

Manfred SCHMIDT<sup>1</sup>

## ENERGIEOPTIMIERTE GEBÄUDESANIERUNG

### 1. Heizenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch im Sektor Haushalt betrug in Deutschland 1995  $E_{\text{End,Ha}} = 2702 \text{ PJ/a} = 751 \text{ TWh/a}$ . Davon werden rund 80 % oder  $Q_{\text{Ha}} = 0,8 E_{\text{End,Ha}} \approx 600 \text{ TWh/a}$  für Gebäudeheizung und Trinkwassererwärmung benötigt. Vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen werden für den spezifischen Heizenergieverbrauch in [1] die gegenwärtig geltenden Zahlen entsprechend Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Gegenwärtiger Heizenergieverbrauch im Gebäudebestand nach [1]

Standort	Gesamter Bestand	Mehrfamilienhäuser
Alte Bundesländer	220 kWh/(m <sup>2</sup> a)	200 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Neue Bundesländer	265 kWh/(m <sup>2</sup> a)	230 kWh/(m <sup>2</sup> a)

Wenn die Zahlen der Tabelle 1 mit dem Heizenergieverbrauch heutiger Neubauten, Mittelwert: 100 kWh/(m<sup>2</sup> a), oder den Forderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV 2000), Mittelwert: 70 kWh/(m<sup>2</sup> a), verglichen werden, beeindruckt das gewaltige Energieeinsparpotential im Gebäudebestand. Es lohnt sich deshalb, über dessen Reduzierung nachzudenken.

Ein weiterer Punkt muss noch angesprochen werden: Der vor allem im Osten Deutschlands hohe Wohnraumbestand, bezogen auf eine sich verringerende Anzahl an Einwohnern, und die damit verbundenen teilweise beängstigenden Wohnungsleerstände gebieten es, im Hinblick auf die Erhaltung der Stadtstrukturen Neubauten außerhalb dieser Strukturen nur sehr begrenzt auszuführen und stärker eine Gebäudesanierung zu präferieren. Diesem Ziel dient auch das Forschungsprojekt „Nachhaltigkeitsorientierte Entwicklung sächsischer Groß- und Mittelstädte“, das vom Sächsischen

<sup>1</sup> Prof. dr.-ing. habil. EUR ING; Hochschule Zittau/Görlitz Institut für Energie und Regionalökonomie IER

Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst gefördert wird und in dem mehrere sächsische Universitäten unter Einschluss der Hochschule Zittau/Görlitz zusammenwirken.

## 2. Ordnungsrechtliche Bedingungen für die Gebäudesanierung

Nach [2] beläuft sich das **technische** Energieeinsparpotential im Gebäudebestand auf 70 bis 90 %. Gutachterliche Analysen weisen ein **betriebswirtschaftliches** Energieeinsparpotential von 50 % aus. Der Gesetzgeber scheut sich allerdings, in dem sehr heterogenen Gebäudebestand generelle Nachrüstungsverpflichtungen zu erlassen, da mit Rücksicht auf die zu erwartenden Wohnkosten viele Ausnahmen und Sonderbestimmungen erforderlich wären. Er setzt deshalb auf die weniger zwingenden Instrumente, wie

- Neufassen der „Spielregeln“ in energetischer Hinsicht für ohnehin durchzuführende Maßnahmen im Gebäudebestand,
- Verpflichten zu einzelnen baulichen Nachrüstungen und
- anlagentechnische Nachrüstmaßnahmen.

Das Neufassen der „Spielregeln“ zeigt zum einen, dass die Anforderungen an Außenwände, Fenster und Verglasungen, Dach- und Kellerdecken sowie vergleichbare Bauteile dem neuesten Stand der Technik angepasst wurden, Tabelle 2. Zum anderen soll bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die bisher teilweise schon praktizierte Methode, zwischen den Kosten für energetisches Sanieren und den Kosten für Instandhalten und Modernisieren zu unterscheiden und sie entsprechend zuzuordnen, für alle Fälle verpflichtend gelten.

