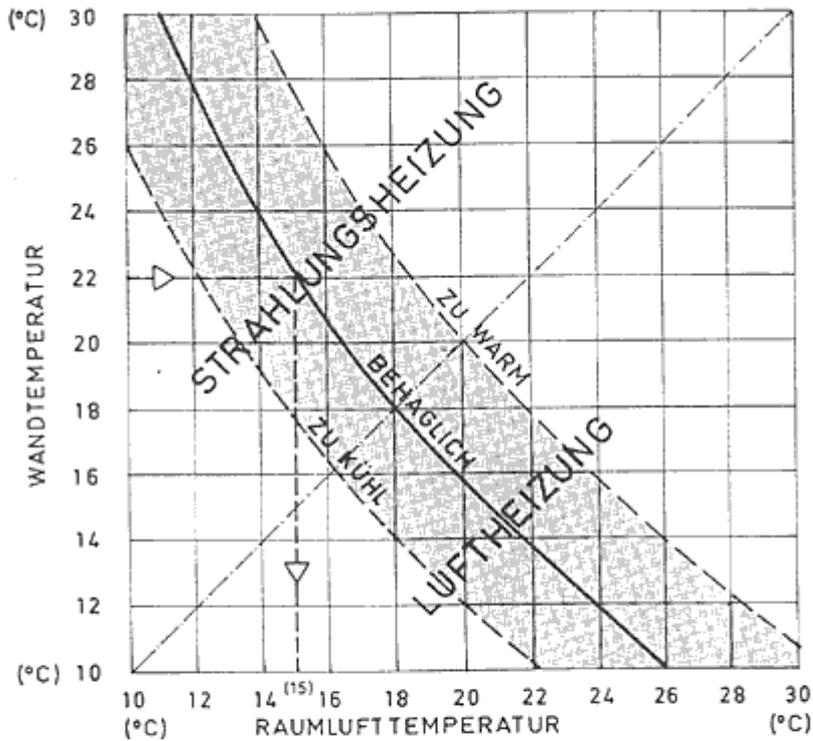


ABB. 3
BEHAGLICHKEITSPROFIL AUS
WAND- UND RAUMLUFTTEMPERATUR
(NACH BEDFORD UND LIESE)

Abb. 3: Behaglichkeitsdiagramm

Die Behaglichkeitstemperatur setzt sich aus der Raumlufthtemperatur und der Wandtemperatur zusammen und liegt etwa in der Mitte beider Einzeltemperaturen [42]. Dabei ist zu unterscheiden: Bei der Konvektionsheizung ist die Raumlufthtemperatur höher als die Wandtemperatur, bei der Strahlungsheizung dagegen niedriger - dies schließt Schimmelpilzbildung aus.

Wird durch eine Strahlungsheizung die Innenoberfläche eines Raumes erwärmt, dann ergeben sich dadurch insbesondere auch energetische Vorteile. Infolge der höheren Strahlungstemperatur der Wände kann die Lufttemperatur niedrig gehalten werden. Wenn man bedenkt, dass nach der Wärmeschutzverordnung bei einem 0,8 fachen Luftwechsel die Innenraumlufthtemperatur innerhalb von 24 Stunden über 19 mal ausgetauscht wird, dann kann man ermessen, welcher energetischer Gewinn mit der Strahlungsheizung verbunden ist.

Infolge reduzierter Raumlufthtemperaturen und eventuell niedrigerer Luftwechselraten ergeben sich gegenüber der WSchVO 1995 absolute und relative Einsparungen, die in der Tabelle 1 aufgeführt werden.

Tabelle 1: Absolute (D_{q_L} in kWh/m²a) und relative (%) Minderungen des Lüftungswärmebedarfs bei Reduzierung der Lufttemperatur und der Luftwechselrate.

		b							
		WSchVO 95		0,7		0,6		0,5	
d_{Li}	D_L	0,8		0,7		0,6		0,5	
°C	K	D_{q_L}	%	D_{q_L}	%	D_{q_L}	%	D_{q_L}	%
20	0	0	0	6,4	12,5	12,8	25,0	19,3	37,5
19	1	3,3	6,4	9,3	18,1	15,3	29,8	21,3	41,5
18	2	6,6	12,8	12,2	23,7	17,8	34,6	23,4	45,5
17	3	9,9	19,2	15,1	29,3	20,3	39,4	25,4	49,5
16	4	13,2	25,6	18,0	34,9	22,7	44,2	27,5	53,5

15	5	16,5	32,0	20,8	40,5	25,2	49,0	29,6	57,5
14	6	19,8	38,5	23,7	46,1	27,7	53,8	31,6	61,5

Die Tabelle spricht für sich. Bleibt der 0,8 fache Luftwechsel, der in der WSchVO 95 fest verankert ist, bestehen (es handelt sich immerhin um einen über 19 fachen Luftwechsel pro Tag/Nacht), dann kann eine Absenkung um 3 K knapp 20% (9,9 kWh/m²a), eine Absenkung um 6 K knapp 39% (19,8 kWh/m²a) Einsparung erbringen. Eine kleinere Luftwechselrate würde weitere Energieeinsparungen nach sich ziehen. So können allein durch geänderte Randbedingungen rein rechnerisch gewaltige "Energieeinsparungen" erzielt werden.

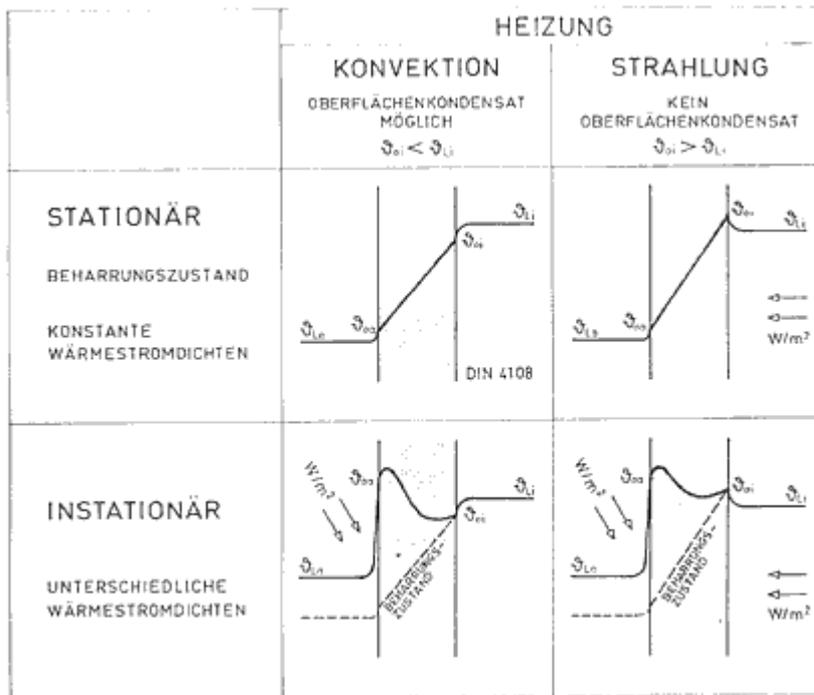


ABB. 4 STATIONÄRES UND INSTATIONÄRES VERHALTEN
KONVEKTIONS/LUFTHEIZUNG UND STRAHLUNGSHEIZUNG

Abb. 4: Konvektions- und Strahlungsheizung

Eine Konvektionsheizung erwärmt Luft, die im Raum rotiert und dadurch auch die Wand erwärmt - Strahlung dagegen erwärmt keine Luft, sondern nur Materie - z.B. die Innenoberflächen eines Raumes. Bei einer Strahlungsheizung profitiert also die Luft erst aus "Zweithand". Darüber hinaus muß noch stationär und instationär unterschieden werden. Feuchteschäden und damit Schimmelpilzbildung durch Kondensat sind nur bei einer Konvektionsheizung möglich, da die Wandtemperatur immer niedriger als die Raumlufttemperatur ist (linke Seite). Dagegen wird bei einer Strahlungsheizung (rechte Seite) eine Kondensatbildung an den Innenoberflächen ausgeschlossen; da die Wandtemperatur immer höher als die Lufttemperatur ist. Auch der grundsätzliche Unterschied der Temperaturkurven im Bauteil zwischen stationärer Betrachtung mit konstanten Wärmeströmen (geradlinig) und instationärer Betrachtung mit in Größe und Richtung unterschiedlichen Wärmeströmen (kurvenförmig) ist deutlich zu erkennen. Vernünftig, sinnvoll, realitätsnah und gesund wäre eine Planungskonzeption, die sich am Modell: "Instationär mit Strahlung" orientiert [29]. Dadurch werden bei gleichzeitiger Energieeinsparung Feuchte- und Gesundheitsschäden vermieden.

1.2 Das Fenster

Das Fenster wird immer als "Wärmeloch" dargestellt. Dies stimmt nicht. Eine wesentliche Bedeutung für die Energieeinsparung erhält der temporäre Wärmeschutz, da hier in den kühleren und dunklen Nächten durch Rolläden, Klappläden oder Jalousien der Wärmeschutz verbessert wird [21], [28]. Aber viel entscheidender ist die besondere Fähigkeit des Glases.

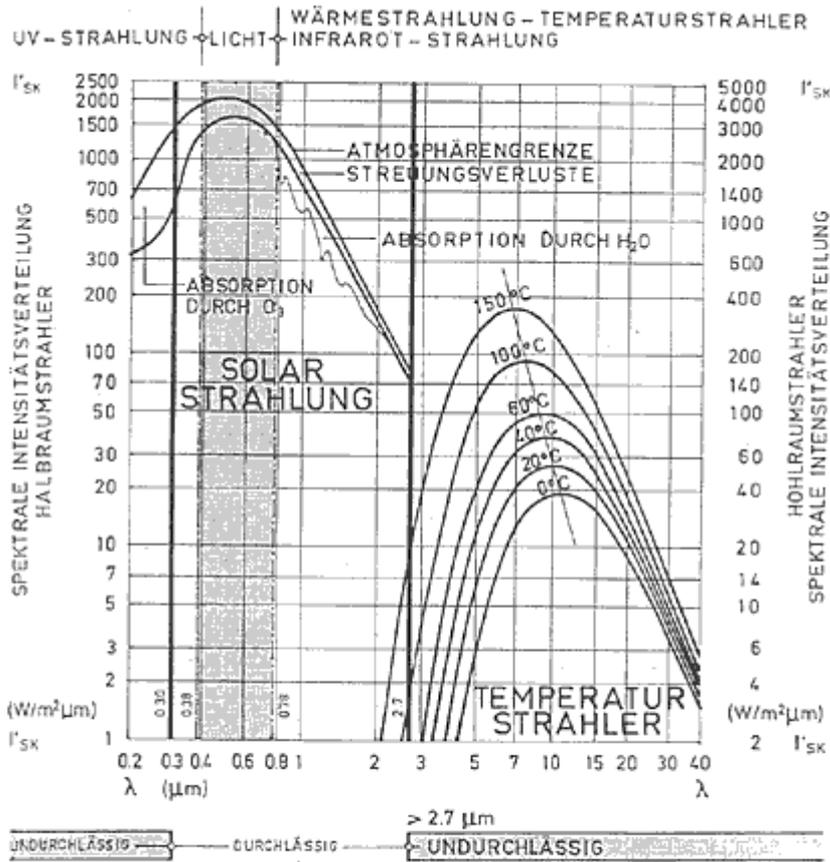


ABB. 5
SPEKTRALE DURCHLÄSSIGKEIT
VON FENSTERGLAS UND DIE
ELEKTROMAGNETISCHE STRAHLUNG
 PROF. C. MEIER

Abb. 5: Spektrale Durchlässigkeit von Fensterglas

Ein Naturgesetz der elektromagnetischen Strahlung besagt, dass normales Fensterglas für Wellenlängen unterhalb 0,3 m (ultraviolette Strahlung) und oberhalb etwa 2,7 m (langwellige Temperaturstrahlung) praktisch völlig undurchlässig ist. Deshalb erfolgt kein Bräunen hinter einer Glasscheibe und die Wärmestrahlung einer temperierten Wand wird nicht hinausgelassen. Das normale Fenster erzeugt somit einen "Treibhauseffekt", denn die Solarstrahlung (0,2 bis 2,3 m) mit dem Sonnenlicht (0,38 bis 0,78 m) dringt zwar ein, die absorbierte Energie verbleibt jedoch als Wärmestrahlung im Raum [3]. Infolge dieser besonderen Fähigkeit des Glases kommt es bei großen Fensterflächen im Sommer zu Überheizungen. Nur ein speicherfähiges Haus kann dies verhindern.

Das k-Wert-Denken muß also beim Fenster neu durchdacht werden. Doppel- und Dreifachscheiben, Edelgasfüllungen und metallische Beschichtungen zur "Reduzierung der Transmissionswärmeverluste", wie sie allorts gefordert werden, sind überhaupt nicht notwendig, wenn als Raumheizung ein Temperaturstrahler verwendet wird. Hier sind z.B. zu nennen: ein Kaminfeuer, ein Kachelofen, eine temperierte Wand oder eine Strahlplatte. Die k-Wert minimierenden Bemühungen gelten also nur für die teure und physiologisch abzulehnende reine Konvektionsheizung mit ihren Staub aufwirbelnden Luftströmungen.

Die Strahlungsheizung muß deshalb aus grundsätzlichen physiologischen und ökologischen Überlegungen gegenüber der Konvektionsheizung favorisiert werden. Die in der Heiztechnik fast ausschließliche Beschränkung auf Konvektionsheizungen ist, auch aus energetischen Gründen (s. Abb. 3), deshalb nicht zu verantworten.

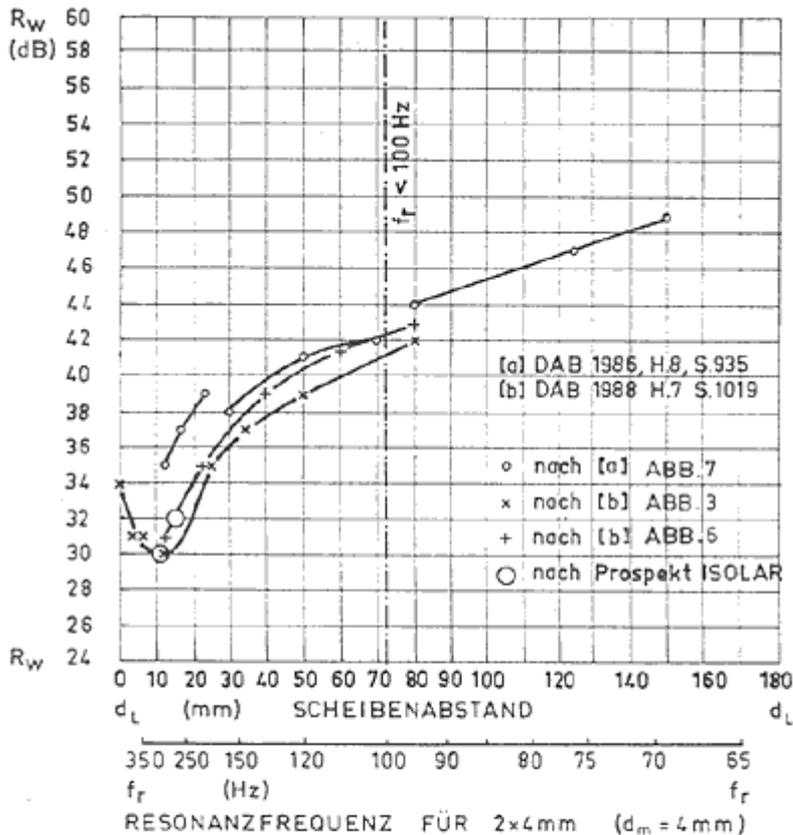


ABB. 6
 BEWERTETES SCHALLDÄMM-MASS R_w
 ZWEIER 4mm SCHEIBEN BEI UNTERSCHIEDLICHEN SCHEIBENABSTÄNDEN d_L
 [C]

Abb. 6: Bewertetes Schalldämm-Maß

Wenn von einem "Loch" in der Fassade gesprochen werden kann, dann ist es der Schall, der aus mechanischen Schwingungen und Wellen im Frequenzbereich menschlichen Hörens zwischen 16 und 20 000 Hz besteht. Für das Lautstärkeempfinden wird der Frequenzbereich zwischen 100 und 3200 Hz wichtig und deshalb bautechnisch berücksichtigt. Resonanzeinbrüche in diesem Bereich vermindern den Schallschutz und können auf zweierlei Art auftreten: die Resonanz der Einzelscheibe (Grenzfrequenz) - biegeweiche Scheiben von 4 mm oder darunter sind günstig - und die Resonanz der Fensterkonstruktion (Eigenfrequenz) als Masse-Feder-Masse-System - biegeweiche Konstruktionen durch großen Abstand der Scheiben sind günstig. Zusammenfassend wird das Schalldämm-Maß einer Fensterkonstruktion als Einzahlangabe charakterisiert [27].

Die Nichtbeachtung der beiden schalltechnischen Gesetze führt bei den von der Industrie angebotenen normalen Fenstern zu einem Mangel bei der Schalldämmung. Die Schalldämm-Maße liegen wegen der Resonanzeinbrüche bei 30 bis 32 dB.

Deutlich ist der verbesserte Schallschutz zu erkennen, der aus der Vergrößerung der Scheibenabstände resultiert. Durch die parallele Skala der Resonanzfrequenz einer 2 x 4 mm Scheibe wird auch der physikalische Grund sichtbar. Der große Abfall der Schalldämmung bei geringen Scheibenabständen kommt durch Resonanzfrequenzen zustande, die noch in den Bewertungsbereich zwischen 100 und 3200 Hz fallen [27], [28], [44].

Quintessenz: Das altbewährte Kastenfenster mit den großen Scheibenabständen hat gegenüber den Isolierglasscheiben nicht nur energetische, sondern vor allem schalltechnische Vorteile. Was ein Kastenfenster schalltechnisch leistet, muß heute ein "Schallschutzfenster" übernehmen, das derart teuer ist, dass die öffentliche Hand hierfür sogar Zuschüsse gewährt.

Diese Erkenntnisse sind seit langem bekannt, nur kümmert sich keiner darum, da Industrie und Wirtschaft den Ton angeben - und da geht es nicht um Qualität für den Kunden, sondern um Geschäfte mit dem Kunden. Deshalb gilt: Um Hörschäden zu vermeiden, muss auf ein schalltechnisch günstiges Fenster Wert gelegt werden und das ist das Kastenfenster.

1.3 Die Feuchte

Der Feuchteschutz hängt weitgehend vom Sorptionsverhalten der umschließenden Konstruktionen und der Innenoberflächen

eines Raumes ab und ist sowohl für die Thermo- als auch für die Feuchtestabilität wichtig.

Bei übermäßiger Feuchteproduktion (z.B. Kochen in der Küche, Duschen im Bad, viel Blumen und ein Aquarium im Wohnzimmer) nehmen sorptionsfähige Schichten (z.B. Kalkputz, Holzverkleidungen) die Feuchtespitzen auf und puffern diese ab; es findet ein Ausgleich der relativen Feuchten zwischen Raumluft und Wandoberfläche statt. Allerdings muß dann zur Entfeuchtung der Oberflächen wieder gelüftet werden. Kalte Außenluft, die im Raum erwärmt wird, ist mit 20 bis 30% rel. Feuchte recht trocken (s. [Abbildung 9](#)); diese saugt wie ein Schwamm aus den "feuchten" Innenoberflächen die Feuchtigkeit wieder heraus, eine normale Ausgleichsfeuchte pendelt sich wieder ein. Ist die Feuchteansammlung in der Wand groß, so muß wiederholt bzw. dauernd gelüftet werden.

Ähnlich verhält sich eine speicherfähige Innenoberfläche auf thermische Spitzen. Erfolgt z.B. infolge der Sonneneinstrahlung durch Fenster eine Überheizung des Raumes, dann puffern absorptions- und speicherfähige Oberflächen die erhöhten Temperaturen ab, es findet ein Temperatenausgleich zwischen Raumluft und Wand statt.

Fehlen sorptionsfähige Oberflächenmaterialien im Raum, dann muß mit hohem technischen Aufwand und viel Geld Ersatz für die nicht vorhandenen günstigen Materialeigenschaften geschaffen werden: Überheizung muß mit Kühlung, eine hohe Raumluftfeuchte mit einer Klimaanlage begegnet werden - beides zwar technisch machbar, aber für den Normalfall nicht empfehlenswert. Anschaffung und Betrieb wären zu kostenaufwendig. Bewährte massive Baustoffe (Vollziegel) wären die bessere Alternative. Zur Schadensvermeidung sollten im Interesse der Kunden nicht die äußerst kostenträchtigen Lösungen gewählt werden.

