

## ***RATIONELLE ENERGIENUTZUNG IN GEBÄUDEN***

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2003

***Mark Zimmermann***

[mark.zimmermann@empa.ch](mailto:mark.zimmermann@empa.ch)



### ***Wohn- und Geschäftshaus Renggli in Sursee***

Das stattliche Gebäude mit rund 11'000 m<sup>3</sup> Gebäudevolumen und 4600 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche wurde in Holzbauweise ausgeführt. Mit einer gewichteten Energiekennzahl *Wärme* von 24.4 kWh/(m<sup>2</sup>·a) wurde der einzuhaltende *Minergie*-Grenzwert um 41 % unterschritten.

## ***Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele***

Das Forschungs-, Pilot und Demonstrationsprogramm ***Rationelle Energienutzung in Gebäuden*** fördert Projekte, welche den Energiebedarf von Gebäuden reduzieren, eine effizientere Nutzung der Energie für Wärme, Licht und Kraft ermöglichen sowie den Einsatz erneuerbarer Energien unterstützen. In Ergänzung zu den Projekten der Privatwirtschaft und der öffentlichen Forschungsstellen will das Programm gezielt Wissenslücken schliessen, die Weiterentwicklung vielversprechender Technologien fördern und den Stand der Technik für eine verbreitete Anwendung demonstrieren. Energetische Massnahmen sollen vor allem für die Gebäudesanierung, durch Kostensenkungen und Effizienzsteigerungen attraktiver werden.

Das Programm befasst sich zudem mit den Umweltaspekten der Energienutzung und des Bauens. Im Zentrum stehen die Verringerung des Verbrauchs fossiler Energien und des materiellen Ressourcenverbrauchs der Bauwirtschaft.

Das Programm ***Rationelle Energienutzung in Gebäuden*** unterstützt und erforscht vor allem Technologien, die mittelfristig ein grosses Effizienzpotential aufweisen. Die Optimierung der bestehenden Technologien ist primär Sache der Privatwirtschaft. Verstärkt bearbeitet werden Themen, die der energetischen Gebäudesanierung dienen oder welche die nachhaltige Quartierentwicklung fördern.

Das Programm befasst sich mit ***Gebäudesystemen***, mit der ***Gebäudehülle***, mit den ***haustechnischen Installationen*** und mit ***der Nutzung der Sonnenenergie***. Im Vordergrund stehen die ***Optimierung ganzer Gebäudesysteme*** und die ***ganzheitliche Berücksichtigung der Umweltwirkungen***.

Anfangs 2000 wurde das Programm für vier Jahre festgelegt und Projekte wurden öffentlich ausgeschrieben. Eine ergänzende Ausschreibung erfolgte im Jahr 2002. Von zentraler Bedeutung waren dabei:

- ***Hochisolationstechnik***: Qualitätssicherung bei der Herstellung und Anwendung von vakuumisolierten Dämmsystemen, als Alternative zu voluminösen, konventionellen Materialien.
- ***Passivhäuser***: Entwicklung von Technologien und Systemen für *Minergie-* und *Passivhäuser*, sowie deren Demonstration im Wohn-, Büro- oder Gewerbebau.
- ***Umwelttechnik***: Bereitstellen von Grundlagen sowie Erarbeitung und Anwendung von praxisnahen Methoden zur gesamtheitlichen Beurteilung von Bauten, Systemen und Komponenten.
- ***Nachhaltige Quartierentwicklung***: Einbezug gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Aspekte im Sinne einer ganzheitlich nachhaltigen Entwicklung des umbauten Raumes.

Auf diesen Gebieten setzt das Programm massgebende Impulse. Zusammen mit ergänzenden Technologien sollen damit die Voraussetzungen geschaffen werden, dass die Bauwirtschaft mittelfristig in der Lage sein wird, entscheidend zu den Zielen der Nachhaltigkeit und der Klimakonvention beizutragen.

## ***Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2003***

### ***UMWELT / NACHHALTIGKEIT***

Energie- und Umwelttechnik haben sehr viel Gemeinsames. Währenddem früher die Reduktion des Energieverbrauchs im Vordergrund stand, richtet sich heute die Energiepolitik primär nach den Kriterien der Nachhaltigkeit. Ein zentrales Ziel der Energieforschung ist deshalb heute die Reduktion der Treibhausgase, welche zur Klimaerwärmung führen sowie die Begrenzung des Schadstoffausstosses.

Bauprozesse und der Betrieb von Gebäuden sind bedeutende Verursacher von Treibhausgasen und Umweltschadstoffen. Das Programm kooperiert deshalb intensiv mit anderen Bundesämtern und For-

schungsprogrammen, um die Umweltwirkungen der Energienutzung und der Bauprozesse auf ein vertretbares Mass zu reduzieren.

Einen Meilenstein stellt diesbezüglich die Fertigstellung der Ökoinventar-Datenbank *Ecoinvent 2000* dar, welche seit September 2003 auf dem Internet ([www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch)) verfügbar ist und bereits international grosse Beachtung findet. Diverse Institutionen des ETH-Bereichs haben sich unter der Leitung der EMPA zu einem *Zentrum für Ökoinventare* zusammengeschlossen, um dieses umfassende und harmonisierte Ökoinventar für Energiesysteme, Investitions- und Konsumgüter, Transporte und Entsorgungsprozesse zu erstellen und zu unterhalten.

Die Unterstützung des BFE konzentrierte sich auf die *Ökoinventare für Energiesysteme* [1] auf *Ökoinventare für Solar- und Heizsysteme* [2] sowie auf *ökologische Aspekte von Lüftungsanlagen* [3], währenddem die Bundesämter für Umwelt Wald und Landschaft (BUWAL), für Bauten und Logistik (BBL) und für Strassen (ASTRA) sich an der Erarbeitung von Ökoinventaren für Bau- und Werkstoffe, für chemische Produkte sowie für Abfall- und Transportprozesse beteiligten.

Mit rund 3'500 gut dokumentierten Datensätzen ist *Ecoinvent 2000* zurzeit die umfassendste und am besten dokumentierte Datenbank für Ökoinventare. Sie stellt die Grundlagen bereit, mit welchen anwendungsorientierte Fragestellungen untersucht werden können.

Ebenfalls abgeschlossen wurde das Projekt *eco-devis* [4], welches eine praxisnahe Planungshilfe für die umweltbewusste Ausschreibung von Bauleistungen ermöglicht. In Zusammenarbeit mit dem Verein *eco-devis* (verschiedene kantonalen und kommunale Hochbauämter und Verbände der Bauwirtschaft) wurden Bauprozesse bezüglich ihrer Umweltverträglichkeit analysiert und in einem sogenannten *eco-devis* als ökologisch vorteilhafte oder weniger vorteilhafte Konstruktion bezeichnet. Damit hat der Bauplaner nun ein Instrument zur Verfügung, welches ihm die Planung umweltfreundlicher Baukonstruktionen erleichtert ([www.ecodevis.ch](http://www.ecodevis.ch)).

Je nach Planungsstadium werden im Bauwesen ganz unterschiedliche Instrumente benötigt, um ökologische Kriterien optimal berücksichtigen zu können. Eine direkte Verbindung der *Ecoinvent*-Daten mit der Bau- und Kostenplanung bietet das *Programm OGIP*, welches im Jahr 2000 mit der Unterstützung des BFE und des BBL eingeführt wurde. Im Moment wird dieses umfassende Instrument für die integrale Ermittlung von Kosten, Energieverbrauch und Umweltbelastung durch private Initiativen vollständig überarbeitet und die Datenbasis den neuen *Ecoinvent*-Daten angepasst. Es wird Mitte 2004 für die Anwender zur Verfügung stehen.

Um auch auf einfache Weise Bauprojekte hinsichtlich ihrer Umweltbelastung beurteilen zu können, wurde gemeinsam mit der *Koordinationsgruppe ökologisch Bauen (KÖB)* ein *Konzept für einen elektronischen Bauteilkatalog* [5] entwickelt. Im Vordergrund steht dabei ein einfaches Instrument, welches auf der Basis des *SIA 380/1*-Nachweises und des Bauteilkatalogs neben der energetischen auch eine ökologische Beurteilung eines Projekts zulässt.

