

# „Energieeinsparung als Daseinsvorsorge“

Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser

Die Wärmeschutzverordnung '95 steht, obwohl kaum in Kraft getreten, erneut zur Novellierung an. Der wesentliche Grund liegt in dem relativ geringen Anforderungsniveau der '95er-Verordnung, welches gemäß der Absprache zwischen Bundesrat und -regierung bis zum Ende des Jahrzehnts um 25 bis 35 % verschärft werden soll. Prof. Dr. Gerd Hauser von der Universität Kassel stellt hier den aktuellen Stand der Planung der neuen Bundesregierung vor.

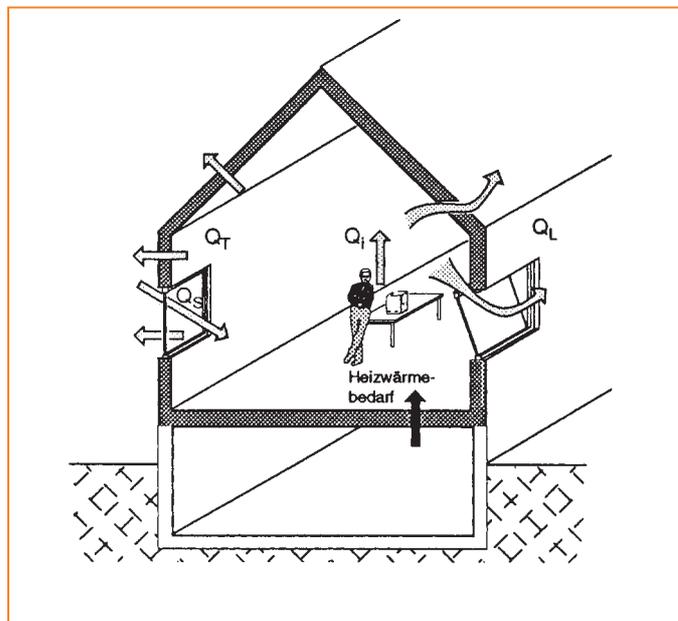
Um auch verstärkt Anreize zur Realisierung einer energiesparenden Anlagentechnik zu geben, und um den Informationsgehalt des Wärmebedarfsausweises der Wärmeschutzverordnung '95 auf den Stand eines Energiepasses zu bringen, wie ihn die Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung e.V. seit 1990 bereits herausgibt [1, 2], ist eine Erweiterung der Bilanzgrenzen und damit eine Einbeziehung der Anlagentechnik in die Verordnung vorgesehen [3, 4]. Im weiteren wird das voraussichtliche Aussehen dargelegt.

## Bilanzgrenzenerweiterung

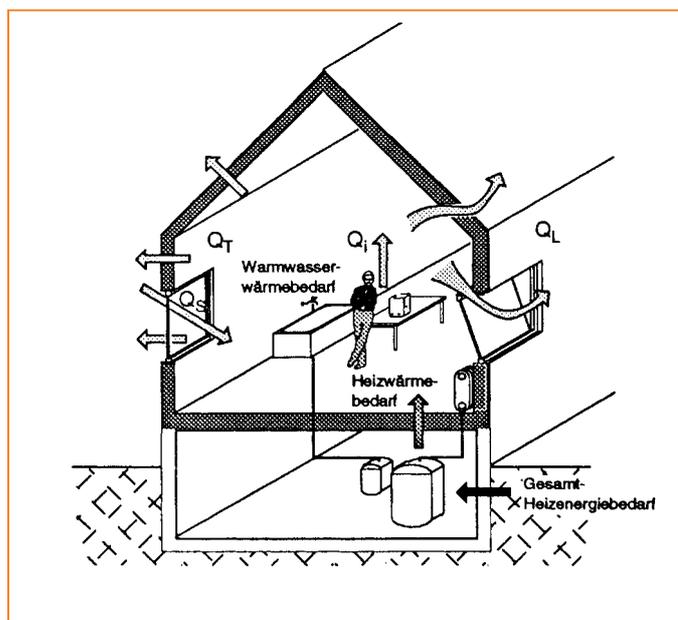
Die Wärmeschutzverordnung '95 bilanziert über die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste sowie die passiven Solarenergiegewinne und internen Wärmequellen gem. Bild 1. Entsprechend werden Anforderungen an den Heizwärmebedarf gestellt und die Einflüsse der Heizungs- und Anlagentechnik gehen nicht in die Größe ein. Den Heizwärmeverbrauch kann der