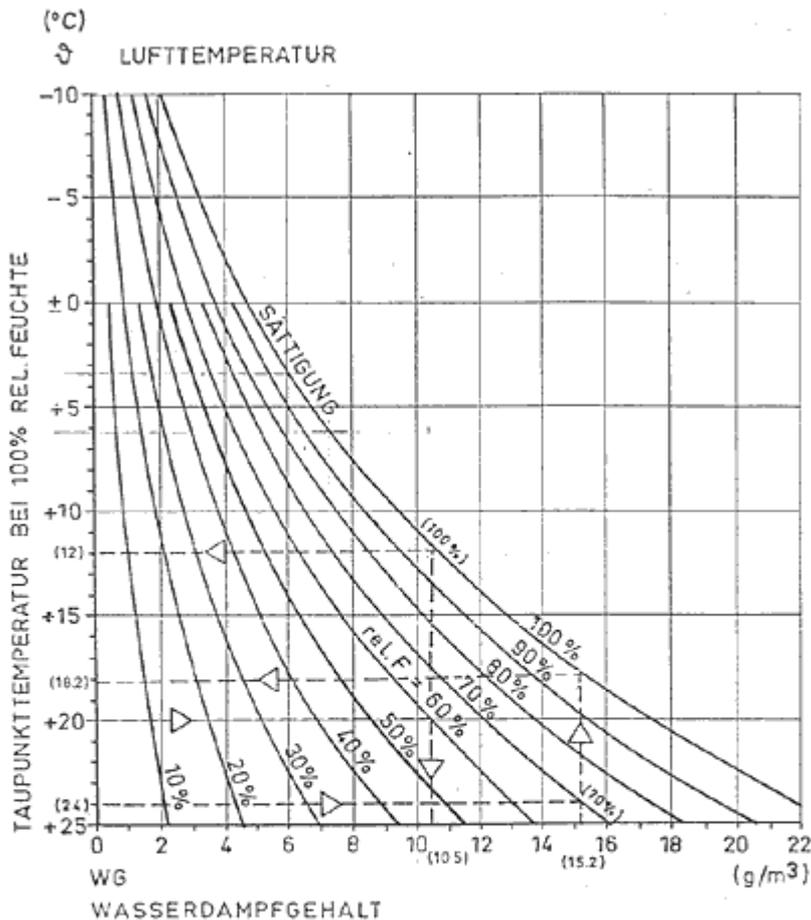


ABB. 7
LUFTFEUCHTE
UND TAUPUNKTTEMPERATUR (g/m³)

Abb. 7: Luftfeuchtigkeit und Taupunkt

Schimmelpilzbildungen treten verstärkt auf. Verantwortlich dafür ist die Kondensatbildung auf der Innenoberfläche der Außenwände. Was sind die Ursachen hierfür? Die Aufnahmefähigkeit von Wasserdampf hängt von der Temperatur der Luft

ab. Warme Luft kann mehr aufnehmen als kalte Luft. Kondensat entsteht immer nur dann, wenn Raumluft abgekühlt wird. Eine 20 °C warme Luft mit 60% rel. Feuchte enthält 10,5 g/m³ Wasserdampf. Wird diese Luft auf 12 °C abgekühlt, entsteht eine rel. Feuchte von 100%, die Luft ist gesättigt. Bei weiterer Abkühlung würde der überschüssige Wasserdampf kondensieren.

Hier schon wird erkennbar, dass normale Raumluft bis 60% rel. Feuchte immerhin um rund 8 K abgekühlt werden kann, um Kondensat zu bilden. Dies widerlegt das Argument, bei Kondensatbildung sei vor allem der schlechte k-Wert und eine unzureichende Wärmedämmung mit zu geringer Oberflächentemperatur die Ursache. Dies ist eine wohldurchdachte und breitgestreute Mär der fanatischen Dämmstoffmaximierer.

Kühle oder kalte Luft, selbst von 80%, enthält wenig Wasserdampf (3 bis 5 g/m³). Wird diese auf 20 °C erwärmt, dann wird daraus eine rel. Feuchte von rund 20 bis 30%. Diese Luft ist in der Lage, Flächen, die als Feuchtepuffer dienen, durch Feuchteausgleich wieder langsam zu entfeuchten. Im Bedarfsfalle muß mehrmals bzw. dauernd gelüftet werden.

Dies ist der Grund, weswegen zur Entfeuchtung durchfeuchteter Wände immer im Winter gelüftet werden muß - und nicht im Sommer [16], [17], [18].

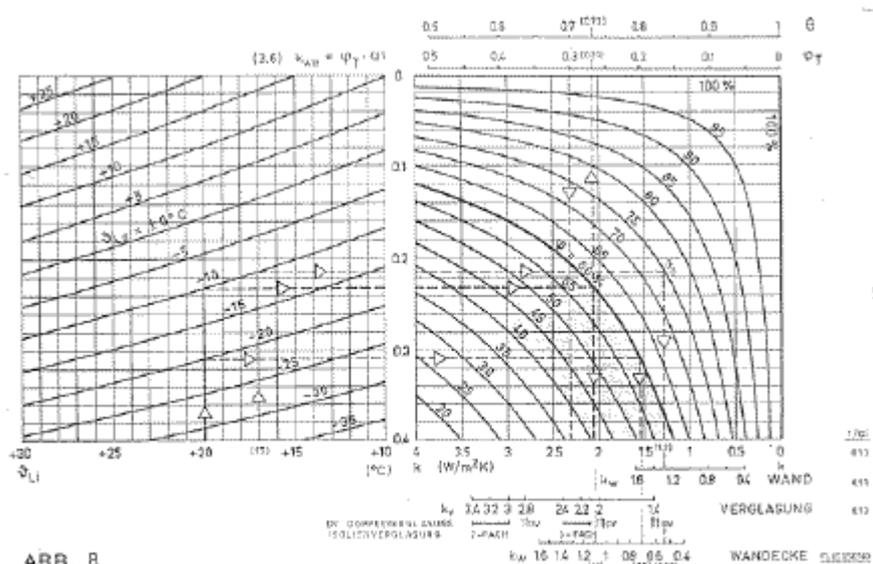


ABB. 8
RELATIVE FEUCHTE UND k-WERT

Abb.8: Relative Feuchte und der k-Wert

Da Kondensat nur bei einer Konvektionsheizung auftreten kann, beschränken sich die folgenden Ausführungen nur auf diese Heizungsart. Es wird der funktionelle Zusammenhang zwischen Außentemperatur, Innentemperatur, rel. Feuchte und dem k-Wert dargestellt.

Bei einer Innentemperatur von 20 °C, einer Außentemperatur von -10 °C und einer relativen Feuchte von 60% genügt ein k-Wert von knapp über 2,0 W/m²K, um Oberflächenkondensat zu vermeiden. Dies bestätigt die in DIN 4108, Teil 2, Tab. 1 genannten Maximalwerte von 1,32 bis 1,56 W/m²K, die dort zur Vermeidung von Oberflächenkondensat gefordert werden. Zur Kondensatvermeidung sind also wirklich keine kleinen k-Werte erforderlich.

Dies zeigt aber auch, dass auf die Schimmelpilzbildung der k-Wert kaum einen Einfluß hat; viel entscheidender ist die relative Feuchte der Raumluft: Bei diesem Beispiel tritt selbst bei einem k-Wert von 0,5 W/m²K noch Kondensat auf, wenn die rel. Feuchte auf über 85% ansteigt. Diese Feuchten aber werden bei ungenügendem Lüften leicht erreicht. Auch sogenannte Wärmebrücken führen bei normalen Raumfeuchten deshalb nicht zu Feuchteschäden [17], [18].

1.4 Die Wand

Von offizieller Seite wird die Wand energetisch ausschließlich durch den k-Wert repräsentiert. Dies ist eine irrende und falsche Annahme.

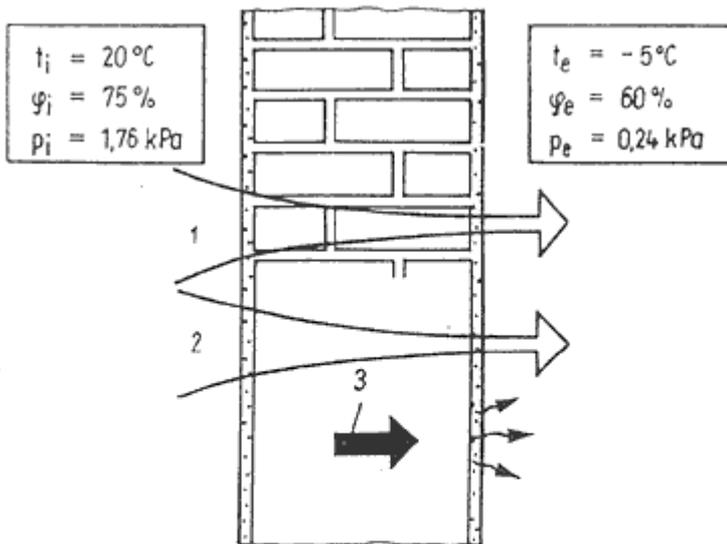


Bild 9a Ziegelwand in einem Raum mit hoher Luftfeuchte; eine nach innen gerichtete Kapillarbewegung der Feuchte ist hier nicht anzunehmen; Wasserdampfstrom (1, blau), Wärmestrom (2, rot) und Kapillarbewegung flüssiger Feuchtigkeit (3, blauer Pfeil) sind gleich gerichtet

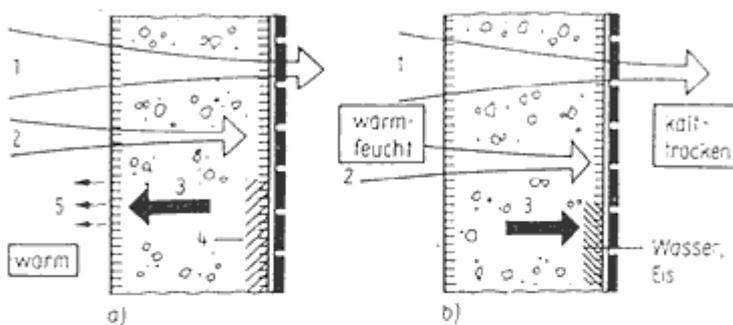


Bild 9b Leichtbetonwand mit Fassadenkeramik
 a) bei trockener Raumluft ist Schichtaufbau vertretbar;
 b) an einen Feuchteraum angrenzend ergibt sich ein Baufehler

1 Wärmestrom; 2 Wasserdampfstrom; 3 Kapillarbewegung; 4 Feuchtestaubereich; 5 entlastende Verdunstung durch kapillare Wasserrückführung

Eichler/Arndt: Bautechnischer Wärme- und Feuchteschutz
 VEB Verlag für Bauwesen Berlin 1989

Abb. 9: Wärme- und Feuchtestrom

Bei einer Außenwand sollte Feuchte- und Wärmestrom immer gleichgerichtet sein, damit Feuchte nach außen entweichen und verdunsten kann (Abb. 9a). Die Sorptionsfähigkeit muß dabei für den gesamten Querschnitt gewährleistet sein, damit die Kapillarbewegung der Feuchtigkeit nicht gestört wird. Bei Schichtkonstruktionen ist dies meist nicht gegeben. Fassadenkeramik, diffusionsdichtere Außenputze oder sorptionsdichte Folien und Außenschichten verhindern diesen natürlichen Weg nach außen; es muß dann zwangsläufig nach innen entfeuchtet werden! Dies mindert jedoch das Wohlbefinden und die Behaglichkeit der Bewohner (Abb. 9b) [4].

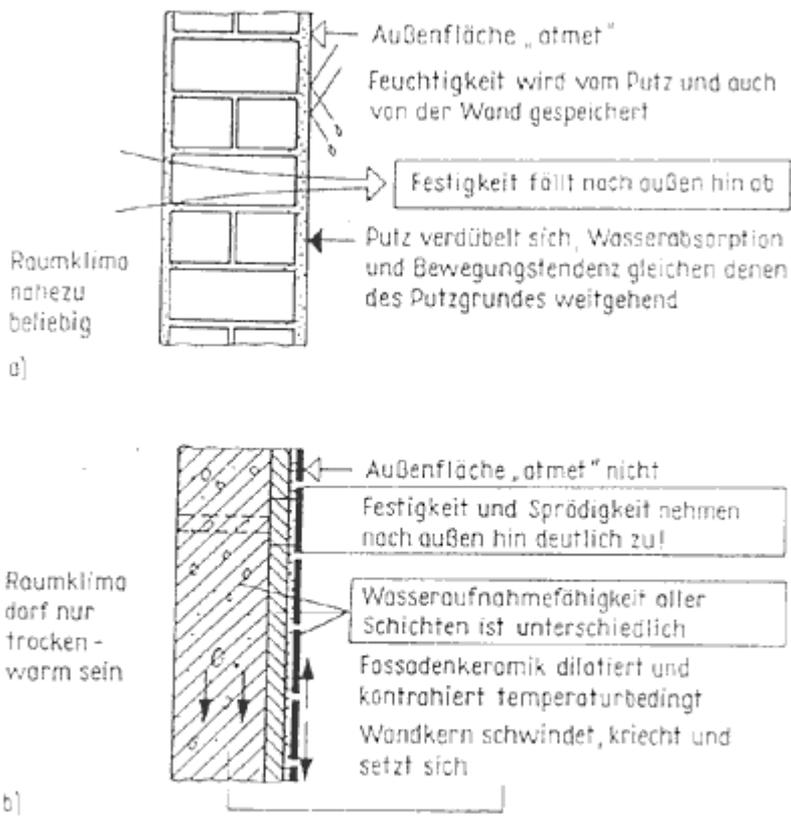


ABB. 10 Vergleich einer Wand aus Handmontageziegeln (a) mit einer heterogenen Wand (b) [4]

Abb. 10: Monolithische und Schichtkonstruktion

Konstruktionsschema Nr. 1 bei einer Wand ist die Notwendigkeit, dass die Festigkeit von innen nach außen abnimmt. Eine solche Konstruktion ist derart robust, dass fast jedes Innenraumklima verkraftet wird. Für die Dampfdiffusion wird die "Festigkeit" durch den m -Wert charakterisiert (nicht durch den sd -Wert, was fälschlicherweise immer geschieht). Bei einer Schichtkonstruktion muß aber auch die Sorptionsfähigkeit der einzelnen Schichten gewährleistet sein. Da dies jedoch kaum der Fall ist, muß das Raumklima zumindest trocken und warm sein. Wird das bewährte Konstruktionsprinzip der Festigkeitsabnahme von innen nach außen verlassen, muß mit Feuchteschäden gerechnet werden [4].

Anmerkung: Die Konstruktionshinweise gelten für eine bestimmte Diffusionsrichtung (vom hohen zum niedrigen Wasserdampfdruck in Pa), von warm nach kalt. Im Winter gilt damit die Richtung von innen nach außen, im Sommer dagegen von außen nach innen. Ein im Winter richtiger Schichtenaufbau ist, streng genommen, im Sommer falsch.

Eine universelle, für das ganze Jahr geltende und richtige Konstruktion wäre die monolithische Konstruktion. Hier ist dann nur darauf zu achten, dass die drei Schichten Putz - Mauerteil - Putz einschließlich der Anstriche bauphysikalisch harmonisieren

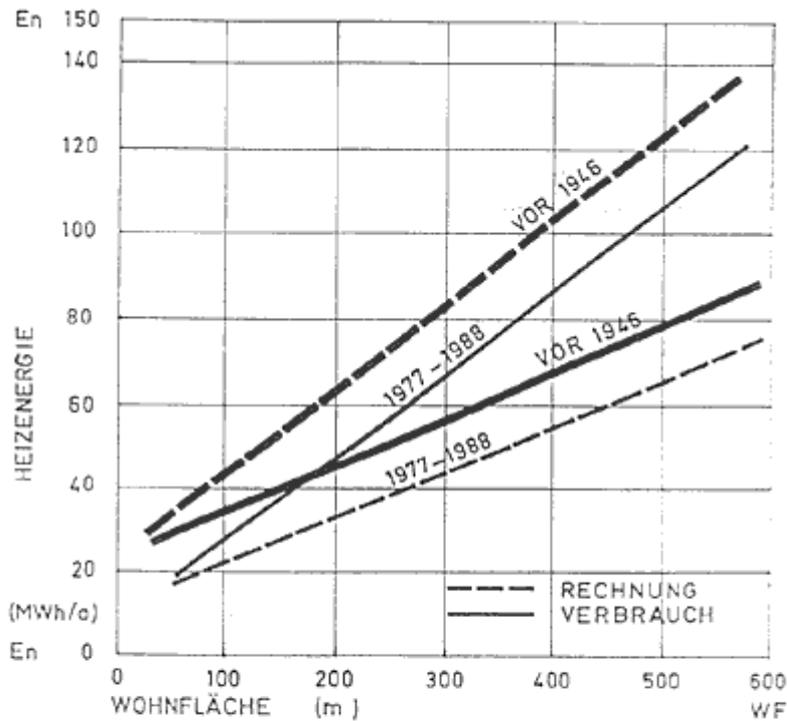


ABB. 11
 VERGLEICH RECHNUNG - VERBRAUCH
 BEI UNTERSCHIEDLICHEM
 GEBÄUDEALTER [1], [33]

Abb. 11: Diskrepanz Rechnung - Verbrauch

Es wurden für die Stadt Wedel neben den errechneten Energiebedarfswerten auch die Energieverbrauchsdaten der Stadtwerke statistisch ausgewertet. Abgesehen von den zum Teil großen Streuungen einzelner Daten wurden bedeutsame Trends in Form von Regressionsgeraden festgestellt, die besondere Aufmerksamkeit verdienen [1], [33].

Die Ergebnisse für zwei typische Bauweisen (Massivbauweise vor 1945 und Gebäude von 1977 bis 1988, die in die Periode der Wärmeschutzverordnungen fallen) sind ernüchternd. Bei den vor 1945 errichteten Massivbauten signalisiert die Rechnung einen höheren Bedarf als der tatsächlich anfallende Verbrauch. Es wird in Realität also weniger verbraucht, als die Rechnung ermittelt.

Bei den von 1977 bis 1988 errichteten Gebäuden, die somit der Wärmeschutzverordnung unterliegen, gibt die Rechnung jedoch demgegenüber einen niedrigeren Bedarf an als der tatsächlich anfallende Verbrauch. Es wird in Realität also mehr verbraucht, als die Rechnung ermittelt. Es kann also mit dem k-Wert etwas nicht stimmen.

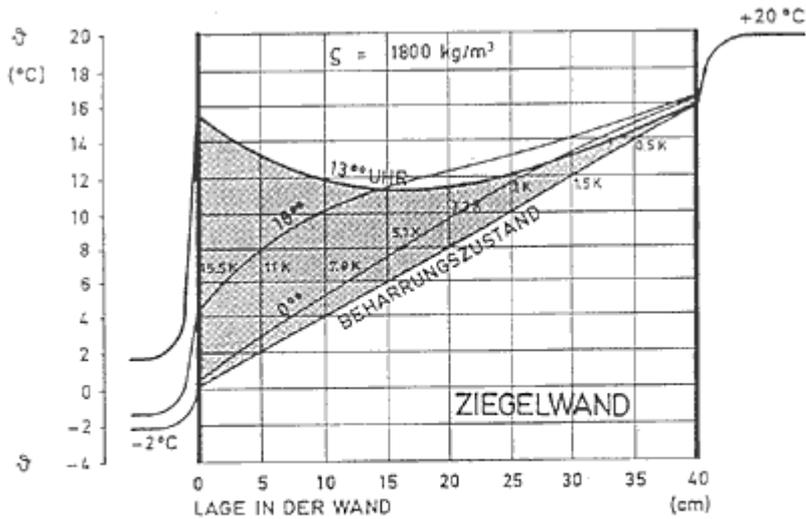


ABB. 12
 TEMPERATURVERLAUF IN
 EINER AUSSENWAND (QUELLE:[6] ERGÄNZT)

Abb. 12: Instationäres Verhalten

In einem Manuskript, das allerdings die nicht zutreffende Auffassung zu verbreiten versucht, die Speicherefähigkeit der Wand spiele in der Praxis keine Rolle [6], wird auch eine 13.00 Uhr Temperaturkurve gezeigt. Gegenüber dem Beharrungszustand wird damit jedoch in der 24 stündigen Tag/Nacht - Periode ein eingespeichertes Energiepolster von rund 980 Wh/m² geschaffen. Dies ist ein recht ansehnlicher Betrag, der nun zusätzlich zur Verfügung steht und erst einmal verbraucht werden will. Gegenrechnung: Bei einem k-Wert von 1,51 W/m²K und einer Temperaturdifferenz von 22 K würde sich hier dann ein stationärer Wärmeverlust (in 24 Stunden) von knapp 800 Wh/m² einstellen, gegenüber dem Energiepolster ein kleinerer Betrag.

