

Energieoptimiertes Bauen - Erfahrungen und Zukunftsperspektiven aus einem Demonstrationsprogramm

Dipl.-Ing. Oliver Hans, Prof. Karsten Voss (Universität Wuppertal),
Prof. Andreas Wagner (Universität Karlsruhe), Dipl.-Ing. Sebastian Herkel (Fraunhofer ISE),
Prof. John Grunewald (TU Dresden)

Kontakt: Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich D - Architektur, Bauphysik & Technische Gebäudeausrüstung
Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal
Tel.: +49 (0) 202 439 4292, Fax: +49 (0) 202 439 4296
ohans@uni-wuppertal.de
<http://www.btga.uni-wuppertal.de>

Abstract

In 1995, the German Federal Ministry of Economics and Technology German Federal Ministry for Economy launched an intensive research and demonstration program on energy optimized construction of new buildings as well as retrofitting the building stock (www.enob.info). Beside material and component research, approximately 50 demonstration buildings have been realized and monitored, covering various building typologies. Accompanying research was conducted to keep track of the results and lessons learned. The program lead to a set of prominent research results in the field of e.g. daylighting, passive cooling, energy efficiency and renewable energy use in buildings, user behaviour and user satisfaction. User satisfaction and indoor climate were proven to be on a high level in general. Many of the demonstration projects have reached energy savings of 50% and more compared to current practice in Germany, without exceeding conventional investment costs. A number of these projects have been awarded architectural prizes. This paper summarizes key findings and explain the strategies for new projects on the path to a net zero energy balance in the building sector. These strategies are based on a further decrease in energy demand and increased renewable energy utilization in conjunction with an intensified use of building integrated power generation with utility grid interaction.

1 Der Forschungsschwerpunkt Energieoptimiertes Bauen

Der Verbrauch an fossilen Energieträgern und die Nutzung von elektrischer Energie in Gebäude verursacht in Deutschland etwa 37% des Primärenergieverbrauchs und 45% der Klimagasemissionen [14]. Neben der Größenordnung ist vor allem bemerkenswert, dass die Reduktionspotentiale außerordentlich groß und bereits heute technisch umsetzbar sind. Vor diesem Hintergrund hat das deutsche Ministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) bereits 1995 ein intensives Forschungs- und Demonstrationsprogramm zur Untersuchung energieoptimierter Bauweisen von Neubauten (‘SolarBau’ heute ‘EnBau’) initiiert. Es folgte 1997 das Projekt ‘EnSan’ für den Bereich der Sanierung des Gebäudebestandes. 2005 wurde durch das Bundeskabinett beschlossen, diese Projekte unter dem neuen Titel ‘Energieoptimiertes Bauen – EnOB’ zu einem Förderkonzept zusammen zu führen. Im Vorfeld der EPBD [1] und der daraufhin 2007 erfolgten Anpassung der EnEV waren vor allem die Arbeiten zur ganzheitlichen energetischen Analyse von Nichtwohngebäuden bedeutsam [2].

Neben den Aktivitäten im Bereich der Demonstration gehören die Technologieforschungsbereiche zur Weiterentwicklung der Vakuum Isolation (ViBau) und zur Erforschung Niedrig-Exergiesystemen für Gebäude (LowEx) in den Kontext von EnOB (Abb.1). Es wird aktuell ergänzt um die Projekte zur energieeffizienten Betriebsoptimierung (EnBop), zur Energieeffizienz im Städtebau (EnEffStadt) und energieeffiziente Schulbauten (EnEffSchule). Die gemeinsame Informationsplattform im Internet bildet ‘www.enob.info’.

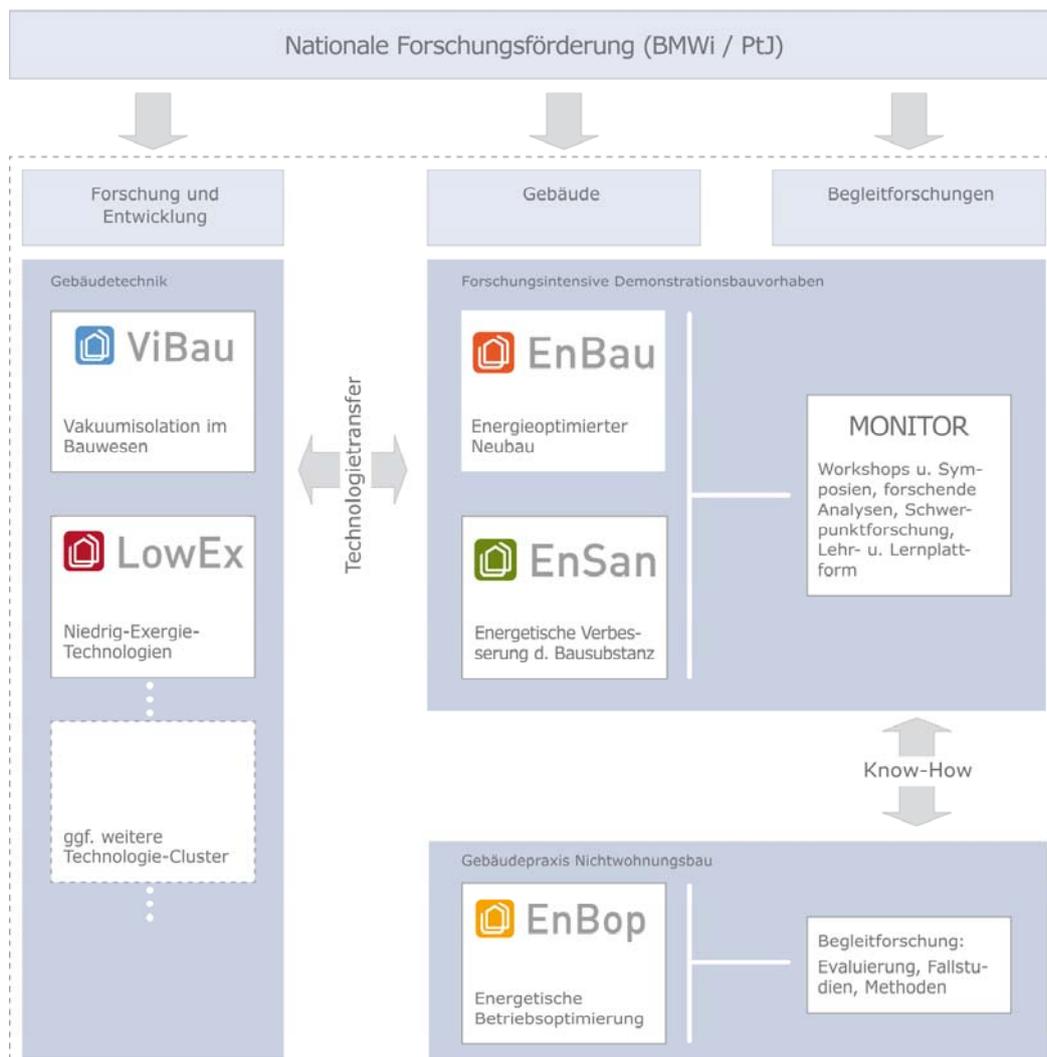


Abb. 1: Überblick des BMWi Forschungskonzepts Energieoptimiertes Bauen, gegliedert in die Bereiche FuE, Demonstrationsprojekte und Begleitforschung.

