Energiebedarf

Energieeffiziente Büro- und Verwaltungsbauten

Analysen und Erfahrungen im Kontext des Förderkonzepts Energieoptimiertes Bauen

Teil 1: Energiekennwerte

K. Voss, C. Hoffmann, S. Herkel, A. Wagner, G. Löhnert

Bereits seit 1995 fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit im Rahmen des Förderkonzepts „Energie optimiertes Bauen“ Technologieforschung und Demonstrationsprojekte. Der Beitrag berichtet in zwei Teilen über die erreichten Energiekennwerte der Demonstrationsprojekte im Neubau und Erfahrungen mit dem Einsatz von Wärmepumpen.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss, Dr.-Ing. C. Hoffmann, Fachgebiet Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung, Bergische Universität Wuppertal

Dipl.-Ing. Sebastian Herkel, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Gruppe Solares Bauen, Freiburg

Prof. Andreas Wagner, Fachgebiet Bauphysik und Technischer Ausbau, Universität Karlsruhe (TH)

Dr. Günter Löhnert, solidar Architekten & Ingenieure, Berlin

Bis Anfang 2007 wurden bereits 22 Demonstrationsprojekte mit einem Schwerpunkt bei neuen Büro- und Verwaltungsbauten realisiert und im Betrieb evaluiert. Über die Ergebnisse wurde mit unterschiedlichen Schwerpunkten berichtet [1–5]. Eine Zusammenfassung gibt das 2005 erschienene Buch „Bürogebäude mit Zukunft“ [6]. Darüber hinaus steht unter *www.enob.info* aktuelle Information im Internet zur Verfügung.

Im Kontext der Einführung der Energiepässe für Nichtwohngebäude berichtet Teil 1 des vorliegenden Beitrags über die gemessenen Energiekennwerte der Gebäude. Derartige Angaben sind für Nichtwohngebäude heute noch selten.

Verglichen mit der üblichen Baupraxis kamen in den Demonstrationsbauten vergleichsweise häufig Wärmepumpen zum Einsatz. Dies war Anlass für eine 2006 mit Unterstützung der mit den Messungen beauftragten Hochschulen durchgeführte Querschnittsuntersuchung [7]. Deren Ergebnisse bilden den zweiten Schwerpunkt dieses Beitrags und werden im nächsten Heft veröffentlicht.

Energiekennwerte

Bis Ende 2006 wurde bereits eine große Anzahl der Fördervorhaben einschließlich einer mehrjährigen Messphase abgeschlossen (18). **Tabelle 1** zeigt

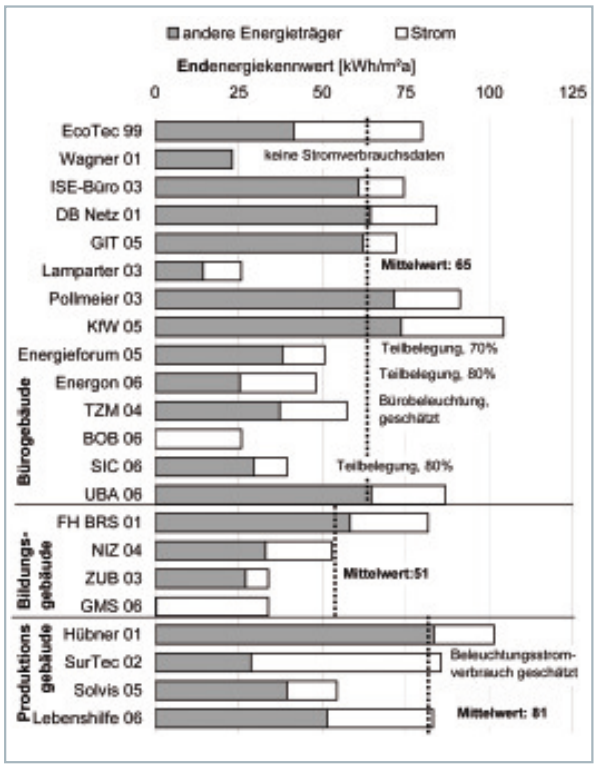

Bild 1

Messtechnisch ermittelte Endenergiekennwerte der Demonstrationsprojekte. Die Verbrauchswerte beziehen sich auf sämtliche TGA für Heizen, Lüften, Kühlen und Beleuchten; nutzungsbedingte Verbräuche wie die für Computer und andere Arbeitshilfen sind *nicht* eingeschlossen. Die Jahreszahlen hinter den Projektkürzeln weisen auf das Bezugsjahr der Messwerte hin. Es werden projektbezogen jeweils die aktuellen Messwerte dargestellt. Eine Gradtagbereinigung erfolgte nicht. Datenquelle ist jeweils die mit dem Messprogramm beauftragte Hochschule, siehe Tabelle 1

