

# Drei Säulen für die Optimierung des Gebäude- und Anlagenbestands – Energieeinsparung, Steigerung der Systemeffizienz und Einsatz regenerativer Energien

## Einführung

Wird die politisch, volks- und betriebswirtschaftlich sinnvolle Zielsetzung: „Maximale mögliche Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Minderung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten durch umfassende Modernisierung im Gebäude- und Anlagenbestand“ akzeptiert, könnten viele Diskussionen über nur teilweise Instandsetzungen (z. B. alleiniger Fensteraustausch) oder einzelne Modernisierungsmaßnahmen (nur Wärmepumpe anstelle des Altkessels) künftig entfallen.

Der weltweite Zielwert des IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) von 1 t CO<sub>2</sub> pro Einwohner bis zum Jahre 2050 kann nur eingehalten werden, wenn im Rahmen von Instandsetzungsmodernisierungen die bestmögliche Qualität für die Gebäude- und Anlagentechnik eingesetzt wird. Zusätzlich muss das Wachstum neuer Wohnflächen kontrolliert werden sowie die Verdichtung im Gebäudebestand mit energieeffizienten Modernisierungen oder Ersatzneubauten beschleunigt werden.

Für eine wirtschaftliche Instandsetzung und Modernisierung bietet sich primär der Gebäudebestand mit Baujahr vor der 1. Wärmeschutzverordnung (WschV) 1977 an. Zu unterscheiden sind Modernisierungskonzepte für Nichtwohngebäude (z. B. Schulen, Bürogebäude,

Krankenhäuser), für selbst genutzte Ein- und Zweifamilienhäuser oder für vermietete Mehrfamilienhäuser.

Für Nachkriegs-Mehrfamilienhäuser ergibt sich ein typischer Instandsetzungsbedarf ohne energetische Maßnahmen von  $50\text{€}/\text{m}^2 + 2,50\text{€}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot (2000 - \text{Baujahr})$  – Formel abgeleitet aus: (FAZ v. 6.7.2007-Immobilien) – also beispielsweise von  $150\text{€}/\text{m}^2$  für die dringlichsten Instandsetzungsaufgaben ohne zusätzliche energetische Maßnahmen bei einem Gebäude aus dem Jahre 1960.

Wird bei der Instandsetzung sowieso etwas „angefasst“, greifen die Nachrüstverpflichtungen der neuen Energieeinsparverordnung (EnEV). Dann sollte eine energetische Modernisierung bestmöglich realisiert werden und weit über den derzeit geforderten Standard der EnEV hinausgehen. Die angekündigten Novellierungen der EnEV 2009 und 2012 mit jeweils 30-prozentiger Anhebung der Mindestanforderungen sind in dieser Hinsicht sehr zu begrüßen und sollten auf die Bestandsmodernisierung ausgedehnt werden. Das Wirtschaftlichkeitsgebot der EnEV kann hierbei sicherlich eingehalten werden. Dies gilt unter Berücksichtigung jährlicher Energiepreiserhöhungsraten von durchschnittlich 7 Prozent (mittlerer Wert der letzten 40 Jahre) für sinnvoll gewählte Kombinationsmaßnahmen in die

Gebäude- und Anlagentechnik und bei langfristiger Betrachtung (15 bis 30 Jahre).

Zusatzkosten zu den Kosten für die „Sowieso-Instandsetzung“ auf den derzeitigen, nicht sehr anspruchsvollen EnEV-Neubaustandard liegen heute typisch bei 250 bis 400€/m<sup>2</sup>. Schulze-Darup /1/ zeigt, dass ein wirtschaftlich und technisch realisierbarer bestmöglicher Standard (30 bis 50 Prozent unter den EnEV-Neubau-Anforderungen oder sogar annähernd auf Passivhausniveau) weitere Zusatzkosten von typisch 120 bis 150€/m<sup>2</sup> erfordert. Wichtigste Voraussetzung für die Umsetzung einer derart umfassenden Modernisierung ist eine langfristig weitere Nutzung.

Bei einer über das übliche Maß hinausgehenden energetischen Modernisierung müssen sich alle Beteiligten tatsächlich mit diesem Ziel identifizieren. Die derzeit größten Schwierigkeiten und Hindernisse liegen nach Ansicht des Autors darin, Architekten, Anlagentechnik-Fachplaner, Energieberater, Energieversorgungsunternehmen /2/, die Komponentenhersteller sowie das ausführende Handwerk und die künftigen Qualitätssicherer zu einem verantwortlichen Netzwerk zusammenzubinden, das die prognostizierten Einsparkilowattstunden – nicht die eingesparten Energiekosten – tatsächlich garantiert. Bei dem Prinzip des Energieeinspar- oder Performance-Contracting mit Vertragslaufzeiten von 5 bis 20 Jahren für größere Liegenschaften im Nichtwohnbau wird dies bereits seit längerer Zeit erfolgreich praktiziert. Hindernisse für dieses Vorgehen liegen in der typisch deutschen Neigung zu komplizierter Bürokratie in der Steuer-, Miet- und Eigentums-

gesetzgebung und den damit verbundenen Verordnungen; auch die Fördergesetzgebung und ihre Programme sind nicht immer hilfreich.