Neben der Erforschung von Materialien und Komponenten wurden inzwischen ca. 50 Demonstrationsgebäude unterschiedlicher Typologie als Neubauten und Sanierungen realisiert und vergleichend evaluiert. Die Ergebnisse und Erfahrungen wurden durch ein Begleitforschungsprogramm dokumentiert und publiziert. Diese Begleitforschung führte in der Vergangenheit zu einer Reihe von prominenten Veröffentlichungen zu diversen Themengebieten, z.B. Tageslicht, passive Kühlung, Energieeffizienz und der Verwendung von erneuerbaren Energiequellen in Gebäuden, Nutzerverhalten und Nutzerzufriedenheit [3-12]. Im September 2007 wurde die bisher aufgeteilte Begleitforschung für die Bereiche EnSan und EnBau unter dem Titel „EnOB:MONITOR“ zusammengeführt. Den Schwerpunkt der Begleitforschung bildet die forschende Gebäudeanalytik. Aus dieser gehen Themen zur wissenschaftlichen Vertiefung, Material- und Technologieforschung hervor. Diese Begleitforschung wird gemeinsam von den Universitäten Wuppertal, Karlsruhe und Dresden sowie dem Fraunhofer ISE bearbeitet. Die Universität Wuppertal koordiniert das Verbundprojekt.

2 Bisherige Erfahrungen – Lessons learnt

2.1 Energiekennwerte

Es sind derzeit 27 Neubau-Projekte und 24 Sanierungsprojekte in der Förderung. Ein großer Teil davon ist bereits abgeschlossen (28 Projekte), weitere befinden sich der Messphase (21), andere in Planung und Bau (2).

Abbildung 2 fasst stellvertretend die Energiekennwerte der Neubauprojekte grafisch zusammen. Derzeit erfolgt eine diesbezügliche Querschnittsauswertung für das Jahr 2007 unter Einbeziehung der Sanierungsprojekte. Eine entsprechende Auswertung ist ab Sommer 2008 im Internet abrufbar.

Erfreulicherweise halten die meisten Gebäude den angestrebten Primärenergiegrenzwert von 100 kWh/m²a ein, wobei vor allem dann sehr niedrige Verbrauchswerte erreicht werden, wenn der Wärmebedarf sehr niedrig ist.

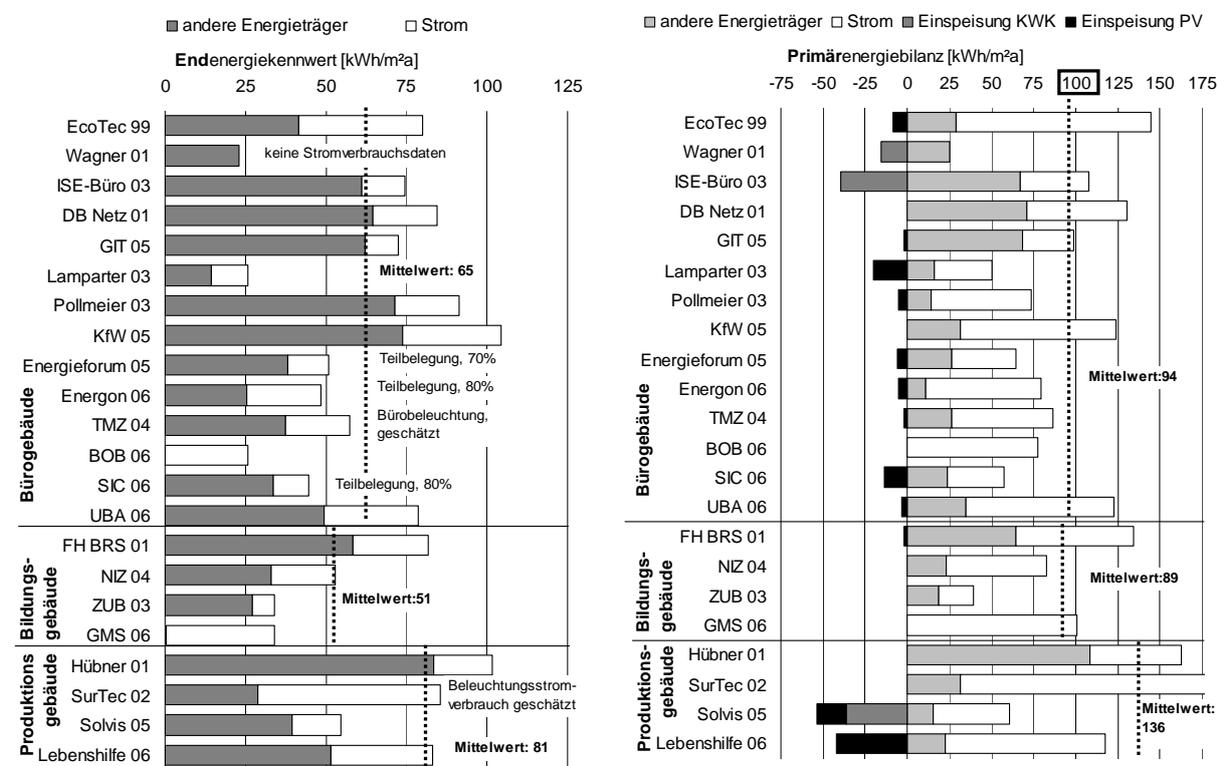


Abb. 2: Endenergie- (links), und daraus abgeleitete Primärenergiekennzahlen (rechts). Primärenergiefaktoren basieren auf DIN 4701/10. Zur Vereinfachung der Bilanzierung wurde Solarstrom (PV) mit der gleichen Stromgut-schrift wie die Kraft-/Wärmekopplung (KWK) bewertet, Biomasse für Heizzwecke erhält den Primärenergiefaktor 0,2. Die Verbrauchswerte beziehen sich auf die gesamte TGA für Heizen, Lüften, Kühlen und Beleuchten. Die Jahreszahlen hinter den Projektkürzeln weisen auf das Bezugsjahr der Messwerte hin. Eine Gradtagsbereinigung erfolgte nicht. Datenquelle ist jeweils die mit dem Messprogramm beauftragte Hochschule. [20]

	End-energie	Primär-energie	Energie-bilanz
Büro	65	92	85
Bildung	51	89	89
Produktion	81	136	112

Tabelle 1: 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.[20]

2.2 Optimierung im Betrieb

Es zeigt sich jedoch in den bisherigen Untersuchungen der Projekte, dass sich die energetischen Ziele der Planung ohne eine Phase der Einregulierung nicht sofort erreicht werden. Auch kann aus der Tatsache, dass die angestrebten Energiekennwerte offenbar erreicht werden nicht unmittelbar gefolgert werden, dass das Gebäudeverhalten den Planungen entspricht. Oftmals kompensieren sich Abweichungen gegenseitig.

