

Kontroverse Beiträge zum Energiesparen 2

Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Meier

Architekt SRL

Neuendettelsauer Straße 39

90449 Nürnberg

Tel.: 0911/674399

Wärme- und Feuchteschutz beim Altbau - Theorie und Wirklichkeit

Bauen bedeutet Tradition, Bauen bedeutet Baukultur, Bauen erfordert auch Charakter. Diese Basis droht, bedeutungslos zu werden, da eine virtuelle Scheinwelt dominiert. Im heutigen Bauen haben Lobbyismus und monetärer Markterfolg starken Einfluß. Das provoziert Fehlentwicklungen. Denkfehler und Fehlschlüsse sind die Ursache. Sie müssen in ihren Auswirkungen und ihrer Widersprüchlichkeit offengelegt werden. Bewährte Kenntnisse und gesichertes Wissen aus früheren Zeiten ist auch heute noch gültig. Gewisse Begriffe müssen zurechtgerückt, Zusammenhänge geklärt werden. Die Spreu vom Weizen zu trennen! Karl Steinbuch [1]: "Habe Mut, dich deines Verstandes ohne fremde Leitung zu bedienen".

Rechtliche Aspekte

Baurechtlich wird das Baugeschehen beeinflusst durch:

Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Diese Regeln bilden die Grundlage bautechnischen Schaffens, sind bewährte Methoden und dienen der Planung und Herstellung von Bauwerken. Sie sind Bestandteil des Werkvertrages. Sowohl das BGB als auch die VOB/B (als Ergänzung zum BGB) stützen sich auf a.a.R.d.Bt. Auch das Strafgesetzbuch kennt nur den Begriff der allgemein anerkannten Regel der Technik (§ 323). Diese Regeln entwickeln sich im Zusammenspiel von theoretischer Überlegung und praktischer Erfahrung und können auf eine jahrhundertalte Tradition zurückgreifen.

DIN-Normen

Im Bauvertragsrecht spielen die DIN-Normen erst dann eine Rolle, wenn sie als Vertragsbestandteil besonders vereinbart werden. Bei der technischen Umsetzung von DIN-Normen muß damit gerechnet werden, daß sowohl die Beachtung der DIN-Normen zu fehlerhaften, als auch die Nichtbeachtung zu fehlerfreien Lösungen führen können. Diese Aussage mag überraschen, wird aber durch folgende Feststellungen verständlich: DIN ist ein Selbstverwaltungsorgan der Wirtschaft und seit über 75 Jahren privatrechtlich organisiert. Im Vorspann von zusammengefaßten DIN-Normen steht in den "Hinweisen für den Anwender": "DIN-Normen sollen sich als "anerkannte Regeln der Technik" einführen. Bei sicherheitstechnischen Festlegungen in DIN-Normen besteht überdies eine tatsächliche Vermutung dafür, daß sie "anerkannte Regeln der Technik" sind.

DIN-Normen sind nicht die einzige, sondern eine Erkenntnisquelle für technisch ordnungsgemäßes Verhalten im Regelfall. Durch das Anwenden von Normen entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jeder handelt insofern auf eigene Gefahr". Deutlicher kann die Unverbindlichkeit von DIN-Normen nicht charakterisiert werden. Trotzdem versucht DIN den Eindruck zu erwecken, eine a.a.R.d.Bt. zu sein, scheut sich aber offenbar vor der Verantwortung.

In einem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts steht u.a. [2]: "Daneben gehören den Normausschüssen des DIN aber auch Vertreter bestimmter Branchen und Unternehmen an, die deren Interessenstandpunkte einbringen. Die Ergebnisse ihrer Beratungen dürfen deshalb im Streitfall nicht unkritisch als geronnener Sachverstand oder als reine Forschungsergebnisse verstanden werden. Andererseits darf aber nicht verkannt werden, daß es sich dabei zumindest auch um Vereinbarungen interessierter Kreise handelt, die eine bestimmte Einflußnahme auf das Marktgeschehen bezwecken".

DIN-Normen (und jetzt Euro-Normen EN) sind industrie- und wirtschaftsorientiert. Demzufolge haben sich "fortentwickelte Normen" oft als fehlerhaft und falsch erwiesen. Zwei Beispiele der DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" werden beim Feuchteschutz angesprochen (auf den Seiten 9 und 10).

Bei der Unverbindlichkeit der Normen ist auch der Versuch bedenklich, Normen nun auf dem Verordnungswege zu a.a.R.d.T. umfunktionieren zu wollen [3], das rechtliche und fachliche Durcheinander wäre vollkommen.

Wegen der technischen Fehler in der DIN, übertriebener Kooperation mit der Wirtschaft und großem lobbyistischen Einfluß der Industrie müssen die DIN-Vorschriften mit großer Zurückhaltung und Vorsicht angewendet werden; Mehr Verlaß ist auf die a.a.R.d.Bt, die sich von der Bindung der Industrie lösen (sollten).

Energieeinsparungsgesetz

Die Ermächtigungsgrundlage zum Erlaß der Wärmeschutzverordnungen 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."

Damit kann das Fazit gezogen werden, daß unwirtschaftliche Energiesparmaßnahmen gesetzwidrig sind; sie können - und müssen - unterbleiben. Die Auslegung des §5 (1) läßt keine andere Schlußfolgerung zu [4].

(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 "Härtefälle" wieder und ermöglicht eine Befreiung, wenn u.a. eine unbillige Härte vorliegt.

Die eindeutigste Form einer unbilligen Härte ist die Unwirtschaftlichkeit (s. [Materialien zur Wirtschaftlichkeit](#) (Download selbstentpackende Word 6-Zip-Datei)->Anhang, beim Autor erhältlich).

Wärmeschutzverordnung

Die Wärmeschutzverordnung 95 ist seit dem 01.01.1995 in Kraft. Der methodische Aufbau unterscheidet sich nicht vom Aufbau früherer WSchVOen, trotz gegenteiliger Behauptungen. Der Lüftungswärmebedarf (51,4 kWh/m²a) und die internen Wärmegewinne (25 kWh/m²a) sind konstante Werte. Insofern reduziert sich das "Energiebilanzverfahren" zu einem km-Verfahren (Solargewinne können über kFeq -Werte berücksichtigt werden). Zur Erfüllung der verschärften Anforderungen müssen nur entsprechend kleinere k-Werte gewählt werden [5] (dies ändert sich auch nicht bei der vorgesehenen EnSVO 2000).

Methodisch bedeutet die WSchVO 95 wegen der bürokratisch / technokratischen Grundstruktur eine einzige Konfusion, ist voller Widersprüche und Ungereimtheiten [6] (dies wird bei der EnSVO 2000 weiter verfeinert). Maßgebend für den Wärmeschutz bleiben nach wie vor allein die k-Werte. Wie aber ist die Gültigkeit des k-Wertes einzuschätzen ?

1. Instationäre Betrachtungsweise

Die k-Wert-Berechnung nach DIN 4108 gilt für den Beharrungszustand, also für stationäre Verhältnisse. Schüle schreibt in [7]: "Beim Anheizen oder Auskühlen von Räumen oder bei direkter Sonneneinstrahlung liegen jedoch instationäre Verhältnisse vor, so daß diese durch die Werte $1/L$ (oder R in $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) und k ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) nicht erfaßt werden".

Allein diese Aussage muß doch hellhörig machen !

Wie sehen nun die Temperaturkurven bei instationärer Betrachtung aus? Beim Anheizen eines Raumes z. B. stellt sich bei einer 38 cm Vollziegelwand nach Cammerer der Beharrungszustand, also der stationäre Zustand mit überall konstanter Wärmestromdichte, erst recht langsam ein und liegt bei weit über 24 Stunden [8].