Im Gegensatz zur Energiekennzahl, welche gut eingeführt ist, besteht heute noch eine grosse Unsicherheit bezüglich eines Zielwerts für die Umweltbelastung. Im Projekt *Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus* [6] werden deshalb auf der Basis von Ökobilanzen, energieeffiziente Gebäude bezüglich ihrer Umweltwirkungen untersucht, um daraus Zielwerte ableiten zu können. Die Untersuchungen werden in Zusammenarbeit mit dem Projekt *Sustainable Solar Buildings* [12a] der Internationalen Energieagentur (IEA) durchgeführt und 2004 abgeschlossen.

Einen ganz neuen Weg gehen vier Projekte, welche sich mit der nachhaltigen Quartierentwicklung befassen. Die Projekte werden zusammen mit dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) und den lokalen Behörden und Institutionen durchgeführt und durch *Novatlantis*, der Initiative der ETH-Forschungsinstitute für eine nachhaltige Entwicklung, koordiniert [7]. 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 und zu den Anforderungen bereits gebauter Städte. Im Berichtsjahr wurden die Möglichkeiten und Bedürfnisse für eine *nachhaltige Quartierentwicklung in Basel* [8], *Lausanne* [9], *Luzern* [10] und *Zürich* [11] untersucht. In einer nächsten Phase sollen ausgewählte Massnahmen geplant und später als Pilotprojekte realisiert werden.

## **PASSIVE SONNENENERGIENUTZUNG / GEBÄUDESYSTEME**

Die Förderung energieeffizienter Bauweise und der ausgewogene Einbezug von erneuerbaren Energien ist ein wichtiges Anliegen des Forschungsprogramms. Im Vordergrund stehen Gebäude welche den *Minergie-* resp. den *Minergie-P-* oder den *Passivhaus-Standard* erfüllen.

Das IEA-Projekt *Solar Sustainable Housing* [12a] untersucht, optimiert und demonstriert im internationalen Rahmen Gebäude, welche rund 10 Mal weniger Heizenergie benötigen als konventionelle Bauten. Als erstes wurde nun eine Zusammenstellung der untersuchten Fallbeispiele fertiggestellt, welche demnächst im deutschen *C.F. Müller Verlag* erscheinen soll.

Nebst den technischen Aspekten werden auch sozio-ökonomische Aspekte behandelt. Einerseits werden kostengünstige Lösungen gesucht, andererseits werden Bauherrenbedürfnisse ermittelt. Dazu wird eine *Marktanalyse* [13] durchgeführt, welche die Vorurteile und Wünsche von Bauherrschaften gegenüber Niedrigenergiehäusern resp. *Passivhäusern* abklärt.

Die vielfältigen internationalen *Erfahrungen mit Passivhäusern und Solargebäuden* [12b] mit ähnlich niedrigem Energieverbrauch wurden in einer umfangreichen Sammlung von Fallbeispielen dokumentiert ([www.empa-ren.ch/ren/Solargebaeude.htm](http://www.empa-ren.ch/ren/Solargebaeude.htm)) und in *Strategien zur Nutzung der Sonnenenergie* [14] umgesetzt.

Eine *vergleichende Auswertung schweizerischer Passivhäuser* [15] wird durch die HTA-Luzern durchgeführt, welche auch Zertifizierungstelle für Gebäude im *Passivhaus-* resp. *Minergie-P-Standard* ist. Dazu wird eine Anzahl realisierter Demonstrationsgebäude systematisch ausgewertet. Nebst der Energiebilanz interessieren vor allem das Feuchteverhalten im Winter und die Benutzerzufriedenheit.

Für die noch wenig bekannten Luftkollektorsysteme wurde 2003 eine *Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme* [16] erstellt. Sie fasst die Erkenntnisse aus einem früheren IEA-Projekt und aus Anlagen in der Schweiz gebauten zusammen. Das Planungshilfsmittel wird im Frühjahr 2004 unter dem Titel *Solare Luftheizsysteme* im deutschen *Ökobuch Verlag & Versand GmbH* erscheinen.

Eine Art *Luftkollektoren, kombiniert mit Photovoltaik* [17] untersuchte die ETH Zürich. Da Photovoltaikzellen nur etwa 15 % der Einstrahlung in elektrische Energie umwandeln, liegt es nahe, auch die anfallende Wärme zu nutzen. Das Projekt untersuchte, inwiefern sich das Angebot an Wärme bezüglich Menge, Temperaturniveau und Verfügbarkeit mit geeigneten Systemen nutzen liesse. Die Ergebnisse zeigen, dass kombinierte thermisch-photovoltaische Kollektoren praktisch nur sinnvoll sind, wenn geeignete Abnehmer für Niedertemperaturabwärme vorhanden sind. Dies könnte beispielsweise durch einen grossen Bedarf zur Warmwasservorwärmung (Hotels) oder die Luftvorwärmung für Wärmepumpen in alpinen Regionen gegeben sein ([www.empa-ren.ch/ren/Hybridkollektor.htm](http://www.empa-ren.ch/ren/Hybridkollektor.htm)).

Ebenfalls mit der Nutzung der Sonnenenergie befassen sich drei Projekte aus der Westschweiz:

- Die EPF-Lausanne untersucht das *Solarpotential von Städten* [18a] anhand von drei exemplarischen Quartieren: einer dichten Blockrandbebauung im Zentrum Basels, eine genossenschaftliche Wohnsiedlung am Rand von Lausanne sowie ein gewerbliches Entwicklungsgebiet in Meyrin bei Genf. Ziel der Arbeit ist es, das realistische Potential von Sonnenkollektoranlagen, Photovoltaikanlagen und der Tageslichtnutzung in typischen städtischen Quartieren zu ermitteln.
- Die EPF-Lausanne beteiligt sich am IEA-Projekt *Optimierung der Tageslichtnutzung in Gebäuden* [18b]. Das Ziel ist die Erarbeitung von technischen Lösungsvorschlägen für eine effiziente Kunst- und Tageslichtnutzung. Die EPFL konzentriert sich dabei auf die Tageslichtnutzung und die intelligente Regelung des Sonnenschutzes, welche selbstlernend die Benutzerwünsche berücksichtigt.

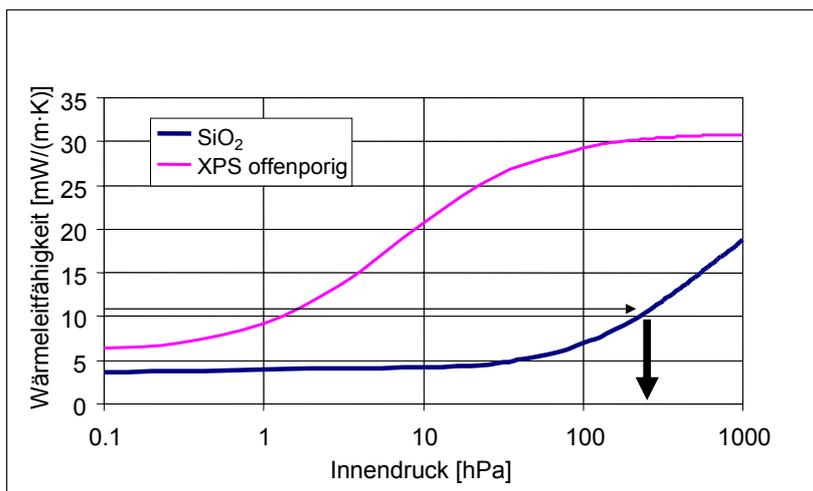
Neu in das Forschungsprogramm aufgenommen wurden Rechenprogramme, welche auf einfache Weise die Optimierung von Gebäudekonzepten ermöglichen sollen. Durch die hohe Leistungsfähigkeit moderner PC ist es – eine einfache Benutzerführung vorausgesetzt – auch für den Planer möglich, mit wenig Aufwand komplexe dynamische Simulationen durchzuführen und für seine Gebäudeoptimierung zu nutzen. Die drei Berechnungsprogramme *bsol* [19], *Klimaflächenmethode* [20] und *Helios-Hygro* [21] stellen eine Ergänzung zur Energiebedarfsrechnung gemäss *SIA 380-1* dar. Sie dienen in erster Linie dazu, im frühen Planungsstadium differenzierte Analysen - auch bezüglich Kühl-

lasten - durchzuführen und konzeptionelle Entscheide zu fällen. Das Programm *bSol* (zweisprachig f/d) ist bereits erhältlich ([www.bsol.ch](http://www.bsol.ch)), die beiden anderen werden im Laufe 2004 erscheinen.