Da Gebäude im Betrieb ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Faktoren sind (z.B. Konstruktion, Ausstattung, Konditionierung, Belegung, Nutzerverhalten, etc.), ist die Phase der Einregulierung nach den bisherigen Erfahrungen zwingend notwendig. Neben der Berücksichtigung der Energieeffizienz bei der Planung ist die Überwachung des Betriebes und ggf. die Optimierung der Betriebsführung einflussreich, um Energiebezug und Energiekosten spezielle in den meist komplexen Nichtwohngebäuden nachhaltig zu reduzieren. Das detaillierte Monitoring hat in vielen Fällen dazu beigetragen, Mängel im Anlagenbetrieb aufzudecken und zu beseitigen. Zukünftig gilt es, die Gebäudeleittechnik dahingehend weiter zu entwickeln, dass sie zu einem Instrument der Energieverbrauchsanalyse und des Soll-/Istvergleichs wird. Ein neuer Ansatz hierzu ist die so genannte modellbasierte Betriebsführung, die einen kontinuierlichen Vergleich von Soll- und Istwerten in Bezug auf den Energieverbrauch durchführt (Abb. 3).

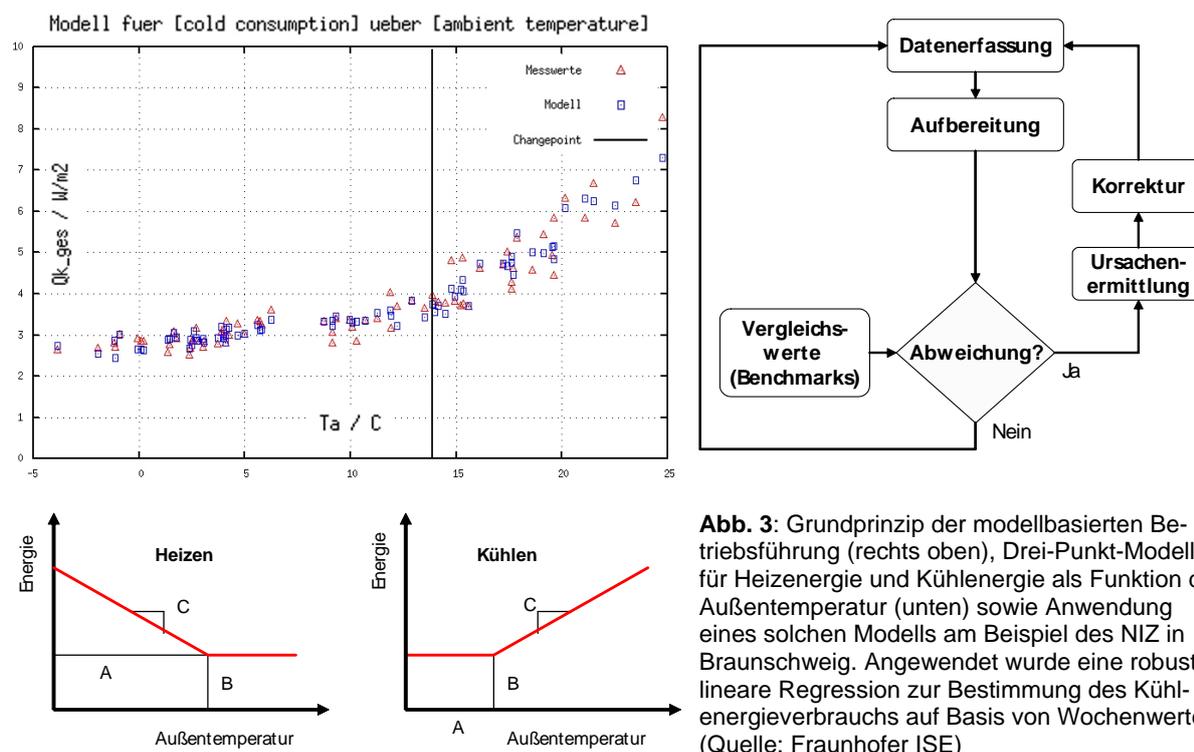


Abb. 3: Grundprinzip der modellbasierten Betriebsführung (rechts oben), Drei-Punkt-Modelle für Heizenergie und Kühlenergie als Funktion der Außentemperatur (unten) sowie Anwendung eines solchen Modells am Beispiel des NIZ in Braunschweig. Angewendet wurde eine robuste lineare Regression zur Bestimmung des Kühlenergieverbrauchs auf Basis von Wochenwerten (Quelle: Fraunhofer ISE)

2.3 Passive Kühlung und sommerliches Raumklima

Die bisher untersuchten Demonstrationsprojekte sind schwerpunktmäßig ausschließlich „passiv“ gekühlt. Ebenso wie für klimatisierte Gebäude war der extrem warme Sommer 2003 eine Herausforderung für passiv gekühlte Gebäude. Gebäude mit ausschließlicher Wärmeabfuhr durch nächtliche Lüftung kamen unter solchen Verhältnisse an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit (Abb. 4). Im einem „Normalsommer“ konnte sie jedoch auch hohe Komfortansprüche erfüllen [12].

Gebäude mit Erdsonden als Wärmesenke (Projekte Energon, BOB und GMS) zeigen eine gute Performance auch in sehr warmen Perioden, siehe Abbildung 6 [9]. Die detaillierten

Auswertungen zu den Gebäuden zeigen, dass durch Kühlung mit Betonkerntemperierung die geforderten Raumtemperaturen unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens (fast) immer eingehalten werden können – eine konsequente Reduzierung solarer und interner Wärmelasten vorausgesetzt. Auch im Winter kann die Betonkerntemperierung den thermischen Komfort ohne zusätzliche statische Heizflächen in diesen Gebäuden gewährleisten. Gemäß den Behaglichkeitskriterien sind 65% der Nutzer immer mit der Raumtemperatur zufrieden. Betrachtet man die mittlere operative Raumtemperatur zeigt sich, dass die Komfortkriterien für 90% zufriedene Nutzer nur sehr selten überschritten werden. Auch während höheren Außentemperaturen bewegt sich die mittlere Raumtemperatur in den geforderten Grenzen – eine mittlere Raumtemperatur von 27°C wird nie überschritten. Das Erdreich und das Grundwasser sind von der Außentemperatur weitgehend unabhängige Wärmesenken, die es ermöglichen, Gebäude auch bei höheren Außentemperaturen effektiv zu kühlen.

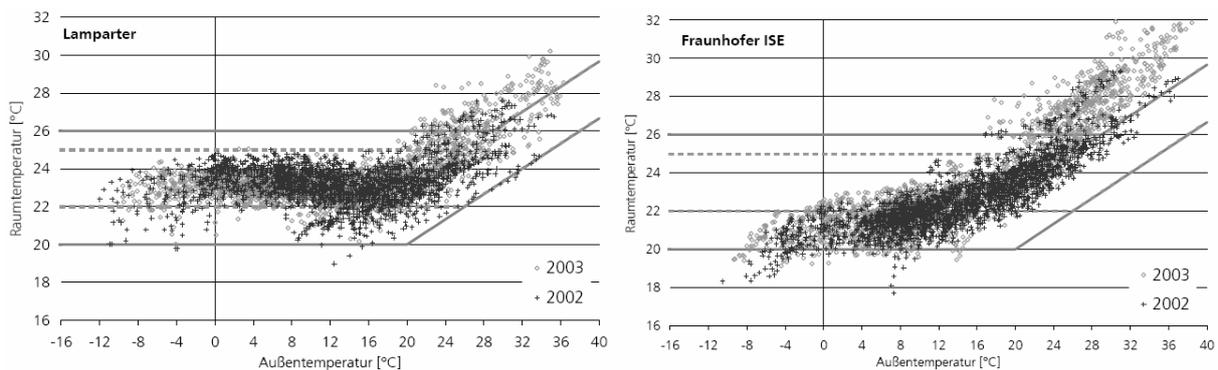


Abb. 4: Raumlufttemperaturen im Passivhaus Lamparter und im Institutsgebäude des Fraunhofer ISE in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946. Dargestellter Zeitraum: 2002 und 2003.