Das heißt im Klartext: Bei gut speicherfähigem Material würde sich im 24-Stunden-Rhythmus einer Tag/Nacht-Periode der Beharrungszustand nie erreichen lassen; allein aus diesem Grunde kann bei instationären Verhältnissen die k-Wert-Berechnung nach DIN 4108 zu keinem brauchbaren Ergebnis führen.

Fazit: Gerade beim Altbau mit massiven, speicherfähigen Baustoffen gilt die k-Wert-Berechnung nach DIN 4108 nicht. Die Bemühungen, Altbausubstanz mit Dämmstoffen einzupacken, um den k-Wert zu verbessern, beruhen auf einem Irrtum.

Durch die absorbierte Solarstrahlung mit eingespeicherter Energie ergeben sich gegenüber dem Beharrungszustand ebenfalls instationäre Verhältnisse.

In einem Manuskript, das allerdings die Auffassung zu verbreiten versucht, die Speicherfähigkeit der Außenwand spiele in der Praxis keine Rolle [9], wird eine Grafik vorgestellt, die die unterschiedlichen Temperaturkurven in einer 38 cm Vollziegelwand zeigt. Dabei werden bei einer Außenlufttemperatur von -2°C Außenoberflächentemperaturen infolge solarer Einstrahlung von bis zu 16°C dokumentiert. Die 13 Uhr Temperaturkurve z.B. weist gegenüber dem Beharrungszustand Temperaturunterschiede auf, die in der 24stündigen Tag/Nacht-Periode zu einem eingespeicherten "Energiepolster" von rund $980 \text{ Wh}/\text{m}^2$ führen. Dies ist eine recht ansehnliche Größenordnung, die nun zusätzlich von außen kostenlos zur Verfügung steht, einverleibt wurde und erst einmal verbraucht werden kann.

Gegenrechnung: Bei einem hier vorhandenen k-Wert von $1,51 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ und einer Temperaturdifferenz von 22 K würde sich ein stationärer Wärmestrom von $33,2 \text{ W}/\text{m}^2$ und ein Wärmeverlust (in 24 Stunden) von knapp $800 \text{ Wh}/\text{m}^2$ einstellen; gegenüber dem Energiepolster aus der Solarstrahlung sogar ein geringerer Betrag; es ergibt sich energetisch ein Gewinn.

Fazit: Die Verwendung speicherfähigen Materials für die Außenwand führt zur Nutzung kostenlos zur Verfügung gestellter Solarenergie, die den "stationären Wärmestrom", gekennzeichnet durch den k-Wert, sogar überwiegen kann. Die Energiebilanz ist dann sogar positiv.

Woran ist nun ein instationärer Zustand zu erkennen ? Wann führen die für den Beharrungszustand gültigen k-Wert Berechnungen, die in der Wärmeschutzverordnung, der EN 832 und auch der EnSV 2000 vorgesehen und vorgeschrieben sind, zu falschen Ergebnissen ?

Temperaturgradient

Der Temperaturgradient bedeutet eine Temperaturdifferenz Dt , bezogen auf eine Streckendifferenz Ds . Außerdem geht nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik Wärme nur von der höheren zur niedrigeren Temperatur über. Damit wird die Richtung des Wärmeflusses bestimmt.

Der Temperaturgradient zeigt somit die unterschiedlichen thermischen Wärmeströme eines Bauteils.

Wird bei einem Außenwandquerschnitt neben der Temperaturkurve im Beharrungszustand (konstante Wärmestromdichte in üblicher geradliniger Darstellung) eine sich infolge Solareinstrahlung ergebende Temperaturkurve betrachtet, so spannt diese sich wie eine Kettenlinie zwischen den "Aufhängepunkten" Außenoberfläche (z.B. $+16^{\circ}\text{C}$) und Innenoberfläche (z.B. $+18^{\circ}\text{C}$) mit einem tiefsten Durchhängepunkt (z.B. $+11^{\circ}\text{C}$). Allein optisch ermöglicht der Temperaturgradient somit schon eine qualitative Aussage über Richtung und Größe der energetischen Wärmeströme. Die Größe wird durch die Neigung der Temperaturkurve charakterisiert. Dies führt bei einer Kettenlinie zu überall unterschiedlich großen Wärmeströmen.

Eine solche Temperaturkurve kennzeichnet einen Wärmefluß von außen zur Mitte der Wand. Die höhere Temperatur auf der Innenseite führt ebenfalls zu einem Wärmefluß in Richtung Mitte, der jedoch von dem von außen entgegenkommenden Wärmestrom gestoppt wird. Die Außenwand wird also von zwei Seiten mit Energie aufgeladen, die eingespeicherte Energie kann während der Aufladungsphase am Tage nicht nach außen abfließen und wird "gestapelt"; sie steht als Energiereserve für die Entladungsphase in der Nacht zur Verfügung.

Zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Wärmeströme können vier Wärmeflußzustände mit unterschiedlichen Richtungen und Größen beschrieben werden:

- (1) Beharrungszustand: Der über den gesamten Querschnitt gleichmäßig verteilte, konstante Wärmestrom von innen nach außen ist am größten (größte Neigung) und bedeutet einen stationären Transmissionswärmeverlust, wie er in jeder einschlägigen und gängigen Energiebilanz rechnerisch festgestellt wird.
- (2) Innenwand: Der Wärmestrom in der Nähe der Innenwand von innen nach außen ist gegenüber dem Beharrungszustand geringer (flachere Neigung).
- (3) Außenwand: Der in der Nähe der Außenwand vorliegende entgegengesetzte Wärmestrom ist im Normalfall größer (steilere Neigung), als der an der Innenwand und bedeutet solaren Energiegewinn, da ein Temperaturgefälle zur Mitte der Wand vorliegt.
- (4) Tiefster Durchhängepunkt: Ein waagerechter Temperaturgradient bedeutet bei einer Senke, daß kein Wärmestrom fließt, weder nach außen, noch nach innen. Dies bedeutet während der Aufladungsphase den Zufluß von Energie von beiden Seiten.

Fazit: Eine speicherfähige Außenwand vereinnahmt kostenlos wertvolle Sonnenenergie und stoppt den stationären Transmissionswärmestrom von innen nach außen. Dies ist der bedeutsame Vorteil einer speicherfähigen, massiven Außenwand, da der Heizenergieverbrauch dadurch entscheidend reduziert wird.

k-Wert-Bonus

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 [5], [10]. Der k-Wert-Bonus (wird vom k-Wert gemäß DIN 4108 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.

Daraus folgt fälschlicherweise: **"Je besser die Dämmung, desto schlechter die Speicherung"**.

Eine Vernachlässigung der Speicherung darf aber nicht akzeptiert werden. In unserer mitteleuropäischen Klimazone setzt sich der Wärmeschutz aus Dämmung und Speicherung zusammen [8]. Insofern muß eine ausgewogene Konstruktion gewählt werden, die zwischen reiner Speicherung (für mediterrane Regionen geeignet) und reiner Dämmung (für Nordeuropa geeignet) liegt. Die Beschränkung allein auf die Dämmung ist falsch. Dies aber geschieht bei der etablierten Bauphysik und führt zu katastrophalen Fehlentscheidungen.

Gerade beim Altbau kann (und muß) die Speicherfähigkeit des Materials berücksichtigt werden, da es sich meist um Vollziegelmaterial oder massive Baustoffe handelt. Es widerspräche jeder wirklichkeitsnahen Behandlung, bei speicherfähigem Material den k-Wert nach DIN 4108 zu verwenden. Um realistische Ergebnisse zu erzielen und damit Benachteiligungen für schwere, massive Bauweisen zu vermeiden, muß der nach DIN 4108 für den Beharrungszustand geltende k-Wert durch den um den k-Wert-Bonus reduzierten k-Wert (instationäre Verhältnisse) ersetzt werden.

