

RATIONELLE ENERGIEENTZUGUNG IN GEBÄUDEN

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2002

Mark Zimmermann

mark.zimmermann@empa.ch

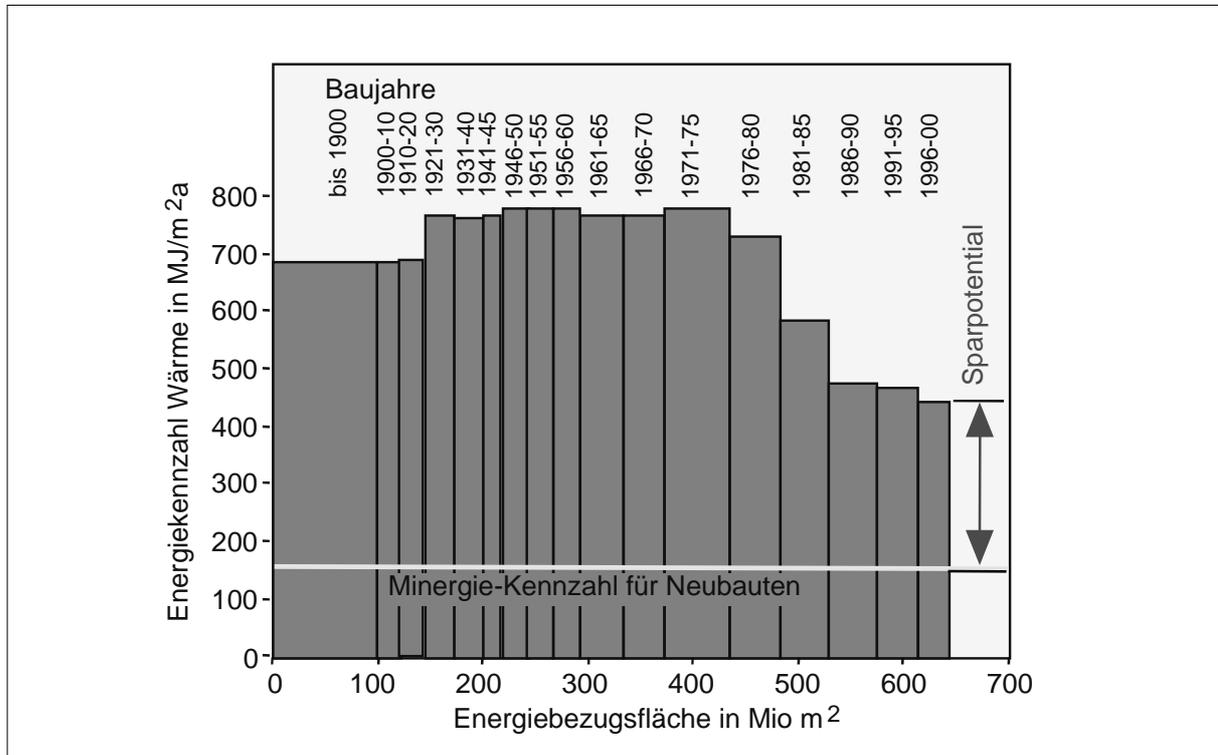


Mehrfamilien-Passivhaus Sunny Woods

Die Passivhaus-Technologie setzt sich auch in der Schweiz durch. Der jährliche Heizenergieverbrauch liegt bei weniger als 10 kWh/m² und mit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach produziert dieses Haus mehr Strom als es verwendet. Es ist damit nahezu energieautark.

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Die **rationelle Energienutzung in Gebäuden** ist ein Eckpfeiler der nationalen Energiepolitik. Die Bauwirtschaft spielt eine bedeutende energie- und umweltpolitische Rolle. Währenddem bei der Energieeffizienz von Neubauten in den letzten Jahren grosse Fortschritte erzielt wurden (nicht zuletzt durch griffige Normen und Gesetze), besteht bei Altbauten noch ein gewaltiges Sparpotential.



Figur 1: Die Graphik zeigt die im Kanton Zürich gebaute Wohnfläche mit dem zugehörigen spezifischen Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser. Ab 1940 entspricht jedes Feld dem Energieverbrauch von Bauten einer 5-jährigen Bauperiode.

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 auch Themen, die besonders 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. Währenddem früher die Einsparung oder Substitution von fossilen Energieträgern Vorrang hatte, steht heute die Reduktion des Primärenergieverbrauchs und die Minimierung der Umweltbelastung im Vordergrund.

Anfangs 2000 wurde das Programm für die nächsten 4 Jahre festgelegt und öffentlich ausgeschrieben. Eine ergänzende Ausschreibung erfolgte im Jahr 2002. Von zentraler Bedeutung waren dabei:

- **Hochisolationstechnik:** Qualitätssicherung bei der Herstellung und Anwendung von vakuumisolierter Dämmsysteme, als Alternative zu voluminösen, konventionellen Materialien.

- **Passivhäuser** : Entwicklung von Technologien und Systemen für *Minergie-* und *Passivhäuser*, sowie deren Demonstration als Neu- und Altbau 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 2002

UMWELTTECHNIK

Bauprozesse und der Betrieb von Gebäuden verursachen nicht nur grosse Abfallmengen, sie sind auch bei den Schadstoffemission und bei der Verursachung von Treibhausgasen ein sehr wichtiger Faktor. Das Programm befasst sich deshalb auch mit den Umweltwirkungen der Energienutzung und der Bauprozesse, mit Bewertungsmethoden, mit der Entwicklung von Instrumenten zur Beurteilung der Umweltauswirkungen sowie mit der Verminderung von grauer Energie.

Diverse Institutionen des *ETH*-Bereichs haben sich unter der Leitung der *EMPA* zu einem **Zentrum für Ökoinventare** zusammengeschlossen und erstellen ein umfassendes und harmonisiertes Ökoinventar für Energiesysteme, Investitions- und Konsumgüter, Transporte und Entsorgungsprozesse. Die Arbeiten am Ökoinventar *Ecoinvent 2000* werden im Sommer 2003 publiziert. Für interessierte Anwender besteht eine Homepage unter www.ecoinvent.ch, auf welcher ab Juli 2003 auch Datensätze von Lebenszyklusanalysen herunter geladen werden können.

Die Unterstützung des *BFE* konzentriert sich auf die Bilanzierung der Energieträger [1] sowie auf Heiz- und Solarsysteme [2]. Ergänzende Untersuchungen werden vor allem durch das *BUWAL*, das *Bundesamt für Bauten und Logistik* und das *Bundesamt für Strassen* unterstützt.

Mit dem Projekt *Ecoinvent 2000* werden Grundlagen bereitgestellt, mit welchen in Zukunft anwendungsorientierte Fragestellungen untersucht werden können.

