

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Herkel, Sebastian; Kagerer, Florian

Energieeffiziente Planung im Neubau und Bestand am Beispiel Bauhof Passau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102157>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

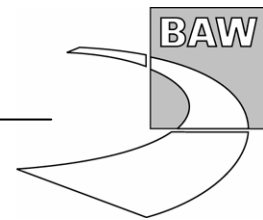
Herkel, Sebastian; Kagerer, Florian (2007): Energieeffiziente Planung im Neubau und Bestand am Beispiel Bauhof Passau. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Energetische Ertüchtigung von Gebäuden der WSV. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 37-49.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Dipl.-Ing. Sebastian Herkel, Florian Kagerer, Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme, Freiburg

Energieeffiziente Planung im Neubau und Bestand am Beispiel Bauhof Passau

Im Rahmen des Förderprogramms "Energie Optimiertes Bauen - EnBau" des Deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie wurden seit 1998 über 20 Projekte aus dem Nichtwohnungsbereich gefördert, wenn der prognostizierte Primärenergiebedarf für die gesamte Gebäudetechnik $100 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ nicht überschritten wurde. Ziel aller Demonstrationbauten ist die Verbindung einer hohen Arbeitsplatzqualität mit niedrigem Energieverbrauch. Entsprechend dieser Zielwerte und Vorgaben ist es nun Aufgabe, das Dienstgebäude der Bundesanstalt für Wasserbau BAW und den dazugehörigen Bauhof nach heute möglichen energetischen Standards in der Baupraxis umzusetzen.

1 Im Vordergrund steht die Arbeitsplatzqualität

In Bürogebäuden dominieren die Gehälter der Mitarbeiter in einer Jahreskostenbetrachtung, während die unmittelbaren Energiekosten meist deutlich unter 1% ausmachen [1]. Andererseits sind die Energiekosten oft der größte Einzelposten in den Nebenkosten, der so genannten „zweiten Miete“. Diese summiert sich im Falle eines voll klimatisierten Gebäudes in 50 Betriebsjahren auf etwa die Hälfte der Investitionskosten für das Gebäude.

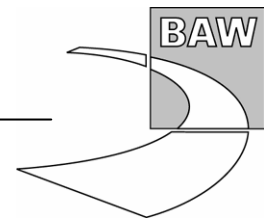
Wegen der hohen Bedeutung der Personalausgaben stehen optimale Bedingungen am Arbeitsplatz im Mittelpunkt einer Gebäudeplanung. Hohe Arbeitsplatzqualität trägt zur Zufriedenheit und Motivation der Mitarbeiter bei. Nur mit Gebäuden hoher Nutzungsqualität lassen sich auf einem hart umkämpften Markt langfristig sichere Renditen erzielen.

Maßnahmen zur Energieeinsparung sind vor allem in solchen Bereichen erfolgreich, in denen sich gleichzeitig positive Auswirkungen für die Nutzungsqualität ergeben.

2 Energieverbrauch in Verwaltungsgebäuden

Knapp ein Viertel des deutschen Gebäudebestands fiel 1995 in die Kategorie des Nichtwohnbaus. Während im Wohnungsbau die Bereitstellung von Wärme für die Raumheizung und Warmwasser mit 92% dominiert, kommt in den Bürogebäuden dem elektrischen Energieverbrauch eine wesentlich größere Bedeutung zu. Die dominierenden Einflussfaktoren auf den Stromverbrauch sind der Umfang und Energieeffizienz der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) für Beleuchtung, Lüftung und Klimatisierung sowie der Büroausstattung [2].

Im Betrieb von Bürogebäuden wird häufig angestrebt, eine hohe Arbeitsplatzqualität durch eine möglichst vollständige Entkopplung des Innenklimas vom Außenklima zu erreichen. Dabei treten trotz der mit dem Stromverbrauch verbundenen Wärmeentwicklung im Gebäude auf Grund des hohen Verglasungsanteils und der hohen Lüfterneuerungsraten hohe Heizwärmeverbräuche auf. Abbildung 1 zeigt qualitativ ein typisches Energieverbrauchsprofil als Funktion der Außentemperatur. Zu einem klimaunabhängigen Sockelbetrag des Energie-



verbrauchs wird unterhalb der Gleichgewichtstemperatur geheizt und befeuchtet, darüber gekühlt und entfeuchtet. Der Sockelbetrag resultiert aus der Geräteausrüstung und dem Leerlaufbetrieb der technischen Gebäudeausrüstung.

In der Praxis existieren kaum Tage, an denen weder geheizt noch gekühlt wird. Zeitweise wechseln sich zu Lasten des Energieverbrauchs Heizen und Kühlen im Tagesverlauf oder örtlich im Gebäude ab. Zudem erfolgt aus fehlender Kenntnis des Energieverbrauchs und bei Neubauten wegen fehlender Inbetriebnahme ein nicht optimaler Betrieb der Gebäude.

Auf Grund mangelnder Beeinflussbarkeit empfinden viele Nutzer Gebäude mit einer Klimatisierung trotz objektiv guten Raumklimas als unangenehm [7].