Bei Berücksichtigung der Speicherung werden die Ziele der Wärmeschutzverordnung "durch andere Mittel" erreicht und sogar übertroffen (hier wird auf den Anhang verwiesen).

Dies hat für den Altbau deshalb besondere Bedeutung, da 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 jedoch nicht vorliegt; somit stimmt auch nicht die Berechnung mit dem k-Wert.

Die Verwirklichung eines solchen "Schreibtischvorschlages", alte Bausubstanz mit Dämmstoff zu verpacken, wäre der falscheste Weg, da wertvolles Baukulturgut gefährdet, wenn nicht sogar zerstört wird. Die Bauschadensträchtigkeit verpackter Fassaden ist evident.

Temperatur-Amplituden-Verhältnis

Das Temperatur-Amplituden-Verhältnis (TAV) dämpft außenseitige Temperaturschwankungen auf der Innenseite; die Phasenverschiebung versetzt die gedämpften Temperaturschwankungen zeitlich nach hinten. Die Speicherfähigkeit einer Außenkonstruktion wirkt sich hier besonders günstig auf die Behaglichkeitskriterien im Innenraum aus, Dämpfung und Phasenverschiebung sind recht groß.

In [7] wird eine Grafik gezeigt, die die großen Unterschiede zwischen speicherfähigem und speicherlosem Material aufzeigt. Dieser Grafik kann u.a. folgender Sachverhalt entnommen werden:

Je nach Baustoff ergeben sich recht unterschiedliche Temperatur-Amplituden-Verhältnisse. Ein TAV von z.B. 0,1 (20 K Außentemperaturschwankung führt innen zu einer Temperaturschwankung von 2 K) wird erreicht etwa durch 20 cm Holz, 36,5 cm Leicht- und Gasbeton (in etwa auch durch massive Ziegel) und etwa 50 cm Schwerbeton. Wärmedämmstoff dagegen muß selbst bei Abmessungen von etwa 12 bis 16 cm mit

Temperatur-Amplituden-Verhältnissen von 0,8 bis 0,9 belegt werden (20 K Außentemperaturschwankung führt innen zu einer Temperaturschwankung von 16 bis 18 K). Reine Dämmstoff-Leichtkonstruktionen bedeuten also ein ausgesprochenes "Barackenklima", das im Interesse der Bewohner zu vermeiden ist. Temperatur- (und auch Feuchte-) Stabilität als entscheidende Komponenten der Behaglichkeit müssen vorhanden sein; bei einer Massivbauweise ist dies gewährleistet.

Bei Leichtkonstruktionen (Niedrigenergiebauweise) wird nun versucht, durch aufwendige und kostenintensive apparative Bestückung (z.B. durch Kühlung) diesen Mißstand zu bereinigen.

Fazit: Einfacher und billiger wäre es, speicherfähiges Material zu verwenden und die Vorteile einer Massivkonstruktion zu nutzen. Stationäres Denken für den Beharrungszustand muß bei der Bewertung massiver, speicherfähiger Außenkonstruktionen überwunden werden.

2. Stationäre Betrachtungsweise

Die stationäre Betrachtungsweise kann kurz und knapp mit einer im Bauteil überall vorhandenen konstanten Wärmestromdichte (in W/m^2) beschrieben werden (Geradlinigkeit der Temperaturkurve). Auch bei einer Schichtkonstruktion wird von konstanten Wärmestromdichten in den einzelnen Schichten ausgegangen (DIN 4108, Teil 5, Abschnitt 7). Dieser Beharrungszustand tritt jedoch bei speicherfähigem Material nie ein. Trotzdem wird weitgehend gemäß DIN 4108 stationär gerechnet und der Heizenergieverbrauch ermittelt. Auf die Fragwürdigkeit einer solchen Vorgehensweise muß hingewiesen werden; die Gültigkeit der Ergebnisse ist nicht gegeben (s. Instationäre Betrachtungsweise).

Effizienzgrenze

Wird (z.B. für den Laborfall) die Gültigkeit des k-Wertes nach DIN 4108 (Beharrungszustand) einmal angenommen, so wird bei stetiger k-Wert-Verminderung sehr schnell die Effizienzgrenze erreicht, da die nach DIN 4108 nur für den Beharrungszustand geltende Formel zur Berechnung des k-Wertes eine Hyperbelfunktion beschreibt [5]. Die Form einer Hyperbel ist bekannt, bei kleinen x-Werten (Abszisse) fällt der y-Wert (Ordinate) sehr stark, um dann umzuschwenken und bei großen x-Werten dann asymptotisch sich dem Wert Null zu nähern.

Dies hat Konsequenzen. Die Abszisse (Dämmstoffdicke d) ist ein Maß für die Mehrkosten (Aufwand), die Ordinate (k-Wert) dagegen ein Maß für den Nutzen. Das Verhältnis beider Maße ist das Mehrkostennutzenverhältnis, das Maß für die Wirtschaftlichkeit [5], [11] (s. Materialien zur Wirtschaftlichkeit). Bei kleinen Dämmstoffdicken wird deshalb mit wenig Aufwand ein großer zusätzlicher Nutzen erzielt (das Wirtschaftlichkeitsgebot des EnEG wird erfüllt). Dagegen wird bei großen Dämmstoffdicken nur mit großem Aufwand ein sehr kleiner zusätzlicher Nutzen erzielt (das Wirtschaftlichkeitsgebot des EnEG wird nicht erfüllt).

Rechnerische k-Werte von 0,5 bis 0,6 W/m^2K sind noch leicht und mit geringem Aufwand wirtschaftlich zu realisieren. Die technische Umsetzung von kleineren k-Werten dagegen erfordert einen unverhältnismäßig hohen Aufwand; die Wirtschaftlichkeit ist nicht mehr gegeben; merkbare zusätzliche Energieeinsparungen sind nicht mehr zu erwarten.

Unwirtschaftlichkeit aber ist die elementarste Form einer unbilligen Härte, somit kann von den Befreiungen und Ausnahmen der Wärmeschutzverordnung Gebrauch gemacht werden.

Konsequenzen für die Wärmeschutzverordnung

Der Rechenmechanismus in der Wärmeschutzverordnung zelebriert ausschließlich k-Werte, die nach DIN 4108 den stationären Beharrungszustand beschreiben. Dies gilt auch für die beabsichtigte "Fortschreibung" der WSchVO 1995, für die EnSVO 2000. Die Rechnungen sind wegen der stationären Betrachtungsweise fehlerhaft und falsch. Kann (selbst für den stationären Fall) die Unwirtschaftlichkeit nachgewiesen werden, so werden folgende Texte der Wärmeschutzverordnung wirksam:

Bauliche Änderungen bestehender Gebäude § 8 (2), Satz 4:

"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".

Ausnahmen § 11 (2):

"Die nach Landesrecht zuständigen Stellen lassen auf Antrag für Baudenkmäler oder sonstige besonders erhaltenswerte Bausubstanz Ausnahmen von dieser Verordnung zu, soweit Maßnahmen zur Begrenzung des Jahres-Heizwärmebedarfs nach dem dritten Abschnitt die Substanz oder das Erscheinungsbild des Baudenkmals beeinträchtigen und andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen würden".

§ 11 (3):

"Die nach Landesrecht zuständigen Stellen lassen auf Antrag Ausnahmen von dieser Verordnung zu, soweit durch andere Maßnahmen die Ziele dieser Verordnung im gleichen Umfang erreicht werden".

Härtefälle § 14:

"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."

Es gilt also, die Wirtschaftlichkeit bzw. die Unwirtschaftlichkeit einer Energieeinsparungsmaßnahme nachzuweisen, um die in der Wärmeschutzverordnung enthaltenen Möglichkeiten auszuschöpfen [5], [11]. Hier wird verwiesen auf: Materialien zur Wirtschaftlichkeit.