Nutzer jedoch nicht ablesen. Ein Vergleich der tatsächlichen Ist-Verbräuche (Heizenergieverbrauch) mit dem rechnerisch ausgewiesenen Wert (Heizwärmebedarf) ist nicht möglich. Berechneter Bedarf und abgelesener Verbrauch können nicht übereinstimmen.

Eine Einbeziehung der Anlagentechnik und bei Wohngebäuden des Warmwasserbedarfs gem. Bild 2 ist vorgesehen, so daß nicht mehr die Kennzeichnung über den Heizwärmebedarf, sondern über den Gesamttheizenergiebedarf erfolgt.



Schematische Darstellung der Wärmebilanz zur Bestimmung des Jahres-Heizwärmebedarfs  
Bilder: Hauser



Schematische Darstellung der Energiebilanz zur Bestimmung des Jahres-Heizenergiebedarfs

Insbesondere bei Büro- und Verwaltungsgebäuden werden häufig Energieverbräuche für das Kunstlicht und für die Belüftung, gegebenenfalls aber auch für Kühllkälte gegenüber dem Heizwärmebedarf dominant. Bild 3 enthält die entsprechende Bilanz.

Eine einfache Erfassung des Kühlenergiebedarfes erscheint derzeit jedoch nicht möglich und die mögliche Erfassung des Strombedarfs für Kunstlicht [5] wird durch das Energieeinsparungsgesetz [6] erschwert.

Besonderes Augenmerk verdienen folgende Details:

1. Berücksichtigung des Luftdichtheitsgrades der Außenhülle  
Wegen der in jüngster Zeit erhöhten Luftdichtheit der Gebäudehülle und der vorgeschlagenen separaten Berücksichtigung der Wärmebrückenwirkungen wird der bislang im Regelfall angesetzte Luftwechsel von  $0,8 \text{ h}^{-1}$  auf  $0,7 \text{ h}^{-1}$  abgemindert. Falls mittels einer meßtechnischen Überprüfung die

$$Q_{i,v} = F_{Gt} \times 0,34 \times n \times V \quad (1)$$

- $F_{Gt}$  Faktor zur Berücksichtigung der Heizgradtagzahl  
 $V$  beheiztes Luftvolumen  
 $n$  Luftwechsel(zahl)  
 $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$  bei freier Lüftung  
 $n = 0,6 \text{ h}^{-1}$  bei freier Lüftung und Dichtheitsprüfung

2. Berücksichtigung von Wärmebrücken

Gem. DIN EN 832 [7] bzw. EN ISO 13 789 [9] sind im Rahmen der Ermittlung des Transmissionswärmebedarfes  $Q_{i,T}$  Wärmebrückeneffekte gem. folgender Gleichung zu erfassen:

$$Q_{i,T} = F_{Gt} \cdot \left( \sum_{i=1}^n F_i \cdot U_i \cdot A_i + \sum_{i=1}^n F_i \cdot \Psi_i \cdot l_i + \sum_{i=1}^n F_i \cdot \chi_i \right) \quad (2)$$

