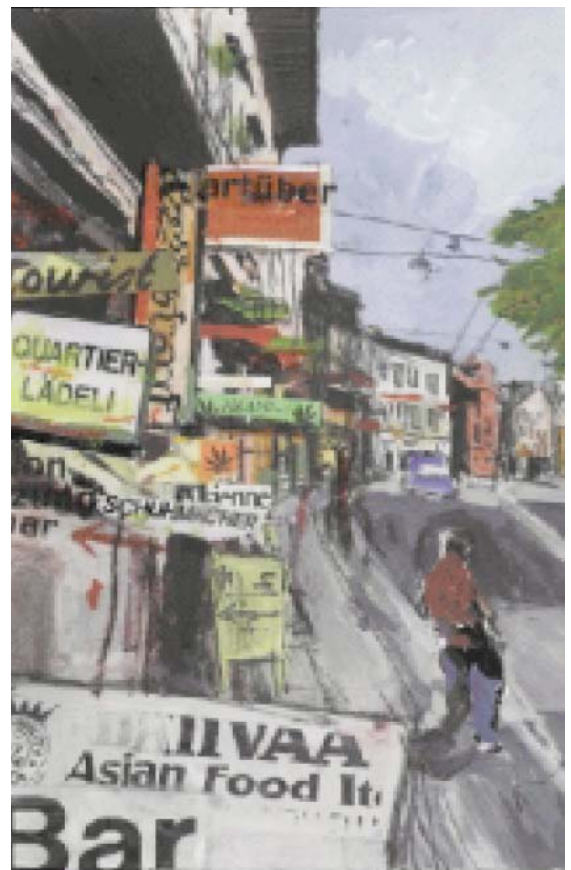


Jahresbericht

Rationelle Energienutzung in Gebäuden

Aktivitäten und Projekte 2004



RATIONELLE ENERGIENUTZUNG IN GEBÄUDEN

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2004

Mark Zimmermann

mark.zimmermann@empa.ch



Nachhaltige Quartierentwicklung

Nachhaltiges Bauen ist mehr als energieeffizientes Bauen. Im Projekt *Nachhaltige Quartierentwicklung* entwickeln drei Bundesämter zusammen mit *Novatlantis* in Basel, Lausanne, Luzern und Zürich Konzepte, wie sich die Strategie Nachhaltigkeit gesamtheitlich umsetzen lässt.

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Das Forschungsprogramm *Rationelle Energienutzung in Gebäuden* fördert den effizienten und umweltschonenden Energieeinsatz im Gebäudebereich, indem es Grundlagen erforscht und die Entwicklungen innovativer Technologien unterstützt. Dabei werden primär Technologien gefördert, die längerfristig Einsparpotentiale gegenüber konventionellen Gebäuden von 50 – 90 % ermöglichen könnten.

Heute wird knapp 50 % des schweizerischen Primärenergieverbrauchs für Gebäude aufgewendet: 30 % für Heizung, Klimatisierung und Warmwasser, 14 % für Elektrizität und etwa 6 % für die Herstellung und den Unterhalt. Die Ausnutzung der nach wie vor grossen Sparpotentiale im Gebäudebereich ist volkswirtschaftlich von grossem Interesse. Der Gebäudebereich ist auch massgeblich verantwortlich für den Verbrauch stofflicher Ressourcen, das Abfallaufkommen und die Umweltbelastung unserer Gesellschaft.

Für das Programm stehen die **Optimierung ganzer Gebäudesysteme** und die **ganzheitliche Berücksichtigung der Umweltwirkungen** im Vordergrund. Es befasst sich im Speziellen mit der **Gebäudehülle**, mit den **haustechnischen Installationen** und mit der **Nutzung der Sonnenenergie**. In den letzten zwei Jahren wurden vermehrt auch übergeordnete städtebauliche Aspekte einbezogen.

Die aktuellen Programmschwerpunkte sind mit dem Konzept der Energieforschung des Bundes 2004-2007 abgestimmt. Im Wesentlichen sind dies:

- **Hochisolationstechnik:** Entwicklung neuer, hochisolierender Dämmstoffe und Systeme, als platzsparende Alternative zu voluminösen, konventionellen Dämmsystemen. Platzsparende Systeme sind insbesondere für Gebäudesanierungen interessant.
- **Elektrizitätsnutzung und dezentrale Elektrizitätserzeugung in Gebäuden:** Gebäudeintegration von Systemen zur kombinierten Wärme- und Strombereitstellung sowie Ausschöpfen von Stromsparpotentialen im Gebäude.
- **Gebäudekühlung:** Vermeiden von Kühllast und Bereitstellen von innovativen Technologien zur Sicherstellung des sommerlichen Komforts.
- **Umweltaspekte energieeffizienter Bauten:** Bereitstellen von Grundlagen und Hilfsmitteln zur umweltbezogenen Beurteilung von Energiestandards, neuen Energiesystemen und Baukonstruktionen.
- **Nachhaltige Quartierentwicklung:** Einbezug städtebaulicher Aspekte im Sinne einer ganzheitlichen, über das einzelne Gebäude hinausgehenden Entwicklung des umbauten Raums.

Auf diesen Gebieten will das Programm massgebende Impulse setzen und die Entwicklung mitbestimmen. Zusammen mit ergänzenden Technologien sollen damit die Voraussetzungen geschaffen werden, dass die Bauwirtschaft mittelfristig in der Lage sein wird, entscheidend zu einer **nachhaltigen Gesellschaft** und zu den Zielen der Klimakonvention beitragen zu können.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2004

UMWELT / NACHHALTIGKEIT

Die rationelle Energienutzung ist letztlich eine Strategie zur Reduktion von Umweltbelastungen, insbesondere zur Reduktion der Treibhausgase. Bauprozesse und der Betrieb von Gebäuden sind bedeutende Verursacher von Treibhausgasen und Umweltschadstoffen. Das Programm kooperiert deshalb intensiv mit anderen Bundesämtern und Forschungsprogrammen, um die Umweltwirkungen der Energienutzung und der Bauprozesse zu minimieren.

