

# Vorschläge zur Umsetzung der EU-Richtlinie: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden E-A-V: Energieanalyse aus dem Verbrauch

Spätestens mit dem Inkrafttreten der „Europäischen Gebäuderichtlinie“ im Januar 2006 sind an breiter Front Energiepässe für Gebäude auszustellen. Doch der „nationale Spielraum“ hat es bei der Ausgestaltung des Energiepasses in sich. Derzeit wird diskutiert, für welche Gebäude und in welcher Detailtiefe Energiepässe zu erstellen sind.



Durch die gesetzlich vorgeschriebene Heizkostenabrechnung für Gebäude mit mehr als drei Wohneinheiten stehen vielfach Verbrauchskennwerte zur Erstellung eines Energiepasses zur Verfügung. Durch eine detaillierte Verbrauchsanalyse können aber auch erheblich weitergehende Aussagen getroffen werden, so dass selbst die messtechnische Auswertung für Einfamilienhäuser sinnvoll ist

Foto: PhotoCase.de

Die EU-Gebäuderichtlinie zeichnet den Energieausweis nur grob vor. Formal vorgegeben sind der Rahmen der Berechnungsmethode DIN EN 832 sowie die Berücksichtigung von Beleuchtung und Klimatisierung (bei Nutzgebäuden). Weiterhin müssen Referenz- und Vergleichswerte angegeben werden. In der Richtlinie heißt es dazu:

in Artikel 2 „Begriffsbestimmungen“ 2.:  
„Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck 'Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes' die Energiemenge, die tatsächlich verbraucht oder veranschlagt wird, um den unterschiedlichen Erfordernissen im Rahmen der Standardnutzung des Gebäudes (u. a. etwa Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung) gerecht zu werden. Die Energiemenge ist durch einen oder mehrere numerische Indikatoren darzustellen, die unter Berücksichtigung von Wärmedämmung, technischen Merkmalen und Installationskennwerten, Bauart und Lage in Bezug auf klimatische Aspekte, Sonnenerposition und Einwirkung der benachbarten Strukturen, Eigenenergieerzeugung und anderen Faktoren, einschließlich Innenraumklima, die den Energiebedarf beeinflussen, berechnet wurden.“

in Artikel 3 „Festlegung einer Berechnungsmethode“:

„...Die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ist in transparenter Weise anzugeben und kann einen Indikator für CO<sub>2</sub>-Emissionen enthalten.“

in Artikel 7 „Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz“ Abs. (2):  
„Der Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden muss Referenzwerte wie gültige Rechtsnormen und Vergleichskennwerte enthalten, um den Verbrauchern einen Vergleich und die Beurteilung der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes zu ermöglichen. Dem Energieausweis sind Empfehlungen für die kostengünstige Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz beizufügen. [...]“

In Frage kommen daher zur Klassifizierung:

- Gebäude- und Anlagentypologien
- Verbrauchsmessungen und -kennwerte
- Theoretische Bedarfsrechnungen

Die Autoren halten folgenden Weg für gangbar: Bedarfsenergiepässe werden generell für Neubauten erstellt. Hier wird der ganzheitliche Bilanzierungsansatz für Gebäude, Anlagentechnik, Nutzung und Qualität in Planung und Ausführung der

DIN 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End-, und Primärenergiebedarfs für Beheizung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung“ verfolgt.

Im Falle der Bewertung von Bestandsbauten, die zunächst nicht (im Zuge der Energiepasserstellung) modernisiert werden, schlagen die Autoren das Ausstellen eines verbrauchsorientierten Energiepasses vor. Werden bestehende Gebäude modernisiert und die Berechnungen zum Energiepass dienen auch zur Prognose von Energieeinsparungen oder sind Grundlagen für Wirtschaftlichkeitsberechnungen, sollte unbedingt ein Abgleich zwischen Verbrauchswerten vor der Modernisierung und voraussichtlichen Bedarfswerten nach der Modernisierung erfolgen. Die Aussage der vermutlichen Energieeinsparung muss sich am aktuellen Verbrauch bzw. den zugehörigen Randbedingungen orientieren und diese entsprechend berücksichtigen!

Der vorliegende Artikel zeigt Ansätze zur Ermittlung von energetischen Kenngrößen für Gebäude, Anlagentechnik, Nutzung und Qualitätssicherung aus Verbrauchsdatenmessungen bei unterschiedlichen Belastungen. Hauptaugenmerk ist die Bewertung von Wohngebäuden bzw. des (gemessenen) Heizenergieverbrauchs von

**„Die am Bau Beteiligten haben noch nicht realisiert, dass die Steigung der Leistungsgeraden über der Außentemperatur der in allen neuen Normen verwendeten bezogenen Wärmeverlustleistung H entspricht.“**

Gebäuden. Die Ansätze können sowohl Grundlage für die verbrauchsorientierten Energiepässe als auch den beschriebenen Verbrauchs-/Bedarfsabgleich sein.

Erläutert werden hier die Bewertung der Gewinne und Verluste des beheizten Bereichs eines Gebäudes sowie die Abschätzung von Verteilverlusten im unbeheizten Bereich. Eine Fortsetzung fokussiert dann die Wärmeerzeuger (Schwerpunkt: Brennwärtekessel). Dabei werden die Ergebnisse einer kürzlich abgeschlossenen, von der DBU geförderten Studie [2] vorgestellt. Diese zeigt, dass sich aus der Korrelation von Nutz- (Output) und Endenergie- (Input) Mengen der Wärmeerzeuger bei verschiedenen Belastungen ebenfalls alle wichtigen Kennwerte fossil beheizter Wärmeerzeuger aus Messungen ableiten.

**Verbrauch und Bedarf**

Mehrere von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Projekte [13], [2], [14] sowie die vertiefte Bearbeitung des Themas u.a. in der Dissertation der Mitautorin [12] zeigen die Vorteile einer verbrauchsorientierten energetischen Analyse von Wohngebäuden. Insbesondere als Datenbasis für Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Energieeinsparmaßnahmen liefern Verbrauchswerte besonders vertrauenswürdige Informationen.

