



RATIONELLE ENERGIE-NUTZUNG IN GEBÄUDEN

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2005

Mark Zimmermann

mark.zimmermann@empa.ch



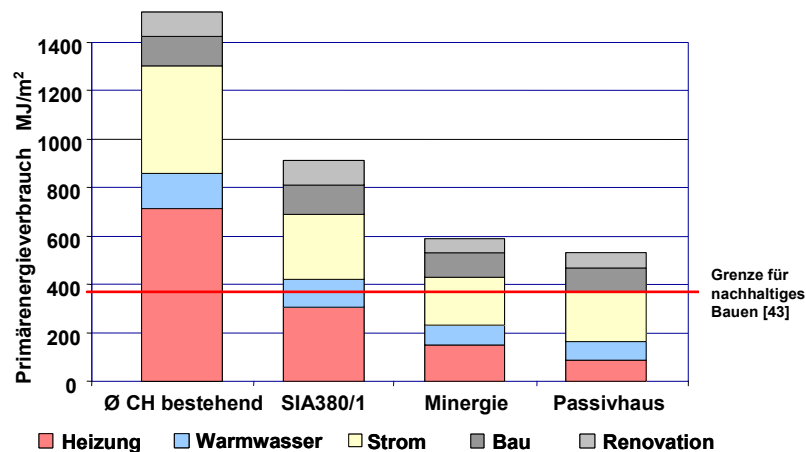
Passivhaussanierung

Der Umgang mit der bestehenden Bausubstanz ist eine der grossen Herausforderungen unserer Gesellschaft. Eine umfassende energetische Sanierung, verbunden mit räumlichem Mehrwert kann eine nachhaltige Zukunft sichern (Bild: Passivhaussanierung Zwinglistrasse, Architekt Viridén, Zürich).

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Die Energienutzung in Gebäuden ist verantwortlich für etwa die Hälfte des Schweizerischen Energiekonsums. Entsprechend bedeutend ist die daraus resultierende Umweltbelastung – insbesondere mit Treibhausgasen, aber auch der Verbrauch der materiellen Ressourcen

Realisierte Gebäude zeigen, dass bezüglich Energieeffizienz besonders bei Altbauten aber auch bei Neubauten nach wie vor ein grosses Potential besteht (Figur 1). Die Mehrkosten energieeffizienter Bauten halten sich dabei in einem durchaus vertretbaren Rahmen.



Figur 1: Primärenergieverbrauch verschiedener Gebäudestandards für Betrieb, Erstellung und Renovation

Das Forschungsprogramm *Rationelle Energienutzung in Gebäuden* will die Möglichkeiten des effizienten und umweltschonenden Energieeinsatzes weiter verbessern, indem es Grundlagen erforscht und innovative Technologien unterstützt. Dabei werden vor allem Technologien gefördert, die ein hohes Einsparpotential (50 - 90 %) und eine gute Akzeptanz im Markt aufweisen.

Für das Programm stehen die **Optimierung ganzer Gebäudesysteme** und die **ganzheitliche Berücksichtigung der Umweltwirkungen** im Vordergrund. Die aktuellen Schwerpunkte basieren auf dem *Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 - 2007*:

- **Hochisolationstechnik:** Neue, hochisolierende, zum Teil vakuumisolierte Dämmsysteme sollen vermehrt für hochwertige Bauprodukte eingesetzt werden. Sie sind platzsparend und deshalb vor allem für Gebäudesanierungen interessant.
- **Elektrizitätsnutzung in Gebäuden** (in Zusammenarbeit mit dem Programm Elektrizität): Der stets zunehmende Elektrizitätsverbrauch ist eine der grossen, heute noch ungelösten Herausforderungen der Energieversorgung.
- **Gebäudekühlung:** Der Kühlbedarf wird immer wichtiger. Wachsenden Komfortansprüchen und der Klimaerwärmung muss rechtzeitig mit geeigneten Massnahmen begegnet werden.
- **Umweltaspekte energieeffizienter Bauten:** Neue Technologien und Standards dürfen nicht nur energetisch beurteilt werden, sie sollen auch vorteilhaft bezüglich Umweltbelastung sein.
- **Nachhaltige Quartierentwicklung:** Mit vereinzelt Projekten sollen im Sinne der nachhaltigen Raumplanung die Auswirkungen des Bauens auf Quartierebene besser berücksichtigt werden.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2005

2005 wurde - nach einer Programmausschreibung - eine grössere Zahl von Projekten initiiert (siehe Projektliste). Es werden im Folgenden nicht sämtliche Projekte einzeln aufgeführt, sondern teilweise Themenbereiche zusammengefasst.

UMWELT / NACHHALTIGKEIT

Mit dem Aufbau des schweizerischen Zentrums für Ökoinventare wurde eine internationale Datenbank geschaffen (www.ecoinvent.ch), auf deren Basis nun umweltrelevante Fragestellungen auch aus dem Energiebereich gezielt angegangen werden können. Der Aufbau des Zentrums wurde primär durch das BFE, das BUWAL und diverse ETH-Institutionen unterstützt.