Hinweis: Formblätter erleichtern die Handhabung bei der Baugenehmigung: "[Antrag auf Ausnahme/Befreiung gem.WSVO](#)" von Dipl.-Ing. Univ. Konrad Fischer, Hauptstr. 50, 96272 Hochstadt a. Main. Tel. 09574-3011, Fax -4960.

3. Oberflächenkondensat

Schimmelpilzbildungen treten verstärkt auf. Verantwortlich dafür ist die Kondensatbildung auf der Innenoberfläche der Außenwände. Was sind die Ursachen hierfür ?

Kondensat als Naturgesetz

Die Aufnahmefähigkeit von Wasserdampf hängt von der Temperatur der Luft ab. Warme Luft kann mehr aufnehmen als kalte Luft. Kondensat entsteht also immer nur dann, wenn Raumluft abgekühlt wird. Das Molliersche Diagramm, das in jedem

Heizungslehrbuch enthalten ist, zeigt die naturgesetzlichen Zusammenhänge zwischen Temperatur (o C), rel. Feuchte (%) und Wasserdampfgehalt (g/kg tr.L.). Anschaulicher wird die Grafik, wenn der Wasserdampfgehalt statt in g/kg tr.L in g/m³ angegeben wird; Die Unterschiede sind nicht allzu gravierend. In [12] wird eine diesbezügliche Abbildung gezeigt, die beispielhaft folgenden Sachverhalt beschreibt: Eine 20o C warme Luft mit 60% rel. Feuchte enthält 10,5 g/m³ Wasserdampf. Wird diese Luft auf 12o 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 immerhin um rund 8 K abgekühlt werden muß, um Kondensat zu bilden. Dies widerlegt das Argument, bei Kondensatbildung sei v.a. der schlechte k-Wert und eine unzureichende Wärmedämmung mit zu geringer Oberflächentemperatur die Ursache.

Kühle oder kalte Luft, selbst von 80%, enthält wenig Wasserdampf (3 bis 5 g/m³). Wird diese auf 20o 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 zu entfeuchten.

Dies ist der Grund, weswegen zur Entfeuchtung durchfeuchteter Wände im Winter gelüftet werden muß - und nicht im Sommer.

Fazit: Entscheidend für die Bildung von Oberflächenkondensat ist weniger die "schlechte" Dämmung als vielmehr die Feuchtigkeit der Innenraumluft. Selbst eine "sehr gute" Dämmung kann bei hoher Luftfeuchtigkeit eine Kondensatbildung nicht ausschließen.

4. Luftheizung - Strahlungsheizung

Das Natürlichste ist eine Strahlungsheizung; sie funktioniert als Solarstrahlung schon seit ewig, der Mensch hat sich konstitutionell darauf eingestellt. Das Bedeutsame ist jedoch, daß Strahlung keine Luft erwärmt, sondern nur Materie - z.B. die Innenoberflächen eines Raumes. Bei einer Strahlungsheizung profitiert also die Luft erst aus "Zweithand", indem die Wand durch Wärmeübergang die berührenden Luftschichten erwärmt. Die Raumlufttemperatur ist demzufolge immer niedriger als die Wandtemperatur - im Gegensatz zur Luftheizung, bei der die Raumlufttemperatur immer höher ist als die Wandtemperatur.

Fazit: Feuchteschäden und damit Schimmelpilzbildung durch Kondensat sind nur bei einer Konvektionsheizung möglich. Dagegen wird bei einer Strahlungsheizung eine Kondensatbildung an den Innenoberflächen ausgeschlossen; da die Wandtemperatur höher als die Lufttemperatur ist.

Wenn nun neben dem Unterschied Konvektionsheizung und Strahlungsheizung auch noch der grundsätzliche Unterschied zwischen stationärer Betrachtung mit konstanten Wärmeströmen und instationärer Betrachtung mit unterschiedlichen Wärmeströmen (in Größe und Richtung) in die energetischen Überlegungen mit einbezogen werden, dann wird von diesen vier möglichen empirischen Modellen zur Beschreibung der Realität nun gerade dasjenige der DIN 4108 ausgewählt, das am meisten von der Realität abweicht und darüber hinaus noch für den Menschen am unangenehmsten ist: das Modell "Stationär mit Konvektion".

Vernünftiger, sinnvoller, wahrheitsgemäßer und gesünder wäre dagegen das Modell: "Instationär mit Strahlung".

5. k-Wert und relative Feuchte

Die Notwendigkeit, zur Vermeidung von Kondensat die Oberflächentemperatur festzulegen, beschränkt sich nur auf eine konvektive Heizung. Unter diesen Voraussetzungen wird der funktionelle Zusammenhang zwischen Außentemperatur, Innentemperatur, rel. Feuchte und dem k-Wert wichtig.

In [12] wird eine Abbildung gezeigt, die folgenden Sachverhalt beispielhaft kennzeichnet:

Bei einer Innentemperatur von 20°C, einer Außentemperatur von -10°C und einer rel. 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 (1,32 bis 1,56 W/m²K), die Feuchteschäden durch Oberflächenkondensat verhindern. Dies zeigt aber auch, daß auf die Schimmelpilzbildung der k-Wert kaum einen Einfluß hat; viel entscheidender ist die rel. Feuchte:

Bei gleichen Außen- und Innentemperaturen tritt selbst bei einem k-Wert von 0,5 W/m²K Kondensat auf, wenn die rel. Feuchte auf über 85% ansteigt. Auch sogenannte Wärmebrücken führen bei normalen Raumfeuchten deshalb nicht zu Feuchteschäden.

6. Lüftung und Luftdichtigkeit

Lüftung

Lüftung wird notwendig, um hohe rel. Feuchten zu vermeiden, denn diese verursachen nicht nur Feuchteschäden, sondern verbrauchen auch Energie. Die Enthalpie feuchter Luft ist größer als die trockener Luft, deshalb muß auch rechtzeitig gelüftet werden, bevor hohe rel. Feuchten erreicht werden, die viel Energie benötigen [12].

Die absoluten Lüftungswärmeverluste sind gering (nach der Wärmeschutzverordnung 51,4 kWh/m²a; entspricht etwa 2,60 DM/m²a) und dies bei einem 0,8 fachen Luftwechsel, der im Normalfall kaum zutrifft (entspricht einem 19,2 fachen Luftwechsel pro Tag-Nacht Periode!); real dürfte viel weniger gelüftet werden und auch dies reicht aus, um Feuchteschäden zu vermeiden. Feuchteschäden treten nur dann auf, wenn wenig oder gar nicht gelüftet wird.

Nur in einer prozentualen Bilanz erscheint der Lüftungswärmebedarf als gewaltiger Posten!

Luftdichtigkeit

Die Luftdichtigkeit der den Innenraum umgebenden Bauteile (Wand, Decke) wurde schon seit jeher gefordert. Neben den eventuellen Zugerscheinungen war dies notwendig, um Kondensat in der Konstruktion infolge Abkühlung der nach außen strömenden warmen Innenraumluft zu vermeiden. Bei Massivbauten ist die Luftdichtigkeit gewährleistet (verputzte Außenwand und Massivdecke). Bei Skelettbauten jedoch läßt sich eine vollkommene Luftdichtigkeit 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 großmannssüchtige Bauphysiker ergibt sich bei Leicht- und Skelettkonstruktionen nun das große Dilemma, daß infolge der konstruktiv nicht immer zu vermeidenden Luftundichtigkeit Feuchteschäden durch Luftströmung entstehen.

Dies macht die unbelüftete Leicht- und Skelettkonstruktion insgesamt sehr fragwürdig.

