

Bauen und Gesundheit: Beitrag der Bauphysik zur Richtigstellung "baubiologischer" Behauptungen

Autor(en): **Gertis, Karl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE proceedings = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **12 (1988)**

Heft P-126: **The art of construction and health: contribution of building physics to correcting "biotechnical" claims**

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-41128>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bauen und Gesundheit

Beitrag der Bauphysik zur Richtigstellung «baubiologischer» Behauptungen

The Art of Construction and Health

Contribution of Building Physics to Correcting «Biotechnological» Claims

L'art de construire et la santé

Contribution de la physique des bâtiments à la rectification d'assertions «biotechnologiques»

Karl GERTIS

Prof. Dr.-Ing.
Universität Stuttgart
Stuttgart, Bundesrep. Deutschland



1963 Diplom Technische Universität München. 1968 Promotion Universität Stuttgart. 1972 Habilitation und Privat-Dozent für Bauphysik Universität Stuttgart. 1976 Ordentlicher Professor für Bauphysik und Baustofflehre der Universität Essen. 1984 Ordinarius für konstruktive Bauphysik der Universität Stuttgart und – in Personalunion – Mitglied der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (Stuttgart und Holzkirchen).

ZUSAMMENFASSUNG

Im deutschsprachigen Raum machen in letzter Zeit sog. «Baubiologen» von sich reden, welche behaupten, das Bauen und Wohnen in Gebäuden mit moderner Bauart und neuzeitlichen Baustoffen sei ungesund bzw. für den Bewohner gesundheitsgefährlich. Hierbei werden Argumente verwendet und verbreitet, die bauphysikalisch unhaltbar sind. Der vorliegende Artikel stellt diese Fehlbehauptungen richtig.

SUMMARY

Recently, in German speaking countries, so-called biotechnologists have caused the health and safety aspects of modern construction methods and materials to become a talking point. They maintain that the health of the occupants can be endangered, using arguments which are untenable from the building physics point of view. This present article aims at correcting these views and helping to prevent their dissemination.

RÉSUMÉ

Ces derniers temps, dans les pays de langue allemande, des soi-disant «biotechnologues» font parler d'eux en prétendant que la réalisation et l'habitation dans des bâtiments exécutés selon des méthodes modernes et avec des nouveaux matériaux de construction sont dangereuses pour la santé des habitants: des arguments inacceptables du point de vue de la physique des bâtiments sont utilisés et diffusés. Le présent article a pour objet de corriger ces fausses assertions.



1. AUSGANGSSITUATION

Wenngleich das Bauen und Wohnen - gemessen an den Wohnbedingungen früherer Jahrhunderte - noch nie so gesund waren wie heute, so wird in letzter Zeit vor allem wegen diverser Äußerungen sog. "Baubiologen" viel über verfehlte Baukonstruktionen und ungesunde Raumklimaverhältnisse geredet. Typische Behauptungen sind:

- Wir leben in ungesunden Vier Wänden; unsere Behausungen machen uns krank.
- Die Luft in den Innenräumen weise Schadstoffkonzentrationen auf, die gesundheitsgefährdend seien.
- Unsere Außenwände "atmen" nicht mehr, wir haben uns hermetisch "totgedämmt".
- Die Wärmedämmung der Bauten schade überhaupt, weil sie die Solarenergie von den Gebäuden abschotte.

Keine der vorgenannten "Irrlehren" trifft wirklich zu. Dennoch haben sich derartige "baubiologische" Pseudoargumente stark verbreitet und zu großer Unsicherheit geführt. Dies liegt daran, daß Vermutungen und Verdachtsäußerungen beim Publikum offensichtlich mehr Aufmerksamkeit finden und tiefer gehen als belegbare Fakten. Charakteristisch für "baubiologische" Äußerungen ist, daß sie rein affirmativ vorgetragen werden, ohne daß der Beweis für die Richtigkeit der vorgebrachten These geliefert wird. Dem Meinungskontrahenten wird hierdurch aufoktroiert, den Gegenbeweis anzutreten. Diese Pervertierung der Beweislast widerspricht echtem wissenschaftlichem Disput und ist im Kern unseriös. Jedermann, der eine fachliche Meinung äußert, ist nämlich verpflichtet, auch den Beweis für die Richtigkeit seiner Äußerungen mitzuliefern. Der Beitrag der Bauphysik in dieser unsachlich geführten Diskussion besteht vor allem darin, mit physikalischen Methoden und Messungen die Grundzusammenhänge aufzuzeigen.

In [1], worin der Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau die zum Politikum hochgespielte Frage nach Gesundheitsgefährdungen beim Bauen und Wohnen aufgreift, wird zum Begriff "Baubiologie" ausgesagt: "Baubiologie ist ein Begriff, in dem sich der Wunsch nach gesundem, naturverbundenem Wohnen widerspiegelt. Allerdings handelt es sich dabei um einen nicht geschützten Phantasiebegriff ohne fachliche Basis. Derjenige, der sich damit befaßt, braucht weder etwas vom Bauwesen noch von der Biologie oder Medizin - alles anerkannte Disziplinen - zu kennen". Die Berufsbezeichnungen "Baubiologie", "Biotekt" u. ä. sind deshalb irreführend. Zu einer ähnlichen Auffassung gelangt der Autor [2], welcher die "Baubiologie" in die Kategorie der "terribles simplificateurs" einordnet.

Versucht man - wenn überhaupt möglich - das Konglomerat "Baubiologie" etwas genauer zu analysieren, so kristallisieren sich die in Bild 1 schematisch dargestellten vier Betätigungsfelder heraus. Das rechts abgebildete Feld "Alternativ-Ideologie" hat primär nichts mit technisch-bauphysikalischen Inhalten zu tun. Es stellt offensichtlich eine geistige Bewegung zum Ende unseres Jahrhunderts dar, die sich in einer - durchaus positiven! - Einstellung zur Natur und zur Umwelt ausprägt. Dieser Re-Naturalismus scheint vergleichbar mit anderen starken Richtungen in der Geschichte, etwa mit dem Neohumanismus des 18. Jahrhunderts. Die übrigen drei Wurzeln der "Baubiologie" sind bauphysikalischer bzw. bauchemischer Natur. Derzeitige gesicherte Erkenntnisse bieten keinerlei Anlaß zur Aufregung oder Panikmache. Wie in [1] weiter ausgeführt, besteht kein seriöser Anlaß zu gesundheitlichen Bedenken gegenüber unseren Wohnungen; zwei wörtliche Zitate illustrieren dies:

- Der Wohnungsstandard hat in der Bundesrepublik Deutschland ein hohes Niveau erreicht. Das gilt vor allem für die Hygiene: unsere Neubauten sind gut be-

lichtet und besonnt, sie lassen sich wirksam lüften und bedienungsfreundlich heizen. Die Versorgung mit Trinkwasser sowie die Beseitigung von Müll und Abwasser sind auf hohem hygienischen Stand.