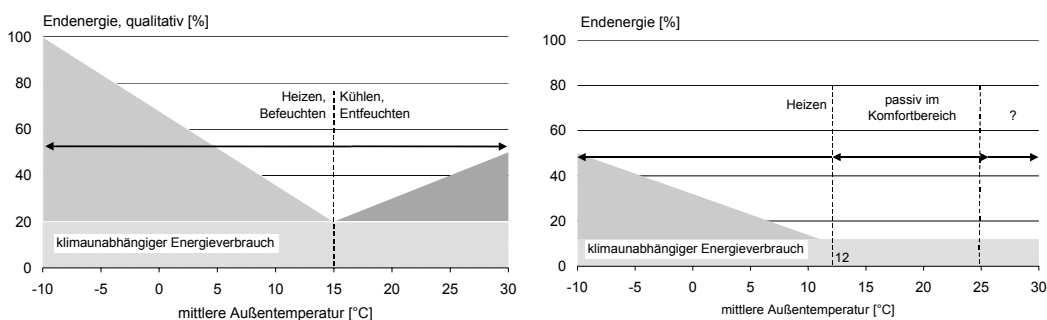


Abbildung 1: Endenergieverbrauch eines Bürogebäudes mit mäßigem Wärmeschutz und aktiver Kühlung (links) und eines „schlanken“ Gebäudes (rechts)

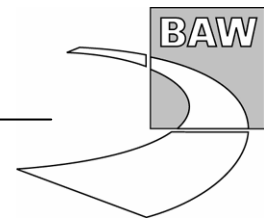
3 Schlanke Gebäude

In zunehmenden Maße werden Bürogebäude realisiert, die durch ein hohes Maß an individueller Einflussnahme auf das Raumklima den Bedürfnissen der Nutzer entsprechen und die Entkopplung von Raum- und Außenklima durch eine moderate Ankopplung ersetzen. Tageslichtorientierte Arbeitsplätze gehören ebenso zu den Merkmalen solcher Gebäude wie die Möglichkeit zur freien Lüftung durch offenbare Fenster. Der Verzicht auf eine sommerliche Aufbereitung der Zuluft durch aktives Kühlen oder Entfeuchten gelingt aber erst durch ein integral geplantes Maßnahmenpaket zur energieeffizienten Kühlung.

Auf Grund des geringeren Umfangs an raumluftechnischen Anlagen wurde für derartige Konzepte der Begriff der „schlanken Gebäude“ eingeführt [1]. In Analogie zu der Entwicklung von Passivhäusern des Wohnungsbaus besteht die Aufgabe, Gebäude so zu konzipieren, dass über einen großen Variationsbereich des Außenklimas das Raumklima im Rahmen eines definierten Komfortbereichs bleibt, der mit den Erwartungen der Nutzer übereinstimmt [4].

4 Förderkonzept EnBau

Als energierelevante Planungsaufgabe liegt neben dem sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz ein Schwerpunkt auf der technischen Gebäudeausrüstung für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Beleuchtung. Diesem wird durch die geplante Änderung der EnEV für Nichtwohngebäude in 2007 als nationale Umsetzung der europäischen Richtlinie für Ge-



samtenergieeffizienz in Gebäuden Rechnung getragen. Mit dem Förderprogramm EnBau des BMWi wurden die dazugehörigen Vorläuferprojekte initiiert.

Die Kernpunkte für ein Demonstrationsprojekt im Sinne des Förderkonzepts EnBau sind:

- Primärenergiebezug für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Beleuchtung unter 100 kWh/m²a
- Heizwärmeverbrauch unter 40 kWh/m²a
- keine flächendeckende, aktive Kühlung
- Integration erneuerbarer Energien in die Versorgungstechnik.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft eine mögliche Zusammensetzung des Energiebezugs für ein Gebäude aus dem Förderprogramm verglichen mit der Querschnittserhebung im Bestand nach [1]. Eine Primärenergiekennzahl von 100 kWh/m²a entspricht einer Verbrauchsreduktion annähernd um den Faktor 3. Zielführend dafür ist zunächst eine Minderung des Heizwärmeverbrauchs auf unter 40 kWh/m²a und der Verzicht auf Klimatisierung. Verbesserte Tageslichtnutzung in Verbindung mit effizienter künstlicher Beleuchtung senkt den Stromverbrauch. Die Integration erneuerbarer Energien in die Wärme- und Stromversorgung mindert den Energiebezug (Solarkollektoren, Biomasse) oder ersetzt in einer Bilanzbetrachtung einen Teil des Netzstrombezugs. Die Fortschreibung der Anforderungen erfolgt auf Basis der Ziele des Energieforschungsprogramms des Bundes mit der Methodik der DIN 18599 V.