Anstatt nun bei solchen "windigen" Konstruktionen zur belüfteten Konstruktion zurückzukehren, wird in alter Manier (ein Fehler wird durch einen zweiten Fehler zu beheben versucht) die "Luftdichtigkeitsprüfung" geboren. Zur Begründung werden die damit zusammenhängenden Energieverluste, aber nicht die zu erwartenden Feuchteschäden genannt. Hier geschieht Verschleierung der tatsächlichen Gründe durch Informationsselektion, denn die durch Luftundichtigkeit entstehenden Energieverluste sind vernachlässigbar.

Welche Größenordnungen treten auf ?

Die Wärmeschutzverordnung 95 berücksichtigt einen 0,8fachen Luftwechsel, dies entspricht einem stündlichen Luftvolumenstrom von $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Wohnfläche. Diese 2 m^3 lassen eine eventuelle Luftundichtigkeit energetisch wirklich kümmerlich erscheinen.

Eine Luftundichtigkeit, die z.B. einen Luftvolumenstrom von $15 \text{ m}^3/\text{h}$ nach sich zieht, 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 früher bei den undichten Fenstern; nur hier war das anfallende Kondensat kontrollierbar). 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 Verordnungsgeber unterstützt. Im Entwurf zur "Energiesparnorm 2000" [3] wird: - bei freier Lüftung/Fensterlüftung eine Luftwechselrate von $n = 0,70/\text{h}$, - bei freier Lüftung/Fensterlüftung und "Blower-Door-Messung" aber ein n von $0,60/\text{h}$ vorgesehen.

Das "dichte" Haus wird mit einer geringeren Luftwechselrate bedacht als das mit sog. "Leckagen" versehene Haus.

Umgekehrt wäre es logisch, denn es muß ein erforderlicher Luftwechsel gewährleistet werden; wie dieser sich, bei Beachtung der allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik (nicht der DIN-Vorschriften), zusammensetzt, ist doch erst der zweite Schritt.

7. Tauwasser in der Konstruktion

Der Tauwasserschutz nachweis erfolgt nach dem Berechnungsverfahren in DIN 4108, Teil 5. Über die Sinnfälligkeit von "technischen Fortschreibungen" dieser Norm kann man durchaus geteilter Meinung sein.

1. Die DIN 4108 sagte in der Fassung von 1960 im Abschnitt 4.12 zum Tauwasser (Kondenswasser) noch folgendes:

"Bei geschichteten Außenbauteilen (Wänden und Decken) kann unsachgemäße Anordnung der Schichten zur Bildung von Tauwasser führen, das die Wärmedämmung ungünstig beeinflusst".

Man bedenke: Früher wurde Tauwasser in Bauteilen noch als eine "unsachgemäße Konstruktion" angesehen, das die Wärmedämmung ungünstig beeinflusst. Heute dagegen ist Tauwasser im Bauteil gemäß DIN 4108, T. 5 "Stand der Technik", besser jedoch "Stand der DIN". Was im Winter (!) kondensiert, muß im Sommer wieder ausdiffundieren; damit sei ja doch die "Jahresbilanz der Feuchte" ausgeglichen.

Welch technischer (und geistiger) Irrweg beim Bauen !

2. Die DIN 4108 sagt in Teil 5, Abschnitt 11.2.3 - Berechnung der Verdunstung -:

"Tauwasserausfall während der Verdunstungsperiode ist rechnerisch nicht zu berücksichtigen".

Diese vereinbarte Festlegung hat fatale Folgen [12], [13], [14]: Der falscheste bauphysikalische Schichtenaufbau mit Kondensatmengen, die selbst jahresbilanzmäßig nicht mehr ausdiffundieren, führt bei Anwendung der so formulierten DIN immer zu "nach DIN 4108 zulässigen Konstruktionen"!

Man bedenke: Selbst unter der fragwürdigen Prämisse einer ausgeglichenen (?) Jahresfeuchtebilanz (feuchte Konstruktion im Winter, trockene dann wieder im Sommer) wird eine mit methodischen Fehlern durchsetzte, falsche Berechnung durchgeführt. Falsch nur deshalb, weil das auch im Sommer anfallende Kondensat "per Dekret" (bzw. per Vereinbarung) nun rechnerisch nicht berücksichtigt wird.

3. Kondensat in der Konstruktion entsteht immer nur dann, wenn der durch den gewählten Schichtenaufbau entstehende Wasserdampfdruck (Partialdruck) größer wird als der Sättigungsdruck, der sich nach der Temperatur im Bauteil richtet. Die Temperaturverteilung wird jedoch nach DIN 4108, Teil 5 für den Beharrungszustand, der von konstanten Wärmestromdichten ausgeht, berechnet. Bei speicherfähigem Material wäre aber eine stationäre Behandlung falsch, da die Temperaturverteilung eine gänzlich andere ist (s. Instationäre Betrachtungsweise); beim rechnerischen Tauwassernachweis nach DIN für speicherfähige Wände handelt es sich also um exzellente Phantomrechnungen.

Es werden Regelungen in der DIN vorgeschlagen, die teilweise von unzutreffenden Voraussetzungen ausgehen und gegen Naturgesetze verstoßen. DIN fühlt sich offensichtlich mehr dem Marktgesetz einer Produkteinführung mit parallel beabsichtigter Gewinnmaximierung verpflichtet als dem Handwerker, dem Ingenieur und dem Kunden. Was dem Verbraucher hier zugemutet wird, entspricht nicht mehr einem vernünftigen Handeln.

8. Entwurfshinweise

Die Konstruktionsregeln zur Vermeidung von Tauwasser in der Konstruktion sind einfach. Folgende Hinweise sind zu beachten [12]:

1. Bei dampfdichteren Schichten besteht die Kondensationsgefahr immer auf der warmen Seite, bei wärmedämmenden Schichten immer auf der kalten Seite.
2. Wärmedämmende Schichten gehören nach außen (kalt), dampfbremsende Schichten nach innen (warm).
3. Auch die Schichtung unterschiedlicher Baustoffe erfolgt nach dieser Regel.
4. Die Dampfdichtigkeit sollte deshalb von innen nach außen abnehmen, die Wärmedämmfähigkeit jedoch zunehmen.
5. Maßgebend hierfür sind die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ und die Wärmeleitfähigkeit λ .
6. Entscheidend ist nicht die absolute äquivalente Luftschichtdicke s_d in m, sondern die relative äquivalente Luftschichtdicke s_d in %. Die Beachtung einer äquivalenten Luftschichtdicke s_d (m) allein liefert keine Aussage zur Frage der Tauwasserfreiheit und würde zu falschen Schlüssen führen. Entscheidend ist immer die Gesamtkonstruktion.
7. Das gleiche gilt für die Wärmedämmung: Entscheidend ist nicht der absolute Wärmedurchlaßwiderstand $1/L$ in $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$, sondern der relative Wärmedurchlaßwiderstand $1/L$ in %. Die Beachtung eines Wärmedurchlaßwiderstandes $1/L$ (in $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) allein liefert keine Aussage zur Frage der Tauwasserfreiheit.
8. Besonders gefährdet sind relativ dampfdichte Außenanstriche. Wenn Kondensat friert, blättern die Anstriche ab. Hierfür maßgebend sind die μ - und prozentualen s_d - Werte.
9. Eine bauphysikalische Bewertung kann nur im Zusammenspiel von Temperatur- und Dampfteildruckverteilung erfolgen.
10. Bei Umkehrung der Konstruktionsregeln muß mit Feuchteschäden gerechnet werden, die besonders dann zu erwarten sind, wenn die in DIN 4108, Teil 3 festgelegten Klimadaten nicht zutreffen (verändertes Nutzerverhalten)
11. Ein bauphysikalisch richtiger Konstruktionsaufbau zahlt sich immer aus, Feuchtebelastungen unterschiedlichster Art werden dann gut verkraftet.
12. Die "Zulässigkeit" einer Konstruktion nach DIN 4108 garantiert noch nicht eine schadensfreie Konstruktion. 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 richtig aufeinander abgestimmt sind.
9. Sorptionsverhalten Das Sorptionsverhalten der Innenoberflächen eines Raumes ist sowohl für die Thermo- als auch für die Feuchtestabilität maßgebend.