Tabelle 2: Neufassung der energetischen Anforderungen für den Gebäudebestand nach [1]

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient in W/(m <sup>2</sup> K)	
	Energieeinsparverordnung EnEV 2000	Wärmeschutzverordnung 95
Außenwände (Innendämmung, Gefacherneuerung)	0,45	0,50
Außenwände	0,35	0,40
Fenster	1,70	1,80
Decken, Dächer, Dachschrägen (Steildach)	0,30	0,30
Decken, Dächer, Dachschrägen (Flachdach)	0,25	0,30
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume bzw. Erdreich (Dämmung auf der kalten Seite)	0,40	0,50
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume bzw. Erdreich (Dämmung auf der warmen Seite)	0,50	0,50

Bauliche Nachrüstungen betreffen die zusätzliche Dämmung der obersten Geschossdecke unter nicht ausbaufähigen Dachräumen sowie der Kellerdecken. Hier sollen unter Beachtung entsprechender Fristen Wärmeschutzmaßnahmen verordnet werden. Sie sind auch in denkmalgeschützten Gebäuden realisierbar.

Anlagentechnische Nachrüstungen werden entsprechend den jetzt schon geltenden Fristen für den Ersatz von Heizkesseln mit zu geringem Wirkungsgrad nach der Heizungsanlagenverordnung fortgeschrieben. Weiterhin soll die nachträgliche Dämmung zugänglicher Rohrleitungen und Armaturen in nicht beheizten Räumen zur Pflicht werden.

Diese vom Gesetzgeber ausgehenden Verpflichtungen sollten aber nicht daran hindern, eine energetische Gebäudesanierung anzustreben, mit der Forderungen bzgl. des Heizenergiebedarfs, wie in der EnEV 2000 oder darüber hinausgehend, auch ohne eine - an bestimmten Gebäudefassaden nicht mögliche - Wärmedämmung erfüllt werden können.

### 3. Energetische Bewertung - die Gesamtnutzungszahl

Unter dem hier verwendeten Begriff „Heizenergiebedarf“ ist der Energiebedarf zu verstehen, der mit den konventionellen (fossilen) Primärenergieträgern Erdgas, Erdöl und Kohle zu befriedigen ist. Seine Senkung und damit die Reduzierung der konventionell bereitgestellten Primärenergie kann damit durch

- die absolute Senkung des Energiebedarfs, z. B. verringerter Lüftungswärmebedarf, Bedarfsheizung,
- Effizienzsteigerung der heiz- und raumluftechnischen Anlagen und
- den Einsatz von Energien aus regenerativen Energiequellen (EREQ) erfolgen.

Bei energetischen Bewertungen und Vergleichen müssen sowohl die vergegenständlichte Energie als auch die zur Energieumwandlung und letztlich zur Nutzenergiebereitstellung benötigte Energie, z. B. die Brennstoffenergie, berücksichtigt werden.

Da die vergegenständlichte Energie, die in den heiz- und raumluftechnischen Anlagen, den EREQ-Anlagen und auch in den Baumaterialien, wie Wärmedämmung, verbesserte Fenster usw., enthalten ist, beim

- Errichten der Anlagen bzw. Herstellen der Baumaterialien,
- Inganghalten der Anlagen,
- Gewinnen und Bereitstellen des Brennstoffs bzw. Transport der Baumaterialien und
- Entsorgen der Anlagen bzw. der Baumaterialien,

also temporär, die Brennstoffenergie aber während des gesamten Betriebs benötigt wird, muss eine umfassende Bewertung für die gesamte Lebensdauer der Anlagen und der Baumaterialien unter primärenergetischem Bezug erfolgen. Dazu eignet sich die primärenergetisch bezogene Gesamtnutzungszahl  $f_{N,Pr,ges}$ .

