

# ENERGIEEINSPARVERORDNUNG UND MASSIVBAUWEISE

## **ERREICHEN DES ZIELS DER ENERGETISCHEN GEBÄUDESANIERUNG NACH § 24, 2 DER ENEV (DURCH „ANDERE ALS IN DER VO VORGESEHENE MAßNAHMEN“):**

- Kontinuierliche Beheizung der Gebäudehülle („Temperierung“) - Abdichtung der Altfenster – Fensterlüftung  
*statt*  
Wärmedämmung der Gebäudehülle - Beheizung der Luft der Einzelräume - hermetische Neufenster – Lüftungsanlage

### **Kurzfassung**

EnEV und Wärmebedarfsberechnung nach DIN beruhen auf der Annahme, der Wärmebedarf eines Gebäudes sei eine Gebäudeeigenschaft, auf die das Heizsystem keinen Einfluss habe. Da aber die *Transmissionswärmeverluste* mit dem Feuchtegehalt der Außenbauteile und die *Lüftungswärmeverluste* mit der Temperatur der Raumluft steigen, hängt die Höhe beider Verlustarten direkt vom Heizsystem ab, genauer von der Art der Wärmeverteilung. Aus einer „Temperierung“ der Gebäudehülle (Raumbeheizung durch kontinuierlichen Betrieb von bis zu 4 Heizrohren an den Außenwandsockeln) folgen aber Wandtrocknung und geringe Raumlufttemperatur. Diese alternative Heizweise führt daher durch ihre physikalischen Effekte, und damit unabhängig von Bauweise und Nutzerverhalten, zu einer Verringerung der Verbrauchswerte gegenüber konventionellen Heizverfahren - bei physiologisch besseren Raumverhältnissen: Das Heizen mit Temperierung führt weder zu Zugerscheinungen, noch zu Staubverteilung. Dank der gleichmäßigen Wandoberflächentemperatur ist Schimmelbildung ausgeschlossen.

In Massivbauten liegt bei *Temperierung in Verbindung mit der Abdichtung der Fenster* („andere Maßnahme“) der Verbrauch in der Höhe, die bei konventioneller Vorgehensweise nach EnEV - bei beliebiger Art der Wärmeverteilung - mit wesentlich höherem Aufwand angestrebt wird (mit Wärmedämmung, Neufenster, Neukessel, Trockenlegungsmaßnahmen).

Zur Raumbeheizung mit Temperierung genügen deutlich kleinere und einfachere Heizanlagen als bei luftheizenden Verfahren. In Wohnräumen ist ein Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung (Wohnungszwangslüftung) weder erforderlich noch wirtschaftlich: Die unbeheizte und unverstaubte Raumluft hat einen gegenüber luftheizenden Verfahren wesentlich geringeren Wärmeinhalt. Die Anwendung des Verfahrens ist daher in allen Gebäudearten (Alt- wie Neubauten) vorteilhaft. Dies trifft insbesondere für Massivbauten zu: Bei kontinuierlicher Betriebsweise wird die Wärmespeicherung der Gebäudehülle optimiert und die Funktionen der üblichen Sanierungsmaßnahmen wie Wärmedämmverbundsystem, Abgrabung, Horizontal-, Vertikalsperre, Salzbehandlung, Bodendämmung, Sanierputz etc. auf physikalische Weise erreicht. Daraus ergibt sich für die Altbausanieerung und Denkmalpflege ein erhebliches bau- und heiztechnisches Einsparpotential. Historische Bausubstanz kann weitgehend erhalten werden.

Die Einsparungen sind jedoch nur auf der Grundlage der Praxis-Regeln des Verfahrens realisierbar (s. 1.2), nicht aber bei DIN-gemäßer Vorgehensweise. Außer im Sicherheitsbereich sind DIN-Normen aber nicht verbindlich, da nach dem Baurecht nicht die Maßnahme, sondern der Erfolg geschuldet ist.

Die rechtliche Basis für die Abweichung von der üblichen Planungspraxis ergibt sich aus den Ergänzungstexten zur „Beschaffenheitserklärung“, die als Anlage zum Bauvertrag nützlich ist (s. folgende Seite).

**Beschaffenheitserklärung**  
**(Anlage zum Bauvertrag)**  
**für den Einbau einer Temperieranlage mit den damit verbundenen Abweichungen**  
**von den DIN-Normen und den allgemein anerkannten Regeln der Technik**  
**für die Bereiche „Wärme- und Feuchteschutz“, „Schadstoffsanierung“, „Raumklima“, „Heizung“**

Im vorliegenden Projekt ist der Einbau einer Temperieranlage („Temperierung“) als Heizanlage und die Nutzung der energetischen und bauphysikalischen Effekte des Verfahrens vorgesehen. Der Einsatz einer Temperierung ermöglicht die integrierte Behandlung der Bereiche „Wärme- und Feuchteschutz“, „Schadstoffsanierung“, „Raumklima“ und „Heizung“. Daraus resultieren in diesen Bereichen gegenüber konventionellen Ansätzen erhebliche Einsparungen und deutlich geringere Eingriffe in (historische) Bausubstanz. Voraussetzungen dafür sind:

- sachgerechte Herstellung und funktionsgerechter Betrieb der Temperierung,
- Beschränkung der flankierenden Maßnahmen auf solche, die bei Nutzung der bauphysikalischen Effekte des Anlagenbetriebs noch sinnvoll sind.

Die Beschaffenheit der Temperieranlage und der verbleibenden flankierenden Maßnahmen sowie die Abweichungen von den üblichen Regelwerken sind in dieser den Vertragspartnern vorliegenden Schrift beschrieben. Der hier dargelegte Ausführungsstandard wird vereinbart.

**Rechtliche Basis** (kursiv: Anmerkungen des Verf.)

**VOB für Architekten und Ingenieure. Aktuelles Praxishandbuch. Motzke, Gross, Kromik et alii, 1999**

„Das Werkvertragsrecht fordert als Leistung den Erfolg und nicht die Handlung (z. B. die Durchführung einer Maßnahme nach DIN). Es kann daher ein anderer Technikstandard als der in den a.a.R.d.T. oder den DIN-Normen niedergelegte vereinbart werden, wenn dadurch ein mangelfreies zweckgerechtes Werk zu gewährleisten ist. Die dem zu Grunde liegenden Regeln können auf Praxis beruhen, müssen also weder durch Regelwerksetzer wie z. B. DIN, VDI, VDE erarbeitet worden, noch in den a.a.R.d.T. enthalten sein. Diese geben nämlich die wissenschaftlichen, technischen und handwerklichen Erfahrungen im Bauwesen wieder, die sich ändern können. Juristisch maßgeblich sind daher die im Bauvertrag getroffenen Vereinbarungen“.