Mit dem Kompensationsprinzip der EnEV ist ein gegenseitiges Verrechnen bau- und anlagentechnischer Maßnahmen in einer primärenergetischen Bilanzierung möglich. Dies ist aber aufgrund der drastisch gestiegenen Energiepreise und der allseits anerkannten Notwendigkeit der Reduzierung von klimaschädigenden Gasen überflüssig /3/. Wirtschaftlich und technisch bestmögliche Standards nach dem z. B. in Japan bewährten Top-Runner-Prinzip erfüllen aus Sicht des Autors die künftigen Anforderungen besser. Dies sollte auch bei der Formulierung von Förderprogrammen, wie den KfW-Programmen, berücksichtigt werden. Als vorbildlich sind z. B. die regionalen Förderprogramme des Pro-Klima-Fonds der Stadtwerke Hannover zu nennen ([www.proklima-hannover.de](http://www.proklima-hannover.de)).

Kein Planer oder Architekt sollte noch auf die Idee kommen, eine Gebäudehülle nur nach den Mindestanforderungen zu dämmen oder die Primärenergieanforderung der Energieeinsparverordnung – gerade noch an der zulässigen Grenze der EnEV „kalibriert“ – allein durch den Einbau eines Pelletkessels oder einer Solaranlage zu erfüllen. So wird Holz mit einem Primärenergiefaktor von 0,2 gegenüber Erdgas oder Heizöl mit 1,1 mehr als fünfmal besser bewertet, ohne zu berücksichtigen, dass Biomasse natürlich nicht beliebig fossile Brennstoffe ersetzen kann. Hier sollte zukünftig ein auf max. Endenergiebedarf begrenztes Biomassebudget greifen, das



\*) Referat anlässlich des 30. Intern. Uponor Kongresses 2008 (30.03.-05.04.2008) St. Christoph/Tirol  
Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff lehrt am Fachbereich Versorgungstechnik an der FH Braunschweig/Wolfenbüttel zu Heizungstechnik und Wirtschaftlichkeit Energietechnischer Anlagen. Prof. Wolff ist Mitglied im Vorstand des Instituts für Heizungs- und Klimatechnik, Gründer und Mitglied im Vorstand des TWW, Mitarbeiter in verschiedenen VDI-Richtlinien und DIN-Ausschüssen, vor allem DIN V 4701-10 „Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen“.

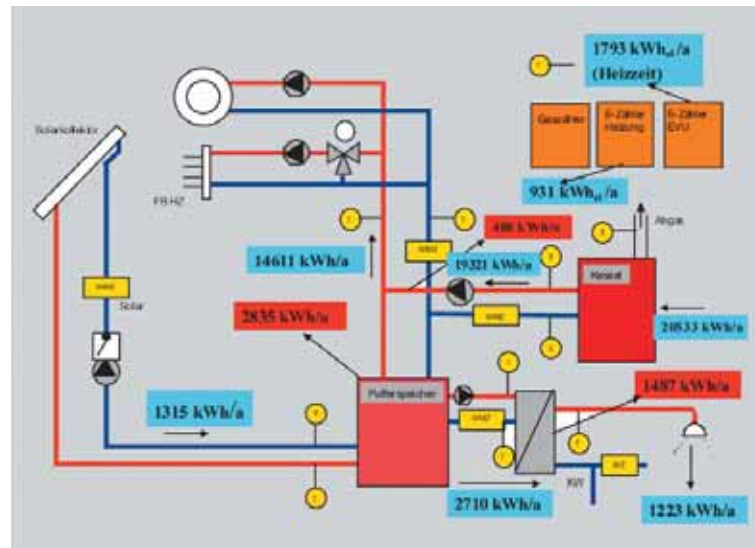
eine primärenergetische Bewertung von 0,2 für Holz nur bis zu einem Endenergiebedarf von z. B. 30 kWh/(m<sup>2</sup>a) erlaubt [Vorschlag: www.iwu.de].

Investitions- und Energiekosten, somit die jährlichen Gesamtkosten, werden dem Auftraggeber bei energetisch suboptimalen Lösungen geringe Renditen, wenn nicht sogar Verluste gegenüber dem Altzustand bescheren.

Noch nicht gelöste Fragen zu den Wechselwirkungen und der sinnvollen Kombination verschiedener baulicher und anlagentechnischer Komponenten und ihrer jeweiligen Nutzung werden bei umfassenden Modernisierungen /4/ heute meistens übergangen, bewusst oder in mangelnder Kenntnis der Zusammenhänge.

Diese Wechselwirkungen, z. B. in modernisierten Gebäuden mit Passivhaus-Dämmstandard und einer Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung /5/ bei Weiterverwendung vorhandener, viel zu großer Heizkörper, betreffen den gesamten Bereich der energetischen Einflüsse auf den Endenergieverbrauch. Daher müssen Wärmeerzeugung für Raumheizung und Trinkwarmwasser, die Arten der Lüftung, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe sowie die Regelung zentral/dezentral und Komponenten zur Heizkostenerfassung in einem ganzheitlichen Systemzusammenhang analysiert werden. Vielfach werden diese Aufgaben einer integrierten Planung im Rahmen „ehrlicher“ energetischer und wirtschaftlicher Gesamtbilanzen nicht ausreichend sachgemäß behandelt; zu viele Einzelinteressen verschiedener Teilbranchen sind betroffen, als dass man sich bisher auf einheitliche Aussagen verständigt hätte.