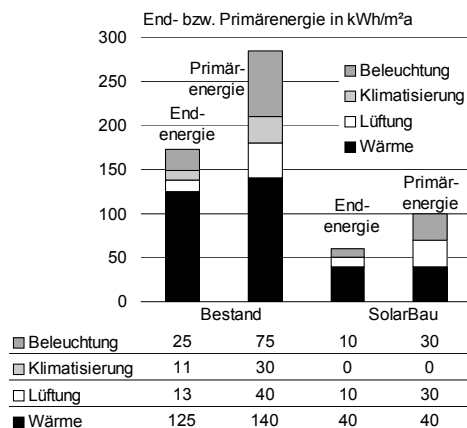
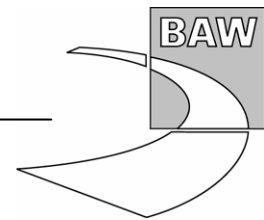


Abbildung 2: Zielwerte aus dem Förderkonzept EnBau verglichen mit Verbrauchswerten für Bürogebäude aus dem Bestand nach [1].

5 Konzepte: Passive Kühlung

Ein wichtiger Bestandteil im Energiekonzept solcher Gebäude ist die energieeffiziente Bereitstellung eines angenehmen Raumklimas im Sommer. Um auf eine aktive Kühlung verzichten zu können, werden bereits in der Planungsphase solare und interne Wärmelasten durch wirksamen Sonnenschutz bzw. verbesserte Tageslichtnutzung, Beleuchtungsautomatisierung und konsequente Gerätewahl (z. B. Flachbildschirme) reduziert. Die reduzierten Wärmelasten können weitgehend durch die Lüftung oder über thermisch aktive Bauteilsysteme (TABS) abgeführt werden. Bei hinreichend niedrigen, nächtlichen Außentemperaturen



kann die Wärme mit der kühlen Nachtluft abgeführt werden. Als besonders leistungsfähige Wärmesenken kommen das Erdreich oder das Grundwasser in Frage.

Folgende Technologien werden in den Demonstrationsgebäuden eingesetzt: Freie und mechanische Nachtlüftung, Erdwärmetauscher (luftdurchströmte Rohre im Erdreich) sowie Betonkernaktivierung in Kombination mit Erdsonden oder Grundwasserkühlung mit Schluckbrunnen. Die Technologien sind in der Baupraxis eingeführt, können zu wettbewerbsfähigen Kosten (Investition und Betriebskosten) realisiert werden und gewährleisten – bei richtiger Planung und Betriebsführung – ein gutes Raumklima ohne aktive Klimatisierung, siehe unten.

Allerdings kommen diese Konzepte mit niedrigem Exergieaufwand („Low-Ex“) insbesondere bei Nutzung der kühlen Nachtluft an Grenzen, wenn besonders hohe Anforderungen an die Raumtemperatur gestellt werden oder hohe Wärmelasten abgeführt werden müssen. Daher müssen in der Planung die Grenzen der passiven Kühlung für z.B. wechselnde Nutzungsanforderungen bestimmt und beachtet werden.

6 Sommerliches Temperaturverhalten

Bezüglich des sommerlichen Temperaturverhaltens und der passiven Kühlung muss sich das Gebäudekonzept an der Temperatur in den Büros bei hohen Außentemperaturen orientieren. Nach DIN 1946 (nicht mehr gültig) sollte die maximale (örtliche) operative Raumtemperatur für Gebäude mit RLT-Anlagen 25 °C bis zu einer Außentemperatur von 26 °C nicht überschreiten und darf bei höheren Außentemperaturen auch darüber liegen. Dieses Kriterium wird nachfolgend beispielhaft auch für ein nicht klimatisiertes Gebäude angewendet. Werden die Temperaturen aus dem realen Betrieb unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens und ohne Klima- und Nutzungskorrektur aufgetragen, zeigt Abbildung 3 beispielhaft, dass die Kriterien im Sommer 2002 weitgehend eingehalten wurden. Die Maximaltemperaturen in den Büros lagen zwischen 27 und 28 °C und sind in erster Linie auf das Nutzerverhalten (Sonnenschutz und Fensteröffnung) zurückzuführen [1,5].

Ebenso wie für klimatisierte Gebäude war der extrem warme Sommer 2003 eine Herausforderung für passiv gekühlte Gebäude mit Nachtlüftung mit z.B. 23 Tagen mit Tagesmittelwerten > 26°C in Freiburg. Gebäude mit Erdsonden als Wärmesenke zeigen eine gute Performance auch in sehr warmen Perioden, (Abbildung 4) [6].

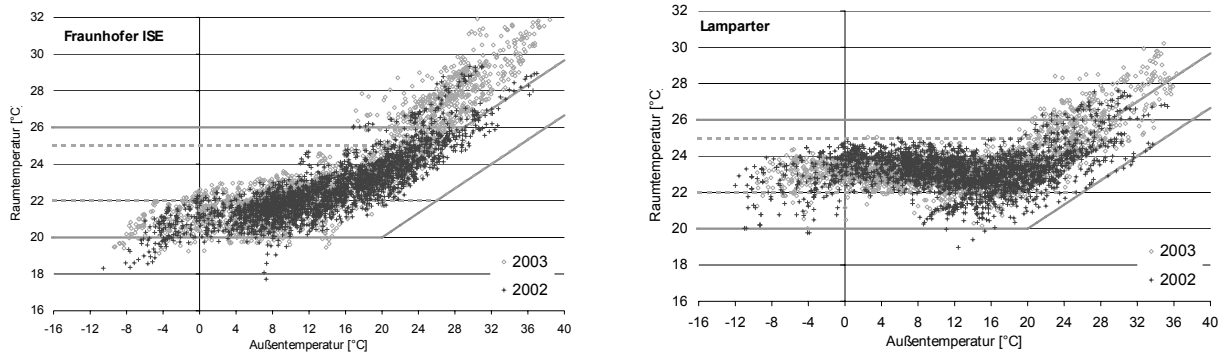
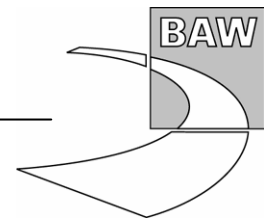