Bei übermäßiger Feuchteproduktion (z.B. Kochen in der Küche, Duschen im Bad, viel Blumen und ein Aquarium im Wohnzimmer) nehmen sorptionsfähige Schichten (Kalkputz,

Holzverkleidungen, doppelte Gipskartonverschalung) die Feuchtespitzen auf und puffern diese ab; es findet ein Ausgleich der rel. Feuchten zwischen Raumluft und Wandoberfläche statt. Allerdings muß dann zur Entfeuchtung der Oberflächen wieder gelüftet werden. Kalte Außenluft, die im Raum erwärmt wird, ist recht trocken (20 bis 30% rel. Feuchte); diese saugt wie ein Schwamm aus den "feuchten" Innenoberflächen die Feuchtigkeit wieder heraus, eine normale Ausgleichsfeuchte pendelt sich wieder ein. Ähnlich verhält sich eine speicherfähige Innenoberfläche auf thermische Spitzen. Erfolgt z.B. infolge Sonneneinstrahlung durch Fenster eine Überhitzung des Raumes, dann puffern absorptionsfähige Oberflächen die erhöhten Temperaturen ab, es findet ein Temperatúrausgleich statt.

Fehlen sorptionsfähige Oberflächenmaterialien im Raum, dann muß mit hohem technischen Aufwand und viel Geld Ersatz für die nicht vorhandenen günstigen Materialeigenschaften geschaffen werden: Überhitzung 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.

10. Schlußbemerkung

Der Gebäudewärmeschutz entwickelt sich immer mehr zu einem Phantom. Die angestrebten Verschärfungen des Anforderungsniveaus bedeuten (auch bei der EnSVO 2000) Reduzierungen der stationär gehandhabten k-Werte. Schon das "Dämmniveau" der 95 Wärmeschutzverordnung muß, selbst bei Anerkennung einer stationären Betrachtung, als unwirtschaftlich bezeichnet werden [4], [5], weitere "Verbesserungen" werden dann noch unverständlicher; das Verhältnis von Aufwand und Nutzen wird immer größer, die Wirtschaftlichkeit immer katastrophaler.

Liegen jedoch instationäre Verhältnisse vor, dann wandelt sich der ganze praktizierte Gebäudewärmeschutz zu einer reinen Phantasierechnerei. Dies muß im Interesse einer realistischen Bauphysik, aber auch im Interesse des Kunden, der ein Recht darauf hat, seriös bedient zu werden, deutlich gesagt werden. Die Dominanz der Wirtschaft darf nicht dazu führen, sogar Straftatbestände zu tolerieren. Der § 263 (1) StGB (Betrug) lautet:

(1) Wer in der Absicht, sich oder einem Dritten einen rechtswidrigen Vermögensvorteil zu verschaffen, das Vermögen eines anderen dadurch beschädigt, daß er durch Vorspiegelung falscher oder durch Entstellung oder Unterdrückung wahrer Tatsachen einen Irrtum erregt oder unterhält, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Wenn bei der bautechnischen Beratung nicht allumfassend informiert wird, dann ist zu prüfen, inwieweit eine "Vorspiegelung falscher Tatsachen" bzw. eine "Entstellung oder Unterdrückung wahrer Tatsachen" vorliegt.

Hinweis: Anhang (beim Autor erhältlich):

"Tabellen für den k-Wert-Bonus und Dampfdichtigkeit von Anstrichen" enthalten für Überlegungen quantitativer Art u.a. folgende Tabellen:

Tabelle 1 mit den spezifischen Wärmekapazitäten c nach DIN 4108, Teil 4, Tabelle 7 (dort in J/kg K),

Tabelle 2 mit Absorptionsgraden für kurzweilige Solarstrahlung,

Tabelle 3 mit dem durchschnittlichen Strahlungsangebot,

Tabellen 4a bis 4c mit den Wärmeeindringkoeffizienten b , den k -Werten und den **effektiven k -Werten k_{eff}** (für unterschiedliche Himmelsrichtungen) infolge absorbierter Solarstrahlung für unterschiedliche Wandbaustoffe und Abmessungen (Altbau, Natursteine und Neubau),

Tabelle 5 mit äquivalenten Luftschichtdicken s_d für Anstriche und Tabelle 6 mit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen μ für Anstriche.

Der Teil : "[Materialien zur Wirtschaftlichkeit](#)" (**Download exe/doc**) enthält für Überlegungen ökonomischer (und ökologischer) Art folgende Tabellen:

Tabelle 1 und 2 mit den Finanzdaten und dem Mehrkosten-Nutzen-Verhältnis,

Tabelle 3 mit wirtschaftlichen Grenzwerten für Wärmedurchgangskoeffizienten.

Literatur:

[1]Steinbuch, K.: Maßlos informiert. Die Enteignung unseres Denkens. Goldmann Sachbuch 11 248, 11/1979.

[2]"Meersburg-Urteil": Bundesverwaltungsgericht Aktenzeichen 4 C 33 - 35/83, Urteil vom 22.05.87. Fundstelle: Neue Juristische Wochenschrift 1987, H. 45, S. 2888 (Quelle: Raimund Probst-Frankfurt).

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

[4]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.

[5]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).

[6]Meier, C.: Die Wärmeschutzverordnung 1995. Methodische und inhaltliche Ungereimtheiten. Berlin-Brandenburgische Bauwirtschaft 1994, H.19 (1.Oktober).

[7]Gösele,K.; Schüle, W.: Schall, Wärme, Feuchte. Bauverlag Wiesbaden Berlin 1985, S. 167/168.

[8]Cords-Parchim, W.: Technische Bauhygiene. Teubner Verlag Leipzig, 1953

[9]Feist, W.: Ist Wärmespeichern wichtiger als Wärmedämmen ? Institut für Wohnen und Umwelt GmbH ,Darmstadt, Mai 1987.

[10]Meier, C.: Speicherung beim Gebäudewärmeschutz. Wohnung + Gesundheit 1997, H. 3 (Nr. 82), S. 38.

[11]Meier, C.: Investitions- und Folgekosten bei Bauvorhaben. Bedeutung und Planungskonsequenzen. Renningen-Malmsheim, expert verlag 1996, 2. Auflage, Band 246, 162 Seiten.

[12]Meier, C.: Feuchteschäden vermeiden. Bauverlag GmbH Wiesbaden und Berlin, 1989 (seit Jan.1997 vom Markt genommen).

[13]Meier, C.: Der kleine Irrtum beim Tauwasserschutz. Klima-Kälte-Heizung 1989, H.9, S. 404.

[14]Meier, C.: Tauwasserfreie Konstruktionen. DBZ 1989, H.9, S. 1161

[15]DIN 4108, Teil 4, Tabelle 7.

[16]DIN V 4108-6, Tabelle 8

[17]Wärmeschutzverordnung vom 16. August 1994 (WSchVO 95), Anlage 1, Absatz 1.6.4.1

[18]Zimmermann, G.: Außenwände aus KS-Sichtmauerwerk. Durchfeuchtungen und Frostabsprengungen. Deutsches Architektenblatt 1984, H. 12, S. 503.

[19]Weber, H.: Anstriche und Hydrophobierungsmittel für Fassadenschutz und Bausanierung. Deutsches Architektenblatt 1987, H. 2, S. 441.