- Gegen die bewährten Baustoffe, aus denen unseren Wohnungen gebaut werden, bestehen keine gesundheitlichen Bedenken. Auch die Verwendung neuer Baustoffe ist unbedenklich, sofern sie von den zuständigen Behörden auf Unschädlichkeit geprüft sind. Im übrigen haben sich die Methoden zum Erkennen von Gesundheitsgefährdungen durch Baustoffe so verbessert, daß die Behörden schnell reagieren und Sicherungsmaßnahmen treffen.

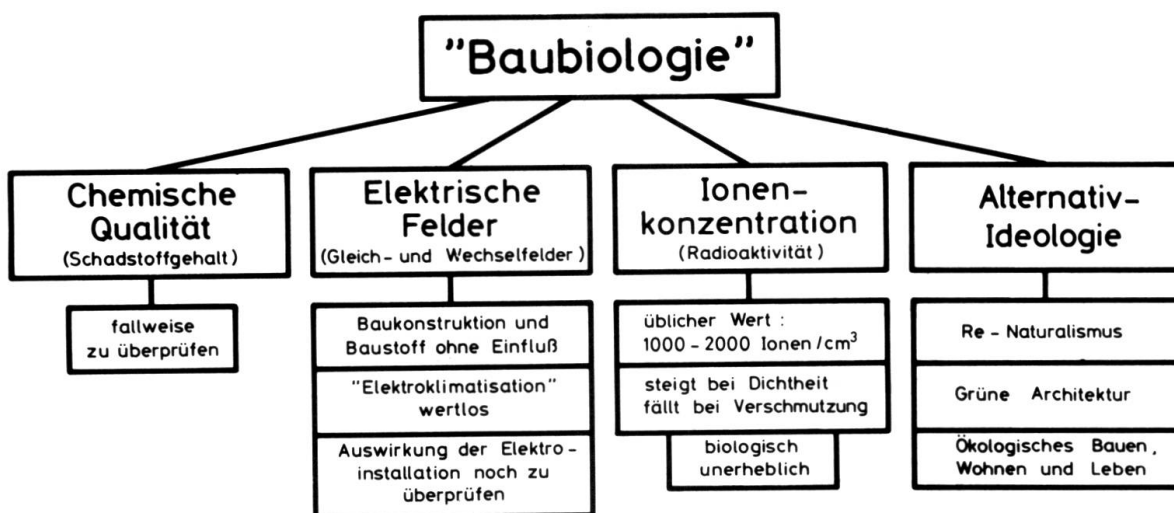


Bild 1 Schematische Darstellung der Betätigungsfelder sog. Baubiologen, mit Angabe von faktischen Hinweisen.

Noch niemals hatten wir im Gebiet der Bundesrepublik eine so große Zahl gesundheitlich hochwertiger Wohnungen wie heute [3]. An der durchschnittlichen Wohnfläche von ca. 35 m² je Person können der hohe Wohn- und Lebensstandard abgelesen werden. Wenn dennoch in weiten Kreisen der Bevölkerung Ängste entstanden sind, so deutet dies darauf hin, daß unzureichende Informationen über die wirklichen Zusammenhänge vorhanden sind. Offenbar verbreiten sich sensationelle Meldungen, in denen Ängste über Gesundheitsgefährdungen geschürt werden, auch schneller als seriös-nüchterne Fakten, denen leicht - im journalistischen Sinne- langweilige Züge anhaften.



2. LEBEN WIR IN GESUNDER UMWELT?

Die seriöse Erörterung gesundheitlicher Probleme muß sich an einigen Grunddefinitionen orientieren, die in Bild 2 zusammengestellt sind. "Gesundheit" ist nach der Festlegung der Weltgesundheitsorganisation der Zustand psychischen, physischen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur das Freisein von Krankheiten. Diese Definition schließt also ausdrücklich auch das "psychische" Wohlbefinden ein. "Krankheit" gilt generell als das Gegenteil von Gesundheit, obwohl es fließende Übergänge gibt. Hier soll der Begriff konkret gefaßt werden als die Gesamtheit aller ärztlich definierten Erkrankungen. Nur so können etwaige Krankheitsursachen aus dem Bereich des Bauens und Wohnens wohnmedizinisch erkannt und so weit wie möglich abgestellt werden. Behaglichkeit bedeutet Ausgeglichenheit eines gesunden Menschen mit seiner Umgebung. Hier tritt also der Bezug zur Umwelt in Erscheinung. Wir können uns nämlich nur behaglich fühlen, wenn wir gesund und in einer Umwelt eingebettet sind, welche die Ausgeglichenheit des menschlichen Organismus' ermöglicht. Dies gilt für die thermische Beurteilung der Umwelt, wie sie uns gegenüber z. B. im Inneren eines Gebäudes als "thermisches Raumklima" gegenübertritt, gleichermaßen wie für die Qualität der Außenluft.

Gesundheit

Zustand psychischen, physischen und sozialen Wohlbefindens

Krankheit

Gesamtheit fehlender Gesundheit nach ärztlicher Definition

Behaglichkeit

Ausgeglichenheit eines gesunden Menschen mit der Umwelt

Thermische Behaglichkeit

Thermische Ausgeglichenheit eines gesunden Menschen mit der Umwelt

Akustische Behaglichkeit

Akustische Ausgeglichenheit eines gesunden Menschen mit der Umwelt (nicht: Stille!)