Basierend auf dieser Datenbank konnten verschiedene Projekte gestartet werden. So wird gegenwärtig abgeklärt, welche (positiven) **Umweltwirkungen durch die Einführung von energetischen Gebäudestandards** ausgehen würden [1]. Parallel dazu wird untersucht, in welchem Masse **neue Energiesysteme wie Wärme-Kraft-Kopplung oder Brennstoffzellen** die Umweltbelastung reduzieren würden [2]. Dabei wird die gesamte Prozesskette von der Energiegewinnung bis zu deren Nutzung analysiert.

Um Bauprojekte hinsichtlich ihrer Umweltbelastung einfacher beurteilen zu können, wird gemeinsam mit dem Verein *eco-bau* (früher *KÖB*) ein **elektronischer Bauteilkatalog** [3] entwickelt. Der Bauteilkatalog gibt Auskunft über den Isolationskennwert U und die verursachten Umweltbelastungen von etwa 100 Standardbauteilen, deren Abmessungen variiert werden können. Mit diesem Katalog wird es möglich sein, auf der Basis des SIA 380/1-Nachweises ein Bauprojekt sowohl energetisch wie auch ökologisch beurteilen zu können.

Eine Weiterentwicklung des Bauteilkatalogs wird mit einem Nachweisverfahren angestrebt, welches eine gesamtheitliche Beurteilung von Energieeffizienz, Umweltbelastung und Gesundheitsaspekten von Gebäuden ermöglichen soll [4]. Das Nachweisverfahren soll vorerst für die Erteilung eines **Minergie-Eco** Labels eingesetzt werden.

Ein mehrjähriger Schwerpunkt des Programms liegt in der Erarbeitung und Umsetzung von Strategien für eine **nachhaltige Quartierentwicklung**. Dazu arbeiten das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), das Bundesamt für Wohnungswesen (BWO) und das BFE in **Basel** [5a], **Lausanne** [6], **Lucern** [7] und **Zürich** [8] mit lokalen Behörden und Institutionen zusammen um Quartierentwicklungsprojekte durchzuführen, resp. Hilfsmittel für die nachhaltige Entwicklung auf Quartierebene bereit zu stellen. Die verschiedenen Projekte werden durch **Novatlantis** [9], der ETH-Plattform für nachhaltige Entwicklung, koordiniert und begleitet.

PASSIVE SONNENENERGIENUTZUNG / GEBÄUDESYSTEME

Energieeffiziente Bauten zeichnen sich nicht allein durch gute Komponenten, sondern durch ein optimiertes Gesamtkonzept und den ausgewogenen Einbezug von erneuerbaren Energien aus. In den letzten Jahren wurden deshalb im Rahmen eines IEA-Projekts **Solar Sustainable Housing** [10a] die erfolgreichsten Gebäudekonzepte untersucht und umfangreiches Planungsmaterial zusammengestellt. Die energetisch besten Gebäude werden unter dem Begriff *Passivhaus*, in der Schweiz als *Minergie-P-Häuser* bekannt, realisiert. Der Heizenergieverbrauch dieser Gebäude, von denen es bereits mehrere tausend gibt, liegt mit rund 10 kWh/m²-Bruttogeschossfläche rund 5 mal tiefer als bei normalen Neubauten. Gemäss einer *Empa*-Studie [43] [44] entsprechen damit diese Bauten, falls auch auf einen sparsamen Umgang mit Elektrizität geachtet wird, bereits weitgehend der Anforderung an nachhaltige Gebäude. Wieso dieser wegweisende Standard nicht schneller Fuss fassen kann, wurde mit einer **Marktanalyse Passivhaus** [11] näher untersucht. Die Studie zeigt, dass es nebst dem in der Schweiz gut eingeführten *Minergie-Standard* ein noch weiter gehender Gebäudestandard schwer haben wird, sich durchzusetzen.

Um die Planung energieeffizienter Bauten zu vereinfachen, sind verschiedene Planungshilfsmittel in Bearbeitung. Einerseits wird das Berechnungsverfahren zur **Bestimmung des Elektrizitätsbedarfs gemäss SIA 380/4** erweitert [12] und den Europäischen Normen angepasst, andererseits werden zwei weitere Hilfsmittel, eines basierend auf der **Klimaflächenmethode** [13], das andere basierend auf einer detaillierten Energiebilanz (**Helios**) [14] bereitgestellt. Beide Programme dienen in erster Linie dazu, im frühen Planungsstadium auf einfache Weise differenzierte Analysen - auch bezüglich Kühl-lasten - durchführen zu können.

Wie sich Gebäude verändern müssen, wenn das Klima wärmer wird, soll eine Studie [15] herausfinden, welche die **Auswirkungen der Klimaerwärmung** auf die Dimensionierung von Heizung und Kühlung systematisch untersucht.