**„Meersburger Urteil“, Az. 4/C33-35/83, Bundesverwaltungsgericht Meersburg 22.05.1987**

„Die Normenausschüsse des Deutschen Instituts für Normung sind so zusammengesetzt, dass ihnen der für ihre Aufgabe benötigte Sachverstand zu Gebote steht. Daneben gehören ihnen aber auch Vertreter bestimmter Branchen und Unternehmen an, die deren Interessenstandpunkte einbringen. Die Ergebnisse ihrer Beratungen dürfen daher im Streitfall nicht unkritisch als ‚geronnener Sachverstand‘ oder als reine Forschungsergebnisse verstanden werden. Zwar kann den DIN-Normen einerseits Sachverstand und Verantwortlichkeit für das allgemeine Wohl nicht abgesprochen 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. Den Anforderungen, die etwa an die Neutralität und Unvoreingenommenheit gerichtlicher Sachverständiger zu stellen sind, genügen sie deswegen nicht. Besondere Zurückhaltung ist gegenüber technischen Normen dort geboten, wo ihre Aussagen Bewertungen entgegengesetzter Interessen einschließen, die an sich einer demokratisch legitimierten politischen Entscheidung in der Form einer Rechtsetzung bedürftig (z.B. Anerkennung physikalischer Effekte alternativer Maßnahmen zur Einsparung weiterer, denn nicht mehr erforderlicher konventioneller Maßnahmen). Als Ersatz für derartige rechtliche Regelungen sind sie ungeeignet“.

**Hinweise für den Anwender von DIN-Normen**

(Regel-Vorspann der DIN-Taschenbücher). Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

„Die Normen des Deutschen Normenwerkes stehen jedermann zur Anwendung frei. Festlegungen in Normen sind aufgrund ihres Zustandekommens nach hierfür geltenden Grundsätzen und Regeln fachgerecht. Sie 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. Es ist auch zu berücksichtigen, dass DIN-Normen nur den zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe herrschenden Stand der Technik berücksichtigen können. Durch das Anwenden von Normen entzieht sich niemand der Verantwortlichkeit für eigenes Handeln. Jeder handelt insoweit auf eigene Gefahr. Jeder, der beim Anwenden einer DIN-Norm auf eine Unrichtigkeit oder eine Möglichkeit einer unrichtigen Auslegung stößt, wird gebeten, dies dem DIN unverzüglich mitzuteilen, damit etwaige Mängel beseitigt werden können“. (Beispiel: Die DIN-gemäße Leistungsberechnung von Strahlungsheizanlagen führt zu Überdimensionierung. Bei entsprechender Ausführung wird der aus dem Wirkungsprinzip folgende Kostenvorteil zunichte gemacht).

Ort, Datum \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Auftraggeber/Bauherr

\_\_\_\_\_  
Auftragnehmer/Fachfirma

\_\_\_\_\_  
Architekt

\_\_\_\_\_  
Projektant

## 1. „Heizen“ (1.1) / „Temperieren“ (1.2)

### 1.1 „Heizen“

Beim „Heizen“ findet die Beheizung der *Luft* der Räume *bei Bedarf* statt.

Nach offizieller Anschauung besteht die Aufgabe des Heizens darin, während der Raumnutzungszeiten die *Raumlufttemperatur* zu erhöhen. Diese Betriebsweise ignoriert den Baukörper als Energiespeicher und verursacht physikalisch bedingt einen erhöhten Energiebedarf (s. u.), neben zahlreichen anderen Mängeln. Obwohl in der Heizperiode die gesamte Fläche der Außenwand Wärme benötigt, wird diese meist nur an einem Punkt angeboten (Heizkörper unter Fenster). Außenwände ohne Fenster erhalten in der Regel keinen Heizkörper. Man geht davon aus, dass die dort benötigte Wärmemenge ihr Ziel erreicht durch die Luftumwälzung im Raum, die wiederum durch die Luftaufheizung im Heizkörper hervorgerufen wird. Während die erwärmte („leichtere“) Luft aus dem Heizkörper nach oben zur Decke steigt, strömt die auf dem Weg durch den Raum abgekühlte („schwerere“) von vorn unten über die Bodenfläche nach. Die Raumluftmasse und mit ihr der Staub werden also ständig umgewälzt.

#### 1.1.1 Physiologische Nachteile der „Luft“-Heizung

Neben der Verstaubung der Raumschale werden Zugserscheinungen verursacht, die auch bei „ausreichend hoher“ Raumtemperatur (20°C) den Wunsch nach mehr Heizleistung wecken. Im oberen Teil des Raumes, ab Kopfhöhe (Nase!), ist die Lufttemperatur stark erhöht. Dadurch wird die Behaglichkeit weiter verringert: Im Körper laufen ständig Verbrennungsvorgänge ab („Stoffwechsel“), wozu aber ständig durch Atmen Sauerstoff neu aufgenommen und Kohlendioxid abgegeben werden muss. Wegen der minimalen Toleranz des Körperkerns gegen Temperaturanstieg (37 +/- 0,5 °C) muss die dabei entstehende Wärme ebenso kontinuierlich abgegeben werden. Bis zur Erfindung der „Luft“-Heizung geschah dies überwiegend über die Lunge beim Ausatmen, da die mit der Raumluft in Berührung befindliche innere Oberfläche von ca. 100 m<sup>2</sup> bei „Strahlungsklima“, durch z.B. 20 °C kühle Luft, ausreichend gekühlt wird. Bei „Luft“-Heizung dagegen kehrt sich die Wärmetauschkfunktion der Lunge von Kühlung zu Heizung um, so dass an der (durch die Kleidung „gedämmten“) Haut, an der mit ca. 2,5 m<sup>2</sup> 40-mal kleineren Körperoberfläche, neben der Stoffwechselwärme auch die aufgenommene Heizwärme abgegeben werden muss. Dies gelingt nur mit weiter gestellten Hautgefäßen und größerer Pumpleistung des Herzens, unter Hilfestellung der Schweißdrüsen (Verdunstungswärme-Abgabe), also unter vermeidbarer Kreislaufbelastung bei völligem Verlust von Behaglichkeit.

#### 1.1.2 Energetische Nachteile der „Luft“-Heizung

Da die Temperatur der Luft im oberen Teil des Raumes um bis zu 20 Grad über der mittleren Wandtemperatur liegt, entstehen *hohe Wärmeverluste auf dem Luftweg* (interne Verluste: Wärmestau unter der Decke bzw. Warmluftaustritt in das Treppenhaus; externe Verluste durch Fugen und Öffnungen, Kippfenster). Die Oberflächen der Außenwände sind nicht gleichmäßig warm. Die Wandbereiche, die kälter als die Raumluft sind, haben einen erhöhten hygroskopischen Feuchtegehalt oder sind sogar feucht durch Kondensation. Nachtabsenkung und Betrieb „nach Bedarf“ verstärken die Wandfeuchte. *Erhöhte Verluste durch Wärmeleitung* sind die Folge. Da diese Betriebsweise üblich ist, basiert der offizielle U-Wert, der als Konstante gilt (ohne Berücksichtigung physikalischer Effekte der Art der Wärmeverteilung), auf der generellen Annahme von 80 % rel. Luftfeuchte an der Bauteilinnenseite und der daraus folgenden Ausgleichsfeuchte im Baustoffgefüge („praktischer Feuchtegehalt“), obwohl eine solch hohe Materialfeuchte bei „Wandheizung“ unmöglich ist, die Art der Wärmeverteilung für den Wärmebedarf also eine große Bedeutung hat.

#### 1.1.3 Schimmel und „Luft“-Heizung

Die höhere Materialfeuchte verursacht neben besserer Staubhaftung auch lokale *Schimmelbildung*. Schimmel an Außenwänden tritt aber nur dort auf, wo sie kälter als die Raumluft sind. Abgesehen von erdberührten Bauteilen (s. 1.2) ist dies nicht im Sommer, sondern nur im Winter bei konventioneller Heizung der Fall. Schimmel ist also nicht – wie immer wieder zu hören – Folge einer mangelhaften („zu gering gedämmten“) Gebäudehülle oder eines falschen Nutzerverhaltens („ungenügendes Lüften“), sondern - wie die oben angesprochenen Mängel - Folge der physikalisch unsinnigen Art der üblichen Raumbeheizung: Verteilung der Wärme nicht zwingend an den Außenwandoberflächen der Räume, sondern durch freie Konvektion über das gesamte Raumvolumen.