Diese hat im Verlaufe der letzten beiden Jahrhunderte gewisse Veränderungen erfahren, wie Bild 3 am Beispiel des CO_2 -Gehaltes aufzeigt. Dort ist der langzeitliche Verlauf des Kohlendioxidgehaltes in der Außenluft wiedergegeben. Man erkennt eine eindeutig steigende Tendenz bis in die Gegenwart, und zwar sowohl in Reinluft- als auch in Ballungsgebieten. In Städten bzw. Citykernen treten Werte von 500 bis 800 ppm auf. Die steigende Tendenz ist auf die steigenden Emissionen beim Abbrand von Kohle, Öl und Gas (Abfackeln!), auf die Reduktion der "Biosenke" durch Abholzen größerer Waldflächen der Erde, auf die intensivere Bodenbearbeitung und auf die Trägheit der ozeanischen Wassermassen als CO_2 -Senke zurückzuführen. In den Ballungsgebieten wirken sich insbesondere auch die Feuerungsanlagen und der Verkehr aus. Bemerkenswert erscheint, daß ab ca. 1980 die CO_2 -Emissionen eindeutig zurückgehen, die Immissionskonzentrationen an CO_2 aber weiterhin - wenn auch mit degressiver Tendenz - steigen. Die Umwelt hat nämlich ein langes Gedächtnis. Die Rückverfolgung in das vorige Jahrhundert erweist sich auch am Beispiel der SO_2 -Emissionen in Bild 4 als interessant. Man ersieht, daß in der Gründerzeit eine starke Zunahme der SO_2 -Emission zu verzeichnen war, welche durch starke Einbrüche bei den Weltwirt-

CO_2 , Luft

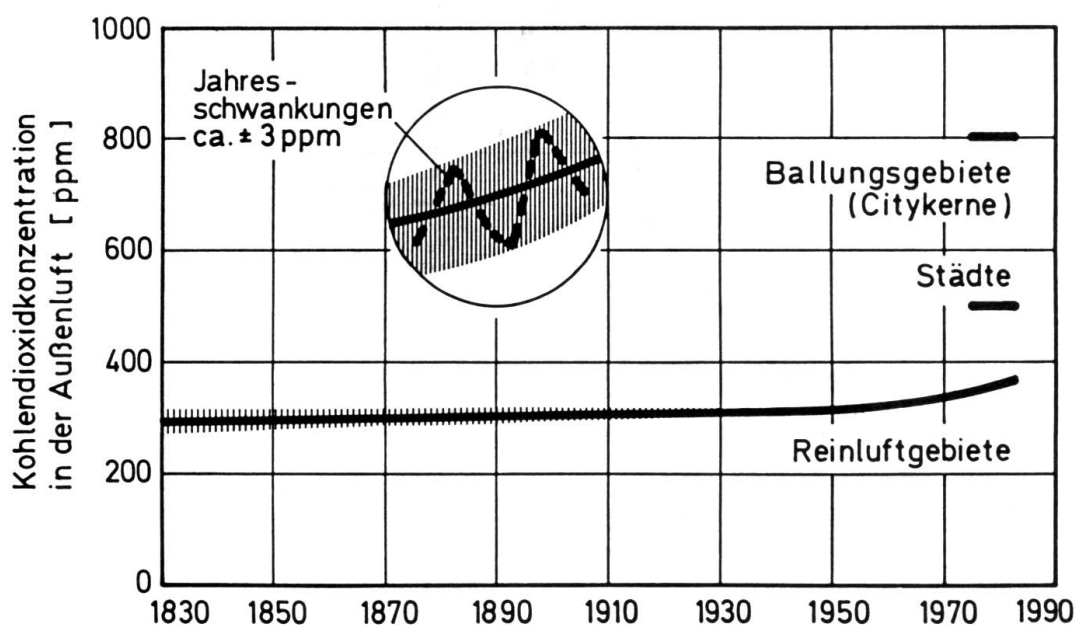


Bild 3 Langzeitlicher Verlauf der Kohlendioxidkonzentration der Außenluft in Reinluft- und Ballungsgebieten der nördlichen Hemisphäre, nach [4].

Die Schraffur gibt Meßtoleranzen und Streubereiche wieder.



schaftskrisen 1923 und 1932 sowie während des Zweiten Weltkrieges unterbrochen wird. Anfang 1970 ist mit mehr als 3,5 Mt/a ein SO_2 -Emissionsmaximum erreicht, dem ab der Energiekrise 1973 ein steigender Abfall folgt. Fortschrittliche Regelungen bzw. Gesetze zur Luftreinhaltung wirken sich hierbei ebenso wie das gestiegene Sparbewußtsein der Bürger aus.

SO_2

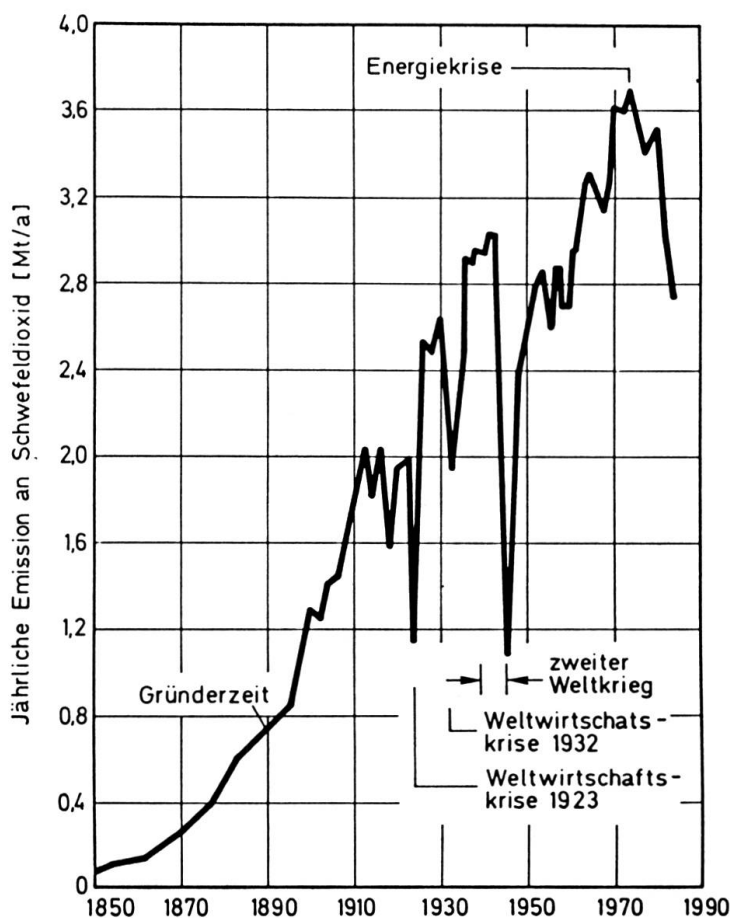


Bild 4 Langzeitlicher Verlauf der Schwefeldioxidemissionen in der Bundesrepublik Deutschland, nach [4] [5] [6].