Bei diesem Beispiel würde das instationäre Einspeichern von kostenloser Solarstrahlungsenergie durch die Außenwand den Transmissionswärmeverlust durch stationären Wärmestrom überwiegen; es ergibt sich energetisch ein Gewinn.

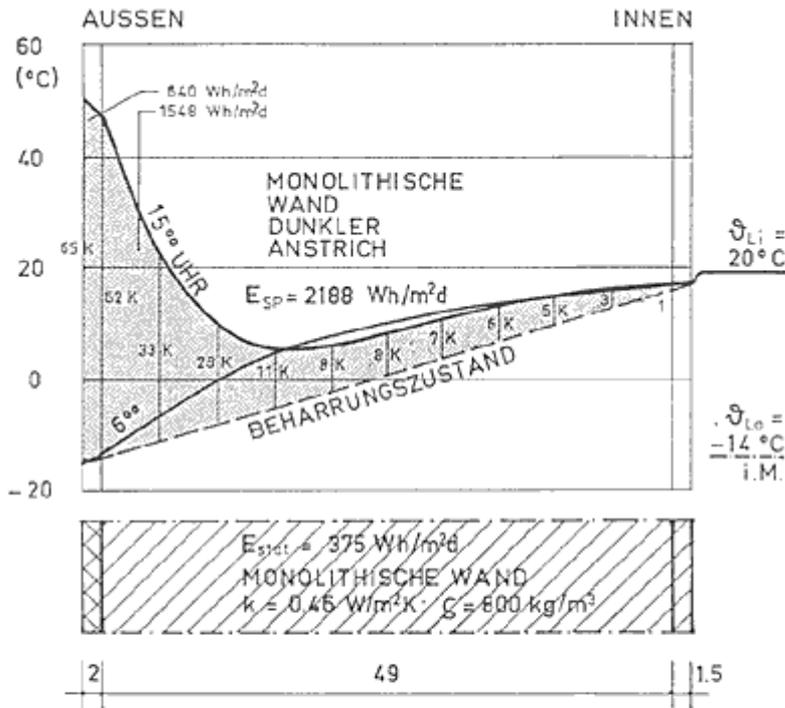


ABB. 13
TEMPERATURVERTEILUNG UND ENERGIE-
GEWINN DURCH SOLARSTRAHLUNG

QUELLE: WERNER, H.: IBP-BERICHT EB-8/1985
INSTITUT FÜR BAUPHYSIK STUTTGART
(AUSSAGEN ERGÄNZT)

Abb. 13: Temperaturverteilung und Energiegewinn

Die Absorption direkter und diffuser Solarstrahlung durch Außenwände wird sogar durch eine Forschungsarbeit des Instituts für Bauphysik bestätigt [14]. Die 15.00 Uhr Temperaturkurve zeigt gegenüber dem Beharrungszustand hier meßbare Temperaturunterschiede, die in der Tag/Nacht-Periode immerhin zu einer eingespeicherten Energie von rund 2190 Wh/m² führen.

Gegenrechnung: Bei einem k-Wert von 0,46 W/m²K und einer Temperaturdifferenz von 34 K würde sich in 24 Stunden ein stationärer Wärmeverlust von rund 375 Wh/m² ergeben, gegenüber dem Energiepolster von 2190 Wh/m² ein "Mini - Betrag"; es wird immerhin die über fünffache Menge absorbiert.

Bei diesem Beispiel würde das instationäre Einspeichern von Solarstrahlungsenergie durch die Außenwand den stationären Transmissionswärmestrom bei weitem überwiegen, es ergibt sich energetisch ein bedeutender energetischer Gewinn. Solarstrahlung kann also sehr wohl nutzbringend durch die Außenwand im Tag/Nacht-Rhythmus gespeichert werden. Die Notwendigkeit der Speicherung von Solarstrahlung im Sommer/Winter-Rhythmus besteht also überhaupt nicht und ist eine unnötige Investition (wie der Unsinn z.B. beim "Nullenergiehaus" mit einem 20m³ Langzeitspeicher!). Ist diese "Langzeitspeicherdiskussion" vielleicht nur ein Ablenkungsmanöver?

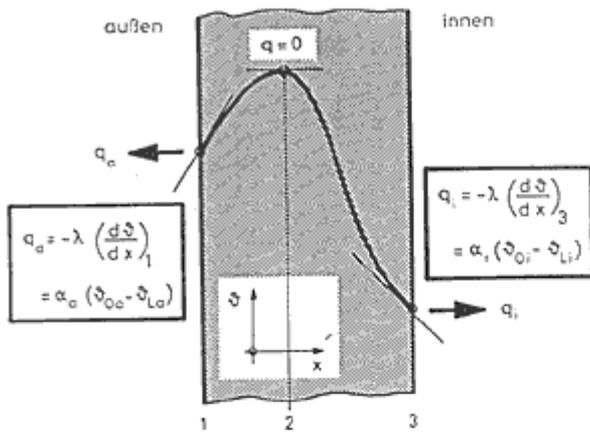


Bild 5: Schematische Darstellung der Temperaturverteilung über den Wandquerschnitt im instationären Temperaturzustand, mit Angabe der Wärmeströme.

Stelle 1 (außen):
Temperaturgradient $(d\theta/dx)_1$ positiv, Wärme strömt nach links und wird über α_o nach außen übertragen.

Stelle 2 (im Inneren der Wand)
Temperaturgradient $(d\theta/dx)_2$ Null. Stelle stärkster Erwärmung. Die von früher her in der Wand gespeicherte Wärme strömt links von 2 nach außen, rechts von 2 nach innen. An der Stelle 2 selbst strömt keine Wärme, weil $(d\theta/dx)_2 = 0$.

Stelle 3 (innen)
Temperaturgradient $(d\theta/dx)_3$ negativ, Wärme strömt nach rechts und wird über α_i in den Innenraum übertragen.
 θ_{Oa} : Temperatur, Oberfläche außen
 θ_{La} : Temperatur, Luft außen
 θ_{Oi} : Temperatur, Oberfläche innen
 θ_{Li} : Temperatur, Luft innen

Quelle:

Gertis, K.: Ist die Außenwanddämmung sinnlos?
Kritische Betrachtungen zu einem Artikel
von H. Wichmann und Z. Varsek
Allgemeine Bauzeitung 1983, Nr.30, S. 6
Nr.31, S. 6 + 9

ABB. 15

Abb. 15 Instationäre Temperaturverteilung

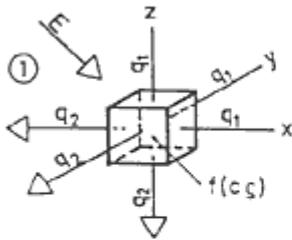
Der Temperaturgradient bedeutet eine Temperaturdifferenz Dd , bezogen auf eine Streckendifferenz Dx , zeigt die Richtung der thermischen Wärmeströme eines Bauteils an und verdeutlicht durch die Neigung des Temperaturgradienten die Größe des Wärmestromes [9], [33]. Allein schon optisch ermöglicht somit die Temperaturkurve eine qualitative Aussage über Größe (proportional zur Neigung) und Richtung des Wärmestromes.

Die dargestellte Temperaturkurve kennzeichnet die "Entladungsphase" während der Nacht und zeigt einen Wärmefluß nach außen, aber auch einen Wärmefluß nach innen. Deutlich sind die in Größe und Richtung unterschiedlichen Wärmeströme erkennbar. Bei speicherfähigem Material wirkt sich die Nutzung der kostenlosen Solarenergie infolge Absorption durch die Außenwände energetisch sehr günstig aus. dass Solarenergie einverleibt wird, beweist der "Wärmebuckel", der über den beidseitig vorliegenden Lufttemperaturen liegt. Die hohe Temperatur in Wandmitte entsteht während der Sonnenscheindauer, indem die äußere Oberflächentemperatur weit darüber liegt. Wärme fließt immer vom höheren zum niedrigeren Niveau. In der "Speicherungsphase" fließt somit ein Wärmestrom von außen nach innen und wird "gestapelt"; sie steht dann als Energiereserve für die Entladungsphase in der Nacht zur Verfügung.

Dies ist der bedeutsame Vorteil einer speicherfähigen, massiven Außenwand, da die Heizungsanlage dadurch entscheidend entlastet wird [29], [30], [33]. Der Gebäudewärmeschutz besteht also aus Dämmung und Speicherung. Immerhin wird in [2] bei der energetischen Bewertung einer Wand von der "gleichdämmenden" und "gleichspeichernden" Ziegelstärke gesprochen.

A INSTATIONÄRE BETRACHTUNG

ALLGEMEINER FALL

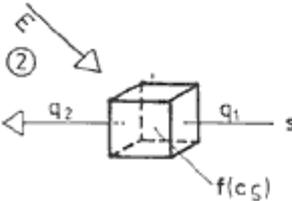


$$q_1 \neq q_2$$

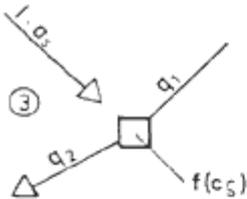
$q_1 > q_2 \Rightarrow$ SPEICHERN
 $q_1 < q_2 \Rightarrow$ ENTLADEN

q = WÄRMESTROM
 E = SONSTIGE WÄRMEQUELLE
 $f(c_G)$ = SPEICHERVERMÖGEN

VEREINFACHTER FALL



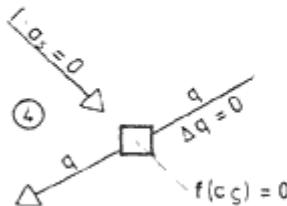
q_y UND q_z
 BLEIBEN
 UNBERÜCKSICHTIGT



ES VERBLEIBEN
 $\Delta q = q_1 - q_2$ (W/m²)
 $I \cdot a_s \hat{=} E$ (W/m²)
 $f(c_G)$ (W/m²)

B STATIONÄRE BETRACHTUNG

BEHARRUNGSZUSTAND



NULLSETZUNG
 $\Delta q = 0$
 KONSTANTE WÄRMESTROMDICHTE
 $I \cdot a_s = 0$
 SOLARENERGIE WIRD NULL
 $f(c_G) = 0$
 SPEICHERFÄHIGKEIT WIRD
 ÜBERFLÜSSIG

DARAUS FOLGT : $q = k(\vartheta_{Li} - \vartheta_{Lo})$ (W/m²)

Abb. 16: Instationär und Stationär

Die Abfolge der mathematischen Behandlung der Fourierschen Wärmeleitungsgleichung wird hier grafisch gezeigt.

(A): Ausgangspunkt ist die instationäre Betrachtung.

(1): Der allgemeine Fall einer instationären Betrachtung behandelt die drei Wärmeströme in x-, y- und z-Richtung, die Solarstrahlung E und die Speicherfähigkeit der Außenwand als Funktion unter anderem der spezifischen Wärmekapazität c und des Raumgewichtes r .

(2): Der vereinfachte Fall behandelt beim Wärmestrom dann nur eine Richtung, nämlich die von innen nach außen oder umgekehrt.

(3): Es verbleiben also dadurch die Wärmestromdifferenz Δq , die absorbierte Solarstrahlung E und die dafür notwendige Speicherfähigkeit.

(B): Die stationäre Betrachtung, der Beharrungszustand, ist ein Sonderfall.

(4): Wird dieser eingeführt, so wird die Fouriersche Gleichung zu Null; man erhält die Laplace-Gleichung oder

Potentialgleichung. Die einzelnen Summanden werden also selbst auch zu null. Dies bedeutet:

- konstante Wärmestromdichte im gesamten Querschnitt,
- absorbierte Solarstrahlung wird nicht berücksichtigt,
- Speicherefähigkeit wird null.

Nur unter diesen Voraussetzungen gilt der k-Wert für die Beschreibung des konstanten Transmissionswärmestromes q ; der jedoch in Realität nie gegeben ist.

Dies wird auch von Hauser in [11] bestätigt. Dort steht: "Folgendes ist vorzuschicken: der k-Wert eines Bauteils beschreibt dessen Wärmeverlust unter stationären, d.h. zeitlich unveränderlichen Randbedingungen. Die Wärmespeicherefähigkeit 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". Präziser kann die einschränkende Gültigkeit des k-Wertes nicht beschrieben werden. Trotz dieser klaren Aussage bleibt Hauser nach wie vor einer der führenden "k-Wert-Dogmatiker".

Da der Beharrungszustand bei Verwendung speicherfähigen Materials infolge der immer vorhandenen Solarstrahlung jedoch nie eintreten kann (was innen an Wärmestrom hineingeht, geht keineswegs außen wieder hinaus), ist der k-Wert nicht aussagefähig, die Berechnung fehlerhaft, der k-Wert reine Fiktion. Deshalb steht auch in [10]:

"Beim Anheizen oder Auskühlen von Räumen oder bei Sonneneinstrahlung liegen jedoch instationäre Verhältnisse vor, so dass diese durch die Werte $1/L$ (oder R in m^2K/W) und k (oder U in W/m^2K) nicht erfaßt werden".

Teil B Wärmeschutz 1 Grundlagen und physikalische Zusammenhänge

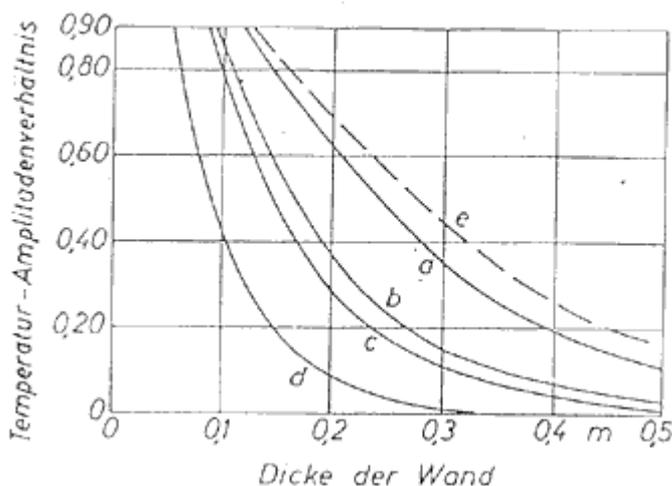


Abb. 17 Temperatur-Amplitudenverhältnis homogener Wände aus verschiedenen Stoffen, abhängig von der Wanddicke.

a: Normalbeton	$\lambda = 2,1 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	$\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$
b: Leichtbeton	$\lambda = 0,50 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	$\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$
c: Gasbeton	$\lambda = 0,16 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	$\rho = 500 \text{ kg/m}^3$
d: Holz	$\lambda = 0,13 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	$\rho = 600 \text{ kg/m}^3$
e: Wärmedämmstoff	$\lambda = 0,040 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	$\rho = 30 \text{ kg/m}^3$

1.2 Instationäre Verhältnisse

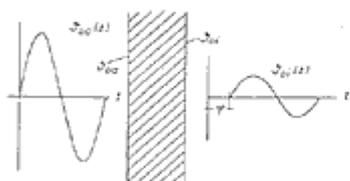


Abb. B 14: Zur Definition des Temperatur-Amplitudenverhältnisses θ_{oi}/θ_{oe}
 θ_{oi}, θ_{oe} : Oberflächentemperaturen auf der Außenseite bzw. der Innenseite der Wand
 t : Zeit
 φ : Phasenverschiebung
 Periode: 24 Stunden.

Gösete/Schüle: Schall, Wärme, Feuchte, Bauverlag Wiesbaden 1985

Abb. 17: Temperatur-Amplituden-Verhältnis

Instationäre Verhältnisse wirken sich auch günstig auf die Behaglichkeitskriterien im Innenraum aus. Das Temperatur-

Amplituden-Verhältnis (TAV) beschreibt die Dämpfung außenseitiger Temperaturschwankungen, während die Phasenverschiebung die gedämpften Temperaturschwankungen zeitlich nach hinten versetzt [10]. Je nach Baustoff ergeben sich recht unterschiedliche Ergebnisse. Ein TAV von 0,1 (20 K Außentemperaturschwankung wird innen mit 2 K Temperaturschwankung wirksam) werden etwa durch 20 cm Holz, 36,5 cm Leicht- und Gasbeton (in etwa auch durch massive Ziegel) und etwa 50 cm Schwebeton erzielt.

Wärmedämmstoff dagegen muß bei Abmessungen von etwa 12 bis 16 cm (dies sind bereits ineffiziente und damit unwirtschaftliche Dämmstoffstärken) mit Temperatur-Amplituden-Verhältnissen von 0,8 bis 0,9 belegt werden (eine Außentemperaturschwankung von 20 K wird innen mit 16 bis 18 K Temperaturschwankung wirksam). Reine Leichtkonstruktionen aus Dämmstoff führen zu einem ausgesprochenen "Barackenklima". In solchen Fällen wird nun versucht, durch eine aufwendige und kostenintensive technische Gebäudeausrüstung diese Mißstände zu "bereinigen". Leichter (und billiger) wäre es, für die Außenkonstruktion speicherfähiges Material zur Dämpfung und Pufferung vorzusehen.

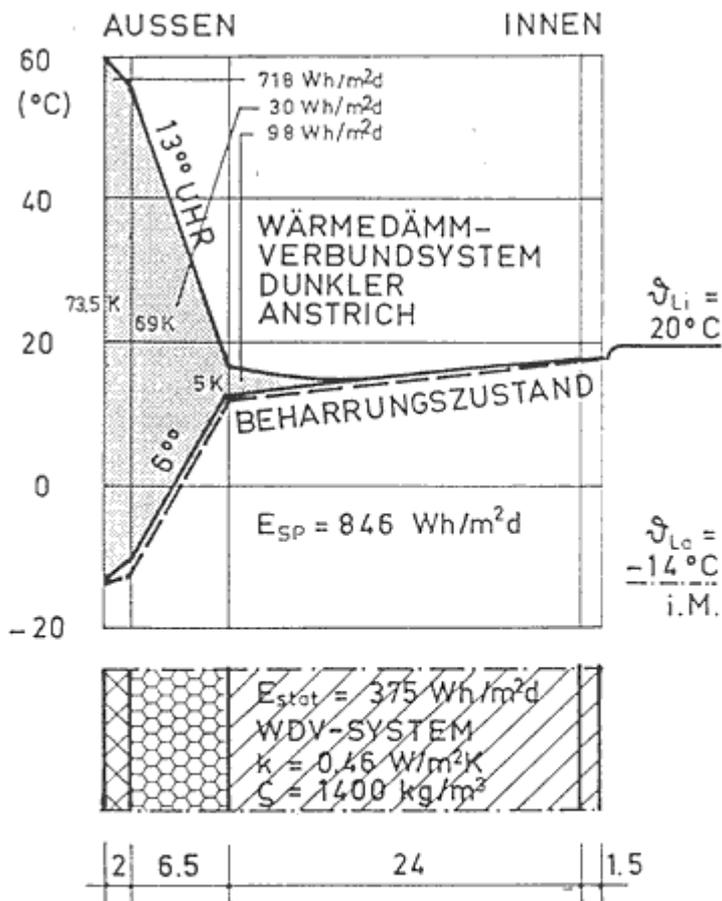


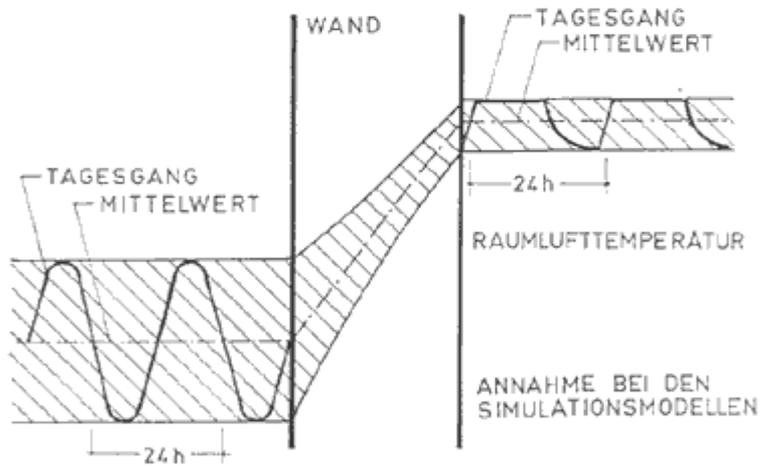
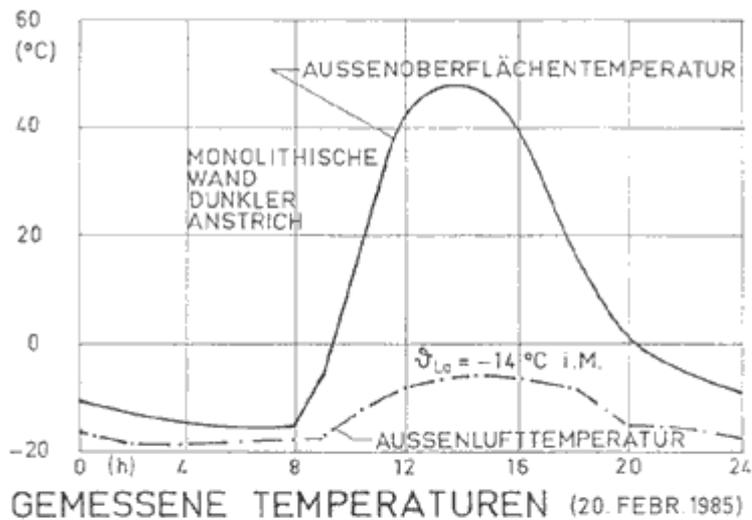
ABB. 18
TEMPERATURVERTEILUNG UND
ENERGIEGEWINN DURCH SOLAR-
STRAHLUNG

QUELLE WERNER, H.: IBP - BERICHT EB-8/1985
INSTITUT FÜR BAUPHYSIK STUTTGART
(AUSSAGEN ERGÄNZT)

Abb. 18: Abschotten von der Solarstrahlung

Ein Wärmedämmverbundsystem verhindert die kostenlose Nutzung der Solarenergie durch eine Massivwand. Dies zeigt sehr anschaulich eine Forschungsarbeit des IBP [14]. Die besondere Temperaturverteilung der 13.00 Uhr Kurve eines WDV-Systems mit äußeren Oberflächentemperaturen von ca. 60°C läßt hier für die Massivwand lediglich die Speicherung von knapp 100 Wh/m²d zu; die Dämmung schafft gerade 30 Wh/m²d. Den Hauptanteil übernimmt mit ca. 720 Wh/m²d die 2 cm Putz- schicht. Die Massivwand wird also durch das WDV-System an der energiebringenden kostenlosen Speicherung der

Solarstrahlung abgeschottet.