Deren Definition lautet:

$$f_{N,Pr,ges} = \frac{\text{eingesparte Nutzenergie}}{\text{insgesamt benötigte Primärenergie}}$$

oder



$$f_{N,Pr,ges} = \frac{eE_N}{E_{zu,Pr,ges}} = \frac{eE_N}{E_{Br,Pr} + E_{ein,Pr}^{HRT} + E_{ein,Pr}^{EREQ} + E_{ein,Pr}^{BM}} \quad (1)$$

Die eingesparte Nutzenergie im Betrachtungszeitraum ist definiert

$$eE_N = E_{N,th} - E_{N,HRT} \quad (2)$$

mit

$E_{N,th}$  - theoretisch berechnete Nutzenergie

$E_{N,HRT}$  - additive Heizenergie, die als Restenergie über heiz- und raumluftechnische Anlagen (HRT-Anlagen) aus fossilen Energien zuzuführen ist.

Die theoretisch berechnete Nutzenergie ergibt sich aus

$$E_{N,th} = (Q_T + Q_L - Q_i - Q_S)_{BZR} \quad (3)$$

und bezieht sich auf den Bezugszeitraum BZR. In der Klammer stehen die im Bezugszeitraum BZR entstehenden

- Transmissionswärmeverluste  $Q_T$ ,
- Lüftungswärmeverluste  $Q_L$ ,
- Gewinne durch innere Wärmequellen  $Q_i$  und
- passiven solaren Gewinne  $Q_S$ .

In Gl. (3) sind die Anteile der absolut eingesparten Energie, wie ein verringerter Luftwechsel und die Bedarfsheizung, bereits enthalten.

Die über die HRT-Anlagen zuzuführende Nutzenergie ergibt sich

$$E_{N,HRT} = E_{E,HRT} \eta_{N,HRT} \quad (4)$$

mit

$E_{E,HRT}$  - der HRT-Anlage zugeführte Endenergie

$\eta_{N,HRT}$  - Nutzungsgrad der HRT-Anlage bei der Umwandlung der End- in Nutzenergie.

Die Nutzenergie ist der aus konventionellen Energieträgern mit der heiz- und raumluftechnischen Anlage bereitzustellende Energiebedarf, der mit dem Heizenergiebedarf korrespondiert.

Die Nutzenergie  $E_{N,HRT}$ , Gl. (4), sollte möglichst klein sein. Sie ist um so kleiner, je mehr Heizenergie durch EREQ in den Heizprozessen substituiert wird. Eine kleine über die HRT-Anlagen zuzuführende Nutzenergie hat auch eine kleine der HRT-Anlage zugeführte Endenergie zur Folge. Diese wiederum wird noch kleiner, wenn bei einem bestimmten Wert von  $E_{N,HRT}$  der Nutzungsgrad der HRT-Anlage bei der Umwandlung der End- in Nutzenergie  $\eta_{N,HRT}$  gegen 1 geht.

Die im Nenner der Gesamtnutzungszahl, Gl. (1), stehenden Summanden bedeuten

$E_{Br,Pr}$  - mit dem Brennstoff zugeführte Primärenergie,

$E_{ein,Pr}^{HRT}$  - auf Primärenergie bezogene vergegenständlichte Energie der HRT-Anlage,

$E_{ein,Pr}^{EREQ}$  - auf Primärenergie bezogene vergegenständlichte Energie der EREQ-Anlage,

$E_{ein,Pr}^{BM}$  - auf Primärenergie bezogene vergegenständlichte Energie der Baumaterialien BM.

Die mit dem Brennstoff zugeführte Primärenergie kann aus der benötigten Nutzenergie  $E_{N,HRT}$  mit der Beziehung

$$E_{Br,Pr} = \frac{E_{N,HRT}}{\eta_{N,Pr}^{Br} \cdot \eta_{N,HRT}}, \quad (5)$$

berechnet werden, wobei

$\eta_{N,Pr}^{Br}$  - Nutzungsgrad der primärenergetisch bezogenen Brennstoffenergieumwandlung in Endenergie ist.