Eine Vereinfachung der Planung von *Minergie*-Bauten wurde mit drei Projekten angestrebt, die abgeschlossen wurden. Mit der *Definition von Zusatzanforderungen zu den MINERGIE®-Standards* [22] wurden die Minergie-Anforderungen auf alle Gebäudekategorien gemäss *SIA 380/1* erweitert und in den Nachweisformularen entsprechend berücksichtigt. Entsprechend wurde dazu auch ein *Berechnungstool für einfache Lüftungsanlagen* [23] entwickelt, um den Nachweis des Lüftungssystems zu unterstützen. Zur weiteren Vereinfachung des *Minergie*-Nachweises wurden zudem *Standardlösungen für den Minergie-Standard* [24] definiert, welche analog dem Einzelbauteilnachweis gemäss *SIA 380/1* die Einhaltung des *Minergie*-Standards auch ohne Systemnachweis garantieren.

### GEBÄUDEHÜLLE

Einen mehrjährigen Schwerpunkt des Programms stellen *Vakuumisolationen* dar, welche die Dämmdicke bei gleicher Leistung um einen Faktor 5 bis 10 reduzieren. Diese Technik ist für die Baubranche von besonderem Interesse, weil durch den geringeren Platzbedarf neue technische Lösungen und Entwicklungen möglich sind. Vor allem für Gebäudesanierungen und für die Isolation von Haus-technikapparaten und -geräten, ist die Platzfrage oft entscheidend. Die Nachfrage nach Vakuumdämmungen hat deshalb sehr rasch zugenommen, obwohl noch diverse Fragen, insbesondere zu deren Lebensdauer, nicht vollständig geklärt sind.



*Figur 1: Druckabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von pyrogener Kieselsäure (SiO<sub>2</sub>) und offenporigem Polystyrol-Dämmstoff. Bei der Kieselsäure kann aufgrund des nanostrukturierten Aufbaus der Innendruck rund 100-fach höher ansteigen als beim mikroporösen Polystyrolschaum, bevor die Wärmeleitfähigkeit den Grenzwert von 11 mW/(m·K) überschreitet. Dadurch kann das Vakuum-Paneel für eine Lebensdauer von über 50 Jahren eingesetzt werden.*

Die Schweiz führt das IEA-Projekt *High Performance Thermal Insulation in Buildings* [25a] an, mit welchem vor allem die Praxistauglichkeit dieser Dämmsysteme verbessert werden soll. Die Schweiz beteiligt sich zudem mit verschiedenen internationalen Projekten an der Erarbeitung von Grundlagen und von Prüfmethoden zur *Qualitätssicherung* [26a] sowie an der *Entwicklung neuer Anwendungen* [8b]. Die Schwachstellen und physikalischen Besonderheiten dieser Hochisolationssysteme sind heute so gut bekannt, dass die Systemparameter auf eine Lebensdauer von ca. 50 Jahren ausgelegt werden können (s. Fig. 1). Dabei kann bei korrekter Verlegung mit einer durchschnittlichen Wärmeleitfähigkeit von ca. 8 mW/(m·K) gerechnet werden (bei 0.3 mW/(m·K) des evakuierten Materials ohne Plattenstösse). Trotz dieser ermutigenden Resultate sind noch weitere, umfangreiche Entwicklungsschritte nötig, bis Hochisolationssysteme wirklich baustellentauglich sind.

Die *Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme* [26b] wurden an typischen Fassadensystemen am Solarprüfstand der EMPA gemessen und deren Charakteristik im Rahmen des IEA-Solar-Projekts 27 modelliert. Die Modelle werden in einem nächsten Schritt in Gebäudesimulationsprogramme (*TRNSYS, Helios*) integriert.

Nebst dem Wärmeschutz und den solaren Gewinnen ist die Luftdichtheit eine wesentliche Eigenschaft der Gebäudehülle. Vor allem bei einer mechanischen Lüftung mit Wärmerückgewinnung ist entscheidend, dass kein grosser Luftaustausch über die Undichtheiten der Gebäudehülle erfolgt. Bei *Passivhäusern* resp. *Minergie-P*-Gebäuden dient die Luftdichtheitsmessung aber auch als wichtiges Instrument zur Qualitätskontrolle. Ein Luftwechsel von 0.6 darf bei einem Überdruck von 50 Pascal nicht überschritten werden. Diese Anforderung ist so hoch, dass die Messung oft schwierig und nicht genügend genau ist. Mit dem Projekt *Messung und Beurteilung der Luftdichtheit von Niedrigenergiehäusern* [27] wird deshalb die Messtechnik so verbessert und vereinfacht, dass sie sich zur Abnahme von Niedrigenergiehäusern eignet. Die bisherigen Arbeiten zeigen, dass auf der Basis der *Blower-Door*-Messung die besten Ergebnisse erzielt werden können. Die Verwendung der hauseigenen Lüftungsanlage anstelle der *Blower-Door* ergibt leider kaum befriedigende Resultate, da der erzeugte Druck sehr gering (ca. 10 Pascal) und die geförderte Luftmenge zu wenig genau bekannt sind.

## HAUSTECHNIK

Das Programm *Rationelle Energienutzung in Gebäuden* befasst sich mit der optimalen Integration haustechnischer Systeme ins Gebäude. Die Entwicklung und Optimierung haustechnischer Komponenten wird vor allem durch andere Forschungsprogramme übernommen. Zwei wichtige Projekte befassen sich deshalb mit der Kompetenz des Bauherrn und des Betreibers.

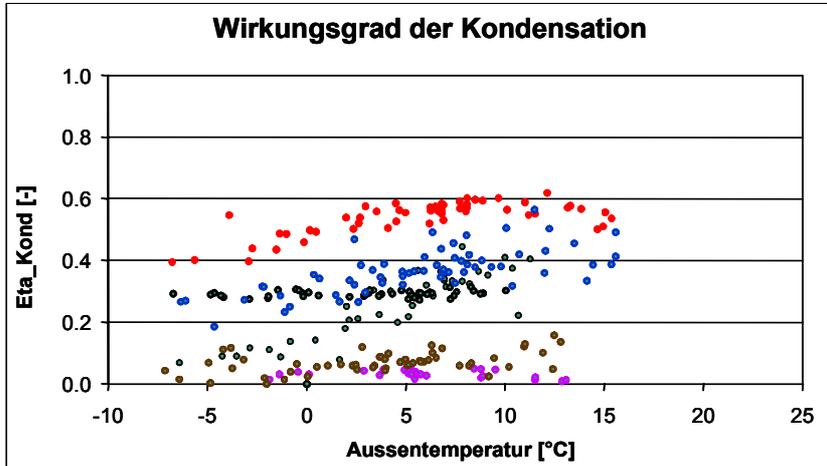
- Im Projekt *Bestellerkompetenz im Bereich Gebäudetechnik* [28] werden die Erkenntnisse professioneller Bauherren und Planer in einem Handbuch zusammengefasst. Das elektronische Handbuch enthält auch eine Reihe von Formularen, welche den Bauherrn grösserer Anlagen befähigen, die Anforderungen an die haustechnischen Anlagen korrekt zu formulieren und zu dokumentieren. Dies erleichtert die Kommunikation mit seinen Fachplanern wesentlich. Das Handbuch wird ab Mitte 2004 zur Verfügung stehen.
- Das zweite Projekt befasst sich mit der *Betreiberkompetenz*, die zwar auch schon bei der Bestellung wichtig ist, die aber speziell den optimalen Betrieb komplexer haustechnischer Anlagen sicherstellen soll. Es zeigt sich immer wieder, dass viele technische Anlagen nicht mit der notwendigen Sorgfalt betrieben werden und deshalb hohe Energieverluste verursachen. Die Arbeiten werden in internationaler Zusammenarbeit im Rahmen des IEA-Projekts *Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Systems* [29] durchgeführt.

Neue Impulse für die Haustechnik ergeben sich aufgrund der *Passivhaus*-Technologie, welche durch den geringen Wärmebedarf neue Anforderungen und Möglichkeiten an die haustechnischen Systeme stellt.