AUSSENLUFTTEMPERATUR

INSTATIONÄRE LUFTTEMPERATUREN

ABB. 19 FEHLENDE SOLARSTRAHLUNG BEI DEN SIMULATIONSMODELLEN

QUELLE: WERNER, H.: IBP-BERICHT EB-8/1985
INSTITUT FÜR BAUPHYSIK STUTTGART

Abb. 19: Simulationsmodelle ohne Solarstrahlung

Die durch Absorption zusätzlich gewonnene Solarenergie wird bei den dynamischen Simulationsmodellen nicht erfaßt, da von "instationären" Temperaturverläufen der angrenzenden Lufttemperaturen ausgegangen wird und nicht von den Oberflächentemperaturen der Außenwand, die infolge der Absorption wesentlich höher als die Lufttemperaturen sind. Die absorbierte Solarstrahlung wird also nicht berücksichtigt. Die Wand wird damit weiterhin stationär gesehen, es werden konstante Wärmeströme angenommen, es bleibt damit alles beim alten. Der k-Wert wird mit dieser fehlerhaften Behandlung wieder für gut gehalten. Dies bedeutet jedoch eine Täuschung des Kunden und der Verbraucher.

Fragt man nach dem Grund für die konsequente Ignoranz dieser gesicherten Aussagen in [10], [30] und [33] sowie für den in der Bauphysik vorherrschenden k-Wert-Dogmatismus, so ist dieser in [8] zu finden, dort steht: "Diese Diskussionen (um den k-Wert) erscheinen in Kreisen echter Fachexperten überflüssig, weil der k-Wert bzw. der Wärmedurchlaßwiderstand seit Jahrzehnten in der Wärmetechnik und in der Heizungstechnik unumstritten und mit Erfolg verwendet worden war".

Damit wird doch nicht die Richtigkeit bewiesen. In der Heiztechnik werden fehlerhafte Berechnungen (bei Massivbauten Überdimensionierungen) ausgeglichen durch größere Stillstandszeiten; auch werden für extreme Klimaverhältnisse damit

Wärmepuffer geschaffen. Bei Leichtbauten jedoch treten durch die Unterdimensionierungen bedenkliche Diskrepanzen in der Heizenergieversorgung auf - und die sind schon jetzt zu registrieren.

Der begangene Fehler ist zu glauben, den k-Wert auch für die quantitative Bestimmung des Heizenergiebedarfs heranziehen zu können. Dies aber muß aus den angegebenen Gründen zu fehlerhaften Ergebnissen führen. Skandalös wird es allerdings, wenn auf der Grundlage dieser falschen Berechnungen damit auch noch Bußgelder verbunden sind, wie sie in der EnEV vorgesehen sind.

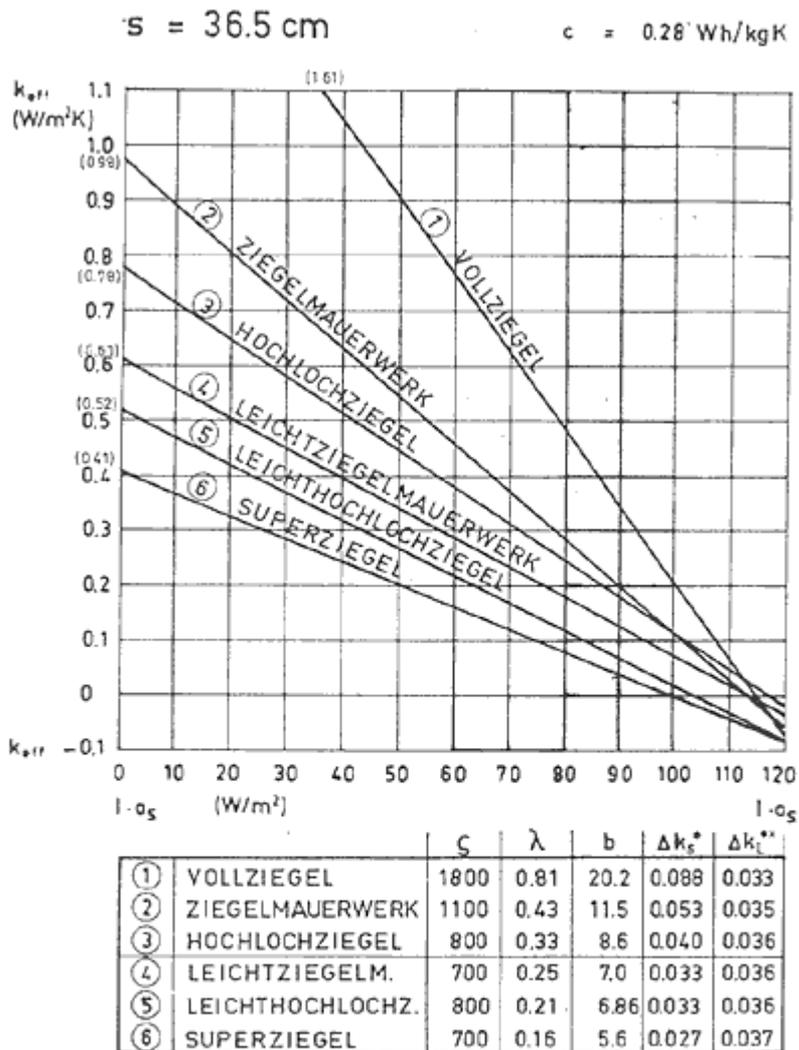


ABB. 20
SOLAR - KONSTRUKTION:
DER EFFEKTIVE k-WERT
UNTERSCHIEDLICHER MATERIALIEN

* BEI $I_{a_s} = 10 \text{ W/m}^2$
** FÜR $k = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

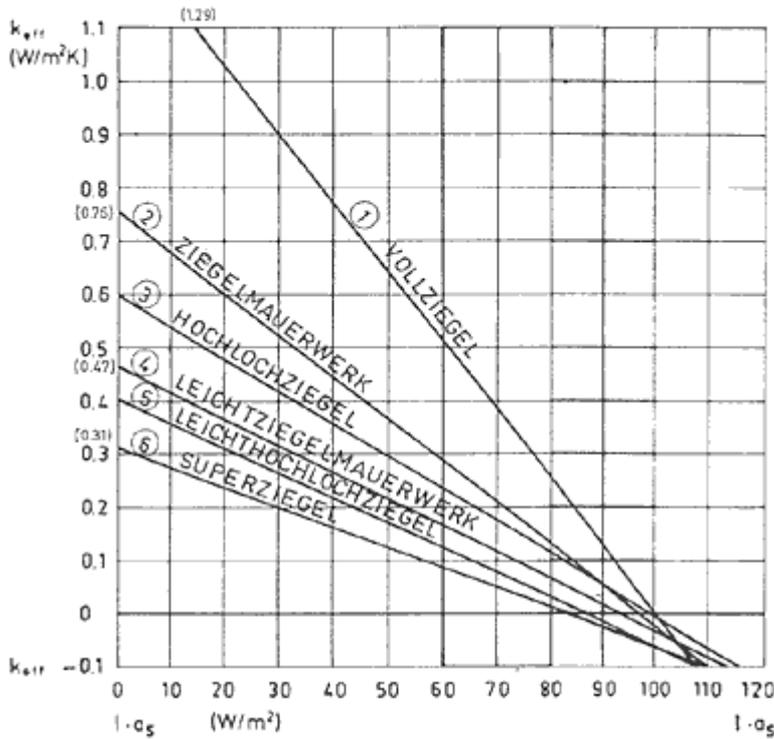
Abb. 20: Effektive k-Werte von Ziegelkonstruktionen

Hier werden die 36,5 cm dicken Konstruktionen vergleichend dargestellt. Die sechs Materialien mit völlig unterschiedlichen rechnerischen k-Werten konvergieren bei steigender absorbierten Solarstrahlung und laufen zwischen 110 und 120 W/m² in etwa zusammen. Der effektive k-Wert k_{eff} beträgt an dieser Stelle sogar Null oder darunter - das heißt, dass sich Energiegewinne einstellen würden.

Bei einer durchschnittlich absorbierten Solarstrahlung von 60 W/m² ergibt sich eine energetische Reihenfolge, die sich den k-Werten anpaßt, doch die großen Unterschiede (k von 1.61 bis 0,41 W/m²K) werden stark gemildert. Abgesehen vom Vollziegel liegen die erreichten k_{eff} Werte der übrigen Ziegelarten zwischen 0,15 und 0,45 W/m²K, eine Spanne, die im Reigen dieser unterschiedlichsten Ziegelmaterialien durchaus als recht klein empfunden werden kann [25].

$s = 49 \text{ cm}$

$c = 0.28 \text{ Wh/kgK}$



	ζ	λ	b	Δk_s^*	Δk_L^{**}
① VOLLZIEGEL	1800	0.81	20.2	0.088	0.033
② ZIEGELMAUERWERK	1100	0.43	11.5	0.053	0.035
③ HOCHLOCHZIEGEL	800	0.33	8.6	0.040	0.036
④ LEICHTZIEGELM.	700	0.25	7.0	0.033	0.036
⑤ LEICHTHOCHLOCHZ.	800	0.21	6.86	0.033	0.036
⑥ SUPERZIEGEL	700	0.16	5.6	0.027	0.037

* BEI $I \cdot \alpha_s = 10 \text{ W/m}^2$
 ** FÜR $k = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$

ABB. 21
 SOLAR - KONSTRUKTION:
 DER EFFEKTIVE k-WERT
 UNTERSCHIEDLICHER MATERIALIEN

Abb. 21: Effektive k-Werte von Ziegelkonstruktionen

Die auch sehr stark vertretenden 49 cm Außenwände werden hier zusammengefaßt. Es zeigt sich, dass die völlig unterschiedlichen Ziegelmaterialien mit rechnerischen k-Werten zwischen 1,29 und 0,31 W/m²K durch den Einfluß absorbierter Solarstrahlung energetisch stark zusammenrücken. Bei einer absorbierten Solarstrahlung etwa zwischen 100 und 110 W/m² gleichen sich die k_{eff} Werte an; diese Werte kommen sogar unter Null zu liegen und signalisieren damit generelle Energiegewinne.

Bei einer absorbierten Solarstrahlung von 60 W/m² rücken die k_{eff} Werte recht eng zusammen und liegen, abgesehen vom Vollziegel, zwischen 0,1 und 0,3 W/m²K. Dies ist ein Ergebnis, das die "rechnerische k-Wert-Minimiererei" doch stark relativiert. Es sollte sich zum Gemeingut der Baufachleute herauskristallisieren, dass monolithische Massivwände als Außenhaut durchaus vernünftige und attraktive Ergebnisse liefern - in energetischer, aber auch in bauphysikalischer Hinsicht [44].

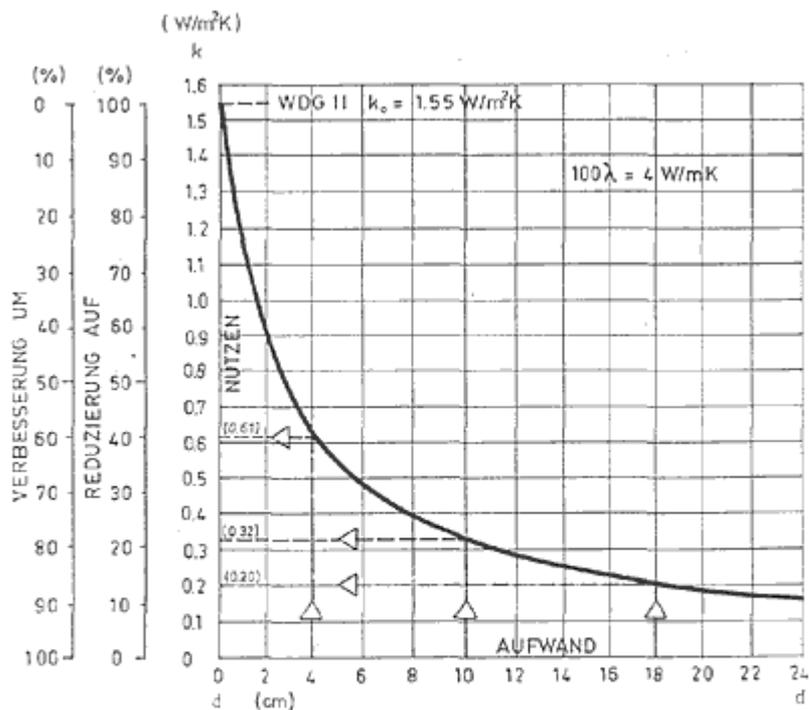


ABB. 22
k-WERT-FUNKTION
EINE HYPERBEL

Abb. 22: k-Wert-Funktion

Wird die Fehlerhaftigkeit des k-Wertes einmal außer acht gelassen, dann gilt eine k-Wert-Berechnung nach DIN 4108 ausschließlich für den Beharrungszustand, also nur für stationäre Verhältnisse. Die dafür geltende Formel zur Berechnung des k-Wertes beschreibt mathematisch gesehen eine Hyperbel [24], [29].

Das Typische einer Hyperbel ist: 4 bis 6 cm Dämmstoff erbringen eine große k-Wert-Verbesserung, dagegen bedeutet eine Dämmung ab 8 bis 10 cm eine nur noch sehr geringe zusätzliche Verbesserung, also kaum noch eine zusätzliche Energieeinsparung. Bei kleinen Dämmstoffdicken liegt noch eine hohe Effizienz vor (mit kleinem Aufwand wird ein großer Nutzen erzielt). Bei großen Dämmstoffdicken jedoch liegt nur eine geringe Effizienz vor (mit großem Aufwand wird nur ein sehr kleiner Nutzen erzielt). Die Tangente gibt den Grenzwert der Effizienz für einen k-Wert an [19].

Merksatz: Die k-Wert-Verbesserung verhält sich umgekehrt proportional zur Dämmstoffdicke - eine Folge der Hyperbelform (im Gegensatz zum Dämmstoffumsatz, der sich proportional zur Dämmstoffdicke verhält - zur Freude der Dämm-Industrie).

Mit einem Dämmstoffpreis von 2,50 DM/m²cm und den Vorgaben der Wärmeschutzverordnung 1995 heißt dieser Effizienzverfall für eine Leichtwandkonstruktion in Mark und Pfennig (bei Heizölkosten von 0,80 DM/l):

5 cm Dämmstoff (12,50 DM/m²) bedeuten Heizkosten von 4,80 DM/m²a (Konstruktionsfläche),
 10 cm Dämmstoff (25 DM/m²) bedeuten Heizkosten von 2,40 DM/m²a (Konstruktionsfläche),
 20 cm Dämmstoff (50 DM/m²) bedeuten Heizkosten von 1,20 DM/m²a (Konstruktionsfläche),
 40 cm Dämmstoff (100 DM/m²) bedeuten Heizkosten von 0,60 DM/m²a (Konstruktionsfläche),

Fazit: Eine Verdoppelung des Aufwandes bewirkt die Halbierung des Nutzens.

Werden die Differenzbeträge betrachtet, so ist festzustellen:

Zeile 2: 12,50 DM/m² Mehrkosten reduzieren die Heizkosten um 2,40 DM/m²a,
 Zeile 3: 25 DM/m² Mehrkosten reduzieren die Heizkosten um 1,20 DM/m²a,
 Zeile 4: 50 DM/m² Mehrkosten reduzieren die Heizkosten um 0,60 DM/m²a.

Man muß also immer mehr Geld für Dämmstoff ausgeben, um dafür immer weniger an Heizkosten einzusparen. Diesen Widersinn muß sich ein jeder erst einmal wirklich klarmachen; es geht wirklich an den Geldbeutel des Kunden. Die Unwirtschaftlichkeit wird beim "heutigen Anforderungsniveau" zum Normalfall. Trotzdem werden für Niedrigenergie- und

Passivhäuser 40 bis 60 cm Dämmstoff empfohlen. Da eine Dämmstoff-Massierung energetisch nichts bewirken kann, also auch keine zusätzliche Energie eingespart wird, können natürlich bei dieser Nutzlosigkeit dann auch keine zusätzlichen CO₂-Minderungen erzielt werden. Das vorgegebene Ziel einer Umweltentlastung ist nur eine Mär. Es mutet dann wie Hohn an, diese unsinnigen Konstruktionen als "Energie effizientes Bauen" zu bezeichnen.

Um jedoch den Bauschaffenden die nicht vorhandenen Energieeinsparungen glaubhaft zu machen, wird auf diesem Gebiet unvorstellbar viel geflunkert, Mogelpackungen beherrschen die Szene. Große prozentuale Gewinne werden präsentiert, die jedoch bei Kenntnis der absoluten Zahlen zu einem Nichts zusammenschrumpfen. Die obige letzte Zeile erbringt auf dem Papier immerhin 50% Energieeinsparung! [44].

Sonderdruck aus
Baugewerbe 71 (1991), H. 18 + 19

BAUTECHNIK

Gerd Hauser

Umweltbewusstes, energiesparendes Bauen

Die häufig zu hörende Befürchtung, daß der Energieaufwand für die Herstellung des Dämmstoffs ab bestimmten Dämmstoffdicken größer sei als die Heizenergieeinsparung durch den Dämmstoff, trifft für

die dargestellten Dämmstoffdicken nicht zu, wie Bild 11 zeigt. Dort ist der Primärenergieeinsatz für die Herstellung einer Außenwandkonstruktion in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke dargestellt und mit dem Heizenergiever-

brauch über das Bauteil während einer Standzeit von 50 Jahren verglichen. Es zeigt sich, daß die gesamtenenergetisch günstigste Dicke bei 45 cm liegt.

11 Primärenergieverbrauch infolge von Herstellung und Beheizung (entsprechend Wohnraumtemperatur) der dargestellten Außenwand in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke bei einer Lebensdauer von 50 Jahren.