Bereits praxisbezogen ist das Projekt **eco-devis** [3]. In Zusammenarbeit mit verschiedenen kantonalen Hochbauämtern und der Bauwirtschaft werden Bauprozesse bezüglich ihrer Umweltverträglichkeit analysiert und in einem sogenannten *eco-devis als* ökologisch vorteilhafte oder weniger vorteilhafte Konstruktion bezeichnet. Wo im bestehenden Normpositionenkatalog (NPK) der Bauwirtschaft solche empfehlenswerte Konstruktionen fehlen, werden neue Ausschreibungstexte formuliert, welche besser auf die Bedürfnisse des Umweltschutzes eingehen. Mit dem *eco-devis* hat der Bauplaner ein Instrument zur Verfügung, welches es ihm leicht macht, umweltfreundliche Baukonstruktionen in der Planung zu bevorzugen.

Im Projekt **Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus** [4] werden ebenfalls auf der Basis von Ökobilanzen, extrem energieeffiziente Gebäude bezüglich ihrer Umweltwirkungen untersucht. Empfehlungen zur energetischen und ökologischen Optimierung werden für 2003 erwartet.

Um vermehrt nachwachsende Rohstoffe mit geringer Grauer Energie einzusetzen, wurden mit der Dämmstoffindustrie Wärmedämmungen aus **Hanf- und Grasfasern** entwickelt [5]. Dämmstoffe aus Hanffasern konnten sich jedoch nicht durchsetzen. Sie sind bezüglich ihrer thermischen Eigenschaften, ihrer Verarbeitbarkeit und ihrer Kosten gegenüber alternativen Dämmstoffen wie Zelluloseflocken wenig vorteilhaft. Dagegen konnten mit Grasfasern, welche bei der Grasverarbeitung als Nebenpro-

dukt bei der Gewinnung von Protein und Ethanol als Energieträger anfallen, gute Ergebnisse erzielt werden. Erste Bauten wurden damit bereits realisiert.

PASSIVE SONNENENERGIENUTZUNG / GEBÄUDESYSTEME

Da sich das Programm auch auf bestehende Bauten ausrichtet, steht weniger die Maximierung der Sonnenenergiegewinne, sondern die sorgfältige Abstimmung von Sonnenenergiegewinnen, Wärmebedarf, Beschattung und Kühlung im Sommer im Vordergrund.

Das *IEA*-Projekt **Solar Sustainable Housing** [6a] untersucht, optimiert und demonstriert im internationalen Rahmen Gebäude, welche rund 10 mal weniger Heizenergie benötigen als konventionelle Bauten. Nebst den technischen Aspekten werden auch sozio-ökonomische Aspekte behandelt. Einerseits werden kostengünstige Lösungen gesucht, andererseits werden Bauherrenbedürfnisse ermittelt. Dazu wurde eine **Marktanalyse** gestartet [7], die untersucht, welches die Vorurteile und Wünsche von Bauherrschaften gegenüber Niedrigenergiehäusern resp. *Passivhäusern* sind.

Zur Einführung des *Passivhaus*-Standards, welcher in Deutschland und Österreich schon weit verbreitet ist (www.passiv.de) wurde in der Schweiz der *Minergie-P* Standard entwickelt. *Passivhäuser* resp. *Minergie-P* Häuser benötigen jährlich nur noch etwa 30 – 35 MJ Heizenergie pro m² und können deshalb auf ein zentrales Heizsystem verzichten. Mit dem Projekt **Minergie und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich** [8a] wurde untersucht, inwieweit sich die beiden Standards wirklich unterscheiden und es wurde ein Vorschlag ausgearbeitet, wie mit einer *SIA 380/1* kompatiblen Berechnung der Nachweis sowohl für *Minergie*- als auch für den deutschen *Passivhaus*-Standard erbracht werden kann. Die Einführung des *Minergie-P* erfolgte im Mai 2002.

Die vielfältigen internationalen **Erfahrungen mit Passivhäusern und Solargebäuden** mit ähnlich niedrigen Energieverbrauch werden in einer übersichtlicher Form dokumentiert [9] [6b]. Erste Ergebnisse sind bereits im Internet zugänglich: www.empa-ren.ch/ren/Solargebaeude.htm.

Für die noch wenig bekannten Luftkollektorsysteme soll 2003 eine **Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme** [10] erscheinen. Sie wird die Erkenntnisse aus einem früheren *IEA*-Projekt und aus Anlagen in der Schweiz zusammenfassen.

Die Erfahrungen mit Luftkollektoren basieren nicht zuletzt auf dem viel beachteten **Mehrfamilien-Passivhaus** an der *Rychenbergstrasse* in Winterthur, wo eine ausführliche Messkampagne abgeschlossen werden konnte [11]. Die Messungen zeigen, dass wohl die energetischen Ziele erreicht werden, dass das System jedoch weiter vereinfacht werden sollte, um einerseits die Kosten zu senken und andererseits den Betrieb der Systeme zu vereinfachen.

Eine Art **Luftkollektoren, jedoch kombiniert mit Photovoltaik** untersucht die *ETH Zürich* [12]. Da Photozellen nur etwa 15 % der Einstrahlung in elektrische Energie und 85 % in Wärme umwandeln, liegt es nahe, auch die anfallende Wärme zu nutzen. Das Projekt untersucht, inwiefern sich das Angebot an Wärme bezüglich Menge, Temperaturniveau und Verfügbarkeit mit geeigneten Systemen nutzen liesse. Abschliessende Ergebnisse sind Ende 2003 zu erwarten.

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

- Im Rahmen des *IEA Solar Task 23* wurden Methoden und Hilfsmittel **zur Optimierung der Sonnenenergienutzung in grösseren Gebäuden** erarbeitet [13]. Die Unterlagen sind auf einer eigenen Web-Site verfügbar: www.iea-shc.org/task23/index.html
- Im Zusammenhang mit der nachhaltigen Entwicklung städtischer Quartiere ist es interessant zu wissen, welches Potential mit Sonnenkollektoranlagen, Photovoltaikanlagen und mit Tageslichtnutzung effektiv ausgeschöpft werden könnte. Die *ETH-Lausanne* untersucht deshalb das **Solarpotential von Städten** [14a] anhand von drei exemplarischen Quartieren.
- Die *ETH Lausanne* beteiligt sich zudem auch an einem *IEA*-Projekt **zur Optimierung der Tageslichtnutzung in Gebäuden** [14b]. Das Ziel ist die Erarbeitung von technischen Lösungsvorschlägen für die effiziente Kunst- und Tageslichtnutzung.