GEBÄUDEHÜLLE

Eine wichtige Neuerung der vergangenen Jahre stellt die Entwicklung der **Vakuumisolation** für Bauanwendungen dar. Auf diesem Gebiet sind denn auch verschiedene Arbeiten erfolgreich abgeschlossen und neue gestartet worden. Im Rahmen des nun abgeschlossenen IEA-Projekts **High Performance Thermal Insulation in Buildings** [5b] [16] [17], wurden vor allem die Grundlagen für einen dauerhaften Einsatz dieser Technologie im Gebäude (Lebenserwartung >50 Jahre) erarbeitet. An einer internationalen Konferenz, dem *7th International Vacuum Insulation Symposium* (*Empa, Dübendorf*, September 28-29, 2005) [45] wurden die Ergebnisse dieser Arbeiten, aber auch andere internationale Entwicklungen vorgestellt.

Inzwischen konnten mit bedeutenden Unternehmen Entwicklungsprojekte gestartet werden [5c] [18] [19] [20], um die extreme Dämmwirkung der **Vakuumisolation in Bauprodukten** einzusetzen. Weitere Anwendungen sind in Planung.

Welche innovativen **Wandkonstruktionen für Minergie-P Häuser** [10b] in internationalen Pilot- und Demonstrationsbauten ausgeführt wurden, wird in einer Publikation zusammengestellt. Sie soll vor allem dem Planer zeigen, welche hoch dämmenden Wandkonstruktionen sich in der Praxis bewährt haben.

Durch die enorme Entwicklung der Wärmeschutzverglasungen ist die transparente Fassade zu einem wesentlichen Bestandteil jedes Gebäudekonzepts geworden. Allerdings sind auch die besten Gläser noch nicht optimal, wenn es darum geht, Tageslicht durch zu lassen, Wärmestrahlung jedoch abzuhalten. An der Universität Basel werden deshalb **neuartige optische Beschichtungen** untersucht [21], mit dem Ziel, Gläser mit einem g-Wert um 20 % und einem τ -Wert um 50 % zu erhalten. Heute verfügbare Gläser weisen Werte um 40 % respektive 60 % auf.

Damit das Verhalten von verglasten Fassaden schon in der Planungsphase beurteilt werden kann, werden komplexe Berechnungsprogramme eingesetzt, welche den **Strahlungs- und Wärmedurchgang am Fenster** simulieren. Um diese Programme testen zu können, werden mit dem Solarprüfstand der Empa hochwertige Messdatensätze erzeugt, welche anschliessend weltweit zum Testen entsprechender Simulationsprogramme dienen [22a].

HAUSTECHNIK

Im Bereich Gebäudetechnik stehen zurzeit vier Themen im Vordergrund: Elektrizität im Gebäude, Beleuchtung, Gebäudekühlung und Warmwasser.

Elektrizität

Die Bereitstellung und die effiziente Nutzung von Elektrizität stellt die grösste Herausforderung an Planer und Betreiber. Auf diesem Gebiet wurden deshalb, koordiniert mit dem Programm Elektrizität, diverse Projekte gestartet.

Die Nutzung hochwertiger fossiler Brennstoffe nur für Wärmezwecke ist nicht mehr zeitgemäss. Zukünftig soll damit im Gebäude Strom und Wärme, evtl. sogar auch noch Kälte produziert werden. Wie das, abhängig vom jeweiligen Bedarf und den Leistungscharakteristiken der eingesetzten Systeme, optimal gemacht werden kann, untersucht das IEA-Projekt **Building Integrated Fuel Cell and other Cogeneration Systems** [23].

Das Elektrizitätsproblem lässt sich jedoch kaum allein mit zusätzlicher Stromerzeugung lösen. Gleichzeitig muss auch der Verbrauch reduziert werden. Es gäbe dazu eine ganze Reihe von Techniken, welche den Strom effizienter nutzen, sie werden bisher jedoch kaum eingesetzt. Planer und Installateure nutzen diese Möglichkeiten zu wenig. Mit dem Projekt **Hilfsenergie Haustechnik: Einsparpotentiale und Umsetzungspfade** [24] werden nun die Schwierigkeiten ermittelt und Massnahmen zu deren Behebung vorgeschlagen werden.

Stark von elektrischer Hilfsenergie abhängig sind auch so genannte Kombigeräte welche vor allem in Niedrigenergiehäusern zum Einsatz kommen. 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 HTA Luzern ein **Prüfstand für Kombigeräte** [25] aufgebaut. Erste Messungen zeigen, dass noch Entwicklungspotential besteht. So liegt die Leistungsziffer der integrierten Kleinwärmepumpe bei 1.5 bis 3.0, was noch klar ungenügend ist.

Nach Abschluss des Projekts **Bestellerkompetenz** konnte nun auch das Projekt **Betreiberkompetenz** fertig gestellt werden. Das Projekt befasste sich zwar mit dem sicheren und energieeffizienten Betrieb von komplexen Gebäuden im Allgemeinen, der sparsame Umgang mit Elektrizität spielt dabei jedoch eine sehr wichtige Rolle. Die Arbeiten wurden in internationaler Zusammenarbeit im Rahmen des IEA-Projekts **Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Systems** [26] durchgeführt. Der Verband der schweizerischen Facility Manager (IFMA Schweiz) hat die Arbeiten übernommen und führt sie nun in eigener Regie weiter.

Licht

Licht ist zu einem bedeutenden Faktor für Elektrizitätsverbrauch und Komfort geworden.