- Vermehrt kommen integrierte Energiezentralen - sogenannte Kombigeräte - zum Einsatz, welche das Haus nicht nur belüften, sondern auch beheizen und das Warmwasser bereitstellen. An der HTA Luzern wurde ein *Prüfstand für Kombigeräte* [30] aufgebaut, womit nun die komplexen Anforderungen, welche an diese Geräte gestellt werden, getestet und weiter entwickelt werden können.
- Ein Interesse besteht auch wieder für *Warmluftheizungen in Passivhäusern*. Durch den geringen Wärmebedarf genügt sehr oft die Lüftungsanlage, um dem Haus die benötigte Heizwärme zuzuführen. Dies vereinfacht die Haustechnik wesentlich, stellt aber gleichzeitig hohe Anforderungen an die Planung und Ausführung. Um zu erreichen, dass die neuen Möglichkeiten für Warmluftheizungen optimal genutzt werden, wurde eine *Planungsrichtlinie* [31] erarbeitet, welche auch die Problematik von Holzöfen in Niedrigenergiehäusern behandelt.

Mit einer schon fast klassischen Heizungstechnik befasst sich das Projekt *Feldanalyse von kondensierenden Gas- und Ölfeuerungsanlagen* [25b]. Das Projekt will vor allem die Frage klären, ob es sich überhaupt lohnt, kondensierende Heizgeräte einzusetzen. Dazu wurden 12 kondensierende Öl-

und Gasheizkessel im realen Einsatz untersucht. Von besonderem Interesse waren die reale im Verhältnis zur theoretisch möglichen Kondensatmenge sowie der durch die Kondensation zusätzlich bedingte Stromverbrauch für die Abgasventilation. Die Ergebnisse sind hoch interessant: die Kondensatmenge ist in der Realität meist wesentlich geringer als erwartet und bei den Ölheizungen wieder erwarten nicht schlechter als bei den Gasheizungen (vgl. Figur 2).



*Figur 2: Kondensationswirkungsgrade von 6 typischen Heizkesseln. Die max. Kondensation beträgt ca. 60 %, die durchschnittliche Kondensationsmenge liegt knapp unter 20 % der theoretisch möglichen. Sowohl bei Gas- wie bei Ölkondensationskesseln wurden gute und schlechte Werte gemessen.*

Neben dem Heizenergieverbrauch nimmt das Warmwasser eine immer wichtiger werdende Position ein. Trotzdem gibt es noch keine verbindlichen Richtlinien für die energetische Auslegung von Warmwasseranlagen. Die Norm *SIA 380/1* konzentriert sich allein auf den Heizenergiebedarf. In einem neuen Projekt soll nun eine *Methode zur Berechnung des Jahresenergieverbrauchs von Warmwasseranlagen* [32] erarbeitet werden. Die Methode soll die Grundlage schaffen, um bei der Planung der Anlagen Optimierungen vornehmen zu können. Die Methode soll in der ersten Hälfte 2004 fertiggestellt, anschliessend evaluiert und schliesslich in ein EDV-Werkzeug umgesetzt werden.

## Nationale Zusammenarbeit

Von den laufenden 37 vom BFE unterstützten Forschungsprojekten wurden 11 Projekte mit *Fachhochschulen*, 12 Projekte mit *ETH-Instituten* und 8 Projekte mit der *Industrie* durchgeführt. An 25 Projekten waren planende *Ingenieurbüros* beteiligt und in 5 Projekten wurde mit *Branchenverbänden* zusammengearbeitet.

Die Zusammenarbeit mit anderen Forschungsstellen findet vor allem im Umweltbereich statt. Die Aktivitäten werden im Rahmen der *Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen* abgesprochen, in welcher nebst dem BFE das BUWAL, das BBL und das ASTRA, aber auch der SIA vertreten sind.

Eine neue Zusammenarbeit konnte mit dem ARE etabliert werden. Das ARE ist einerseits zuständig für die Nachhaltigkeitspolitik des Bundes, es befasst sich aber auch ganz konkret mit Entwicklungsfragen des umbauten Raumes. Deshalb findet mit dem ARE eine enge Zusammenarbeit im Bereich *nachhaltige Quartierentwicklung* statt.

Eine weitere Zusammenarbeit mit verschiedenen Bundesämtern ist auf dem Gebiet der externen Kosten geplant. Im laufenden Jahr wurden Vorarbeiten geleistet, welche die entsprechenden Aktivitäten der Bundesämter koordinieren und den Handlungsbedarf definieren. Die externen Kosten sollen systematisch und möglichst vollständig für alle in *Ecoinvent* erfassten Prozesse bestimmt werden. Mittel-

fristig erhofft man sich daraus Instrumente, welche die Verknüpfung von Wirtschafts- und Umweltmodellen besser zulassen.

Primär auf technischer Ebene konnten unter der Leitung der HTA-Luzern durch die Gründung des nationalen Kompetenznetzwerks *brenet* (*Building and Renewable Energies Network of Technology*, [www.brenet.ch](http://www.brenet.ch)) die Zusammenarbeit zwischen den Fachhochschulen und mit der KTI verbessert sowie die Kontakte mit der Industrie intensiviert werden.

## **Internationale Zusammenarbeit**

Die internationale Zusammenarbeit könnte mit dem Abschluss des Forschungsabkommens der Schweiz betreffend das 6. Rahmenprogramm der EU neuen Schwung erhalten. Allerdings favorisiert die EU momentan ganz offensichtlich neue Energietechnologien wie Wasserstoffwirtschaft, Brennstoffzellen etc., währenddem für den gesamten Gebäudebereich eigentlich nur die Demonstrationsprogramme *Ecobuildings* und *Concerto* offenstehen.

Zurzeit laufen noch die Vertragsverhandlungen für das Projekt *SUBURET (Advanced Concepts for Sustainable Building Retrofit)*, welches durch die Schweiz initiiert wurde. Es will fortschrittliche Gebäudesanierungskonzepte (*Minergie* bis *Passivhaus/Minergie-P*) europaweit propagieren und demonstrieren.

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 fünf Projekten engagiert:

- *Performance assessment of solar building envelope components*, SHC Task 27, Abschluss 2004 (verlängert) [26b]
- *Sustainable solar buildings*, SHC Task 28, Abschluss 2005 [12a]
- *Daylighting buildings in the 21<sup>st</sup> 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, Abschluss 2004 [29]

Neu in Vorbereitung ist die Teilnahme an drei weiteren IEA-Projekten:

- *Whole building heat, air and moisture response (MOIST-ENG)*, BCS Annex 41
- *Simulation of Building-Integrated Fuel Cell and Other Cogeneration Systems*, BCS Annex 42
- *Testing and Validation of Building Energy Simulation Tools*, SHC Task 34

## **Pilot- und Demonstrationsprojekte**

Schwerpunkte waren wiederum die Wohnbauten, sei es als Neubau oder als Sanierung. Dank dem Marketing von *Minergie* ist es im Sog des *Passivhaus*-Standards gelungen, den Bekanntheitsgrad von *Minergie-P* deutlich zu steigern.

### **GEBÄUDESTANDARDS**

P+D-Projekte im Gebäudebereich waren Wegbereiter für die Einführung von Gebäudestandards in der Schweiz. Dies war beim *Minergie*-Label und auch beim *Passivhaus*-Standard der Fall. Nachdem nun die Differenzen bei der Abgrenzung vom bereits bekannten *Passivhaus*-Standard zum *Minergie-P*-

Standard ausgeräumt sind, wird auch dieser Gebäudestandard als Messlatte und Qualitätslabel anerkannt.

Die letzten Vorläufer des *Minergie*-Labels konnten erfolgreich abgeschlossen werden und beweisen mit den Erfolgskontrollen ihre Qualitäten. Das Projekt *Synergiepark für erneuerbare Energien* [33] in Gams war so erfolgreich und löste dank dem *Solarpreis* ein so grosses Interesse aus, dass eine *Datenerfassung* bewilligt wurde, welche seit Frühjahr 2003 aktuelle Daten des Gebäudes für jedermann zugänglich macht. Die erfassten Tages-, Monats- und Jahresdaten können über die täglich aktualisierte Internetseite [www.synergiepark.ch](http://www.synergiepark.ch) online abgerufen werden.

Nicht ganz so erfolgreich war das Projekt *Niedrigenergiehaus Erlenbach* [34]. Nach regulärem Abschluss der ersten Messkampagne wurden Betriebsoptimierungen durchgeführt. Leider liegt der Energieverbrauch immer noch zu hoch. Der Bauherr untersucht zusammen mit der EMPA die Ursache für die Abweichung vom prognostizierten Wärmeverbrauch. Eine Antwort ist nach den Auswertungen der Betriebsweise der Lüftungsanlage nach der Heizperiode 2003/04 zu erwarten.