Abbildung 3: Raumlufttemperaturen im Passivhaus Lamparter und FhG-ISE in Abhängigkeit von der Außentemperatur im Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946. Dargestellter Zeitraum: 2002 und 2003.

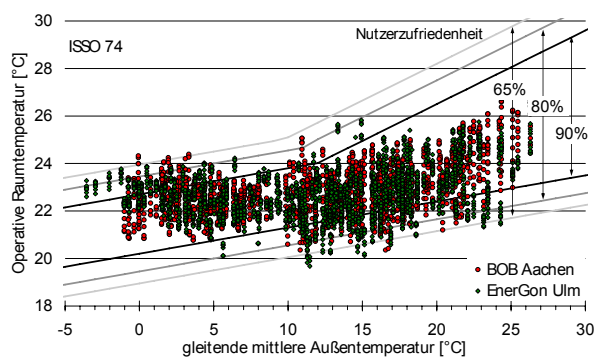
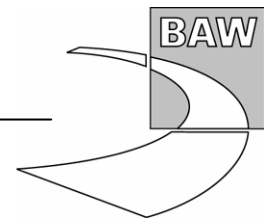


Abbildung 4: Thermischer Komfort exemplarisch für die Gebäude Energon Ulm (grün) und BOB Aachen (rot): Dargestellt ist die gemessene mittlere Raumtemperatur der Büros während der Anwesenheitszeit der Nutzer (8:00 bis 18:00) in Abhängigkeit des gleitenden Mittels der Außentemperatur (Richtlinie ISSO 74). Gemäß den Behaglichkeitskriterien sind 65% der Nutzer immer mit der Raumtemperatur zufrieden (Nutzerzufriedenheit: 90% (schwarze Linie), 80% (dunkelgraue Linie), 65% (hellgraue Linie)). Alle Daten für das Jahr 2005, Datenquelle Hochschulen Ulm und Köln.



7 Energiekennzahlen der EnBau-Gebäude

Anfang 2007 befanden sich 25 Projekte in der Förderung. Ein großer Teil davon ist bereits abgeschlossen (16 Projekte), weitere befinden sich der Messphase (7), andere in Planung und Bau (2).

Abbildung 5 fasst die Ergebnisse der Projekte sowie die 2006 zur Verfügung stehenden Jahresmessdaten grafisch zusammen. Primärenergiefaktoren und Stromgutschriften basieren auf DIN 4701/10. Zur Vereinfachung der Bilanzierung wurde Solarstrom (PV) mit der gleichen Stromgutschrift wie die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bewertet, Biomasse für Heizzwecke erhält den Primärenergiefaktor 0,2.

Erfreulicherweise erreichen die meisten Gebäude die angestrebten Energiekennwerte, wobei vor allem dann sehr niedrige Verbrauchswerte erreicht werden, wenn der Wärmebedarf sehr niedrig ist. Einige Gebäude kommen durch regenerative Produktion von Strom und Wärme dem Ziel einer ausgeglichenen Primärenergiebilanz recht Nahe (Abbildung 6).