Gebäude-bezeichnung		Monitoringteam		NGF in m²	Status	Hauptwärme-quelle	Wärmequelle der Wärme-pumpe (Tabelle 2)
BÜRO- UND VERWALTUNGSBAUTEN							
ECOTEC	**Bremen**	**Universität Bremen**		**2.941**	**Abgeschlossen**	**Fernwärme**	**Fortluft**
Wagner	Cölbe	Universität Marburg		1.948	Abgeschlossen	Erdgas, KWK	
FhG ISE	Freiburg	Hochschule Biberach, Fraunhofer ISE		13.150	Abgeschlossen	Erdgas, KWK	
DB Netz	Hamm	Universität Karlsruhe (TH)		5.974	Abgeschlossen	Erdgas	
GIT	**Siegen**	**Universität Siegen**		**3.243**	**Abgeschlossen**	**Erdgas**	**Abluft**
Lamparter	Weilheim	Hochschule für Technik, Stuttgart		1.000	Abgeschlossen	Erdgas	
Pollmeier	**Creuzburg**	**Zentrum für umweltge-rechtes Bauen, Kassel**		**3.510**	**Abgeschlossen**	**Holzhack-schnitzel**	**Abluft**
KfW	Frankfurt	Universität Karlsruhe (TH)		8.585	Abgeschlossen	Holzpellets	
Energieforum	**Berlin**	**Technische Universität Braunschweig**		**20.693**	**Abgeschlossen**	**Fernwärme**	**Abluft, Erdreich**
Energon	Ulm	Fachhochschule Ulm		6.911	Abgeschlossen	Fernwärme	
TZM	**Erfurt**	**Fachhochschule Erfurt**		**8.976**	**Abgeschlossen**	**Fernwärme**	**Erdreich**
BOB	**Aachen**	**Fachhochschule Köln**		**2.072**	**Abgeschlossen**	**Strom**	**Erdreich**
SIC	Freiburg	Hochschule Offenburg		13.833	Monitoring	Fernwärme	
UBA	Berlin	Technische Universität Cottbus, Fachhochschule Sachsen-Anhalt		32.384	Monitoring	Fernwärme	
DVZ	**Eberswalde**	**Technische Universität Cottbus**		**19.399**	**In Bau**	**Strom**	**Erdreich**
Regionenhaus	Hannover	Technische Universität Braunschweig		7.222	In Bau	Fernwärme	

Gebäude-bezeichnung		Monitoringteam		NGF in m²	Status	Hauptwärme-quelle	Wärmequelle der Wärme-pumpe (Tabelle 2)
BILDUNGS- UND INSTITUTSBAUTEN							
FH BRS	St. Augustin	Universität Dortmund		26.987	Abgeschlossen	Erdgas	
NIZ	Braunschweig	Technische Universität Braunschweig		8.570	Abgeschlossen	Fernwärme	
ZUB	Kassel	Universität Kassel		1.732	Abgeschlossen	Fernwärme	
GMS	**Biberach**	**Hochschule für Bauwesen und Wirtschaft, Biberach**		**10.650**	**Monitoring**	**Strom**	**Grundwasser**
PRODUKTIONSGEBÄUDE							
Huebner	Kassel	Universität Hannover		2.122	Abgeschlossen	Fernwärme	
Surtec	Zwingenberg	Universität Darmstadt, Pas-sivhaus Institut		4.423	Abgeschlossen	Erdgas	
Solvis	**Braunschweig**	**Fachhochschule Braunschweig/ Wolfenbüttel**		**8.215**	**Abgeschlossen**	**Rapsöl, KWK**	**Abluft**
Lebenshilfe	**Lindenberg**	**Technische Universität München**		**4.623**	**Monitoring**	**Holzpellets**	**Grundwasser**
SONSTIGE NUTZUNGEN							
Museum Ritter	**Waldenbuch**	**Universität Karlsruhe (TH)**		**3.232**	**Monitoring**	**Wärme-pumpen, Holzpellets**	**Grundwasser**

Tabelle 1

Zusammenstellung der Fördervorhaben und der eingesetzten Wärmeversorgung. Die Projekte mit Einsatz von Wärmepumpen sind hervorgehoben

eine Übersicht über die Fördervorhaben sowie die dabei eingesetzten Wärmeversorgungskonzepte. Derzeit befinden sich sieben Projekte in der Messphase, zwei weitere Gebäude sind in Bau. Mit der Planung weiterer Vorhaben wurde begonnen.