Das Problem ist in der Praxis bekannt: Real gemessene Verbrauchskennwerte von bestehenden Gebäuden liegen im Vergleich zu Neubauten häufig in der gleichen Größenordnung, obwohl Bedarfsrechnungen wegen der unterschiedlichen Dämm- und Anlagenstandards sehr große Unterschiede prognostizieren. Ein älteres Reihenhaus Baujahr 1965 weist beispielsweise einen geringeren auf die Wohnfläche bezogenen Energieverbrauch für die Raumheizung auf als ein etwa gleich großes, neues Einfamilienhaus. Beispielsweise weil Teilbeheizung auftritt, weil die Bewohnerdichte geringer ist und die Nutzer mit geringeren Raumtemperaturen und Luftwechseln zufrieden sind. Bedarfsrechnungen mit Standardrandbedingungen ergeben jedoch Bedarfsunterschiede um den Faktor 2.

Würden auf Basis der Bedarfsrechnungen für das Bestandsgebäude „vor der Modernisierung“ und „nach der Modernisierung“ Energieeinsparungen berechnet, würde das Einsparpotenzial vermutlich weit überschätzt. Nur eine detaillierte Verbrauchsanalyse, möglichst mit Auswertung von monatlichen Verbrauchswerten in Korrelation zu den zugehörigen Außentemperaturen, erlaubt eine belastbare Aussage über die Gründe dieses (überraschenden) Ergebnisses. Weiterhin sind übergreifende Kenntnisse von Zusammenhängen und Wechselwirkungen erforderlich zwischen baulichen, anlagentechnischen, nutzerbedingten und die Qualität in Planung und Ausführung bestimmenden Einflüssen.

**Informationen aus Jahres- und Monatsverbrauchswerten**

Jahresverbrauchswerte aus Heizkostenabrechnungen ergeben eine erste Gesamtbewertung von Bestandsgebäuden. Sehr viel detailliertere Informationen über Gebäude, Anlagentechnik, Nutzung und Qualitätssicherung erhält man aus der Analyse von Verbrauchswerten, die sich aus Messungen der Nutzwärmeabgabe von Wärmeerzeugern in kürzeren Zeiträumen als ein Jahr – z.B. monatsweise – ergeben. Die Verbrauchswerte sind dabei in Korrelation mit der zugehörigen Belastung (Außentemperatur, mittlere Kesselbelastung) zu bringen.

Die praktischen Messergebnisse und parallele theoretische Untersuchungen zeigen, dass bisherige, rein bedarfsorientierte Ansätze mit einer starren, vom Dämmstandard abhängigen Heizgrenztemperatur wie bei der EnEV [9] und zugehöriger Normen DIN V 4108-6 [5], DIN V 4701-10 [6] für neue Gebäude oder bei dem zurzeit in der Erprobung befindlichen Energiepassverfahren [8], [7], [15] für Bestandsgebäude in eine vergleichende Diskussion mit Kennwerten aus Verbrauchsmessungen zu stellen sind.

Typische gemessene Werte der Heizgrenztemperatur liegen sowohl für neue als auch für Bestandsgebäude – praktisch unabhängig vom Dämmstandard – zwischen

10 und 19°C. Die Bedarfsberechnungen klassifizieren in der Regel starr (EnEV Normen: 10°C, Energiepassverfahren: 15°C). Sehr viel praxisnäher sind die von Loga [18] abgeleiteten Zusammenhänge der Heizgrenztemperatur. Sie hängt dabei von der auch im dena-Verfahren [8] eingeführten Größe „nutzflächen- und temperaturbezogener Wärmeverlust h“ ab.

$$h = \frac{H_T + H_V}{A_{EB}} \quad [Gl. 1]$$

h: nutzflächen- und temperaturbezogener Wärmeverlust in [W/(m² K)]

H<sub>T</sub>: bezogener Transmissionswärmeverlust in [W/K]

H<sub>V</sub>: bezogener Lüftungswärmeverlust in [W/K]

A<sub>EB</sub>: Energiebezugsfläche in [m²]

Zur Ermittlung dieser Größe für Bestandsgebäude sind jedoch kostenintensive und zeitaufwendige Aufnahmen der Gebäudegeometrie sowie Abschätzungen des Gebäudetyps nach Alter, ihrer Dämmstandards sowie Zuordnungen der Fensterqualitäten, Größe, Ausrichtung, Verschattung etc. erforderlich.

Im Gegensatz zu einem bedarfsorientierten Energiepass kann mit einer Energieanalyse aus Verbrauchsmessungen auf diese kostenintensive Erfassung der Gebäudegeometrie (Wärmeübertragende Umfassungsfläche, Volumina) und auf eine Zuordnung zu Gebäude- und Anlagenstandards (Typologie) verzichtet werden. Die oben beschriebene Größe h kann direkt aus Messungen ermittelt werden. Eine umfassende Gebäudeaufnahme mit entsprechenden Fehlerquellen wird hierdurch überflüssig.

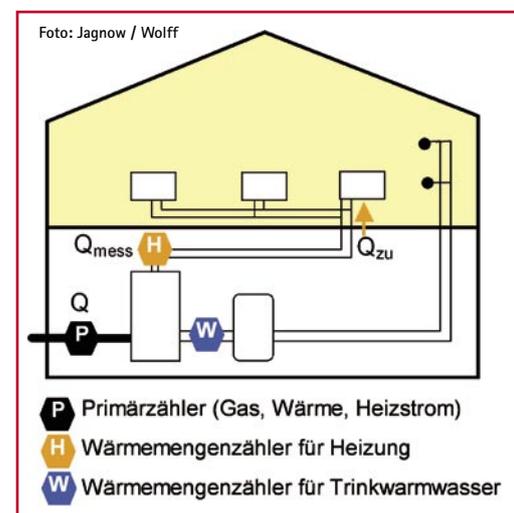


Bild 1 Anordnung der Wärmemengenzähler

## Verfahren der Energieanalyse aus dem Verbrauch

Die energetische Gesamtbilanz eines Gebäudes – unabhängig, ob bedarfs- und/oder verbrauchsorientiert – unterscheidet sich sinnvoll in:

- Gewinne und Verluste, die im unbeheizten Bereich auftreten
- Gewinne und Verluste, die im beheizten Bereich des Gebäudes auftreten
- Gewinne und Verluste, die abhängig von der Belastung nach der Außentemperatur bzw. von der jeweiligen Wärmeerzeugerbelastung sind
- Gewinne und Verluste, die unabhängig von der Belastung nach der Außentemperatur bzw. von der jeweiligen Wärmeerzeugerbelastung sind

Durch (zusätzlichen) Einbau von Wärmemengenzählern zur Erfassung der Nutzwärmeabgabe der Wärmeerzeugung für Raumheizung und wenn möglich auch für die Trinkwarmwasserbereitung (Bild 1) lassen sich weitere Informationen über das Gebäude, die Anlagentechnik, die Nutzung und die Qualität von Planung und Ausführung gewinnen.