Redaktion: Konrad Fischer

Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Meier
Architekt SRL
Neuendettelsauer Straße 39

90449 Nürnberg

Tel.: 0911/6897526 Fax: 0911/6897527

Verbundsysteme für die Fassade: kritisch betrachtet

(veröffentlicht in "Althaus modernisieren" 2/3-2000)

Energiesparen tut not – das weiß jedes Kind. Ob man dazu allerdings die Außenwände der Häuser mit Dämmung vollpacken soll, darüber streiten sich die Gelehrten. Eine kritische Position bezieht Professor Dr.-Ing. Claus Meier, wissenschaftlicher Direktor und ehemaliger Leiter des Hochbauamts der Stadt Nürnberg.

Wenn, wie beim Gebäudewärmeschutz offensichtlich, gegensätzliche Aussagen vorliegen, dann müssen die Argumente entweder widerlegt oder akzeptiert werden. Naturgesetze und die Logik sind hierfür die richtigen Arbeitsmittel.

Grundsätzlich ist zum Thema Gebäudewärmeschutz folgendes vorzuschicken:
Bautechnische Lösungen müssen sich immer nach dem vorliegenden Klima richten.

Im mediterranen Raum zum Beispiel wird nachhaltig massiv mit speicherfähigen Materialien gebaut. Die Sonneneinstrahlung ist sehr intensiv; man muß sich davor schützen. Auch für die nächtlichen Abkühlungen ist der Massivbau hervorragend geeignet, da er die am Tage aufgenommene Energie dann in der Nacht wieder abgeben kann. Innen herrscht ein ausgeglichenes, angenehmes Raumklima.

Im hohen Norden dagegen mit sehr geringer (oder keiner) Sonneneinstrahlung entsprechen mehr die "Leicht"-Konstruktionen mit guter Dämmwirkung den Erfordernissen. Das Schnee-Iglu kann hier als ein Beispiel angeführt werden.

Wir in Mitteleuropa liegen dazwischen und brauchen beides. Die Speicherwirksamkeit und die Dämmfähigkeit einer Außenkonstruktion. Dies macht Sinn und hat sich demzufolge bauhistorisch über die Jahrhunderte auch so entwickelt.

Der Wärmeschutz eines Gebäudes in unseren Breiten besteht somit aus der Speicherung und der Dämmung. Dies wurde früher auch praktiziert. Die bauphysikalische Bewertung neuer Konstruktionen erforderte zwei Merkmale: die "gleichspeichernde Ziegeldicke" und die "gleichdämmende Ziegeldicke".

Heute dagegen wird die Speicherung einer Außenkonstruktion konsequent negiert.

Grundwissen: Die Speicherung wird günstiger bei schweren, massiven Baustoffen, die Dämmung wird günstiger bei leichten, porösen Baustoffen. Eine solide Mischung beider Eigenschaften schafft in unseren Breiten gesunde Wohnverhältnisse und spart sogar Energie.

Irrigerweise beschränken viele Entscheidungsträger bei ihren Vorgaben den heutigen Wärmeschutz eines Gebäudes nur auf den so genannten k-Wert, also auf die Dämmung der Außenwand. Die segensreiche Speicherung wird völlig vernachlässigt. Auch die Solarstrahlung, die wesentliche kostenlose Energieeinsparungen erzielt, wird beim k-Wert unberücksichtigt gelassen. Diese in unseren Breiten so wertvolle Eigenschaft einer Außenwand als Energie-Absorber bleibt also außen vor.

Es wird demnach eine konstante Wärmestromdichte, die bei jeder Temperaturberechnung die Grundlage bildet, angenommen beziehungsweise vorausgesetzt. Die Realität einer massiven Außenwand zeigt jedoch überall in Größe und Richtung unterschiedliche Wärmestromdichten.

Auch die Solarstrahlung wird mit null angenommen. Dies aber kann nur in Klimakammern simuliert werden; in der Realität dagegen liegt immer eine Strahlung vor, selbst wenn es nur die diffuse Strahlung ist, die immerhin zirka 40 Prozent der direkten Strahlung ausmacht (ein Nordfenster liefert ja auch schon solare Wärmegevinne).

Trotz dieser entscheidenden Fehler wird von seiten der Administration und der einen, sehr industriefreundlichen Seite der Wissenschaft am nur für den Beharrungszustand geltenden k-Wert geradezu dogmatisch festgehalten.

Obgleich der k-Wert in der Realität immer falsche Ergebnisse liefert, immer nur eine rechnerische Fiktion bedeutet, wird er somit fälschlicherweise zum Symbol des Wärmeschutzes erhoben.

Selbst wenn eine Richtigkeit des k-Wertes, was ja nicht stimmt, angenommen werden soll, liefert der k-Wert aus mathematischen Gründen eine Effizienzgrenze, die weit über den jetzt angestrebten und empfohlenen k-Werten liegt.

Superdämmung: eine Fehlentwicklung?

Der k-Wert folgt einem fatalen Naturgesetz: Die Verdoppelung der Dämmung führt zu einer Halbierung des k-Wertes. Das bedeutet im Klartext:

5 cm Dämmstoff ergibt einen k-Wert von 0,8 W/m²K
10 cm Dämmstoff ergibt einen k-Wert von 0,4 W/m²K
20 cm Dämmstoff ergibt einen k-Wert von 0,2 W/m²K

Die Dämmstoffdicke muß also verdoppelt werden, um eine Halbierung des k-Wertes zu erreichen.

Das heißt: Der durch verschärfte Anforderungen in der WSchVO zu erzielende Energiegewinn durch Superdämmungen liegt volkswirtschaftlich gesehen unter 1 Prozent. Anderslautende Meldungen können durch einfache Rechnung leicht widerlegt werden. Auch betriebswirtschaftlich kann die im Energieeinsparungsgesetz geforderte Wirtschaftlichkeit keinesfalls nachgewiesen werden. Alle Beteuerungen, die Wirtschaftlichkeit sei eingehalten, beruhen auf Mogelpackungen - ein typischer Fall manipulierender Rhetorik.

Welch ein makabres Spiel beim ständigen "Verschärfen des Anforderungsniveaus": Dem Dämmstoffverkäufer werden überproportionale Umsatzsteigerungen garantiert, dem Bauherrn werden überproportionale Baukostenverteuerungen aufgezwungen. Der Umwelt nutzt dies alles nichts, denn die Energieeinsparung wird nominell immer kleiner und nähert sich dem Wert null.

Allein das Phänomen, daß man eine Verdoppelung der Dämmschichtdicke benötigt, um den Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Wert) zu halbieren, ist auch der Grund, weshalb immer nur von prozentualen Einsparungen gesprochen wird. So ergeben sich erst die "gewaltigen" Energieeinsparungen.

Wie sieht nun der Katalog der Widersprüche aus? Immer wird bei den Wärmeschutzverordnungen als Grund für eine Verschärfung des Anforderungsniveaus die notwendige Energieeinsparung genannt.

Bei den jetzt geforderten Superdämmungen kann es wegen des oben angesprochenen Phänomens nicht um Energie und damit um weitere CO₂-Einsparungen gehen, sondern einzig und allein nur um den Einbau von viel Dämmstoff. Damit aber wird dann auch viel Sondermüll produziert.

Diejenigen, die heute den Dämmstoff einbauen, haben schon signalisiert, ihn später auch wieder zu entsorgen - für teures Geld. Damit winkt das nächste Geschäft.

Die energetische Gleichmacherei aller Bauten durch einheitliche "Anforderungen" entspricht nicht der klimatischen Vielfalt in der Bundesrepublik. Hier ergeben sich große Diskrepanzen zwischen wärmeren und kälteren Regionen. Frühere Vorschriften enthielten noch drei Wärmedämmgebiete, heute wird überall "gleich viel gedämmt". Diese Vereinheitlichung des Dämmstoffeinbaues dient hauptsächlich Vermarktungsinteressen.