#### 1.1.4 Erhöhter Energiebedarf bei freier Konvektion

Trotz dieser Tatsachen gibt es in keiner Fassung der anlässlich der Ölkrise 1971 formulierten Wärmeschutz- bzw. Energieeinsparverordnung einen Hinweis darauf, dass der Energiebedarf bei freier Konvektion stark erhöht ist und bereits die Änderung der Wärmeverteilung (Beheizung der Wandoberflächen anstelle der Raumluft) die Heizwärmeverluste stark verringern würde, unabhängig vom Nutzerverhalten. Dabei hatte sich in den 1960er Jahren auch in Deutschland - wie 20 Jahre zuvor in den USA - gezeigt, dass bei Sockelleistenheizung (Warmluftauftrieb vom Sockel her auf ganzer Wandlänge bei an die Wand gebundener Konvektion) der Wärmebedarf geringer als bei „Luft“-Heizung war. Wegen des geringen Ölpreises gewann dies bis zur Ölkrise keine Bedeutung.

Selbst nach 1971 fand dieser Aspekt, den Wärmebedarf durch Verbesserung der Wärmeübertragung zu verringern, keinen Eingang in die Überlegungen zur Energieeinsparung. Inzwischen hatte sich die (bei offener Steigrohrverlegung leichter zu montierende) Heizkörperheizung durchgesetzt, deren brüstringshohe Konvektoren keinen Zweifel an der Leistungsfähigkeit aufkommen lassen. Stattdessen wurde mehrfach die „erforderliche“ Stärke der Wärmedämmung erhöht, was allein schon als Hinweis auf den Ansatzfehler der Wärmebedarfsberechnung nach DIN zu werten ist. Dieses Dilemma wird in der Fachliteratur bereits am Ende der ersten Dekade der Wärmeschutzverordnung (Hauptmaßnahme zur Energieeinsparung: Wärmedämmung) angesprochen (s. u.).

Der geringere Wärmebedarf bei Sockelleistenheizung weist auf die physikalische Tatsache hin, dass Luft, die zu einer effizienten Wärmeübertragung eingesetzt werden soll, wegen der Thermik geführt werden muss, um die zu versorgenden Flächen – und nur diese – zu erreichen und so *Übertragungsverluste* zu vermeiden. Wärmestrahlung dagegen erreicht ihr Ziel stets direkt, sei es den Raumbewohner (Strahlung der durch Auftrieb erwärmten Wandoberfläche) oder die Außenwand (Strahlung der Kachelofenoberfläche, die ihr gegenüber angeordnet ist).

#### 1.2 „Temperieren“

Beim „*Temperieren*“ findet die *kontinuierliche* Beheizung der *Gebäudehülle*, also der Außenwandsockel aller Stockwerke, statt. Diese alternative Methode der Raumbeheizung wurde in den 1980er Jahren von der Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen beim Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege auf der Basis der Erfahrung mit Hypokausten-Wandschalen und Sockelheizleisten entwickelt, zunächst nur zur Vermeidung der Nachteile der „Luft“-Heizung. Dabei wurden immer mehr Effekte der Beheizung der Gebäudehülle erkannt. Zugleich konnte der Installationsaufwand immer weiter verringert werden.

Die vielfältigen Wirkungen der Methode basieren auf der kontinuierlichen Beheizung des Gebäudes bzw. auf dem ständigen Ausgleich der Wärmeverluste, dort wo sie auftreten. Zur Ausschaltung der aufsteigenden Feuchte betrifft dies in Kellern bzw. in nicht unterkellerten Erdgeschoss alle Sockel, in Obergeschossen nur die Sockel der Außenwände. Die *Betriebszeit* beschränkt sich in Obergeschossen auf die Heizperiode, während in Räumen in Hanglage und in Kellern ganzjähriger Betrieb erforderlich ist: Da diese Räume im Gegensatz zu den oberirdischen keine solare Zustrahlung erhalten, würden sie nach Abschalten im Frühjahr nicht nur für die Wohnnutzung zu stark abkühlen, sondern auch in Hinblick darauf, dass während der Sommermonate die absolute Luftfeuchte (Wasserdampfmenge im cbm Luft) stark ansteigt. Wegen der geringen Raum- und Materialtemperatur (z.B. kleiner 19°C) würden sich im Sommer dort zu hohe Werte der relativen Luft- und Materialfeuchte einstellen, mit der Folge von Schimmel- und Algenbildung sowie Schadsalz-Migration.

In nicht unterkellerten EGs freistehender Gebäude verbessert sich dank der Trocknung der Außenwandsockel während der Heizperiode die Wärmeakkumulation aus der solaren Zustrahlung, so dass während der Sommermonate nur ein geringer bzw. oft gar kein Heizwärmebedarf besteht.

##### 1.2.1 Einfaches Konstruktionsprinzip

Seit 1990 werden in Gebäuden mit 50 cm Wandstärke oder mehr nur noch 2 fingerstarke Heizrohre (Vor- und Rücklauf) knapp über dem Bodenbelag übereinander mit einer Doppelschelle, die Wandkontakt herstellt, montiert, entweder sichtbar auf Putz (angestrichen) oder oberflächennah unter Putz, im Wandschlitz von ca. 3 cm Tiefe (max. 1,5 cm Rohrüberdeckung). In Fensternischen wird der Rück-

lauf hutförmig so geführt, dass er auf ganzer Länge der Fensterbank in Kontakt mit dieser kommt. Dabei kann er einen Umweg in Form eines Registers machen, so dass z.B. 4 Rohre auf der Brüstung liegen (durch 2 Umwege des obersten Rohres an der Fensterbank + 1. Rohr direkt über der Sockelleiste). In Gebäuden mit Wandstärken unter 50 cm wird von der Sockelschleife (z.B. Ø18 mm), die über mehrere Räume einer Fassade gehen kann, pro Raum eine 3. Leitung (Ø 15 mm) abgezweigt, die das Brüstungsregister bildet und getrennt regelbar ist. Vorlauftemperaturen unter 50 °C werden möglich, wenn von der Sockelschleife eine Brüstungsschleife (V + R) abgezweigt wird, deren Rücklauf in den Fensternischen registerartige Umwege macht. Die Grundscheifen können von *einem* Steigstrang abgezweigt werden, der in einem Trennwandschlitz direkt an der zugehörigen Außenwand ungedämmt eingemörtelt ist (Putzstärke 2 cm). Wegen des Wärmestaus ist der Wärmeverlust minimal, die Wärmestrahlung aus der Raumecke aber willkommen.