Die umfassende Dämmung der Gebäudehülle (U-Werte zwischen 0,1 und 0,2 W/(m<sup>2</sup>K)), der Einsatz bester Fensterqualitäten (U-Werte unter 1 W/(m<sup>2</sup>K)) sowie – wenn wirtschaftlich sinnvoll und möglich – eine weitgehend Dichte (n<sub>50</sub> < 0,6 h<sup>-1</sup>) und wärmebrückenfreie Hülle (ΔU<sub>WB</sub> < 0,05 W/(m<sup>2</sup>K)) sollten möglichst immer realisiert werden. Diese Maßnahmen liefern Auslegungslasten im Bereich von 10 bis 25 W/m<sup>2</sup> be-



**Abb. 1**  
Gemessene Energiebilanz einer solarunterstützten Heizungsanlage: Gasmehrverbrauch durch nicht angepasste Systeme.



**Abb. 2**  
Anlage zur Bilanz nach Abb. 1.

heizter Fläche, liegen damit im Bereich von Passiv- bzw. Niedrigenergiehäusern und erfordern Wärmeabgabesysteme mit definierter Begrenzung der Heizleistung und bestmöglicher Dynamik (Einfachste „Noheizkörper“).

Will man den Standard von 1,5-, 3- oder 4- bis 6-l-Häusern tatsächlich erreichen, ist das Verschwendungspotenzial oder sogar der Zwangswärmeconsum /6/ ungeeigneter Komponenten und Systemkombinationen unbedingt zu vermeiden. Nachfolgend einige Beispiele aus begleiteten Felduntersuchungen.

### Reale Effizienz von Gas-/Ölkesseln in Einfamilienhäusern

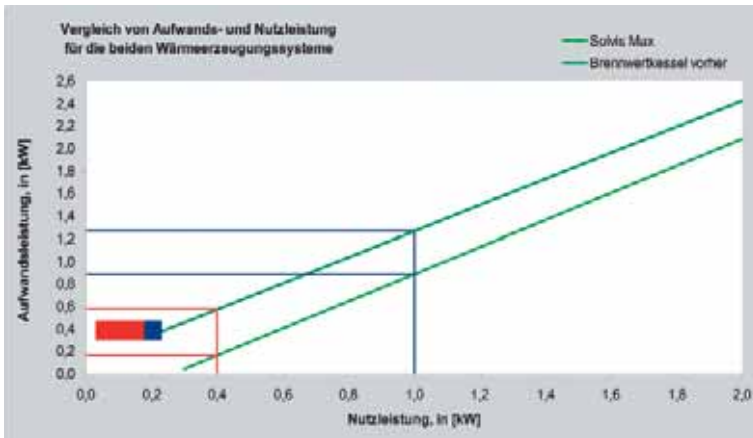
Die Kesselauslastung im Jahresmittel von Brennkesseln in neueren Einfamilienhäusern mit

einer typischen Kesselnennleistung von 20 kW lag in einem Feldversuch /7/ mit mehr als 60 untersuchten Anlagen bei durchschnittlich 9 % oder 1,8 kW oder ca. 12 W/m<sup>2</sup>. Mittlere Heizlasten liegen bereits im EnEV-Standardneubau nur noch bei 5 bis 8 W/m<sup>2</sup>. Der durchschnittliche mit Gas- und Wärmemengenzählern gemessene Jahresnutzungsgrad der Brennkessel in den Einfamilienhäusern lag bei 86 % (entsprechende Kesselverluste:

15 kWh/(m<sup>2</sup>a)) bezogen auf den Brennwert und damit deutlich unter den möglichen Werten von 90 bis 95 % optimierter und richtig dimensionierter Wärmeerzeugungsanlagen. Eine angepasste Dimensionierung von Wärmeerzeugern, vor allem von hochinvestiven Geräten wie Wärmepumpen, Klein-BHKW's und Pelletkesseln ist grundsätzlich zu fordern.

### Optimierung der Regelung und Hydraulik in modernisierten Bestandsgebäuden

In dem vom Verfasser begleiteten „OPTIMUS“-Projekt /8/ ergab sich für Mehrfamilienhaus-Bestandsgebäude ein typischer Endenergieverbrauch für Raumheizung und Trinkwarmwasser von 180 bis 210 kWh/(m<sup>2</sup>a) bezogen auf den Brennwert. Die unerwartet hohen Verluste der Niedertemperaturkessel lagen bei ca. 60 kWh/(m<sup>2</sup>a), die der Brennkessel bei ca. 40 kWh/(m<sup>2</sup>a). Durch angepasste Dimensionierung, Wahl der richtigen Kesselkonstruktion und durch optimierte regelungstechnische und hydraulische Einbindung können die Verlustwerte der Kessel mehr als halbiert werden. Normwerte liegen bei 2 bis 10 kWh/(m<sup>2</sup>a).



