RATIONELLE ENERGIENUTZUNG IN GEBÄUDEN

Überblicksbericht
zum Forschungsprogramm 2000

Markus Zimmermann
mark.zimmermann@empa.ch

Passivhäuser – komfortable auch ohne Heizung

Im Rahmen des EU-Projekts CEPHEUS wurden auch in der Schweiz Wohnbauten erstellt, die so energieeffizient sind, dass auf ein Heizsystem verzichtet werden kann. Der jährliche Energiebedarf für Wärme liegt bei weniger als 15 kWh/a ist somit rund 10 mal niedriger als bei konventionellen Bauten.

Einleitung

Das Programm **"Rationelle Energienutzung in Gebäuden"** fördert den effizienten und umweltschonenden Energieeinsatz im Gebäudebereich, indem es Grundlagen erforscht und die Entwicklungen und Demonstration verbesserter Technologien unterstützt Dabei werden längerfristig Einsparpotentiale gegenüber konventionellen Gebäuden von 50 – 90 % anvisiert. Der in der Schweiz gut eingeführte **Minergie-Standard** gilt grundsätzlich als Mindestanforderung für Demonstrationsbauten.

Die Ausnutzung der nach wie vor grossen Sparpotentiale im Gebäudebereich ist volkswirtschaftlich von grossem Interesse. Der Gebäudebereich beansprucht rund 60 % des schweizerischen Energieverbrauchs, obwohl nur rund 21 % der schweizerischen Haushaltsausgaben auf ihn entfallen. Ca. 50 % des Energieverbrauchs werden zum Betreiben der Wohn-, Dienstleistungs- und Gewerbebauten eingesetzt und etwa 10 % werden für die Herstellung von Baustoffen und Bauprodukten benötigt. Der Gebäudebereich ist auch massgeblich verantwortlich für den Ressourcenverbrauch, das Abfallaufkommen und die Umweltbelastung unserer Gesellschaft. Eine nachhaltige Gesellschaft ist nur möglich, wenn auch die Bauwirtschaft und der Betrieb von Gebäuden nachhaltig ausgerichtet sind.

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 Substituierung von fossilen Energieträgern Vorrang hatte, steht heute die Reduktion des Primärenergieverbrauchs und die Minimierung der Umweltbelastung im Vordergrund.

Entsprechend setzt das Programm neben der Energietechnik auch einen wichtigen Akzent auf die Untersuchung der Umweltwirkungen des Bauens und der neuen Technologien.

Anfangs 2000 wurde das Programm für die nächsten 4 Jahre festgelegt und öffentlich. Von zentraler Bedeutung sind dabei:

Hochisolationstechnik: Entwicklung und Demonstration neuer hochisolierender Dämmstoffe und Systeme, als Alternative zu voluminösen, konventionellen Materialien.

Passivhäuser: Entwicklung von Technologien und Systemen für Minergie- und Passivhäuser, sowie deren Demonstration als Neu- und Altbau sowie als Wohn-, Büro- oder Gewerbebau.

Umwelttechnik: Bereitstellen von Grundlagen, sowie Erarbeitung und Anwendung von praxisnahen Methoden zur gesamtheitlichen Beurteilung von Bauten, Systemen und Komponenten.

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

Schwerpunkte für 2000

Das Programm war im Jahr 2000 geprägt durch die Neuorganisation beim BFE sowie durch die Neuausrichtung des Programms für die Periode 2000 bis 2004.

Entsprechend wurden laufende Projekte abgeschlossen und die neuen Schwerpunkte gestartet. Im Vordergrund stand dabei die Ausschreibung des neuen Forschungsprogramms, welches neuerdings auch den Bereich „Solararchitektur“ umfasst. Ausgeschrieben wurden 7 Schwerpunktsthemen, die vorgängig im Rahmen einer Experteneinigung und unter Berücksichtigung des CORE-Forschungskonzepts festgelegt wurden:

- **Hochisolationstechnik**, inkl. Lösungen für Wärmebrücken, besonders ausgerichtet auf Sanierungen
- **Sonnenenergienutzung**, verbunden mit den Problemen des **Sonnenschutzes**, der **Kühlung** und der **Tageslichtnutzung**
- **Passivhäuser** und optimierte **Systeme** zur Deckung **des minimierten Energiebedarfs**
- Systeme zur **Nutzung von Temperaturkaskaden, Abwärme** sowie zur **Energiespeicherung** und **Warmwasserversorgung**
- **Umweltaspekte** des Bauwesens und der Energienutzung
- Grundlagen zur Erhöhung der **Bestellerkompetenz**, Diagnose und Abnahmeverfahren
- **Bedarfsgeregelte Systeme** zum Einbezug des Benutzer- und Betreiberverhaltens