Die Regelung der „Grundscheifen“ erfolgt über Rücklauftemperaturbegrenzer (am Ende der Rohrstrecke), während die der 3. Leitungen bzw. die „Sekundärscheifen“ durch einfache Heizkörperthermostate im Einzelraum erfolgen kann. Unterputzkästen sind nicht erforderlich: Das Einputzen der Schraubverbindungen ist unschädlich, der Putzschaden beim nur ausnahmsweise erforderlichen Wechsel des Ventilunterteils ist minimal. Eine evtl. nötige Entlüftung einer Schleife erfolgt nicht durch Spülen mit Frischwasser, sondern durch Abstellen der Ventile der übrigen Schleifen des Geschosses und der Lenkung des vollen Pumpendruckes auf die blockierte Leitung. Ein Gasabscheider im Hauptvorlauf hinter dem Wärmeerzeuger ist sinnvoll. Hinter der Einbindung des Rücklaufs der letzten „3. Leitung“ bzw. Sekundärschleife wird eine Rücklaufverschraubung in den Rücklauf der Grundscheife gesetzt, deren Kappe aus dem Putz herausragt. Hiermit kann der Querschnitt der Grundscheife lokal geringfügig verringert werden, so dass die Nebenschleife sicher durchströmt werden. Wird sie geschlossen, ergibt sich die Zwangsspülung der Nebenschleife ohne Frischwasser.

Bei Verwendung von Thermostaten an allen Schleifen ist ein statischer „Massenstromabgleich“ (durch Regulierventile und Tacosetzer) nicht erforderlich, da sich durch die Thermostate ein dynamischer Abgleich ergibt. Die Grundscheifen können daher direkt von den Steigleitungen unter Putz abgezweigt werden. Verteilerkästen sind entbehrlich.

Zur Kellersanierung genügt meist pro Grundrisshälfte je 1 Rohr entlang der Außenwände (je einmal „rechts herum und links herum“ durch Trennwandbohrungen geführt), dessen Rücklauf jeweils vom Treffpunkt der Vorlaufstrecken über alle Trennwandsockel zurückgeführt wird. Dabei wechselt das Rohr durch die Bohrungen jeweils auf die andere Wandseite, so dass die Trennwände beidseitig je ein Rohr erhalten. In Kellergeschossen mit höherer Nutzung kann „rechts herum und links herum“ an den Außenwandsockeln je eine Heizrohrschleife (Vor- und Rücklauf) bis zum „Treffpunkt“ geführt werden, die durch eine Leitung beidseitig aller Trennwandsockel ergänzt wird (Regelung durch je einen Rücklauftemperaturbegrenzer am Ende der Rohrstrecken).

### **1.2.2 Konstruktionsbedingte Wirkungen**

Bei kontinuierlichem Betrieb entsteht am Wandsockel ein Wärmestau, der die aufsteigende Feuchte und die Wirkung der Schadsalze ausschaltet. Die Oberfläche des erwärmten Sockelputzstreifens bzw. der aufliegenden, angestrichenen Rohre gibt Wärmestrahlung in den Raum ab und erzeugt einen Warmluftauftrieb, der auf die übrige Wandfläche einwirkt, ihre Oberfläche erwärmt und jegliche Kondensation und Schimmelbildung verhindert. Bei einer derartigen „Wandheizung“, die kontinuierlich auf die ganze Wandfläche zielt, ist die Temperatur des Einzelraumes in der Heizperiode Folge der Temperierung seiner zur Gebäudehülle gehörigen Außenwand (Außenwände), analog der „Temperierung“ von außen, die in jedem Sommer durch Speicherung der am Tage auf die Gebäudehülle einwirkenden diffusen und direkten Einstrahlung stattfindet. So war es schon vor 2000 Jahren bei der römischen Hypokausten-Wandheizung, die „auch in Germanien“, bei – 20 °C Außentemperatur und einer Wassertemperatur von 45 °C in den Großbecken der Baderäume, jegliches Kondensat unmöglich machte.

Wegen der durch die Randbeheizung des Grundrisses und die Zustrahlung von den übrigen Raumhüllflächen verbesserten Akkumulation der Erdwärme stellt sich an nicht wärmedämmtem Bodenflächen stets die jeweils angestrebte Raumtemperatur ein. Der Aufwand einer Fußbodenheizung, die zur Raumbeheizung physikalisch ungeeignet ist, ist daher zur Temperierung des Bodens nicht zu rechtfertigen.

tigen. In Baderäumen oder in Wohnräumen mit mineralischem Bodenbelag wird dies bereits durch einen Umweg der Trennwandringleitung im Verlegemörtel der Bodenplatten erreicht. Der Wärmestau im trocknenden Material der Tragschicht erübrigt die Wärmedämmung und die Feuchtesperre

#### **1.2.2.1 Lüften**

Da die Konvektion (der Warmluftauftrieb) auf die Wandflächen beschränkt ist, verursacht das Heizen keine Aufheizung und Umwälzung der Raumluft, damit auch keine Zugserscheinungen. Konservatorisch und energetisch bedeutend ist, dass daher sowohl kein Staub umgewälzt wird, als auch wegen des geringeren Austauschs der Raumluft durch winterlich trockene Außenluft (geringer natürlicher Luftwechsel) eine günstigere rel. Luftfeuchte herrscht bzw. in Museen in der Heizperiode ein geringerer Befeuchtungsbedarf entsteht. Wegen des geringen Wärmeinhalts der nicht beheizten und nicht als Heizmedium dienenden Raumluftmasse ist der Wärmeverlust bei Fensterlüftung gering und in Wohnräumen eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung nicht zu rechtfertigen.

#### **1.2.2.2 Kellersanierung**

Wegen der Energieeinspareffekte (s. 1.2.3) ist es sinnvoll, in Räumen unter Erdoberfläche - anstelle der konventionellen Maßnahmen (Außenisolierung, Bodendämmung mit schwimmendem Estrich, Sanierputz, Heizkörper- oder Fußbodenheizung und Betrieb von Luftentfeuchtern) - die Funktionen dieser Maßnahmen wie auch die sowohl für Lagerung, als auch für Personennutzung notwendige Sommertemperierung (s. 1.2) nur durch Sockelbeheizung anzustreben, da alle Wirkungen als physikalische Effekte der alternativen Wärmeverteilung bei geringem Energieeinsatz eintreten: Bei Nutzung von ganz im Erdreich steckenden Kellerräumen ausschließlich zu *Lagerzwecken* kann von einer Jahres-Dauerleistung von 0,5 - 1,0 kW je nach Größe des Gesamtkellers ausgegangen werden (400 - 800 l Öl/a). Dagegen verstärkt der auf die Vermeidung von Schimmel und Feuchteschäden zielende Betrieb von Heizkörpern und/oder Luftentfeuchtern – durch Verstärkung der Wasserverdunstung aus dem Kapillarraum in den Innenraum – die Wandschäden durch Schadsalzausblühung, bei ähnlichem Energiebedarf.

Bei *Wohnnutzung* solcher Räume ist jedoch *nur der halbe Wärmebedarf* zu betrachten, da die Räume im Winter beheizt werden müssen und die Sockelheizrohre dann neben der Sanierung die Deckung des Grundwärmebedarfs leisten (nur geringe Zusatzleistung erforderlich, z.B. durch Strahlplatten oder Brüstungsschleife). Darüber hinaus verringert sich der Wärmebedarf in der Heizperiode durch die „Sommertemperierung“. Durch sie wird nämlich eine nachhaltige „U-Wert-Verbesserung“ erreicht wird, so dass der Gesamtverbrauch unter dem von konventionell und nur in der Heizperiode beheizten Massivbauten liegt.

#### **1.2.3 Geringere Anlagengröße bei Temperierung dank optimierter Wärmeübertragung**

Im Vergleich zu konventionellen Verfahren der Wärmeverteilung wie Heizkörper- oder Fußbodenheizung ist der Bedarf an Heizelementen und Technik bei Temperieranlagen gering: Keine Heizkörper, geringer Regelaufwand mit wenigen Thermostaten; außerhalb des Heizkellers können auch die Hauptleitungen, im Boden an Trennwandsockeln verlegt, zur Sanierung und Temperierung eingesetzt werden; auch in hohen Räumen sind 1 bis 2 Schleifen (2 bis 4 Rohre) am Sockel ausreichend, anstelle von Rohrregistern, die mit geringem Rohrabstand raumhoch auf größeren Wandflächen oder über die gesamte Bodenfläche verlegt sind.