So ergibt sich ein typisches Bild für die Auswertung monatlicher Verbrauchswerte bzw. daraus ermittelter mittlerer Wärmeleistungen für die Raumheizung in Abhängigkeit von den zugehörigen Außentemperaturen (Bild 2); die Heizverteilverluste im unbeheizten Bereich seien hier vorher berücksichtigt und von den direkt hinter einem Wärmeerzeuger gemessenen Wärmeverbrauchswerten abgezogen worden.

Die mittlere Leistung in kW ergibt sich aus der gemessenen Energiemenge (in kWh/Messzeitraum) durch die Länge des

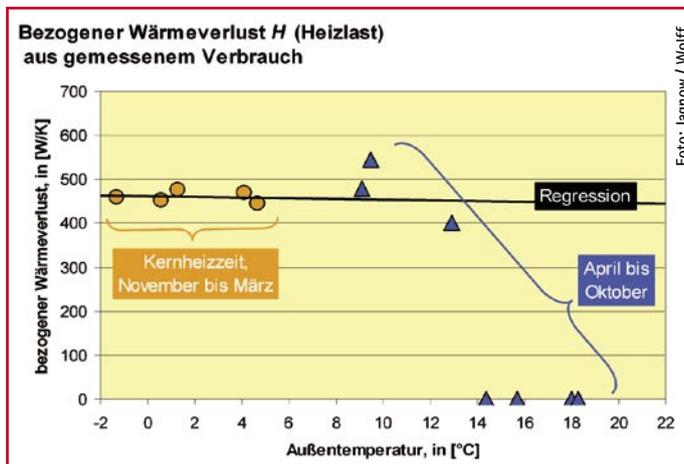


Bild 3  
Bezogener Wärmeverlust

Messzeitraums (in h/Messzeitraum). Dabei ist die exakte monatliche Datenerfassung z.B. mit einem Speicherwärmemengenzähler sinnvoll, da Wetterdaten i. d. R. für gesamte Monate ausgewertet verfügbar sind, z. B. in [20].

In das Diagramm nach dem in Bild 2 gezeigten Schema werden alle Messpunkte eingetragen. Für die Messpunkte in den Kernheizmonaten November bis März (bei denen die mittlere Außentemperatur meist unter 6 bis 8 °C liegt) streuen die Datenpunkte meist nur wenig um eine Regressionsgerade. Die anderen Messpunkte der Monate April bis Oktober sind zunächst als zusätzliche Messpunkte zu verstehen, die nicht unbedingt für die „Erstellung eines verbrauchsorientierten Energiepasses“ benötigt werden.

## Praktische Ermittlung der bezogenen Wärmeverluste H

Vorab die wichtigste Erkenntnis: Die theoretischen Werte für den bezogenen Wärmeverlust  $H$  aus Transmission  $H_T$  und Lüftung  $H_V$  lassen sich praktisch aus vergleichsweise einfachen Messungen ermitteln. Fast seit einem Jahrhundert werden in ähnlicher Form der Endenergiebedarf bzw. bei Fernwärme der Nutzenergiebedarf in Abhängigkeit der Außentemperatur ausgewertet. Hieraus werden dann Rück-

schlüsse auf die notwendige Anschlussleistung bei der minimalen Auslegungsaußentemperatur und auf eine praktische Heizgrenztemperatur gezogen.

Nach Ansicht der Autoren ist jedoch weder in Kreisen der Bautechnik noch der Heizungs- und Versorgungstechnik bekannt oder bewusst realisiert, dass die Steigung der Leistungsgeraden aufgetragen über der Außentemperatur nach Bild 2 der wichtigen und in allen neuen Normen verwendeten bezogenen Wärmeverlustleistung  $H$  (in W/K) entspricht. Diese aus Messdaten ermittelte Größe  $H$  ist exakt vergleichbar mit der im dena-Verfahren zur Erstellung von Energiepässen [8] verwendeten Größe  $H$ .

Bild 3, eine andere Darstellung der Verbrauchsdaten, zeigt, dass diese in den Kernheizmonaten weitgehend konstant ist. Für diese Auftragung wurden die mittleren Leistungen nach Bild 2 zusätzlich durch die Temperaturdifferenz „Heizgrenztemperatur – Außentemperatur“ geteilt.

## Interpretation und Erläuterungen zum Messdatenverlauf

Auf den ersten Blick könnte man bei der Betrachtung der Verbrauchsdatenauswertung nach Bild 2 (Leistung über Außentemperatur) der Frage erliegen: Warum geht die Regressionsgerade nicht durch die Raumtemperatur von z. B. 20 °C? Da die Verluste eines Gebäudes durch Transmission und Lüftung proportional der Innen-/Außentemperaturdifferenz sind, müsste theoretisch bis zur Raumtemperatur geheizt werden (Bild 4a).

Dies wäre aber nur richtig bei einem nicht bewohnten, fast dichten Gebäude mit dauernd geschlossenen Fensterläden, ohne jegliche innere Wärmequellen und bei Vernachlässigung solarer Wärmegegewinne über die nicht transparenten Außenwände. Es würde der Zusammenhang gelten:

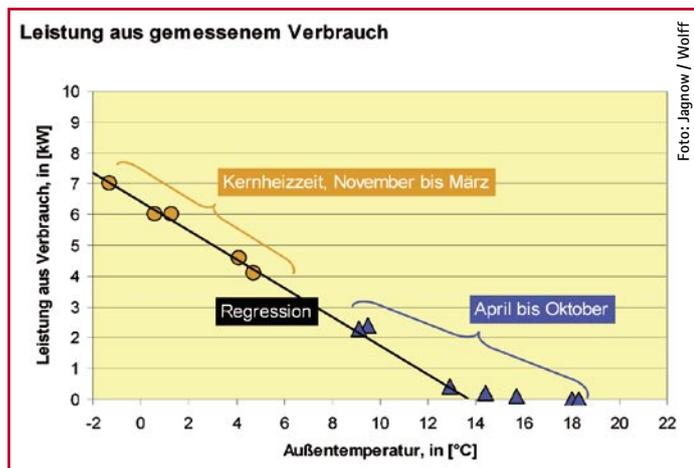


Bild 2  
Auftragung der Messwerte mit Regressionsgerade

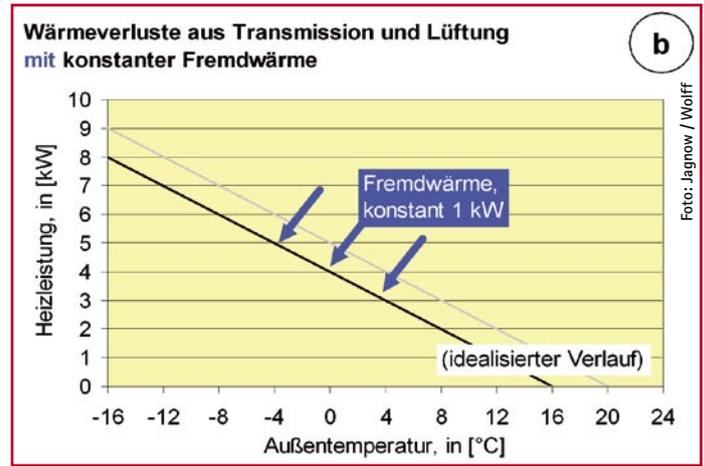
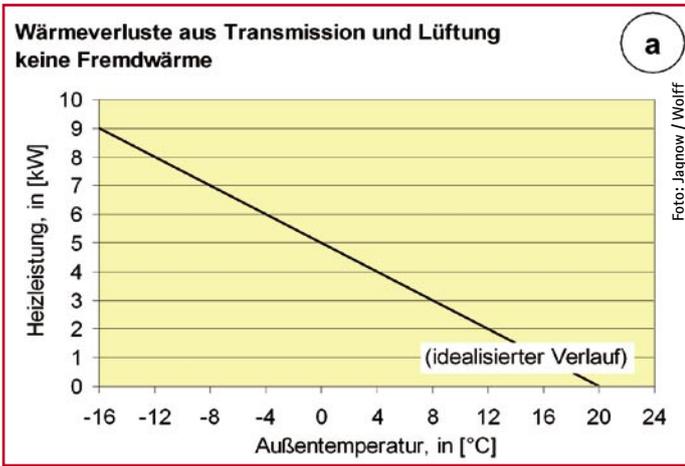


Bild 4 Verlauf der Heizleistung (a) idealisierte Verluste aus Transmission und Lüftung ohne Fremdwärme (b) idealisierte Verluste aus Transmission und Lüftung mit konstanter Fremdwärme

$$Q_{T+V} = (U_m \cdot A + n \cdot V \cdot 0,34 \frac{Wh}{m^3 K}) \cdot (t_i - t_a) \cdot z \quad [Gl. 2]$$

$Q_{T+V}$ : Transmissions- und Lüftungswärmeverluste in [kWh/a]

$U_m$ : mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient der Hüllfläche in [W/(m<sup>2</sup> K)]

$A$ : Begrenzungsflächen des beheizten Bereichs (Hüllfläche) in [m<sup>2</sup>]

$n$ : Luftwechsel durch Infiltration in [h<sup>-1</sup>]

$V$ : beheiztes Volumen in [m<sup>3</sup>]

$t_i$ : Innentemperatur in [°C]

$t_a$ : Außentemperatur in [°C]

$z$ : Heizzeit in [h/a]

Bei realer Wohnnutzung eines Gebäudes treten jedoch Fremdwärmegewinne und zusätzliche Lüftungswärmeverluste auf:

- innere Wärmegewinne durch Personen und elektrische Geräte sowie durch die Wärmeabgabe von wärmeführenden Leitungen (z.B. unregelmäßige Wärmeabgabe von Trinkwarmwasserleitungen)
- äußere Wärmegewinne durch solare Einstrahlung über die transparenten Fensterflächen

In der Kernheizzeit November bis Februar/März sind diese Wärmegewinnleistungen

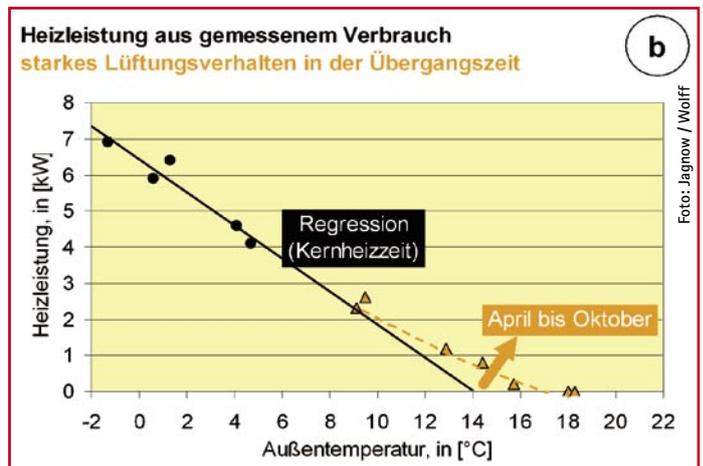
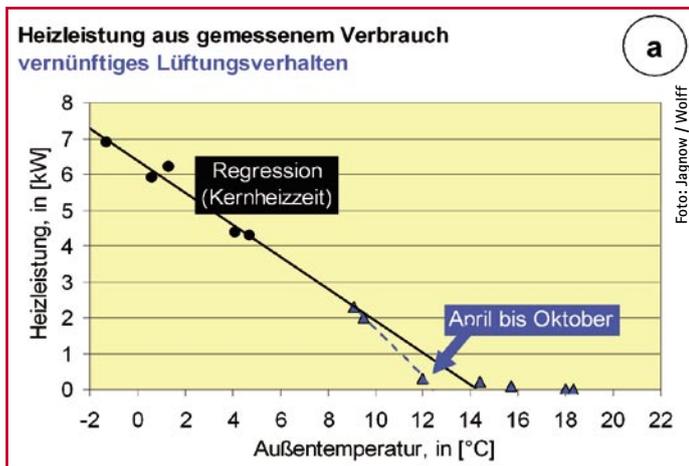


Bild 5 Verlauf der Heizleistung (a) mit vernünftigen Lüftungsverhalten in der Übergangszeit (b) bei zu starkem Lüften in der Übergangszeit

näherungsweise konstant und führen damit zu einer Parallelverschiebung der Heizleistungskurve in Abhängigkeit von der Außentemperatur (Bild 4b). Die Steigung, die den mittleren bezogenen Wärmeverlusten (der bezogenen Heizlast) entspricht, ändert sich also nicht. Die Steigung stimmt mit dem bezogenen Wärmeverlust (bzw. synonym verwendbar: der bezogenen Heizlast oder der bezogenen Heizleistung) überein:

$$H = H_T + H_V = U_m \cdot A + n \cdot V \cdot 0,34 \frac{Wh}{m^3 K} \quad [Gl. 3]$$

H: bezogener Wärmeverlust in [W/K]

$H_T$ : bezogener Transmissionswärmeverlust in [W/K]

$H_V$ : bezogener Lüftungswärmeverlust in [W/K]

Je schlechter die Dämmqualität oder die U-Werte der Fenster und je höher der mittlere Luftwechsel  $n$ , desto höher die Steilheit der Geraden. Wichtig für weitergehende Überlegungen ist die Tatsache, dass die Steigung der Regressionsgeraden von einer mittleren Raumtemperatur unabhängig ist. Lediglich der von der Nutzung und gegebenenfalls von einer Lüftungsanlage (mit/ohne Wärmerückgewinnung) abhängige mittlere Luftwechsel beeinflusst die Steigung der Geraden (muss bei Wohnungsleerstand beachtet werden).