Die Herausgabe der Ökoinventar-Datenbank *Ecoinvent* im September 2003 stellte einen wichtigen Meilenstein dar. Diese umfassende und harmonisierte Datenbank von Ökoinventaren für Energiesysteme, Investitions- und Konsumgüter, Transporte und Entsorgungsprozesse wurde nochmals ergänzt, dokumentiert und einer neuen Trägerschaft übergeben, welche nun die Arbeiten selbständig weiterführt (www.ecoinvent.ch). Anfangs 2005 werden die wichtigsten Ökoinventare für das Bauwesen durch das Bundesamt für Bauten und Logistik (BBL) publiziert.

Ergänzend wurden die *ökologischen Aspekte von Lüftungsanlagen* [1] untersucht. Es bestätigte sich, dass durch den Einsatz eines Lüftungssystems gegenüber natürlicher Lüftung eine grosse Reduktion der Umweltbelastung erreicht werden kann. Bezüglich des Anlagebaus erreichen Systeme mit zentraler Lüftungsanlage und Erdregister die ökologisch besten Werte. Die Umweltbelastung von Herstellung und Entsorgung der Lüftungsanlage macht rund 50 % bis 70 % der Gesamtbelastung aus. Die Varianten mit Polyethylen-Rohren zeigen klare Vorteile gegenüber jenen mit verzinkten Stahlblechrohren.

Die neuen *Ecoinvent*-Daten wurden bereits zur *Beurteilung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus* [2] verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass Niedrigenergiegebäude mit unterschiedlicher Bauweise für deren Erstellung eine vergleichbare Belastung aufweisen. Am stärksten wird die Umweltverträglichkeit durch die Reduktion des Betriebsenergiebedarfs beeinflusst.

Um solche Untersuchungen in Zukunft auch für die Praxis zu ermöglichen, werden vereinfachte Analysewerkzeuge bereitgestellt. So wurde das *Programm OGIP* für die integrale Ermittlung von Kosten, Energieverbrauch und Umweltbelastung mit privaten Mitteln vollständig überarbeitet und die Datenbasis den neuen *Ecoinvent*-Daten angepasst (www.the-software.de/BauenUmwelt.html). Das Programm wird an der *Swissbau* 2005 den Anwendern vorgestellt.

Um Bauprojekte hinsichtlich ihrer Umweltbelastung noch einfacher beurteilen zu können, wird gemeinsam mit dem Verein *eco-bau* (früher *KÖB*) ein *elektronischer Bauteilkatalog* [3] entwickelt. Mit diesem soll es möglich sein, auf der Basis des SIA 380/1-Nachweises und des Bauteilkatalogs ein Bauprojekt sowohl energetisch wie auch ökologisch beurteilen zu können.

Für ein integrales Vorgehen zur Weiterentwicklung des Bauwerks Schweiz werden strategische Entscheidungsgrundlagen benötigt. Eine solche wird im Projekt *SIA Effizienzpfad Energie* im Rahmen des Projekts *energycodes* (www.energycodes.ch) erarbeitet. Aufgezeigt wird, wie sich der Energiebedarf von Gebäuden in den nächsten Dekaden entwickeln soll und in welchem Verhältnis dieser zur benötigten grauen Energie und zur induzierten Mobilität steht.

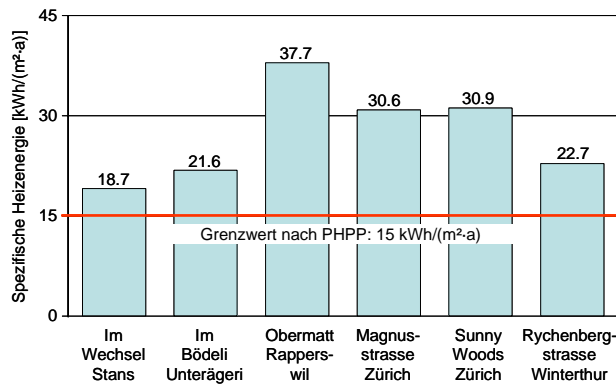
Die ökologische Beurteilung von einzelnen Bauten ist wichtig, sie vermag jedoch den Aspekten einer nachhaltigen Stadtentwicklung nicht genügend Rechnung zu tragen. Deswegen werden zusammen mit dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), dem Bundesamt für Wohnungswesen (BWO) und den lokalen Behörden und Institutionen, Quartierentwicklungsprojekte durchgeführt [4]. Ziel der Projekte ist es, die Aspekte der nachhaltigen Entwicklung vom einzelnen Gebäude loszulösen und im Kontext ganzer Quartiere zu sehen. Dadurch erhalten die Projekte den notwendigen Bezug zu sozio-ökonomischen Aspekten. Im Berichtsjahr wurden die Möglichkeiten und Bedürfnisse für eine *nachhaltige Quartierentwicklung in Basel* [5a], *Lausanne* [6], *Luzern* [7] und *Zürich* [8] untersucht und erste konkrete Entwicklungsprojekte gestartet.

PASSIVE SONNENENERGIENUTZUNG / GEBÄUDESYSTEME

Für die energieeffiziente Bauweise sind optimierte Gesamtkonzepte und der ausgewogene Einbezug von erneuerbaren Energien ein wichtiges Anliegen. Im Vordergrund stehen Gebäude, welche den *Minergie-* resp. den *Minergie-P-* oder den *Passivhaus-Standard* erfüllen.

Das IEA-Projekt *Solar Sustainable Housing* [9] hat international die erfolgreichsten Gebäudekonzepte untersucht und umfangreiches Planungsmaterial zusammengestellt. Die untersuchten Fallbeispiele wurden vom deutschen *C.F. Müller Verlag* veröffentlicht [41]. Mitte 2005 werden alle Projektergebnisse publiziert sein. Eine Marktanalyse wird ebenfalls dabei sein, welche die Chancen und Hindernisse für *Minergie-P* resp. *Passivhäuser* analysiert [10].