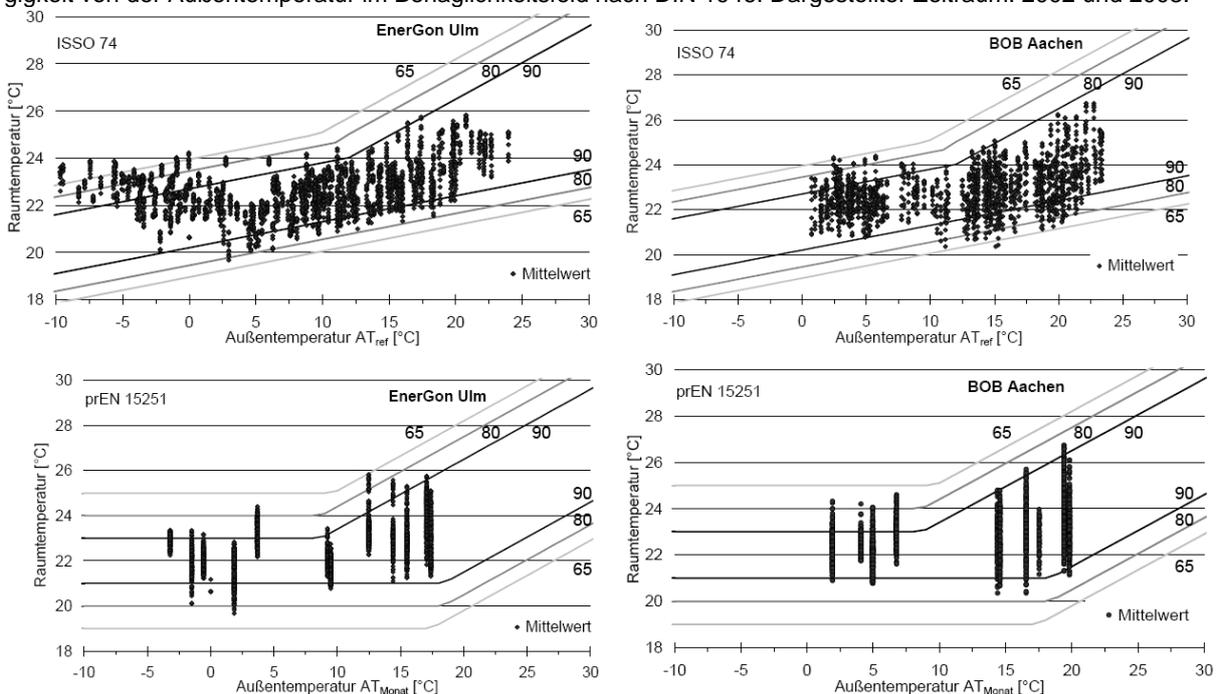


Abb. 5: Bewertung der Raumtemperatur exemplarisch für die Gebäude EnerGon in Ulm (links) und BOB in Aachen (rechts) während der Betriebszeit nach den Kriterien der prEN15251:2005 und der Niederländischen Richtlinie ISSO 74:2004 für den thermischen Komfort. Dargestellt ist die mittlere Raumtemperatur aller Büroräume für das Jahr 2005.

Die Komfortklassen A, B und C entsprechen einer Zufriedenheit der Nutzer mit der Raumtemperatur von 90% (schwarze Linie), 80% (dunkelgraue Linie) und 65% (hellgraue Linie).

Die Messdaten der Demonstrationsgebäude aus den Jahren 2001 bis 2006 wurden hinsichtlich unterschiedlicher normativer Kriterien zum sommerlichen thermischen Komfort ausgewertet. Dabei wurden die Gebäude unter realer Nutzung und damit verbunden mit dem individuellen Nutzerverhalten zu internen Wärmelasten, Fenster und Sonnenschutz bewertet. Zur besseren Vergleichbarkeit wird die Betriebszeit für jedes Gebäude mit 08:00 – 18:00 an Werktagen festgelegt. In Abb. 6 werden für zwei Messperioden die Ergebnisse von sechs Gebäuden dargestellt. Es ist gut ersichtlich, dass sowohl die Auswahl des Komfortkriteriums als auch das jährlich variierende Klima Auswirkung auf die Bewertung haben. Es ist zu erkennen, dass Gebäude mit Nachtlüftungskonzepten nur bei geringeren internen oder externen thermischen Lasten die Komfortkriterien erfüllen können.

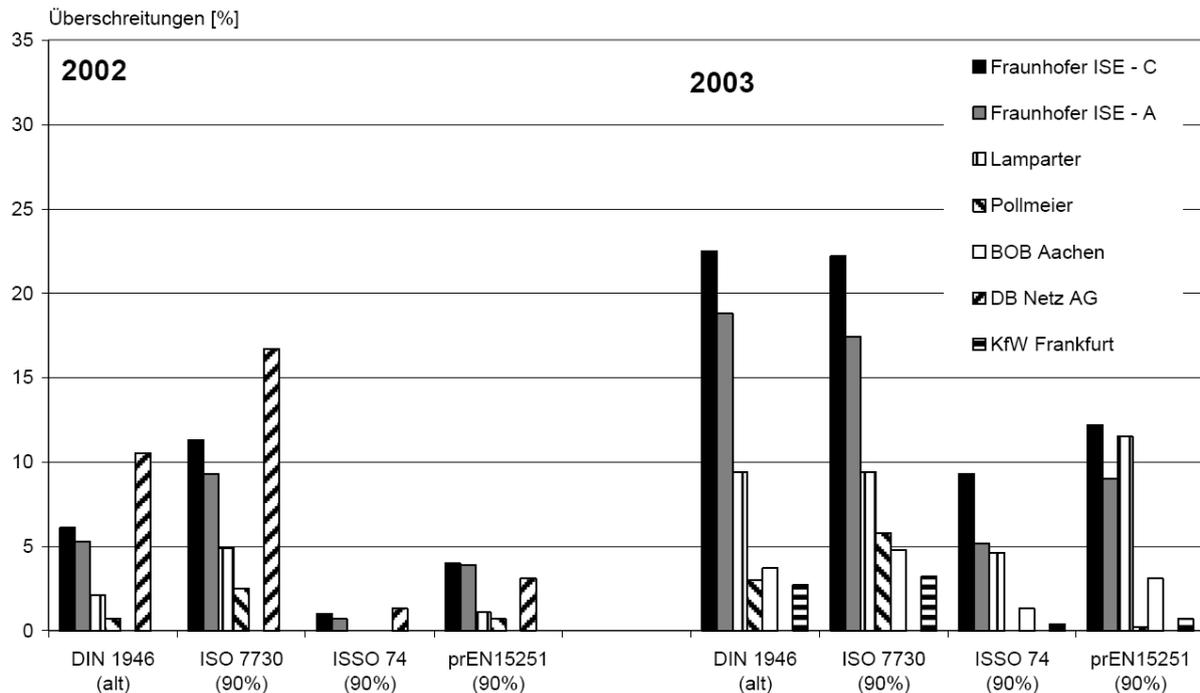


Abb. 6: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur bei Anwendung verschiedener Komfortkriterien auf sechs Gebäude aus dem Förderprogramm EnBau. Dargestellter Zeitraum: 2002 und 2003. Datenquelle ist jeweils die mit dem Messprogramm beauftragte Hochschule.