Handwerkliche Erfahrung und regionalspezifische Besonderheiten gehören damit ein für allemal der Vergangenheit an - Globalisierung des Marktes nennt man das.

Dieser Dämmstoffeinbauwahn wird auch von DIN forciert und getragen. Auf Normen ist jedoch kein Verlaß, denn DIN sagt selbst, durch das Anwenden entziehe sich niemand der eigenen Verantwortung und demzufolge handle jeder auf eigene Gefahr. Das Bundesverwaltungsgericht sagt, DIN-Normen seien keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter. DIN ist also eine denkbar schlechte Basis für den Nachweis wissenschaftlicher Richtigkeit - und Redlichkeit.

Folgende Fragen sind zu stellen: Können Schreibtisch-Normen das Erfahrungswissen und die Nachhaltigkeit von Bautechnik ablösen? Sind die aus der Erfahrung heraus gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse wichtig oder statt dessen Vereinbarungen interessierter Kreise? Soll kreatives Ingenieursdenken durch administrative Verordnungstexte ersetzt werden?

Vieles geschieht durch den Missbrauch der Richtlinienkompetenz zusammengerufener "Experten", die alle die Fehlerhaftigkeit wichtiger Sachverhalte nicht erkennen.

Beispiel: Die DIN 4108 behandelt im Teil 5 nur den Feuchtetransport durch Diffusion. Viel wichtiger und entscheidender ist jedoch der kapillare Transport von Feuchtigkeit zur Außenoberfläche, um dort zu verdunsten. Kapillarer Wassertransport wird jedoch durch Dämmschichten, Folien und Beschichtungen weitgehend unterbunden.

Bei WDV-Systemen besteht die Gefahr durchfeuchteter Konstruktionen; Pilz- und Algenbefall sind die Folge. Bei einer Innendämmung muß fast immer mit Durchfeuchtungen gerechnet werden.

All dies führt zu ungesunden Wohnverhältnissen mit Krankheitsbildern wie z. B. Asthma.

Die Fehlerhaftigkeit einer k-Wert-Berechnung wird auch durch Energieverbrauchsanalysen untermauert. Altbauten verbrauchen weniger, die "neuen Bauweisen" dagegen mehr Energie als berechnet. Um den k-Wert zu retten, werden die Absorptionsgewinne als unbedeutend bezeichnet und zu diesem Zweck sogar auch "Forschungsergebnisse" vorgelegt, die unter anderm unbesonnte Nordwände energetisch günstiger einstufen als besonnte Südwände - ein recht dubioses Ergebnis, erarbeitet an einem Institut für Bauphysik. Dies offenbart fehlende Glaubwürdigkeit und Seriosität so mancher empirischer Forschung.

Entscheidend ist die direkte Absorption von Solarstrahlung. Erst diese erbringt die wesentlichen Energieeinsparungen durch Nutzung kostenlos zur Verfügung gestellter Solarenergie.

Bei der transparenten Wärmedämmung und auch beim Massiv-Absorber wird die Speicherfähigkeit hoch gelobt, warum geschieht dies dann eigentlich nicht bei der massiven Außenwand?

Tatsache ist: Durch die "neuen Bauweisen" treten verstärkt Feuchteschäden mit Schimmelpilzbildung auf. Getreu der Dämmstoffdoktrin wurde als Ursache ständig eine mangelhafte Dämmung diagnostiziert. Dies trifft nicht den Kern des Problems. Die Gründe liegen woanders:

Kondensat kann nur auftreten, wenn feuchte Luft abkühlt. Dies kann nur bei einer Konvektionsheizung (Zentralheizung mit Radiatoren) geschehen, da hier die Lufttemperatur immer höher als die Wandoberflächentemperatur ist.

Ein Raum mit einer Strahlungsheizung dagegen (Kachelofenheizung, Wandheizflächen) bleibt kondensatfrei, da die Lufttemperatur immer niedriger als die Wandoberflächentemperatur ist.

Wärmestrahlung als elektromagnetische Erscheinung wie der Strom, das Licht oder auch die Röntgenstrahlen erwärmt keine Luft, sondern nur Materie.

Die alte DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" war eine richtige Hygienenorm. Bei Beachtung wurde Kondensat an der Innenoberfläche vermieden. Die hierfür notwendigen k-Werte lagen bei 1,0 W/m²K und darüber. Wenn bei der früheren Bausubstanz kaum Kondensatschäden auftraten, bei den heute üblichen kleineren k-Werten jedoch der Schimmel an den Wänden zur Dauerplage wird, dann kann es also nicht am "zu schlechten k-Wert"

liegen. Trotzdem empfehlen Energieberater einen "besseren" Wärmeschutz! Das ist absolut falsch!

Einen viel größeren Einfluß auf die Schimmelpilzbildung hat die relative Feuchte der Innenraumluft. Denn bei hohen relativen Feuchten kann selbst ein "guter" k-Wert die Kondensatbildung nicht vermeiden. In jeder Tabelle über Taupunkttemperaturen kann dies abgelesen werden. Entscheidend ist, dafür zu sorgen, daß es zu keinen zu hohen relativen Feuchten der Innenraumluft kommt.

Mitverantwortlich an diesem Schimmelpilz-Dilemma sind die missionarisch vorgetragenen Beschwörungen zur (mißverstandenen) Energieeinsparung.

Der hygienisch notwendige Luftaustausch, der sozusagen automatisch die hohen relativen Feuchten vermeidet, wurde als Lüftungswärmeverlust diskredidiert. Dabei handelt es sich hier um einen immerhin hygienisch notwendigen Lüftungswärmebedarf.

Um die "Lüftungswärmeverluste" zu minimieren, wurden dichte Fenster verordnet. Damit entfiel der Grundaustausch der Raumluft durch undichte Fenster, denn diese bauten die Feuchtespitzen ab. Es ist zweitrangig, in welcher Form der notwendige Luftaustausch erfolgt, wichtig dabei ist nur: Ein abgekühlter Lüftungsstrom darf zu keinen Feuchteschäden führen.

Mit dem Einbau von neuen Fenstern kamen Einrahmenfenster zum Einsatz, die besonders wärmebrückenempfindlich sind, da der lange Wärmeleitungsweg des bisherigen Kastenfenster wegfiel. Der Schimmel in den Laibungen war kaum zu vermeiden.

Wer glaubt, durch die Wärmeschutzverordnungen sei man "per Gesetz" dazu verpflichtet, die gestellten Anforderungen zu erfüllen, unterliegt einer gezielten Meinungskampagne.

Die Wärmeschutzverordnung 1995 enthält die Möglichkeit, sich diesem Dämmungsdiktat zu entziehen. Der Paragraph 14 kann sogar als eine Art Generalbefreiung angesehen werden.

Und warum wurde dieser ganze Zirkus inszeniert? Nur aus dem einen Grunde, um von den unwirtschaftlichen und barbarischen k-Werten abzulenken, die sich bei der Umsetzung ergeben. Der Anwender wird mit solchen Verwirrspielen zum Narren gehalten.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Die Entwicklung des Gebäudewärmeschutzes nimmt groteske Formen an. Fast alle offiziellen Aussagen, die durch gezielte Medienpolitik sogleich breit gestreut werden, sind fragwürdig, dubios und zwiespältig und verfolgen einseitige Interessen der Industrie, die sich mit den Interessen der Nutzer kaum decken.

Es überwiegen die falschen Vorstellungen von einem ausgewogenen und gesunden Gebäudewärmeschutz.

Da in der heutigen Zeit fast an jedem Tag eine "unglaubliche Geschichte" serviert wird, die normalerweise für unmöglich gehalten wurde, kann auch auf dem Gebiet des Bauens und speziell des Gebäudewärmeschutzes sicher auf so manche Überraschung gewartet werden.