Das *Wohn- und Geschäftshaus Renggli in Sursee* [35] ist ein mehrgeschossiges Gebäude in Holzbauweise. Aufgrund der Lage im Zentrum von *Sursee* mit hohen architektonischen Anforderungen und wegen der schwierigen Grundstücksbedingungen konnte das Gebäude nicht so kompakt gebaut werden, dass es den *Passivhaus*-Standard erreicht. Der *Minergie*-Standard wurde jedoch um 41 % unterschritten. Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten lagen innerhalb der von der Bauherrschaft geforderten Bandbreite und auch die erhöhten Anforderungen an den Schallschutz wurden erreicht (s. Titelseite Programmbericht).

Ein neuer Weg wird mit dem Projekt *Sunfactory in Tramelan* (Berner Jura) beschritten. Um den Wildwuchs von einzelnen Gewerbebauten einzudämmen und gleichzeitig die Energie optimal zu nutzen, soll unter einer gemeinsamen Glashülle ein ganzes Gewerbequartier entstehen. Die Glashülle dient dabei als Träger für die Photovoltaikanlage und bietet eine grosszügige, witterungsgeschützte Zwischenklimazone. Mit einem Vorprojekt [36] wird nun ermittelt, unter welchen Bedingungen Energieverbrauch und Nutzungskomfort optimiert werden können.

Mit dem Projekt *Low energy housing in Ticino (The Vitali-Velti house)* [37] in Monte Carasso bei Bellinzona soll die Zusammenarbeit mit dem Tessin verbessert werden. Das Doppelfamilienhaus unterschreitet den *Minergie*-Standard von 42 kWh/(m<sup>2</sup>·a) um 20 %. Beim einen Hausteil könnte der *Passivhaus*-Standard erreicht werden, wenn die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage über 80 % betragen würde. Die Wohnungen verfügen über eine Holzheizung und Sonnenkollektoren. Dank ausserliegendem Sonnenschutz und Nachtlüftung lagen die Temperaturen auch im Sommer innerhalb des Komfortbereichs.

### *MINERGIE®-P resp. Passivhausstandard*

Im Berichtsjahr konnten drei Projekte abgeschlossen werden, welche zum Ziel hatten, den *Passivhaus*-Standard zu erreichen. Der **1. Schweizerischer Wohn- und Gewerbebau im Passivhaus-Standard** (Rapperswil) [38] genügt dem *Passivhaus*-Standard im realen Betrieb nicht ganz. Das Verhalten der Mieter zeigt, dass für einen erfolgreichen Betrieb auch das Verständnis für das Zusammenspielen der verschiedenen Techniken vorhanden sein muss. Forderungen nach erhöhten Raumlufttemperaturen wirken sich negativ auf den Energieverbrauch aus.

**Acht-Familien Passivhaus Im Wechsel** (Stans) [39]: Dieses Projekt kann als erstes wirklich gelungenes Beispiel gelten. Der *Passivhaus*-Standard für den Primärenergieverbrauch von max. 120 kWh/(m<sup>2</sup>·a) wird eingehalten, übersteigt jedoch den Planungswert von 75 kWh/(m<sup>2</sup>·a) deutlich. Der Heizwärmebedarf von 18 kWh/(m<sup>2</sup>·a) übersteigt den Planungswert von 14.2 kWh/(m<sup>2</sup>·a) um 27 %. Die Werte im realen Betrieb können jedoch als ausgezeichnet betrachtet werden, da der Heizenergiebedarf den Grenzwert aus dem *Passivhaus-Planungspaket* nicht markant überschreitet.

Die Erfolgskontrolle beim *Passiv-MFH Stämpfli* (Unterägeri) [40] zeigt, dass die Vorgaben im *Passivhaus-Projektierungspaket* auch in Planung und Umsetzung streng zu beachten sind, damit der ehrgeizige Standard auch erreicht werden kann. Die Hanglage in Ägeri erforderte eine Einstellgarage für die PW. Diese ist unter den Wohnteil eingeschoben und trägt einen Grossteil der Lasten des Gebäudes.

Wärmebrücken liessen sich zwar minimieren, jedoch nicht vermeiden. Das Zusammenspiel der Haustechnikkomponenten (modulierende WKK, Solarkollektoren) wurde während der Erfolgskontrolle untersucht. Der vom *Passivhaus-Institut* in Darmstadt definierte Grenzwert für Primärenergie wird mit  $116 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  um 7 % unterschritten. Allerdings konnte der Grenzwert nur unter Berücksichtigung der Stromproduktion durch das BHKW eingehalten werden.

Abgeschlossen wurde das Projekt **Sunny Woods** [41] in Zürich Höngg. Die 6 Wohneinheiten in einem Gebäude in Holzbauweise wurden als *Passivhaus* konzipiert. Die Erfolgskontrolle bestätigte den extrem tiefen Heizenergiebedarf von  $5.8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , welcher den Grenzwert von  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  massiv unterschreitet. Die gewichtete Energiekennzahl Wärme liegt bei  $14.4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ .

Termingerecht bezogen wurde das *Passivhaus mit Atelier Nicole Schmölzer* in Pratteln [42]. In der Haustechnikzentrale kommen zwei Kombigeräte mit integrierter Kleinwärmepumpe für Lüftung, Heizung und Wärmerückgewinnung zum Einsatz. Die ersten Messungen haben gezeigt, dass die heute auf dem Markt erhältlichen Geräte für ein Passivhaus individuell eingestellt werden müssen. Nach diversen aufwändigen Optimierungsschritten funktioniert heute das System zufriedenstellend (s. Fig. 3).



*Figur 3: Neuartige Schiebeläden mit integrierter Photovoltaik ergeben ansprechende Lichteffekte kombiniert mit hoher Funktionalität (Passivhaus mit Atelier Nicole Schmölzer)*

Der *Kindergarten Paradisli* in Wil [43] konnte nach den Frühlingsferien 2003 bezogen und die Messungen konnten gestartet werden. Es zeigte sich sehr schnell, dass der grosszügig verglaste Kindergarten im Sommer nur mit einem optimalen Beschattungskonzept betrieben werden kann. Im Winter fehlen dagegen aufgrund der kurzen Belegungszeiten die internen Lasten. Bei schwacher Sonneneinstrahlung kann die Abluftwärmepumpe nicht genügend Wärme für den Heizbetrieb bereitstellen. Die Befürchtung der Programmleitung, dass ohne zusätzliche Wärmequelle wie Erdsonde oder Umgebungswärme nicht genügend Heizwärme zur Verfügung steht, bestätigte sich. Mit zusätzlichen Eingriffen in die Steuerung wird nun versucht, die Lüftung/Luftheizung bedarfsgerechter zu betreiben, das Erdregister optimal zu bewirtschaften um trotzdem ohne direkte elektrische Nachheizung auszukommen.

Das Projekt *Wattwerk – 1. Plusenergie-Gewerbehaus* [44] in Bubendorf BL wurde im Winter 2003/04 erstellt und wird anfangs Mai 2004 bezogen. Der zweigeschossige Holzbau mit angrenzender Lagerhalle hat den Luftdichtigkeitstest für die Zertifizierung nach *Passivhaus*-Standard erfolgreich absolviert. Die Bedingungen für die Erreichung des ambitionierten Standards konnten erfüllt werden. Mit Photovoltaik soll mehr Elektrizität produziert als verbraucht werden.

Einen besonderen Schwerpunkt bilden mustergültige Gebäudesanierungen. Da dazu vor allem die vorbildliche Umsetzung und weniger Forschung gefragt ist, wurde ein *Ideen-Wettbewerb für Mi-*

*nergie-P- resp. Passivhaus-Sanierungen* ausgeschrieben. Die besten Projekte werden von einer Jury ausgezeichnet und sollen bis Ende 2005 bei der Realisierung unterstützt werden.

Dass Gebäudesanierungen mit *Minergie-P*-Standard durchaus möglich und sinnvoll sind, zeigen erste ausgeführte Beispiele. Der *Umbau Nietengasse* in Zürich [46a] wurde erfolgreich abgeschlossen. Ebenso wurde die *Sanierung Zwinglistrasse* [46b] durch das gleiche Planerteam termingerech fertiggestellt. Bei beiden Projekten wird die Erfolgskontrolle Klarheit geben, ob die Gebäude aus dem 19. Jahrhundert den *Passivhaus*-Standard erreichen. Die konsequente Umsetzung der *Passivhaus*-Vorgaben, d. h. hoher Wärmedämm-Standard und gute Luftdichtheit, kombiniert mit einfacher, aber effizienter Haustechnik, ist bei beiden Projekten erfüllt, so dass die Ziele voraussichtlich erreicht werden.