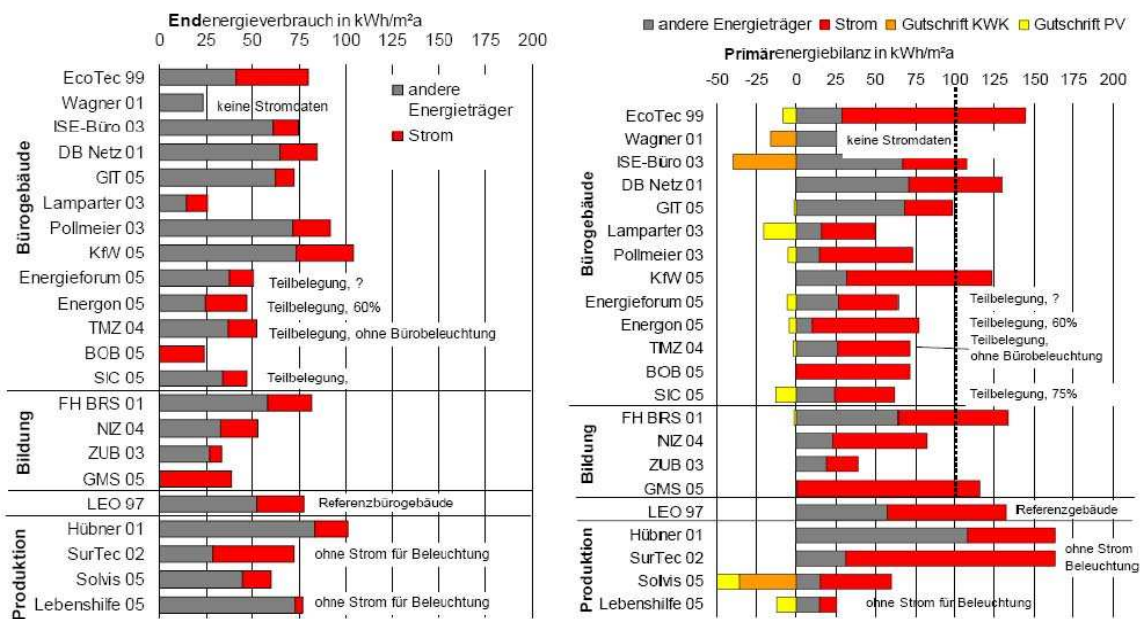


Abbildung 5: Endenergie- (links), und daraus abgeleitete Primärenergiekennzahlen (rechts). Primärenergiefaktoren basieren auf DIN 4701/10 [3]. Zur Vereinfachung der Bilanzierung wurde Solarstrom (PV) mit der gleichen Stromgutschrift wie die Kraft-/Wärmekopplung (KWK) bewertet, Biomasse für Heizzwecke 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.

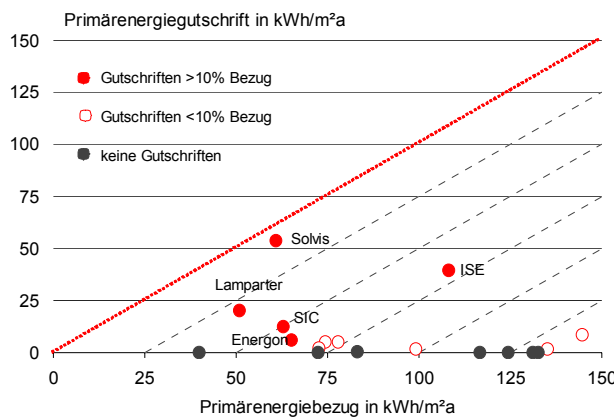
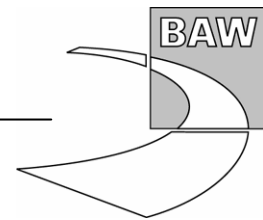


Abbildung 6: Neben einem reduzierten Primärenergiebezug ragen manche Gebäude durch einen hohen Anteil an lokal erzeugtem Strom aus Photovoltaik oder Kraft-Wärmekopplung hervor. So genannte „Nullenergiegebäude“ haben eine ausgeglichene Jahresbilanz von Primärenergiebezug und -gutschriften [3].

8 Betriebsführung

Neben der Berücksichtigung der Energieeffizienz bei der Planung ist auch die Überwachung des Betriebes und ggf. die Optimierung der Betriebsführung eine Voraussetzung Energiekosten in Nichtwohngebäuden effizient und langfristig 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 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.