**Abb. 3**  
Input-Output-Auswertung einer optimierten solaren Heizungsanlage.

Das weitere wesentliche Einsparpotenzial, das durch das OPTIMUS-Projekt nachgewiesen werden konnte, liegt in der vom Fachunternehmer dokumentierten angepassten Einstellung der Hydraulik (Hydraulischer Abgleich durch voreinstellbare Thermostatventile), der Regelpumpen (künftig nur Hocheffizienzpumpen) und der Vorlauftemperaturregler nach einer baulichen Modernisierung. Die durch eine Optimierung der Regelung und Hydraulik in modernisierten Mehrfamilienhäusern erreichbare Einsparung liegt allein für den Raumheizverbrauch bei Werten von 15 bis 19 kWh/(m<sup>2</sup>a) und in Einzelfällen bei noch höheren Einsparbeträgen. Durch Einsatz und Anpassung von Hocheffizienz-Umwälzpumpen ist ein weiteres Primärenergieeinsparpotenzial von 1 bis 4 kWh/(m<sup>2</sup>a), bei Etagenheizgeräten sogar bis zu 20 kWh/(m<sup>2</sup>a) erzielbar.

Noch keine Aussagen lassen sich treffen über Einsparmöglichkeiten durch „intelligente“ Heizkostenerfassungssysteme mit bedarfsabhängiger Anpassung der Vorlauftemperatur. Hier

müssen Auswertungen des Instituts EOS über mindestens eine weitere Heizperiode abgewartet werden.

### Heizkörper und Komfortlüftung in Faktor-10-Häusern

In den von Pro Klima, Hannover, geförderten und auf Passivhausstandard modernisierten Faktor-10-Häusern mit Komfortlüftung (mit Wärmerückgewinnung) ergaben sich durchschnittliche Netto-Heizwärmeverbrauchswerte ohne anlagentechnische Verluste von nur 35 bis 45 kWh/(m<sup>2</sup>a). Die Verbrauchswerte pro Wohnung schwankten zwischen 2 und 100 kWh/(m<sup>2</sup>a) (!) und im Mittel wurden noch ca. 11 kWh/(m<sup>2</sup>a) gegenüber der realistischen Bedarfsrechnung nach dem PHPP-Verfahren (Passivhaus-Projektierungs-Paket des Passivhaus-Instituts) verschwendet. Die alten Heizkörper waren beibehalten worden und bezogen auf ihre Normleistung (bei Auslegungstemperaturen von 75/65/20 °C) nur zu 5 % „ausgelastet“. Sie wären also im Jahresmittel mit einer aus Vor- und Rücklauf

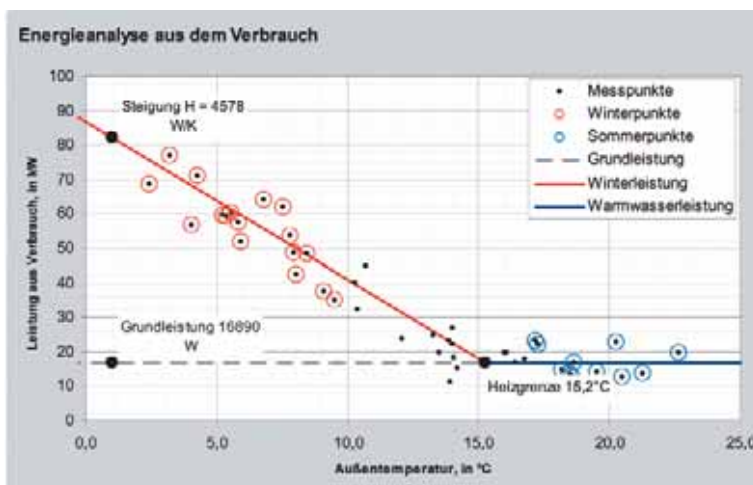
gemittelten Heizwassertemperatur von 29 °C ausgekommen. Wäre eine Fußbodenheizung installiert gewesen, wäre diese mit 21 °C mittlerer Heizwassertemperatur ausgekommen! An derzeit angebotenen Vorlauf-temperaturreglern können solch niedrige Temperaturen bzw. Heizkurven gar nicht eingestellt werden. Natürlich waren die eingesetzten viel zu großen Fein-einstell-Thermostatventile regelungstechnisch vollkommen überfordert. Bei geringen Heizlasten (Auslegungsheizlasten kleiner als 10 W/m<sup>2</sup>) ist allein aufgrund der Regelbarkeit der Einsatz von Warmwasserheizungen mit Heizflächen anstelle der im Passivhaus vorgesehenen Restheizung über die Lüftung in Frage zu stellen. Je geringer die Heizlast (Heizlasten von 10-30 W/m<sup>2</sup>), desto trägheitsarmer sollte das Heizsystem (Heizkörper bzw. Flächenheizungen) sein, um dynamisch auf Fremdwärme-gewinne zu reagieren. Grenzen einer guten Regelbarkeit ergeben sich unter ca. 20 W/m<sup>2</sup>. Einfache „Notheizkörper“ sind in den meisten Fällen die beste Lösung.