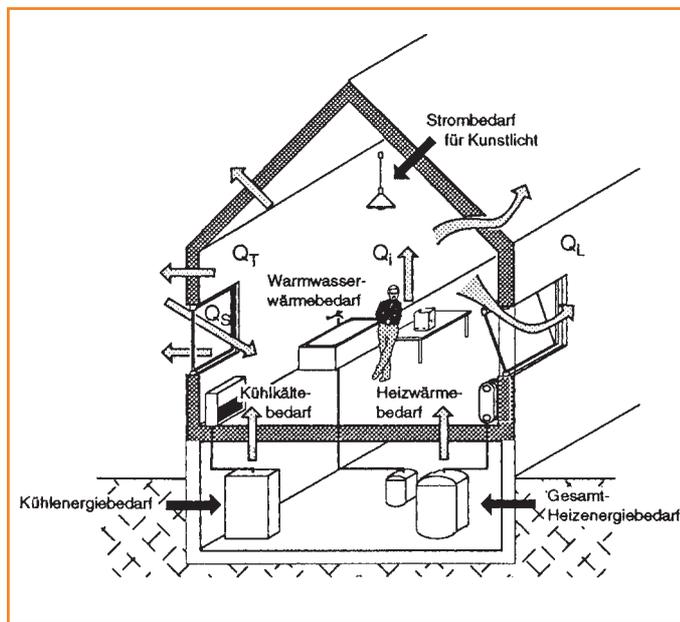
- $F$  Temperatur-Korrekturfaktor  
 $U$  Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert)  
 $A$  Bauteilfläche  
 $\Psi$  Wärmebrückenverlustkoeffizient  
 $\chi$  Punktbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient

Wenngleich für viel Details  $\psi$ - und  $\chi$ -Werte aus entsprechenden Katalogen und Atlanten [10–15] entnommen werden können, erscheint diese Vorgehensweise für gewöhnliche Nachweise zu aufwendig. Deshalb wurde bereits in [16] ein Pauschalierungsansatz gem. folgender Definition vorgeschlagen:

$$Q_{i,T} = F_{Gt} \cdot \left( \sum_{i=1}^n F_i \cdot U_i \cdot A_i + A + \Delta U_{WB} \right) \quad (3)$$

Als  $\Delta U_{WB}$ -Werte wird  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  vorgesehen, es sei denn, die Regelkonstruktionen entsprechen den in DIN 4108, Beiblatt 2 [17] dargestellten Musterlö-

Schematische Darstellung der Energiebilanz zur Bestimmung des Jahres-Gesamtenergiebedarfs



### Ausgangsbasis

Die Ausgangsbasis stellt der Jahres-Heizwärmebedarf dar, der gemäß den Rechenvorschriften der DIN EN 832 [7] ermittelt wird. Alternativ wird die Monatsbilanzierung über EDV-Einsatz Verwendung finden oder das Handrechenverfahren Heizperiodenbilanzverfahren.

Einhaltung des Grenzwertes der Luftdichtheit, gem. DIN V 4108-6 [8] nachgewiesen wird, kann ein Luftwechsel von  $0,6 \text{ h}^{-1}$  in Ansatz gebracht werden.

Bei Verwendung einer mechanischen Lüftungsanlage und Inanspruchnahme des entsprechenden Bonus wird die meßtechnische Überprüfung des entsprechenden Grenzwertes obligatorisch sein.

Bei Nichteinhalten der bei Bauantragstellung zugrunde gelegten Luftdichtheit ist nachzubessern, ähnlich wie dies z. B. auch bei brandschutztechnischen Belangen der Fall ist.

Der Lüftungswärmebedarf ergibt sich aus dem Ansatz

sungen. In diesem Fall erscheinen  $\Delta U_{WB}$ -Werte von 0,05 W/(m<sup>2</sup>K) sinnvoll. Unbenommen bleibt der detaillierte Nachweis über die einzelnen  $\psi$ -Werte z. B. aus Wärmebrücken-Atlanten.

Die Bestimmung des Transmissionswärmebedarfs kann unter Berücksichtigung aller Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche und der Wärmebrückeneffekte wie folgt vorgenommen werden:

$$Q_{I,T} = F_{Gt} \cdot (U_{AW} \cdot A_{AW} + U_W \cdot A_W + F_D \cdot U_D \cdot A_D + F_G \cdot U_G \cdot A_G + U_{DL} \cdot A_{DL} + F_{AB} \cdot U_{AB} \cdot A_{AB} + \Delta U_{WB} \cdot A_{ges}) \quad (4)$$

$F_D, F_G, F_{AB}$  Temperatur-Korrekturfaktoren

Indizes:

- AW Außenwand
- W Fenster
- D Dach
- G gegen Erdreich
- DL Decken nach unten gegen Außenluft
- AB gegen unbeheizte Räume
- WB Wärmebrücke
- ges gesamte wärmeübertragende Hüllfläche

## Bezugsgrößen

### 1. Energiekennzahl

Bei der Definition einer Kenngröße hat die Bezugsgröße die Aufgabe, die Aussagekraft der Kenngröße so groß wie möglich zu machen. Da der Endverbraucher meist in Flächen denkt,

- die primäre Zielgröße bei der Planung von Gebäuden sind Nutzflächen
- die Baukosten werden meist pro Quadratmeter genannt
- die Miete wird flächenbezogen angegeben
- die Heizkosten werden auf die Fläche bezogen

besitzt eine flächenbezogene Kenngröße einen höheren Informationsgehalt.

Gebäude mit großen Raumhöhen schneiden dabei automatisch ungünstiger ab als Gebäude mit kleinen Raumhöhen. Selbstverständlich wird deshalb niemand zu kleineren Raumhöhen übergehen, jedoch wird deren energetischer Nachteil dokumentiert. Falls aufgrund geringerer Raumhöhen in Einzelfällen raumlufttechnische Anlagen notwendig würden, muß dies gegebenenfalls in die Betrachtung mit einfließen und kann zu einer Verschiebung der Wertigkeit führen.

Die bei hohen Raumhöhen mögliche Anordnung von Zwischendecken,

d. h. anhand eines konstanten Infiltrationsverlustes pro Nutzfläche ist diese Größe von der Gebäudegeometrie unabhängig und bewertet eine kompakte Gebäudeform bei konstanter Undichtheit pro m<sup>2</sup> Gebäudehülle positiv. Somit wird eine „luftdichte Ausführung“ ebenso wie eine „energiesparende“ durch eine kompakte Gebäudeform begünstigt. Zur Bildung dieser Kenngröße wird eine bereits bekannte Bezugsgröße eingesetzt. Der benötigte Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz kann direkt aus einer Messung gewonnen werden [18].

| Grenzwert für Gebäude    | bei Volumenbezug | bei Flächenbezug                     |
|--------------------------|------------------|--------------------------------------|
| mit natürlicher Lüftung  | 3,0 1/h          | 7,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h |
| mit mechanischer Lüftung | 1,0 1/h          | 2,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h |

Emporen und dergleichen bewirken eine Vergrößerung der Bezugsfläche und damit einer Verkleinerung der Energiekennzahl. Dies ist sinnvoll, weil das Gebäude intensiver nutzbar ist. Ein ICE-Zug wird auch deshalb energetisch günstiger beurteilt als z. B. ein Pkw, weil der ICE pro Waggon nicht nur einen Passagier befördert – die Anzahl der Sitzplätze und nicht das Zugvolumen ist entscheidend.

Daß z. B. zu einer Sport- oder Schwimmhalle andere Raumhöhen als im Wohnungsbau gehören, weiß jeder und wird deshalb auch eine höhere Energiekennzahl akzeptieren. Der Benzin- oder Dieselverbrauch des Omnibusses ist auch höher als der eines Pkws.

Es ist zu befürchten, daß trotz dieser Argumente der Volumenbezug in der Verordnung dominant bleibt.

### 2. Luftdichtheit

Gem. DIN 4108-7 kann die Luftdichtheit alternativ durch eine auf das Volumen oder die Nutzfläche bezogene Größe gekennzeichnet werden. Definiert man die Dichtheit über

$$NBV_{50} = V_{50}/A_N \quad (\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2) \quad (5)$$

mit

$V_{50}$  Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz in m<sup>3</sup>/h