An der EPF Lausanne wurde deshalb im Rahmen eines IEA-Projekts die **Optimierung der Tageslichtnutzung in Gebäuden** [27a] untersucht. Das Resultat sind technische Lösungsvorschläge für die intelligente Kombination von Kunst- und Tageslicht. Ergänzend dazu werden nun **neue Beleuch-**

tungskonzepte für Büroarbeitsplätze mit einer installierten Lichtleistung um 3 W/m^2 gesucht [27b]. Dabei wird auch geklärt, welche Rolle LED-Leuchten in Zukunft spielen könnten.

Einen ganz anderen Weg geht die Fachhochschule in Yverdon. Sie will die **Schwefeldampf Lampe** weiterentwickeln, welche für eine sehr hohe Lichtausbeute bekannt ist [28]. Das Ziel ist eine unbewegte Lampe kleiner Leistung ($<100 \text{ W}$) mit einer Lichtausbeute von mehr als 100 Lumen/W . In einem ersten Entwicklungsschritt ist es bereits gelungen, das Plasma in einer ruhenden, und nicht wie bisher, in einem rotierenden Glaskolben zu erzeugen.

Kühlung

Nicht zuletzt infolge des Hitzesommers 2003 und der sich abzeichnenden Klimaerwärmung, aber auch aufgrund des Trends zu stark verglasten Bauten, ist die Gebäudekühlung nach wie vor ein hochaktuelles Thema.

Im Vordergrund steht die Ausnutzung natürlicher Kältesenken. In den meisten Fällen genügt die **Nachtauskühlung**, wenn das Gebäude mit kühler Nachtluft richtig bewirtschaftet werden kann. Mit dem Projekt [22b] wird mittels detaillierten CFD-Simulationen untersucht, wie die Anordnung der Fensteröffnung und der Speichermasse den Auskühlvorgang zu beeinflussen vermag. Im Rahmen eines Industrieprojekts wurde dieses Konzept an einem Bürogebäude untersucht [29]. Die Messungen zeigen, dass die natürliche Konvektion oft nicht genügt um den Raum auszukühlen, da die grosse Speichermasse der Betondecken oberhalb der Fenster liegt und kaum erreicht wird. Eine erzwungene Belüftung der Betondecke bringt schon wesentlich mehr. Interessant könnte auch das Konzept sein, welches die Universität Genf untersucht [30]. Hier wird eine Speichermasse so mit Nachtluft durchströmt, dass eine zeitliche Phasenverschiebung entsteht und dadurch tagsüber die Kälte der Nachtluft zur Verfügung steht.

Nicht auf kühle Nachtluft, sondern auf kühles **See- und Grundwasser** setzt eine Untersuchung [31], welche prüft, inwiefern in Neuenburg über ein Kältenetz mit See- und Grundwasser gekühlt werden könnte. Die Studie soll zeigen, welches Potential diese natürlichen Kältespeicher in städtischen Gebieten abdecken könnten.

Drei weitere Projekte befassen sich mit der energieeffizienten Bereitstellung von Kälte. Einerseits sollen dazu **reversible Wärmepumpen** eingesetzt werden, die sowohl als effiziente Wärme- wie auch als Kälteaggregat eingesetzt werden können [32]. Andererseits wird versucht, Solarwärme oder Abwärme zur Kältebereitstellung zu nutzen. Dazu wird mit der so genannten **sorptionsgestützten Kühlung** die Luft getrocknet um sie anschliessend auf ein normales Mass wieder zu Befeuchten und dadurch abzukühlen. Im Projekt werden semipermeable Membranen untersucht, welche sich sehr gut für den Feuchteaustausch eignen, das Trockenmittel jedoch von der Zuluft trennen [33]. Das Projekt **Hocheffiziente Kühlsysteme für Gebäudesanierungen** [2b] befasst sich gezielt mit der Problematik der Erneuerung ineffizienter bestehender Anlagen. Es wertet beispielhafte Sanierungen aus und soll dem Planer zeigen, welche Konzepte bei der Erneuerung alter Klimaanlage zu empfehlen sind.

Warmwasser

Durch die laufende Verbesserung der Gebäudehülle, gewinnt der Energieverbrauch zur Wassererwärmung gegenüber dem Heizwärmeverbrauch laufend an Bedeutung. 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** [34] wurde diese Lücke geschlossen. Es steht nun ein einfaches Planungswerkzeug zur Verfügung, mit welchem der Energieverbrauch für Warmwasser berechnet, bezüglich Schwachstellen analysiert und optimiert werden kann.

Mit der energetisch erwünschten Senkung der Warmwassertemperatur unter 60°C steigt das Risiko des Legionellenwachstums. Damit sich Energieeffizienz und Gesundheitsrisiko nicht unnötig ausschliessen, untersucht die ETH welche materialbedingten und betrieblichen Faktoren das **Wachstum von Legionellen und Amöben im Wasser** beeinflussen [35].

Nationale Zusammenarbeit

Von den laufenden 41 vom BFE unterstützten Forschungsprojekten wurden 11 Projekte mit **Fachhochschulen**, 17 Projekte mit **ETH-Instituten und Universitäten** und 10 Projekte mit der **Industrie** durchgeführt. An 24 Projekten waren planende **Ingenieurbüros** beteiligt und in 3 Projekten wurde mit **Branchenverbänden** und **Agenturen** zusammengearbeitet.