Ohne Modifikation ergeben Wärmebedarfsberechnung und Computer-Simulation einen höheren Bedarf an Heizrohren als in der Praxis erprobt. Wird die Simulation einer realen Anlage unmodifiziert durchgeführt und von Messungen begleitet, liegen die für die Außenwände berechneten Oberflächentemperaturen um bis zu 3 Grad tiefer als die gemessenen.

Die falschen Ergebnisse, nach denen jedoch in der Regel geplant wird (so dass „Wandheizungen“ überdimensioniert werden und ihren Kostenvorteil einbüßen), beruhen darauf, dass die Berechnung nicht berücksichtigt, dass der Wärmeverlust eines Raumes mit Wandheizung deutlich geringer ist als der bei Beheizung mit freier Konvektion:

- Die Höhe des als Basis der Berechnung genutzten U-Werts beruht auf der Annahme, dass der Feuchtegehalt eines realen Bauteils, der „praktische Feuchtegehalt“, eine vom Heizsystem unabhängige Baustoffeigenschaft sei. Eine direkt beheizte Wand ist aber trocken!
- Auch der Lüftungswärmeverlust kann nicht für alle Heizsysteme gleich sein: Beim Lüften eines Raumes mit Wandheizung „zieht es nicht“. Dies zeigt, dass der natürliche Luftaustausch –

und mit ihm die Energieverluste auf dem Luftweg – erheblich geringer ist als bei luftheizenden Systemen!

#### **1.2.4 Energieeinsparung bei Temperierung erfüllt § 24 (2) EnEV**

Gebäude, deren energetische Sanierung sich beschränkte auf Reparatur und Abdichtung der Fenster und Außentüren und auf den Einbau einer Temperieranlage als Heizung (Raumtemperaturen von 20 °C), haben einen Jahres-Heizwärmebedarf von ca. 16 - 30 kWh pro m<sup>3</sup> im Jahr (Kubaturbedarf), je nach dem Verhältnis der wärmeübertragenden Flächen (Gebäudehülle) zum umbauten Volumen (A/V-Verhältnis). Nur durch den Bezug auf die Kubatur sind Gebäude mit verschiedenen Raumhöhen vergleichbar. Die offiziellen Angaben jedoch beziehen den Bedarf auf die beheizte Grundfläche. Dies ist bis zu einer Raumhöhe von 2,60 m zulässig. Dividiert man den Flächenbedarf durch 3,12 (2,6 m + Deckenstärke), so erhält man den Kubaturbedarf. Multipliziert man damit umgekehrt den Kubaturbedarf von Gebäuden mit Temperierung (statt konventioneller „Luft“-Heizung), so ergeben sich Werte von 50 bis 93 kWh pro m<sup>2</sup> und Jahr. Dies entspricht einem auf diese Raumhöhe bezogenen, mit dem A/V-Verhältnis steigenden „Öläquivalent“ von 5 - 7 Liter pro m<sup>2</sup>. Derartige Zahlen sind nach offizieller Anschauung nur durch Wärmedämmung, Neufenster, eine neue Heizanlage und eine Lüftungsanlage statt Fensterlüftung zu erreichen - bei beliebiger Art der Wärmeverteilung.

Dichte Kasten- oder Wagnerfenster und natürliche Lüftung vorausgesetzt, löst die Temperierung also auf *physikalischem* Weg allein die Aufgabe der „energetischen Gebäudesanierung“. Sie stellt entsprechend dem § 24, Absatz 2 der Energieeinsparverordnung eine sog. „andere als in dieser Verordnung vorgesehene Maßnahme“ dar, mit der „die Ziele dieser Verordnung im gleichen Umfang erreicht werden“, so dass „die nach Landesrecht zuständigen Behörden auf Antrag“ befreien können von den kostenträchtigen und das Bild des Gebäudes verändernden Maßnahmen. Für die Sanierung von Bestandsbauten ist dies nicht nur für die Gebäude selbst ökonomisch bedeutend, sondern generell für die Denkmalpflege, da die Erscheinungsform der „gebauten Geschichte“ nicht mehr durch Außendämmung gefährdet ist. Trotz dieser physikalischen Tatsachen gelang es der deutschen Denkmalpflege in der Anhörung 2007 lediglich, für *eingetragene* Baudenkmäler (1 % des Bestandes!!) eine Befreiung von der Vorschrift – gemeint ist die Energieeinsparung durch Wärmedämmung – zu erwirken.

## **2. Wärmebedarf/Wärmeübergangswiderstand/Wärmeleitfähigkeit/U-Wert/Wärmespeicherung**

Die „Heizsysteme“, besser die Methoden der Wärmeverteilung, sind aus physikalischer, energetischer und physiologischer Sicht nicht gleichwertig. Um sie dennoch „politisch korrekt“ gleichsetzen zu können, sind die beiden schon angesprochenen Annahmen erforderlich: „Die Raumlufttemperatur unterscheidet sich bei allen Heizmethoden nur unerheblich“ und „Außenbauteile haben einen materialtypischen, durch Beheizung nicht änderbaren U-Wert“. Diese Annahmen sind jedoch physikalisch nicht zulässig. Entsprechend unverständlich ist also der bis heute in Lehre und Praxis des Heizungswesens geltende Satz „Der Wärmebedarf eines Gebäudes ist eine *Gebäudeeigenschaft*. Das Heizsystem hat darauf keinen Einfluss“. Die Wärmebedarfsberechnung nach DIN berücksichtigt also nicht die Vorteile der Wandheizung. Dieser Irrtum bedeutet für Staat, Kommunen und den „Häuslebauer“ beträchtliche Mehrausgaben, die bei „angewandter Physik“ vermeidbar wären.

### **2.1 Wärmebedarfsberechnung**

Die Grundform der Berechnungsformel wurde in den 1930er Jahren für die Heizkörperheizung („Luftheizung“) entwickelt. Die heutige Form entstand im Wesentlichen in den 1950er Jahren, indem die alte durch den Faktor „*Wärmeübergangswiderstand*“ ergänzt wurde, der die schlechte Übertragung von Wärme von Festkörpern an Gase und umgekehrt erfassbar zu machen versucht (innen: Übertragung von Wärme an die Innenseiten der Außenwände mit aufgeheizter Luft; außen: Wärmeübertragung von den Außenseiten der Außenwände an die Außenluft). Diese Größe ist im *Innenraum* bei kontinuierlichem Warmluftauftrieb an der Wandoberfläche (z.B. bei Sockelleistenheizung) und bei Wärmestrahlung (Grundofen) irrelevant. Auch *außen* ist die Einführung der Größe nicht weiterführend. Die Wärmeabgabe der Mauerflächen eines Gebäudes geschieht überwiegend durch zwei Effekte: a) durch Strahlung, deren Stärke ausschließlich von der Oberflächentemperatur abhängt, und b) durch Wasserdampfkonvektion aus dem Porenraum, die bei direkter Beheizung der Gebäudehülle ausgeschaltet ist. Bereits in den 1940er Jahren wurde die offizielle Formel durch die geringen Verbrauchszahlen der in den USA aufgekommenen Sockelleistenheizung widerlegt. Wegen des extrem geringen

Ölpreises fand dies keine Beachtung. Trotz des drastischen Anstiegs der Energielosten als Folge der Energiekrise von 1971

Auch die seit Ende der 1980er Jahre in Gebäuden mit Temperierung festgestellten niedrigen Heizwärmebedarfswerte (s. 1.2.2.) bestätigten den Einfluss der Wärmeverteilung auf beide Verlustarten. Die Missachtung dieses Zusammenhangs hält bis heute an.