Wird die Größe H (in W/K) zusätzlich auf die beheizte Wohnfläche bzw. die Energiebezugsfläche AEB bezogen, ergibt sich hieraus ein Kennwert, der sowohl die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste als auch den Kompaktheitsgrad des Gebäudes bewerten (vgl. oben beschriebenes Verfahren von Loga [18]).

Für den Schnittpunkt der Regressionsgerade mit der Außentemperatur-Achse

(X-Achse) ergibt sich eine theoretische Heizgrenztemperatur, bei der die Gewinne gleich den Verlusten sind und folglich die Heizleistung null wird. Diese Heizgrenztemperatur ist wesentlich abhängig von den inneren und solaren Fremdwärmegeinnen und von der mittleren Gebäudetemperatur, somit auch von der Nutzung (wiederum: Thema bei Wohnungsleerstand).

In der Übergangszeit sind die Verbrauchswerte sehr viel stärker dem Einfluss des Nutzerverhaltens unterworfen. Sie liegen i. d. R. nicht mehr so eindeutig auf der „Kernheizzeit-Regressionsgeraden“, sondern streuen mehr – siehe auch Bild 2. Es gibt zwei Tendenzen:

- In den Übergangszeiten Frühjahr und Herbst entsteht durch die höheren Solareinstrahlungen eine erhöhte mittlere Fremdwärmeleistung, die theoretisch sogar zu einer niedrigeren Heizgrenztemperatur führen müsste. Die Verbrauchswerte liegen tendenziell unter der „Kernheizzeit-Regression“ (Bild 5a).
- Da in den Übergangszeiten aus den verschiedensten Gründen aber häufig viel stärker gelüftet wird, kann jedoch auch der gegenteilige Effekt auftreten, die Heizgrenztemperatur verschiebt sich zu höheren Werten. Die Verbrauchswerte liegen tendenziell über der „Kernheizzeit-Regression“ (Bild 5b).

Anmerkung zum Thema Lüftung: Auch wenn die Verbrauchswerte in den Übergangs- und Sommermonaten etwa auf der Regressionsgeraden der Kernheizzeit liegen, bedeutet dies nicht, dass in diesem Zeitraum der gleiche geringe Luftwechsel wie im Kernwinter vorliegt. Da in den Übergangs- und Sommermonaten eine deutlich höhere Fremdwärmeleistung auftritt, kann bei gleicher Heizleistung (Rest-

wärmeabgabe der Heizflächen) auch mehr gelüftet werden. Ein vernünftiges Lüftungsverhalten zur Abfuhr der Feuchte usw. wird also auch erreicht, wenn die Verbrauchswerte auf oder unterhalb der Kernheizzeit-Regression liegen (ausführliche Ableitung siehe [12]).

## Literatur

- [1] Bafa, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Förderung z. B. von Vor-Ort-Energieberatungen für Gebäude. www.bafa.de
- [2] Von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt DBU gefördertes Projekt zur Untersuchung des Betriebsverhaltens von Brennwertkesseln im Feld, durchgeführt von der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel: Brennwertkessel im Feld. Abschlussbericht im Internet unter <http://enev.tww.de>
- [3] Christian Sperber: Der Verbrauchskennwertbasierte Energieausweis auf Grundlage der Heizkostenverordnung. Vortragsmanuskript/ Folien für die GdW-Konferenz am 13. Juli 2004
- [4] DIN 4710 Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumluftechnischen Anlagen in Deutschland. Berlin: Beuth, Januar 2003
- [5] DIN V 4108-6 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 6 (Vornorm): Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfes. Berlin: Beuth, Juli 2003 und Berichtigung 1 März 2004
- [6] DIN V 4701-10 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10 (Vornorm): Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung. Berlin: Beuth, August 2003
- [7] DIN V 4701-12 Blatt 1 Energetische Bewertung im Bestand – Teil 12 (Vornorm): Heizung, Trinkwarmwasserbereitung, Lüftung – Blatt 1: Wärmeezeuger und Trinkwarmwassererwärmung. Berlin: Beuth; Februar 2004
- [8] Deutsche Energieagentur: Energetische Bewertung von Bestandsgebäuden. Arbeitshilfe für die Ausstellung von Energiepässen. Berlin: 2004
- [9] EnEV Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV). Berlin: 2001 und 2004
- [10] GdW Bundesverband deutscher Wohnungsunternehmen: GdW-Konferenz „Energieausweise“. Berlin: 13. Juli 2004

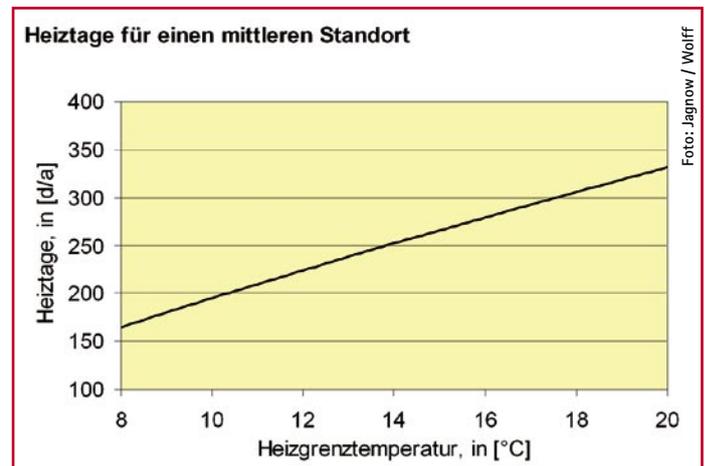
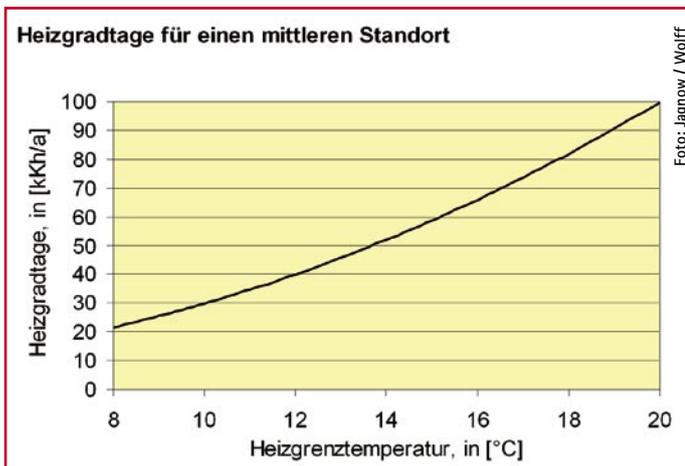