Es besteht eine enge Zusammenarbeit mit den Forschungsprogrammen **Solarwärme, Elektrizität und Energiewirtschaftlichen Grundlagen**, mit denen programmübergreifende Projekte koordiniert und teilweise gemeinsam finanziert werden.

Eine weitere Projektkoordination und gemeinsame Projektdurchführungen findet mit den Bundesämtern ARE und BWO auf dem Gebiet der nachhaltigen Quartierentwicklung [5a] [6] [7] [8] [9] und mit dem BAFU (bisher BUWAL) und dem BBL im Ökologiebereich statt. Diese Ämter sind auch wesentlich beteiligt am **Schweizer Zentrum für Ökoinventare**, welches von Instituten des ETH-Bereichs getragen wird und mit dem weltweit umfassendsten Ökoinventar **ecoinvent** international grosse Beachtung findet.

Gemeinsame Projekte im Bereich *nachhaltiges Bauen* werden auch mit den Vereinen *Ecobau* und *Minergie* [1] resp. dem Hochbauamt der Stadt Zürich sowie im Bereich *elektrische Energie im Hochbau* mit dem SIA [12] und der Agentur S.A.F.E. [24] durchgeführt.

Im Rahmen des nationalen Kompetenznetzwerks **brenet** (*Building and Renewable Energies Network of Technology*, www.brenet.ch) konnten die Zusammenarbeit zwischen den Fachhochschulen und mit der KTI und der Industrie die Zusammenarbeit intensiviert werden. Das Netzwerk beteiligt sich auch an den neu gebildeten **Kompetenznetzwerk Energy and Mobility** des ETH-Bereichs.

Internationale Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit mit der Europäischen Union gestaltet sich schwierig. Der Gebäudebereich hat im 6. Rahmenprogramm keine hohe Priorität. Vereinzelte Projekte sind noch aus dem 5. Rahmenprogramm (FP5) laufend:

- **ECCO-BUILD**, *Energy and comfort control for building management systems*, EPFL (FP 5)
- **RE-FRAME**, *New window framing technologies for aerogel and other highly insulated glazing*, Industry (FP 5)
- **Hope**, *Health optimisation protocols for energy-efficient buildings*, EPFL (FP 5)
- **SUNTOOL**, *An environmental modelling tool to support sustainable urban planning*, EPFL (FP 5)
- **BIO-Pro**, *New burner technologies for low grade biofuels to supply clean energy*, Ökozentrum, Langenbruck, (STREP FP6)
- **GenFC**, *Generic Fuel Cell Modelling Environment*, Empa (IP FP6)
- **TetraEner**, *Kommunale Energieplanung*, City of Geneva (EU FP6 Concerto Program)

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.

Eine gute und intensive Zusammenarbeit findet jedoch weiterhin 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 sechs Projekten engagiert:

- **Sustainable solar buildings**, SHC Task 28, Abschluss anfangs 2006 [10a]
- **Daylighting buildings in the 21st century**, SHC Task 31, Abschluss Ende 2005 [27a]
- **Testing and Validation of Building Energy Simulation Tools**, SHC Task 34, 2004-2006 [22]
- **High performance thermal insulation systems**, BCS Annex 39, abgeschlossen [16]
- **Simulation of Building-Integrated Fuel Cell and Other Cogeneration Systems**, BCS Annex 42, 2004-2007 [23]
- **Energy Efficient Electric Lighting for Buildings**, BCS Annex 45, 2005-2008 [27] [28]
- **Solar & Conservation Renovation of Housing**, SHC Task, 2006 - 2008
- **Prefabricated Systems for Low Energy and High Comfort Building Renewal**, BCS Annex 50, 2006-2010.

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Im Rahmen des Forschungsprogramms werden keine neuen Pilot- und Demonstrationsprojekte mehr gestartet (Sparmassnahmen beim Bund). Das Schwergewicht liegt auf dem Abschluss der bereits genehmigten Projekte und allenfalls auf der wissenschaftlichen Begleitung und Auswertung besonders interessanter Projekt. Entsprechend wurden von den laufenden acht Projekten deren 5 im Jahr 2005 abgeschlossen.

Eine Übersicht über sämtliche P+D-Projekte wird im Internet auf www.empa-ren.ch/ren/P+D-Kategorien.htm gegeben.

GEBÄUDESTANDARDS

Das Projekt **Datenerfassung beim Synergiepark für erneuerbare Energien** [36] beinhaltetete die Bereitstellung der Messungen am Gebäude und den Solaranlagen auf dem Internet. Die erfassten Tages-, Monats- und Jahresdaten werden auf www.synergiepark.ch laufend aktualisiert und können von Interessierten eingesehen werden. Das Projekt ist abgeschlossen und läuft nun selbstständig weiter.