Eine *vergleichende Auswertung schweizerischer Passivhäuser* [11] wurde durch die *HTA-Luzern* durchgeführt, welche auch Zertifizierungstelle für Gebäude im *Passivhaus-* resp. *Minergie-P-Standard* ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die in der Schweiz realisierten *Passivhäuser* diesem Standard nicht ganz gerecht werden. Keines der sechs untersuchten Objekte erreicht die Anforderungen gemäss *Passivhaus-Standard*. Die energetischen Planungswerte werden teilweise deutlich überschritten. In den untersuchten Gebäuden liegen die Raumlufttemperaturen im Winter deutlich über 20 °C, im Sommer mehrheitlich unter 26 °C und die winterliche relative Raumluftfeuchte fällt häufig unter 30 %.



Figur 1: Heizenergieverbrauch der sechs ausgemessenen „Passivhäuser“ im Vergleich zum Grenzwert gemäss Passivhaus-Institut Darmstadt

Das *Solarpotential von Städten* [12a] untersuchte die EPF Lausanne anhand von drei exemplarischen Quartieren: einer dichten Blockrandbebauung im Zentrum von Basel, einer genossenschaftlichen Wohnsiedlung am Rand von Lausanne sowie einem gewerblichen Entwicklungsgebiet in Meyrin bei Genf. Die Arbeit zeigt auf, welche Möglichkeiten in bestehenden Stadtquartieren für Sonnenkollektoranlagen, Photovoltaikanlagen und Tageslichtnutzung bestehen. Die Ergebnisse werden nun mit denjenigen einer ähnlichen Untersuchung verglichen, welche im Programm *Photovoltaik* durchgeführt wurde.

Ebenfalls an der EPF Lausanne wird im Rahmen eines IEA-Projekts die *Optimierung der Tageslichtnutzung in Gebäuden* [12b] untersucht. Das Ziel ist die Erarbeitung von technischen Lösungsvorschlägen für die intelligente Kombination von Kunst- und Tageslicht. Die Arbeiten werden 2005 abgeschlossen.

Mit verschiedenen neuen Rechenprogrammen, soll die Optimierung von Gebäudekonzepten vereinfacht werden. Dadurch wird es auch für den Planer möglich, mit wenig Aufwand komplexe dynamische Simulationen für Heizung und Kühlung durchzuführen und für seine Gebäudeoptimierung zu nutzen. Das Berechnungsprogramm *bSol* wurde bereits 2003 fertiggestellt und überzeugt durch seine einfache Benutzerführung (www.bsol.ch). Demnächst werden (etwas verspätet) die zwei weiteren Hilfsmittel: *Klimaflächenmethode* [13] und *Helios-Hygro* [14] bereitgestellt, die in erster Linie dazu dienen, im frühen Planungsstadium differenzierte Analysen - auch bezüglich Kühllasten - durchführen zu können. Auch das Hilfsmittel zur Empfehlung SIA 380/4 *Elektrische Energie im Hochbau* wird ergänzt, indem nebst der elektrischen Energie und dem Kältebedarf auch gleich der Wärmebedarf eines Projekts bestimmt werden kann.

GEBÄUDEHÜLLE

Eine der wichtigsten Neuerungen im Gebäudebereich stellt die **Vakuumisolation** dar, da sie nicht nur rund 5 mal besser dämmt als konventionelle Dämmstoffe, sondern auch neue Lösungen ermöglicht. Vor allem für Gebäudesanierungen, Leichtbaufassaden und für die Isolation von Haustechnikapparaten und -geräten, sind platzsparende Wärmedämmungen besonders interessant.

Grösstes Hindernis dieser neuen Technologie ist nicht etwa der Preis, sondern die Lebensdauer, die im Gebäudebereich für 50 und mehr Jahre garantiert werden sollte. Die *Qualitätssicherung* [16] ist deshalb ein Schwerpunkt des IEA-Projekts *High Performance Thermal Insulation in Buildings* [15a], welches von der Schweiz geleitet wird. Aber auch die *Entwicklung neuer Anwendungen* [5b] ist ein wichtiger Bestandteil dieses Projekts. Das Interesse der Baubranche an diesen neuen Dämm Lösungen ist vor allem in der Schweiz ausserordentlich hoch.

Die *Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme* wurden an typischen Fassadensystemen am Solarprüfstand der Empa gemessen, und deren Charakteristik wurde im Rahmen eines IEA-Projekts [26b] modelliert. Die verbesserten Beschattungsmodelle wurden in die Gebäudesimulationsprogramme (*TRNSYS*, *Helios*) integriert, sodass nun die sommerliche Solareinstrahlung in Gebäude besser berechnet werden kann.

Wie gut Gebäudesimulationsprogramme wirklich sind, wird gegenwärtig vom IEA-Projekt *Testing and Validation of Building Energy Simulation Tools* [17] untersucht. Der Schweizer Beitrag konzentriert sich auf das Bereitstellen von qualitativ hochstehenden Testdatensätzen, welche mit dem Solarprüfstand der Empa generiert werden. An diesen

Testdatensätzen werden international die Programme, welche den Energiedurchgang durch Fassaden berechnen, getestet. Die Ergebnisse dieser Vergleichstests sind besonders interessant, weil hier ein Vergleich mit repräsentativen Messdaten vorgenommen werden kann.

Nicht nur die Simulation soll Fortschritte machen, sondern auch die Technologie. Das wärmedämmende Fenster ist dafür ein Musterbeispiel. Nirgends wurden im Gebäudebereich in den letzten Jahren ähnliche Fortschritte erzielt. Ein Gebiet, das bisher jedoch noch zu wenig beachtet wurde, ist der sommerliche Wärmeschutz. Das Verhältnis von Tageslichtdurchlass (τ -Wert) zu Gesamtenergiedurchlass (g-Wert) ist noch nicht optimal. An der Universität Basel werden deshalb *neuartige optische Beschichtungen* untersucht [18], die möglichst viel Tageslicht durchlassen, die Wärmestrahlung jedoch fast vollständig reflektieren. Das Ziel sind Gläser mit einem g-Wert um 20 % und einem τ -Wert um 50 %. Heute verfügbare Gläser weisen Werte um 40% respektive 60% auf.