$A_N$  Nettogrundfläche entsprechend DIN 277 in m<sup>2</sup>

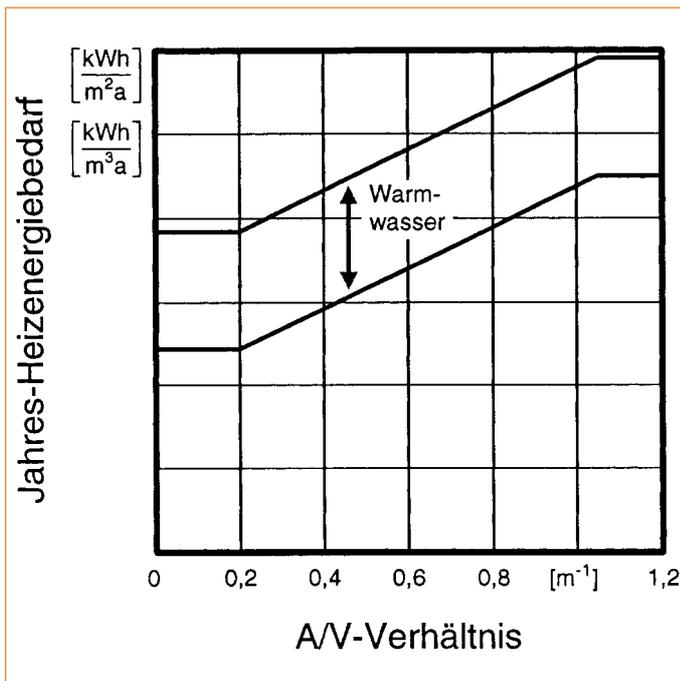
Gegenüber einem Volumenbezug können bei dieser Größe auch die Kosten für die Ermittlung gesenkt werden. Dennoch wird die Verordnung voraussichtlich ausschließlich den Volumenbezug verwenden.

## Heizungstechnik

Die Erfassung der Heiztechnik muß die Verluste bei der Erzeugung, Verteilung und Abgabe sowie den Bedarf für das Warmwasser und den Transport von Wärme und Luft beinhalten. Während die genannten Verluste bislang meist über Nutzungsgrade beschrieben wurden, ist dies für den Energiebedarf für Warmwasser und Transport nicht möglich. Deshalb erscheint es sinnvoll, auch die Verluste für Erzeugung, Verteilung und Abgabe in kWh/(m<sup>2</sup>a) additiv in den Ergebnissen auszuweisen [7, 19]. Weitere Vorteile dieser Vorgehensweise sind:

- Die Wirkung der einzelnen Verlustanteile wird deutlich und z. B. mit Lüftungs- und Transmissionswärmebedarf vergleichbar.

Hauptanforderungen



- Die Wirtschaftlichkeit von Veränderungsmaßnahmen wird unmittelbar erkennbar, wenn z. B. durch eine höherwertige Erzeugung 3 kWh/(m²a) eingespart werden. Eine Nutzungsgraderhöhung um z. B. 5 % ist demgegenüber weniger transparent.
- Die infolge einer weiteren Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes zu erwartenden Nutzungsgradabsenkungen werden nicht so offenkundig, die Verwirrung beim Endverbraucher bleibt aus!

Die Rechenvorschriften zur Ermittlung der einzelnen Bedarfswerte werden derzeit im Rahmen von DIN 4701-10 erarbeitet.

Anforderungen

Die wesentlichen Anforderungen der EnEV werden bei Gebäuden mit normalen Innentemperaturen über den Jahres-Heizenergie- und den Jahres-Heizwärmebedarf formuliert.

Hauptanforderungsgröße ist der Jahres-Heizenergiebedarf in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis des Gebäudes. Dieser soll im Bereich von ca.

50 bis 90 kWh/(m²a) liegen. Daneben werden je nach verwendetem Primärenergieträger des Heizsystems maximal zulässige Jahres-Heizwärmebedarfswerte als Nebenanforderungen vorgegeben. Wie die grafischen Darstellungen in den Bildern 4 und 5 zeigen, ergibt sich bei Verwendung von Heizsystemen mit elektrischem Strom eine Absenkung des zulässigen Jahresheizwärmebedarfs, der gegenüber z. B. der 95er-Verordnung deutlich über 30 %

liegt, und die Möglichkeiten heute üblicher Baukonstruktionen weitgehend ausschöpft. Bei Verwendung primärenergetisch günstigerer Energieträger werden höhere Jahres-Heizwärmebedarfswerte zugelassen. Die Berechnung des Jahres-Heizenergiebedarfs erfolgt gemäß Gleichung 6, wobei die einzelnen Terme in den Gleichungen 7 bis 10 aufgeschlüsselt sind.