Die **Bilder 1** und **2** fassen die Ergebnisse aller Projekte auf der Ebene von jährlichen End- und Primärenergiekennwerten grafisch zusammen. Im Rahmen des Förderprogramms wurde die Nettogrundfläche als Flächenbezug festgelegt. Diese Verfahrensweise findet sich auch im derzeitigen Referentenentwurf der EnEV 2007 für Nichtwohngebäude wieder [8]. Im Unterschied zur Vorgehensweise in der EnEV bezieht sich der Bilanzraum jedoch nur auf das beheizte Gebäudevolumen, also z.B. ohne Tiefgaragen, etc. Die grafische Darstellung haben wir wegen der in einigen Fällen schwierigen Abgrenzung zu nutzungsspezifischen Stromverbräuchen einer genaueren zahlenmäßigen Auflistung vorgezogen. Hiervon sind quantitative Verschiebungen, aber keine qualitativen Veränderungen zu erwarten.

Bei den untersuchten Büro- und Bildungsbauten lag der Heizwärmeverbrauch (im Bild nicht dargestellt) im Mittel mit 40 kWh/m²a bei den gesetzten Anforderungen des Förderprogramms. Dabei reichte die Spanne von etwa 20 kWh/m²a (Wagner, Lamparter, BOB, Energon) bis hin zu 60 bis 70 kWh/m²a (Ecotec, DB Netz, KfW, GIT Pollmeier). Basierend auf diesen vergleichsweise niedrigen Wärmeverbrauchswerten un-

terschreiten 11 von 17 der Büro- und Bildungsbauten den eingeforderten Primärenergiekennwert für die gesamte TGA einschließlich Beleuchtung von 100 kWh/m²a. Bei den Produktionsgebäuden ist der Flächenbezug auf die NGF wegen nutzungsbedingt größeren Geschoßhöhen als einziges Vergleichskriterium nicht Ziel führend.

Die 2006 im Rahmen des DENA Feldversuchs zur DIN V 18599 rechnerisch ermittelten Primärenergiekennwerte von 38 Bestandsgebäuden des Nichtwohnungsbaus lagen im Mittel bei 200 bis 300 kWh/m²a und damit 2 bis 3 mal höher [9]. In einer ähnlichen Größenordnung lagen die Ergebnisse einer im Zeitraum von 1986 bis 1996 durchgeführten Erhebung von Verbrauchswerten bei 100 Bürogebäuden in der Schweiz [10]. Mit einem Mittelwert um 350 kWh/m²a zeigten auch aktuelle Verbrauchsmessungen in 16 deutschen Verwaltungsbauten ähnliche Verbrauchswerte, hier allerdings einschließlich der nutzerspezifischen Geräteausstattung [10]. Neue Bürobauten sollten sich in Zukunft an den Ergebnissen der Demonstrationsprojekte des Förderprogramms messen lassen. Deren mittlerer Primärenergiekennwert lag bei 92 kWh/m²a, siehe **Tabelle 2**. Die Analyse ihrer Bauwerkskosten verglichen mit dem Baukostenindex hat gezeigt, dass sie überwiegend zu üblichen Marktpreisen umgesetzt wurden [6].

Literatur

[1] Voss, K.; Löhnert, G.; Wagner, A.: Energieeinsatz in Bürogebäuden, Teil 1: Fakten Konzepte und beispielhafte Bauten, Teil 2: Umsetzungserfahrungen, Bauphysik, Heft 2 und 6, 2003.

[2] Pfafferott, J.; Herkel, S.; Kalz, D. and Zeuschner, A.: Comparison of low-energy office buildings in summer using different thermal comfort criteria. Proceeding, Windsor Conference on Comfort and Energy Use in Buildings, Windsor, UK, 2006.

[3] Kalz, D.; Pfafferott, J.; Herkel, S.: Monitoring and Data Analysis of two Low Energy Office Buildings with a Thermo-Active Building System (TABS). Proceedings of 4th European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, France. 2006.

[4] Hoffmann, C.; Voss, K: Zur Ermittlung des Energiebedarfs für Kunstlicht in Bürogebäuden – Diskussion von Messresultate. Bauphysik, Heft 4, 2005.

[5] Gossauer, E.; Leonhart, R. and Wagner, A.: Nutzerzufriedenheit am Arbeitsplatz – Eine Untersuchung in sechzehn Bürogebäuden. gi – Gesundheitsingenieur, Heft 5, 2006.