Bild 6 Typische Heizgradtage und Heiztage

## Einfache Gesamtwärme- und Gesamtenergiebilanz

Die aus Messwerten der Kernheizzeit extrapolierete Heizgrenztemperatur kann also als für das Gebäude und für die Nutzung typischer Kennwert herangezogen werden

- [11] Kati Jagnow, Stefan Horschler und Dieter Wolff: Die neue Energieeinsparverordnung 2002. Fachbuch zur Energieeinsparverordnung und alternativen Bilanzverfahren. Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst, 2002
- [12] Kati Jagnow: Verfahren zur energetischen und wirtschaftlichen Bewertung von Qualitätssicherungsmaßnahmen in der Heizungsanlagentechnik. Dortmund: Fakultät Bauwesen der Universität, Dissertation, 2004
- [13] Kronsberg: von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt DBU gefördertes Projekt zur Entwicklung und Durchführung von Qualifizierungsmaßnahmen im Bereich des ökologischen Bauens am Beispiel des Stadtteils Hannover Kronsberg
- [14] Optimus: von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt DBU gefördertes Projekt zur Optimierung von Heizungsanlagen zusammen mit dem ausführenden Handwerk, Berufsbildenden Schulen, Berufsschullehrerausbildung und Wissenschaftlicher Begleitung. Beteiligt u. a. Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel. www.optimus-online.de
- [15] PAS 1027 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand. Ergänzung zur DIN 4701-12 Blatt 1, 2004
- [16] Peter Deutscher und Lothar Rouvel: Energetische Bewertung haustechnischer Anlagen; 2 Teile. Düsseldorf: VDI, HLH 7- und 8-2003
- [17] Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Gebäuderichtlinie); 16. Dezember 2002
- [18] Tobias Loga: Heizgrenztemperaturen für Gebäude unterschiedlicher energetischer Standards. Bauphysik 25-2003 sowie Darmstadt: IWU, Energiebilanztoolbox 2001
- [19] VDI 3807-1, -2 und -3 Energieverbrauchskennwerte für Gebäude – Blatt 1: Grundlagen. Blatt 2: Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte, Blatt 3: Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude und Grundstücke. Hg. VDI Gesellschaft TGA. Berlin: Beuth, 1994, 1998, 2000
- [20] IWU: Wetterdatenzusammenstellung auf <http://iwu-darmstadt.bei.t-online.de/datei/>

(ggf. auf einen standardisierten Wert 10, 12, 15 oder 17 °C gerundet).

Aus dieser Heizgrenztemperatur ergeben sich dann aus statistischen Wetterdaten [4], [20] die für den Standort und das Gebäude typische Standardheizperiodendauer und die zugehörige mittlere Außentemperatur in dieser Heizperiode. Dem Gebäude können aus Messwerten abgeleitete mittlere Heizgradtage  $G$  in der Heizzeit zugeordnet werden (Bild 6).

Der normierte Heizwärmeverbrauch im beheizten Bereich des Gebäudes (der etwa vergleichbar mit dem Heizwärmebedarf ist), kann somit aus den Messwerten abgeleitet werden:

$$Q_h = H \cdot G \quad [\text{Gl. 4}]$$

$Q_h$ : normierter Heizwärmeverbrauch in [kWh/a]

$H$ : aus Messdaten abgeleiteter bezogener Wärmeverlust (Steigung der Regressionsgeraden aus Monatsmessungen) in [W/K]

$G$ : normierte Heizgradtage mit einer aus Messdaten abgeleiteten Heizgrenztemperatur (standardisiert nach [18], [8]) in [kKWh/a]

Der Heizenergieverbrauch des Gebäudes als Summe der Wärmezufuhr in den beheizten Bereich und der technischen Verluste im unbeheizten Bereich lässt sich ebenso auf eine einfache Beziehung zurückführen.

$$\begin{aligned} Q &= H \cdot G + Q_t \\ &= H \cdot G + (Q_d + Q_s + Q_g) \end{aligned}$$

$Q_t$ : anlagentechnische Verluste außerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche bzw. des beheizten Bereichs (Verteil-, Speicher- und Wärmeerzeugerverluste) in [kWh/a]

$Q_d$ : mit Hilfe von Messwerten standardisierte Verteilverluste, in [kWh/a]

$Q_s$ : mit Hilfe von Messwerten standardisierte Speicherverluste, in [kWh/a]

$Q_g$ : mit Hilfe von Messwerten standardisierte Erzeugerverluste, in [kWh/a]

Die Ableitung normierter Erzeugerverluste soll hier nicht weiter besprochen werden. Hier wird auf die folgende Veröffentlichung im TGA Fachplaner zur Thematik: „Kennwerte von Wärmeerzeugern“ sowie die Literatur [11], [16] verwiesen. Hier können beispielsweise abgeleitete Kennwerte aus einer Schornsteinfegermessung/Wartungsmessung der Abgaswerte eines Wärmeerzeugers einfließen.