$$Q = Q_h + Q_w + Q_t - Q_r \quad (6)$$

- $Q_h$  Heizwärmebedarf
- $Q_w$  Warmwasserwärmebedarf
- $Q_t$  Verluste der Anlagentechnik
- $Q_r$  Wärmegewinne aus Umwelt

$$Q_h = Q_{i,T} + Q_{i,V} - \eta (Q_i + Q_s) \quad (7)$$

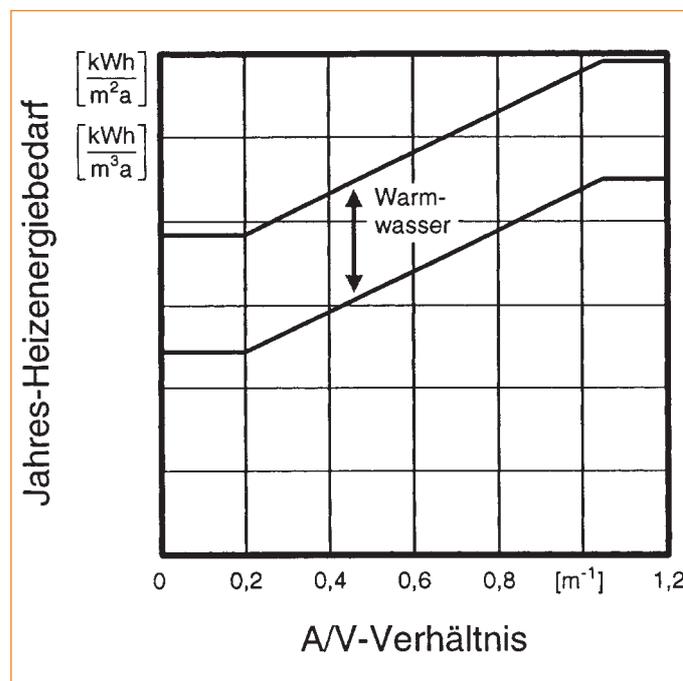
- $Q_{i,T}$  Transmissionswärmebedarf
- $Q_{i,V}$  Lüftungswärmebedarf
- $Q_i$  nutzbare interne Wärmegewinne
- $Q_s$  nutzbare solare Wärmegewinne
- $\eta$  Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne

$$Q_w = 5 \text{ kWh/(m³a) Wohngebäude} \quad (8)$$

$$Q_w = 0 \text{ sonstige Gebäude} \quad (9)$$

$$Q_t = Q_e + Q_c + Q_d + Q_g + Q_{gc} \quad (10)$$

- $Q_e$  Verluste durch ungleichmäßige Temperaturverteilung



Nebenanforderungen

### Nachweis von Wärmebrückeneffekten

Um der geforderten Nachweispflicht zu entsprechen, können die Effekte über die oben vorgestellten Formeln festgestellt werden. Da sich dies sicherlich als viel zu umständlich erweisen wird, bietet sich der elegante Weg, die einzelnen  $\Psi$ -Werte mit Hilfe von Wärmebrücken-Atlanten zu ermitteln.