Nebst dem Wärmeschutz und den solaren Gewinnen hat die Luftdichtheit der Gebäudehülle wesentlich an Bedeutung gewonnen. Bei *Passivhäusern* resp. *Minergie-P*-Gebäuden ist sie ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Infolge der erhöhten Anforderung ist jedoch die Messung der Luftdichtheit mit gängigen Methoden oft schwierig und nicht genügend genau. Mit dem Projekt *Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern* [19] wurde die Messtechnik verbessert. Allerdings kann die gewünschte Vereinfachung der Messung bei der geforderten Genauigkeit nicht erreicht werden. Damit bleibt die Luftdichtigkeitsprüfung vermutlich den Problemhäusern und den zertifizierten Passiv- und *Minergie-P*-Häusern vorbehalten. Für die rasche Überprüfung der Gebäudehülle bei Bauabnahmen fehlt nach wie vor eine geeignete Methode.

HAUSTECHNIK

Das Programm *Rationelle Energienutzung in Gebäuden* entwickelt keine haustechnischen Komponenten – dies ist Sache anderer Programme; es befasst sich jedoch intensiv mit der optimalen Integration haustechnischer Systeme ins Gebäude. Nebst dem Haustechnikplaner spielen diesbezüglich die Bauherren als Besteller und die Gebäudebetreiber eine ganz wichtige Rolle.

Im Projekt *Bestellerkompetenz im Bereich Gebäudetechnik* [20] wurden Unterlagen (Checklisten, Arbeitshilfen, Zielwerte) geschaffen, die es dem Bauherrn von grösseren Bauten erlauben, seinem Planerteam kompetent und professionell gegenüberzutreten. Die Hilfsmittel sind unter (www.bestellerkompetenz.ch) auf dem Internet verfügbar und werden dort laufend aktualisiert.

Das Projekt *Betreiberkompetenz* richtet sich an die Gebäudeverantwortlichen (Facility Manager), die den optimalen Betrieb komplexer haustechnischer Anlagen sicherstellen sollen. Sicherheit und Energieeffizienz im Betrieb sind für viele Unternehmen ganz wichtige Faktoren. Im Projekt wurden deshalb, basierend auf den Erfahrungen führender Unternehmen, alle wichtigen Betriebs- und Entscheidungsabläufe in standardisierter Form dokumentiert. Die Arbeiten werden in internationaler Zusammenarbeit im Rahmen des IEA-Projekts *Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Systems* [21] durchgeführt.

Obwohl die Verfeuerung fossiler Energieträger monovalent zur Wärmeerzeugung durch eine polyvalente Nutzung (Wärme, Kälte, Strom) abgelöst werden sollte, ist sie noch stark verbreitet. Immerhin sollen die wertvollen fossilen Ressourcen bestmöglich genutzt werden. Mit der *Feldanalyse von kondensierenden Gas- und Ölfeuerungsanlagen* [15b] wurde an 12 sanierten Anlagen untersucht, wie viel Heizenergie durch die Kondensation besser genutzt werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass die Kondensatmenge in der Realität meist wesentlich geringer ist als erwartet. Sowohl die Kesseltechnik als auch die Systemintegration weisen nach wie vor ein beachtliches Entwicklungspotential auf.

Für die effiziente Energienutzung kommen vor allem in Niedrigenergiehäusern vermehrt integrierte Energiezentralen - sogenannte Kombigeräte - zum Einsatz. Diese heizen das Haus nicht nur, sie lüften gleichzeitig und stellen das Warmwasser bereit. Um diese komplexen Anlagen prüfen und die Technik weiter entwickeln zu können, wurde an der FH Luzern ein *Prüfstand für Kombigeräte* [22] aufgebaut. Erste Messungen können Anfang 2005 durchgeführt werden.

Industrielle Prototypen von Brennstoffzellen werden zurzeit weltweit getestet. Wenig klar ist jedoch, wie diese Systeme dereinst in Gebäude integriert werden sollen. Im Rahmen des IEA-Projekts *Building Integrated Fuel Cell and other Cogeneration Systems* [23] wird deshalb untersucht, welche Leistungscharakteristiken diese Systeme aufweisen und mit welchen Massnahmen eine optimale Systemintegration resp. Energienutzung gewährleistet ist.

Währenddem die Planungsmethoden für den Heiz- und Kühlbedarf weit entwickelt sind, fehlen für die Planung der Warmwasseranlagen entsprechende Werkzeuge. Mit einer *Methode zur Berechnung des Jahresenergieverbrauchs von Warmwasseranlagen* [24] soll diese Lücke geschlossen werden. Damit soll die Grundlage geschaffen werden, um bei der Planung der Anlagen Optimierungen vornehmen zu können. Die Methode konnte im Berichtsjahr noch nicht fertiggestellt werden. Sie wird jedoch 2005 vorliegen und soll anschliessend evaluiert und in ein EDV-Werkzeug umgesetzt werden.

Nationale Zusammenarbeit

Von den laufenden 28 vom BFE unterstützten Forschungsprojekten wurden 7 Projekte mit **Fachhochschulen**, 12 Projekte mit **ETH-Instituten und Universitäten** und 7 Projekte mit der **Industrie** durchgeführt. An 11 Projekten waren planende **Ingenieurbüros** beteiligt und in 2 Projekten wurde mit **Branchenverbänden** zusammengearbeitet.

Mit den Forschungsprogrammen *Solarwärme, Elektrizität* und *Energiewirtschaftlichen Grundlagen* wird eng zusammengearbeitet.

Im Umweltbereich spielt die **Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen** eine wichtige Rolle, in welcher nebst dem BFE das BUWAL, das BBL und das ASTRA, aber auch der *SIA* vertreten sind. An Bedeutung gewinnt auch das **Schweizer Zentrum für Ökoinventare**, welches von Instituten des ETH-Bereichs getragen wird und mit dem weltweit umfassendsten Ökoinventar *ecoinvent* international grosse Beachtung findet. Sowohl das BFE wie auch das BUWAL sind im Beirat dieses Zentrums vertreten.

Die Zusammenarbeit mit dem ARE hat zu diversen Siedlungsbezogenen Forschungsprojekten geführt, an denen sich unter dem Titel *Nachhaltige Quartierentwicklung* nun auch das Bundesamt für Wohnungswesen BWO aktiv beteiligt.

Gemeinsame Projekte im Bereich *nachhaltiges Bauen* werden auch mit dem Verein *Ecobau* [3] resp. dem Hochbauamt der Stadt Zürich [8] durchgeführt.