### **SPEZIELLE HAUSTECHNIK**

Das Forschungsprojekt *Neurobat*, welches die Entwicklung eines neuartigen Heizungsreglers auf der Basis von *Fuzzy Logic* und einem neuronalen Netzwerk zum Ziel hatte, wurde im Jahr 2000 abgeschlossen. Der Vorteil dieses Konzepts liegt darin, dass dieser Heizungsregler in der Lage ist, sich selbstlernend auf jedes Gebäude optimal einzustellen, was die Inbetriebnahme stark vereinfacht. Im Projekt *Demonbat* [47] wurde nun ein entsprechender Regler am *CSEM*-Gebäude in *Neuenburg* praktisch erprobt. Das Konzept hat sich im Vergleich zu einem konventionellen Regler gut bewährt, wenn auch die Energieeinsparungen mit 5 % bescheidener als erhofft ausgefallen sind. Es ist zu hoffen, dass nun die Hersteller von Heizungsreglern dieses fortschrittliche Konzept übernehmen.

Beim *Zweifamilienhaus "Im Tal" mit Duplex-WP für Heizung und Warmwasser* [48] in Bagen wurde die Wärmeerzeugung detailliert ausgemessen. Dabei entzieht eine Wärmepumpe der Luft im Wasch-/Trocknungsraum die Energie, welche durch die erdberührten Bauteile aus dem Erdreich nachfließt. Das *Duplex*-Gerät erreicht die angestrebten Leistungszahlen bei weitem nicht. Der Hersteller ersetzte das Gerät anfangs 2004. Obwohl die Erfolgskontrolle abgeschlossen ist, kann mit den belasteten Messgeräten noch eine Nachkontrolle durchgeführt werden.

Das Projekt *Wellness Wärmerückgewinnung Brauchwarmwasser* in Adelboden [49] zeigt auf, wie mit einfachen Mitteln Energie aus Bädern mit hohem Warmwasserverbrauch in einem Speicher zwischengelagert und nutzungsabhängig wieder für die Vorwärmung bereitgestellt werden kann. Die Wirksamkeit der Wärmerückgewinnung konnte mit den Messungen bestätigt werden. Es können knapp 30 % der benötigten Wärme zurückgewonnen werden. Mit den Messresultaten konnte gezeigt werden, dass durch die Wahl des Zeitpunktes der Rückspülungen und der Frischwassernachspeisung die Wärmerückgewinnung bis auf 35 % gesteigert werden kann.

#### **Luftkollektorsysteme:**

Bei allen drei Projekten mit Luftkollektoren wird auf eine Komfortlüftung verzichtet, welche bei *Minergie*, *Minergie-P* und dem *Passivhaus*-Standard zwingend vorgeschrieben ist. Die Ausführung von zwei Luftsystemen nebeneinander (Komfortlüftung und Kollektor/Hypokaustensystem) erweist sich aus Platzgründen als kaum realisierbar.

Das *Minergie-P-Gebäude mit Gratec-Isolation und Luftkollektorsystem* [50a] in Degersheim konnte erfolgreich ausgeführt werden. Das Gebäude wurde bezogen und die ersten Erfahrungen bestätigen, dass der Komfort hoch ist. Eine thermische Belastung des Gebäudes durch den Luftkollektor konnte auch im heissen Sommer 2003 nicht festgestellt werden. Die Messungen werden 2004 abgeschlossen.

Das Projekt *Integration eines solaren Luftsystems und einer PV-Anlage* [50b] in Braunwald wurde 2001 mit dem schweizerischen Solarpreis ausgezeichnet. Dank der Lage auf knapp 1300 Metern profitieren das Kollektorsystem und die Photovoltaik-Anlage von einer guten winterlichen Sonneneinstrahlung. Mit einer Energiekennzahl Wärme von 19 kWh/(m<sup>2</sup>·a) unterschreitet das Objekt den *Minergie-P*-Standard um 36 %.

Nicht mit den gleichen Rekordwerten glänzen kann das Projekt *Integration einer konvektiven Fassade in ein Heimatschutzobjekt* [50c] in Herisau. Das Doppeleinfamilienhaus mit einer Kollektorfassade erreicht den *Minergie*-Standard von 42 kWh/(m<sup>2</sup>·a) nur im Hausteil West. Die Kollektorfassade

erfüllt mit einem Deckungsgrad von rund 30 % die Erwartungen. Wie in Braunwald kommen auch hier Holzöfen für die Restwärmebereitstellung zum Einsatz.

### ***Komfortlüftung***

Beim Projekt *CO<sub>2</sub>-basierte Lüftungssteuerung für ein Wohnhaus* in Wald [51] kommen neuentwickelte, kostengünstige CO<sub>2</sub>-Sensoren zum Einsatz. Beim Wohnhaus – es unterschreitet den *Minergie*-Standard deutlich – steht die bedarfsgerechte Steuerung der Komfortlüftung im Vordergrund. Die Lüftungsstufen werden aufgrund der CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Räumen geregelt. Untersucht wird auch eine automatisierte Fensterlüftung.

Die Studie *Sanierung Wohnsiedlung Himmelrich* in Luzern [52] untersucht im Vorfeld einer grossen Sanierung die Möglichkeiten des Einbaus einer Komfortlüftung in die bestehenden Strukturen einer Wohnsiedlung. Das Planerteam erarbeitet zusammen mit Fachleuten der HTA Luzern bis April 2004 Varianten für die Etappe *Himmelrich 2* mit insgesamt 117 Wohnungen. Eine Entscheidungsmatrix der Lösungsmöglichkeiten soll auch auf andere Sanierungsprojekte übertragbar sein.

### **GEBÄUDEHÜLLE**

Das Projekt *Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Ausseneisfeldern* [53] umfasst drei Teile. Im ersten wird der Einfluss einer nachträglich installierten, IR-reflektierenden Deckenunterschicht auf den Wärme- und Kältebedarf der Hockeyhalle in Dübendorf messtechnisch untersucht. Im zweiten Teil werden die Emissionseigenschaften von geeigneten Materialien in Abhängigkeit der Alterung und Verschmutzung untersucht. Das dritte Teilprojekt befasst sich mit einer einfachen Eternit-Ausseneisfeldüberdachung, 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. Das Ziel ist nun, den Einfluss der Überdachungsmaterialien auf den Kondensatausfall und den Kältebedarf zu ermitteln. Seit September 2003 werden dazu die Oberflächentemperaturen und die Oberflächenfeuchte der unterschiedlichen Überdachungsabschnitte gemessen.

***SOLARIX-Wandheizsystem*** [54]: *Solarix* ist eine neu entwickelte Solarfassade mit transparenter Wärmedämmung (ausser) und vorgefertigten Betonelementen (innen). Das System wurde an der *Hausbau- und Minergie-Messe* vorgestellt. *Solarix* vereinigt ein Heiz- und Kühlsystem mit folgenden Komponenten: Wandflächen mit Absorbieren hinter den TWD-Fassaden, hydraulisches System zur Bodenheizung, Speicher resp. Erdregister, Steuerung der Kreise für den Heiz- und Kühlfall. Die Wärme aus den Fassaden wird entweder direkt in die Heizkreise (zusätzlich Bodenheizung) resp. im Kühlfall in die Erdregister geleitet. Ost-, Süd- und Westfassade eines Pilotprojekts sollen mit dem *Solarix*-System ausgelegt werden, die Nordfassade hat keine hydraulische Anbindung. Messungen an einer Modellwand wurden 2003 durchgeführt. Ab Frühjahr 2004 wird das Gebäude erstellt.

## ***Bewertung 2003 und Ausblick 2004***

Die Anstrengungen im Sanierungsbereich konnten intensiviert werden. Damit wird einem wichtigen Anliegen der Energiepolitik entsprochen. Mittelfristig lässt sich nämlich der Energieverbrauch der Gebäude nur wirksam senken, wenn die bestehenden Gebäude entsprechend saniert werden.