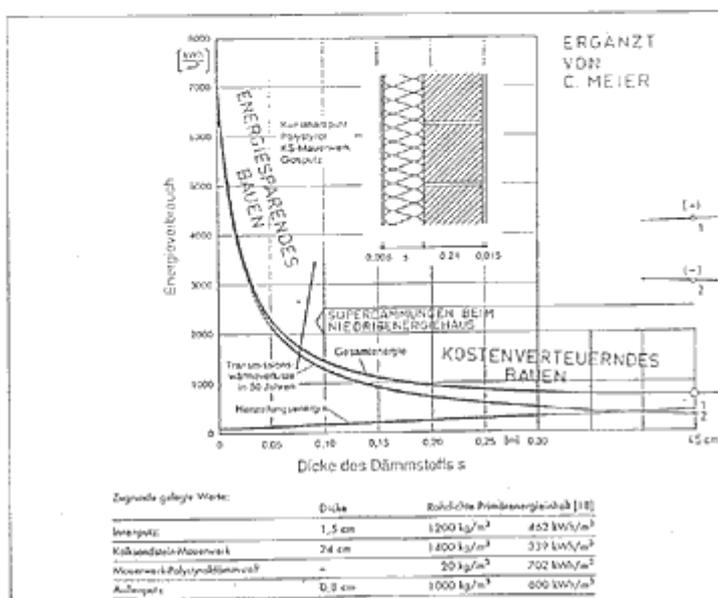


ABB. 23

Abb. 23: Primärenergieverbrauchskurve

Wie ist das hier offerierte "Minimum" zu beschreiben? [12]. Die Abszisse kennzeichnet den durch die Dämmstoffdicke d charakterisierten Materialaufwand (Kosten), die Ordinate zeigt den durch den k-Wert repräsentierten Nutzen, den Energieverbrauch (besser "-bedarf", da gerechnet wird). Die Kurve setzt sich zusammen aus einer Hyperbel (Energiebedarf), einer Geraden (Herstellungenergie für Dämmstoff) und einem konstanten Wert, der allerdings auf die Lage des Minimums keinerlei Einfluß hat; schon allein dies scheidet das Minimum als Maß für Effizienz, für Wirtschaftlichkeit, aus. Allein durch die Überlagerung der Hyperbel mit der Geraden entsteht ein Minimum. Es ist deutlich erkennbar, dass eine Dämmung über 6 bis 8 cm kaum mehr einen zusätzlichen Nutzen erbringt. Viel Dämmstoff einzubauen, ist also im höchsten Grade ineffizient. Im Knickpunkt der Hyperbel geht das energie- und kostensparende Bauen in das energieverschwendende und kostenvertuernde Bauen über. Superdämmungen bedeuten energetischen Betrug.

Der Begriff "Minimum" ist ein typischer Fall von sophistischer Argumentation. Es ist deshalb wiederum ein kapitaler Denkfehler, wenn es dann in [7] heißt: "Dieser Minimumpunkt repräsentiert den wirtschaftlich optimalen Wärmedurchlaßwiderstand". Dieser Irrtum geistert durch alle "Wirtschaftlichkeitsüberlegungen". Minimum und Effizienz sind

zwei unterschiedliche Begriffe und bedeuten etwas völlig Unterschiedliches.

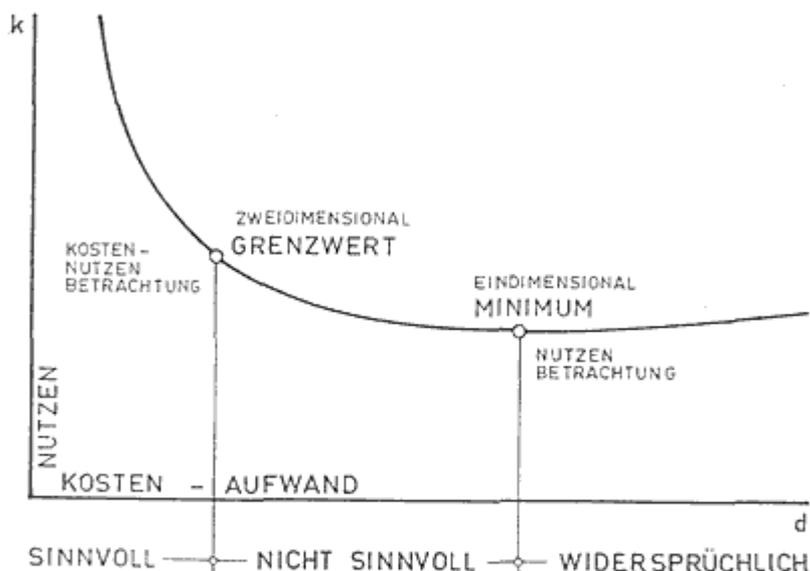


ABB. 24
MINIMUM - PROBLEMATIK

Abb. 24: Minimum oder Effizienz

Das Minimum ist die Stelle des "geringsten" Ordinatenwertes. Der Abszissenwert (Dicke der Dämmung) interessiert bei der Ermittlung des Minimums weniger, eine Aussage über den erforderlichen Aufwand wird also nicht gemacht. Am Anfang der Kurve wird mit wenig Aufwand noch ein großer Nutzen erzielt (steiler Abfall); dieser Nutzen wird aber immer geringer und am Punkt des Minimums erbringt ein zusätzlicher Aufwand überhaupt keinen zusätzlichen Nutzen mehr. Danach aber wird die Sache widersinnig. Bei weiterem Aufwand wird weniger als vorher erreicht, die Kurve steigt wieder an; eine Lösung in diesem Bereich bedeutet grenzenlose Täuschung und Verdummung der Kunden.

Das Minimum kennzeichnet also den Punkt, an dem der Widersinn der Entscheidungen beginnt und ist deshalb keinesfalls ein Punkt "optimaler Wirtschaftlichkeit" [19]. Aber gerade diesem Irrtum unterliegt Eicke-Hennig (IWU-Darmstadt) und Feist (Passivhaus-Institut Darmstadt), wenn sie "diesen Bereich" der Baufachwelt mit der Begründung empfehlen, eine 3%ige bzw. 5%ige Abweichung sei annehmbar. Derart Widersinnigeres gibt es nicht. Statt Minimumsphilosophie muß die Effizienz gelten.

Hinweis: Die nicht vorhandene Wirtschaftlichkeit liegt an der Effizienzlosigkeit kleiner k -Werte und diese wiederum am zu geringen Nutzen, nicht aber am zu hohen Aufwand, wie oft gemeint und behauptet wird. Dieser geringe Nutzen ist bekanntermaßen und unwiderlegbar funktionell-mathematisch bedingt, daran gibt es nichts zu deuteln [19], [22].

Energieausbeute einer $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ Differenz

Die quantitative Bedeutung des k -Wertes wird arg überschätzt. Das gegenseitige Ausmanövrieren mit k -Werten oder das Unterbieten um Minibeträge (z.B. für die Dachfläche statt bisher $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ nun in der WSchVO 95 $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$) erzielt kaum energetische Vorteile, erzwingt jedoch gewaltige investive Mehrkosten. Eine Verbesserung um $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ erbringt für 100 m^2 Außenfläche:

- gerade das energetische Äquivalent einer 60 W Lampe,
- bei Kosten von $0,65 \text{ DM/l}$ Heizöl gerade einmal $0,50 \text{ DM/m}^2\text{a}$ an Heizkosteneinsparung.

Eine Verbesserung um $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ erfordert

- von $1,2$ nach $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ eine zusätzliche Dämmstoffdicke von $0,3 \text{ cm}$,
- von $0,5$ nach $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ eine zusätzliche Dämmstoffdicke von 2 cm
- von $0,3$ nach $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ eine zusätzliche Dämmstoffdicke von 7 cm
- von $0,2$ nach $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ eine zusätzliche Dämmstoffdicke von 20 cm

Der Effizienzabfall kleiner k -Werte ist gewaltig: Die sich daraus ergebende zwangsläufige Zwecklosigkeit von

"Superdämmungen" liegt an der Tragik der Hyperbel. Kleine k-Werte dienen also nur der Umsatzsteigerung, kaum der immer ständig geforderten Energieeinsparung [44]. Dämmstoffmassierung bedeutet letztendlich Betrug am Verbraucher.

1.5 Lüftung und Luftdichtheit

Die Luftdichtheit der den Innenraum umgebenden Bauteile (Wand, Decke) wurde schon seit jeher gefordert. Neben den eventuellen Zugserscheinungen war dies notwendig, um Kondensat in der Konstruktion infolge Abkühlung der nach außen strömenden warmen Innenraumluft zu vermeiden. Bei Massivbauten ist die Luftdichtheit gewährleistet (verputzte Außenwand und Massivdecke). Bei Skelettbauten jedoch lässt sich eine vollkommene Luftdichtheit konstruktiv/technisch nur schwer herstellen. Deshalb war es bei der Leichtbauweise bisher Stand der Technik, belüftete Konstruktionen zu wählen, damit eventuelles Kondensat ab- und weggeführt werden konnte (hinterlüftete Wand- bzw. belüftete Dachkonstruktionen).

Mit der "Abschaffung" der belüfteten Konstruktion durch praxisfremde, gewinnorientierte Bauphysiker entstehen bei Leicht- und Skelettkonstruktionen infolge der konstruktiv nicht zu vermeidenden Luftundichtheit Feuchteschäden durch Luftströmung. Dies macht die unbelüftete Leicht- und Skelettkonstruktion insgesamt mehr als fragwürdig.

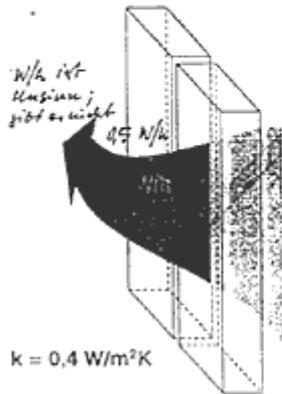
Anstatt nun bei solchen "windigen" Konstruktionen zwecks Schadensvermeidung zur belüfteten Konstruktion zurückzukehren, wird in alter Manier (ein Fehler wird durch einen zweiten Fehler zu beheben versucht) die "Luftdichtheitsprüfung", die Messung der Luftdichtheit mit Blower-Door, geboren. Zur Begründung werden die damit zusammenhängenden Energieverluste, nicht aber die zu erwartenden Feuchteschäden genannt. Hier geschieht Verschleierung der tatsächlichen Gründe durch Informationsselektion, denn die durch Luftundichtheit entstehenden Energieverluste sind vernachlässigbar klein.

Luftdichtheit senkt den Energieverlust

*Rein: - eine bestimmte Luftdichtheitsrate ist vorgegeben!
- Luftdichtheit senkt den Energieverbrauch*

Die Luft, die durch die Fuge strömt, transportiert mehr Wärme nach außen als die gesamte Dämmfläche.

*Das zeigt aber den Widerspruch
minimiertes k-Werte!*



*1,5 m³ Lüftungsvolumen pro Stunde z.B.
entspricht nach Wälzlager dem
geforderten Volumenschluss für
7,5 m² Wälzlagerfläche*

Randbedingungen: 1 m² luftdichte Dämmung 100 mm.
Fugenbreite: 1 mm.
Druckdifferenz zwischen innen und außen 5 Pascal.
(Nach einer Untersuchung der schwedischen
Materialprüfungs- und Forschungsanstalt 1977.)

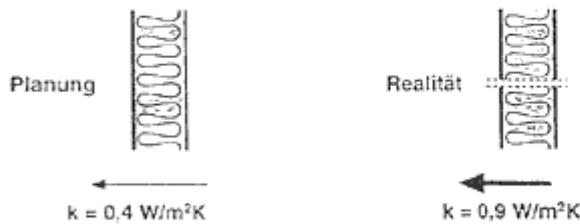
$$\beta = 0,5 \quad (-h) \quad \text{nach 4.6.10}$$

$$V_1 = \frac{\beta \cdot V_d}{A \cdot n} \quad [m^3/m^2h] \quad V_1 = 0,5 \cdot V \quad [m^3]$$

$$V_2 = \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot V}{0,32} = \frac{0,25 \cdot V}{0,32} = 0,78 \cdot V \quad [m^3/m^2h]$$

Ohne Luftdichtheit wird der k-Wert zu einer fiktiven Zahl!

*Bereits mit Luftdichtheit
ist er eine fiktive Zahl!*



*Hier wird unterläufigerweise
Lüftungswärme dafür und
Transmissionswärme bedarf gemindert.*

ABB. 25

Abb. 25: Luftdichtheit senkt den Energieverlust

Die Wärmeschutzverordnung 95 berücksichtigt einen 0,8 fachen Luftwechsel, dies entspricht einem stündlichen Luftvolumenstrom von $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Wohnfläche ($V_L = 0,8 \text{ V}$ und $A_N = 0,32 \text{ V}$). Diese 2 m^3 lassen eine eventuelle Luftundichtheit der Außenhülle energetisch wirklich kümmerlich erscheinen. Eine Luftundichtheit, die z.B. einen Luftvolumenstrom von $15 \text{ m}^3/\text{h}$ nach sich zieht [40], entspricht nach der Wärmeschutzverordnung genau dem vorgesehenen Luftvolumenstrom für $7,5 \text{ m}^2$ Wohnfläche; energetisch gesehen also überhaupt keine Katastrophe. Wenn keine Feuchteschäden entstünden, würde damit sogar eine Grundlüftung gewährleistet werden, wie dies in früheren Jahren bei den undichten Fenstern der Fall war.

Insofern bedeutet z.B. der Slogan "Luftdichtheit senkt den Energieverlust", mit dem Büros für die "Blower-Door-Messung" werben, eine bewußte (oder aus Unwissenheit unbewußte) Irreführung des Kunden. Allerdings eröffnet sich hier ein vielversprechender Markt, der bei Beachtung der "allgemein anerkannten Regeln der Technik" erst gar nicht entstehen würde. Dieser Markt wird nun auch noch vom Ordnungsgeber in der EnEV unterstützt und gefördert, indem bei einer Blower-Door Messung irrigerweise reduzierte Luftwechselraten und höhere k-Werte "zulässig" sind.

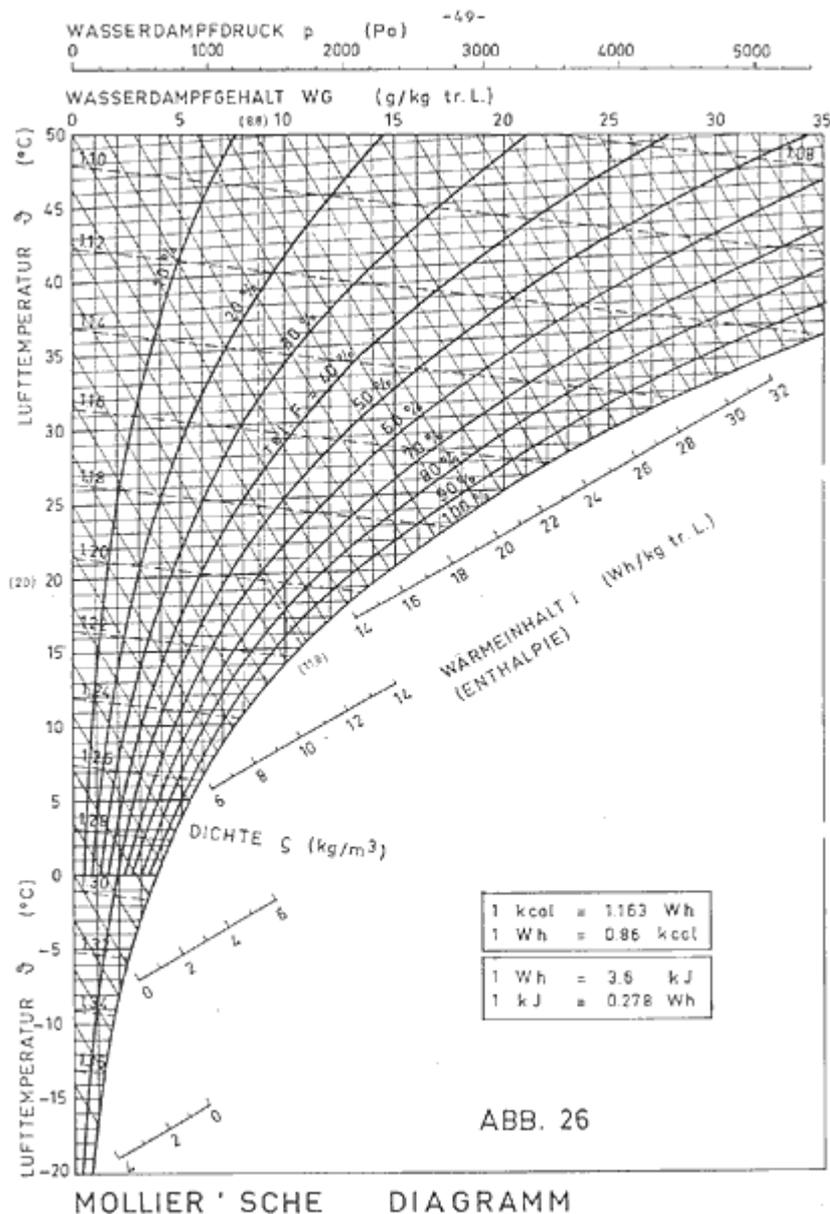


Abb. 26: Molliersche Diagramm

Das Molliersche Diagramm, das in jedem Heizungslehrbuch enthalten ist, zeigt die naturgesetzlichen Zusammenhänge zwischen Temperatur (°C), rel. Feuchte (%), Wasserdampfgehalt (g/kg tr.L.) und Wärmeinhalt (Wh/kg tr.L.) [44]. Besonders wichtig wird der Umstand, dass feuchte Luft als wesentliche Voraussetzung für Kondensatschäden besonders viel Energie besitzt. Eine Raumluft mit 20°C und 50% rel. Feuchte enthält $10,8 \text{ Wh/kg tr.L.}$ Wird nun diese Luft ausgetauscht (5°C und 80% rel. Feuchte mit einem Wärmeinhalt von $4,4 \text{ Wh/kg tr.L.}$), so muß für die frische Außenluft eine zusätzliche Energie von

$(10,8 - 4,4) = 6,4$ Wh/kg tr.L. aufgebracht werden. Wird dagegen nicht gelüftet und die rel. Feuchte der 20°C warmen Raumluft steigt dadurch auf z.B. 90% an (Wärmeinhalt 14,9 Wh/kg tr.L.), so wird dafür eine Energie von $(14,9 - 10,8) = 4,1$ Wh/kg tr.L. erforderlich. Dies sind immerhin 64% der für frische, kalte Außenluft notwendigen Energie. Wird nun diese feuchte Luft hinausgelüftet, dann wird damit viel mehr Energie verbraucht als bei rechtzeitiger Lüftung; dies geschieht z.B. auch bei der Stoßlüftung. Damit aber ein Ansteigen der Feuchte vermieden wird, muß permanent, muss stetig gelüftet werden - das "undichte Fenster" war damit energetisch die einzige kostengünstig richtige Lösung.

Fazit: Nichtlüften bedeutet Energieverschwendung, spart also keine Energie, sondern verbraucht sie.

2 Widersprüche in der Energieeinsparverordnung

Die Energieeinsparverordnung soll dafür sorgen, noch mehr Energie einzusparen. Die methodischen Fehler der bisherigen Wärmeschutzverordnungen werden jedoch nicht bereinigt, so dass weiterhin nur ein diffuses, schwammiges Gebilde herauskommt. Hier sei besonders auf [\[41\]](#) hingewiesen.

2.1 Methodische und inhaltliche Mängel

Die Ermächtigungsgrundlage zum Erlass der Wärmeschutzverordnungen und der EnEV, das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), enthält im § 5 (1) das Wirtschaftlichkeitsgebot, im § 5 (2) das Härtefallgebot:

(1) "Die in den Rechtsverordnungen ...aufgestellten Anforderungen müssen ...wirtschaftlich vertretbar sein. Anforderungen gelten als wirtschaftlich vertretbar, wenn generell die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können."

Fazit: Damit muss der Schluß gezogen werden, dass unwirtschaftliche Energiesparmaßnahmen gesetzwidrig sind; sie können - und müssen - unterbleiben. Die Auslegung des § 5 (1) läßt keine andere Möglichkeit zu [\[23\]](#).

(2) "In den Rechtsverordnungen ist vorzusehen, dass auf Antrag von den Anforderungen befreit werden kann, soweit diese im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen".

Dieser Absatz (2) findet sich deshalb im § 14 der Wärmeschutzverordnung 95 und auch im Entwurf der EnEV § 17 "Härtefälle" [\[5\]](#) wieder und ermöglicht eine Befreiung [\[23\]](#), [\[29\]](#), [\[34\]](#).