## Verteilverluste in modernisierten Gebäuden

Nach der Dämmung der Außenfassade eines Plattenbau-Mehrfamilienhauses mit Anschluss an ein Fernwärmenetz ergaben sich akzeptable Endenergieverbrauchswerte von ca. 100 kWh/(m<sup>2</sup>a). Überraschend war die Aufteilung dieser Endenergie-werte auf Nutzen (56 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Raumheizung und 20 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Trinkwarmwasser) und Verluste (24 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Verteilung und Speicherung). Wirtschaftlich und ohne großen Aufwand könnte durch nachträgliche Dämmung der Keller- und der obersten Geschossdecke sowie durch eine zusätzliche Optimierung der Regelung und Hydraulik der Endenergiebedarf auf 70 bis 75 kWh/(m<sup>2</sup>a) abgesenkt werden. In weiteren Untersuchungen ist zu klären, welche Systeme der Trinkwarmwasserverteilung unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten speziell für den Geschosswohnungsbau am besten geeignet sind: herkömmliche Netze mit konventionell geführten Zirkulationsleitungen, Systeme mit innen liegender Zirkulationsleitung (sogenannte Inliner-Systeme), dezentrale Gasetagenheizungen oder auch Systeme mit einer zentralen Vorlauf- und Rücklaufleitung und dezentraler Trinkwassererwärmung über Wohnungsstationen. Entsprechende Untersuchungen werden derzeit vom Autor begleitet.

## Solare Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung in Einfamilienhäusern

Die Effizienz von Solarthermie im Wohnbau ist wegen der hohen Investitionen, aber auch wegen der Verluste durch Verteilung und Speicherung eng vom Nutzwärmebedarf für die Trinkwassererwärmung oder die Heizungsunterstützung abhängig. Vom Autor in Felduntersuchungen begleitet wurde eine Solaranlage in einem von einem Rentnerhepaar genutzten Einfamilienhaus, in dem es sogar zu einem Gasmehrer-verbrauch gegenüber einer einfachen Zentralgasheizung ohne Solartechnik kam: Gaswandgerät, Solarkollektoren und Solar-



**Abb. 4**  
Fingerabdruck eines kleineren Nahwärmerversorgten Krankenhauses aus Verbrauchsmessungen.

speicher als auch der eingesetzte zentrale Regler kamen von unterschiedlichen Herstellern und die aufwändige zusätzliche Verrohrung sowie der 850-l-Pufferspeicher verursachten etwa 3-fach so hohe Verluste wie der reine Nutzwärmebedarf der beiden Bewohner, der annähernd gleich dem Solarertrag aus den Kollektoren war.

In einer anderen Anlage (4-Personen-Einfamilienhaus) ergab der „gesponserte“ Ersatz eines fünf Jahre alten zentralen Brennkessels mit einfachem Trinkwarmwasserspeicher durch eine kompakte Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (alles von einem Hersteller) eine Einsparung von ca. 20 kWh/(m<sup>2</sup>a). Überraschend waren in diesem Neubau nach EnEV die geringen über ein Jahr gemittelten Leistungsanforderungen von 0,6 kW für die Raumheizung und von 0,4 kW für die Trinkwassererwärmung (siehe Abb. 3)!

### **Solare Sanierung von Mehrfamilienhäusern**

Das Programm „Solare Sanierung“ (SOLSAN) verspricht für ein Bestandsgebäude mit einem heute für Bestandsbauten typischen Wärmebedarf von 200 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Raumheizung und Trinkwarmwasser eine Reduzierung um 60 kWh/(m<sup>2</sup>a), also um 30 %, durch die Kombination: „Solarenergienutzung & Anlageneffizienz“. Nicht erwähnt wird, dass mit der solaren Sanierung meist auch weitere Maßnahmen wie der Einsatz eines neuen Brennwertheizkessels, ein hydraulischer Abgleich und weitere Optimierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Nicht erwähnt wird, dass mit einer Solaranlage für Warmwasser und Heizungsunterstützung nur 10 bis max. 25 kWh/(m<sup>2</sup>a), bezogen auf die beheizte Fläche an Endenergieeinsparungen, möglich sind – und zwar unabhängig ob Alt- oder Neubauanlage; typisch sind 12 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Solaranlagen nur für Warmwasser und 20 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Solaranlagen für Warmwasser und Heizungsunterstützung. Bei dem beworbenen Praxisbeispiel des Programms SOLSAN waren es lediglich 7 kWh/(m<sup>2</sup>a). Die

restlichen 53 kWh/(m<sup>2</sup>a) können also nur durch die anderen Maßnahmen erzielt werden: Kesseltausch, Dachdämmung und anlagentechnische Optimierung. In ihrer Koppelwirkung sind diese Einsparwerte durchaus realistisch, die Frage bleibt aber, was von den Maßnahmen wirklich umlagefähige Modernisierung und was Instandhaltung bzw. Instandsetzung ist? Sicherlich nicht ohne Grund wurde der ursprüngliche Titel der Aktion „Solare Sanierung“ aus Gründen der „Bilanzkosmetik“ ersetzt durch „Solare Modernisierung“. Optimierte Planung auf der Basis von Verbrauchsanalysen