Im Rahmen des nun gut etablierten nationalen Kompetenznetzwerks *brenet* (Building and Renewable Energies Network of Technology, www.brenet.ch) konnten die Zusammenarbeit zwischen den Fachhochschulen und mit der KTI ausgebaut und mit der Industrie interessante Kontakte gepflegt werden.

Internationale Zusammenarbeit

Bei den Europäischen Forschungsprogrammen geniesst der Gebäudebereich zurzeit keine hohe Priorität. Vereinzelt Projekte wurden bei den Demonstrationsprogrammen *Ecobuildings* und *Concerto* eingereicht, die Verhandlungen sind jedoch noch nicht abgeschlossen. Neue Impulse werden sicher von europäischen *Energy Performance Building Directive (EPBD)* ausgehen, welche weitgehende Anforderungen an bestehende und neue Bauten vorsieht und 2006 europaweit eingeführt werden soll.

Weiterhin findet eine gute und intensive Zusammenarbeit mit den IEA-Programmen *Energy Conservation in Buildings and Community Systems (BCS)* und *Solar Heating and Cooling (SHC)* statt. Die Schweiz war im Berichtsjahr an sieben Projekten engagiert:

- *Performance assessment of solar building envelope components, SHC Task 27*, abgeschlossen [26b]
- *Sustainable solar buildings, SHC Task 28*, Abschluss 2005 [12a]
- *Daylighting buildings in the 21st century, SHC Task 31*, Abschluss 2005 [18b]
- *High performance thermal insulation systems, BCS Annex 39*, Abschluss 2005 [25a]
- *Commissioning of building HVAC systems for improved energy performance, BCS Annex 31*, abgeschlossen [29]
- *Simulation of Building-Integrated Fuel Cell and Other Cogeneration Systems, BCS Annex 42, 2004-2007* [29]
- *Testing and Validation of Building Energy Simulation Tools, SHC Task 34, 2004-2006* [29]

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Die Budgetkürzungen bei *EnergieSchweiz* betrafen in erster Linie die Pilot- und Demonstrationsprojekte. Erfreulicherweise konnten die bereits bewilligten und gestarteten Projekte weitergeführt werden. Die finanzielle Unterstützung erfolgte meistens in Bezug auf eine Teilfinanzierung der nicht amortisierbaren baulichen Mehrkosten sowie als Beitrag an die Erfolgskontrolle. Im Berichtsjahr konnten aufgrund der gekürzten Mittel keine neuen Projekte bewilligt werden. Von 12 laufenden Projekten wurden 6 abgeschlossen.

Eine Übersicht über sämtliche P+D-Projekte wird im Internet auf www.empa-ren.ch/ren/P+D-Kategorien.htm gegeben. Die Internetseite wurde neu gestaltet, sodass nun gezielt nach Gebäudekategorie oder nach Demonstrationsschwerpunkt gesucht werden kann.

GEBÄUESTANDARDS

P+D-Projekte im Gebäudebereich werden am bekannten Energiestandard *Minergie* gemessen. Um überhaupt als P+D-Projekt anerkannt zu werden, muss mindestens dieser Standard erreicht werden. Angestrebt wird aber der *Passivhaus*- resp. *Minergie-P*-Standard.

Beim Projekt *Datenerfassung beim Synergiepark für erneuerbare Energien* [25] ist die Hard- und Software verbessert resp. ausgetauscht worden, damit die Messungen am Gebäude und den Solaranlagen laufend über das Internet durch Interessierte eingesehen werden können. Die erfassten Tages-, Monats- und Jahresdaten werden auf www.synergiepark.ch laufend aktualisiert.

Beim Projekt *Niedrigenergiehaus Erlenbach* [26] konnten die Ursachen für den für ein *Minergie*-Gebäude zu hohen Energieverbrauch nur teilweise gefunden werden. Die Lüftungsanlage arbeitete nicht mit dem versprochenen Wirkungsgrad (WRG < 60 % statt > 80 %), mit zu hohen Luftwechselraten und wenig effizienten Ventilatoren.

Im *Passivhaus mit Atelier* in Pratteln [27] konnten mit einer neuen Steuerung diverse Betriebsoptimierungen im Lüftungsbereich vorgenommen werden. Die gewünschten Raumtemperaturen werden nun im Wohnteil und im Künstleratelier problemlos erreicht. Der Schlussbericht liegt vor.

Der *Kindergarten Paradisli* in Wil [28] hat ein volles Betriebsjahr hinter sich. Die Messungen zeigen, dass eine Betriebsoptimierung allein nicht genügt, um die angestrebten tiefen Energieverbrauchswerte zu erreichen. Die Beschattung wird auch im Winter benötigt, um die Blendung durch die grossen Glasflächen zu reduzieren. Dies wirkt sich jedoch negativ auf die passiv-solaren Gewinne aus. Die *Lucido*-Fassade wird dadurch ebenfalls abgedeckt. Als Verbesserung wird vorgeschlagen, zusätzlich zu den Knickarmstoren am Vordach direkt vor den Glasflächen Raffflammenstoren anzubringen. Dies würde auch das unerwünschte Luftpolster unter dem Vordach reduzieren und dadurch den Überhitzungsschutz im Sommer verbessern.

Das Projekt *Wattwerk – 1. Plusenergie-Gewerbehaus* [29] in Bubendorf BL wurde anfangs Mai 2004 bezogen und am Tag der offenen Tür einem breiten Publikum vorgestellt. Der zweigeschossige Holzbau mit angrenzender Lagerhalle hat den Luftdichtheitstest erfolgreich bestanden und wurde als *Passivhaus* zertifiziert. Das Projekt erhielt 2004 den europäischen Solarpreis in der Kategorie *Betriebe und Unternehmen*. Die Messungen werden 2005 abgeschlossen.

Energieeffizienz war bisher primär den Neubauten vorbehalten. Der schweizerische Energieverbrauch wird jedoch noch sehr lange Zeit durch die bestehende Gebäudesubstanz dominiert. Das Forschungsprogramm will deshalb vermehrt das Schwergewicht auf Gebäudeerneuerungen legen. Mit dem *Wettbewerb Minergie-P-Sanierungen* [30] wurden Pilotprojekte gesucht, welche demonstrieren, dass auch für bestehende Bauten energetisch hervorragende und finanziell tragbare Lösungen gefunden werden können. Es wurden drei Projekte prämiert, die nun als Demonstrationsprojekte realisiert werden sollen (Figuren 2 und 3).