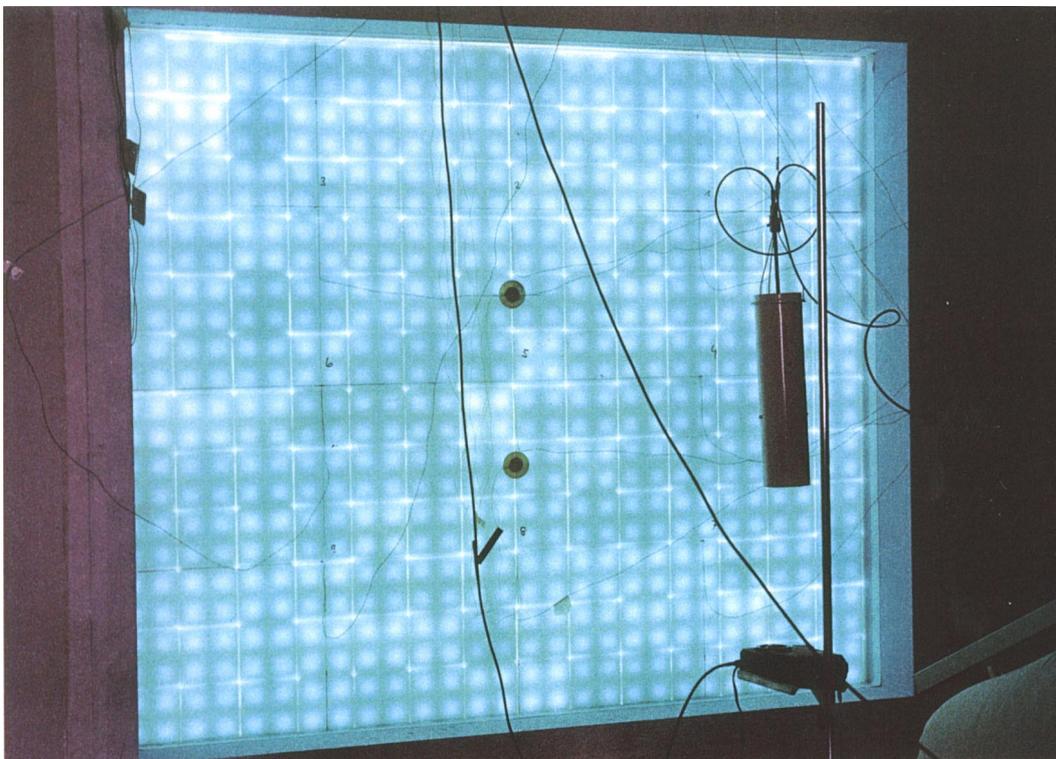
GEBÄUDEHÜLLE

Mit der laufenden thermischen Verbesserung der Gebäudehülle hat sich der Einfluss der Wärmebrücken verstärkt. Zur Einführung der Norm 380/1 wurde deshalb nicht nur der bisherige *Bauteilkatalog* überarbeitet, sondern auch ein umfangreicher, praxisgerechter **Wärmebrückenkatalog** bereitgestellt. Beide Kataloge sind verfügbar [15].

Einen besonderen Schwerpunkt des Forschungs- und Demonstrationsprogramms stellen **Vakuuminisolationen** dar, welche die Dämmdicke bei gleicher Leistung um einen Faktor 5 bis 10 reduzieren. Dadurch sind diese Systeme vor allem für Gebäudesanierungen und für die Isolation von Haushaltsgeräten und -geräten interessant, wo der Platz für dickere Dämmungen fehlt. Die Nachfrage nach solchen Hochleistungsdämmsystemen hat weiter zugenommen. Speziell für den Baubereich entwickelte, kostengünstige Vakuuminisolationen sind für ausgewählte Anwendungen bereits verfügbar. Sie ermöglichen durch die gegenüber konventionellen Dämmstoffen rund 10 mal besseren Dämmeigenschaften völlig neue Applikationen. Überall dort, wo der Raumverlust durch Wärmedämmungen berücksichtigt werden muss, stellen Vakuuminisolationen bereits heute die wirtschaftlichste Lösung dar.

Die Schweiz führt auf dem Gebiet der **Hochisolationstechnik** ein internationales Projekt der *IEA* an [16a], mit welchem vor allem die Praxistauglichkeit dieser Dämmsysteme verbessert werden soll. Die Schweiz beteiligt sich mit verschiedenen Projekten an der Erarbeitung von Grundlagen und von Prüfmethoden zur **Qualitätssicherung** [17a] sowie an der Entwicklung neuer **Applikationen** [8b].

Im **Fassadenbereich** hat sich der Trend zu stark verglasten Fassaden fortgesetzt. Mit der **Planungsrichtlinie für stark verglaste Bauten** [18] wurde dem Planer ein Hilfsmittel bereit gestellt, mit welchem er rasch abschätzen kann, ob er den sommerlichen Wärmeschutz und den winterlichen Komfort in Fensternähe im Griff hat. Mit der Verbreitung der Erkenntnisse in einem zusammenfassenden SIA Merkblatt [49] und einer detaillierten SIA Dokumentation [50] kann ein hoher Bekanntheitsgrad bei Architekten und Ingenieuren erwartet werden.



Figur 2: Messungen im Solarprüfstand der EMPA haben gezeigt, dass die mit Parafinspeicher bestückte transluzente Fassade (Architekt D. Schwarz [32]) im Winter die Sonnenwärme gut einfängt, währenddem sie im Sommer einen guten Sonnenschutz bietet.

Für komplexe Situationen und neue Fassadensysteme ist die genaue Kenntnis der **Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme** notwendig. Diese werden am Solarprüfstand der *EMPA* gemessen und deren Charakteristik im Rahmen eines *IEA*-Projekts mit Simulationsprogrammen modelliert [17b]. Als aktuelle Untersuchung kann hier die Messung einer transluzenten Latentspeicherwand aufgeführt werden, welche bereits in einem Demonstrationsprojekt zum Einsatz kommt (Figur 2).

Von grosser Bedeutung ist auch die Dichtheit der Gebäudehülle, vor allem bei mechanisch belüfteten Gebäuden. Lüftungswärmeverluste und Bauschäden lassen sich nur wirksam vermeiden, wenn unkontrollierter Luftaustausch durch die Gebäudehülle verhindert werden kann.

Bei *Passivhäuser* resp. *Minergie-P* Gebäuden dient deshalb die **Luftdichtheitsmessung** als wichtiges **Instrument zur Qualitätskontrolle**. Ein Luftwechsel von 0.6 darf bei einem Überdruck von 50 Pascal nicht überschritten werden. Diese Dichtheit ist so hoch, dass die Messung oft schwierig und nicht genügend genau ist. Die grössten Probleme stellen sich durch unkontrollierten Luftaustausch durch Lüftungskanäle, Cheminée-Kamine, Entlüftungen oder durch Verbindungen zu Nachbarwohnungen. Mit dem Projekt **Messung und Beurteilung der Luftdichtheit von Niedrigenergiehäusern** [19] wird deshalb die Messtechnik so verbessert und vereinfacht, dass sie sich auch zur Abnahme von Niedrigenergiehäusern eignet.

HAUSTECHNIK

Der Haustechnikschwerpunkt des Programms liegt bei der Entwicklung und Erprobung von Planungs- und Simulationswerkzeugen für die Gebäudetechnik.