Welche Analyse und Planungsschritte und welche Empfehlungen werden für eine ganzheitliche Optimierung des Gebäude- und Anlagenbestands vorgeschlagen? An erster Stelle sollte eine einfache Einordnung der Gebäude- und Anlagenqualität auf Basis von Verbrauchsmessungen des Endenergieeinsatzes und wenn möglich auch der Nutzwärmeabgabe für Raumheizung, Trinkwarmwasser und evtl. zusätzlicher Prozesswärme erfolgen. Abb. 4 zeigt eine solche Auswertung für ein mit Nahwärme versorgtes kleineres Krankenhaus. Die beheizte Fläche beträgt ca. 3.000 m<sup>2</sup>, der Jahresenergieverbrauch für Wärme ohne die Verluste des Nahwärmenetzes und der Wärmeerzeugerzentrale ca. 438 MWh/a. Dieser Jahresgesamtverbrauch ist aus den mittleren Leistungswerten in der Heizperiode: 64 kW (Heizgrenztemperatur ca. 15 °C, mittlere Außentemperatur in der Heizzeit ca. +5 °C, ca. 250 Heizztage/a = 6000 h/a) und dem Sommersockel von ca. 17 kW (an den verbleibenden 365-250 = 115 d/a = 2.760 h/a) reproduzierbar:

$$64 \text{ kW} \cdot 6.000 \text{ h/a} + 17 \text{ kW} \cdot 2.760 \text{ h/a} = 430.920 \text{ kWh/a} = 431 \text{ MWh/a}$$

Mit nur zwei mittleren Leistungsangaben ist – konform und nachvollziehbar mit den Berechnungsgrößen der EnEV – eine Bestandsbeschreibung im Rahmen eines Verbrauchs-/Bedarfs-Abgleichs in einfachster Form möglich.

| Maßnahme   | Energieeinsparung in kWh/(m <sup>2</sup> a) | Investition in €/m <sup>2</sup> | Äquivalenter Energiepreis in €/kWh |
|--|---|---------------------------------|------------------------------------|
| Dämmung (Dach, Kellerdecke, Außenwand)                                       | 50 ... 150                                  | 50 ... 250                      | 0,02 ... 0,20                      |
| Fenster  | 20 ... 50                                   | 30 ... 150                      | 0,06 ... 0,30                      |
| Kesseltausch   | 20 ... 120                                  | 20 ... 80                       | 0,02 ... 0,20                      |
| Komfortlüftung   | 10 ... 25 (max)                             | 20 ... 70                       | 0,08 ... 0,25                      |
| Solare Trinkwassererwärmung  | 5 ... 20 (max)                              | 35 ... 50                       | 0,10 ... 0,30                      |
| Solare Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung                        | 10 ... 25 (max)                             | 50 ... 80                       | 0,10 ... 0,40                      |
| Hydraulischer Abgleich und Heizungsoptimierung nach baulicher Modernisierung | 10 ... 20                                   | 1 ... 6                         | 0,02 ... 0,04                      |

**Tabelle 1**  
Typische Bereiche für äquivalente Energiepreise.

### Energieanalyse aus dem Verbrauch besser als „Kurz-Checks“

An erster Stelle einer optimalen Planung steht somit eine weitgehend aus Verbrauchsauswertungen abgeleitete Analyse der Hauptverursacher eines zu hohen Energieverbrauchs (typisch 180 bis 250 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Raumheizung und Trinkwarmwasser in Bestandswohngebäuden. Eine monats- oder sogar wochenweise Verbrauchsauswertung unter Berücksichtigung der Kesselkennwerte Wirkungsgrad und Bereitschaftsverlust bzw. realistischer Arbeitszahlen und Effizienzkennwerte für Wärmepumpen oder andere Wärmeerzeuger liefert wertvolle Aufschlüsse über die Verluste und die energetische Effizienz der Gebäudehülle, der Anlagentechnik und der Nutzung /9/. Besser noch ist der Einbau eines Wärmemengenmessers hinter dem Wärmeerzeuger, um die tatsächlich vom Wärmeerzeuger abgeführten Nutzwärmemengen und damit die Effizienz des Wärmeerzeugers und den Raumheiz- und Trinkwarmwasserverbrauch auswerten zu können. Diese zwar et-

was länger dauernde Analyse liefert deutlich seriösere Ergebnisse als die derzeit durch verschiedene Interessensverbände und durch die Normung (Entwurf DIN 15378 bzw. DIN 4725) empfohlenen Kurzchecks, die mit einem Punktesystem und vielfach ohne ausreichende Messgrößen und Verbrauchsauswertungen nur grobe oder sogar falsche Bewertungen allein für die Anlagentechnik, nicht jedoch für den Gesamtkomplex Gebäude – Anlagentechnik – Nutzer liefern.