2.4 Kosten

Aus den Erfahrungen der realisierten Bauten zeigt sich, dass die Aufwendungen zur Energieeinsparung und Solarenergienutzung die Bauwerkskosten prozentual nur in geringem Umfang beeinflussen. Viel einflussreichere Faktoren sind die Entscheidungen über die Gebäudegröße, die Konjunkturlage, die Auswahl von Fassadentypen und -materialien, etc. Die im Beitrag vorgestellten Gebäude zeichnen sich dadurch aus, dass sie zu marktüblichen Investitionskosten erstellt wurden (Abb. 7). Eine vertiefte Betrachtung der Kosten im Lebenszyklus der Demonstrationsprojekte soll zukünftig die bisherigen Ergebnisse ergänzen und erweitern (vgl. 4.2).

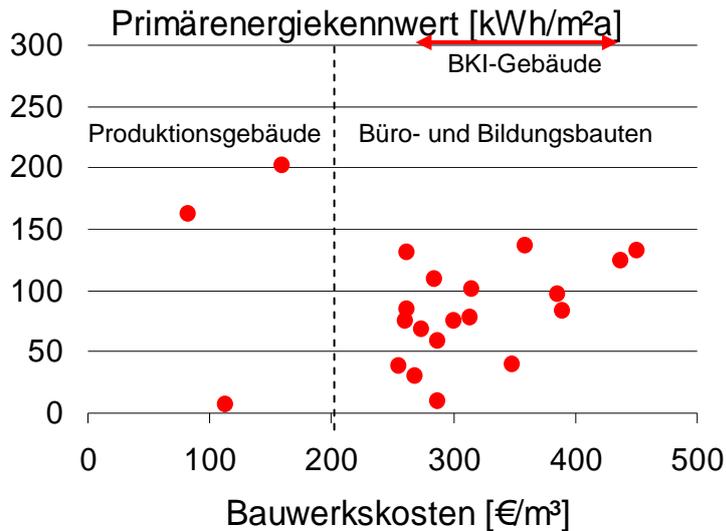
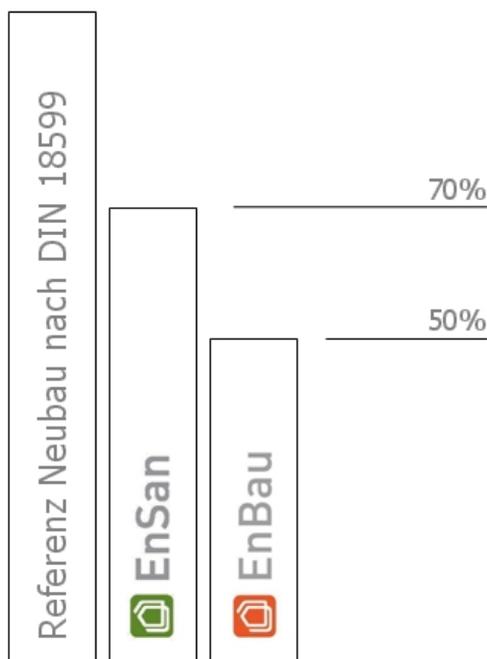


Abb. 7: Bauwerkskosten ausgewählter EnBau-Projekte im Vergleich zu marktüblichen Vergleichskosten nach Baukostenindex BK199.

3 EnSan und EnBau – Die aktuelle Ausschreibung

Noch stärker als bisher fokussiert das Förderkonzept heute auf Demonstrationsprojekte, die sich durch die Anwendung neuer Verfahren oder Technologien bzw. durch besonders ambitionierte energetische Ziele auszeichnen. Dies gilt gleichermaßen für Neubauten wie für das Bauen im Bestand. Die energetischen Zielsetzungen wurden weiterentwickelt und basieren für Nichtwohngebäude heute auf dem Rechenverfahren der DIN V 18599 (Abb. 8). Förderanträge sind jederzeit über den Projektträger Jülich möglich. Weitere Information enthält das Internetportal www.enob.info.

Bezug von Primär- u. Endenergie



Zusätzlich sind abweichend der EnEV 2007 folgende Kriterien einzuhalten:

- Bei Altbauten ist die Bedarfsberechnung ebenfalls für das nicht sanierte Gebäude vorzulegen (Bestand).
- Die Bilanz ist separat für das Gebäude mit und ohne unbeheizte NGF zu erstellen. Die Anforderungen beziehen sich auf das Gebäude ohne unbeheizte Flächen.
- Bei der Darstellung des Ergebnisses sind spezifische Energiekennwerte bezogen auf die beheizte NGF anzugeben.
- Als Referenzanlagentechnik Raumlufttechnik wird immer eine Zu-/Abluftanlage mit Nachheizregister und Wärmerückgewinnung mit einem Wärmebereitstellungsgrad von 75%, aber ohne Kühlung, Be- und Entfeuchtung angesetzt.

Abb. 8: Energetischer Anforderungskatalog an ein Demonstrationsprojekt im Sinne des Förderkonzepts EnOB. Der Zuschlag für Bestandsgebäude bleibt unberücksichtigt.

4 Schwerpunkte der laufenden Forschung

4.1 ‚Netto Null Energie‘ – Wege zur ausgeglichenen Energiebilanz

In den letzten Jahren wurden national und international Gebäude und Siedlungsprojekte initiiert und realisiert, die sich dem vollständigen Ausgleich ihres Primärenergiebezugs für den Betrieb oder der damit verbundenen CO₂-Emissionen im Rahmen einer jährlichen Bilanzierung widmen. Sie heißen Nullenergiehaus, Plusenergiehaus, Nullemissionshaus,...oder im internationalen Sprachraum net zero energy building, zero carbon or carbon neutral building, equilibrium building,...In einigen Ländern macht die Politik sich diese Begriffe als Zieldefinition für Energieeinsparung und Klimaschutz im Gebäudesektor zu eigen; neben Deutschland [14] auch und vor allem die USA [15] und England [16].

Während bei autarken – also nicht ans Stromnetz angebotenen - Gebäuden die (Über-)Dimensionierung des Energiesystems und speziell der Energiespeicher die Versorgung zu jeder Zeit sicherstellen muss [17], wird lediglich ein neutrales Ergebnis einer Energie- oder Emissionsbilanz über den Zeitraum eines Jahres angestrebt (daher der Name: net zero). Dabei spielt die energetische Kopplung an ein vorhandenes Stromnetz die entscheidende Rolle zum Ausgleich von Energieangebot und –nachfrage (Menge und u.U. Art des Energieträgers), im europäischen Klima speziell im saisonalen Maßstab. Gemeinsames Merkmal mit autarken Konzepten ist die ausgeglichene Bilanz, nicht allein ein sehr geringer Energiebedarf (Abb. 9).