Bei ganzflächiger, kontinuierlicher Wandheizung werden die Wärmeverluste dreifach verringert.

- Der an Fugen und Öffnungen durch *Luftwechsel* auftretende Verlust verringert sich, da die Raumluft nicht als Heizmedium aufgeheizt wird.
- Der durch *Wärmeleitung* in den Außenbauteilen entstehende Verlust verringert sich durch Verbesserung des U-Werts als Folge von Materialtrocknung und Ausschaltung von Kondensat und aufsteigender Feuchte („Dämmen durch Heizen“).
- Da die Luft bei Temperierung nicht durch Thermik im Raum bewegt wird, entfallen beide Gründe für Zug (heizbedingte Luftumwälzung, durch hohe Lufttemperatur bedingter erhöhter Fugenluftwechsel), so dass Behaglichkeit bereits bei geringeren Raumtemperaturen als bei konventioneller Raumbeheizung eintritt.

### 2.1.1 Lüftungswärmebedarf

Bei Wandheizung liegt die Lufttemperatur in der oberen Raumhälfte, da sie auch dort der mittleren Wandtemperatur entspricht, um bis zu 20 Grad unter der, die dort bei „Luft“-Heizung (Heizkörper) herrscht. Der Fugenluftwechsel der Fenster und Außentüren ( $a$ -Wert) ist aber nicht nur abhängig von der Länge und Stärke der Fugen der geschlossenen Öffnungen, sondern auch von  $\theta_i$ , der inneren Lufttemperatur und dem von dieser abhängigen Druck der Raumluft. Beides ist bei Wandheizung deutlich geringer als bei „Luft“-Heizung. Der Luftwechsel ist daher bereits physikalisch verringert. Altfenster (Kasten- oder Wagnerfenster) müssen also nicht ersetzt werden, sondern es genügt, sie zu reparieren und abzudichten. Die Festlegung eines für alle Heizverfahren gleichen Luftwechsels von 0,5 Raumvolumen pro Std. – wie nun für die Berechnung von „energetisch sanierten“ Gebäuden „vorgeschrieben“ – ist sinnlos: Bei speicherfähiger Bausubstanz mit Temperierung ist die gesamte erzeugte Wärme Bestandteil des Baukörpers, während bei „Luft“-Heizung ein großer Teil als warme Luft unter der Decke hängt, ins Treppenhaus entweicht bzw. beim Lüften ungenutzt verloren geht. Offiziell ist der Lüftungswärmeverlust nur durch hermetische Dichtheit der Gebäudeöffnungen in Verbindung mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zu verringern, unabhängig vom Heizsystem, also unabhängig davon, ob die Wärme Bestandteil der Gebäudemasse ist oder sich überwiegend „in der Luft“ befindet. So wird der Lüftungswärmebedarf konsequent auch nur als die Wärmemenge definiert, die benötigt wird, um die eindringende Kaltluft zu erwärmen, nicht aber – wie es bei „Luft“-Heizung ist – auch als die zum ständigen Ersatz der verlorenen Heizluft nötige Wärmemenge. Bei Wandheizung aber ist gerade dieser Verlust vernachlässigbar, da die nicht aufgeheizte Raumluft ja nur einen geringen Wärmeinhalt hat.

### 2.1.2 Transmissionswärmebedarf

Generell ist die heute übliche energetische Bewertung von schwerer, wärmespeichernder Bauweise falsch. Dies wird bereits deutlich, wenn man die auf unterschiedliche Sanierungsgrade bezogenen Verbrauchsangaben der Deutschen Energie Agentur (dena) und des Energieausweises mit gemessenen Jahresverbräuchen unsanierter, konventionell beheizter Massivbauten vergleicht. Ein Mehrfamilienhaus in München z. B., Baujahr 1900, mit ungedämmten, 50 cm starken Vollziegelwänden (Rohdichte 2,0), Kastenfenstern ohne Dichtung und mit Gas-Einzelöfen hat einen mittleren 3-Jahresverbrauch von 131 kWh/m<sup>2</sup>. Nach diesen offiziellen Quellen gilt ein solcher Wert für einen Neubau nach EnEV-Standard.

#### 2.1.2.1 U-Wert = Laborwert

Dass der U-Wert nur ein „Laborwert“ ist, kann man aus der Fachliteratur entnehmen:

Hauser, der seit der Energiekrise die Wärmedämmung als die entscheidende Energieeinsparmaßnahme propagiert, schrieb 1981 in „Der k-Wert im Kreuzfeuer – Ist der Wärmedurchgangskoeffizient ein Maß für Transmissionswärmeverluste?“, „Der k-Wert (*heute U-Wert*) eines Bauteils beschreibt dessen Wärmeverlust unter stationären, d. h. zeitlich unveränderlichen Randbedingungen. Die Wärmespeicherfähigkeit und somit die Masse des Bauteils geht nicht in den k-Wert ein. Außerdem beschreibt er nur die



Wärmeverluste infolge eines Temperaturunterschieds zwischen der Raum- und der Außenluft. Die auch während der Heizperiode auf Außenbauteile auftreffende Sonneneinstrahlung bleibt unberücksichtigt“ (Bauphysik 1981, H. 1, S.3). Dass diese Vereinfachung nur für Hüllflächen von Kellern, nicht aber für reale außenluftberührte und strahlungsexponierte Außenbauteile zulässig ist, ergab sich bereits kurz nach der aufschlussreichen Charakterisierung der wichtigsten Rechengröße durch Hauser.

#### **2.1.2.2 „Kleiner U-Wert“ nicht gleich „Geringer Wärmebedarf“**

1983, veröffentlichte die Fraunhofergesellschaft eine Untersuchung an realen, d. h. täglich diffuse und direkte Zustrahlung empfangenden oberirdischen Außenbauteilen (baugleiche Räume mit 3 Außenwänden, 1 Fenster, 1 Heizkörper) zeigte, dass es keinen Zusammenhang zwischen offiziellem U-Wert und Energiebedarf gibt. Die „Untersuchung über den effektiven W-Schutz verschiedener Ziegelaußenwandkonstruktionen“ ergab: Heizwärmebedarf bei 23 cm Wärmedämmung 3% geringer als bei 10 cm W-Dämmung, jedoch 5% höher als bei 50 cm Porenziegel, beidseitig geputzt. Der Raum mit Porenziegelwänden (36,5 cm) ohne Fenster hat einen um 12 % geringeren Wärmebedarf als der gleiche Raum mit Fenster (s. FHG 1982/83, IBP-Bericht B HO 8/83 – II, 1983).