Mit dem **Solarhaus Häni-Ruf in Altnau** [37] konnte ein sehr schön gestaltetes Einfamilienhaus realisiert werden, das trotz ungünstiger Ausrichtung und Lage einen niedrigen Jahresenergieverbrauch aufweist, der zu 100 % über erneuerbare Energien (Holz und Sonne) gedeckt wird. Mit einem Holzverbrauch von 7-8 Ster (63 kWh/m²) konnten allerdings keine Rekordwerte erreicht werden. Die flach auf dem Dach liegenden Vakuumröhrenkollektoren haben sich bewährt und stellen eine gute Alternative zu aufgeständerten Flachkollektoren dar. Rundum konnten so die hohen Ansprüche an die Gestaltung des Gebäudes, sowie die hohen Ansprüche an Komfort und Nutzung erneuerbarer Energien realisiert werden.

Das Projekt **Wattwerk – 1. Plusenergie-Gewerbehaus** [38] in Bubendorf BL erhielt 2004 den europäischen Solarpreis in der Kategorie *Betriebe und Unternehmen*. Das Gebäude soll mehr Energie produzieren als es verbraucht. Die Messungen wurden 2005 abgeschlossen und der Schlussbericht wird 2006 erscheinen. Informationen sind unter www.wattwerk.ch zu finden.



Figur 2: Passivhausrenovation einer Altliegenschaft mit vorgefertigtem Dachstock (Arch. K. Viridén, Zürich) [39]; v.l.n.r.: (1.) Die Liegenschaft vor der Renovation, (2.) Vorfabrikation des Dachstuhls mit Vakuumisolation, (3.) Montage des Dachstuhls, (4.) Die renovierte Liegenschaft: nahe am Minergie-P-Standard für Neubauten

Die **Minergie-P-Sanierung Zwinglistrasse** [39] (s. Fig. 2) ist die Dritte in der Folge des Architekten K. Viridén. Die gesteckten Zielsetzungen konnten jedoch auch hier noch nicht ganz erreicht werden. Es zeigte sich, dass der Benutzereinfluss bei Gebäuden mit solch tiefen Verbrauchswerten wesentlich grösser ist als bei Gebäuden mit normalem Verbrauch. Immerhin liegt der normierte Heizwärmebedarf mit 11.9 kWh/m² nur unwesentlich über den angestrebten 10 kWh/m² pro Jahr. Dank hohem Anteil an Solarwärme für das Warmwasser liegt die gewichtete Primärenergiekennzahl für sämtliche Energiebezüge mit 84.7 kWh/m² sogar wesentlich tiefer als die zulässigen 120 kWh/m².

HAUSTECHNIK

Beim Projekt **CO₂-basierte Lüftungssteuerung für ein Wohnhaus** in Wald [40] wurde die Anwendung neu entwickelter, kostengünstiger CO₂-Sensoren untersucht. Das vom Bewohner abgegebene CO₂ ist ein guter Indikator für die Luftqualität. Steigt der CO₂-Wert über 1000 ppm, so ist die Raumluftqualität beeinträchtigt, steigt er über 1500 ppm so ist die Luftqualität ungenügend. Die Untersuchung hat deutlich gezeigt, dass die Steuerung von Wohnungslüftungen über CO₂-Messungen klare Vorteile gegenüber herkömmlicher Handschaltung bringt. Die Komfortwerte sind insgesamt sehr gut. Zu trockene Luft konnte nicht registriert werden. Für die Steuerung der Lüftung wäre die Platzierung

der CO₂-Messung in der Abluft geeigneter als der gewählte Standort des Sensors im Wohnzimmer. Der Lüftungsstromverbrauch reduzierte sich dank der CO₂-Steuerung um gut 50 %, d.h. vom *Minergie*-Planungswert von 1.9 kWh/m² und Jahr auf 0.89 kWh/m². Die Lüftungswärmeverluste werden dank der CO₂-Steuerung um gut 20 % reduziert (2.2 kWh/m² und Jahr statt 2.9 kWh/m²).

GEBÄUDEHÜLLE

Eishallen müssen auch bereits während der warmen Jahreszeit betrieben werden. Die Erwärmung des Eissfeldes erfolgt hauptsächlich über Wärmestrahlung. Das Projekt **Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Ausseneisfeldern** [41] untersuchte deshalb die Wirkung von reflektierenden Deckenbekleidungen, welche die kalte Eisoberfläche widerspiegeln. Die Untersuchungen kamen zum Ergebnis, dass in Anbetracht des hohen Energiesparpotentials und der immer gegebenen Wirtschaftlichkeit, emissionsarme, insbesondere aus Aluminium gefertigte Deckenuntersichten für neu zu erstellenden Eisportanlagen aller Art zum verbindlichen Standard erklärt werden sollten.

Im Falle von Umbauten oder energetischen Sanierungen in Eishallen stellt der Einbau einer Aluminiumdeckenuntersicht sicher eine seriös zu prüfende, in den meisten Fällen wirtschaftlich interessante Optimierungsmassnahme dar. In den meisten Fällen konnten damit auch die Beleuchtungsverhältnisse verbessert werden.

Das Projekt **SOLARIX-Wandheizsystem** [42] verwendet eine neu entwickelte Solarfassade mit transparenter Wärmedämmung TWD (ausser) und vorgefertigten 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. Das geplante Pilotprojekt kann erst 2006 ausgeführt werden.