Voraussetzung hierfür ist der Nachweis der Unwirtschaftlichkeit. Da in der Mehrzahl die k-Wert-Anforderungen an den Wärmeschutz unwirtschaftlich sind, kann fast von einem generellen Zwang zur Befreiung nach § 14 WSchVO 1995 ausgegangen werden. Die Anforderungen in der WSchVO 1995 und dann besonders die der EnEV 2000 sind gemäß EnEG schlichtweg gesetzwidrig. Der Grund liegt in der mathematisch bedingten Hyperbeltragik des k-Wertes. Die Effizienz nimmt mit dem Quadrat der k-Werte ab, Superdämmungen sind somit hinausgeworfenes Geld; das ist Mathematik.

Tabelle 2 Das Mehrkosten-Nutzen-Verhältnis MNV in Abhängigkeit vom Zinssatz p (%), der Teuerungsrate i (%), und der Amortisationszeit n (Jahre); MNV_{D} der Divergenz wird angegeben. $p > i$

p	i	Amortisationszeit n									
		wirtschaftlich				Grenzzone		unwirtschaftlich		Diverg	
%	%	6	8	10	12	15	20	30	50	∞	
5	0	5,1	6,5	7,7	8,9	10,4	12,5	15,4	18,3	20	
	1	5,2	6,7	8,1	9,4	11,1	13,6	17,4	21,6	25,3	
	2	5,4	7,0	8,6	10,0	12,0	15,0	19,8	26,0	34,0	
	3	5,6	7,3	9,0	10,6	12,9	16,4	22,6	31,8	51,5	
	4	5,8	7,7	9,5	11,3	13,9	18,1	26,0	39,5	104,0	
	5	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	20,0	30,0	50,0	∞	
6	0	4,9	6,2	7,4	8,4	9,7	11,5	13,8	15,8	16,7	
	1	5,1	6,5	7,7	8,9	10,4	12,5	15,5	18,4	20,2	
	2	5,3	6,8	8,1	9,4	11,2	13,7	17,5	21,8	25,5	
	3	5,4	7,0	8,6	10,0	12,0	15,0	19,8	26,2	34,3	
	4	5,6	7,3	9,0	10,6	12,9	16,5	22,6	31,9	52,0	
	5	5,8	7,7	9,5	11,3	13,9	18,1	26,0	39,6	105,0	
7	0	4,8	6,0	7,0	7,9	9,1	10,6	12,4	13,8	14,3	
	1	4,9	6,2	7,4	8,4	9,8	11,5	13,9	15,9	16,8	
	2	5,1	6,5	7,8	8,9	10,4	12,6	15,5	18,5	20,4	
	3	5,3	6,8	8,2	9,4	11,2	13,7	17,5	21,9	25,8	
	4	5,4	7,1	8,6	10,0	12,0	15,0	19,9	26,3	34,7	
	5	5,6	7,4	9,0	10,6	12,9	16,5	22,7	32,1	52,5	
8	0	4,6	5,7	6,7	7,5	8,6	9,8	11,3	12,2	12,5	
	1	4,8	6,0	7,0	8,0	9,1	10,7	12,5	13,9	14,4	
	2	4,9	6,2	7,4	8,4	9,8	11,6	13,9	16,0	17,0	
	3	5,1	6,5	7,8	8,9	10,5	12,6	15,6	18,7	20,6	
	4	5,3	6,8	8,2	9,5	11,2	13,8	17,6	22,1	26,0	
	5	5,4	7,1	8,5	10,0	12,1	15,1	20,0	26,4	35,0	
9	0	4,5	5,5	6,4	7,2	8,1	9,1	10,3	11,0	11,1	
	1	4,6	5,8	6,7	7,6	8,6	9,9	11,3	12,3	12,6	
	2	4,8	6,0	7,1	8,0	9,2	10,7	12,6	14,0	14,6	
	3	4,9	6,3	7,4	8,5	9,8	11,6	14,0	16,2	17,2	
	4	5,1	6,5	7,8	9,0	10,5	12,7	15,7	18,8	20,8	
	5	5,3	6,8	8,2	9,5	11,3	13,8	17,7	22,2	26,3	
10	0	4,4	5,3	6,1	6,8	7,6	8,5	9,4	9,9	10,0	
	1	4,5	5,6	6,4	7,2	8,1	9,2	10,4	11,1	11,2	
	2	4,6	5,8	6,8	7,6	8,6	9,9	11,4	12,5	12,8	
	3	4,8	6,0	7,1	8,0	9,2	10,8	12,7	14,2	14,7	
	4	5,0	6,3	7,4	8,5	9,9	11,7	14,1	16,3	17,3	
	5	5,1	6,5	7,8	9,0	10,5	12,7	15,8	18,9	21,0	
11	0	4,2	5,1	5,9	6,5	7,2	8,0	8,7	9,0	9,1	
	1	4,4	5,4	6,2	6,8	7,6	8,6	9,5	10,0	10,1	
	2	4,5	5,6	6,5	7,2	8,1	9,2	10,4	11,2	11,3	
	3	4,7	5,8	6,8	7,6	8,7	10,0	11,5	12,6	12,9	
	4	4,8	6,0	7,1	8,1	9,3	10,8	12,8	14,3	14,9	
	5	5,0	6,3	7,5	8,5	9,9	11,7	14,2	16,4	17,5	
12	0	4,1	5,0	5,7	6,2	6,8	7,5	8,1	8,3	8,3	
	1	4,2	5,2	5,9	6,5	7,2	8,0	8,8	9,1	9,2	
	2	4,4	5,4	6,2	6,9	7,7	8,8	9,6	10,1	10,2	
	3	4,5	5,6	6,5	7,3	8,2	9,3	10,5	11,3	11,4	
	4	4,7	5,8	6,8	7,7	8,7	10,0	11,6	12,7	13,0	
	5	4,8	6,0	7,1	8,1	9,3	10,9	12,8	14,4	15,0	

Mehrkostennutzenverhältnis - Tabelle 2 -

Das Maß für die Wirtschaftlichkeit ist das Mehrkostennutzenverhältnis (MNV), das vom Zinssatz, von der jährlichen Verteuerung und der anzustrebenden Amortisationszeit abhängt. Als überschlägiges Richtmaß kann ein MNV von 20 angenommen werden, das die "Divergenz" anzeigt; eine solche Maßnahme amortisiert sich nie - Amortisationszeit = ∞ [24], [31].

Tabelle 3: Wirtschaftliche k-Werte

Aus der Hyperbel-Funktion läßt sich die wirtschaftliche Grenze des k-Wertes ableiten. Darunter liegende k-Werte sind demzufolge unwirtschaftlich. Dieser Grenzwert wird allein aus dämmstoffspezifischen und ökonomischen-finanzmathematischen Werten abgeleitet [24], [31].

Die Tabelle 3 verschafft einen Überblick über die Größenordnungen dieser Grenzwerte, die sich nach der Wirtschaftlichkeit ($MNV = 12$), nach dem gerade noch tolerierbaren Grenzbereich der Wirtschaftlichkeit ($MNV = 15$) und nach dem Kriterium der Divergenz ($MNV = 20$), darüber hinaus für die Wand ($t = 1$), für das Dach ($t = 0,8$) und für den Keller ($t = 0,5$) ergeben. Dabei werden folgende Werte als konstant angenommen:

$100 I = 4 \text{ W/mK}$; $e = 5,0$ ($kl = 0,65 \text{ DM/l Heizöl}$) und $a = 1$ (keine empirischen Korrekturen bezüglich des Wärmebrückeneffektes und der absorbierten Solarstrahlung).

Tabelle 3: Der Dämmstoff-Grenzwert k_g ($\text{W/m}^2\text{K}$) für die Wand, für das Dach und den Keller bei unterschiedlichen

wirtschaftlichen Wertungen (MNV) und unterschiedlichen Dämmstoffkosten k_i (DM/m²cm).

ki	Wand			Dach			Keller		
	MNV			MNV			MNV		
DM/m ² cm	12	15	20	12	15	20	12	15	20
1,80	0,35	0,31	0,27	0,39	0,35	0,30	0,49	0,44	0,38
2,00	0,37	0,33	0,28	0,41	0,37	0,32	0,52	0,46	0,40
2,20	0,38	0,34	0,30	0,43	0,38	0,33	0,54	0,48	0,42
2,40	0,40	0,36	0,31	0,45	0,40	0,35	0,57	0,51	0,44
2,60	0,42	0,37	0,32	0,47	0,42	0,36	0,59	0,53	0,46
2,80	0,43	0,39	0,33	0,48	0,43	0,37	0,61	0,55	0,47
3,00	0,45	0,40	0,35	0,50	0,45	0,39	0,63	0,57	0,49
3,50	0,48	0,43	0,37	0,54	0,48	0,42	0,68	0,61	0,53
4,00	0,52	0,46	0,40	0,58	0,52	0,45	0,73	0,65	0,57
4,50	0,55	0,49	0,42	0,61	0,55	0,47	0,77	0,69	0,60
5,00	0,58	0,52	0,45	0,65	0,58	0,50	0,82	0,73	0,63
5,50	0,61	0,54	0,47	0,68	0,61	0,52	0,86	0,77	0,66
6,00	0,63	0,57	0,49	0,71	0,63	0,55	0,89	0,80	0,69

Der kleinste k-Wert bei Beachtung der Wirtschaftlichkeit (MNV = 12) liegt für Dämmstoffkosten von 1,80 DM/m²cm bei 0,35 W/m²K (Wand), bei 0,39 W/m²K (Dach) und bei 0,49 W/m²K (Keller). Mit steigenden Dämmstoffkosten erhöht sich auch der Grenzwert und liegt für Dämmstoffkosten von 4,50 DM/m²cm (z.B. Perimeterdämmung im Keller) bei einem k-Wert von 0,77 W/m²K. Ein k-Wert von 0,60 W/m²K führt hier zur Divergenz. Die wirtschaftlich zu akzeptierenden k-Werte liegen weitgehend über den heute infolge der Wärmeschutzverordnung erzwungenen k-Werten; sie sind demzufolge (fast) alle unwirtschaftlich. Bei dem verschärften Anforderungsniveau des EnEV verschlimmert sich die wirtschaftliche Situation weiterhin beträchtlich.

Die aus wirtschaftlichen Gründen vorliegende Effizienzgrenze und damit der nach unten limitierte k-Wert wird durch folgende Formel bestimmt [19], [24], [31].

$$k_g = \sqrt{\frac{100 \lambda \cdot k_i}{MNV \cdot e \cdot t \cdot a}} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

k_g = Wärmedurchgangskoeffizient als Grenzwert (W/m²K)

100 l = hundertfacher Wert der Wärmeleitfähigkeit (W/mK)

k_i = Kosten des Dämmstoffes (DM/m²cm)

MNV = Mehrkosten-Nutzen-Verhältnis (nach Tabelle 2, S. 50)

e = Energiekostenkoeffizient (E = 5,0 DM/m²a bei k = 1 W/m²K)

t = Temperaturkoeffizient (Wand: 1,0; Dach: 0,8; Keller 0,5)

a = Regressionskoeffizient, berücksichtigt u.a. Wärmebrückeneffekt und Solarabsorption (a < 1)

Bemerkenswert ist, dass der Grenzwert für Dämmstoff sich nur aus spezifischen Dämmstoffdaten ableiten lässt (100 l und k_i). Als Aufwand (Kosten) werden bei der Grenzwertdämmung also nur die Dämmstoffkosten angesetzt. In der Praxis ergeben sich durch zusätzlich notwendige bauliche Maßnahmen noch "begleitende". Kosten, die beim Nachweis der Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen sind.

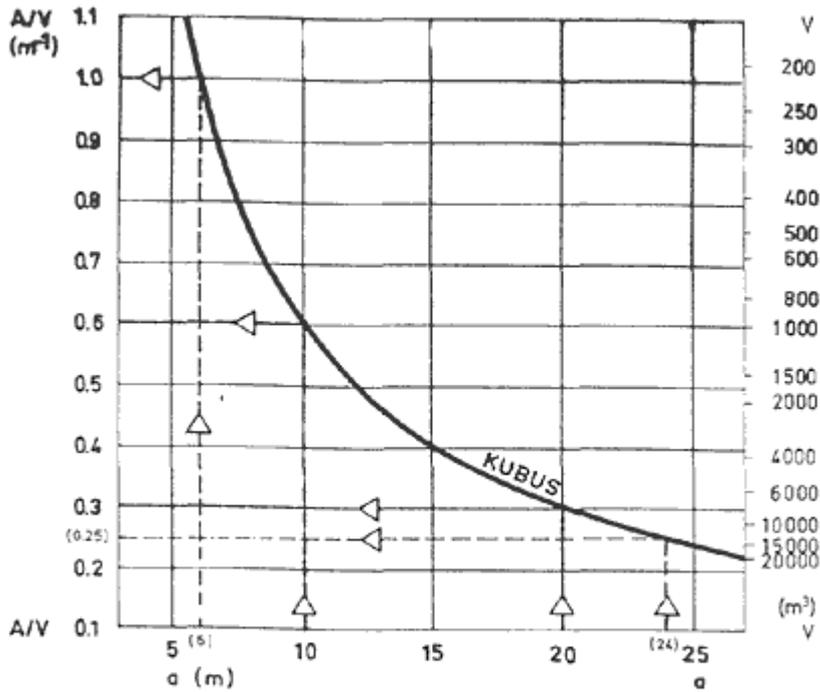


ABB. 27
A/V VERHÄLTNISS UND VOLUMEN
VON EINEM KUBUS

Abb.27: A/V Verhältnis und Volumen beim Kubus

Die Abhängigkeit des Anforderungsniveaus vom A/V -Verhältnis ist methodisch widersinnig. Man meint, ein großes A/V-Verhältnis beschreibe differenzierte und gestalterisch aufgelockerte Baukörper, ein kleines A/V-Verhältnis dagegen einen kompakten, energiesparenden Baukörper. Dies stimmt nur für gleiche Gebäudevolumen, stimmt also nicht generell. Diese Vorstellung aber wird nun unzulässigerweise verallgemeinert und findet seit jeher als Maßstab für das Anforderungsniveau im Wärmeschutz Berücksichtigung. Richtigerweise muß festgestellt werden: Ein Kubus als extrem günstige Form energiesparenden Bauens kann völlig unterschiedliche A/V - Verhältnisse aufweisen. Die Werte reichen von 0,25 (Kantenlänge 24 m mit etwa 13900 m^3) bis 1,0 (Kantenlänge 6 m mit etwa 220 m^3). Die Werte umfassen also die ganze Bandbreite der unterschiedlichen Anforderungen, die sich gemäß Wärmeschutzverordnung nach dem A/V-Verhältnis richten. Die energetisch günstigsten Baukörper müssen also völlig unterschiedliche Wärmeschutzanforderungen erfüllen, je nach geplantem Volumen [44].

$A_N = 0.32 \cdot V$
 $V_L = 0.80 \cdot V$

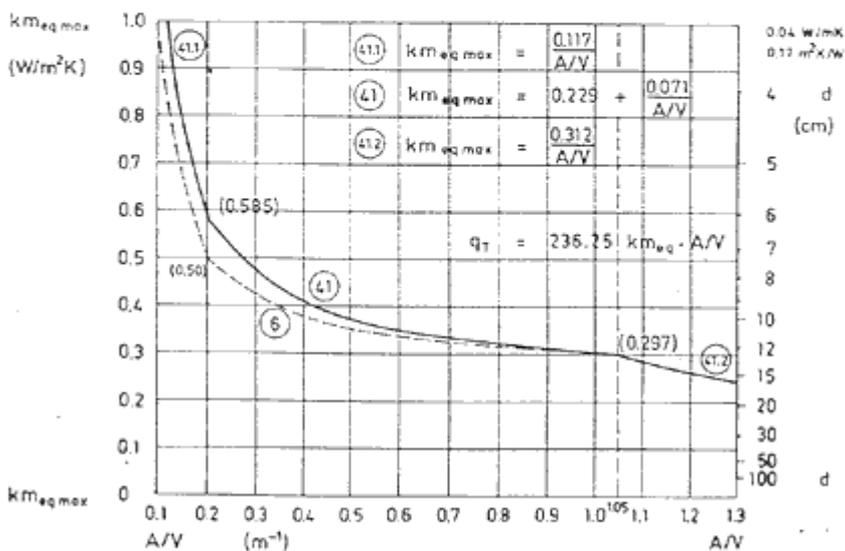
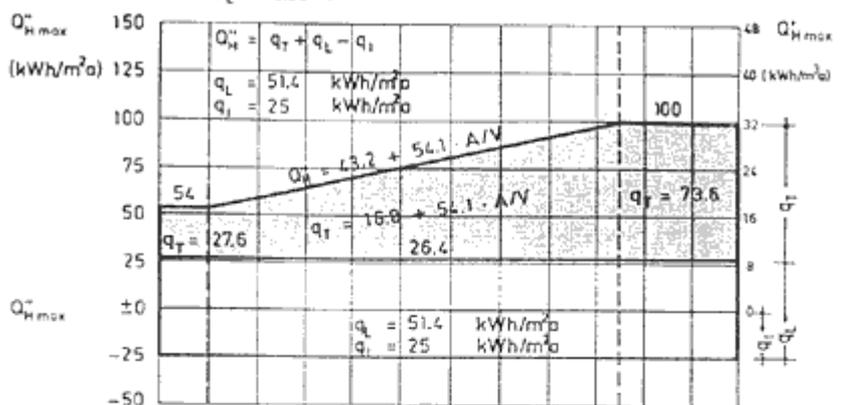


ABB. 28
 WÄRMESCHUTZANFORDERUNGEN
 NORMALFALL

Abb. 28: Wärmeschutzanforderungen Normalfall

Die Wahl normierter Einheitsdaten und die listenreiche Methodik lassen das Energiebilanzverfahren wieder wie früher zu einem üblichen km-Verfahren, diesmal km_{eq} -Verfahren, mutieren. Methodisch hat sich gegenüber der WSchVO 1982 also nichts geändert. Um einen geforderten mittleren k-Wert (km_{eq}) mit dem km-Nachweis zu erreichen, sind k-Werte für die einzelnen Außenbauteile zu wählen. Für die k_F -Werte können infolge der einstrahlenden Sonnenenergie reduzierte k-Werte eingesetzt werden. Maßgebend sind also nach wie vor wieder die k-Werte. Bei speicherfähigen Außenwänden jedoch führen die k-Werte zu falschen Ergebnissen, da die Gültigkeit nicht gegeben ist.

Welche Anforderungen sind nach der Wärmeschutzverordnung 1995 zu erfüllen? Die konstanten Werte für die "internen Gewinne" (25 kWh/m²a) und den "Lüftungswärmebedarf" (51,4 kWh/m²a) führen automatisch zu den verbleibenden zulässigen "Transmissionswärmeverlusten", so dass sich in Abhängigkeit vom A/V Verhältnis mittlere km -Werte ergeben, die zwischen 0,585 (A/V = 0,2) und 0,297 W/m²K (A/V = 1,05) liegen. Somit können auch hier wieder nur k-Werte den geforderten Wärmeschutz erbringen; bei der EnEV ist es nicht anders - und k-Werte sind kein Maß für den Heizenergieverbrauch [22], [44].

Anforderungen Q in der EnEV -Tabelle - 4:

Die Höchstwerte des Jahresheizenergiebedarfs sind in der Tabelle 4 aufgeführt:

Tabelle 4: Höchstwerte des Jahres-Heizenergiebedarfs

A/V	Jahresheizenergiebedarf	Jahresheizenergiebedarf
-----	-------------------------	-------------------------

	Q'(kWh/m³a)	Q"(kWh/m²a)
1	2	3
<= 0,2	12,80	40,00
0,3	15,06	47,06
0,4	17,32	54,12
0,5	19,58	61,18
0,6	21,83	68,23
0,7	24,09	75,29
0,8	26,35	82,35
0,9	28,61	89,41
1	30,87	96,47
>= 1,05	32,00	100,00

Es werden vom Volumen V (neuerdings V_e) und von der Nutzfläche AN abhängige Höchstwerte aufgelistet. Da das Verhältnis Nutzfläche zu Volumen mit 0,32 festgelegt ist und das Verhältnis der beiden Anforderungsniveaus Q' zu Q" ebenfalls 0,32 beträgt, ist es völlig egal, ob über das Volumen oder über die Nutzfläche gerechnet wird; in beiden Fällen kommt das gleiche Ergebnis heraus. Ob nun hohe oder niedrige Raumhöhen vorliegen, beim Nachweis spielt dies überhaupt keine Rolle. Diese völlig unnötige Unterscheidung soll offensichtlich nur eine nicht vorhandene Vielfalt vortäuschen. Insofern ist es eine Farce, wenn als Fußnote dann darauf hingewiesen wird: "Die auf die Gebäudenutzfläche AN bezogenen Höchstwerte gelten ausschließlich bei Gebäuden mit Raumhöhen bis einschließlich 2,60 m". So etwas grenzt an Scharlatanerie und verdimmt den Anwender.