#### **2.1.2.3 Keine stationären Verhältnisse an realen Außenwänden**

Dieser allen Erwartungen widersprechende Befund wird verständlich durch folgende Hinweise: W-Durchlasswiderstand  $1/\Lambda$  und W-Durchgangskoeffizient  $k$  (U-Wert) genügen zur wärmeschutztechnischen Kennzeichnung eines Bauteils bei *stationären* Verhältnissen, also bei *gleichbleibenden* Temperaturen zu beiden Seiten *nach Erreichen des Dauerzustandes* des Wärmestroms durch das Bauteil. ... Beim Aufheizen und Auskühlen eines Raumes, bei Sonnenustrahlung zu einem Bauteil, schnellen Änderungen der Lufttemperaturen zu beiden Seiten von Bauteilen ... treten Temperaturänderungen und Änderungen von Wärmeströmen auf, die durch die Werte  $1/\Lambda$  und  $k$  (U) nicht erfasst werden können. In diesen Fällen spielt das *W-Speichervermögen* der Stoffe und Bauteile im Zusammenhang mit der *Zeit* die *entscheidende Rolle*. Für die rechnerische Behandlung der genannten Probleme werden *Größen* benötigt, die aus denen der *spez. Wärmekapazität*, der *W-Leitfähigkeit* und der *Rohdichte* der betreffenden Stoffe gebildet werden (Kapitel 1.2: Instationäre Verhältnisse in Gösele, Schüle, Schall, Wärme, Feuchte. Bauverlag Wiesbaden, 1985).

#### **2.1.2.4 Große Speichermasse ist Wärmedämmung**

In gleichem Zusammenhang nutzen Tschegg, Heindl und Sigmund 1986 in „Grundzüge der Bauphysik“ einen Begriff, der die allgemeine Erfahrung mit speicherfähiger Bauweise (langsameres Auskühlen, trägeres Wärmerwerden im Vergleich zu Leichtbauweisen) abstrakt ausdrückt, nämlich den Widerstand, den ein Bauteil dem Wechsel der Richtung des in ihm verlaufenden Wärmestroms entgegensetzt: „Der thermische Wechselstromwiderstand massiver Baustoffe ist stets größer als ihr bei stationärem Wärmefluss gemessener Wärmedurchlasswiderstand“ (s. 2.3.2).

Ganz praxisbezogen heißt es im Heizungslehrbuch „Handbuch für Heizung + Klimatechnik“ (Recknagel, Sprenger...1993) im Kapitel „Deckenheizung“ zur Vermeidung der Überdimensionierung in Bezug auf den obersten Raum unter Flachdach: „In Anbetracht der geringen Anzahl der sehr kalten Tage und der Speicherfähigkeit von Betondecken genügt es, der Berechnung der Deckentemperatur eine Außenlufttemperatur von  $-5\text{ °C}$  zugrunde zu legen.“ Allein schon wegen der 24-stündigen Solarstrahlungsperiode ist der offizielle U-Wert für reale Außenbauteile über Erdreich unrealistisch.

Im zitierten Satz wird die Erfahrung berücksichtigt, dass die am Tag in der Speichermasse aufgenommene Strahlungswärme eine Auskühlung des Bauteils während der Nacht verhindert. Für die übrigen Heizsysteme gilt als Auslegungstemperatur aber unabhängig von der Bauweise z. B.  $-16\text{ °C}$ , obwohl auch massive Wände „Umweltwärme“ speichern. Indirekt wird hier gesagt, dass die Speichermasse von entscheidender Bedeutung für den Wärmebedarf ist, was ja seit der 1. Fassung der Wärmeschutzverordnung geleugnet wird. Ferner ergibt sich daraus, dass *Wärmespeicherung* nur ein Alternativausdruck für *Wärmedämmung* ist, denn ein Material, das Wärme festhält, hat einen geringen Wärmedurchgang und senkt den Wärmebedarf, worin das Ziel der Wärmedämmung besteht.

#### **2.1.2.5 Solare Zustrahlung auch im Winter energetisch relevant**

Im IBP-Bericht EB-8/1985 (Auswirkungen der Strahlungsabsorption von Außenwandoberflächen und Nachtabsenkung der Raumlufitemperaturen auf den Transmissionswärmeverlust und den Heizenergieverbrauch) sagt die Legende der Abb. „Temperaturverteilung und Energiegewinn einer monolithischen Wand“, dass hier der Energiegewinn einer ungedämmten Ziegelwand aus eingespeicherter Solarenergie sichtbar ist: „Durch die *absorbierte Solarstrahlung* ergeben sich instationäre Verhältnisse gegenüber dem Beharrungszustand“.

## 2.2 Bauteilfeuchte

### 2.2.1 U-Wert und Materialfeuchte

Offiziell wird angenommen, dass der U-Wert nur vom Material abhängig und umso höher ist, je höher das Rohgewicht ist. Daher gilt, dass er nur durch Wärmedämmung und Neufenster zu verbessern ist. Basis des offiziellen Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Wandbaustoffe ist aber die Annahme einer hohen hygroskopischen Materialfeuchte („praktischer Feuchtegehalt“). Dieser „baustofftypische“ Feuchtegehalt wird auch heute noch als durch Wärme nicht beeinflussbar angesehen, obwohl die Werte vor Jahrzehnten bei konventioneller Heizung („Luft“-Heizung) ermittelt wurden, lange bevor es Erfahrungen mit der direkten Beheizung der Wandoberfläche gab. Die Raumtemperatur wurde damals wie heute in 1 m Abstand von der Außenwand und in 1,5 m Höhe gemessen. So bleibt bei der Messung verborgen, dass die Wärmeverteilung durch freie Raumluftkonvektion (Heizkörper) keine gleichmäßige Oberflächentemperatur herstellen kann und daher größere Wandbereiche kälter als die Raumluft bleiben, so dass diese Bereiche feuchter sind (abgesehen vom physiologischen Nachteil eines Sitzplatzes in der Nähe einer kalten Wandfläche).

Misst man die Temperatur von schimmelbefallenen Wandstellen mit dem Infrarot-Thermometer, so findet man, dass sie kühler als Stellen ohne Schimmel sind. Da sich hier kontinuierlich Wasserdampf abscheidet, können die überall vorhandenen Schimmelsporen auskeimen. Schimmel in der Heizperiode ist also nicht Folge falschen Lüftungsverhaltens der Bewohner, sondern zeigt vielmehr, dass durch das Heizen mit freier Konvektion nicht überall ausreichende Wandtemperaturen herstellbar sind.

Kaum bekannt ist, dass angesichts dieser Mängel der anerkannten Heizkörperheizung (und um diese „politisch korrekt“ nicht zu benachteiligen) der U-Wert, ohne Berücksichtigung physikalischer Vorteile eines Heizsystems, bezogen wird auf eine an der raumseitigen Oberfläche des Bauteils herrschende relative Luftfeuchte von 80% - wie es bei konventioneller, physikalisch unsinniger Wärmeverteilung an unterversorgten Außenwandbereichen vorkommt. Bereits ab 75% aber nehmen die Kapillaren eines Baustoffs aus der Luft Wasserdampf auf (Kapillarkondensat), da die (schwache) Anziehungskraft des polaren Wassermoleküls stärker ist als die Abstoßungskraft der Oberflächenmoleküle der kühleren Bereiche. Ihre Wärmeschwingung ist wenig, aber entscheidend geringer als die Schwingung der Moleküle, die zu ausreichend versorgten Wandbereichen gehören, deren Oberflächentemperatur also nicht *unter* der Raumluf- (= Wasserdampf-) temperatur liegt. Der U-Wert ist bei der üblichen Berechnung also auf einen Bauteilzustand bezogen, der bei kontinuierlicher ganzflächiger Wandbeheizung (Temperierung der Gebäudehülle) gar nicht möglich ist. Da sie eine gleichmäßige Oberflächentemperatur der Wand herstellt, beseitigt sie die Randbedingung des U-Werts nach DIN: Es herrschen an der Wandoberfläche 50% rel. Luftfeuchte und weniger. Durch das ganzflächige Wärmegefälle wird das Bauteil daher trocken und ist vor weiterer Feuchteaufnahme aus der Raumluf geschützt.