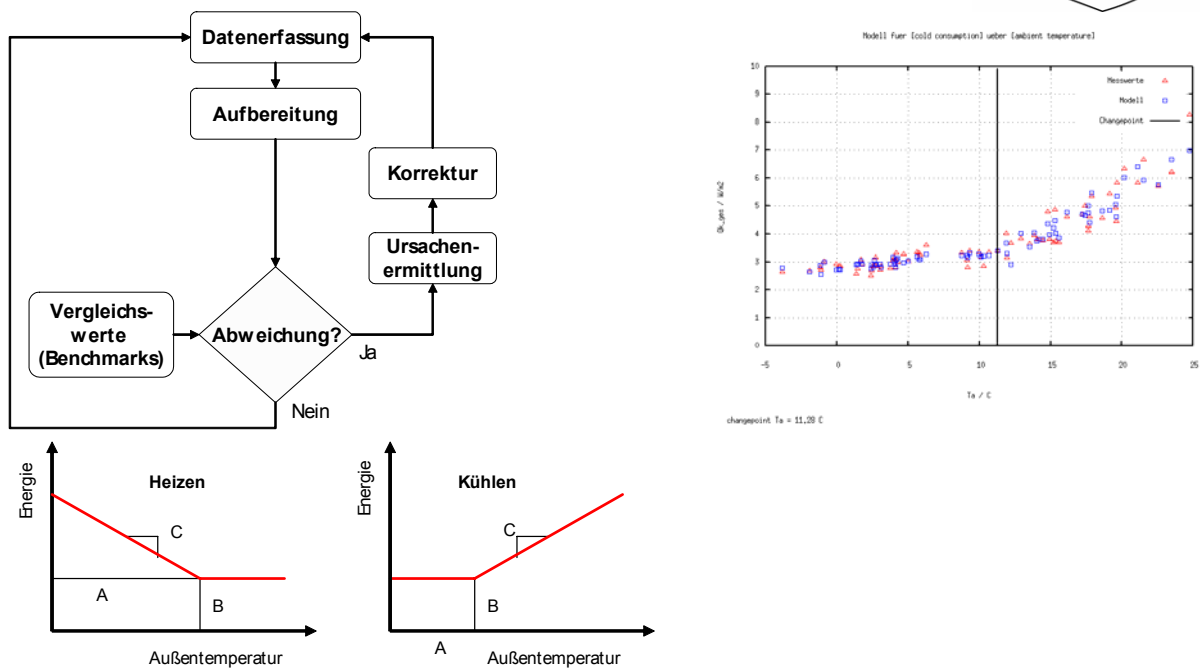


Abbildung 7: Grundprinzip der modellbasierten Betriebsführung (links oben), Drei-Punkt-Modelle für Heizenergie und Kühlenergie als Funktion der Außentemperatur (unten) sowie Anwendung eines solchen Modells am Beispiel des NIZ in Braunschweig. Angewendet wurde eine robuste lineare Regression zur Bestimmung des Kühlenergieverbrauchs auf Basis von Wochenwerten

9 Baukosten

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 Entscheidungen über den Gebäudetyp, die Nutzungsart, 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.

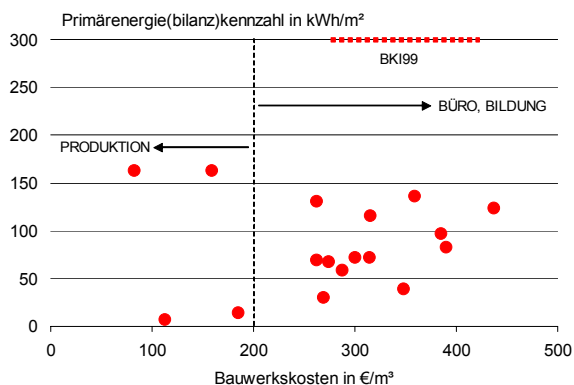
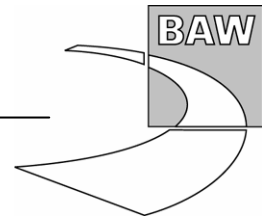


Abbildung 8: Bauwerkskosten ausgewählter EnBau-Projekte im Vergleich zu marktüblichen Vergleichskosten nach Baukostenindex BKI99.



10 Beispiel Planung und Sanierung Bauhof Passau

Am Beispiel des Verwaltungs- und Bürogebäudes des Bauhofs Passau wird gezeigt, wie eine Umsetzung der Zielwerte aus den Förderprojekten durch die Anwendung heute möglicher energetischer Standards erfolgen kann. Als Ziel gelten entsprechend ein prognostizierter Primärenergiebedarf für die gesamte Gebäudetechnik von maximal 100 kWh/m²a und ein Heizwärmebedarf von 40 kWh/m²a sowohl für den Neubau als auch für den Bestand.

Das architektonische Konzept des Neubaus legt bereits durch Berücksichtigung wesentlicher Kriterien (kompakte Bauweise, gute Belichtung durch sturzfremde Fenster, außen liegender Sonnenschutz, Lüftungsöffnungen, mittlerer Fensterflächenanteil im Süden, geringer Fensterflächenanteil im Norden) die entscheidenden Grundlagen für einen energieeffizienten Betrieb des Gebäudes.