- Nachdem mit der neuen Norm SIA 380/1:2001 wichtige Fortschritte im thermischen Energiebereich gemacht wurden, waren auch zusätzliche Anstrengungen im Elektrizitätsbereich notwendig. Mit dem **Kältetool SIA 380/4** zur Bestimmung des Elektrizitätsbedarfs durch Kühlung [20] wird zusammen mit den Modulen für Beleuchtung und Lüftung die vereinfachte Berechnung des Elektrizitätsbedarfs von Gebäuden ermöglicht. Das Programm kann unter www.380-4.ch heruntergeladen werden.
- Bei der heute notwendigen Komplexität von Simulationsprogrammen ist es wichtig, dass die Programme bezüglich ihrer Zuverlässigkeit getestet werden. Im Rahmen des *IEA Solar Task 22* Projekts **Praxisnahe Validierung von Simulationsprogrammen** konnten wertvolle Erkenntnisse im Bereich der thermoaktiven Bauteilsysteme gewonnen werden [21]. Die getesteten Programme ergeben zum Teil recht unterschiedliche Resultate, wobei das bei uns oft verwendete Programm TRNSYS vertrauenswürdige Ergebnisse liefert. Insgesamt sind die Ergebnisse wohl unterschiedlich, in der Tendenz jedoch nicht widersprüchlich. Die vollständigen Berichte werden im März 2003 veröffentlicht.

Zwei wichtige Projekte befassen sich weniger mit der Gebäudetechnik selber, sondern mit der Kompetenz des Bauherrn und des Betreibers.

- Mit dem Projekt **Bestellerkompetenz für komplexe haustechnische Anlagen** wird in Form eines elektronischen Handbuchs dem Bauherrn grösserer Anlagen gezeigt, auf was er als Besteller achten soll [22]. Das elektronische Handbuch enthält auch eine Reihe von Formularen, welche ihn befähigen, die Anforderungen an die haustechnischen Anlagen korrekt zu formulieren und zu dokumentieren. Dies erleichtert ihm die Kommunikation mit seinen Fachplanern wesentlich.
- Das zweite Projekt befasst sich mit der **Betreiberkompetenz**, die zwar auch schon bei der Bestellung zu berücksichtigen ist, die aber speziell den optimalen Betrieb komplexer haustechnischer Anlagen sicher stellen soll. Durch eine kontrollierte Inbetriebnahme und regelmässige Überwachung im Betrieb soll der Energieverbrauch haustechnischer Anlagen gesenkt werden. Die Arbeiten werden in internationaler Zusammenarbeit im Rahmen des *IEA-Projekts Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Systems* [23] durchgeführt.

Zwei Projekte befassen sich mit Energiesystemen für *Passivhäuser*. Durch den geringen Wärmebedarf entstehen neue Anforderungen und Möglichkeiten:

- Das Heizsystem gleicht häufig eher einer Energiezentrale als einem Heizkessel. Vielfach kommen sogenannte Kombigeräte zum Einsatz, welche das Haus nicht nur belüften, sondern auch beheizen und das Warmwasser bereitstellen. Die Effizienz dieser komplexen Systeme ist schwierig zu überwachen. An der *HTA Luzern* wird deshalb ein **Prüfstand für Kombigeräte** [24] erstellt, auf dem solche Geräte getestet und weiter entwickelt werden können.
- **Warmluftheizungen in Passivhäusern** sind zwar sinnvoll aber in der Planung und Ausführung nicht ganz unproblematisch. Um zu erreichen, dass die neuen Möglichkeiten für Warmluftheizungen optimal genutzt werden, wird zurzeit eine Planungsrichtlinie erarbeitet [25a], welche auch die Problematik von Holzöfen in Niedrigenergiehäusern behandelt.

Nicht ganz Passivhaus-tauglich aber interessant für **energietechnische Sanierungen** wären sogenannte **Abluftsysteme**. Bei Sanierungen fehlt häufig der Platz zum Einbau einer Lüftungsanlage mit Zu- und Abluftkanälen. Abluftsysteme saugen deshalb die Aussenluft gezielt über die Fassade an und führen die verbrauchte Luft über das meist vorhandene Abluftsystem wieder ab. Die durchgeführten Untersuchungen [25b] zeigen, dass eine dichte Gebäudehülle, die bei Sanierungen meist nur schwierig zu erreichen ist, die Voraussetzung eine gezielte Luftführung wäre. Abluftsysteme werden deshalb mechanische Lüftungen mit Zu- und Abluftführung kaum im grossen Stil ersetzen können.

Eines der wenigen Projekte, die sich noch mit der Optimierung konventioneller Heizungstechnik befasst, untersucht den praktischen Einsatz von kondensierenden Heizkesseln. Mit dem Projekt **Feldanalyse von kondensierenden Gas- und Ölfeuerungsanlagen** [16b] werden je fünf Geräte im praktischen Einsatz getestet. Damit soll vor allem die Frage beantwortet werden, wie kondensierende Kessel in der Praxis überhaupt betrieben werden und ob sich der notwendige zusätzliche Aufwand überhaupt lohnt. Dazu werden unter anderem Wirkungsgrad, Kondensationsmenge und zusätzlicher Stromverbrauch detailliert erfasst und ausgewertet.

Nationale Zusammenarbeit

Von den laufenden 31 vom BFE unterstützten Forschungsprojekten wurden •11 Projekte mit **Fachhochschulen**, •10 Projekte mit **ETH-Instituten** und 8 Projekte mit der **Industrie** durchgeführt. An 19 Projekten waren planende **Ingenieurbüros** beteiligt und in 4 Projekten wurde mit **Branchenverbänden** zusammengearbeitet.

Im Umweltbereich findet mit verschiedenen Bundesämtern eine enge Kooperation statt. Die Aktivitäten werden im Rahmen der **Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen**, in welcher nebst dem BFE das BUWAL, das BBL und das ASTRA vertreten sind, abgesprochen und zurzeit vor allem im Rahmen des Projekts *Ecoinvent* gemeinsam finanziert. Eine nächste Zusammenarbeit ist auf dem Gebiet der externen Kosten geplant, die 2003 in ein grösseres Projekt münden soll. Die externen Kosten sollen systematisch und möglichst vollständig für alle in *Ecoinvent* erfassten Prozesse bestimmt werden. Mittelfristig erhofft man sich daraus Instrumente, welche die Kombination von Wirtschafts- und Umweltmodellen besser zulassen.

Die Zusammenarbeit der Fachhochschulen mit der KTI konnte verbessert werden. Neue Impulse sind diesbezüglich von der Gründung des **BRENET-Netzwerks** (*Building and Renewable Energies Network of Technology*, www.brenet.ch) unter der Leitung der HTA Luzern ausgegangen. Seit dem Sommer 2002 wird dieser Zusammenschluss vom Bundesrat als nationales Kompetenznetzwerk für Gebäudetechnik und erneuerbare Energien anerkannt.

Internationale Zusammenarbeit

Die internationale Forschungszusammenarbeit dient primär dem wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch und der Harmonisierung der Bestrebungen um Energieeffizienz.

In den **IEA-Programmen *Energy Conservation in Buildings and Community Systems (BCS)*** und ***Solar Heating and Cooling (SHC)*** war die Schweiz 2002 an sieben Projekten engagiert.