[6] Voss, K., Löhnert, G., Herkel, S., Wagner, A. and Wambsganß, M.: Bürogebäude mit Zukunft – Konzepte, Analysen, Erfahrungen, Solarpraxis Berlin, 2. Auflage, ISBN-10: 3–934595–59–6., 2006.

[7] Hoffmann, C.: Einsatz von Wärmepumpen in Nichtwohngebäuden, EnBau Dokumentation, Bergische Universität Wuppertal, btga, 2006.

[8] Hegner, H.-D.: Die Novelle der Energieeinsparverordnung EnEV 2007, Bauphysik, Heft 6, 2006

[9] Sager, Chr.: Der DENA Feldversuch Nichtwohngebäude, Berliner Energietage 2006.

[10] Weber, L.: Energie in Bürogebäuden – Verbrauch und Energierelevante Entscheidungen, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, CH, 2002.

[11] Plesser, St.: Mahler, B.; Fisch, N.: Evaluation of Energy Concepts: Case Study Siedlungswerk, Stuttgart, ICEBO 2006, Shenzhen.

[12] Voss, K; Kiefer, K.; Reise, Chr.; Meyer, T.: Building Energy Concepts with Photovoltaics – Concepts and Examples from Germany, Advances in Solar Energy, Vol. 15, 2002.

[13] Innovation und neue Energietechnologien, 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, 2005.

[14] Voss, K.; Kramp, M.: „Nullemissionsgebäude" – Ein Beitrag zur Begriffsbestimmung, Universität Wuppertal, 2007.

[15] Eicker, U.; Schumacher, J.; Strzalka, R: SIC-Zertifizierung des Energiekonzepts, Fachhochschule Stuttgart, 5/2003.

Vierzehn Projekte verfügen neben Maßnahmen zur Energieeinsparung auch über technische Einrichtungen zur dezentralen Stromerzeugung über Kraft-/Wärmekopplung (3) oder Solarstromanlagen (11), siehe Bild 2. **Bild 3** zeigt diesbezüglich eine Gegenüberstellung von Primärenergiebezug und Primärenergiegutschriften für den ins Verbundnetz eingespeisten Strom. Tabelle 2 fasst die Ergebnisse als Energiebilanzkennwerte für die untersuchten Gebäu-

WATERKOTTE Natürlich heizen und kühlen

Wärmepumpenheizzentralen – aus einer Hand seit 30 Jahren

+ bewährt dank 30 Jahren Tradition und Erfahrung
+ alle Systemkomponenten sind aus einer Hand
+ aufeinander abgestimmte, modernste und energieeffizienteste Technologie
+ qualitativ hochwertig, sicher, sauber und sparsam
+ langlebig

Wärmepumpenheizzentralen im Leistungsbereich von 3 kW bis 500 kW

WATERKOTTE GmbH · Gewerkenstraße 15 · D-44628 Herne · Tel.: +49 (0) 23 23 / 93 76-0 · Fax: +49 (0) 23 23 / 93 76-99

Ausführliche Informationen erhalten Sie unter

www.waterkotte.de

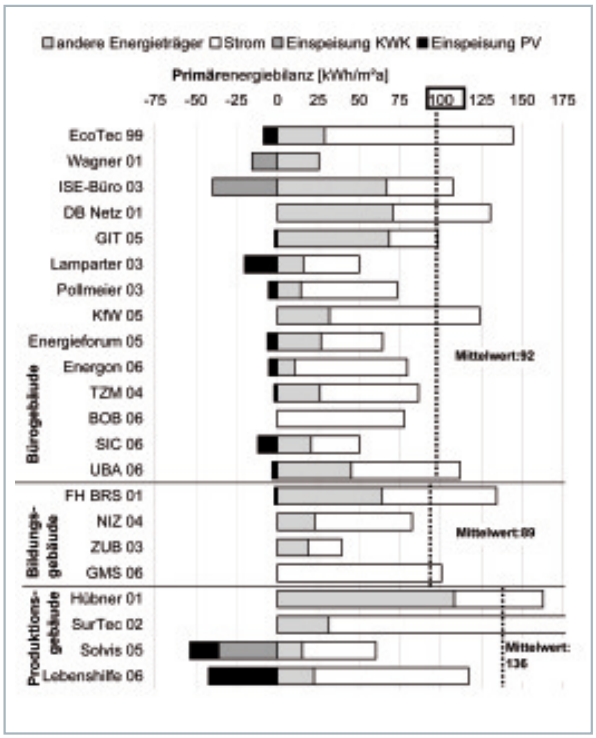

Bild 2

Primärenergiekennwerte auf der Basis der Daten aus Bild 1 und Umrechnung mit Hilfe der Primärenergiefaktoren der DIN 4701–10. Bei der gewählten Darstellung werden der dezentralen Stromerzeugung Primärenergiegutschriften (negative Werte im Diagramm) zugewiesen und nicht die reduzierten Primärenergiefaktoren verwendet. Solarstrom (PV) wurde mit der gleichen Stromgutschrift wie die gebäudeeigene Kraft-/Wärmekopplung (KWK) bewertet