Aus Erfahrungen zu Förderanträgen für umfassende energetische Modernisierungen ist vom Autor zu bemängeln, dass vielfach weder von den Betreibern noch von den Fördergebern die Geduld aufgebracht wird, zunächst eine Verbrauchsanalyse über eine Winterheizperiode durchzuführen, um dann mit gesicherten Ergebnissen einen anschließenden Abgleich zwischen Bedarf und Verbrauch als Voraussetzung für eine ehrliche Projektierung des ganzheitlichen energetischen Modernisierungsvorhabens durchzuführen. Zu häufig beantragen Entscheider, vor allem aus dem politischen Feld, Förde-

rung nur für spektakuläre und häufig hoch investive „Leuchttürme“. Mit dem gleichen Fördergeld – oder mit Eigen- oder Fremdkapital – wären nachhaltige und primärenergetisch effektive Lösungen zu realisieren; die dann allerdings nicht so öffentlichkeitswirksam präsentiert werden können wie die Photovoltaik auf dem Schuldach oder die Solarkollektoren auf dem Rathausdach, obwohl im Rathaus Warmwasser evtl. nur zum Kaffeekochen benötigt wird.

### Seriöse Energieberatung mit Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich

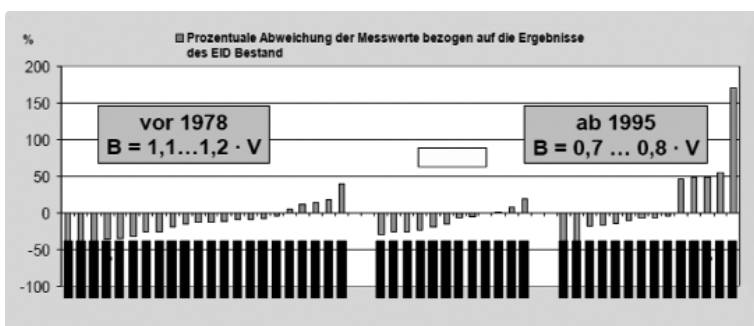
Die Analyse des Ist-Zustands ist nur durch eine seriöse und eine von Interessen unabhängige Vor-Ort-Energieberatung sichergestellt. Ein damit verbundener Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich liefert weitere Aufschlüsse über die Einzelverluste und ihre Verursacher. Dies ist durch die Ausstellung eines rein bedarfsorientierten Energieausweises, wie es die EnEV 2007 als Alternative zum verbrauchsorientierten Energieausweis fordert, nicht gewährleistet.

Neben dem Nachweis einer Energieeinsparung durch die

Heizungsanlagenoptimierung wurden bei den im OPTIMUS-Projekt untersuchten Gebäuden theoretisch berechnete (EID-Energieausweis nach DENA) und gemessene Energiekennwerte verglichen. Vorab die Definitionen von Bedarf und Verbrauch: Verbrauch basiert auf Messdaten, Bedarf ist eine berechnete Größe auf Basis von Standardnutzungsdaten.

Die wichtigsten Ergebnisse des OPTIMUS-Projekts sind folgende: Bei den älteren Gebäuden liegt der berechnete Energiebedarf um 15 % höher als der gemessene bereinigte Verbrauch. Bei den neuen Gebäuden ergeben sich 25 % geringere berechnete Bedarfswerte als real gemessene Verbrauchswerte. Die Konsequenz eines reinen Bedarfs-Energieausweises ist eine viel zu hohe theoretische Einsparprognose. Dies hat drastische Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von Einsparmaßnahmen. Es ist zu fordern, dass die theoretischen Berechnungsprogramme bzw. die ihnen zugrunde liegenden Bilanzverfahren angepasst werden, damit einem Bauherrn bei einer Energieberatung nicht zu hohe, in der Praxis nicht erzielbare Einsparungen versprochen werden können.

Für 65 Gebäude konnte der Endenergieverbrauch für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung ermittelt werden. Aufgrund des besser werdenden Baustandards liegt zwischen der ältesten und der neuesten Baualterklasse etwa der Faktor 1,5 (214 bzw. 140 kWh/m<sup>2</sup>a). In der Theorieberechnung nach dem EID-dena-Energieausweisverfahren liegt eine Staffelung



**Abb. 5**  
Auswertung von Vergleichem Bedarf / realer Verbrauch im Rahmen des OPTIMUS-Projektes.

des Endenergiebedarfs zwischen 321 und 135 kWh/(m<sup>2</sup>a) vor. Zwischen der ältesten und der neuesten Baualterklasse liegt hier fast der Faktor 2,4.

Als Planungsinstrument für technisch und wirtschaftlich sinnvolle Modernisierungsmaßnahmen und für Neubauten werden heute verschiedene praxistaugliche Rechen-Tools angeboten. Für eine erste Kalkulation ist eine vom Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt, angebotene Planungshilfe für Niedrigenergie- und Passivhäuser sehr zu empfehlen.

### Wirtschaftlichkeit

Letztlich sind für verschiedene Einzelmaßnahmen oder für Maßnahmenpakete Wirtschaftlichkeitsnachweise mit Variation der wichtigsten Parameter (Annahmen zu Investitionskosten, Zinsen, Preissteigerungsraten, Betrachtungszeiträume) durchzuführen. Für erste Vergleiche hat sich das Instrument der Kosten der eingesparten kWh bzw. des äquivalenten Energiepreises bewährt. Er gibt die Kosten der eingesparten Energie an und ermittelt sich aus den annuitätischen Kosten der Maßnahme dividiert durch die eingesparten Energiemengen. Diese Betrachtung schließt Zins und Tilgung ausgedrückt im Annuitätsfaktor für das eingesetzte Kapital mit ein. Ein Maßnahmenpaket ist dann wirtschaftlich, wenn der äquivalente Energiepreis bzw. die Kosten der eingesparten Energie geringer sind als die mittleren künftig zu erwartenden Energiepreise. Für mittel- und langfristig wirtschaftliche Maßnahmen sollte der äquivalente Energiepreis für thermische Endenergien beim heutigen Stand zwischen 0,1 bis 0,15 €/kWh liegen (Tabelle 1)!