## Verteilverluste im unbeheizten Bereich

Zur Ermittlung von standardisierten, aus Verbrauchswerten abgeleiteten Verteilverlusten kann der folgende Zusammenhang verwendet werden.

$$Q_d = L_{\text{Rohr}} \cdot U_{\text{Rohr}} \cdot (t_{i,\text{Rohr}} - t_{\text{unbeheizter Raum}}) \cdot z \quad [\text{Gl. 5}]$$

$Q_d$ : standardisierte Verteilverluste in [kWh/a]

$L_{\text{Rohr}}$ : Heizleitungslängen im unbeheizten Bereich des Gebäudes in [m]

$U_{\text{Rohr}}$ : mittlerer längenbezogener Wärmeverlust der Leitungen, beispielsweise nach Bild 7a (Erläuterung siehe Text unten) in [W/(mK)]

$t_{i,\text{Rohr}}$ : mittlere Temperatur in den Rohren, näherungsweise mit Hilfe von Bild 7b bestimmt in [°C]

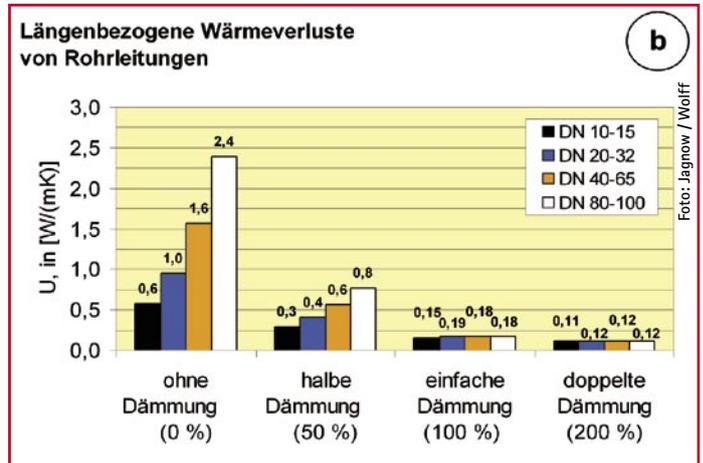
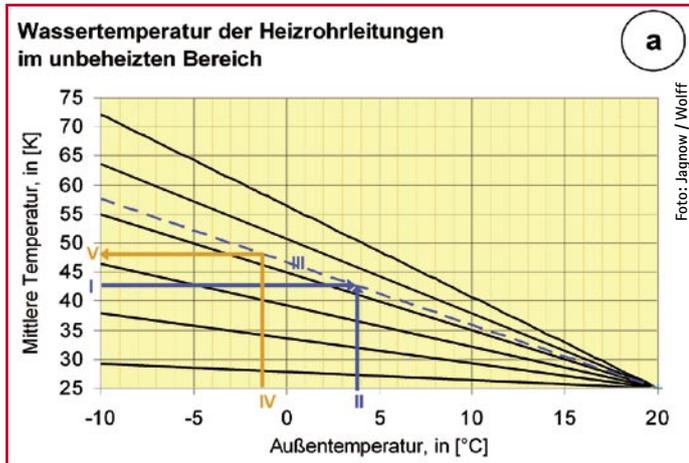


Bild 7 Abschätzung von Verteilverlusten (a) Heizwassertemperatur

(b) Längenbezogener Wärmeverlust der Leitungen

$t_{\text{unbeheizter Raum}}$ : Temperatur im unbeheizten Raum, beispielsweise aus Messung abgeschätzt in [°C]

z: Standardlänge der Heizperiode mit der aus Messdaten abgeleiteten Heizgrenztemperatur (standardisiert nach [18], [8]) in [h/a]

raturverlauf (III) konstruiert. Vereinfacht liegen alle Heiznetztemperaturen über den Verlauf des Jahres auf dieser Linie (III). Nun kann beispielsweise mit der normierten mittleren Außentemperatur aus den statistischen Wetterdaten (IV) auch die mittlere Heizwassertemperatur (V) bestimmt werden.

Die standardisierten Verteilverluste im unbeheizten Bereich müssen mit Hilfe von Kennwerten, aber auch unter Verwendung von realen Anlagengrößen abgeschätzt werden. Eine Messung ist hier praktisch nicht möglich. Die Leitungslängen im unbeheizten Bereich müssen bei einer Gebäudebegehung aufgenommen werden. Dabei wird auch der typische Dämmstandard für die Leitungen erfasst. Bild 7b kann zur Ermittlung des mittleren längenbezogenen Wärmeverlusts für die Rohre verwendet werden.

Mit der typischen gemessenen Kellertemperatur und der normierten Heizperiodenlänge, die sich ebenfalls aus den statistischen Wetterdaten ergibt, kann der Mittelwert für die Verteilverluste im unbeheizten Bereich bestimmt werden. Die beschriebene Vorgehensweise kann auch für die Abschätzung monatsweiser Verteilverluste verwendet werden. Dann wird aus Bild 7a die mittlere Heizwassertemperatur anhand der mittleren Monatstemperatur abgelesen und in die Gleichung zur Bestimmung der Verteilverluste wird die Zeitdauer eines Monats eingesetzt.

einen lastunabhängigen Anteil aufgeteilt – dieses wird im folgenden Aufsatz zum Thema „Wärmeerzeuger“ noch vertieft. Einzeleinflüsse des Gebäudes, der Anlagentechnik, der Nutzung und der Qualitätssicherung lassen sich dabei in einer Feinanalyse ebenfalls weitgehend diesen Anteilen zuordnen.

Bei der Gebäudebegehung (möglichst in der Kernheizzeit) werden vier Temperaturen durch Messung erfasst: die Vorlauftemperatur der Heizleitungen, die mittlere Rücklauftemperatur der Heizleitungen, die Außentemperatur und die typische Kellertemperatur. Der Einsatz einer witterungsgeführten Vorlauftemperaturregelung wird hierbei vorausgesetzt.

## Kompatibilität der Verfahren

Mit Bild 7a wird aus dem Mittelwert der Vor- und Rücklauftemperatur des Heiznetzes (I) und der gemessenen Außentemperatur (II) der typische Heizwassertempe-

Dieser Vorschlag zur Energiebilanz aus Verbrauchsmessungen ist voll kompatibel mit den bisher bekannten Bilanzansätzen und hat den Vorteil, dass alle bestimmenden Größen durch Verbrauchsmessungen bei verschiedenen Außentemperaturen, z.B. in den Monaten der Kernheizzeit ermittelt werden können. Gleichzeitig wird der Heizenergiebedarf bzw. -verbrauch in einen lastabhängigen (nur von der Außentemperatur abhängigen) und

Gebäude und Nutzungsstandards und zukünftig auch Qualitätssicherungsstandards der Planung und Ausführung von Gebäude- bzw. Anlagentechnik lassen sich ebenfalls mit diesen Größen festlegen. Hierzu sollte der bezogene Wärmeverlust  $H$  und bei Bedarfsrechnungen ggf. nur der bezogene Transmissionswärmeverlust  $H_T$  zusätzlich auf eine sinnvoll gewählte Fläche, z.B. bei Wohngebäuden auf die beheizte Wohnfläche bezogen werden, wie dies auch in Vorschlägen des IWU zur Energiepass-Diskussion [18] aufgenommen wurde.