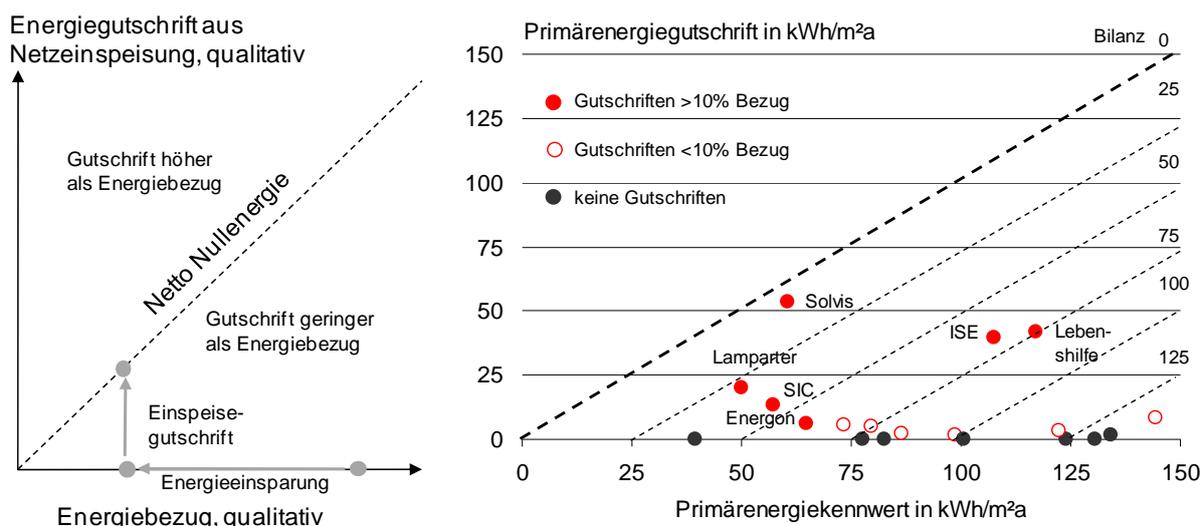


Abb. 9: Die Darstellung links zeigt den prinzipiellen Weg zum Bilanzausgleich durch das Zusammenwirken von Energieeinsparmaßnahmen und Einspeisegutschriften [18]. Rechts im Bild erfolgte die Bilanzbildung für Projekte im Förderprogramm EnOB. 14 Projekte verfügen über technische Einrichtungen der dezentralen Stromerzeugung über KWK (3) oder Solarstromanlagen (11); 6 Projekte erzielen nennenswerte Gutschriften. Darunter sind mit „Energion“ und „Lamparter“ zwei Bürobauten nach dem Passivhauskonzept. Das Projekt „Solvis“ kommt einer ausgeglichenen Bilanz am nächsten.

So einfach das Vorgehen der Energie- und Emissionsbilanzierung erscheint, so komplex wird es im Detail und so zahlreich werden die offenen Fragen. Bisher gibt es kaum Verfahren für die Bilanzierung (z.B.: www.zero-haus.de). Im Rahmen eines Workshops zum Förderkonzept Energieoptimiertes Bauen des BMWi wurde das Thema daher vorgestellt und diskutiert [13]. Als ein Ergebnis ist festgehalten, dass es weniger einer Definition sondern zunächst einer geeigneten Analyse- und Darstellungsmethodik für derartige Projekte bedarf, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu erkennen [18,19]. Als Teil des Projektes EnOB:MONITOR werden die Arbeiten an Netto-Nullenergie-Gebäuden an der Universität Wuppertal national und international im Rahmen der Internationalen Energieagentur IEA weitergeführt.

4.2 Baunutzungskosten

Der ökonomische Vergleich energieeffizienter Gebäude gegenüber konventionellen Gebäuden wird erst über die methodische Einbeziehung der Kosten in der Nutzungsphase umfassend gewährleistet. Im Rahmen der Begleitforschung werden die Demonstrationsprojekte hinsichtlich ihrer Nutzungskosten vergleichend analysiert. Die hierfür erforderliche Datenstruktur, die Erhebungs- und Auswertungsmethodik werden derzeit in einer Kooperation der Lehrstühle für Bau- und Immobilienökonomie der Universitäten Wuppertal und Karlsruhe erarbeitet. Die Ziele der Untersuchung sind:

- ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Methodik und Modelle zur Erfassung von Baunutzungskosten
und
- die Ermittlung eines belastbaren Datenbestands um, u.a. für die Immobilienwirtschaft Kenn- und Orientierungswerte bereitzustellen, die die Kosten des Betriebs von Gebäuden und somit den gesamten Immobilienlebenszyklus umfasst. Dieser Bestandteil der Gebäudeanalytik wird bereits heute als Teil des Facility Managements betrieben und soll in eine vergleichende Forschung mit umfangreicherem Datenbestand überführt werden. Eine so gewonnene Datenbasis soll zukünftig als Referenz für Akteure der Immobilienwirtschaft verfügbar gemacht werden.

Die derzeitige Datenlage über die Demonstrationsprojekte läßt noch keine Bewertung des möglichen Mehrwerts energieeffizienter Gebäude zu. Ein für Mitte 2008 geplanter Workshop der Bauherren und Betreiber bildet den Auftakt für eine intensive Aufbereitung verfügbarer Information.

4.3 Langzeitmonitoring und Betriebsführung

Wie die bisherigen Erfahrungen in den Demonstrationsprojekten zeigen, ist ein kontinuierliches Monitoring von Gebäude entscheidend, um ihre Performance dauerhaft zu gewährleisten. Die Weiterentwicklung von Werkzeugen zur optimierten Betriebsführung und Justierung von Gebäuden und technischen Anlagen im Betrieb ist ebenfalls Teil der laufenden Arbeiten der Begleitforschung und basieren auf den bisher gewonnenen Erkenntnissen.

Wesentlicher Beitrag dazu ist der Aufbau einer für wissenschaftliche Arbeiten offen verfügbaren Meßdatenbank am Fraunhofer ISE. Diese Datenbank sichert die Meßergebnisse ausgewählter Demonstrationsprojekte in hoher zeitlicher Auflösung. Nach Arbeiten an der Datenbankstruktur in 2007 werden die Daten erster Gebäude bereits über dieses Datenbanksystem automatisch abgefragt. Über Zugriffsmöglichkeiten informiert zukünftig das Internetportal `[www.enob.info`](http://www.enob.info).

4.4 Wissenstransfer

Ein besonderer Schwerpunkt von EnOB:Monitor ist der Transfer der Forschungsergebnisse in die Aus- und Weiterbildung (Abb.10).

Fortbildungsangebote werden zukünftig gemeinsam mit den Architekten- und Ingenieurkammern organisiert, um die Ergebnisse aus der Forschung in die Planungspraxis zu überführen und die Erfahrungen aus der Begleitforschung im direkten Kontakt zu vermitteln.