Die durch die k-Wert-Dogmatik entstehenden falschen Berechnungen sollen offensichtlich durch die Angabe des Jahres-Heizenergiebedarfs mit zwei Stellen hinter dem Komma übertüncht werden; um damit eine nicht vorhandene Genauigkeit vorzutäuschen. Praktisch kommt dabei nichts heraus. Die maximale Abweichung von 5/100 kWh bedeuten 5/1000 l Heizöl und das macht bei einem Preis von 65 Pfennigen pro Liter dann ganze 0,325 Pfennig im Jahr aus - man kann es auch übertreiben und sich lächerlich machen.

Bilanzformel Q der EnEV

Der Jahres-Heizenergiebedarf Q für Gebäude ist nach DIN EN 832, 1998 [5] zu ermitteln und sieht wie folgt aus:

$$Q = Q_h + Q_w + Q_t - Q_r$$

Dieser Wert muß der Tabelle 1 im Anhang 1 der EnEV genügen. Diese Tabelle ist die analoge Tab. 1 der WSchVO 95, die dort jedoch nur den Wert Q_H " (hier Q_h) beinhaltet.

Q_h : Der Jahres-Heizwärmebedarf. Diese Größe ist identisch mit dem Q_H "-Wert der WSchVO 95 und darf nur 92% der Q-Werte nach Tab. 1 betragen. Durch diese Regelung liegen die Werte der Tab.1 zwischen 36,8 (statt 40) und 92 kWh/m²a (statt 100kWh/m²a). Damit wird inkognito, nur per Definition, eine weitere Verschärfung der k-Werte erreicht. Immerhin werden die vergleichbaren Werte von 54 auf 36,8 kWh/m²a (um 31,9 % reduziert) und von 100 auf 92 kWh/m²a (reduziert um 8%) verändert. Die Entwurfsfassung vom Dez. 1998 enthielt in 2.1 noch die vereinfachte Berechnung für Q_h , jetzt fehlen diese Formeln und es wird auf DIN EN 832 (30 Seiten) in Verbindung mit DIN V 4108 - 6 (verkürzte Entwurfsfassung 33 Seiten) verwiesen. Die Anwendung wird komplizierter und unübersichtlicher; ein vollkommener Sieg der Bürokratie über den Ingenieur. Es wird deutlich: Durch Unüberschaubarkeit und Verworrenheit von Rechenabfolgen wird systematisch der Verkauf von Programmen zur (fehlerhaften) Berechnung des Wärmeschutznachweises vorbereitet. Ein großes Verkaufsgeschäft mit CD-ROM-Scheiben winkt.

Q_w : Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung. Für Wohngebäude wird der konstante Wert von 4 kWh/m³a, für andere Gebäude mit 0 kWh/m³a angesetzt. Zunächst einmal ist zu sagen: Konstante Werte können weggelassen werden, sie "bereichern" nur unnötigerweise die Berechnung; zum anderen: Gerade der Warmwasserverbrauch ist doch nicht überall konstant - und was geschieht bei den Gebäuden nach § 1, Nr. 2 bis 10, liegt er dort denn überall bei Null? Die Berücksichtigung des Warmwassers kumuliert vollends zur Farce, da der zulässige Jahres-Heizwärmebedarf Q der Tab. 1 um die Warmwasserverbrauchswerte "überschritten werden kann". Was soll dann die Einbeziehung des Warmwassers? Dies ist völlig unsinnig. Warum kann hier nur wegen des Warmwasserbedarfs die maximale Begrenzung des Heizenergiebedarfs überschritten werden? Dies widerspricht doch dem Grundgedanken, den Heizenergiebedarf von Gebäuden zu begrenzen. Die Lösung ist einfach: Da es auch Bauvorhaben gibt, bei denen nun eben kein rechnerisch angesetzter Wasserverbrauch vorliegt ($Q_w = 0$ kWh/m³a), wäre bei genereller Anhebung des zulässigen Heizenergiebedarfs zuviel Spielraum für die anderen Energieverbrauchskomponenten, hier vor allem des Transmissionswärmebedarfs, vorhanden. Die k-Werte könnten damit entlastet werden und dies widerspricht ja der Intention, mit der EnEV auch viel Dämmstoff einzubauen. Es zeigt sich

immer wieder: Dies ist eine technisch unausgereifte, jedoch für bestimmte Industriezweige umsatzsteigernde Verordnung!

Q_f : Wärmeverluste des Heizsystems. Hier ist die Frage zu stellen, wo denn diese Verluste bleiben? Es ist doch anzunehmen, dass sie im Gebäude verbleiben und somit nicht als Heizsystem-Verluste, sondern als innere Wärmegewinne zu betrachten sind. Diese "Verluste" werden doch als "zusätzliche Heizkörper" wirksam.

Q_r : aus der Umwelt genommene Wärme. Nirgends ist ein Hinweis zu finden, dass absorbierte Solarstrahlung mittels Speicherung durch Außenwände berücksichtigt wird. Aber eine solche Form der Nutzung "erneuerbarer Energien" wird systematisch ignoriert; der Beharrungszustand vehement verteidigt, damit der k-Wert bleibt und die Superdämmungen ihre Chance bekommen.

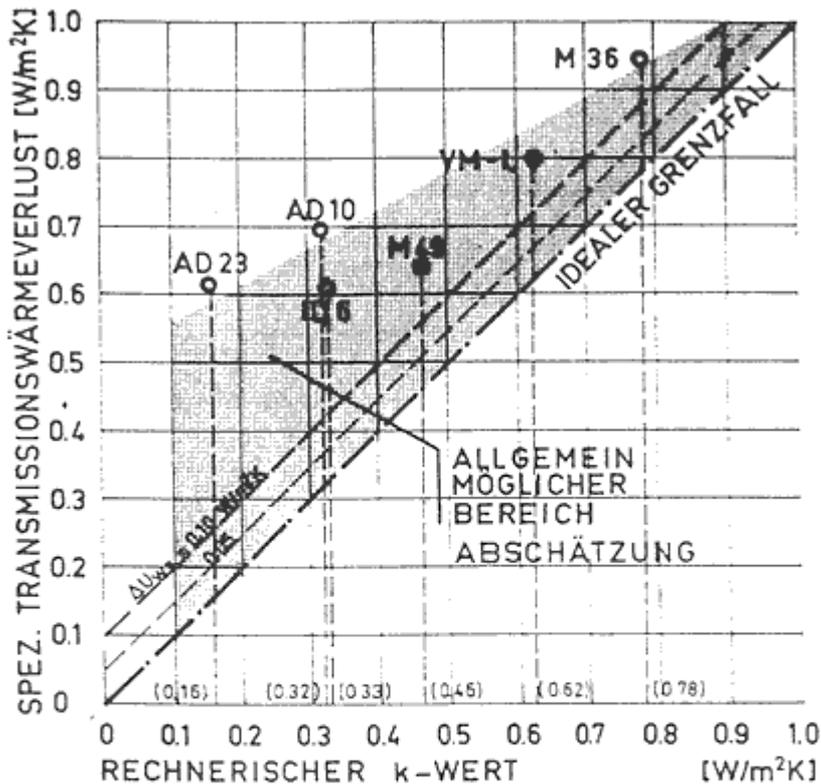


ABB. 29
WÄRMEBRÜCKEFFEKTE IM
WANDBEREICH
QUELLE [13]

Abb. 29: Wärmebrücken

Die Temperaturverteilungen verlaufen bei monolithischen- und Schicht- Konstruktionen unterschiedlich. Der geringste Wärmebrückeneinfluß wird bei einer monolithischen Konstruktion wirksam, dagegen führt eine Schichtkonstruktion infolge der ungünstigen Temperaturverschiebung zu sehr großen Wärmebrückeneffekten.

Die Zuordnung der veränderten k-Wert-Relationen infolge der Wärmebrückeneffekte im Vergleich zum herkömmlichen rechnerischen k-Wert für einzelne Konstruktionsarten wird hier exemplarisch gezeigt [13]. Deutlich ist erkennbar, dass die absoluten Abweichungen bei großen k-Werten (Massiv-Konstruktionen) klein, jedoch bei kleinen k-Werten (Dämmschichtkonstruktionen) recht groß sind. Die prozentualen Verschlechterungen verhalten sich sogar exponential [20].

Es ist demzufolge methodisch falsch, in der EnEV konstante Erhöhungen (0,05 bzw. 0,1 W/m²K) vorzusehen. Dabei sind die vorgesehenen Werte einmal völlig unzureichend, zum anderen aber eine exzellente Benachteiligung der monolithischen Konstruktionen. Die für Außendämmungen zutreffenden Abweichungen müssen wesentlich höher angesetzt werden - so reiht sich ein Fehler an den anderen.

Vereinfachtes Verfahren - Tabelle 5:

Der Entwurf der EnEV [5] enthält im § 3 (5) die Möglichkeit, für Wohngebäude mit nicht mehr als zwei Vollgeschossen oder drei Wohnungen und einem Fensterflächenanteil von 15 bis 30% das "Vereinfachte Verfahren" anzuwenden. Die Tabelle 4 im Anhang 1 der EnEV enthält einzuhaltenden k-Werte, die in der Tabelle 5 aufgelistet werden.

Das "Vereinfachte Verfahren" stellt Anforderungen an die Außenbauteile, die für Dach und Grundflächen, unabhängig von der Ausführung der Heizungsanlagen, k-Werte fordert, die mit 0,17 W/m²K (Dach) und 0,28 W/m²K (gegen unbeheizte Räume und Erdreich) weit jenseits jeglicher Wirtschaftlichkeit liegen; hier müssen die wirtschaftlichen Grenzwerte beachtet werden. Es liegt von Seiten des Verordnungsgebers kein schlüssiger Nachweis vor, der die wirtschaftliche Realisierung derartiger k-Werte dokumentiert.

Diese Festlegungen sind ein typischer Fall, wie ohne Rücksicht auf den Aufwand Dämmstoffmengen eingebaut werden müssen, die energetisch kaum nennenswerte zusätzliche Einsparungen erbringen. Es geht nicht um Energie, es geht um Dämmstoffeinbau.

Tabelle 5: Begrenzung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen

Zeile	Heizungsanlage	Dichtheitsnachweis	Außenwände	Fenster etc.	Geschoßdecke, Dächer	Erdreich, unbeh. R.
	1	2	3	4	5	6
Freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser						
1	Standard	nachgew.	0,34	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,24	1,4	0,17	0,28
2	verbess. Standard	nachgew.	0,44	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,34	1,4	0,17	0,28
3	optimierte Ausführung	nachgew.	0,54	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,44	1,4	0,17	0,28
Reihen-Mittelhäuser						
4	Standard	nachgew.	0,42	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,32	1,4	0,17	0,28
5	verbess. Standard	nachgew.	0,49	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,39	1,4	0,17	0,28
6	optimierte Ausführung	nachgew.	0,56	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,46	1,4	0,17	0,28
Reihen-Endhäuser						
7	Standard	nachgew.	0,30	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,20	1,4	0,17	0,28
8	verbess. Standard	nachgew.	0,38	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,28	1,4	0,17	0,28
9	optimierte Ausführung	nachgew.	0,46	1,4	0,17	0,28
		ohne N.	0,36	1,4	0,17	0,28

Bei den Außenwänden liegen die k-Werte je nach Lage und Bauform zwischen 0,20 und 0,56 W/m²K. Dies führt automatisch zur Dämmschichtkonstruktion bzw. zum WDV-System. Die bewährte monolithische Wand mit ihren vielen bauhygienischen und bauphysikalischen Vorteilen verschwindet damit vom Markt.

Völlig abwegig ist die Regelung, dass ein Haus "mit Dichtheitsnachweis" einen Bonus für die Außenwand von 0,1 W/m²K erhält. Damit wird die Dichtheitsprüfung nach Anhang 4, Absatz 2 förmlich erzwungen - Erpressung wäre hier ein adäquater Ausdruck.

Darüber hinaus werden die k-Werte der Außenwand gestaffelt nach dem "Standard der Heizungsanlage". Dabei wird gemäß Tabelle 3 des Anhangs 1 der EnEV unterschieden:

- 1) Standard: NT-Heizkessel; ≤ 60°C Heizwasser; maximal 15 m in Außenwandschlitz.
- 2) verbesserter Standard: NT-Kessel; ≤ 50°C Heizwasser; nicht in Außenbauteilen.
- 3) optimierte Ausführung:
 - a) Brennwertkessel oder Fernwärme; ≤ 50°C Heizwasser; nicht in Außenbauteilen.

- b) NT-Kessel; $\leq 60^\circ\text{C}$ Heizwasser; Solaranlage mit Nachheizung; nicht in Außenbaut.
 c) monovalente Wärmepumpe; $\leq 50^\circ\text{C}$ Heizwasser; keine Anforderungen.

Je nach Wahl des "Heizungsanlagenstandards", wobei die "optimierte Ausführung" erst einmal den Wirtschaftlichkeitstest bestehen müßte, kann nun für die Außenwand aus dem reichhaltigen Katalog unterschiedlicher Möglichkeiten ein k-Wert entnommen werden, wobei die kostengünstigeren Heizungsanlagen sogleich mit kleineren und damit unwirtschaftlichen k-Werten verknüpft werden. Umgekehrt werden k-Werte einer monolithischen Außenwand sogleich mit unwirtschaftlichen und teuren Heizungsanlagen verknüpft. Unwirtschaftlichkeit wird damit zur "Standardlösung". Auch werden damit die Voraussetzungen für das Konfektionshaus von der Stange geschaffen (ein Baumarkt bietet bereits ganze Häuser an!).

Bestehende Gebäude - Tabelle 6:

Die Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen bestehender Gebäude bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (Anhang 3, Tab. 1 der EnEV) sind hier in der Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6: Begrenzung des Wärmedurchgangskoeffizienten

Zeile	Bauteil	§ 1, Abs. 1, Satz 1	§ 1, Abs. 1, Satz 2
	1	2	3
1 a)	Außenwände	$U_{AW} \leq 0,45$	$U_{AW} \leq 0,75$
b)	nach a, c, d	$U_{AW} \leq 0,35$	$U_{AW} \leq 0,75$
2 a)	Fenster (a, c)	$U_W \leq 1,7$	$U_W \leq 2,8$
b)	Verglasungen (c)	$U_g \leq 1,5$	keine Anforderungen
3 a)	Decken, Dächer (4.1)	$U_D \leq 0,30$	$U_D \leq 0,40$
b)	Dächer (4.2)	$U_D \leq 0,25$	$U_D \leq 0,40$
4 a)	Erdreich (a, d)	$U_{G/u} \leq 0,40$	keine Anforderungen
b)	Erdreich (b, c, e)	$U_{G/u} \leq 0,50$	keine Anforderungen

Bei bestehenden Gebäuden gilt grundsätzlich die Unzulässigkeit und Fragwürdigkeit der nur für den Beharrungszustand geltenden k-Wert-Berechnungen mit den daraus resultierenden Energiebedarfszahlen. Bei Altbauten mit Speichervermögen versagt die stationäre Rechnung. Was hier formuliert wird, entbehrt jeder wissenschaftlichen Grundlage.

Insofern sind die geforderten Wärmedurchgangskoeffizienten wiederum nur fiktiv. Besonders kritisch sind folgende Regelungen:

Außenwände: Bei Fachwerk und bei einer Innendämmung muß ein k-Wert von $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingehalten werden. Fachwerk wird entgegen restaurativer Erfahrungen somit ohne Dämmstoff nicht auskommen. Eine Innendämmung ist aus bauphysikalischen und hygienischen Gründen abzulehnen. Alle anderen Außenwände müssen einen k-Wert von $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ erhalten. Dämmstoff ist also angesagt, Speicherung wird konsequent negiert. Besonders ist hier Punkt d) zu nennen: Wenn der Außenputz bei einem Bauteil mit einem k-Wert $\geq 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, also einer massiven, speicherfähigen Konstruktion, erneuert wird, dann gilt ebenfalls ein k-Wert von $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Protagonisten dieser EnEV kennen also nur Dämmstoff und WDV-Systeme. Ein Altbau muß also verpackt und damit von der Solarstrahlung abgekoppelt werden - ein bautechnischer Skandal. Was dies mit "Nutzung der Solarenergie" zu tun hat, wissen nur die "k-Wert-Dogmatiker" mit ihrem sektiererischen Beharrungsdenken.

Keller: Wenn für Wände und Decken gegen unbeheizte Räume und gegen Erdreich k-Werte von $0,4$ bzw. $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert werden, dann liegen diese Werte infolge eines verminderten Temperaturgefälles jenseits der Wirtschaftlichkeitsschwelle.

Dächer: Auch bei Steil- und Flachdächern (k-Werte von $0,30$ bzw. $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$) wird der Wirtschaftlichkeitsnachweis nur schwer zu führen sein. Auch müssen die konstruktiven Schwierigkeiten bedacht werden, die mit der Erfüllung dieser Anforderungen einhergehen.

Da kleine k-Werte wegen der zu geringen zusätzlichen Energieeinsparung immer zur Unwirtschaftlichkeit neigen, muß im einzelnen geprüft werden, inwieweit die Wirtschaftlichkeit gemäß dem im EnEG enthaltenen Wirtschaftlichkeitsgebots auch gegeben ist. Der § 8 (2), Satz 4 der Wärmeschutzverordnung 1995 enthält noch folgende Aussage: "Die Sätze 1 und 3 gelten nicht, wenn im Einzelfall die zur Erfüllung der dort genannten Anforderungen aufzuwendenden Mittel außer Verhältnis zu der

noch zu erwartenden Nutzungsdauer des Gebäudes stehen".

Hier also wurde noch klar darauf hingewiesen, dass die aufzuwendenden Mittel im vernünftigen Verhältnis zum erwarteten Nutzen stehen müssen. Ist dies nicht der Fall, dann gelten die formulierten Anforderungen nicht. Wirtschaftlichkeit wird also an dieser Stelle noch akzeptiert.

In der EnEV stehen derartige Absätze nicht mehr. Der Grund ist leicht zu erraten: Die Anforderungen sind weitgehend unwirtschaftlich.

2.2 Absurde Beispielrechnung

Im Anhang 1, Absatz 2 der EnEV wird das Rechnungsverfahren zur Ermittlung des Jahres- Heizenergiebedarfs Q vorgestellt; die Berechnung hat demzufolge nach DIN EN 832 zu erfolgen. Diese DIN-Norm vom Dezember 1998 enthält 30 Seiten und verwirrt mit ihren Aussagen mehr als sie aufklärt; sie ist deshalb völlig unpraktikabel. Darüber hinaus ignoriert sie auch die Speicherfähigkeit von Außenbauteilen; der k-Wert ist damit nur für den Beharrungszustand anwendbar. Fälschlicherweise steht im Anhang D.5.1 der DIN-EN 832 über die "Solaren Wärmegewinne von opaken Teilen der Gebäudehülle": "Die jährlichen solaren Nettowärmegewinne ... können vernachlässigt werden". Durch die vielen methodischen und inhaltlichen Fehler werden somit Ergebnisse "berechnet", die weit ab von realistischen Sachverhalten liegen.

Solche "Phantomrechnungen" werden im Anhang zur EN 832 sogar bestätigt. Der Anhang K behandelt die "Fehlerfortpflanzung", wobei das Gaußsche Fehlerfortpflanzungsgesetz ja die Folgen nicht zu vermeidender Meßungenauigkeiten beschreibt, aber nicht, wie hier in der DIN-EN 832 vorliegend, auf "methodische Fehler" und ungenaue, realitätsferne Daten angewendet werden kann. Es ist höchst irrelevant, bei methodischen Fehlern sich auf Gauß berufen zu wollen.

Immerhin heißt es, dass bei "geringen Abweichungen beim Wärmeverlust schon große Abweichungen im Ergebnis zu verzeichnen sind". Aber gerade die Abweichungen infolge der Ungültigkeit der k-Werte als "Maß der Wärmeverluste" sind besonders groß - somit kann die ganze Rechnung nach DIN EN 832, und damit natürlich auch nach der EnEV, nicht stimmen. Es ist geradezu perfide, mit solchen Zugeständnissen nun selbst auf die Unzuverlässigkeit der Berechnung aufmerksam zu machen.