Die Programmperiode 2000 bis 2003 ist weitgehend abgeschlossen. Mit der Zwischenausschreibung anfangs 2002 konnte das Programm in drei Bereichen auf aktuelle Bedürfnisse ausgerichtet werden:

- ***Verstärkung der Anstrengungen im Sanierungsbereich.*** Im Sommer 2003 wurde dazu ein Wettbewerb für Gebäudesanierungen, die nahe an den *Passivhaus*-Standard kommen, ausgeschrieben.
- ***Ausdehnung der gesamtheitlichen Optimierung vom Einzelgebäude auf Quartiere.*** Ende 2002 wurden in Zusammenarbeit mit dem ARE verschiedene Quartierentwicklungsprojekte gestartet und ein erstes Mal an der *Swissbau 2003* vorgestellt.

- **Bessere Integration des Warmwasserbereichs:** Die Erarbeitung einer Berechnungsmethode Warmwasser wurden in Angriff genommen. Sie soll es dem Planer ermöglichen, den systembedingten Wärmeverlust von Warmwassersystemen zu berechnen und wo nötig Optimierungen vorzunehmen.

Bei den Demonstrationprojekten gilt nach wie vor *Minergie* (Neubauwert) und für Neubauten und Sanierungen der *Minergie-P*- resp. der *Passivhaus*-Standard als Zielwert.

Eine umfassende Übersicht über die laufenden Forschungsarbeiten wird wiederum am *Status-Seminar der Energie- und Umweltforschung im Bauwesen*, welches am 9./10. September 2004 zum 13. Mal an der *ETH Zürich* durchgeführt wird, vermittelt werden. Das Seminar stellt auch wichtige Projekte aus dem *BFE-Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen EWG* vor. Dadurch können vermehrt auch die sozio-ökonomischen Aspekte der Energienutzung präsentiert werden. Hinweise zur Tagung sind zu finden unter [www.empa-ren.ch/ren/Aktualitaet.htm](http://www.empa-ren.ch/ren/Aktualitaet.htm).

Anfangs 2004 wird das Programm bis 2007 neu definiert. Die Schwerpunkte basieren auf dem *Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 bis 2007*[58]. Im Sommer 2004 erfolgt eine entsprechende Projektausschreibung (deutsch/französisch). Informationen dazu sind ebenfalls unter [www.empa-ren.ch/ren/Aktualitaet.htm](http://www.empa-ren.ch/ren/Aktualitaet.htm) verfügbar.

## Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2002 vorhanden, (SB) Schlussbericht vorhanden, (ZW) Zwischenbericht vorhanden.

Sämtliche Jahres- und Schlussberichte können unter [www.empa-ren.ch](http://www.empa-ren.ch) heruntergeladen oder bei ENET bezogen werden.

- [1] R. Dones, ([roberto.dones@psi.ch](mailto:roberto.dones@psi.ch)), PSI, Villigen: *Ecoinvent 2000 – Ökoinventare für Energiesysteme* (SB)
- [2] R. Frischknecht, ([frischknecht@esu-services.ch](mailto:frischknecht@esu-services.ch)), ESU, Uster: *Ökoinventare für Solar- und Heizsysteme* (SB)
- [3] W. Hässig, ([werner.haessig@bhz.ch](mailto:werner.haessig@bhz.ch)), Basler + Hofmann, Zürich: *Ökologische Aspekte von Komfortlüftungen* (JB)
- [4] M. Vogel, ([Martin.Vogel@bve.be.ch](mailto:Martin.Vogel@bve.be.ch)), Hochbauamt Kt. Bern, Bern: *eco-devis: Ökologische Leistungsbeschreibungen* (SB)
- [5] M. di Paolantonio, ([m.dipaolantonio@holligerconsult.ch](mailto:m.dipaolantonio@holligerconsult.ch)), Holliger Consult GmbH, Epsach: *Konzept elektronischer Bauteilkatalog* (SB)
- [6] A. Lalive, ([alalive@bhz.ch](mailto:alalive@bhz.ch)), Basler&Hofmann, Zürich: *Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus* (Beitrag IEA/SHC Task 28) (JB)
- [7] R. Stulz, ([roland.stulz@novatlantis.ch](mailto:roland.stulz@novatlantis.ch)), novatlantis, Zürich: *Projektkoordination Nachhaltige Quartierentwicklung* (JB)
- [8] A. Binz, ([a.binz@fhbb.ch](mailto:a.binz@fhbb.ch)), FHBB, Muttens: *a) Nachhaltige Quartierentwicklung Basel Gundeldinger Feld* (ZB) • *b) Vakuum-Dämmung im Baubereich – Systeme und Applikationen* (Beitrag IEA BCS Annex 39) (JB)
- [9] J.-B. Gay, ([gay@lesopc67.epfl.ch](mailto:gay@lesopc67.epfl.ch)), EPF LESO-PB, Lausanne: *Nachhaltige Quartierentwicklung Lausanne Bellevaux* (ZB)
- [10] J. Inderbitzin, ([buero.bitzi@bluewin.ch](mailto:buero.bitzi@bluewin.ch)), HSW, Luzern: *Nachhaltige Quartierentwicklung Luzern Basel-Bernstrasse* (ZB)
- [11] W. Ott, ([walter.ott@econcept.ch](mailto:walter.ott@econcept.ch)), Econcept, Zürich: *Nachhaltige Quartierentwicklung Zürich Werdwies* (ZB)
- [12] R. Hastings, ([robert.hastings@freesurf.ch](mailto:robert.hastings@freesurf.ch)), AEU, Wallisellen: *a) IEA/SHC Task 28: Sustainable Solar Buildings (Nachhaltige Solar-Wohnbauten)* (JB) • *b) Beispiele nachhaltiger*

- Wohnbauten: Umsetzung internationaler Erfahrungen* (SB)
- [13] T. Andris, ([tom.andris@renggli-haus.ch](mailto:tom.andris@renggli-haus.ch)), Renggli AG, Schötz: *Marktanalyse Passivhaus Schweiz* (Beitrag IEA/SHC Task 28) (JB)
- [14] Y. Kaiser, ([sonnenarchitektur@energienetz.ch](mailto:sonnenarchitektur@energienetz.ch)), Kaiser & Partner, Winterthur: *Solargebäude – Strategien und Erfahrungen des energieoptimierten Bauens* (SB)
- [15] B. Frei, ([bhfrei@hta.fhz.ch](mailto:bhfrei@hta.fhz.ch)), Luzern/Horw: *Vergleichende Auswertung schweizerischer Passivhäuser* (JB)
- [16] Ch. Filleux, ([chfilleux@BHZ.ch](mailto:chfilleux@BHZ.ch)), Basler + Hofmann, Zürich: *Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme* (SB)
- [17] S. Kropf, ([kropf@hbt.arch.ethz.ch](mailto:kropf@hbt.arch.ethz.ch)), ETH, Zürich: *Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen* (SB)
- [18] J.-L. Scartezzini, ([jean-louis.scartezzini@epfl.ch](mailto:jean-louis.scartezzini@epfl.ch)), EPF LESO-PB, Lausanne: *a) Optimisation du potentiel d'utilisation de l'énergie solaire en milieu urbain* (JB) • *b) Daylighting Buildings in the 21<sup>st</sup> Century* (Beitrag IEA Solar Task 31) (JB)
- [19] M. Bonvin, ([michel.bonvin@hevs.ch](mailto:michel.bonvin@hevs.ch)), Haute école valaisanne, Sion: *bSol - Logiciel daide à la décision en matière dénergétique du bâtiment* (SB)
- [20] B. Keller, ([bkeller@hbt.arch.ethz.ch](mailto:bkeller@hbt.arch.ethz.ch)), Professur für Bauphysik, ETH, Zürich: *Weiterentwicklung der Klimaflächenmethode und -software zu erhöhter Praxisverwendbarkeit* (JB)
- [21] Th. Frank, ([thomas.frank@empa.ch](mailto:thomas.frank@empa.ch)), EMPA, Dübendorf: *Überarbeitung Programm HELIOS-HELIOS-Hygro*
- [22] A. Baumgartner, ([andreas.baumgartner@amstein-walthert.ch](mailto:andreas.baumgartner@amstein-walthert.ch)), Amstein+Walthert AG, Zürich: *Definition von Zusatzanforderungen zu den MINERGIE®-Standards* (SB)
- [23] H. Huber, ([hjhuber@hta.fhz.ch](mailto:hjhuber@hta.fhz.ch)), HTA, Luzern/Horw: *Einfache Lüftungsanlagen - Entwicklung von Berechnungstool für einfache Lüftungsanlagen* (SB)
- [24] L. Nissile, ([lukas.nissille@minergie.ch](mailto:lukas.nissille@minergie.ch)), MINERGIE Agentur Bau, Bern: *Entwicklung von Standardlösungen für den MINERGIE®-Standard* (SB)
- [25] M. Erb, ([markus.erb@eicher-pauli.ch](mailto: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* (JB)
- [26] H. Simmler, ([hans.simmler@empa.ch](mailto:hans.simmler@empa.ch)), EMPA-Dübendorf: *a) Vakuum-Dämmsysteme im Baubereich – Qualitätssicherung und bauphysikalische Grundlagen* (Beitrag IEA BCS Annex 39) (JB) • *b) Messung und Simulation von transparenten Bauteilen mit Sonnenschutz* (Beitrag IEA Solar Task 27) (JB)
- [27] Ch. Tanner, ([christoph.tanner@empa.ch](mailto:christoph.tanner@empa.ch)), EMPA, Dübendorf: *Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern* (JB)
- [28] Hp. Eicher, ([hanspeter.eicher@eicher-pauli.ch](mailto:hanspeter.eicher@eicher-pauli.ch)), Eicher+Pauli AG, Liestal: *Bestellerkompetenz im Bereich Gebäudetechnik* (JB)
- [29] J.-M. Chuard, ([chuard@enerconom.ch](mailto:chuard@enerconom.ch)), Enerconom, Bern: *Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Performance (IEA BCS Annex 40)* (JB)
- [30] R. Furter, ([rfurter@hta.fhz.ch](mailto:rfurter@hta.fhz.ch)), HTA, Luzern/Horw: *Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte für Komfortlüftung* (JB)
- [31] V. Dorer, ([viktor.dorer@empa.ch](mailto:viktor.dorer@empa.ch)), EMPA, Dübendorf: *Optimierte Luftheizsysteme für Passivhäuser* (SB)
- [32] E. Füglistner, ([erich.fueglistner@amstein-walthert.ch](mailto:erich.fueglistner@amstein-walthert.ch)), Amstein+Walthert AG, Zürich: *Methode zur Berechnung des Jahresenergieverbrauchs von Warmwasseranlagen* (JB)