Figur 2: Projekt „Neuzeit“ mit neuem Attikageschoss. Anstelle von 15 kleinen 3-Zimmerwohnungen weist das Gebäude nun 12 grosszügige Duplexwohnungen auf. 1. Rang [30] (Architekt Beat Kämpfen, Zürich)



Figur 3: Projekt „Birzebene“ mit neuen 6 1/2 – Zimmerwohnungen im ausgebautem Dachgeschoss. Durch Integration der Balkone in den Wohnbereich (auf der Rückseite) und durch Umstrukturierungen konnten die Grundrisse wesentlich verbessert werden. 2. Rang [30] (Architekten Suter+Partner, Basel)

Die *Minergie-P*-Sanierungen **Umbau Nietengasse** in Zürich [31a] und **Sanierung Zwinglistrasse** [31b] sind abgeschlossen. Beim Gebäude *Nietengasse* waren die Auflagen durch die Denkmalpflege so hoch, dass der *Minergie-P*-Standard nicht ganz erreicht werden kann. Vorteilhafter ist die Sanierung *Zwinglistrasse* 9+15. Der Heizwärmebedarf in der ersten Messperiode lag bei 25 kWh/(m²·a). Die Energiekennzahl nach *Minergie-P* für Heizung und Warmwasser liegt bei 33.7 kWh/(m²·a). Mit den optimierten Einstellungen wird für das zweite Jahr ein Wert unterhalb des Grenzwertes von *Minergie-P* (30 kWh/(m²·a)) erwartet.

HAUSTECHNIK

Die Erfolgskontrolle beim *Minergie-P*-Gebäude mit *Gratec-Isolation* und *Luftkollektorsystem* [33] in Degersheim wurde abgeschlossen. Der Luftkollektor mit selektiver Beschichtung des Absorbers hat sich bewährt. Trotz ungünstiger Geometrie wird der Kollektor sehr gut durchströmt. Der Planer führt dies auf den steilen Anstellwinkel des Kollektors und die speziell auf die Luftführung abgestimmte Unterkonstruktion der Glashalterung zurück. Das Gebäude besitzt keine Komfortlüftung, welche bei *Minergie*, *Minergie-P* und dem *Passivhaus-Standard* zwingend vorgeschrieben wäre. Trotzdem werden die Wärmebedarfswerte *Minergie-P* unterschritten. Die verwendete *Gratec-Isolation* aus Glasfasern hat sich bewährt. Es wurde auch keine Setzung des Dämmstoffs beobachtet.

Beim Projekt *CO₂-basierte Lüftungssteuerung für ein Wohnhaus* in Wald [34] kommen neu entwickelte, kostengünstige CO₂-Sensoren zum Einsatz. Generell hat sich die Steuerung bewährt. Allerdings mussten die Luftvolumenströme auf den einzelnen Stufen reduziert werden, da die CO₂-Konzentrationen bereits auf der ersten Stufe sehr tiefe Werte erreicht. Die dadurch erzielte Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs wird im Schlussbericht 2005 dargestellt werden. Untersucht wird auch eine automatisierte Fensterlüftung, welche seit der Inbetriebnahme gut funktioniert. Als störend werden die Antriebsgeräusche beim Öffnen und Schliessen der Fenster empfunden.

Die Studie *Sanierung Wohnsiedlung Himmelrich* in Luzern [35] untersuchte im Vorfeld einer grossen Sanierung die Möglichkeiten des Einbaus einer Komfortlüftung in eine bestehende Wohnsiedlung. Die engen Platzverhältnisse, wie sie für ältere Wohnsiedlungen typisch sind, liessen nur eine beschränkte Anzahl Varianten zu. Die Lösung mit zentralem Lüftungsgerät schnitt energetisch am besten ab, dicht gefolgt von der Variante mit Platzierung des Lüftungsgerätes in einer Balkonnische. Energetisch ungenügend erwies sich eine Abluftanlage mit Nachströmöffnungen in neuen Fenstern.

GEBÄUDEHÜLLE

Primär an der Gebäudehülle setzt die *Sunfactory in Tramelan* [36] (Berner Jura) an. Sie will einzelne Gewerbebauten unter einer gemeinsamen Gebäudehülle zusammenfassen, um so den Wildwuchs von Einzelbauten einzudämmen und gleichzeitig die Energie optimal zu nutzen. Mit einem Vorprojekt [36] wurde nun ermittelt, unter welchen Bedingungen Energieverbrauch und Nutzungskomfort optimiert werden können. Die Untersuchung zeigt, dass in Tramelan (910 m.ü.M.) nur eine doppelt verglaste Hülle Frostfreiheit im Innern gewährleisten kann. Dafür kann sowohl im Winter wie auch im Sommer mehrheitlich mit einem sehr komfortablen Innenklima gerechnet werden (Winter +10 K, Sommer +2

K). Voraussetzung ist jedoch, dass der freie Boden als Speichermasse für den Tag/Nacht-Ausgleich genutzt werden kann und die Einbauten massiv ausgeführt werden. Der detaillierte Schlussbericht dieser Untersuchung liegt vor.

Das Projekt *Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Ausseneisfeldern* [37] umfasst drei Teile. Im ersten Teil wird der Einfluss einer nachträglich installierten, IR-reflektierenden Deckenuntersicht auf den Wärme- und Kältebedarf der Hockeyhalle in Dübendorf messtechnisch untersucht. Die Aluminium-Deckenuntersicht konnte im Berichtsjahr installiert werden. Sie stösst bei den Nutzern auf breite Akzeptanz. Durch die neue Deckenuntersicht haben sich die Beleuchtungsverhältnisse in der Halle stark verbessert, ohne dass dafür akustische Beeinträchtigungen in Kauf genommen werden mussten. Erste Auswertungen der Messresultate lassen darauf schliessen, dass sich die Aluminiumdeckenuntersicht auch energetischen positiv auswirkt. Die endgültigen Daten liegen im Sommer 2005 vor.