Dafür werden nach [3] Werte vorgeschlagen, die in Tabelle 3 wiedergegeben sind.

Tabelle 3: Nutzungsgrad  $\eta_{N,Pr}^{Br}$  für die primärenergetische Bewertung nach [3]

Eingesetzter Energieträger	Nutzungsgrad
Braunkohle	0,83
Steinkohle	0,94
Holz	0,94
Erdgas	0,93
Öl	0,90
Elektrische Energie - Netzmix	0,31
Fernwärme als Mix	1,28

Für die Energieumwandlung von der Primärenergie in die vergegenständlichte Energie der Anlagen und Baumaterialien kann mit dem Nutzungsgrad

$$\eta_{N,Pr}^A = \frac{E_{ein}}{E_{ein,Pr}} \quad (6)$$

gerechnet werden.

Eine große Gesamtnutzungszahl ergibt sich, wenn der Zähler von Gl. (1), also die eingesparte Nutzenergie, recht groß und der Nenner, also die Brennstoffenergie und die vergegenständlichteten Energien, recht klein werden. Dazu lassen sich an dieser Stelle keine allgemeingültigen Aussagen machen, da sich die Größen in Zähler und Nenner gegenseitig beeinflussen. So hat z. B. eine große eingesparte Nutzenergie einen großen EREQ-Anteil zur Folge, was die im Nenner stehende Brennstoffenergie verringert, die vergegenständlichtete Energie der EREQ-Anlagen aber erhöht.

Mit der hier vorgestellten energetische Bewertung können auf den Betrachtungszeitraum und den Primärenergiebedarf bezogene Energieeinsparungen ausgewiesen und Motivationen für entsprechende Projekte gewonnen werden.

Wichtiger für zu realisierende Projekte sind betriebswirtschaftliche Untersuchungen. Da momentan auf dem Energiewirtschaftssektor die Preise wanken, sind Entwicklungen im Gange, z. B. im Zusammenhang mit der Kraft-Wärme-Kopplung, die energetisch als richtig erkannte Lösungen nicht zum Zuge kommen lassen. Wegen der damit nötigen Einzelfallentscheidungen soll hier auf betriebswirtschaftliche Betrachtungen verzichtet werden.

Die Frage, ob im Gebäudebestand Forderungen der EnEV 2000 für Neubauten realisiert werden können, wird gegenwärtig an konkreten Objekten in Zittau und Görlitz untersucht.

#### 4. Heiz- und Raumluftechnik im Wandel

Der Trend zum Niedrigheizenergiehaus stellt auch bei der Gebäudesanierung vieles bisher Übliche in Frage:

- Der geringe Bedarf für die Gebäudeheizung erhöht den prozentualen Heizenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung.  
Soll die Trinkwassererwärmung dezentral durchgeführt werden?  
Mit welchem Energieträger?
- Dichte Wärmeschutzfenster führen nicht mehr zu ausgeprägten Diskomfortzonen in ihrer Nähe.  
Sollen nun nach Tradition der Kachelöfen die Heizflächen an den Innenwänden installiert und die bisherigen Abgaskanäle zur Aufnahme der Steigleitungen einer Wasserheizung bzw. der Lüftungskanäle benutzt werden?
- Die Beleuchtungsenergie kann gewichtiger in der Gebäudeenergiebilanz, vor allem bei Bürogebäuden, werden.  
Wie lassen sich Tageslichtsysteme mit hoher Energieausbeute in zu sanierende Gebäude integrieren?
- Dichte Fenster erfordern ein bzgl. des nötigen Luftwechsels aktives Eingreifen des Nutzers oder mechanische Lüftungssysteme.  
Kann dem Nutzer die Fensterlüftung zugemutet werden?  
Eignet sich bei mechanischer Lüftung eine Grund- und/oder eine Bedarfslüftung?  
Wird eine Wärmerückgewinnung (WRG) unumgänglich?  
Kann die Lüftungsanlage die Heizaufgaben mit übernehmen?
- Natürliche Gebäudedurchlüftung kann auch für Kühlfälle interessant werden.  
Kann mit intensiver Nachtlüftung und den vorhandenen Speichermassen auf die energieintensive maschinelle Kühlung verzichtet werden?  
Welche Einsatzfälle ergeben sich für die adiabate Kühlung?
- Zur Senkung des Heizenergiebedarfs werden Systeme mit EREQ für eine Energieversorgung interessant.  
Welche Systeme lassen sich am besten in das Gebäude integrieren?
- Fassaden können neben dem Wetterschutz auch andere Funktionen erfüllen.