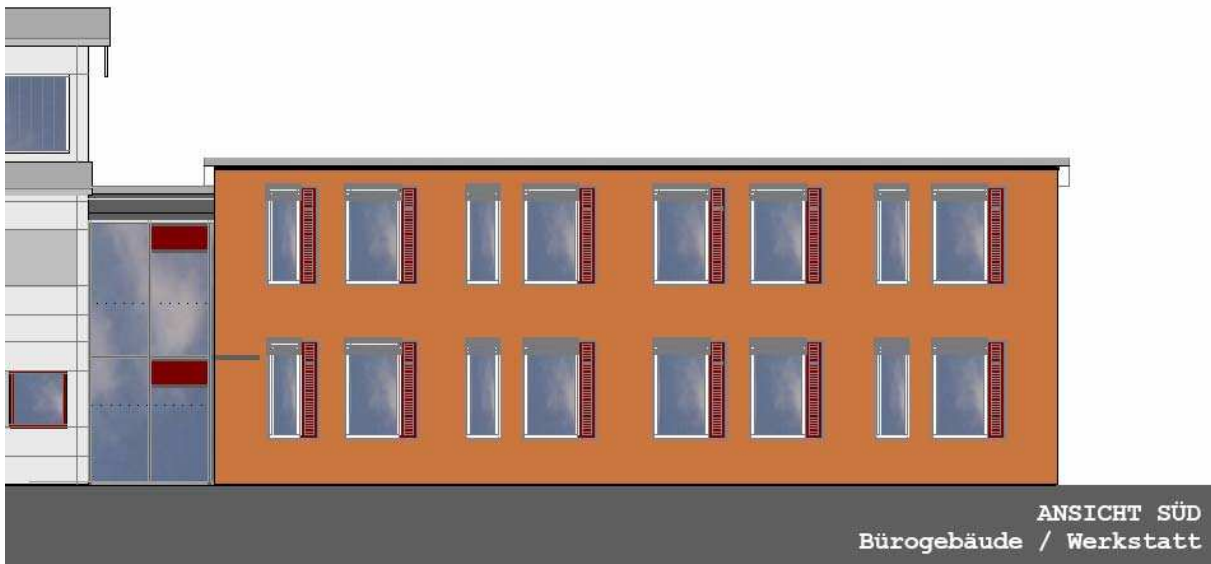
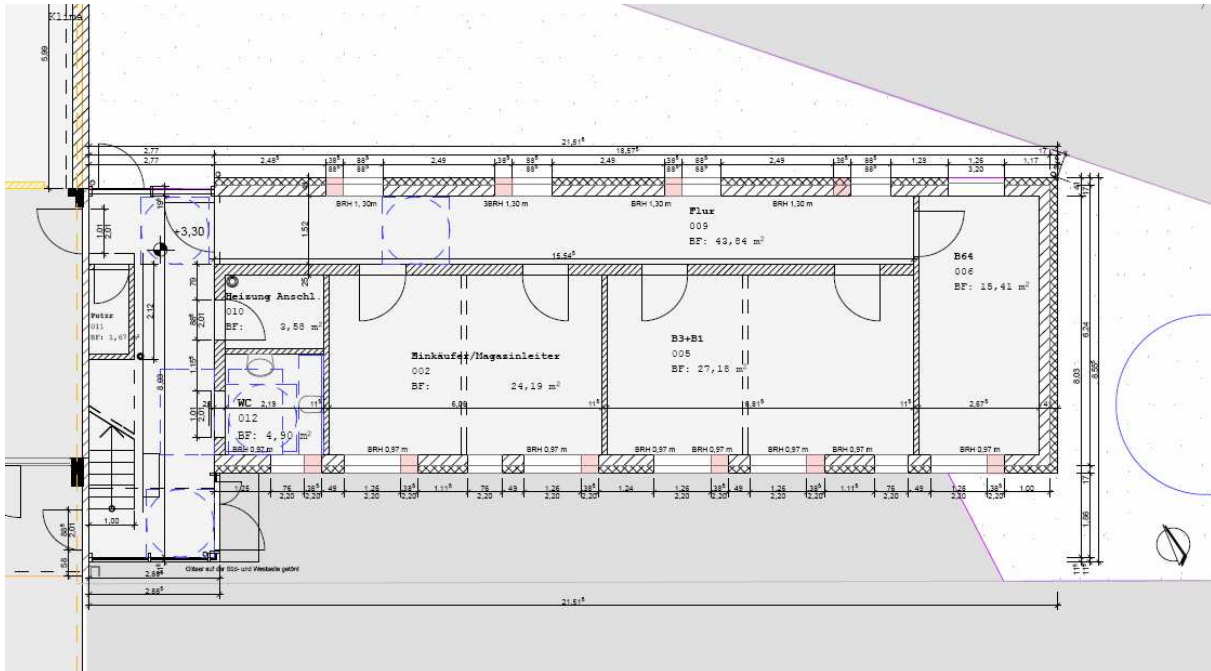
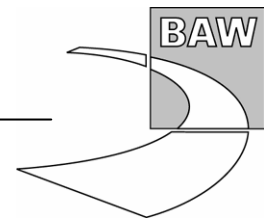
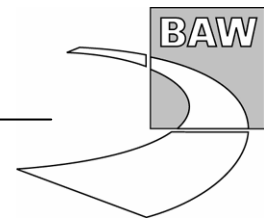


Abbildung 9: Grundriss und Südansicht des neuen Dienstgebäudes der Bundesanstalt für Wasserbau BAW in Passau. Quelle: Bundesanstalt für Wasserbau BAW, Referat B4, Oktober 2006.



Der bauliche und technische Standard des Bauhofgebäudes zeigt, dass erhebliches Potenzial für eine Reduktion des Energieverbrauchs gegeben ist.



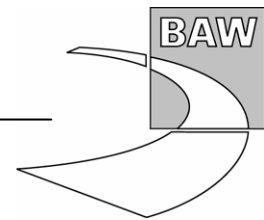
Abbildung 10: Ansichten Bauhofgebäude von Süden/ Donauufer. Die Lüftungsanlage versorgt die Werkhalle mit Frischluft. Rechts: Fenster wurden bereits teilweise ausgetauscht (oberes Fensterband mit neueren Kunststofffenstern, unten alte Fenster mit Metallrahmen).

Im Rahmen des Energiekonzepts werden beispielhaft verschiedene Varianten zur Baukonstruktion und Energieversorgung hinsichtlich ihres Energieeinsparpotenzials unter Berücksichtigung ihrer Wirtschaftlichkeit untersucht.

Die wesentlichen Einflussgrößen für einen niedrigen Heizwärmebedarf von Gebäuden sind neben dem Dämmstandard des Gebäudes die passive Solarenergienutzung durch Verglasung, das Lüftungskonzept sowie eine luftdichte und wärmebrückenfreie Ausführung der Konstruktion.