Im zweiten Teil werden die Emissionseigenschaften von geeigneten Materialien in Abhängigkeit von Alterung und Verschmutzung untersucht. Hier wurden im Berichtsjahr keine Arbeiten durchgeführt.



Figur 1: Zustand vor Sanierung mit Faserholzdecke *Figur 2: Neuinstallierte Aluminium-Deckenuntersicht*

Das dritte Teilprojekt befasst sich mit einer einfachen Eternit-Ausseneisfeld-Überdachung, die im Sommer 2003 erstellt und versuchsweise auf der Innenseite mit einem reflektierenden Alublech ergänzt wurde. Zusätzlich wurde eine gleich grosse Dachfläche direkt aus Aluminiumblech erstellt. Anhand der Messungen kann nachgewiesen werden, dass an der Aluminiumkonstruktion bis zu 40 %, an der Alu-beschichteten Eternitkonstruktion bis zu 35 % weniger Taupunkt-Unterschreitungen in Kauf genommen werden müssen als bei der Eternitüberdachung. Dies bedeutet, dass eine metallische Überdachung den Strahlungsaustausch wirksam reduziert.

Das Projekt *SOLARIX-Wandheizsystem* [38] wurde an der *Hausbau- und Minergie-Messe* vorgestellt. *Solarix* ist eine neu entwickelte Solarfassade mit transparenter Wärmedämmung TWD (ausser) und vorfabrizierten Betonelementen (innen). *Solarix* vereinigt ein Heiz- und Kühlsystem mit folgenden Komponenten: Wandflächen mit Absorbern hinter den TWD-Fassaden, hydraulisches System zur Bodenheizung, Speicher resp. Erdregister, Steuerung der Kreise für den Heiz- und Kühlfall. Ost-, Süd- und Westfassade eines Pilotprojekts sollen mit dem *Solarix*-System ausgelegt werden. Messungen an einer Modellwand wurden 2004 weitergeführt. Die Anbindung des Systems an das Erdreich wurde mit Simulationen verifiziert. Der Nachweis, dass sich überschüssige Wärme ins Erdreich einlagern lässt, wurde rechnerisch nachgewiesen. Für die Eigentumswohnungen wurden leider noch nicht genügend Käufer gefunden, sodass sich der Baubeginn für das Demonstrationsprojekt auf Frühjahr 2005 verzögert.

Bewertung 2004 und Ausblick 2005

Bedingt durch die reduzierte Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsbauten, aber auch durch erneute Budgetreduktionen konzentrierte sich das Programm hauptsächlich auf den Abschluss laufender Vorhaben.

Im April wurde der Eidg. Energieforschungskommission CORE die Programmschwerpunkte für die Jahre 2004-2007 vorgestellt [39]. Die auf dem neuen Forschungsplan basierende Projektausschreibung konnte jedoch aus Budgetgründen erst auf Ende Jahr lanciert werden. Die ausgeschriebenen Schwerpunkte sind:

- *Alternative Kühlkonzepte für Niedrigenergiebauten*
- *Minimierung Elektrizitätsverbrauch*
- *Effizienzpotentiale bedarfsgeregelter Systeme*
- *Entwicklung hochisolierter Bau- und Anlageteile mit integrierten Vakuum-Isolationspaneelen*
- *Ökologische Beurteilung neuer Energiesysteme*
- *Energieaspekte städtischer Quartiere und Agglomerationen*
- *Umweltauswirkungen von Energiestandards*

Parallel dazu sollen weitere Anstrengungen unternommen werden, die Bauerneuerung einerseits im Rahmen der IEA-Zusammenarbeit zu thematisieren und andererseits neue Projekte zu starten.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2004 vorhanden, (SB) Schlussbericht vorhanden, (ZB) Zwischenbericht vorhanden.

Sämtliche Jahres- und Schlussberichte können unter www.empa-ren.ch heruntergeladen werden.