Wie sind sie für natürliche Belüftung, Wärme- und Sonnenschutz, Tageslichteinfall, angenehme Oberflächentemperaturen, Blendschutz, aktive Energieproduktion durch Solarkollektoren und Photovoltaikmodule zu nutzen?

Zum Thema Wohnungslüftung und Wärmerückgewinnung, das in den oben stehenden Punkten mehrfach erwähnt wurde, sind umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden. In [5] wurde dazu folgendes Fazit gezogen.

- Durch erhöhte Gebäudedichtheit gehen die Unterschiede im Lüftungswärmebedarf zurück.

Damit spielt das Nutzerverhalten nun eine größere Rolle.

- Das Reduzieren des Anlagenluftwechsels beinhaltet ein wesentliches Einsparpotential.

Anlagen zur bedarfsgerechten Lüftung, allerdings mit Berücksichtigung der Ergebnisse der aktuellen Schimmelpilz- und Milbendiskussion, sollten angeboten werden.

- Der prozentual steigende Anteil der Hilfsenergie erfordert dessen Berücksichtigung in der Energiebilanz.

Das muss zur Verringerung des Einsatzes an elektrischer Energie führen. Gleichstrommotoren sind dafür eine Option

- Wenn zukünftig durch mechanische Wohnungslüftung mit WRG ein verringerter Primärenergieverbrauch erreicht werden soll, sind neben der Nutzerakzeptanz die Parameter Gebäudedichtheit, Größe des Luftwechsels, Hilfsenergiebedarf und Wärmerückgewinnungsgrad weiter zu optimieren.

Gedanken zur Akzeptanz der mechanischen Lüftung hat *Fisch* in den *Sonnenenergie news VI/98* geäußert: Die Forderung nach weiterer Energieeinsparung kann zu einer Abwägung zwischen Wärmerückgewinnungs- und Solaranlage führen. Da die Solaranlage im Gegensatz zu einer mechanischen Lüftung den Nutzer kaum zu Aktivitäten bzgl. der Anlagenbedienung herausfordert, könnte mehr Akzeptanz für eine Solar- als für eine WRG-Anlage bestehen.

## 5. Wie geht es weiter?

Dem hier vorgegebenen Ziel, im Gebäudebestand Heizenergie vor allem heizanlagenbedingt und weniger durch umfangreiche Wärmedämm-Maßnahmen einzusparen, sind eine ganze Reihe von Untersuchungen gewidmet.

In [6] wird davon ausgegangen, dass auch in Zukunft die zentrale Wasserheizung die richtige Heiztechnologie ist, um den Niedrigenergiehaus-Standard zu erreichen. Es wird angegeben, dass über eine Erneuerung der Anlagentechnik im Gebäudebereich der Primärenergiebedarf von ca. 250 kWh/m<sup>2</sup> a auf 74 kWh/m<sup>2</sup> a gesenkt werden könnte, und zwar mit einer Absorptionswärmepumpe. Dabei sind die Kosten durch die Anlagenerneuerung geringer als der Kostenaufwand von Wärmedämm-Maßnahmen. Weiterhin wird nachgewiesen, dass die Warmwasserzentralheizung auch im Niedrigenergiehaus die ökonomisch und ökologisch beste Heizanlagentechnologie ist.