Die Beurteilung des biologischen Einflusses gewisser Spuren- bzw. Schadstoffe ist seit langem in serösen Kreisen Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtungen, wobei die in Bild 5 veranschaulichten Grenzwerte MAK, MIK, und BAT verwendet werden. Die jüngste Festlegung solcher Grenzwerte ist in [7] erfolgt. Man muß bereits bei der Wahl des Wortes "Schadstoff" Vorsicht walten lassen, denn ob ein Schadstoff vorliegt oder nicht, ist nicht eine Frage des Stoffes als solchem, sondern seiner Konzentration bzw. Dosis.

Die sog. "MAK-Werte" beinhalten die maximal am Arbeitsplatz zulässigen Konzentrationen, wobei eine 8-stündige Beaufschlagung eines gesunden arbeitsfähigen Menschen vorausgesetzt wird. Die "MIK-Werte" gelten demgegenüber nicht für die arbeitenden Menschen, sondern für die Gesamtbevölkerung einschließlich der Kranken und sonstigen Risikogruppen; MIK-Konzentrationen beinhalten deshalb schärfere Anforderungen als MAK-Werte. In jüngster Zeit werden häufig auch die sog. "BAT-Werte" verwendet, welche eine relativ leichte Feststellung durch Blut- und Urinuntersuchungen gestatten.

Grenzwerte

- MAK:** Maximale Arbeitsplatzkonzentration
8 Arbeitsstunden pro Tag
40 Arbeitsstunden pro Woche
Gesunder, arbeitsfähiger Mensch
Arbeitsräume
- MIK:** Maximale Immissions-Konzentration
Gesamtbevölkerung, nicht nur arbeitend
Risikogruppen, Kinder, Alte, Kranke
Private Räume (Wohnungen)
Krankenhaus
Kindergarten
Flugzeug etc.
- BAT:** Biologische Arbeitsstoff-Konzentration
Höchstzulässige Kontamination mit chemischen Stoffen ohne Auslösung einer Abweichung biologischer Indikatoren von der menschlichen Norm (z. B. Blutwerte, Urinwerte etc.)

Bild 5 Zur Definition von MAK-, MIK- und BAT-Werten von Schad- bzw. Spurenstoffen nach [7].

In Bauten aus Holztafelkonstruktionen mit Spanplatten bzw. in Räumen mit Spanplatten-Möblierung hat in letzter Zeit die Formaldehyd-Konzentration von sich reden gemacht. Bild 6 enthält die Formaldehyd-Grenzwerte. Man erkennt, daß in Innenräumen in Deutschland ein bauaufsichtlich festgelegter MIK-Wert von 0,1 ppm gültig ist, eine eigentlich sehr scharfe Anforderung, wenn man bedenkt, daß in Ballungsgebieten bereits eine Außenkonzentration von 0,06 bis 0,08 ppm vorliegt. Dort ist nämlich mit natürlicher Lüftung fast keine Formaldehydabfuhr aus dem Innenraum mehr möglich. Man muß sich ferner bewußt machen, daß ein MIK-Wert von 0,1 ppm ein äußerst niedriger und toxikologisch absolut unbedenklicher Grenzwert ist, der weit unter der Sensibilisierungsschwelle liegt.



Zur Strahlenbelastung in Wohnungen, welche mit traditionellen Baustoffen erstellt wurden, sind seit dem Tschernobyl-Vorfall geradezu abenteuerliche Meinungen verbreitet worden. Bild 7 vermittelt eine Zusammenstellung der natürlichen Radioaktivität einiger Baustoffe am Beispiel von Kalium 40, Thorium 233 und Radon 226. Man erkennt, daß grundsätzlich alle Baustoffe eine gewisse Ra-

Formaldehyd

MAK: 1 ppm (USA: 3 ppm)
MIK: 0,1 ppm (bauaufsichtlich)
BAT: praktisch Null,
 da sofort abgebaut.

Außen

Meeresgebiete: unter 0,005 ppm
Reinluftgebiete: unter 0,01 ppm
Ballungsgebiete: ca. 0,06 bis 0,08 ppm

Bild 6 Konzentrationsgrenzwerte von Formaldehyd in Innen- und Außenräumen, nach [8] [9] [10].

Natürliche Radioaktivität

Baumaterial	Konzentration [pCi/g] Mittelwert (Maximalwert)		
	⁴⁰ Kalium	²³³ Thorium	²²⁶ Radon
Sand, Kies	7 (18)	0,4 (1,0)	0,4 (0,8)
Naturstein	5 (25)	0,5 (1,4)	0,5 (1,2)
Zement	4 (7)	1,4 (5,2)	1,4 (5,3)
Beton	9 (16)	0,6 (1,5)	0,7 (1,4)
Ziegel	18 (69)	1,6 (3,1)	1,8 (5,0)
Bims	24 (30)	2,3 (4,6)	2,2 (3,6)
Gasbeton	5 (22)	0,5 (1,6)	0,5 (2,2)
Naturgips	2 (5)	0,5 (2,7)	0,7 (19)
Industriegips	2 (6)	0,5 (<5)	14 (28)
Holz	2 (6)	0,5 (<1)	14 (<1)

Bild 7 Übersicht über die natürliche Radioaktivität, die in traditionellen Baustoffen enthalten ist, am Beispiel Kalium, Thorium und Radon, nach [11], mit Angabe einiger Umrechnungsfaktoren.

Die Klammerwerte geben die 90 %-Fraktile, die nicht eingeklammerten Werte die Durchschnittsverhältnisse wieder.