- [1] W. Hässig, (werner.haessig@bhz.ch), Basler & Hofmann, Zürich: *Ökologische Aspekte von Komfortlüftungen* (SB)
- [2] A. Lalive, (alalive@bhz.ch), Basler & Hofmann, Zürich: *Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus (Beitrag IEA/SHC Task 28)* (SB)
- [3] M. di Paolantonio, (m.dipaolantonio@holligerconsult.ch), Holliger Consult GmbH, Epsach: *Realisierung elektronischer Bauteilkatalog*
- [4] R. Stulz, (roland.stulz@novatlantis.ch), novatlantis, Zürich: *Projektkoordination Nachhaltige Quartierentwicklung* (JB)
- [5] A. Binz, (a.binz@fhbb.ch), FHBB, Muttenz: *a) Nachhaltige Quartierentwicklung Basel Gundeldinger Feld* (ZB) • *b) Vakuum-Dämmung im Baubereich – Systeme und Applikationen (Beitrag IEA BCS Annex 39)* (JB)
- [6] J.-B. Gay, (gay@lesopc67.epfl.ch), EPF LESO-PB, Lausanne: *Nachhaltige Quartierentwicklung Lausanne Bellevaux* (ZB)
- [7] J. Inderbitzin, (buero.bitzi@bluewin.ch), HSW, Luzern: *Nachhaltige Quartierentwicklung Luzern Basel-Bernstrasse* (ZB)
- [8] W. Ott, (walter.ott@econcept.ch), Econcept, Zürich: *Nachhaltige Quartierentwicklung Zürich Werdwies* (ZB)
- [9] R. Hastings, (robert.hastings@freesurf.ch), AEU, Wallisellen: *a) IEA/SHC Task 28: Sustainable Solar Buildings (Nachhaltige Solar-Wohnbauten)* (JB)
- [10] T. Andris, (tom.andris@renggli-haus.ch), Renggli AG, Schötz: *Marktanalyse Passivhaus Schweiz (Beitrag IEA/SHC Task 28)*
- [11] B. Frei, (bhfrei@hta.fhz.ch), Luzern/Horw: *Vergleichende Auswertung schweizerischer Passivhäuser* (SB)
- [12] J.-L. Scartezzini, (jean-louis.scartezzini@epfl.ch), EPF LESO-PB, Lausanne: *a) Optimisation du potentiel d'utilisation de l'énergie solaire en milieu urbain* (SB) • *b) Daylighting Buildings in the 21st Century (IEA/SHC Task 31)* (JB)
- [13] B. Keller, (bkeller@hbt.arch.ethz.ch), Professur für Bauphysik, ETH, Zürich: *Weiterentwicklung der Klimafächenmethode und -software zu erhöhter Praxisverwendbarkeit* (JB)
- [14] Th. Frank, (thomas.frank@empa.ch), EMPA, Dübendorf: *Überarbeitung Programm HELIOS*
- [15] M. Erb, (markus.erb@eicher-pauli.ch), Eicher+Pauli AG, Liestal: *a) High Performance Thermal Insulation in Buildings (IEA/BCS Annex 39)* (JB) • *b) Feldanalyse von kondensierenden Gas- und Ölfeuerungsanlagen* (SB)
- [16] H. Simmler, (hans.simmler@empa.ch), EMPA-Dübendorf: *a) Vakuum-Dämmsysteme im Baubereich – Qualitätssicherung und bauphysikalische Grundlagen (IEA/BCS Annex 39)* (JB) • *b) Messung und Simulation von transparenten Bauteilen mit Sonnenschutz (IEA/SHC Task 27)* (JB)
- [17] H. Manz, (heinrich.manz@empa.ch), EMPA, Dübendorf: *Empirische Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen (IEA/SHC Task 34)* (JB)
- [18] A. Romanyuk, (andriy.romanyuk@unibas.ch), Universität Basel: *Neue optische Beschichtungen für transparente Gebäudeteile im Hinblick auf einen verbesserten sommerlichen Wärmeschutz* (JB)
- [19] Ch. Tanner, (christoph.tanner@empa.ch), EMPA, Dübendorf: *Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern* (SB)
- [20] Hp. Eicher, (hanspeter.eicher@eicher-pauli.ch), Eicher+Pauli AG, Liestal: *Bestellerkompetenz im Bereich Gebäudetechnik, <http://www.bestellerkompetenz.ch>* (SB)
- [21] J.-M. Chuard, (chuard@enerconom.ch), Enerconom, Bern: *Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Performance (IEA BCS Annex 40)* (JB)
- [22] R. Furter, (rfurter@hta.fhz.ch), HTA, Luzern/Horw: *Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte für Komfortlüftung* (JB)
- [23] V. Dorer, (viktor.dorer@empa.ch), EMPA, Dübendorf: *Building Integrated Fuel Cell and other Cogeneration Systems (IEA/BCS Annex 42)*

(JB)

- [24] E. Füglistner, (erich.fueglistner@amstein-walthert.ch), Amstein+Walthert AG, Zürich: *Methode zur Berechnung des Jahresenergieverbrauchs von Warmwasseranlagen* (JB)

Liste der P+D-Projekte

- [25] Peter Schibli, (synergiepark@bluewin.ch) Heizplan AG, Gams: *Datenerfassung Synergiepark für erneuerbare Energien* (JB)
- [26] Th. Nordmann, (nordmann@inc.ch), Erlenbach: *Messprojekt Niedrigenergiehaus Erlenbach* (SB)
- [27] Reto Miloni, (miloni@swissonline.ch) Lichtplanung Miloni, Mülligen: *Passivhaus mit Atelier, Pratteln* (SB)
- [28] D. Grob, (grob-schoepfer@tbwil.ch) Grob Grob und Schöpfer AG, Wil: *Kindergarten Paradisli* (SB)
- [29] H. Holinger, (heinrich@holinger-solar.ch), Holinger Solar AG, Liestal: *Wattwerk- erstes Plusenergie-Gewerbehaus* (JB)
- [30] H. Weber, (heinz.weber@ibe.ch), ibe, Bern: *Durchführung Ideen-Wettbewerb für Passivhaus-Sanierungen*
- [31] K. Viridén, (viriden@viriden-partner.ch), Viridén+Partner, Zürich: *a) Umbau Nietengasse 20 – mit bestehender Backsteinfassade* (SB) ♦ *b) Passivhaus-Umbau Zwinglistrasse* (JB)
- [32] M. Stüssi, (mstuessi@dplanet.ch) Barga: *Neubau Zweifamilienhaus Im Tal 8233 Barga SH, Heizung - Warmwasser - Wäschetrocknung mit einer Duplex-Wärmepumpe*
- [33] A. Gütermann, (amena.ag@energienetz.ch), amena ag, Winterthur: *a) Minergie-P-Gebäude mit Gratec und Luftkollektorsystem* (SB)
- [34] W. Hässig, (whaessig@BHZ.ch), B+H, Zürich: *CO₂-basierte Lüftungssteuerung für ein Wohnhaus* (JB)
- [35] B. Züsli, (beat.zuesli@bluewin.ch), Architekt, Luzern: *Sanierung Wohnsiedlung Himmelrich in Luzern: Varianten Wohnungslüftung* (SB)
- [36] Ch. Kulemann, (christine.kulemann@amstein-walthert.ch), Amstein+Walthert AG, Zürich: *Vorabklärungen Pilotprojekt Sunfactory Tramelan* (JB)
- [37] F. Gachnang, (gachnang@eta-energietechnik.ch), eta Energietechnik, Winterthur: *Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Ausseneisfeldern* (JB)
- [38] P. Oesch, (p.oesch@twdmueller.ch), Gebr. Mueller AG, Bern: *P+D-Projekt mit Messungen SOLARIX- Wandheizsystem Solarix* (JB)

Referenzen

- [39] M. Zimmermann: *Rationelle Energienutzung in Gebäuden - Forschungs- und Demonstrationsprogramm 2004-2007*, Empa, März 2004
- [40] M. Zimmermann et al, E. Jochem (editor): *Steps towards a sustainable development – A white Book for R&D of energy-efficient technologies*, novatlantis, March 2004
- [41] Hoffmann C, Hastings H., Voss K.: *Wohnbauten mit geringem Energieverbrauch*, C. F. Müller Verlag, Heidelberg, 2005, ISSN 3-7880-7749-2