Im Rahmen der Hochschulausbildung wird ein didaktisches Konzept auf Basis der einer gemeinsamen Lernplattform der beteiligten Universitäten entwickelt, das Studierenden auch als Online-Angebot zur Verfügung stehen wird. Nach einem Start als „Lehr“-Plattform soll sie als

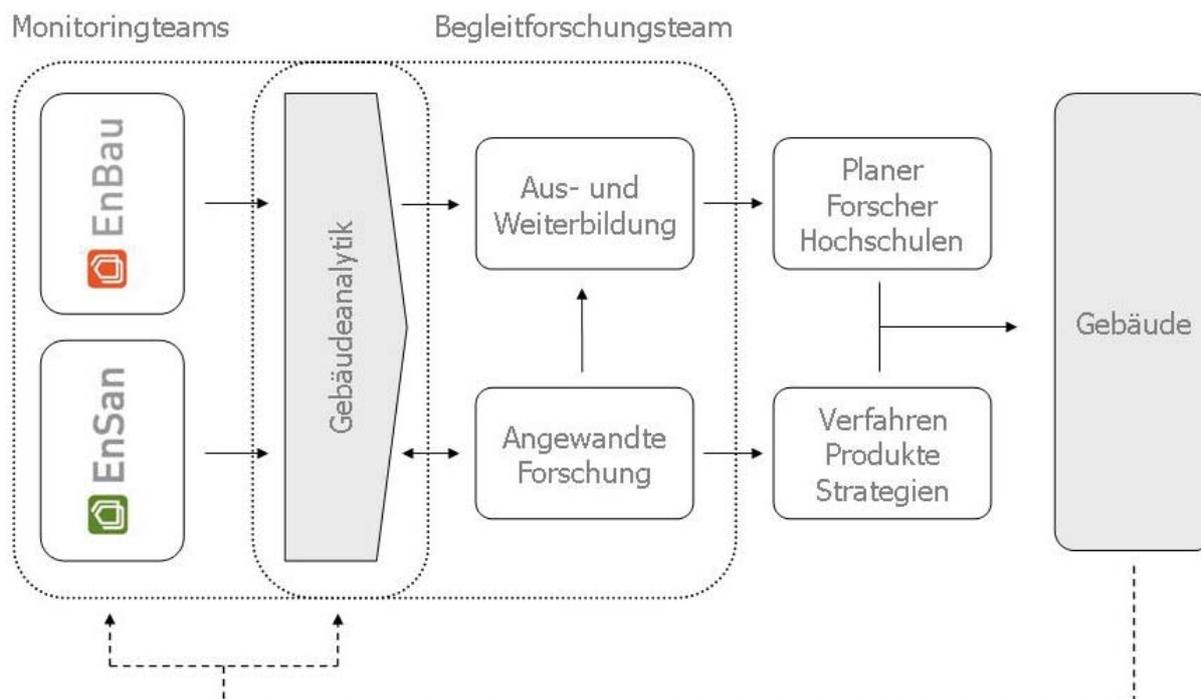


Abb. 10: Struktur des Wissenstransfers im Begleitprojekt EnOB:Monitor

„Lern“-Plattform in Zukunft die Möglichkeit der durchgängigen Simulation von parametrisierten Gebäudemodellen und eine visualisierte Ausgabe der Berechnungsergebnisse für sämtliche energetisch relevanten Bereiche der Gebäudeplanung bieten. Es werden hierzu offen zugängliche Entwicklungen in der Gebäudesimulation zusammengeführt und um eigene Softwarewerkzeuge ergänzt. Weiterhin sind Sommeruniversitäten in Form von Blockveranstaltungen geplant, um Studierenden die Möglichkeit zu bieten die entwickelten Werkzeuge anzuwenden und an den umfangreichen Erfahrungen der Demonstrationsprojekteilzuhaben. Eine erste Sommeruniversität ist für 2009 unter der Leitung vorgesehen.

Querschnittspublikationen in nationalen und internationalen Fachmedien und übergreifende Vorträge ergänzen und unterstützen die Aktivitäten der Begleitforschung. Sie werden ebenfalls über das Internetportal „www.enob.info“ zur Verfügung gestellt.

5 Fazit

Die Anforderungen an die Reduktion des Energieverbrauchs von Gebäuden werden in den kommenden Jahren weiter wachsen. Mit der Ankündigung der Bundesregierung, die Grenzwerte der EnEV in den Jahren 2009 und 2012 um jeweils weitere 30% zu reduzieren wird deutlich, dass die Zukunftsfähigkeit von Immobilien stark von ihrem Energieverbrauch abhängt. Daher wird die systematische Gebäudeanalytik, die Betriebsführung und -justierung zunehmend im Rahmen der Emissionsreduktion, Verbrauchsminimierung und nicht zuletzt eine resultierende Betriebskostenreduktion an Bedeutung gewinnen. In diesem Zusammenhang sind die präzise Festlegung von Kennwerten, Mess- und Bewertungsverfahren und Definitionen wichtig, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Die Planung, Umsetzung und Evaluierung von Demonstrationsgebäuden des Nichtwohnungsbaus unter Maßgabe eines ganzheitlichen Primärenergiezielwertes hat belastbare Ergebnisse auf einem in dieser Breite und Tiefe noch neuen Arbeitsgebiet ergeben. Die realisierten Vorhaben zeigen, dass es bereits heute Stand der Technik ist, die kommenden gesetzlichen Vorgaben bei Einhaltung eines üblichen Baukostenrahmens zu unterschreiten.

Information aus erster Hand:

Das EnOB Symposium 2008 bietet die Möglichkeit zur umfassenden Information über die Ergebnisse und zukünftige Aufgaben. Es findet am 1. und 2. Oktober unter dem Motto „Auf dem Weg zu Nullenergie-Gebäuden - Erfahrungen und Impulse aus dem Förderschwerpunkt energieoptimiertes Bauen“ im Kongresszentrum Dresden statt. Unterlagen dazu stehen in Kürze über das Portal 'www.enob.info' zur Verfügung.

Literatur:

- [1] "Energy Performance of Buildings" (EPBD, 2003), Directive 2002/91/EC of the European Parliament and Council
- [2] Voss, K., Löhnert, G., Herkel, S., Wagner, A. and Wambsganß, M. (2006): Bürogebäude mit Zukunft – Konzepte, Analysen, Erfahrungen, Solarpraxis Berlin, 2. Auflage, ISBN-10: 3-934595-59-6.
- [3] Gossauer, E., Leonhart, R. and Wagner, A. (2006): Workplace occupant satisfaction at workplaces – a study in sixteen German office buildings. Proceedings of Windsor Conference on Comfort and Energy Use in Buildings, Windsor, UK.
- [4] Gossauer, E. (2008): Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden - Eine Feldstudie, Dissertation an der Universität Karlsruhe
- [5] Hoffmann, C., Voss, K.: Passive cooling of existing office buildings – proposal of a building typology, PLEA, Geneva (2006)
- [6] Hoffmann, C. (2007): Sanierung als zweite Chance, Strategien für ein angenehmes Raumklima ohne aktive Kühlung in Bürogebäuden Mitteleuropas, Dissertation an der Bergischen Universität Wuppertal
- [7] Hoffmann, C., Voss, K.: Zur Ermittlung des Energiebedarfs für Kunstlicht in Bürogebäuden – Diskussion von Messresultaten. Bauphysik 27 Heft 4, (2005)
- [8] Kalz, D., Pfafferott, J., Herkel, S. (2006): 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.
- [9] Pfafferott, J., Herkel, S., Kalz, D. and Zeuschner, A. (2006): 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.
- [10] Pfafferott, J. (2004): Enhancing the Design and the Operation of Passive Cooling Concepts. Monitoring and Data Analysis in four Low-Energy Office Buildings with Night Ventilation. Dissertation an der Universität Karlsruhe
- [11] Voss, K., Herkel, S., Löhnert, G., Pfafferott, J. and Wagner, A. (2006): Energy efficient office buildings with passive cooling – Results from a Research and Demonstration Programme. Proceedings of 4th European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings, Lyon, France.
- [12] Voss, K., Pfafferott, J., Kalz, D. (2006): Energieeinsparung contra Behaglichkeit? Forschungsbericht Heft 121, Hrsg.: BMVBS/BBR, Bonn, ISBN 978-3-87994-453-8
- [13] Voss, K., Kramp, M. (2007): Nullenergie-/Nullemissionsgebäude, EnOB:MONITOR Projektbericht, Universität Wuppertal, btga
- [14] Innovation und neue Energietechnologien, 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, 2005
- [15] Better Building - Brighter Future, US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
- [16] Building A Greener Future: Towards Zero Carbon Development, Department for Communities and Local Government
- [17] Goetzberger, A, et. al., *The Self-Sufficient Solar House Freiburg*, Advances in Solar Energy, vol. 9, p.1-70, 1994
- [18] Voss, K.: Was ist eigentlich ein Nullenergiehaus?, Europäische Passivhaustagung, Nürnberg, 2008
- [19] Voss, K., Kramp, M.: "Zero-energy/Emission-Buildings" - Terms, definitions and building practice, CESB Conference, Prague, 2007
- [20] Voss, K., Hoffmann, C., G., Herkel, S., Wagner, A. and Wambsganß, M., Löhnert, G. (2006): Energieeffiziente Büro- und Verwaltungsbauten - Analysen und Erfahrungen im Kontext des Förderkonzepts Energieoptimiertes Bauen , HLH, Heft Nr. 7, 2007

