

## **Energie- und Kosteneffizienz von energiesparenden Modernisierungsmaßnahmen – Was rechnet sich wann?**

*Prof. Dr.-Ing. Dieter Wolff, Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, Fachbereich Versorgungstechnik*

*Salzdahlumer Straße 46/48, D-38302 Wolfenbüttel, Tel. + 49 (0)5331/939-4418,  
d.wolff@fh-wolfenbuettel.de, www.fh-wolfenbuettel.de*

### **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.

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

Für Nachkriegs-Mehrfamilienhäuser ergibt sich beispielhaft ein typischer Instandsetzungsbedarf ohne energetische Maßnahmen von:

$$50 \text{ €/m}^2 + 2,50 \text{ €/m}^2\text{a} \cdot (2000 - \text{Baujahr})$$

also beispielsweise von 150 €/m<sup>2</sup> 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. Das Wirtschaftlichkeitsgebot der EnEV kann hierbei sicherlich eingehalten werden. Dies gilt unter Berücksichtigung jährlicher Energiepreissteigerungsraten von durchschnittlich 7 Prozent (mittlerer Wert der letzten 40 Jahre, der zu einer Verdoppelung der Energiepreise alle 10 Jahre geführt hat) für sinnvoll gewählte Kombinationsmaßnahmen in die Gebäude- und Anlagentechnik und bei langfristiger Betrachtung (mehr als 20 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>. Architekt Burkhard Schulze-Darup<sup>1)</sup> zeigt, dass ein wirtschaftlich und technisch realisierbarer bestmöglicher Standard (30 bis 50 Prozent unter den EnEV-Neubauanforderungen 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.

### Einspargarantie anstelle Kompensationsprinzip nach Energieeinsparverordnung

Bei einer über das übliche Maß hinausgehenden energetischen Modernisierung müssen sich alle Beteiligten tatsächlich mit diesem Ziel identifizieren. Architekten, Anlagentechnik-Fachplaner, Energieberater, Energieversorgungsunternehmen<sup>2)</sup>, die Komponentenhersteller sowie das ausführende Handwerk und die künftigen Qualitätssicherer - ohne die es nicht gehen wird - sie alle sollten sich zu einem verantwortlichen Netzwerk zusammenschließen, das die prognostizierten Einsparkilowattstunden bzw. den zukünftigen Energieverbrauch – nicht die eingesparten Energiekosten - tatsächlich in einer realistischen Bandbreite garantiert. Bei dem Prinzip des Energieeinspar- oder Performance-Contracting mit Vertragslaufzeiten von 5 bis 20 Jahren für größere Liegenschaften im Nichtwohnbau wird dies in ähnlicher Form bereits seit längerer Zeit erfolgreich praktiziert. Hindernisse für dieses Vorgehen liegen in der typisch deutschen Neigung zu komplizierter Bürokratie in der Steuer-, Miet- und Eigentumsgesetzgebung und den damit verbundenen Verordnungen; auch die Fördergesetzgebung und ihre Programme sind nicht immer hilfreich.

Mit dem Kompensationsprinzip der EnEV ist eine gegenseitige Verrechnung bau- und anlagentechnischer Maßnahmen in einer primärenergetischen Bilanzierung möglich. Dies ist aber aufgrund der drastisch gestiegenen Energiepreise und der allseits anerkannten Notwendigkeit einer Reduzierung Klimaschädigender Gase überflüssig<sup>3)</sup>. 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 zukünftig 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 ein auf maximal erlaubten Endenergiebedarf begrenztes Biomassebudget greifen, dass 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](http://www.iwu.de)].

## Integrierte Planung: Nutzer – Gebäude - Anlagentechnik

Noch nicht gelöste Fragen zu den Wechselwirkungen und der sinnvollen Kombination verschiedener baulicher und anlagentechnischer Komponenten und ihrer jeweiligen Nutzung werden bei umfassenden Modernisierungen<sup>4)</sup> 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<sup>5)</sup> bei Weiterverwendung vorhandener, viel zu großer Heizkörper betreffen den gesamten Bereich der energetischen Einflüsse auf den Endenergieverbrauch. Daher müssen die Aufgabenfelder: „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 ( $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ ) und wärmebrückenfreie Hülle ( $\Delta U_{\text{WB}} < 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ) sollte möglichst immer realisiert werden. Diese Maßnahmen liefern Auslegungslasten im Bereich von 10 bis 25 W/m<sup>2</sup> beheizter Fläche und liegen damit im Bereich von Passiv- bzw. Niedrigstenergiehäusern.