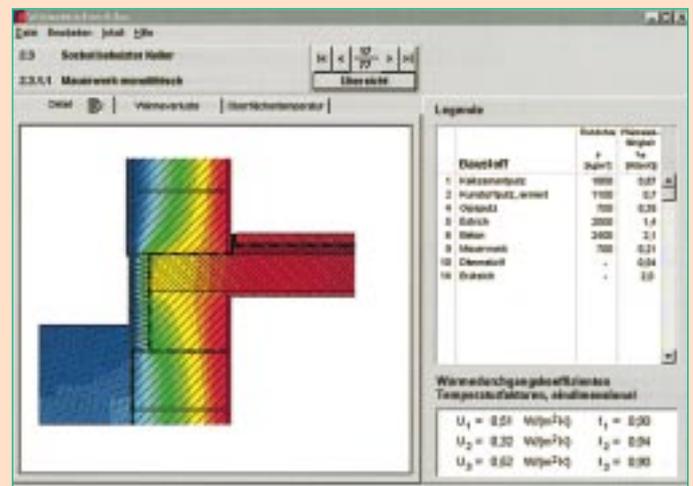
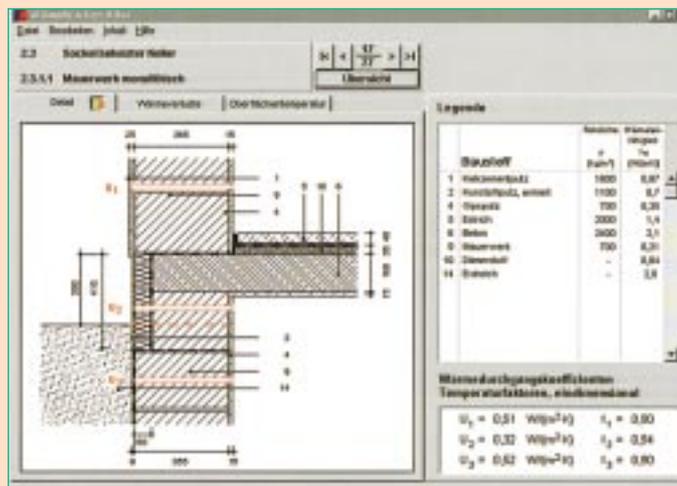
Das Ingenieurbüro Hauser /Baunatal bietet hierzu eine CD-ROM mit umfangreicher Funktionalität und

zahlreichen Wärmebrückenbeispielen an, die u. a. folgendes bietet:

- Angaben zu den verwendeten Baustoffen
- farbige Darstellung der Temperaturverteilung in der Konstruktion
- Möglichkeit zur Übernahme der Zeichnungen in andere Programme
- Berechnung der maximal zulässigen Raumluftfeuchte zur Vermeidung von Schimmel- und Tauwasserbildung bei freier Ein-

gabe der Temperatur-Randbedingungen

- Erweiterbarkeit der Datenbank und Gliederungsmöglichkeit in Spezialgebiete
- Parameterstudien zur Beurteilung der Wirksamkeit von konstruktiven Maßnahmen bzw. des Einflusses der Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen
- leichtes Auffinden von Anschlußdetails durch übersichtliche Gliederung der Wärmebrückendatenbank.



- $Q_c$  Verluste durch nicht-ideale Raumtemperatur und Regelverhalten
- $Q_d$  Verluste des Wärmeverteilungssystems (verlorene Rohrwärme)
- $Q_g$  Verluste des Wärmeerzeugers
- $Q_{gc}$  zusätzliche system- und regelungsbedingte Verluste des Wärmeerzeugers

Bei Gebäuden mit niedrigen Innentemperaturen werden wie in der bisherigen Wärmeschutzverordnung '95 nur die Transmissionswärmeverluste

limitiert, indem in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis maximal zulässige Werte in kWh/(m³a) vorgegeben werden. Eine Verschärfung gegenüber der 95er-Verordnung ist hier nicht zu erwarten.

Anforderungen zur Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenbauteilen bestehender Gebäude werden einerseits verschärft und andererseits künftig häufiger greifen, weil die Tatbestände, bei denen Anforderungen einzuhalten sind, erheblich erweitert werden.

Die zusätzlichen Einzelanforderungen der Wärmeschutzverordnung '95 sowie der Anforderungen der Heizungsanlagenverordnungen werden im wesentlichen beibehalten und in der EnEV zusammengefaßt.

### Energiepaß

Der Energiepaß wird rechtsverbindlich.

Die einzelnen Bedarfsanteile sind, wie schon im Energiepaß Hauser/Hausladen [2, 4] seit Jahren realisiert, zusammenzustellen, damit der Endverbraucher die Möglichkeit des Vergleichs zwischen prognostiziertem Energiepaß-Wert und dem abgelesenen Verbrauch erhält. □

Eine ausführliche Literaturliste zu den angegebenen Stellen kann bei der Redaktion angefordert werden.