Bewertung 2005 und Ausblick 2006

2005 wurde eine Ausschreibung zu den sieben aktuellen Programmschwerpunkten durchgeführt:

- **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**

Die Begleitgruppe des Forschungsprogramms hat 74 Projektanträge evaluiert und 33 für weiterführende Vertragsverhandlungen vorgeschlagen (www.empa-ren.ch/ren/Ausschreibung_05.htm). 19 Projekte konnten bereits gestartet werden, bei weiteren 6 Projekten sind die Vertragsverhandlungen bereits abgeschlossen.

Ende 2005 wurde auch die Programmleitung neu ausgeschrieben und die Stelle konnte neu besetzt werden. 2006 wird deshalb die Überführung des Programms zum neuen Programmleiter stattfinden. Eine seiner ersten Aufgaben wird es sein, die Programmschwerpunkte 2008 – 2011 in Zusammenarbeit mit der Energieforschungskommission CORE festzulegen.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2005 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch)

- [1] R. Dettli, (reto.dettli@econcept.ch), Econcept, Zürich: **Umweltwirkungen von Gebäudestandards: Perspektiven für den Gebäudepark Schweiz** (JB).
- [2] A. Primas, (alex.primas@bhz.ch), Basler&Hofmann AG, Zürich: a) **Ökologische Bewertung neuer WKK-Systeme und Systemkombinationen** (JB) • b) **Hocheffiziente Kühlsysteme für Gebäudesanierungen**.
- [3] M. di Paolantonio, (m.dipaolantonio@holligerconsult.ch), Holliger Consult GmbH, Epsach: **Realisierung elektronischer Bauteilkatalog**.
- [4] R. Sigg, (sigg@intep.de), Intep, Zürich: **Minergie-Eco – Systemnachweis für nachhaltige Hochbauten**.
- [5] A. Binz, (a.binz@fhbb.ch), FHBB, Muttens: a) **Nachhaltige Quartierentwicklung Basel Gundeldinger Feld – Lehrpfad Nachhaltigkeit** • b) **Vakuum-Dämmung im Baubereich – Systeme und Applikationen** (Beitrag IEA BCS Annex 39) (SB) • c) **Bauelemente und Systeme mit VIP für Aussenwand und Dach**.