- *Building energy analysis tools, SHC Task 22*, Abschluss März 2003 [26]
- *Optimisation of solar use in large non residential buildings, SHC Task 23*, 2002 abgeschlossen [13]
- *Performance assessment of solar building envelope components, SHC Task 27*, Abschluss 2003 [17c]
- *Sustainable solar buildings, SHC Task 28*, Abschluss 2005 [6]
- *Daylighting buildings in the 21st century, SHC Task 31*, Abschluss 2005 [14b]
- *High performance thermal insulation systems, BCS Annex 39*, Abschluss 2004 [16]
- *Commissioning of building HVAC systems for improved energy performance, BCS Annex 31*, Abschluss 2004 [28]

Die Projekte des 4. EU-Rahmenprogramms sind alle abgeschlossen. Im **5. EU-Rahmenprogramm** ist die Schweiz im Gebäudebereich zurzeit an 12 Projekten beteiligt:

- *IDEA: Interactive database for energy-efficient architecture (Weber, Université de Genève)*
- *INVENTNET: Network of industrial ventilation (Dorer, EMPA)*
- *DIAL-EUROPE: European integrated daylighting design tool (Scartezzini, EPFL und Paule, Estia Sàrl)*
- *EnerBuilt RTD: Energy in the built environment (Toggweiler, Enecolo AG)*
- *URBVENT: Natural Ventilation in Urban Areas, potential assessment and optimal façade design (Roulet, EPFL und Borth, Sulzer Infra)*
- *EVAPCOOL: Passive down draught cooling – development of key components (Borth, Axima Lab AG)*
- *SOLAR LOUVRE: Solar louvre building integrated collector (Borth, Axima Lab AG)*
- *IQ-Test: Improving quality in test and evaluation procedures of solar and thermal performances of building components (Frank, EMPA)*
- *RESHYVENT: Cluster project on demand controlled hybrid ventilation in residential buildings with specific emphasis of the integration of renewables (Dorer, EMPA)*
- *HOPE; Health optimisation protocol for energy-efficient buildings: pre-normative and socio-economic research to create healthy and energy-efficient buildings (Foradini, E4tech Sàrl)*
- *RE-FRAME: New window framing technologies for aerogel and other highly insulating glazings (Schneiter, Ernst Schweizer AG)*
- *WINDAT: Windows as renewable energy sources for Europe – window energy data (Frank, EMPA)*

Das **6. EU-Rahmenprogramm** wurde Ende 2002 mit einer ersten Projektausschreibung gestartet. Im Gebäudebereich steht das Programm *Eco-Buildings* im Vordergrund, an welchem sich verschiedene Schweizer Partner zu beteiligen versuchen. Ob eine volle schweizerische Teilnahme in Rahmen der bilateralen Verträge möglich sein wird, soll im Sommer 2003 entschieden werden.

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Die Ankoppelung der P+D-Projekte an die Forschungsschwerpunkte hat sich bewährt. Erstaunlich ist, wie gut sich der *Passivhaus*-Standard im Mehrfamilienhausbau eingeführt hat. Dies liegt sicher auch daran, dass für eine Zertifizierung Luftdichtigkeitsmessungen notwendig sind und der Bauherr damit eine geprüfte Qualität erhält.

2002 konnten diverse Projekte abgeschlossen und neue Projekte bewilligt werden.

Bei der **Ökosiedlung Melchrüti** (Wohnpark Balance) in Wallisellen wurde aus 61 Wohnung eine detailliert ausgemessen. Im Wesentlichen haben sich die Prognosen bestätigt: Der Energieverbrauch erreicht Minergie-Standard und der Komfort wurde auch messtechnisch bestätigt. Der Mehrverbrauch ist vor allem auf das Benutzerverhalten zurückzuführen. Im Schlussbericht wird auch auf Verbesserungen beim Gebäude und bei der Haustechnik hingewiesen [28a]. In der Zwischenzeit wurden bereits weitere 34 Wohneinheiten in Uster und 57 in Fällanden erstellt.

Beim **Niedrigenergiehaus Nordmann** (Erlenbach) [29] wurden Verbesserungen nach der ersten Messkampagne durchgeführt. Leider liegt der Energieverbrauch immer noch zu hoch. Der Bauherr untersucht zusammen mit der *EMPA* die Ursache für die Abweichung vom prognostizierten Wärmeverbrauch.

Das Messprojekt **Grasswil** [26] wurde wegen Nachbesserungen erst 2002 fertig ausgemessen. Es bestätigte sich die Erkenntnis aus früheren Projekten, dass die Einbindung eines Holzofen in eine Komfortlüftung regeltechnisch äusserst schwer zu bewältigen ist. Der Ofenbauer selber hat als Folge daraus ein System entwickelt, indem er die Luft nicht direkt erwärmt, sondern ein hydraulisches System an den Holzofen koppelt.

Der *Passivhaus*-Standard wird bei den Projekten **1. Schweizerisches Wohn- und Gewerbebau im Passivhaus-Standard** (Rapperswil) [31], **Wohnen in Sunny Woods** (Zürich) [28b], **Passiv-Acht-Familienhaus** (Stans) [33] und **Passiv-MFH Stämpfli** (Unterägeri) [35] näher untersucht. Die Messungen werden 2003 abgeschlossen. Bereits jetzt zeigt sich, dass der ehrgeizige *Passivhaus*-Standard praktisch keine Fehler in der Planung und Ausführung zulässt und deshalb verschiedene Nachbesserungen notwendig sind..

An der *HTA in Luzern* wurde das Projekt **Newspirit** [41] entwickelt, bei welchem der *Passivhaus*-Standard bei einem Leichtbaugebäude in Metallbauweise angestrebt wird. Der *Swissbau*-Auftritt 2002 wurde mir bescheidenen Mitteln unterstützt. Ein 1:1-Modell mit verschiedenen innovativen Komponenten wurde in einer Sonderschau vorgestellt.

Abgeschlossen ist das Projekt **TWD-Fassadenelement mit integriertem Latentspeicher und Sonnenschutz** (Ebnat-Kappel) [32]. Messungen, u. a. in der Solarprüfzelle der *EMPA*, bestätigen das Funktionieren des von *D. Schwarz* entwickelten Konzepts. In einer Spinoff-Firma dieses Projektes werden demnächst Latentspeicherelemente in grossen Mengen produziert, so dass sich die Kosten deutlich reduzieren lassen.

Das Projekt **Passivhaus im Umbau** [34a] an der Magnusstrasse erfüllt zwar nicht ganz alle Rahmenbedingungen für ein *Passivhaus* (*U*-Werte, Luftdichtheit), doch soll der Energieverbrauch den Standard erreichen. Die Messungen v dauern bis 2003. Bereits im Herbst 2002 wurde ein erster Zwischenbericht vorgelegt, der aufzeigt, dass die angestrebten Werte praktisch erreicht werden. Der Energieverbrauch für das Warmwasser liegt etwas unter den Prognosen, der Heizwärmeverbrauch leicht darüber. Nach ersten Messungen konnten bereits Verbesserungen vorgenommen werden. Hervorzuheben sind die Verbesserung der Dichtheit der Gebäudehülle und der Betrieb der Umluft. Aufgrund der Thermik liegt die Temperatur in der Erdgeschosswohnung unter derjenigen der darüberliegenden Geschosse.