In [7] werden für Gebäude mit einem Wärmedämmstandard nach WärmeschutzV 95 energetische Bewertungen für verschiedene Heizsysteme vorgenommen. Die Bewertung schließt allerdings die vergegenständlichte Primärenergie nicht mit in die Betrachtung ein. Verglichen werden für die zwei Heizflächenvarianten

- Plattenheizkörper mit  $t_V/t_R = 55\text{ °C}/45\text{ °C}$  und
- Fußbodenheizflächen mit  $t_V/t_R = 35\text{ °C}/30\text{ °C}$ ,

unter Einschluss der Trinkwassererwärmung, die vier Systeme

- ① Brennwert-Heizkessel,
- ② Warmwasser- und Heizwärmepumpe,
- ③ Brennwert-Heizkessel und Solaranlage und
- ④ Wärmepumpe und Solaranlage.

Bei diesen Systemen werden als Endenergieträger elektrische Energie und Erdgas zugeführt. Gerechnet wurde mit den Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren nach Tabelle 4.

Tabelle 4: Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren nach [8]

Endenergieträger	Primärenergiefaktor $E_{Pr}/E_E$ in kWh/kWh	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren $m_{CO_2}/E_E$ in kg/MWh
Allgemeiner Strommix	2,97 <sup>1)</sup>	689
Erdgas	1,07 <sup>1)</sup>	231

<sup>1)</sup> Diese Werte differieren geringfügig gegenüber den Werten in Tabelle 3, in der der Kehrwert angegeben ist.

Für eine gleichbleibende Nutzwärme von 82 kWh/(m<sup>2</sup> a), was einem unveränderten Wärmedämmstandard entspricht, werden die nötige Brennstoff-Primärenergie, die dem Betrage nach der weiter vorn definierten Heizenergie entspricht, und die End-energie angegeben, Bild 1 und 2.

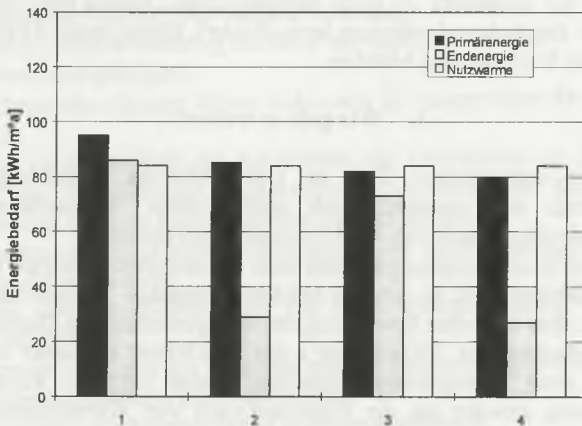


Bild 1: Energiebedarf von verschiedenen Wärmeerzeugungssystemen und Plattenheizkörper mit  $t_v/t_R = 55\text{ °C}/45\text{ °C}$  nach [7]



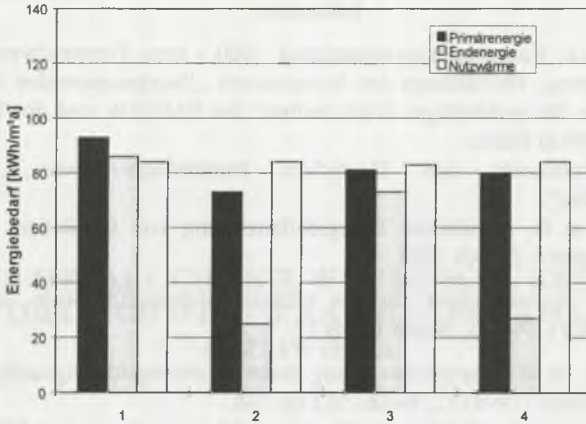


Bild 2: Energiebedarf von verschiedenen Wärmeerzeugungssystemen und Fußbodenheizflächen mit  $t_v/t_R = 35\text{ °C}/30\text{ °C}$  nach [7]