### Wertanalyse als Planungsinstrument

Für Modernisierungsalternativen, die nicht direkt wirtschaftlich zu bewerten sind, sondern auch zu einer Verbesserung des Standards oder des Komforts und der Hygiene dienen – bestes Beispiel ist die Komfortlüftung – bietet sich als Entscheidungshilfe die Wertanalyse an.

### Fazit

Vorrangig sollte bei jeder Optimierung des Gebäude- und Anlagenbestands immer die Maxime stehen: Es sind die Modernisierungsinvestitionen bevorzugt zu tätigen, bei denen mit dem investierten Kapital die langfristig größten Einsparungen erzielt werden können. Die EnEV fordert zu Recht die nachträgliche Dämmung von Außenwänden, Kellerdecke und Dach sowie die Kesselerneuerung, wenn im Rahmen einer Instandsetzung etwas „angefasst“ wird und bestimmte Randbedingungen erfüllt sind oder bestimmte Fristen überschritten werden. Leider haben die Forderungen nur ein viel zu geringes Niveau. All diese Maßnahmen sind hoch wirtschaftlich. Und die Solaranlage, die Wärmepumpe, das BHKW oder der Pelletkessel sind nach einer gebäude- und anlagentechnischen Optimierung langfristig als eine von vielen alternativen Möglichkeiten zwingend erforderlich. An erster Stelle steht jedoch eine bestmöglich gedämmte und dichte Gebäudehülle!

Man sollte also immer den ersten vor dem zweiten Schritt tun; auch wenn dies nicht immer politisch opportun ist. Unsere komplizierte und von den meisten kaum nachvollziehbare Steuer-, Eigentums- und Mietgesetzgebung zusammen mit den verschiedenen Förderprogrammen verführt jedoch zu förderpolitischen und öffentlichkeitswirksamen „Paketlösungen“ und „Leuchttürmen“; nur dass diese nicht zwangsläufig das effektivste Einsparergebnis mit minimalem Kostenaufwand liefern. Warmmietenneutralität, bessere Möglichkeiten für ein Wärmeliefer- oder sogar ein Energieeinspar-Contracting und/oder eine Änderung des Aufteilungsschlüssels der warmen Nebenkosten nach der Heizkostenverordnung für den Mietwohnbau könnten hier Abhilfe schaffen: je besser der Gebäudestandard, desto geringer der verbrauchsabhängige Anteil. Beim Passivhausstandard sollte auf eine Heizkostenabrechnung nach dem Verbrauch verzichtet werden.

Niedrigstenergie- und Passivhausstandard bedeuten nicht

komplizierte sondern einfache Technik. Das Risiko eines falsch gewählten Energieträgers wird umso geringer, je besser der Dämmstandard des Gebäudes.

Alle Branchenakteure sollten sich einer offenen Diskussion der oben angesprochenen Probleme öffnen und alle Beteiligten sollten wieder lernen, korrekt zu bilanzieren; energetisch und wirtschaftlich und ohne unrealistische „Bis-Zu-X-Einspar-Prozent-Versprechen“. Wirtschaftlichkeitsvergleiche erfolgen am besten mit dem Werkzeug „Kosten je eingesparter kWh Energie“ bzw. „Äquivalenter Energiepreis“.

Für eine „ehrliche“ Energie- und Wirtschaftlichkeitsbilanz als Grundlage für einen seriösen Maßnahmenkatalog zur energetischen Modernisierung reicht nach Ansicht des Autors ein einfacher Energieausweis – gleichgültig, ob auf Basis des Energiebedarfs (Rechenwerte) oder des Energieverbrauchs (Messwerte) – nicht aus. Notwendig ist eine fundierte Energieberatung, möglichst von einem kompetenten Team mit Sachkunde in Bauphysik und Anlagentechnik. ■

### Literatur:

- [1] DBU-Studie: Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10, Osnabrück 2004
- [2] Studie Wuppertal-Institut für e-on Wuppertal 2006
- [3] Dr. Christian Fischer: Zur Einführung des Energieausweises. Planen ist nicht bloß Etikettieren. cci 9/2007, Seite 24 und cci 10/2007, Seite 17
- [4] Vergleiche Jagnow et al.: Die neue Energieeinsparverordnung 2002, DWD-Verlag 2002
- [5] Wolff – PH-Tagung 2007 Bregenz
- [6] Dissertation K. Jagnow (www.delta-q.de)
- [7] DBU-Studie Brennwertkessel (www.delta-q.de)
- [8] DBU-Studie OPTIMUS (www.delta-q.de)
- [9] Energieanalyse aus dem Verbrauch: E-A-V (www.delta-q.de)