Für die Versorgung stehen heute neben einer Standardversorgung mit einem Gas/Öl-Brennwertkessel verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die Wärmeversorgung effizienter (z.B. BHKW, Wärmepumpe) bzw. weitgehend oder vollständig regenerativ zu betreiben (Holzhackschnitzel/Holzpellets, Pflanzenöl-BHKW, Solaranlage zur Heizungsunterstützung).

Neben einem geringen Heizwärmebedarf ist gerade bei Bürogebäuden auch die Sicherstellung eines angenehmen Raumklimas während den Sommermonaten notwendig. Durch die Konzeption des Gebäudes reichen passive Maßnahmen, wie Nachtlüftung oder thermische aktivierte Bauteile zur Gebäudekühlung aus, um die Raumtemperaturen auch im Sommer im Behaglichkeitsbereich zu halten. Die passive Kühlung bietet dabei den Vorteil, dass als Kältequellen beispielsweise die kühlere Nachtluft oder Erd-/Grundwasserkälte genutzt werden können, wodurch sich der Energieaufwand gegenüber einer herkömmlichen Klimatisierung wesentlich verringert. Für den Bauhof Passau werden für eine passive Kühlung verschiedene Konzepte (Entwärmung durch Nachtlüftung, Bauteilaktivierung mit Erdwärmesonden oder freier Kühlung) auf ihre Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit untersucht.



Ziel des Gesamtkonzepts ist die Zusammenführung von hohem thermischen und visuellen Arbeitsplatzkomforts bei niedrigem Energiebedarf.

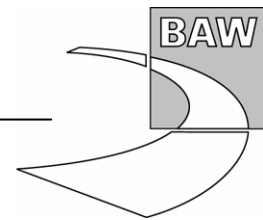
11 Fazit

Die Planung, Umsetzung und Evaluierung von Bürogebäuden unter Maßgabe eines ganzheitlichen Primärenergiezielwertes hat im Rahmen des Förderkonzepts EnBau belastbare Ergebnisse auf einem in dieser Breite und Tiefe noch neuen Arbeitsgebiet ergeben. Die bereits realisierten Vorhaben zeigen, dass es heute Stand der Technik ist, die kommenden gesetzlichen Vorgaben bei Einhaltung eines üblichen Baukostenrahmens wesentlich zu unterschreiten. Die Energiestudie zum Bauhof Passau bildet die Grundlage die Zielwerte aus den Förderprojekten in der Baupraxis der Bundesanstalt für Wasserbau umzusetzen.

Hinweis: Umfangreiche Zusatzinformation zu sämtlichen Demonstrationsprojekten befindet sich unter <http://www.enbau.info> sowie www.enob.info im Internet.

Literatur:

- [1] 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.
- [2] Weber, L. (2002): Energie in Bürogebäuden - Verbrauch und energierelevante Entscheidungen, vdf Hochschulverlag, ETH Zürich, CH.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Bischoff W. et al. (2003): Expositionen und gesundheitliche Beeinträchtigungen in Bürogebäuden, Fraunhofer IRB Verlag



Übersicht über die Gebäude



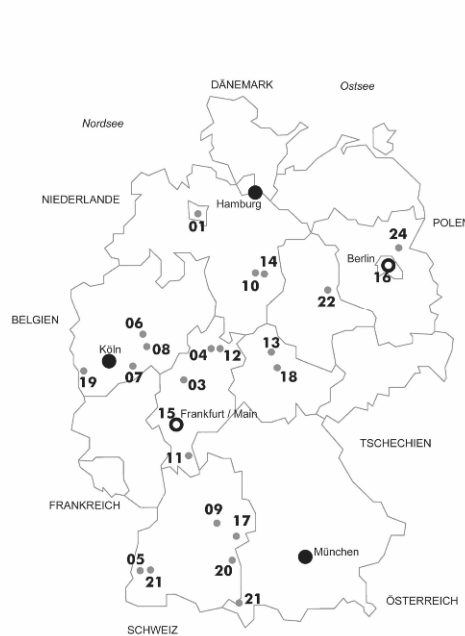
SPEZIFIKATIONEN

- 23 Gebäude verteilt auf ganz Deutschland
- Nettogrundfläche der Gebäude: von 1.000 bis ca. 32.384 m²
- zwischen 15 und 1.700 Nutzer / Arbeitsplätze



TECHNOLOGIEN

- Erhöhter Wärmeschutz
- Effiziente Lüftung
- Passive Kühlung
- Tageslichtautonomie
- Solare Systeme
- Erdwärme/-kältenutzung
- Kraft-Wärme-Kopplung



STRATEGIEN I

- Schlanke Gebäude
- Schlanke Energiekonzepte
- Integraler Planungsprozess
- Simulationen
- Kostenverschiebung
- Qualitätssicherung
- Nutzerschulung



KATEGORIEN

- Büro- und Verwaltungsgebäude
- Produktionsgebäude
- Industriehallen
- Schulgebäude
- (Forschungs)Institute



STRATEGIEN II

- Wissensvermittlung in Forschung und Lehre
- Wissensvermittlung zwischen Förderprojekten
- Langzeitmonitoring
- Vergleich von Konzepten und Technologien