### 2.2.2 Wärmeleitwert und Materialfeuchte

Entsprechendes gilt für die Wärmeleitfähigkeitsgröße Lambda: Gerechnet wird mit „Lambda rechnerisch“, das bezogen ist auf eine Bauteil-Oberflächentemperatur von 10 °C. Nicht erwähnt wird, dass in einem realen Wohnraum eine solche Wand feucht sein muss: Bringt man im *Mollier-h, x-Diagramm* (Datei Nr. 7c, S. 11) die beiden Werte (10 °C und 80 % RF) zum Schnittpunkt, so findet man, dass dies einer Wasserdampfmenge von 6,2 Gramm pro kg Luft (absolute Feuchte) entspricht. Da die Absolutfeuchte im ganzen Raum gleich ist, hätte ein Raum mit 20 °C (auf der 6,2-g-Achse hochgehen auf 20 °C) eine rel. Luftfeuchte von 42 % (in Raummitte gemessen). Eine Außenwand dieses Raumes, deren Oberfläche nur 10 °C hätte, wäre nicht nur unzumutbar kalt, sondern trotz der geringen relativen Luftfeuchte *im* Raum auch feucht (auf der 6,2-g-Achse runtergehen auf 10 °C), da an der Wandoberfläche 80 % RF herrschen würden, ab 75 % aber das Kapillarkondensat beginnt. Wäre dieselbe Raumtemperatur Folge der Wandbeheizung (Wandoberflächentemperatur 20 °C), so wäre auch die rel. Luftfeuchte im ganzen Raum gleich, die Wand also trocken, da an ihrer Oberfläche nicht 80 %, sondern 42 % vorlägen.

## **2.3 Wärmeleitung in Massivbauteilen**

### **2.3.1 Messung des Wärmeleitwerts**

Zu eklatanter Fehleinschätzung der energetischen Qualität speicherfähiger Bausubstanz führt die Bedingung für die Messung der Wärmeleitfähigkeit, die die physikalisch unsinnige Vergleichbarkeit von Leicht- und Massivbaustoffen herstellen soll: „Die Messung beginnt, wenn ein stationärer Wärmefluss eingetreten ist. Bei Bauteilen mit hohem Rohgewicht kann dies einen bis mehrere Tage dauern.“ Es unterbleibt der Hinweis auf die Konsequenz der Gleichsetzung: Die Labormessung ist nicht auf die reale Situation übertragbar. Die offiziellen Werte für "Lambda trocken" in der Tabelle der Wärmeleitfähigkeiten von Baustoffen sind wegen dieser Randbedingung nur für nichtbestrahlte Bauteile wie Kellerhüllflächen (nur bedingt für die Decke unter Dach) sinnvoll, da die Ermittlung ja nicht an realen Bauteilen stattfand: Ein Außenbauteil hat in dieser Zeit einen bzw. mehrere Tageszyklen durchlaufen. Bereits die diffuse Infrarotstrahlung am Morgen behindert jedoch den Wärmefluss nach außen, stärkere Einstrahlung kann ihn stoppen oder sogar nach innen umkehren. Nach Ende der Einstrahlung setzt – entgegen der Leichtbauweise – die Wärmeabgabe zunächst nur durch Wärmeabstrahlung an der äußeren Oberfläche sofort ein, während der Wärmefluss nach außen in den tieferen Bauteilbereichen verzögert beginnt.

### **2.3.2 Thermischer Wechselstromwiderstand**

Massive mineralische Bauteile setzen dem Wechsel der Richtung des Wärmestroms einen wesentlich höheren Widerstand entgegen als porosierte Stoffe oder Faserstoffe. Die Verzögerung ist umso stärker, je höher das Rohgewicht liegt (s. 2.1.2.4). Die Massivbauweise wird demnach durch die Wärmebedarfsberechnung auf U-Wert-Basis benachteiligt. Der höhere thermische Wechselstromwiderstand massiver Baustoffe erhellt sich aus folgenden Tatsachen: Während in unporosierten nichtmetallischen Festkörpern die Transmission hauptsächlich durch Weitergabe von Wärmeschwingungsimpulsen (Phononen) im Raumgitter stattfindet, wie es bei porosierten bzw. Faserstoffen nur im Bereich der geringen Festkörperanteile (also in den Porenwänden und den Fasern selbst) geschieht, wird in den Hohlräumen der Leichtstoffe die Energie zusätzlich durch Infrarotstrahlung übertragen, die von den unzähligen Oberflächen der Porenwände bzw. der Fasern emittiert wird und ihre Richtung sofort ändern kann. Der Zweck des „Einbaus von Luft“ in Außenbauteile (zur Verringerung der Transmission durch schlechte Wärmeleitung des Gases) wird durchkreuzt, da die Wärmestrahlung von den wenigen Gasmolekülen in den künstlich geschaffenen Hohlräumen nicht behindert wird.

Da ferner die Atome bzw. Moleküle eines Festkörpers durch die Anziehungskräfte in drei Dimensionen mit einander verknüpft sind, kann sich weder die Intensität noch die Richtung der Wärmeschwingung rasch ändern. Dies gilt *nicht für Metalle*, da hier – im Gegensatz zu den nichtmetallischen Festkörpern – die Raumgitter gleichmäßig besetzt sind (keine Löcher) und die Elektronen nicht atomgebunden sind, sondern, wie zur elektrischen Leitung, auch zur Wärmeleitung beitragen. Wenn man diesen Unterschied nicht ausblendet, erkennt man, dass die verbreitete Annahme, dass – analog zu den Metallen – auch die Wärmeleitfähigkeit mineralischer Stoffe mit ihrer Dicht steige, falsch ist.

## **3. Energieausweis**

Im Laufe des Jahres 2008 soll sich die Ausstellung des Energieausweises „nach Bedarf“ durchsetzen, d. h. auf der Basis einer Berechnung mit U-Werten, die, wie sich oben zeigte, den Massivbau benachteiligen. Die Verbrauchswerte, die sich durch die „energetische Gebäudesanierung“, vulgo Nachbesserung des Dämmstandards, Neufenster und Erneuerung der Heiztechnik (nicht Optimierung der Wärmeübertragung!) ergeben sollen, werden annähernd bereits von Massivbauten allein auf Grund ihrer Wärmespeicherung erreicht – ganz ohne derartige heute als unabdingbar bezeichnete Maßnahmen. Für den unsanierten Altbau (s. 2.1.2) wäre laut den dem Ausweis zu Grunde liegenden offiziellen „Energieverbrauchskennwerten“ mehr als das 3-fache des gemessenen Verbrauchs zu erwarten. Kontinuierliche Wandheizung und Reduzierung des Fugenluftwechsels wiederum erlauben sogar eine Unterschreitung der Richtwerte. Wegen dieser physikalischen Fakten kann (und muss) man im Fall der Bestandssanierung auf der Ausstellung "nach Verbrauch" bestehen, um die Vorteile der Speichermasse weiter nutzen und durch wenige physikalisch sinnvolle Maßnahmen bei geringem finanziellem Aufwand optimieren zu können.