Diese Unzulänglichkeit der Berechnung wird auch im Anhang L "Beispielrechnung" dokumentiert. Die Tabelle L 9 listet die Heizwärmebedarfswerte für die einzelnen Monate und den Gesamtbetrag auf und enthält auch das Ergebnis für die Heizperiode.

Das Ergebnis ist in beiden Fällen: 30000 MJ \pm 13000 MJ oder in kWh: 8333 kWh \pm 3611 kWh

Mit einer solchen Abweichung werden alle bisherigen Berechnungen in den Ingenieurwissenschaften verhöhnt. Eine Abweichung um \pm 43,3 % ist ein Skandal. Immerhin liegen mögliche Ergebnisse dann zwischen 4722 kWh und 11944 kWh, immerhin das 2,53 fache. Ein solches Ergebnis kann nicht ernst genommen werden; die ganze DIN-EN 832 gehört deshalb in den Papierkorb.

Wird darüber hinaus bei einem Volumen von 279,6 m³ (Innenraum + Wintergarten) über den Faktor 0,32 die Nutzfläche von 89,5 m² berücksichtigt, so ergibt sich ein Heizwärmebedarf von 93,1 kWh/m²a \pm 40,3 kWh/m²a. Die möglichen Ergebnisse liegen dann zwischen 52,8 kWh/m²a und 133,5 kWh/m²a.

Es ist ein Witz, mit einem solchen Ergebnis die Baufachwelt beglücken zu wollen. Eine derartige Streuung entbehrt jeder soliden wissenschaftlichen Arbeit. Aber die Werte selbst sind bereits eine Verhöhnung. Wo bleibt hier die 25 bis 30 %ige Verbesserung gegenüber der Wärmeschutzverordnung, die bereits Werte zwischen 54 und 100 kWh/m²a vorschreibt?

Auch kann der geforderte "Energiebedarfsausweis" bei solchen haarsträubenden Ergebnissen überhaupt nicht ernst genommen werden. Die Juristen finden jedenfalls hier ein reichhaltiges Betätigungsfeld vor, wenn der Kunde, wie ihm ja immer vorgegaukelt wird, die dort angegebenen "Bedarfswerte" einmal juristisch einfordern sollte.

Ausnahmen und Härtefälle

Wer verantwortungsbewußt als Architekt und Planer gegenüber seinem Bauherrn handelt und die unwirtschaftlichen Konstruktionen vermeiden will, dem eröffnen sich Möglichkeiten, sich generell von den Anforderungen befreien zu lassen [29], [34].

Bei der Brüchigkeit des gesamten EnEV-Gefüges muß deshalb, wenn es soweit kommt, die ganze Aufmerksamkeit verstärkt den Möglichkeiten gewidmet werden, sich dem Diktat dieser EnEV (der Aktualität wegen werden die entsprechenden

Passagen der Wärmeschutzverordnung ebenfalls genannt, denn hier wird es genau so wichtig) zu entziehen.

Bei Baulichen Änderungen bestehender Gebäude bietet die WSchVO 1995 § 8, Absatz (2) folgende Möglichkeit: Die Sätze 1 und 3 im Absatz (2) verweisen auf die Anforderungen gemäß Anlage 3, Tabelle 1 (Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen). Der Satz 4 lautet dann sinngemäß: "die Sätze 1 und 3 gelten dann nicht, wenn zur Erfüllung dieser Anforderungen die aufzuwendenden Mittel in keinem Verhältnis zu der noch zu erwartenden Nutzungsdauer stehen". Das heißt im Klartext:

Wenn im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen die Amortisationszeit der Aufwendungen größer als die Restnutzungsdauer des Gebäudes ist, dann gelten diese Anforderungen der Anlage 3, Tabelle 1 nicht. Man kann somit ohne weiteres davon abweichen. Diese Möglichkeit besteht bei der EnEV allerdings nicht, dieser Passus wurde gestrichen.

Ausnahmen werden im § 16 (1) der EnEV [WSchVO 1995 analog im § 11 (2)] behandelt. Absatz (1) lautet: "Soweit bei Baudenkmalern oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz die Erfüllung der Anforderungen dieser Verordnung das Erscheinungsbild beeinträchtigen oder zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen würde, lassen die nach Landesrecht zuständigen Stellen Ausnahmen zu".

Neben Baudenkmalern wird auch bei erhaltenswerter Bausubstanz zugestanden, dass ein unverhältnismäßig hoher Aufwand Ausnahmen, also Abweichungen von der Wärmeschutzverordnung, zulassen. Dies bedeutet letztendlich auch hier, dass die Wirtschaftlichkeit das Maß für die Bemessung ist und diese bei einer Baumaßnahme gegeben sein muß. Die Einhaltung des Wirtschaftlichkeitsgebotes im EnEG und damit auch des ökonomischen Grenzwertes k_g (s. Tabelle 3) wird damit eingefordert. Diese Ausnahmen stehen einem also rechtlich zu.

Absatz (2) der EnEV [WSchVO 1995, sinngemäß Absatz (3)] lautet: "Soweit durch andere als in dieser Verordnung vorgesehene Maßnahmen die Ziele dieser Verordnung im gleichen Umfang erreicht werden, lassen die nach Landesrecht zuständigen Stellen auf Antrag Ausnahmen zu. In einer Allgemeinen Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung kann mit Zustimmung des Bundesrates bestimmt werden, unter welchen Bedingungen die Voraussetzungen nach Satz 1 als erfüllt gelten".

Dieser Absatz besteht aus zwei Sätzen. Die Anwendung des Satzes 1 bietet zwei Möglichkeiten:

1) Da die in Anlage 1, Tabelle 4 und Anlage 3, Tabelle 1 der EnEV [WSchVO 1995 entsprechend Anlage 1, Tabelle 2 und Anlage 3, Tabelle 1] geforderten k-Werte eine effiziente und aufwandsminimierende Erfüllung der WSchVO durch optimale Verteilung dieser k-Werte nicht berücksichtigt (die Streuung ist z.T. derart groß, dass Investitionsmittel förmlich vergeudet werden), kann eine Änderung der k-Werte hier Abhilfe schaffen [44].

2) Wenn bei den Außenkonstruktionen durch Wahl eines speicherfähigen Materials die Solarabsorption, die erhebliche Reduzierungen des Heizwärmebedarfs nach sich zieht, mit berücksichtigt werden kann, dann werden effektive k-Werte erreicht, die die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung leicht erfüllen. Durch Berücksichtigung des Speichervermögens einer Außenwand werden die stationären k-Werte durch einen Bonus-Anteil verringert. In der Fachliteratur ist dies als Solargewinnfaktor bekannt [14]. Dieses Vorgehen wird durch Heizenergieverbrauchsanalysen von Altbauten untermauert, ist fachlich-technisch legitim und würde die Erfüllung der Anforderungen "durch andere Maßnahmen" nachweisen [30], [33].

Bedauerlicher Nebeneffekt: Alle diese konstruktiv sinnvollen Wege mit effizienten baulichen Lösungen bedürfen der besonderen Genehmigung, während die gemäß Wärmeschutzverordnung geforderten uneffektiven und damit willkürlich ausgewählten baulichen Lösungen sofort möglich sind! (Ein vollkommener Sieg der Bürokratie über die Sachlichkeit!).

Der Satz 2 enthält viel Zündstoff, denn in der WSchVO 95 ist er noch nicht enthalten. Immerhin bestimmt hier die "Bundesregierung" in einer Verwaltungsvorschrift, was unter Satz 1 zu verstehen ist und es ist auch schon geäußert worden, dass "Solargewinne von Außenbauteilen" nicht dazu gehören. Damit wird der Willkür Tür und Tor geöffnet. Die administrative Diktatur würde damit weiter zunehmen, Falsches brutal durchgesetzt werden.

Bei der grundsätzlichen Schiefelage der gesamten EnEV (und auch der WSchVO 95) wird diese selbst zum Härtefall. Die Härtefälle werden im § 17 EnEV [WSchVO 1995 im § 14] behandelt. Dort heißt es:

"Die nach Landesrecht zuständigen Stellen können auf Antrag von den Anforderungen dieser Verordnung befreien, soweit die Anforderungen im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen." Hier wird es deutlich gesagt: Ein unangemessener Aufwand ist eine unbillige Härte. Wenn also gemäß der Forderung des EnEG die Wirtschaftlichkeit nicht nachgewiesen werden kann, dann muß auf Antrag befreit werden. Dann müssen die geforderten k-Werte nicht eingehalten werden. Diese rechtliche Möglichkeit kommt bei der Umsetzung der Anforderungen fast immer zum Tragen und sollte konsequent im Interesse der Bauherren ausgeschöpft werden. Deshalb kann beim Nachweis der Unwirtschaftlichkeit einer Energieeinsparmaßnahme der Härteparagraph durchaus in Anspruch genommen werden. Bei einem sinnvollen Wärmeschutz wird der Nachweis der Wirtschaftlichkeit damit zur zentralen Aufgabe planerischer Arbeit.

Neu sind die Bußgeldvorschriften im § 18 der EnEV. Interessanterweise werden diese erst nach Fertigstellung des Entwurfes formuliert. Offensichtlich sollen noch nicht alle Karten des beabsichtigten administrativen Zwanges auf den Tisch gelegt werden.

Immerhin sind die bisherigen Wärmeschutzverordnungen ohne Zwangsmaßnahmen ausgekommen. Mit dem stetigen Verschärfen des Anforderungsniveaus erreicht man jedoch Dämmbereiche, die gegenüber dem Bauherrn keineswegs mehr zu verantworten sind - Unwillen und Widerstand macht sich allgemein bemerkbar. Insofern ist es schon recht erstaunlich, dass nun Bußgeldvorschriften die Beteiligten gefügig machen sollen. Dabei wären Gespräche mit den kritischen Stimmen viel hilfreicher und von so eminent wichtiger Bedeutung.

Werden all diese Aspekte berücksichtigt, so muss auch der § 15 der EnEV "Regeln der Technik" sehr kritisch gesehen werden. Hier wird von der "Bundesregierung" festgelegt, welche DIN-Normen, Vorschriften und sonstige Bestimmungen zu den "anerkannten Regeln der Technik" gehören. Diese Anmaßung macht das Maß voll. Wie können Bürokraten bestimmen, was eine "Regel der Technik" ist. Administrativer Druck und Selbstherrlichkeit darf keineswegs Erfahrungswissen und bewährte Baumethoden außer Kraft setzen. Aber offensichtlich maßen sie sich an, dies alles zu beseitigen!

In diese Kategorie fällt auch der § 13, der die "Ausweise über Energie- und Wärmebedarf sowie Energieverbrauchszahlen" regeln soll [in der WSchVO 1995 ist es der § 12 - Wärmebedarfsausweis]. Bei der generellen nachweisbaren Fragwürdigkeit der eingesetzten Berechnungen muss hier von einem skandalträchtigen Vorgehen gesprochen werden, da diese Ausweise nach Absatz (3) rechtliche Bedeutung erlangen. Die Frage sei erlaubt: "Besteht ein Rechtsanspruch (!) auf diese (falsch) berechneten Energiebedarfswerte?"

Schlußbemerkung:

Wer den konstruktiven Unfug von Superdämmungen verwirklichen will, der kann dies tun, nur sollte er nicht meinen, damit etwas für den Umweltschutz getan zu haben, das Gegenteil ist der Fall, hier unterliegt er infolge selektiver Informationspolitik einem Irrtum. Stattdessen verteuert er nur unnötigerweise das Bauvorhaben - und sorgt für Umsatzsteigerungen in der Dämmstoff-Industrie.

Außerdem muß nochmals daran erinnert werden, dass das stationäre Rechnen nach DIN 4108 durch die instationären Verhältnisse in der solarbedingten 24-Stunden Periode fehlerhaft ist und zu falschen Ergebnissen führt; dies geschieht in der WSchVO 95, in der EnEV und bei jeder Heizwärmebilanzberechnung wie in der DIN EN 832.

Die konstruktiven Veränderungen und Entwicklungen in Richtung "Energiesparhaus" sind einseitig, unwirtschaftlich und beruhen teilweise auf Denkfehlern. Die Folge ist die Verunsicherung der Baufachwelt, begleitet mit der Zunahme von Bau- und Feuchteschäden. Suggestivangesetzte und eloquent vorgetragene Argumente vervollständigen die Irritationen.

Wenn Mathematik, Logik und Naturgesetze zum Tragen kommen, entlarvt sich der praktizierte Wärmeschutz zum mühsam errichteten Phantomgebilde. Im Bauen muß endlich wieder eine solide Bautechnik mit soliden Grundlagen die Oberhand gewinnen. Es gilt, Baukultur zu bewahren [32], [35], [36], [38].

Insofern trifft es voll zu, was Steinbuch bereits in den 70er Jahren gesagt hat [43]: "Es ergibt sich zwangsläufig aus dem gegenwärtigen Umgang mit der Information, der - ähnlich dem Umgang der Alchimisten mit ihren Elixieren - mit Verstand und Verantwortung wenig, mit Unverstand, Täuschung und Betrug aber viel zu tun hat. Wir werden zugleich informiert, verwirrt und betrogen, wir sehen kaum mehr die Wirklichkeit, fast nur noch Kulissen und Spiegelbilder".

Weitere Informationen zum Thema sind in [15] zu erhalten.

Literatur:

[1] Arge UTEC-IFEU, Bremen/Heidelberg. Energiekonzept für Wedel, Nov. 1988.

[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] Entwurf der "Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden" (Energieeinsparverordnung - EnEV) - Juni 99. § 15 "Regeln der Technik".

[6] Feist, W.: Ist Wärmespeichern wichtiger als Wärmedämmen? Institut für Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt, Mai

1987.

- [7] Gertis, K.: Das hochgedämmte massive Haus. Bundesbaublatt 1983, H. 3, S. 149 und H. 4, S. 203. [8] Gertis, K. : Wärmedämmung innen oder außen? Deutsche Bauzeitschrift 1987, H. 5, S. 63.
- [9] Gertis, K. : Ist die Außenwanddämmung sinnlos? Kritische Betrachtungen zu einem Artikel von H. Wichmann und Z. Varsek. Allgemeine Bauzeitung 1983, Nr. 30, S. 3; Nr. 31, S. 6 und 9.
- [10] Gösele, K.: Fortschritte beim baulichen Schallschutz. Deutsches Architektenblatt 1986, H. 8, S. 935.
- [11] Hauser, G. : Der k-Wert im Kreuzfeuer - Ist der Wärmedurchgangskoeffizient ein Maß für Transmissionswärmeverluste? Bauphysik 1981, H. 1, S. 3.
- [12] Hauser, G. : Umweltbewußtes, energiesparendes Bauen. Baugewerbe 1991, H. 18+19
- [13] IBP-Bericht B HO 8/83 - II: Untersuchungen über den effektiven Wärmeschutz verschiedener Ziegelaußenwandkonstruktionen. Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart. Auftraggeber: Ziegelforum e. V. München.
- [14] IBP-Bericht EB-8/1985. Auswirkungen der Strahlungsabsorption von Außenwandoberflächen und Nachtabsenkung der Raumlufttemperaturen auf den Transmissionswärmeverlust und den Heizenergieverbrauch. Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart. Auftraggeber: Ziegelforum München.
- [15] Internet bei: "Altbau und Denkmalpflege Informationen" unter "Bauphysik":
<http://www.konrad-fischer-info.de>
- [16] Meier, C.: Wärmedämmung und Luftfeuchtigkeit. RG-Bau Merkblatt Nr.81 , RKW-Eschborn, Best. Nr. 932, 1987.
- [17] Meier, C.: Feuchteschäden an Außenbauteilen - zum Problem der Schimmelpilzbildung an Außenwänden von Räumen. Berliner Bauwirtschaft, Sondernummer Okt. 1987, S. 21.
- [18] Meier, C.: Der kleine Irrtum beim Tauwasserschutz. Klima-Kälte-Heizung 1989, H.9, S. 404.
- [19] Meier, C.: Das Dilemma der Dämmstoff-Maximierer. Berlin-Brandenburgische Bauwirtschaft 1992, H. 5, S. 160.
- [20] Meier, C.: Der Wärmebrückeneinfluß von Außenkonstruktionen. Berlin-Brandenburgische Bauwirtschaft 1992, H. 18, S. 518.
- [21] Meier, C. Das Fenster als energetischer Aktivposten. Berlin-Brandenburgische Bauwirtschaft 1992, H. 19, S. 554.
- [22] Meier, C.: Ökologisch-ökonomische Aspekte der Energieeinsparung. das bauzentrum, 1994, H. 5, S. 26.
- [23] Meier, C.: Wärmeschutzverordnung 1995 - null und nichtig. Berlin-Brandenburgische Bauwirtschaft 1995, Heft 19, S.12 bis 14; das bauzentrum 1995, Heft 6, S. 132 bis 134.
- [24] Meier, C.: Investitions- und Folgekosten bei Bauvorhaben. Bedeutung und Planungskonsequenzen. Renningen-Malmsheim, expert verlag 1996, 2. Auflage, Band 246, 162 Seiten.
- [25] Meier, C.: Speicherung beim Gebäudewärmeschutz. Wohnung + Gesundheit 1997, H. 3 (Nr. 82), S. 38.
- [26] Meier, C.: Humane Wärme. Strahlungswärme als energiesparende Heiztechnik. bausubstanz 1999, H. 3, S. 40.
- [27] Meier, C.: Auf Abstand. Zur Effizienz von Schallschutzfenstern im Vergleich zu Kastenfenstern. deutsche bauzeitung 1999, H. 3, S. 132.
- [28] Meier, C.: Das Fenster und die Wärmeschutzverordnung. Fenster im Baudenkmal 1998, Tagungsbeiträge Kapitel 4, Herausgeber: PaX Holzfenster GmbH. Lukas Verlag, Berlin 1999.
- [29] 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.
- [30] Meier, C.: Gut gespeichert ist auch gedämmt. deutsche bauzeitung 1999, H. 5, S. 138.

- [31] Meier, C.: Wirtschaftlichkeit von Energiesparkonstruktionen. DBZ 1999, H. 6. S. 99.
- [32] Meier, C.: Ein Anschlag auf die Baukultur. Kritik am Entwurf der DIN 4108, Teil 2. bausubstanz 1999, H. 9, S. 42.
- [33] Meier, C.: Speicherung im Massivbau. Mauerwerksbau aktuell 2000, Jahrbuch für Architekten und Ingenieure. Beuth Verlag Berlin/Wien/Zürich, Werner Verlag Düsseldorf.
- [34] Meier, C.: Alles was recht ist. Rechtliche Randbedingungen des Gebäudewärmeschutzes. bausubstanz 2000, H. 2, S. 45.
- [35] Meier, C.: Wohnungsbestand und Wärmeschutz, Kritisches zur Energieeinsparverordnung. Wohnen 2000, H. 2, S. 64.
- [36] Meier, C.: Widersprüche im Wärmeschutz - Die allgegenwärtige k-Wert-Euphorie. Power Management + Intec, 2000, H. 2 (April), S. 24.
- [37] Meier, C.: Contra EnEV 2000. Leonardo 2000, H. 3, S. 13.
- [38] Meier, C.: Bauphysik - aus den Gleisen geraten. bausubstanz 2000, H. 11/12, S. 48.
- [39] Meyers Enzyklopädisches Lexikon. Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich, Band 18, 1978, S. 747.
- [40] Pohl, W.H.: Wärmeschutzverordnung 1995 - Konsequenzen für die Konstruktion von Anschlußpunkten. Baumeister-Sonderheft Oktober 1995, S. 12.
- [41] Probst, M.: Stellungnahme der AK Rheinland-Pfalz und Hessen zum Entwurf der EnEV, xxxx 1999.
- [42] Reeker, J.; Kraneburg, P.: Haustechnik - Heizung, Raumluftechnik, Werner Verlag Düsseldorf 1994.
- [43] Steinbuch, K.: Maßlos informiert. Die Enteignung unseres Denkens. Goldmann Sachbuch 11 248, 11/1979.
- Eine Materialiensammlung, die die Zusammenhänge im Wärmeschutz aufzeigte, wurde im Mai 1998 vertragswidrig vom Markt genommen:
- [44] Meier, C. (Hrsg): Wärmeschutzplanung für Architekten und Ingenieure Rudolf Müller Verlag, Köln 1995, 2 Bände mit insgesamt ca. 1800 Seiten.