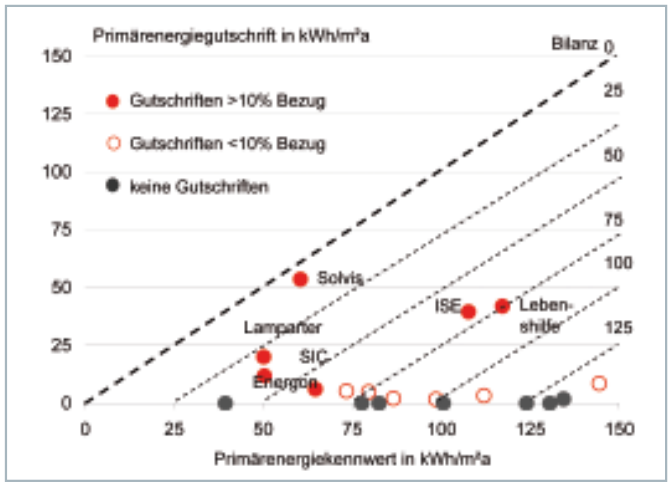

Bild 3

Gegenüberstellung von Primärenergiekennwert und Primärenergiegutschriften (KWK, PV) auf der Basis der Daten nach Bild 2. Die diagonalen Linien im Diagramm kennzeichnen Linien gleicher Bilanz aus Energiebezug und Energiegutschrift. Die obere Linie kennzeichnet den Bereich für ein so genanntes „Nullenergiegebäude“

	Endenergie	Primärenergie	Energiebilanz
Büro	64	93	85
Bildung	51	89	89
Produktion	81	136	112

Tabelle 2

Arithmetisch gemittelte Energiekennwerte der Demonstrationsprojekte in kWh/m²a, getrennt für drei Gebäudeklassen. Aufgrund der höheren Anzahl sind besonders die Werte der Büro- und Verwaltungsbauten signifikant. Der m²-Bezug bei den Produktionsgebäuden ist wegen der nutzungsbedingt großen Raumhöhen nicht mit den übrigen Gebäuden vergleichbar

deklassen zusammen. Sechs der Projekte weisen Gutschriften von mehr als 10 % ihres Primärenergiebezugs auf. Dieses basiert wesentlich auf einer konsequenten Verbrauchssenkung. Mit dem Bau der „Nullemissionsfabrik Solvis“ und weiterer vergleichbarer Vorhaben wurde die praktische Umsetzung eines nahezu vollständigen Ausgleichs der Primärenergie- bzw. Emissionsbilanz im großen Maßstab aufgezeigt [12]. Die Bundesregierung hat in ihrem 5. Energieforschungsprogramm das so genannte „Nullemissionsgebäude“ in den Zielkatalog aufgenommen [13]. Eine diesbezügliche Definition wird derzeit erarbeitet [14].

Eine Besonderheit im Projekt SIC ist, dass im Rahmen eines Contracting eine Effizienzverbesserung im nahe gelegenen Heizkraftwerk finanziert wurde. Die Nutzer des SIC finanzieren die Maßnahme durch die abgerechneten Wärmekosten; primärenergetisch gewichtet entspricht der Wärmebezug der erzielten Einsparung im Heizkraftwerk [15].

Fazit Teil 1

Verglichen mit bekannten Untersuchungen zu Energiekennwerten in Nichtwohngebäuden [9–11] zeigen die untersuchten Projekte niedrige bis sehr niedrige Energiekennwerte. Mittlere Primärenergiekennwerte von rund 90 kWh/m²a setzen Maßstäbe für Büro- und Bildungsgebäude. Unter Berücksichtigung der Primärenergiegutschriften aus der dezentralen Stromerzeugung liegen die Werte noch günstiger. Einige Bauten zeigen bereits, dass ein in der Jahresbilanz (fast) ausgeglichener Energiehaushalt mit vertretbarem technischem und wirtschaftlichem Aufwand auch bei großen Bauten möglich ist.