Aktivität: 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq = $3,7 \cdot 10^{10}$ Zerfälle / s

Dosis (radiation absorbed dose): 100 rad = 1 J/kg = 1 Gray (Gy)

Äquivalentdosis (radiation equivalent man): 1 rem = 1 J/kg = 1 Sievert (Sv)

dioaktivität besitzen und sich auch in gewissen Größenordnungen voneinander unterscheiden. Keine dieser Konzentrationen führt bei normalen Wohn- und Nutzungsgewohnheiten zu hygienischen Bedenken. Insbesondere entbehren die für Bims-, Gasbeton- und Industriegips in letzter Zeit verbreiteten Gerüchte jeder seriösen Grundlage.

Auch die angeblichen biologischen Schädigungen der Bewohner durch elektrische Felder oder "Erdstrahlen" können seriöserweise nicht belegt werden. Reiter [12] [13] hat hierzu eindeutige Untersuchungen vorgelegt. Man ersieht aus Bild 8, daß auch die elektrischen Installationen selbst Felder in Gebäuden erzeugen, welche auf die Grund- bzw. Oberfrequenzen des elektrischen Strom zurückzuführen sind. Keine dieser Feldstärken hat bislang eine belegbare biologische Auswirkung gezeitigt oder zu organischen Erkrankungen geführt, und dies, obwohl seit mehreren Generationen unsere Wohnungen mit Elektrizität versorgt werden.

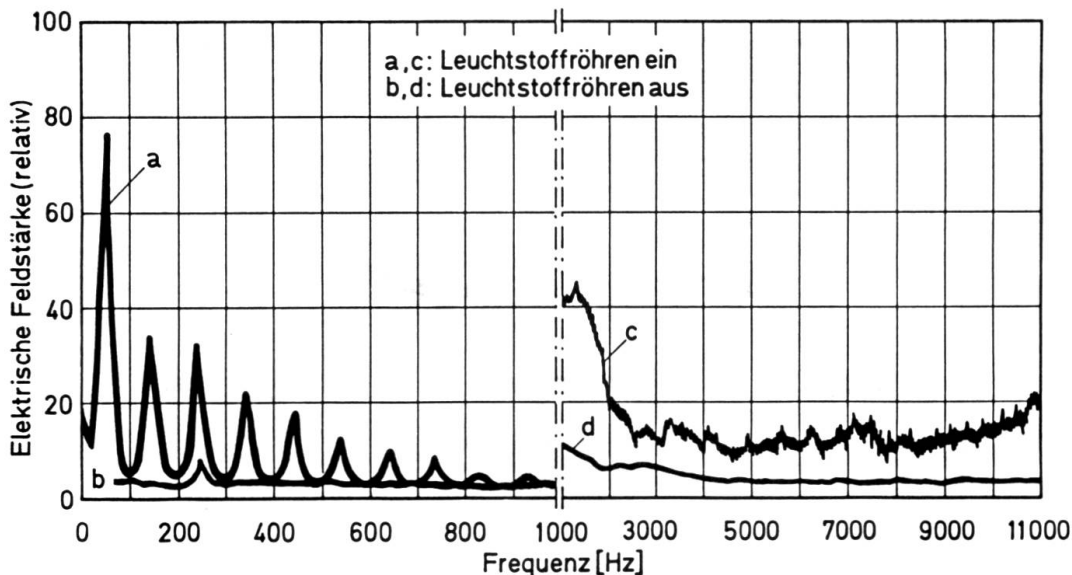


Bild 8 Elektrische Feldstärken, die im nieder- bzw. hochfrequenten Bereich von Leuchtstoffröhren in Räumen erzeugt werden, nach [12] [13].

3. BRAUCHEN WIR ATMENDE WÄNDE?

Seit einigen Jahren wird von "Baubiologen" die Auffassung verbreitet (zuletzt in [14], Bauteile müssen atmen, weil durch sie die Innenraumfeuchte abgeführt werden müsse. Dampfsperrschichten, insbesondere in Fertigteilkonstruktionen, behinderten diese "Atmung" und führten deshalb zu einem ungesunden Raumklima. Obwohl bereits 1978 von [15] widerlegt, wird diese Irrlehre immer neu verbreitet.



Bild 9 zeigt eine schematische Übersicht, welche Möglichkeiten der Feuchteabfuhr in welchen Größenordnungen grundsätzlich bestehen. Feuchte kann aus dem Raum prinzipiell durch Konvektion (Strömung bei Gesamtdruckunterschieden), durch Diffusion (Feuchteaustausch bei Partialdruckunterschieden) und durch Lüftung (über die Fugen des geschlossenen Fensters oder über geöffnete Fenster) abgeführt werden. Unten in Bild 9 sind die Größenordnungen der transportierten Feuchte aufgeführt. Wenn überhaupt klar definierbar, wird unter "Atmen" meist Diffusionsstrom verstanden.

Man erkennt aus Bild 9, daß der konvektive Transport (links im Bild) durch Außenbauteile stets Null ist und auch Null sein muß; wäre er vorhanden, so würde es durch die Wände "ziehen". Der Diffusionstransport ist (leider!) nicht Null, sondern beträgt - je nach Diffusionswiderstand des Bauteils - um die $100 \text{ mg/m}^2\text{h}$. In der Bauphysik verfolgt man diesen unvermeidbaren Feuchtestrom nur zu dem Zweck, daß die Bauteile selbst in ihrem Inneren durch Taubildung keinen Schaden nehmen. Es ist niemals Sinn diffusionstechnischer Untersuchungen gewesen, Feuchteabfuhr aus dem Raum zu bewerkstelligen. Wer die Wasserdampfdiffusion als "Atmungsvorgang" zur Abgabe der Raumfeuchte ansieht, verkennt den Sinn diffusionstechnischer Berechnungen in perverser Weise. Die Feuchteabfuhr aus dem Raum hat immer via Lüftung durch das Fenster zu erfolgen (rechts in Bild 9). Man erkennt, daß über die Fugen des geschlossenen Fensters bzw. über das nur stoßartig geöffnete Fenster ca. 1000 bis 1 Million mal mehr Feuchte abgeführt wird als durch das "Atmen".

Atmen Wände?