Das **Passiv-Mehrfamilienhaus Stämpfli** [35] konnte trotz Einsparungen und anderen Bauverzögerungen im Jahr 2002 fertiggestellt werden. Der *Passivhaus*-Standard wurde wegen der komplexen Gebäudeform nur mit grossen, vor allem finanziellen Aufwendungen erreicht. Die *HTA in Luzern* führt z. Z. Messungen durch, welche im Sommer 2003 in den Schlussbericht integriert werden.

Das **Zweifamilienhaus "Im Tal" mit Duplex WP für Heizung und Warmwasser** [36] in Barga ist das erste *Passivhaus* im Kanton Schaffhausen. Eine Wärmepumpe, die im Wasch-/Trocknungsraum die Luft entfeuchtet und Wärme über die erdberührten Bauteile aus dem Erdreich bezieht, ist als Gesamtsystem in die Erfolgskontrolle eingebunden. Wegen technischer Probleme erreicht das *Duplex*-Gerät die angestrebten Leistungszahlen nicht. Die WP wurde bereits ausgewechselt, die Steuerung wird anfangs 2003 optimiert.

Ein weiteres **Zweifamilienhaus**, das ebenfalls nahe an den *Passivhaus*-Standard herankommt wird **im Tessin** ausgemessen [37]. Es erreicht mit relativ einfachen architektonischen Mitteln und einem guten Wärmeschutz einen sehr geringen Energieverbrauch bei sehr gutem Wohnkomfort im Sommer wie im Winter. Das Projekt soll auch dazu dienen, die Vorteile der Niedrigenergiebauweise im Kanton Tessin besser bekannt zu machen.

Das innovative Projekt **Wellness Wärmerückgewinnung Brauchwarmwasser** [38] zeigt auf, wie mit einfachen Mitteln Energie aus Bädern mit hohem Warmwasserverbrauch in einem Speicher zwischengelagert und nutzungsabhängig wieder für die Vorwärmung genutzt werden kann. Das Messprojekt wird im Frühjahr 2003 abgeschlossen. Zwischenresultate wurden am Status-Seminar [52] 2002 präsentiert.

Die vollflächige **Integration eines solaren Luftsystems und einer PV-Anlage** [39a] in Braunwald demonstriert, wie selbst bei einer Gebäudesanierung mit einfachen Mitteln solare Komponenten in ein Haustechnikkonzept eingebunden werden können. Die zur Verfügung stehende südgerichtete Dachfläche kann vollständig für ein konvektives Luftsystem genutzt werden. Durch die Integration der Warmwasseraufbereitung in das Luftsystem wird die Sonnenenergie ganzjährig genutzt. Die Messungen wurden durch zusätzliche Messpunkte ergänzt. Die Messungen konnten daher erst Ende Dezember 02 abgeschlossen werden. Der Schlussbericht wird Ende April 03 vorliegen.

Beim Projekt **Integration einer konvektiven Fassade in ein Heimatschutzobjekt** [39b] in Herisau kann sehr gut gezeigt werden, dass der *Passivhaus*-Standard und die Solarnutzung durchaus mit einer Bauweise verträglich ist, wie sie die Denkmalpflege vorschreibt. Die Demonstration einer grossflächigen Sonnenenergienutzung bei einem Objekt, welches strengen architektonischen Auflagen genügen muss, ist für den traditionellen Baustil in Appenzell neu. Durch Fehler in der Datenauslesung durch die Bewohner musste die Messperiode etwas geschoben werden, so dass der Schlussbericht Ende Februar 2003 vorliegen wird.

Das Projekt **Wohnüberbauung NiedrigstEnergieHäuser Stäfa** [40] basiert auf dem Wettbewerb für thermisch optimierte Unterkonstruktionen für hinterlüftete Fassaden. Der Preisträger rüstete 1340 m² Fassadenfläche mit diesem neuartigen Ankersystem aus. Damit können die Wärmebrücken Die Ausführung ist dokumentiert und wurde am Status-Seminar 2002 vorgestellt.

Mit dem Projekt **Phönix light – Heizen und Kühlen mit PCM** (Phase Change Material) [42] sollen die rechnerischen Grundlagen geschaffen werden, um die Einbindung von PCM-Material in Lüftungsanlagen zu dimensionieren. Bei Bauten ohne oder mit wenig thermisch wirksamer Speichermasse kann die Anwendung von PCM die Haustechnik unterstützen. Messungen am Klimagerät "*Clima Cooler*", eingesetzt am *Eye-Catcher* in Basel, zeigten, dass für unsere Breitengrade ein Latentspeichermaterial mit einem Schmelzpunkt um 21 °C am geeignetsten wäre.

Abgeschlossen wurde auch das Projekt **Offene Eisbahn mit Kälteträger CO₂** [43] in Ascona. Die Umstellung auf CO₂ als Kälteträger hat sich bewährt. Die Messungen haben gezeigt, dass der grösste Teil des Energieverbrauchs auf das Aufeisen am Saisonstart benötigt wird. Dank Kontakten aus dem laufenden Projekt *Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Eisfeldern* wurde die Gemeinde Ascona auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht, eine Überdeckung günstig anzuschaffen.

Das Projekt **Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Ausseneisfeldern** [44] hat die erste Phase hinter sich. Der IR-Strahlungsaustausch zwischen einer Eishallendecke und dem darunter liegenden Eisfeld lässt sich beträchtlich reduzieren, wenn die Deckenuntersicht aus strahlungsreflektierendem Material (z. B. blankes Metall) besteht. Dadurch lassen sich Energieeinsparungen (Wärme und Kälte) von bis gegen 30 % realisieren. Mit dem vorliegenden Projekt sollen die rechnerisch ermittelten Einsparungen am realen Objekt messtechnisch untersucht werden.

Im 2002 wurde ein Messkonzept erarbeitet, in welchem alle erforderlichen Messstellen, die Messstellengenauigkeit sowie das Datenaufzeichnungsverfahren auf dem Gebäudeleitsystem definiert sind. Im zweiten Teil des Projekts werden die Emissionseigenschaften von Materialien, die sich auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften als Deckenuntersichten in Eishallen eignen, in Abhängigkeit der Alterung untersucht. Zu diesem Zweck wurden 2002 vier unterschiedliche Blecharten im Neuzustand an der *EMPA* ausgemessen.

Folgende neue Projekte wurden 2002 bewilligt:

Wohn- und Geschäftshaus Renggli in Sursee [45], ein mehrgeschossiges Gebäude in Holzbauweise welche den *Passivhaus*-Standard anstrebt. Wegen der schwierigen Grundstücksbedingungen konnte das Gebäude nicht so kompakt gebaut werden, dass es *Passivhaus*-Standard erreicht.

Beim **Wohnhaus mit Atelier Nicole Schmoelzer** in Pratteln [46] werden innovative Techniken wie beispielsweise PV-Schiebeläden eingesetzt, um eine hohe Tageslichtautonomie und trotzdem keine Überhitzung im Sommer zu erhalten. Das Gebäude im *Passivhaus*-Standard wird 2003 fertiggestellt werden.