Anhang

Tabelle 2a: Zusammenstellung der Fördervorhaben im Projekt EnBau

Gebäude- bezeichnung		Monitoringteam		NGF in m ²	Status
ECOTEC	Bremen	Universität Bremen		2.941	Abgeschlossen
Wagner	Cölbe	Universität Marburg		1.948	Abgeschlossen
FhG ISE	Freiburg	Hochschule Biberach, Fraunhofer ISE		13.150	Abgeschlossen
DB Netz	Hamm	Universität Karlsruhe (TH)		5.974	Abgeschlossen
GIT	Siegen	Universität Siegen		3.243	Abgeschlossen
Lamparter	Weilheim	Hochschule für Technik, Stuttgart		1.000	Abgeschlossen
Pollmeier	Creuzburg	Zentrum für umweltgerechtes Bauen, Kassel		3.510	Abgeschlossen
KfW	Frankfurt	Universität Karlsruhe (TH)		8.585	Abgeschlossen
Energieforum	Berlin	Technische Universität Braunschweig		20.693	Abgeschlossen
Energon	Ulm	Fachhochschule Ulm		6.911	Abgeschlossen
TZM	Erfurt	Fachhochschule Erfurt		8.976	Abgeschlossen
BOB	Aachen	Fachhochschule Köln		2.072	Abgeschlossen
SIC	Freiburg	Hochschule Offenburg		13.833	Monitoring
UBA	Berlin	TU Cottbus, FH Sachsen- Anhalt		32.384	Monitoring
DVZ	Eberswalde	Technische Universität Cott- bus		19.399	Monitoring
Regionen- haus	Hannover	Technische Universität Braunschweig		7.222	Monitoring
FH BRS	St. Augustin	Universität Dortmund		26.987	Abgeschlossen
NIZ	Braunschweig	Technische Universität Braunschweig		8.570	Abgeschlossen
ZUB	Kassel	Universität Kassel		1.732	Monitoring
GMS	Biberach	Hochschule für Bauwesen und Wirtschaft, Biberach		10.650	Monitoring
Huebner	Kassel	Universität Hannover		2.122	Abgeschlossen

Tabelle 2b: Fortsetzung

Gebäude- bezeichnung		Monitoringteam		NGF in m ²	Status
Surtec	Zwingenberg	Universität Darmstadt, Pas-sivhaus Institut		4.423	Abgeschlossen
Solvis	Braunschweig	Fachhochschule Braun-schweig/Wolfen-büttel		8.215	Abgeschlossen
Lebenshilfe	Lindenberg	Technische Universität Mün-chen		4.623	Monitoring
Museum Ritter	Waldenbuch	Universität Karlsruhe (TH)		3.232	Monitoring
SDH	Darmstadt	Universität Darmstadt		50	In Bau

Tabelle 3a: Zusammenstellung der Fördervorhaben im Projekt EnSan

Gebäude- bezeichnung		Monitoringteam		NGF in m ²	Status
Uni-Bibliothek	Bremen	Hochschule Bremerhaven		25.011	Monitoring
Laborgebäude	Jülich	Forschungszentrum Jülich		3.380	Abgeschlossen
MOSES	Stuttgart	IKE Stuttgart		5.160	Abgeschlossen
Wohngebäude	Friedland	Forschungsges. BAU UND UMWELT Berlin	-	1.740	Abgeschlossen
Sanierung Plattenbau	Wittenberg	Forschungsges. BAU UND UMWELT Berlin	-	4.350	Abgeschlossen
Sanierung mit TWD	Köpenik	ASSMANN Berlin RK Stuttgart	-	1937	Abgeschlossen
Käthe-Kollwitz-Schule	Aachen	IB INCO Aachen		8.737	Abgeschlossen
Hochhausanlage	Karlsruhe	FH Karlsruhe	-	9.560	Abgeschlossen
Pflegeheim „Haus Sonnenberg“	Stuttgart	Fraunhofer-Institut für Bau-physik Stuttgart		5.166	Monitoring
Sanierung Typ P2 auf NEH	Friedrichs-hagen	ASSMANN Berlin RK Stuttgart	-	1.936	Abgeschlossen
Kita Plappersnut	Wismar	Universität Rostock		k.A.	Monitoring
Gutshofkomplex	Wietow	Universität Rostock	-	1.267	Abgeschlossen

Tabelle 3b: Fortsetzung

Gebäude- bezeichnung		Monitoringteam		NGF in m ²	Status
Gründerzeitwohn- gebäude "Bautz- ner Straße"	Zittau	FH Zittau	-	1.153	Abgeschlossen
Wohngebäude	Schwabach	Fraunhofer-Institut für Bau- physik Holzkirchen	-	933	Monitoring
Modern. Kl.Wohngeb. auf 3-Liter-Haus- Niveau	Mannheim	IGE Institut für Gebäude- und Energietechnik	-	1.150	Abgeschlossen
Gemeindezent- rums "Guter Hirte"	Ulm- Boffingen	Fraunhofer-Institut für Bau- physik Stuttgart	-	G 887, K 482, P 393	Monitoring
Geschoss- Wohngebäude	Hamburg	TU Hamburg Harburg	-	691	Monitoring
Büro im Passiv- haus-Standard	Tübingen	Hochschule für Technik Stuttgart	-	k.A.	Abgeschlossen
Neue Burse	Wuppertal	Bergische Universität Wup- pertal		17.007	Abgeschlossen
Großelement- Dämmtechnik	Hofheim	IWU Darmstadt		600	Monitoring
Haupthaus KfW	Frankfurt	Universität Karlsruhe (TH)		19.639	Monitoring
REB	Remscheid	Bergische Universität Wup- pertal		3.328	Monitoring
EuB	Karlsruhe	Universität Karlsruhe (TH)		1.111	Monitoring
Luitpoldhaus der Stadtbibliothek	Nürnberg	k.A.	-	k.A.	In Bau