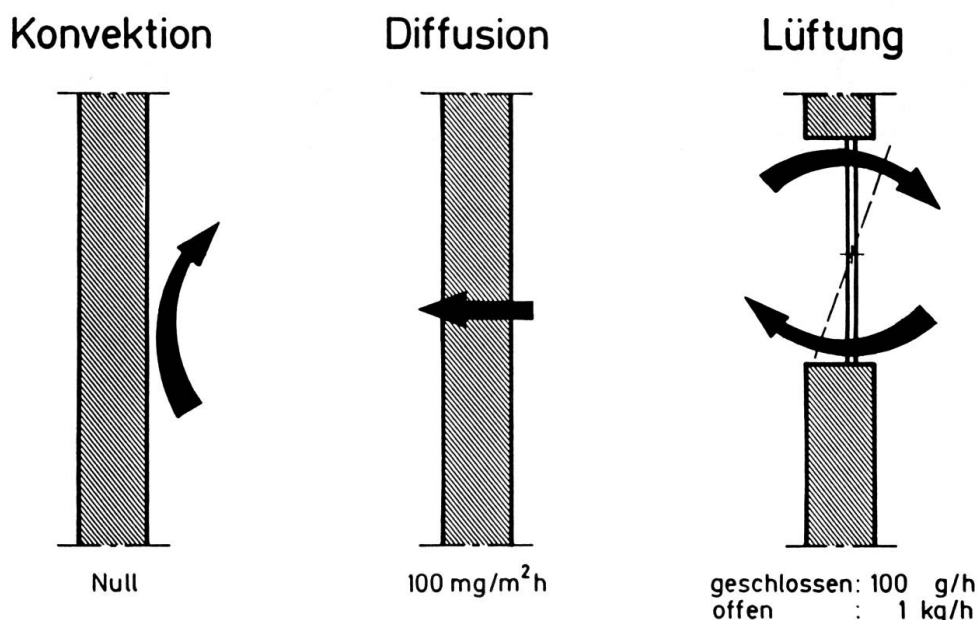
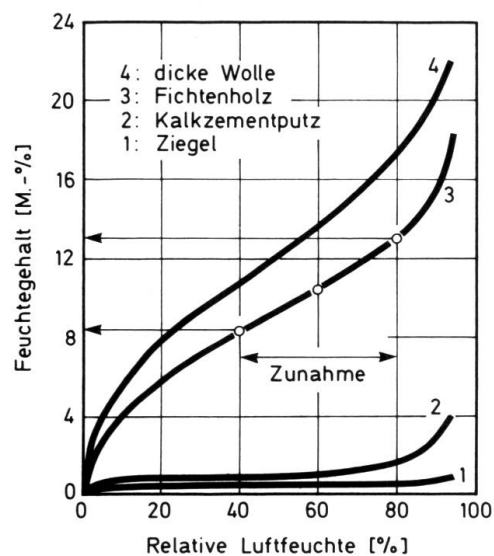


Bild 9 Zum Feuchtehaushalt von Räumen. Durch Raumumschließungsflächen kann mittels Konvektion, Diffusion und Lüftung Feuchte transportiert werden. Die Kontrolle des Feuchtegehaltes der Innenluft kann nur über die Lüftung erfolgen.

Die Wasserdampfdiffusion darf nicht mit der Wasserdampfsorption verwechselt werden. Sorptionen stellen vorübergehende Wasserspeicherungsvorgänge in den oberflächennahen Schichten der Raumumschließungsbauteile dar, wenn dieselben sorptionsfähige Oberflächen aufweisen (Putze, Holz, Textilien etc.). Die vorübergehend sorbierte Wassermenge muß aber zu einem späteren Zeitpunkt wieder (durch Lüftung!) aus dem Raum abgeführt werden. Sorption ersetzt also die Lüftung nicht; sie "puffert" das Wasser nur und verschiebt den Lüftungsvorgang zeitlich. Diese grundlegenden Vorgänge werden von [14, dort Seite 3 und 4] falsch dargestellt. Dort wird "zur Widerlegung eines folgenschweren Denkfehlers von Bauphysikern und Wohnmedizinern" (wörtliches Zitat) am Beispiel eines Raumes mit 50 m² Holzvertäfelung dargelegt, daß in der Holzvertäfelung eine Feuchtemenge von 10 bis 12 Liter Wasser sorbiert werden kann und daraus gefolgert, daß das "Atmen der Holzvertäfelung" genüge, die interne Feuchteemission zu beseitigen. Der Denkfehler des Autors [14] liegt darin, daß er die nur vorübergehende Pufferwirkung der Sorption mit einer Feuchteabfuhr gleichsetzt und verkennt, daß die im Holz sorbierte Wassermenge wieder desorbiert werden muß und das Desorbat nur über Lüftung abführbar ist. Bild 10, in dem die Sorptionsisothermen verschiedener Stoffe dargestellt sind, verdeutlicht dies.

Sorption



Beispiel: Raum 4 m x 5 m x 2,5 m
 Allseitig holzbekleidet: 50 m²; 2 cm dick
 Feuchterhöhung: 40% auf 80% rel. Feuchte

Sorbiert: 30 Liter Wasser (Extremfall)

Bild 10 Sorptionsisothermen verschiedener Baustoffe nach [19] [20], mit Angabe der Feuchteaufnahme einer Holzvertäfelung



Man erkennt, daß Holz in der Tat relativ viel Wasser sorbiert (vgl. Kurve 3). Geht man, wie im Beispiel bei Bild 10 erläutert wird, von einer lange andauernden Erhöhung der Raumluftfeuchte von 40 % auf 80 % aus, dann nimmt der Feuchtegehalt der Holzvertäfelung von 8 M.-% auf 13 M.-% zu. Hierdurch werden ca. 30 Liter Wasser gebunden. Dies entspricht einer internen Feuchteproduktion, die unter durchschnittlichen Wohnbedingungen in 2 bis 3 Tagen anfällt. In sehr detaillierten Untersuchungen [16] [17] [18] ist nämlich festgestellt worden, daß durch Wohnprozesse (Waschen, Duschen, Kochen etc.), durch Zimmerpflanzen und durch die physiologische Feuchteabgabe der Bewohner mit ca. 12 Liter pro Tag an Feuchteanfall in Wohnungen gerechnet werden muß, was auch der Autor [14] nicht bestreitet. Dies bedeutet, daß pro Woche ca. 70 Liter Wasser, d. h., eine Badewanne voll, und während eines Monats ca. 4 bis 5 Badewannen Wasser in die Raumluft verdunstet werden. Auch die hohe Sorptionsfähigkeit von Holzvertäfelungen kann diese Mengen nicht bewältigen. Die im Inneren entstehende Feuchte muß - entgegen den Behauptungen von [14] - durch Lüftung abgeführt werden. Dies bedeutet, daß die sorbierten Wassermengen grundsätzlich nur vorübergehend gepuffert werden und daß der Absorption in einer späteren Lüftungsphase wieder eine Desorption folgen muß.