Das **Minergie-P-Gebäude mit Gratec und Luftkollektorsystem** [39c] in Degersheim knüpft an die Erfahrungen mit Luftkollektoren aus früheren P+D-Projekten an. Neu ist ein optimal angestellter dachintegrierter Kollektor, der quer durchströmt wird, eine Luftverteilung mit integrierter Warmwassererwärmung und multifunktionale Steigzonen und eine neuartige Lüftungssteuerung

Die bescheidene Erfolgskontrolle **Synergiepark für erneuerbare Energien** [30] (Grabs) konnte durch eine detailliertere Messung ergänzt werden: Mit der **Datenerfassung Synergiepark für erneuerbare Energien** [47] können aufbereitete aktuelle Daten aus dem Synergiepark online abgerufen werden. Ab November 2002 wurde eine Internetseite www.synergiepark.ch aufgebaut, welche ab 21. Februar 2003 freigeschaltet wird.

Gleich zwei Projekte für Sanierungen, welche den ambitionierten *Passivhaus*-Standard anstreben, wurden bewilligt. Beim **Umbau Nietengasse 20 - mit bestehender Backsteinfassade** in Zürich [34b] kommen Vakuumdämmelemente zum Einsatz, da die strassenseitige Fassade aus denkmalpflegerischen Gründen erhalten bleiben soll. Bewährte Techniken, welche beim vorangegangenen Projekt Magnusstrasse eingesetzt wurden, werden nochmals verbessert. Dank minimalem Baustoffumsatz und Trockenbauweise soll die Umbauzeit bereits im Frühsommer abgeschlossen sein. Nur wenige Gehminuten davon entfernt steht das Projekt **Zwinglistrasse 9+15** [34c]. Zwei Gebäude aus dem 19. Jahrhundert, welche als Blockrandbebauung mit Bruchsteinmauerwerk errichtet wurden, müssen saniert werden. Die Lücke zwischen den Häusern wird bis auf eine Durchfahrt gefüllt, um damit eine günstige Voraussetzung zu schaffen, dass auch hier der *Passivhaus-Standard* bei einer Sanierung erreicht wird. Dank hohem Wärmedämm-Standard und guter Luftdichtheit, kombiniert mit einfacher, aber effizienter Haustechnik wird dieses Projekt die Vorgaben mit hoher Wahrscheinlichkeit erfüllen.

Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Die laufende Programmperiode 2000 – 2003 geht ihrem Ende entgegen. Mit der Zwischenausschreibung anfangs 2002 konnte das Programm in drei Bereichen auf aktuelle Bedürfnisse ausgerichtet werden:

- **Verstärkung der Anstrengungen im Sanierungsbereich.** Im Frühjahr 2003 soll dazu ein Wettbewerb für Gebäudesanierungen, die nahe an den *Passivhaus*-Standard kommen, ausgeschrieben werden.
- **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.** Vorarbeiten für eine Berechnungsmethode Warmwasser wurden in Angriff genommen.

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

Eine nahezu vollständige Übersicht über aktuelle Forschungsarbeiten konnte am **Status-Seminar Energie- und Umweltforschung im Hochbau** [52], welches am 12./13. September 2002 zum 12.

Mal an der ETH Zürich durchgeführt wurde, vermittelt werden. Das Seminar wurde erstmals zusammen mit dem **Programm Energiepolitische Grundlagen** [53] durchgeführt, wodurch auch Forschungsarbeiten zu den sozio-ökonomischen Aspekten der Energienutzung präsentiert werden konnten. Die Beiträge zur Energie- und Umweltforschung im Hochbau sind im Internet unter www.empa-ren.ch/ren/Aktualitaet.htm abrufbar, der Tagungsband der sozio-ökonomischen Energieforschung kann bestellt werden [53].

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2002 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden

Sämtliche Jahres- und Schlussberichte können unter www.empa-ren.ch heruntergeladen oder bei ENET bezogen werden.

- [1] R. Dones, (roberto.dones@psi.ch), PSI, Villigen: **Ecoinvent 2000 – Ökoinventare für Energiesysteme** (JB)
- [2] R. Frischknecht, (frischknecht@esu-services.ch), ESU, Uster: **Ökoinventare für Solar- und Heizsysteme** (JB)
- [3] M. Vogel, (Martin.Vogel@bve.be.ch), Hochbauamt Kt. Bern, Bern: **eco-devis: Ökologische Leistungsbeschreibungen** (JB)
- [4] A. Lalive, (alalive@bhz.ch), Basler&Hofmann, Zürich: **Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus** (Beitrag IEA/SHC Task 28) (JB)
- [5] J.-L. Hersener, (hersener@pop.agri.ch), Ingenieurbüro, Wiesendangen: **Einblasdämmstoff aus Faserhanf und Altpapier** (SB)
- [6] R. Hastings, (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** (JB)
- [7] T. Andris, (tom.andris@renggli-haus.ch), Renggli AG, Schötz: **Marktanalyse Passivhaus Schweiz** (Beitrag IEA/SHC Task 28) (JB)
- [8] A. Binz, (a.binz@fhbb.ch), FHBB, Muttenz: **a) Minergie und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich** (SB) • **b) Vakuum-Dämmung im Baubereich – Systeme und Applikationen** (Beitrag IEA BCS Annex 39) (JB)
- [9] Y. Kaiser, (sonnenarchitektur@energienetz.ch), Kaiser & Partner, Winterthur: **Solargebäude – Strategien und Erfahrungen des energieoptimierten Bauens** (JB)
- [10] Ch. Filleux, (chfilleux@BHZ.ch), Basler + Hofmann, Zürich: **Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme** (JB)
- [11] A. Gütermann, (amena.ag@energienetz.ch), amena ag, Winterthur: **Messprojekt "Mehrfamilien-Passivhaus mit solarem Luftsystem"** (SB)
- [12] S. Kropf, (kropf@hbt.arch.ethz.ch), ETH, Zürich: **Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen** (JB)
- [13] P. Jaboyedoff, (sorane@worldcom.ch), Sorane, Lausanne: **IEA/SHC Task 23: Optimisation of solar energy use in large buildings** (SB)
- [14] 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** (JB) • **b) Daylighting Buildings in the 21st Century** (Beitrag IEA Solar Task 31) (JB)
- [15] Th. Kersten, (thorsten.kersten@infomind.ch), infomind gmbh, Zürich: **Wärmebrücken-Atlas WBB 2000** (SB)