Mit einem Brennwert-Heizkessel kann der Primärenergiebedarf nicht unter den Nutzwärmebedarf absinken. Der niedrigste Primärenergiebedarf ergibt sich bei dem System Wärmepumpe mit Fußbodenheizflächen; wegen der niedrigen Vorlauftemperaturen kann die Wärmepumpe mit einer großen Leistungszahl gefahren werden. Bei den Varianten mit Solaranlage liegt der Primärenergiebedarf immer geringfügig unter dem Nutzwärmebedarf.

Der Endenergiebedarf ist bei den Varianten mit Wärmepumpe am geringsten. Er beträgt weniger als ein Drittel des Nutzenergiebedarfs. Diese Darstellung zeigt die zukünftigen Möglichkeiten, bei gleichbleibendem Wärmedämmstandard die Heizenergie drastisch zu senken. Solange allerdings die zum Antrieb der Wärmepumpen erforderliche Exergie aus dem heutigen Strommix genommen werden muss, wird der für den energetischen Vergleich ausschlaggebende Primärenergiebedarf kaum wesentlich unter den Endenergiebedarf sinken.

Bei den Kohlendioxid-Emissionen schneidet die Fußbodenheizung der Variante 2 am besten ab, Bild 3.

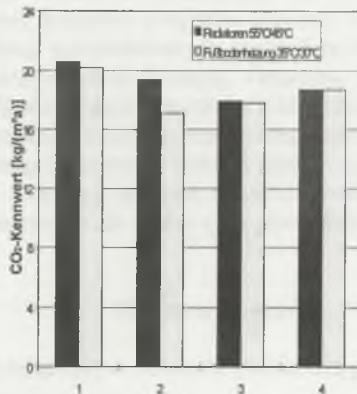


Bild 3: Kohlendioxid-Emissionen von verschiedenen Wärmeerzeugungs- und Heizflächensystemen nach [7]

### Literatur

- [1] Hegner, H.-D.: Energieeinsparverordnung 2000 - neue Perspektiven für Planung und Ausführung. Proceedings des Symposiums „Energiesparenden Bauen - neue Dimensionen für nachhaltiges Wirtschaften“ des BMVBW und der TU Berlin am 29. April 1999 in Berlin.
- [2] Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages zum „Schutz der Erdatmosphäre“.
- [3] Hauser, G. u. G. Hausladen: Energiebilanzierung von Gebäuden. Karl Krämer Verlag Stuttgart + Zürich 1998.
- [4] Holtfort, J.: Systemtechnik für das nächste Jahrtausend. Stadt- und Gebäudetechnik, Berlin (1998) 3, Seiten 12 bis 17.
- [5] Hartmann, T. et al.: Energieeinsparung durch Wohnungslüftungsanlagen? Ki Luft- und Kältetechnik (1998) 12, Seiten 562 bis 568.
- [6] Schulte, H.-H.: Zukunft Heiztechnik - Entwicklungstendenzen und Marktpotentiale. Moderne Gebäudetechnik, Berlin (1999) 4, Seiten 28 bis 30.
- [7] Schräps, S.: Zukünftige Wärmeversorgungskonzepte im Wohnbereich. Ki Luft- und Kältetechnik (1999) 3, Seiten 182 bis 186.
- [8] Fritsche, U. R.: Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) - Version 3.04. Ökoinstitut Darmstadt/Freiburg/Berlin, Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, Frankfurt 1998.

## OPTYMALIZACJA ENERGETYCZNA MODERNIZOWANYCH BUDYNKÓW

### Summary

Artykuł przedstawia problematykę optymalizacji energetycznej budynków poddanych termomodernizacji. Przedstawiono metodę oceny energetycznej remontowanych budynków.

Ponadto podano efekty energetyczne przy różnych systemach grzewczych i układach wentylacji pomieszczeń.