Bild 8 zeigt zusammenfassend die Schritte, die zu einem aus Verbrauchswerten abgeleiteten Kennwert für den Jahresheizenergiebedarf führen. Aus den monatlichen Messwerten eines Wärmemengenzählers  $Q_{\text{mess}}$  in der Kernheizzeit wird die Energiemenge  $Q_{\text{zu}}$  bestimmt, die in den beheizten Bereich des Gebäudes geliefert wird. Die Differenz zwischen beiden sind die abgeschätzten Verteilverluste des unbeheizten Bereichs.

Zusammen mit den monatlichen Außentemperaturdaten wird das Diagramm „Leistung über Außentemperatur“ erstellt, der Wert für  $H$  sowie die Heizgrenztemperatur abgelesen. Für diese Heizgrenztemperatur werden alle Standardwetterdaten aus der Statistik entnommen (Heizzeit, mittlere Außentemperatur, Heizgradtage). Die standardisierten Energiekennwerte (Heizwärmeverbrauch  $Q_h$ , Verteil- und Wärmeerzeugerverluste) und der standardisierte Energieverbrauch  $Q$  werden bestimmt.

**„Künftig sollte nicht nur die unabhängige Energieberatung nach einem bedarfsorientierten Verfahren, sondern auch die Investition in Messeinrichtungen für eine Verbrauchsanalyse gefördert werden.“**

Zähler installieren
Monatliche Messwerte $Q_{\text{mess}}$ erfassen (Kernheizzeit)
Technische Verluste im unbeheizten Bereich abschätzen
Monatliche Werte für $Q_{\text{zu}}$ bestimmen
Monatliche Außentemperatur ermitteln
Diagramm „Leistung-Außentemperatur“ erstellen
Heizgrenztemperatur, Steigung der Regressions- geraden H (spezifischer Wärmeverlust) ablesen
Standardwert für die Heizgradtage ermitteln
Standardwerte für technische Verluste bestimmen
Standardenergieverbrauch Q berechnen

Foto: Jagnow / Wolff

Bild 8 Schema der Verbrauchsdatenauswertung

## Fazit: Randbedingungen von Nachweisverfahren neu definieren

In der derzeitigen Diskussion zum Energiepass wird der rein bedarfsorientierte Energiepass von vielen Seiten favorisiert [8], [7]. Verbraucherverbände und Wohnungswirtschaft weisen jedoch zu Recht darauf hin, dass mit der gesetzlich vorgeschriebenen Heizkostenabrechnung für Gebäude mit mehr als drei Wohneinheiten die Verbrauchskennwerte für ein Gebäude vorliegen und damit für einen Energieausweis in einfachster Weise herangezogen werden könnten. Dies gilt sicherlich für alle Bestandsgebäude, die in absehbarer Zeit nicht für eine Sanierung oder für eine Modernisierung vorgesehen sind. Es ist lediglich eine Witterungskorrektur, z. B. gemäß VDI 3807 [19] unter Berücksichtigung der Anteile für die Trinkwarmwasserbereitung durchzuführen. Die Erstellung eines Energiepasses könnte für diese Fälle als Dienstleistung von Heizkostenabrechnungsfirmen angeboten werden.

Mit heute verfügbaren Wärmemengenzählern, welche die Datenspeicherung von Monatsverbrauchswerten ohne Zusatzaufwand ermöglichen, lassen sich jedoch die oben beschriebenen, weiteren Informationen zum Gebäude und zur Anlagentechnik sowie zur Nutzung für eine bevorstehende Sanierung bzw. Modernisierung gewinnen.

Es erscheint den Verfassern deshalb durchaus angemessen, die Installation von zusätzlichen Messeinrichtungen (Ölmengenmesser, Wärmemengenzähler), finanziert durch Zuschüsse, als sinnvolle Maßnahme zur Erstellung eines Energiepasses für Gebäude mit hohen Verbrauchswerten und/oder mit kurz-, mittel- oder langfristig vorgesehener Modernisierung der Fassade, der Fenster und der Anlagentechnik zu fordern.

Hieraus wird der Wunsch an die Fördermittelstellen, z. B. BAFA [1] abgeleitet, zukünftig nicht nur die unabhängige Energieberatung nach einem bedarfs-

orientierten Verfahren, sondern auch die Investition in Messeinrichtungen für eine detaillierte Verbrauchsanalyse finanziell zu fördern. Dies gilt v. a. für Ein- und Zweifamilienhäuser, für die keine Heizkostenerfassung vorgeschrieben ist.

Durch diese Maßnahmen könnte gleichzeitig das Bewusstsein der Bevölkerung für den Kosten- und Umweltanteil ihrer Heizung wesentlich steigen. Gleichzeitig erhält man realistische Energiekennwerte ohne die Gefahr, dass auf Basis reiner Bedarfsrechnungen mit teilweise unrealistisch festgelegten (verhandelten) und von Brancheninteressen geprägten Randbedingungen falsche Hoffnungen auf nicht erreichbare Einsparungen bei einer Modernisierung entstehen.

Hierbei interessant sind die unabhängig voneinander veröffentlichten Aussagen zweier Referenten auf einem kürzlich von der GdW veranstalteten Workshop [10], dass bei Bedarfsrechnungen für den EnEV-Nachweis, also für Neubauten, die errechneten Werte meist niedriger liegen als die sich später in der Realität einstellenden Verbrauchswerte [11], dass sich jedoch nach den ersten dena-Bedarfsrechnungen für den Gebäudebestand die Tendenz genau umgekehrt ergibt [3]: Die Verbrauchswerte liegen häufig unter den Bedarfswerten; und dies nicht begründet durch Wohnungsleerstände, sondern durch unrealistische Randbedingungen für die Bedarfsrechnungen.

Hoffentlich wird man nicht erst dann auf dieses Ergebnis aufmerksam, wenn sich aus den reinen Bedarfsrechnungen für eine Modernisierung Einsparungen ergeben, die höher als der vorher gemessene Verbrauch sind. ←

Dipl.-Ing. (FH)  
Kati Jagnow  
ist selbständige  
Ingenieurin der TGA,  
Wernigerode



Prof. Dr.-Ing.  
Dieter Wolff ist Professor  
für Heizungs- und Regelungstechnik im Fachbereich Versorgungstechnik der FH Braunschweig/Wolfenbüttel,  
Telefax  
(0 53 31) 9 39 44 02