- [16] M. Erb, (markus.erb@eicher-pauli.ch), Eicher+Pauli AG, *Liestal: a) High Performance Thermal Insulation in Buildings (IEA BCS Annex 39 – Vorphase)* (JB) • *b) Feldanalyse von kondensierenden Gas- und Ölfeuerungsanlagen* (JB)
- [17] H. Simmler, (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)
- [18] C.U. Brunner, (Conrad.U.Brunner@cub.ch), Büro CUB, Zürich: *Richtlinie für Gebäude mit hohem Glasanteil* (SB)
- [19] Ch. Tanner, (christoph.tanner@empa.ch), EMPA, Dübendorf: *Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern* (JB)
- [20] W. Seidinger, (seidinger@lemonconsult.ch), Lemon Consult, Zürich: *Entwicklung eines Kälte-Tools zur Methodik SIA 380/4 "Elektrische Energie im Hochbau"* (SB)
- [21] G. Zweifel, (gzweifel@hta.fhz.ch), HTA, Luzern/Horw: *IEA/SHC Task 22: Validierung von Simulationsprogrammen* (JB)
- [22] Hp. Eicher, (hanspeter.eicher@eicher-pauli.ch), Eicher+Pauli AG, *Liestal: Bestellerkompetenz im Bereich Gebäudetechnik* (JB)
- [23] J.-M. Chuard, (chuard@enerconom.ch), Enerconom, Bern: *Commissioning of Building HVAC Systems for Improved Energy Performance* (IEA BCS Annex 40 – Vorphase) (JB)
- [24] R. Furter, (rfurter@hta.fhz.ch), HTA, Luzern/Horw: *Prüfstand für Kompaktlüftungsgeräte für Komfortlüftung* (JB)
- [25] V. Dorer, (viktor.dorer@empa.ch), EMPA, Dübendorf: *a) Optimierte Luftheizsysteme für Passivhäuser* (JB), • *b) Energieeffiziente und bedarfsgerechte Abluftsysteme mit Abwärmenutzung, (ENABL)* (SB)

Liste der P+D-Projekte

- [26] J. Bienz, (juerg.bienz@chiquet-sopra.ch), Chiquet-Energietechnik, Ormalingen: *Messprojekt Grasswil* (SB)
- [27] W. Hässig, (whaessig@BHZ.ch), B+H, Zürich: *Energetische Sanierung einer grossen Wohnsiedlung* (SB)
- [28] R. Naef, (naef@igjzh.com), Naef Energietechnik, Zürich: *a) Öko-Siedlung Melchrüti (Wohnpark Balance Wallisellen)* (JB) • *b) Wohnen in Sunny Woods* (JB)
- [29] Th. Nordmann, (clavadetscher@tnc.ch), Erlenbach: *Messprojekt Niedrigenergiehaus Erlenbach* (JB)
- [30] Werner Vetsch, (vetsch-bauplanung@bluewin.ch), Grabs: *Synergiepark für erneuerbare Energien* (SB)
- [31] W. Setz, (setzw@bluewin.ch), Architekt, Rapperswil: *1. Schweizerischer Wohn- und Gewerbebau im Passivhaus-Standard* (JB)
- [32] D. Schwarz, (schwarz@schwarz-architektur.ch), Architekt, Domat/Ems: *TWD-Fassadenelement mit integriertem Latentwärmespeicher und Sonnenschutz* (SB)
- [33] B. Bossard, (barbos@tic.ch), Barbos Bauteam, Stans: *Passiv-Acht-Familienhaus* (JB)
- [34] K. Viridén, (viriden@viriden-partner.ch), Viridén+Partner, Zürich: *a) Passivhaus im Umbau* (JB) *b) Umbau Nietengasse 20 - mit bestehender Backsteinfassade, c) Passivhaus-Umbau Zwinglistrasse 9+15*
- [35] Ch. Breu, (breu.christoph@bluewin.ch), Architekt und Ingenieur, Rickenbach: *Passiv-Mehrfamilienhaus Stämpfli Unterägeri* (JB)

- [36] M. Stüssi, (mstuessi@dplanet.ch) *Bargen: Neubau Zweifamilienhaus "Im Tal" 8233 Barmen SH, Heizung - Warmwasser - Wäschetrocknung mit einer Duplex-Wärmepumpe*
- [37] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), LEEE-SUPSI, *Trevano: Low Energy Housing in Ticino (Beitrag IEA SHC Task 28)* (JB)
- [38] P. Stähli, (Peter.Staehli@swisseeconomic.ch), IEM AG, *Gwatt-Thun: Wellness Wärmerückgewinnungsanlage Brauchwarmwasser, Parkhotel Adelboden* (JB)
- [39] A. Gütermann, (amena.ag@energienetz.ch), amena ag, *Winterthur: a) Integration eines solaren Luftsystems und PV bei einer Gebäudesanierung, Braunwald* (SB Feb.2003) • *b) Integration einer konvektiven Fassade in ein Heimatschutzobjekt, Herisau* (SB April 2003) *c) Minergie-P-Gebäude mit Gratec und Luftkollektorsystem*
- [40] R. Kissling (rolf.kissling@haring.ch) *Häring Fenster und Fassaden AG HFF, Niederdorf BL, Wohnüberbauung NiedrigstEnergieHäuser Stäfa*, (SB)
- [41] Kurt Hildebrand (khildebrand@hta.fhz.ch), HTA Luzern, *Horw, New Spirit* (SB)
- [42] E. Hächler, (ernst.haechler@suisselectra.ch), Suisselectra, *Basel: Phönix light – Heizen und Kühlen mit PCM* (SB)
- [43] C. Tenore (home@pro-tec.ch), Protec SA, *Losone, Offene Eisbahn mit Kälte Träger CO₂, (Risagnante Pista di ghiaccio aperta "Siberia" Ascona)* (SB)
- [44] F. Gachnang, (gachnang@eta-energietechnik.ch), eta Energietechnik, *Winterthur: Deckenstrahlung in Eishallen und überdeckten Ausseneisfeldern* (JB)
- [45] M. Renggli, (max.renggli@renggli-haus.ch), Renggli AG, *Sursee, Wohn- und Geschäftshaus Renggli, Sursee*,
- [46] Reto Miloni, (miloni@swissonline.ch) *Lichtplanung Miloni, Mülligen, Passivhaus mit Atelier, Pratteln*
- [47] Peter Schibli, (synergiepark@bluewin.ch) *Heizplan AG, Gams, Datenerfassung Synergiepark für erneuerbare Energien*

Referenzen

- [48] M. Zimmermann: *Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden 2000-2003, EMPA ZEN, November 2001*
- [49] C.U. Brunner et al: *SIA Merkblatt 2021: Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz, SIA Zürich, Juli 2002*
- [50] C.U. Brunner et al: *SIA Dokumentation D 176: Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz, SIA Zürich, 2002*
- [51] Eberhard Jochem, M. Zimmermann, et al: *Steps towards a 2000 Watt-Society – Developing a White Paper on Research & Development of Energy-Efficient Technologies, novatlantis pre-study, ETH-EPFL-PSI-EMPA, December, 2002*
- [52] H. Bertschinger/M. Zimmermann *12. Schweizerisches Status-Seminar "Energie und Umweltforschung im Bauwesen 2002, ETH Zürich, 12./13. Sept. 2002*
- [53] R. Meier, M. Beck, P. Previdoli, *Bauen Sanieren wirtschaftlich Investieren, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit im Einklang*, ISBN 3 7253 0731 8, Rüegger Verlag