Will man den Standard von 1,5-, 3- oder 4- bis 6-l-Häusern tatsächlich erreichen, sind das Verschwendungspotenzial oder sogar der Zwangswärmeconsum<sup>6)</sup> ungeeigneter Komponenten und Systemkombinationen unbedingt zu vermeiden.

Nachfolgend zwei Beispiele aus begleiteten Felduntersuchungen.

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

Die Kesselauslastung im Jahresmittel von Brennwertkesseln in neueren Einfamilienhäusern (Baujahre typisch zwischen 1980 und 1995) mit einer durchschnittlichen Kesselnennleistung von 20 kW lag in einem vom Verfasser durchgeführten Feldversuch<sup>7)</sup> mit mehr als 60 untersuchten Anlagen bei im Mittel 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 untersuchten Brennwertkessel 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

Auswertungen aus dem „OPTIMUS“-Projekt<sup>8)</sup> ergaben für Mehrfamilienhaus-Bestandsgebäude einen 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 Brennwertkessel bei ca. 40 kWh/(m<sup>2</sup>a). Durch angepasste Dimensionierung, Wahl der richtigen Kesselkonstruktion und durch optimierte regelungstechnische und hydraulische Einbindung können diese viel zu hohen Verlustwerte der Kessel mehr als halbiert werden. Normwerte liegen bei 2 bis 10 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Das weitere wesentliche Einsparpotenzial, das durch das OPTIMUS-Projekt nachgewiesen werden konnte, liegt in der sorgfältig geplanten und vom Fachunternehmer dokumentierten angepassten Einstellung der Hydraulik (Hydraulischer Abgleich durch voreinstellbare Thermostatventile und gegebenenfalls Einsatz von Differenzdruckreglern), der Einstellung der Regelpumpen (künftig nur Hocheffizienzpumpen) und der Einstellung der Vorlauftemperaturregler nach einer baulichen Modernisierung. Die durch diese Optimierung der Regelung und Hydraulik v. a. in modernisierten Mehrfamilienhäusern erreichbare Einsparung liegt allein für den Raumheizverbrauch bei Werten von 15 bis 19 kWh/(m<sup>2</sup>a). Durch Einsatz und Anpassung von Hocheffizienz-Umwälzpumpen ist ein weiteres Primärenergie-Einsparpotenzial von 1 bis 4 kWh/(m<sup>2</sup>a), bei Etagenheizgeräten sogar bis 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 muss die begleitete Auswertung über mindestens eine weitere Heizperiode abgewartet werden.

Welche Analyse und Planungsschritte und welche Empfehlungen werden nach diesen Erfahrungen für eine ganzheitliche energetische und kosteneffiziente Optimierung des Gebäude- und Anlagenbestands vorgeschlagen?

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

An erster Stelle einer optimalen Planung steht eine weitgehend aus Verbrauchsauswertungen abgeleitete Analyse<sup>9)</sup> der Hauptverursacher eines zu hohen Energieverbrauchs (typisch 180 bis 200 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Raumheizung und Trinkwarmwasser). 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. Besser noch ist der Einbau eines Wärmemengennessers 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 etwas 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 weiterhin 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 Wirtschaftlichkeitsbewertung des ganzheitlichen energetischen Modernisierungsvorhabens durchzuführen. Zu häufig treten Antragssteller, vor allem aus dem politischen Feld, in den zu fördernden Projekten nur für spektakuläre und häufig hoch investive „Leuchttürme“ ein. Mit dem gleichen Fördergeld - oder mit Eigen- oder Fremdkapital – wären jedoch besser nachhaltige und primärenergetisch effektivere 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 aktuell novellierte 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 durchschnittlich 35 % höher als der gemessene bereinigte Verbrauch. Bei den neuen Gebäuden ergeben sich umgekehrt durchschnittlich 10 % geringere berechnete Bedarfswerte als real gemessene Verbrauchswerte. Für 65 Gebäude konnte der Endenergieverbrauch für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung ermittelt werden. Aufgrund des besser werdenden Baustandards liegt zwischen den real gemessenen Verbrauchswerten der ältesten und der neuesten Baualtersklasse etwa der Faktor 1,5 (214 bzw. 140 kWh/m<sup>2</sup>a). In der Theorieberechnung nach dem EID-Dena-Bedarfsausweisverfahren liegt für dieselben Gebäude eine Staffelung des rechnerischen Endenergiebedarfs zwischen 321 und 135 kWh/(m<sup>2</sup>a) vor. Zwischen der ältesten und der neuesten Baualtersklasse liegt hier fast der Faktor 2,4!