## Liste der P+D-Projekte

- [33] Peter Schibli, ([synergiepark@bluewin.ch](mailto:synergiepark@bluewin.ch)), Heizplan AG, Gams, *Datenerfassung Synergiepark für erneuerbare Energien* (JB)
- [34] Th. Nordmann, ([nordmann@tnc.ch](mailto:nordmann@tnc.ch)), Erlenbach: *Messprojekt Niedrigenergiehaus Erlenbach* (SB)
- [35] M. Renggli, ([max.renggli@renggli-haus.ch](mailto:max.renggli@renggli-haus.ch)), Renggli AG, Sursee, *Wohn- und Geschäftshaus Renggli, Sursee* (SB)
- [36] U.-P. Menti, ([urs-peter.menti@amstein-walthert.ch](mailto:urs-peter.menti@amstein-walthert.ch)), Amstein+Walthert AG, Zürich: *Vorabklärungen Pilotprojekt Sunfactory Tramelan* (JB)
- [37] D. Pahud, ([daniel.pahud@dct.supsi.ch](mailto:daniel.pahud@dct.supsi.ch)), LEE-SUPSI, Trevano: *Low Energy Housing in Ticino (Beitrag IEA SHC Task 28)* (SB)
- [38] W. Setz, ([setzw@bluewin.ch](mailto:setzw@bluewin.ch)), Architekt, Rapperswil: *1. Schweizerischer Wohn- und Gewerbebau im Passivhaus-Standard*, (SB)
- [39] B. Bossard, ([barbos@tic.ch](mailto:barbos@tic.ch)), Barbos Bauteam, Stans: *Passiv-Acht-Familienhaus* (SB)
- [40] Ch. Breu, ([breu\\_christoph@bluewin.ch](mailto:breu_christoph@bluewin.ch)), Architekt und Ingenieur, Rickenbach: *Passiv-Mehrfamilienhaus Stämpfli Unterägeri*, (SB)
- [41] R. Naef, ([naef@iqzh.com](mailto:naef@iqzh.com)), Naef Energietechnik, Zürich: *Wohnen in Sunny Woods* (SB)
- [42] Reto Miloni, ([miloni@swissonline.ch](mailto:miloni@swissonline.ch)) Lichtplanung Miloni, Mülligen, *Passivhaus mit Atelier, Pratteln* (JB)
- [43] D. Grob, ([grob-schoepfer@tbwil.ch](mailto:grob-schoepfer@tbwil.ch)) Grob Grob und Schöpfer AG, Wil: *Kindergarten Paradisi*, (JB)
- [44] H. Holinger, ([heinrich@holinger-solar.ch](mailto:heinrich@holinger-solar.ch)), Holinger Solar AG, Liestal: *Wattwerk- erstes Plusenergie-Gewerbehaus* (JB)
- [45] H. Weber, ([heinz.weber@ibe.ch](mailto:heinz.weber@ibe.ch)), ibe, Bern: *Durchführung Ideen-Wettbewerb für Passivhaus-Sanierungen*
- [46] K. Viridén, ([viriden@viriden-partner.ch](mailto:viriden@viriden-partner.ch)), Viridén+Partner, Zürich: *a) Umbau Nietengasse 20 – mit bestehender Backsteinfassade* (JB) ♦ *b) Passivhaus-Umbau Zwinglistrasse* (JB)
- [47] J. Krauss, ([jens.krauss@csem.ch](mailto:jens.krauss@csem.ch)), CSEM, Neuchâtel: *Pilotprojekt Demonbat* (SB)
- [48] M. Stüssi, ([mstuessi@dplanet.ch](mailto:mstuessi@dplanet.ch)) Barga: *Neubau Zweifamilienhaus Im Tal 8233 Barga SH, Heizung - Warmwasser - Wäschetrocknung mit einer Duplex-Wärmepumpe* (SB)
- [49] P. Stähli, ([Peter.Staehli@swisseconomic.ch](mailto:Peter.Staehli@swisseconomic.ch)), IEM AG, Gwatt-Thun: *Wellness Wärmerückgewinnungsanlage Brauchwarmwasser*, (SB)
- [50] A. Gütermann, ([amena.ag@energienetz.ch](mailto:amena.ag@energienetz.ch)), amena ag, Winterthur: *a) Minergie-P-Gebäude mit Gratec und Luftkollektorsystem* (JB) ♦ *b) Integration eines solaren Luftsystems und PV bei einer Gebäudesanierung*, (SB) ♦ *c) Integration einer konvektiven Fassade in ein Heimatschutzobjekt*, (SB)
- [51] W. Hässig, ([whaessig@BHZ.ch](mailto:whaessig@BHZ.ch)), B+H, Zürich: *CO<sub>2</sub>-basierte Lüftungssteuerung für ein Wohnhaus* (JB)
- [52] B. Züsli, ([beat.zuesli@bluewin.ch](mailto:beat.zuesli@bluewin.ch)), Architekt, Luzern: *Sanierung Wohnsiedlung Himmelrich in Luzern: Varianten Wohnungslüftung*
- [53] F. Gachnang, ([gachnang@eta-energietechnik.ch](mailto:gachnang@eta-energietechnik.ch)), eta Energietechnik, Winterthur: *Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Ausseneisfeldern* (JB)
- [54] P. Oesch, ([p.oesch@twdmueller.ch](mailto:p.oesch@twdmueller.ch)), Gebr. Mueller AG, Bern: *P+D-Projekt mit Messungen SOLARIX- Wandheizsystem Solarix* (JB)

## Referenzen

- [55] H.L. Gorhan, M. Zimmermann et al: *SIA Dokumentation D 0179: Energie aus dem Untergrund – Erdreichspeicher für moderne Gebäudetechnik*, SIA Zürich, August 2003
- [56] M. Zimmermann et al: *Handbuch der passiven Kühlung*, Fraunhofer IRB-Verlag, 2003, ISBN 3-8167-6267-0
- [57] M. Zimmermann: *Erneuerbare Energien in der 2000-Watt-Gesellschaft*, Schweizer Energiefachbuch 2003
- [58] Eidg. Energieforschungskommission CORE: *Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 bis 2007*, 1. Januar 2004, download: [www.energie-schweiz.ch/internet/03095/index.html?lang=de](http://www.energie-schweiz.ch/internet/03095/index.html?lang=de)