4. DER IRRTUM MIT DER SOLARSTRAHLUNG

Von "Baubiologen", zuletzt in [21], ist in letzter Zeit immer wieder behauptet worden, die Wärmedämmung unserer Gebäude, deren Notwendigkeit seit der Energiekrise für jeden vernünftigen Bewohner unstrittig ist, schade, weil sie die Sonneneinstrahlung vom Gebäude abhalte. "Die ungedämmte Massivbausubstanz kassiere vom Souterrain bis zum Schornstein als natürlicher Kollektor ohne Aufwand die Sonnenenergie, anstatt sie durch stärkste Isolierverpackungen auszusperren" (Zitat aus [21]). Leichtbaukonstruktionen, die nicht massiv sind, werden hierdurch scheinbar abqualifiziert. Man muß dieser Behauptung, welche die bauphysikalischen Erkenntnisse geradezu pervertiert, zunächst entgegenhalten, daß in den Stunden, in denen die Sonne nicht scheint (das sind im Winter im hiesigen Klima mindestens 16 Stunden Nachtzeit gegenüber allenfalls 8 Stunden Sonnenschein), die ungedämmte Massivbausubstanz eben keinen "Sonnenkollektor", sondern eine Verlustfläche par excellence darstellt. Quantitativ läßt sich diese Aussage mit Hilfe des effektiven k -Wertes begründen, der in Bild 11 für nichttransparente Wände/Dächer (links) und für Fenster (rechts) veranschaulicht wird. Der Solargewinnfaktor S der Wand hängt von der Orientierung und von der Farbe der Außenoberfläche (d. h. von der Strahlungsabsorption) ab und weist die in Bild 11 aufgeführten Werte auf. Analog zum Fenster ist im unteren Teil von Bild 11 - für eine Wand mit Südorientierung - ein Anwendungsbeispiel veranschaulicht. Man erkennt, daß sich selbst bei dunkler, stark absorbierender Farbe nur relativ geringfügige Reduzierungen beim effektiven k -Wert ergeben. Bei einer hochgedämmten Wand mit $k = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erhält man eine Reduzierung um $\Delta k = 0,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auf $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, bei der Wand mit Mindestwärmeschutz eine Reduzierung um $\Delta k = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, auf $k = 1,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Bei helleren Farben und anderen Orientierungen ist die Reduzierung noch erheblich kleiner.

In Bild 11 rechts wird der effektive k -Wert eines Fensters dargestellt, mit dem auf den Rechenwert des Fensterwärmedurchgangskoeffizienten k_F ein von der Orientierung abhängiger Bonus verteilt wird. Der Bonus ist proportional zum Gesamtenergiedurchlaßgrad g und natürlich bei Südorientierung am größten, was in der Gewichtung $2,4 \cdot g$ zum Ausdruck kommt. Bei Nordorientierung beträgt er $1,2 \cdot g$.

Wände, Dächer- k_{eff}

Orientierung	S_W - Wert		
	Farbe der Außenoberfläche		
	hell	mittel	dunkel
Nord	0,98	0,96	0,94
Ost/West	0,97	0,95	0,93
Süd	0,96	0,92	0,88
Dach	0,96	0,93	0,90

$k_{\text{eff}} = k \cdot S_W$

Beispiel: Südwand

Fall 1: hochgedämmt $k_w = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

dunkel $k_{\text{eff}} = 0,3 \cdot 0,88 = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$

hell $k_{\text{eff}} = 0,3 \cdot 0,96 = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fall 2: Mindestdämmung $k_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

dunkel $k_{\text{eff}} = 1,4 \cdot 0,88 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$

hell $k_{\text{eff}} = 1,4 \cdot 0,96 = 1,34 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fenster- k_{eff}

Faustregel (mit Sicherheit)	$k_{\text{eff}} = k_F - g$
Norden	$k_{\text{eff}} = k_F - 1,2 \text{ g}$
Ost, West	$k_{\text{eff}} = k_F - 1,8 \text{ g}$
Süden	$k_{\text{eff}} = k_F - 2,4 \text{ g}$

Beispiel: Südwand

Südfenster, Doppelscheibe mit Holzrahmen

Fall 1: Klarglas $g = 0,8$

$k_{\text{eff}} = 2,5 - 2,4 \cdot 0,8 = 2,5 - 1,9 = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fall 2: Sonnenschutzglas $g = 0,4$

$k_{\text{eff}} = 1,6 - 2,4 \cdot 0,4 = 1,6 - 1,0 = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bild 11 Effektiver Wärmedurchgangskoeffizient (effektiver k-Wert) von Wänden/Dächern und Fenstern im hiesigen Klima, nach [22].

Beispiele Südwand bzw. Südfenster

Die von der Bautenorientierung abhängigen Sonnenenergiegewinne bewirken einen Bonus auf den k-Wert; dieser führt zu einer Erniedrigung des k-Wertes, welche orientierungsabhängig gewichtet wird.

Man kann auch für andere Glasarten, z. B. Wärmeschutzgläser den effektiven k-Wert leicht ermitteln, wenn der k_F -Wert und der g-Wert bekannt sind. Beispielsweise läßt sich mit beschichteten Wärmeschutzgläsern ein effektiver k-Wert von Null erreichen.



Legt man strengste Sicherheitsmaßstäbe an und geht man von einer völligen Beschattung des Fensters während der ganzen Heizsaison aus (z. B. infolge Baumbewuchses, so bleibt auf Grund der diffusen Strahlung immer noch ein Bonus in Höhe von $1,0 \cdot g$, der auf die immer auf der sicheren Seite liegende Faustformel

$$k_{\text{eff}} = k_F - g$$

führt. Das unten in Bild 11 veranschaulichte Anwendungsbeispiel zeigt, daß sich ein Südfenster mit $k_F = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ infolge der Kollektorwirkung effektiverweise während der Heizsaison wie ein gutgedämmtes, beschattetes Bauteil mit $k = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ verhält.