- [6] D. Robinson, (darren.robinson@epfl.ch), EPF LESO-PB, Lausanne: **Nachhaltige Quartierentwicklung Lausanne Bellevaux**.
- [7] J. Inderbitzin, (buero.bitzi@bluewin.ch), HSW, Luzern: **Nachhaltige Quartierentwicklung Luzern Basel-Bernstrasse**.
- [8] W. Ott, (walter.ott@econcept.ch), Econcept, Zürich: **Checkliste Ersatzneubau** (JB).
- [9] R. Stulz, (roland.stulz@novatlantis.ch), novatlantis, Zürich: **Projektkoordination Nachhaltige Quartierentwicklung** (JB).
- [10] R. Hastings, (robert.hastings@freesurf.ch), AEU, Wallisellen: a) IEA/SHC Task 28: Sustainable Solar Buildings (Nachhaltige Solar-Wohnbauten) (SB) • b) Wandkonstruktionen für Minergie-P Häuser (JB).
- [11] T. Andris, (tom.andris@renggli-haus.ch), Renggli AG, Schötz: **Marktanalyse Passivhaus Schweiz** (Beitrag IEA/SHC Task 28) (SB).
- [12] W. Seidinger, (seidinger@lemonconsult.ch), Lemon Consult, Zürich: **Update Software 380/4 für Lüftung, Kühlung, Beheizung** (SB).
- [13] B. Keller, (bkeller@hbt.arch.ethz.ch), Professur für Bauphysik, ETH, Zürich: **Weiterentwicklung der Klimaflächenmethode und -software zu erhöhter Praxisverwendbarkeit**.
- [14] Th. Frank, (thomas.frank@empa.ch), EMPA, Dübendorf: **Überarbeitung Programm HELIOS** (SB).
- [15] C.U. Brunner, (cub@cub.ch), Büro CUB, Zürich: **Bauen, wenn das Klima wärmer wird** (JB).
- [16] M. Erb, (markus.erb@eicher-pauli.ch), Eicher+Pauli AG, Liestal: **High Performance Thermal Insulation in Buildings (IEA/BCS Annex 39)** (SB).
- [17] H. Simmler, (hans.simmler@empa.ch), Empa, Dübendorf: **Vakuum-Dämmsysteme im Baubereich – Qualitätssicherung und bauphysikalische Grundlagen** (IEA/BCS Annex 39) (JB).
- [18] M. Jordi, (Martin.Jordi@renggli-haus.ch), Renggli AG, Schötz: **Entwicklung eines VIP-Passivhausfassadenelements** (JB).
- [19] O. Huth, (olaf.huth@empa.ch), Empa, Dübendorf: **Thermotragelemente aus hochfestem Faserverbundstoff und integrierten Vakuumisoliationspaneelen (VIP)** (JB).
- [20] W. Mantsch (walter.mantsch@toblerag.ch), Tobler AG, Urdorf: **Entwicklung eines kompakten Fussbodenheiz-/Kühlelements mit integriertem VIP** (JB).
- [21] A. Romanyuk, (andriy.romanyuk@unibas.ch), Universität Basel: **Neue optische Beschichtungen für transparente Gebäudeteile im Hinblick auf einen verbesserten sommerlichen Wärmeschutz** (JB).
- [22] H. Manz, (heinrich.manz@empa.ch), Empa, Dübendorf: a) **Empirische Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen** (IEA/SHC Task 34) (JB) • b) **Passive cooling by night-time ventilation using climate responsive elements** (JB).
- [23] V. Dorer, (viktor.dorer@empa.ch), EMPA, Dübendorf: **Building Integrated Fuel Cell and other Cogeneration Systems** (IEA/BCS Annex 42) (JB).
- [24] J. Nipkow, (juerg.nipkow@arena-energie.ch), Agentur S.A.F.E., Zürich, **Hilfsenergie Haustechnik: Einsparpotentiale und Umsetzungspfade** (JB).
- [25] R. Furter, (rfurter@hta.fhz.ch), HTA, Luzern/Horw: **Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte für Komfortlüftung** (SB).
- [26] J.-M. Chuard, (chuard@enerconom.ch), Enerconom, Bern: **Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Performance** (IEA BCS Annex 40) (SB).
- [27] J.-L. Scartezzini, (jean-louis.scartezzini@epfl.ch), EPF LESO-PB, Lausanne: a) **Daylighting Buildings in the 21st Century** (IEA/SHC Task 31) (SB) • b) **Dispositifs d'éclairage intégrés à haute performance énergétique** (JB).
- [28] G. Courret, (gilles.courret@heig-vd.ch), Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud, Yverdon: **Environmental friendly high efficient light source** (JB).
- [29] P. Karlstroem, (Petra.Karlstroem@aerni.ch), Robert Aerni Ing. AG, Dietlikon: **MICS – Multiple integrated climate system** (SB).
- [30] P. Hollmuller, (Pierre.Hollmuller@cuepe.unige.ch), CUEPE Université de Genève: **Rafrâichissement passiv Coolshift** (JB).
- [31] B. Matthey, (info@masai-conseils.com), B. Matthey Ingénieurs-Conseils SA, Montezillon: **Réseau de distribution d'eau de lac et d'eau souterraine pour couvrir les besoins en rafraîchissement et en chaleur de l'environnement des bâtiments** (JB).
- [32] Th. Afjei, (thomas.afjei@fhbb.ch), FHBB, Muttenz: **Heizen und Kühlen mit reversiblen Wärmepumpen** (JB).
- [33] M. Conde, (MANUEL_R_CONDE@compuserve.com), M. Conde Engineering, Zürich: **Open absorption system for cooling and air conditioning using membrane contactors** (JB).
- [34] E. Füglistner, (erich.fueglistner@amstein-walthert.ch), Amstein+Walthert AG, Zürich: **Methode zur Berechnung des Jahresenergieverbrauchs von Warmwasseranlagen** (SB).
- [35] H. Hilbi, (hubert.hilbi@micro.biol.ethz.ch), ETH Institut für Mikrobiologie, Zürich: **Wachstumsregulation von Legionella pneumophila in Biofilmen und Amöben** (JB).

Liste der P+D-Projekte

- [36] P. Schibli, (synergiepark@bluewin.ch) Heizplan AG, Gams: **Datenerfassung Synergiepark für erneuerbare Energien**.
- [37] P. Dransfeld, (dransfeld@dransfeld.ch) Architekt, Ermatingen: **Solarhaus Häni** - Ruf, Altnau (SB).
- [38] H. Holinger, (heinrich@holinger-solar.ch), Holinger Solar AG, Liestal: **Wattwerk- erstes Plusenergie-Gewerbehaus** (JB).
- [39] K. Viridén, (viriden@viriden-partner.ch), Viridén+Partner, Zürich: **Passivhaus-Umbau Zwinglistrasse** (SB).
- [40] W. Hässig, (whaessig@BHZ.ch), B+H, Zürich: **CO₂-basierte Lüftungssteuerung für ein Wohnhaus** (SB).

- [41] F. Gachnang, (gachnang@eta-energietechnik.ch), eta Energietechnik, Winterthur: **Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Ausseneisfeldern** (SB).
- [42] P. Oesch, (p.oesch@twdmueller.ch), Gebr. Mueller AG, Bern: **P+D-Projekt mit Messungen SOLARIX- Wandheizsystem Solarix**.

Referenzen

- [43] M. Zimmermann, Hans-Jörg Althaus, Anne Haas: **Benchmarks for sustainable construction - A contribution to develop a standard for the evaluation of the ecological sustainability of buildings**, Energy And Buildings, November 2005, Pages 1147-1157.
- [44] **M. Zimmermann: Passivhaus und 2000-Watt-Gesellschaft – Welches sind die Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung?** 9. Int. Passivhaus Tagung, Ludwigshafen DE, 2005.
- [45] **M. Zimmermann: 7th International Vacuum Insulation Symposium**, Empa, Duebendorf CH, September 28-29, 2005.