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.

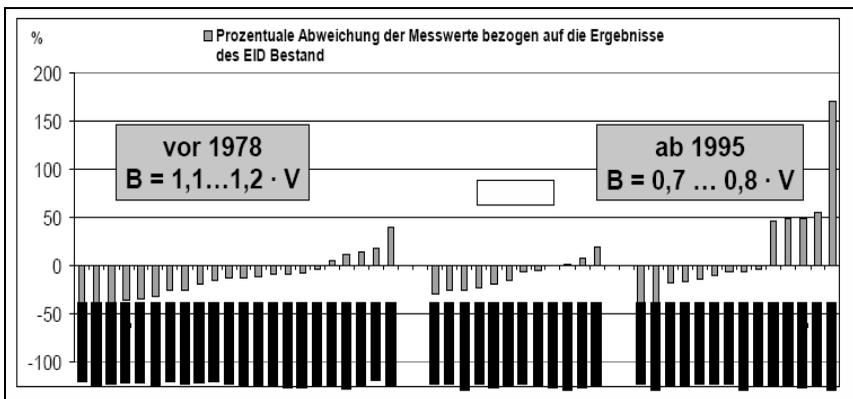


Abbildung 1 Auswertung von Vergleichen Bedarf/realer Verbrauch im Rahmen des OPTIMUS-Projektes

## 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 Kapitalkosten und evtl. zusätzlicher Instandhaltungskosten der Maßnahme dividiert durch die prognostizierten einzusparenden 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 0,10 bis 0,15 max. bis 0,20 €/kWh liegen.

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	<b>0,02 ... 0,20</b>
Fenster	20 ... 50	30 ... 150	<b>0,06 ... 0,30</b>
Kesseltausch	20 ... 120	20 ... 80	<b>0,02 ... 0,20</b>
Komfortlüftung	10 ... 25 (max)	20 ... 70	<b>0,08 ... 0,25</b>
Solare Trinkwassererwärmung	5 ... 20 (max)	35 ... 50	<b>0,10 ... 0,30</b>
Solare Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung	10 ... 25 (max)	50 ... 80	<b>0,10 ... 0,40</b>
Hydraulischer Abgleich und Heizungsoptimierung nach baulicher Modernisierung	10 ... 20	1 ... 6	<b>0,02 ... 0,04</b>

Bezugsfläche für bezogene Größen: beheizte Fläche

Tabelle 1 typische Bereiche für äquivalente Energiepreise

## 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

sowieso „angefasst“ wird und bestimmte Randbedingungen erfüllt sind oder bestimmte Fristen überschritten werden. Leider haben die Forderungen der derzeitigen novellierten EnEV 2007 nur ein viel zu geringes Anforderungsniveau. All diese Maßnahmen sind hoch wirtschaftlich. Und die Solaranlage, die Wärmepumpe, das BHKW oder der Pelletkessel sind nach einer gebäude- und anlagentechnischen Optimierung dann als eine von vielen alternativen Möglichkeiten erforderlich, um die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern langfristig drastisch zu verringern.

Aber man sollte 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“; 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.

Alle Branchenakteure sollten sich einer offenen Diskussion der 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 ein einfacher Energieausweis – gleichgültig, ob auf Basis des Energiebedarfs (Rechenwerte) oder des Energieverbrauchs (Messwerte) alleine nicht aus. Notwendig ist eine fundierte Energieberatung, möglichst von einem kompetenten Team mit Sachkunde in Bauphysik und Anlagentechnik.

## **Quellen:**

- 1) DBU-Studie: Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10, Osnabrück 2004 unter [www.dbu.de](http://www.dbu.de)
- 2) Studie Wuppertal-Institut für e-on Wuppertal 2006 unter: [www.Wuppertal-Institut.de](http://www.Wuppertal-Institut.de)
- 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) K. Jagnow et al.: Die neue Energieeinsparverordnung 2002, DWD-Verlag 2002
- 5) Wolff – Passivhaus-Tagung 2007 Bregenz
- 6) Dissertation K. Jagnow ([www.delta-q.de](http://www.delta-q.de))
- 7) DBU-Studie Brennwertkessel ([www.delta-q.de](http://www.delta-q.de))
- 8) DBU-Studie OPTIMUS ([www.delta-q.de](http://www.delta-q.de))
- 9) Energieanalyse aus dem Verbrauch: (E-A-V) ([www.delta-q.de](http://www.delta-q.de))