Vergleicht man diese Reduzierungen mit den Solargewinnen bei der Südwand, so kann gefolgert werden, daß

- die Solarenergiegewinne beim Fenster um ein Vielfaches höher sind als bei der Wand und passive Solar-Architektur deshalb, wenn überhaupt, primär mit dem Fenster zu betreiben sind,
- die im Wandbereich erreichbaren Solar-Reduzierungen auf keinen Fall einen hohen Wärmeschutz überflüssig machen oder aufheben; im Gegenteil: ein wirtschaftlich optimaler Wärmeschutz ist Voraussetzung für eine sinnvolle Passiv-Architektur.

Die Wärmedämmung der Außenbauteile schadet somit keinesfalls. Die Nutzung der Solarenergie hat primär mit dem Fenster und nicht mit nichttransparenten Bauteilen zu erfolgen. Gut gedämmte Wände und allgemein gut gedämmte Bauwerke sind somit im hiesigen Klima richtig - entgegen "baubiologischer" Behauptungen!

5. ZUSAMMENFASSUNG

Der Laien-Bauherr und der Planer von Häusern sind in letzter Zeit zunehmend mit sog. "baubiologischen" Äußerungen konfrontiert gewesen, welche einen sachlichen Dialog sehr erschwert haben. Herbeigeredete, nicht bewiesene Behauptungen über die angebliche gesundheitliche Bedenklichkeit von Bauarten führen zu einer Verunsicherung breiter Bevölkerungsschichten.

Einigen dieser Irrlehren ist in der vorliegenden Arbeit nachgegangen worden. Sie wurden richtiggestellt. Damit soll ein Beitrag zur Versachlichung der im Augenblick manchmal nicht objektiv führbaren Diskussion geliefert werden. Die Bauphysik ist eine Fakten- und keine Meinungswissenschaft. Aus diesem Grund beruht ihr Beitrag auf Kenntnissen, die durch Rechnungen und experimentelle Untersuchungen belegbar sind.

Hinweis

Die vorstehende Arbeit stellt die erweiterte Schriftfassung eines Vortrages dar, der am 24. Nov. 1987 auf der Tagung der Gasbeton-Industrie in München und am 12. Jan. 1988 als Gastvorlesung an der ETH Zürich gehalten wurde.

5. LITERATUR

- [1] Beckert, J. et al.: Gesundes Bauen und Wohnen. BMBau-Broschüre, Bonn, (1986).

- [2] Mechel, F. P.: Bauphysikalische Aspekte und "Baubiologie". Bauzentrum 35 (1987), H. 2, S. 42-46.
- [3] Petri, G.: Wohnen wir gesund? BBauBl 36 (1987), H. 3, S. 151-152.
- [4] Gertis, K. und Erhorn, H.: Verbesserte Wärmeschutz- und Heizungstechniken entlasten die Umwelt in den Ballungsgebieten. CCI 21 (1987), H 3, S. 56-62.
- [5] Dreyhaupt, F. J.: Die Schadstoffbelastung der Luft. Eine Übersicht, Vortrag Duttweiler-Institut, Zürich (1985).
- [6] Häberle, M. et al.: Entwicklung von Emissionen und Immissionen wichtiger Luftschadstoffe. WLB (1984), H. 7/8, S. 31-36.
- [7] DFG-Senatskommission: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. VCH-Verlag, Weinheim (1986).
- [8] Marutzky, R. und Wegner, J.: Innenraumluftbelastungen mit Formaldehyd. Ursachen, Auswirkungen, Vermeidung. EHG-Informationsdienst "Gesundes Wohnen in Holz", S. 21-23, München (1987).
- [9] Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Formaldehyd. Verwendung, Gefahren, Schutzmaßnahmen. 5. Aufl. GA Nr. 15, Dortmund (1987).
- [10] Einbrodt, H. J.: Schadstoffimmissionen in Innenräumen aus der Sicht des Hygienikers. Sonderausgabe Innenausbau. Verlag Schleunung, Marktheidenfeld (1985).
- [11] Keller, G.: Baustoffe und Strahlenexposition. Das Bauzentrum (1984), H. 1, S. 9-11.
- [12] Reiter, R.: Elektrische Felder und Kleinionenkonzentration in Gebäuden verschiedener Art und Nutzung. Bauphysik 2 (1980), H. 3, S. 88-98.
- [13] Reiter, R.: Feldstärken und Frequenzspektrum elektrischer Wechselfelder in Gebäuden verschiedenster Art und Nutzung. Bauphysik 5 (1983), H. 1, S. 3-9.
- [14] Schneider, A.: Wie sich das Bauministerium Baubiologie vorstellt. Ministerielle Informationsschrift - eine blamable Fehlinformation. Wohnen und Gesundheit 39 (1987), H. 2, S. 1-4.
- [15] Künzel, H.: Die atmende Außenwand. Ein Irrtum in der Vergangenheit und seine Folgen. Ges.-Ing. 99 (1978), H. 1/2, S. 20 und 29-32.
- [16] Gertis, K. und Erhorn, H.: Neue Überlegungen zum Mindestwärmeschutz. WKSBSonderausgabe (1985), S. 39-42.
- [17] Erhorn, H. und Gertis, K.: Mindestwärmeschutz und/oder Mindestluftwechsel? Ges.-Ing. 107 (1986), H. 1, S. 12-14 und 71-76.
- [18] Erhorn, H. und Weiland, Th.: Wirkt sich die Wohnsituation in der Bundesrepublik Deutschland auf die Anforderungen an den Mindest-Luftwechsel aus? Bauphysik 8 (1986), H. 3, S. 85-88.



- [19] Lutz, P., Klopfer, H. et al.: Lehrbuch der Bauphysik. Teubner-Verlag, Stuttgart (1985).
- [20] Künzel, H.: Wärmeschutz, Feuchteschutz, Heizenergieverbrauch. Gesundes Wohnen. Beton-Verlag. Düsseldorf (1986), S. 89-103.
- [21] Aggen, K.: Das dämmstofffreie massive Haus. Gesundes Wohnen in vier strahlungsaufnahmefähigen, somit wärmestrahlenden, atmenden, somit trockenen Wänden. DAB 17 (1985), H. 10, S. 1289-1292.
- [22] Gertis, K.: Passive Solarenergienutzung. Umsetzung von Forschungserkenntnissen in den praktischen Gebäudeentwurf. Bauphysik 5 (1983), H. 6, S. 183-194.