Gefragt waren kurz formulierte Projektideen, die es dem BFE noch ermöglichen, zusammen mit der Programmleitung Korrekturen anzubringen und eine geeignete Projektkoordination vorzunehmen. Die Ausschreibung, die ausschliesslich über das Internet erfolgte, konnte er-

folgreich durchgeführt werden. Von den ca. 80 Projekteingaben werden rund 50 weiterverfolgt. Ein gutes Dutzend Projekte konnten bereits gestartet werden.

Anzahlmässig am bedeutendsten waren die eingereichten Projektskizzen zu den Bereichen „**Passivhäuser**“, „**Sonnenenergienutzung**“ und „**Umwelttechnik**“, währenddem relativ wenig Eingaben zu „bedarfsabhängiger Regelung“, „Wärmespeicherung / effiziente Warmwasseranlagen“ und „Bestellerkompetenz“ eingereicht wurden. Es ist beabsichtigt, eine entsprechende Ausschreibung im Jahre 2002 zu wiederholen.

Parallel zur Ausschreibung wurde mit dem Aufbau der Programmdokumentation im Internet begonnen. Inzwischen können sich Interessierte via Internet über durchgeführte und laufende Projekte informieren und die Forschungsberichte direkt vom Netz herunterladen. Wichtige Schlussberichte können nach wie vor auch als Publikationen bezogen werden.

2000 durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

UMWELTTECHNIK

Das Programm befasst sich mit den Grundlagen für umweltgerechtes Bauen, mit Bewertungsmethoden, mit der Entwicklung von Instrumenten zur Beurteilung der Umweltauswirkungen sowie mit der Vermeidung der Grauen Energie.

Zur Aufbereitung und qualitativen Verbesserung der dringend benötigten Ökoinventare konnten diverse Institutionen des ETH-Bereichs unter der Leitung der EMPA zu einem **Zentrum für Ökoinventare** zusammengeschlossen und das ambitiöse Projekt "ECOINVENT 2000“ mit der Unterstützung diverser Bundesämter gestartet werden. Das Projekt hat zum Ziel, bis Ende 2002 ein überarbeitetes, harmonisiertes Ökoinventar für Energiesysteme, Investitions- und Konsumgüter, Transporte und Entsorgungsprozesse auf dem Internet zur Verfügung zu stellen. Die Arbeiten zur Überarbeitung der **Ökoinventare für Energiesysteme** [1] wurden mit Unterstützung des BFE bereits gestartet.

Abgschlossen werden konnte eine Zusammenarbeit mit der IEA, in welcher die **umweltbezogenen Auswirkungen des Bauens** untersucht [2] wurden. Im Vordergrund stehen methodische Ansätze, die es erlauben, die langfristigen, durch Bauten verursachten Auswirkungen auf die Umwelt zu analysieren. Wesentliche Erkenntnisse wurden auch bezüglich der Umweltbelastung durch Bauabfälle gewonnen [32]. So wurde aufgezeigt, dass bisher als harmlos betrachtete Baustoffe, wie bspw. Gips, bei deren Entsorgung wesentlich mehr Umweltbelastung verursachen als bei deren Herstellung.

Auf dem Gebiet der Bewertungsmethoden hat das ZEN am Status-Seminar eine neue Methode vorgestellt, die es ermöglicht, die ökologische Nachhaltigkeit von Bauten abzuschätzen [33]. Erste Auswertungen haben gezeigt, dass auch Bauten nach dem Minergie-Standard die Nachhaltigkeitsziele noch nicht zu erreichen vermögen.

Um Bauwerke und Konstruktionen bezüglich Umweltbelastung beurteilen und optimieren zu können, braucht es auch entsprechende Planungsinstrumente. Das im Vorjahr fertiggestellte Programm OGIP [3], [34], welches die **gesamtheitliche Optimierung von Energieverbrauch, Umweltbelastung und Baukosten** zum Ziel hat, konnte in einer Reihe von Kursen in die Praxis eingeführt werden. Es erlaubt es den Planern, nebst der Baukostenberechnung mit wenig Mehraufwand auch eine Analyse der externen Kosten, der Umweltbelastung und des Energieverbrauchs für die Erstellung und den Betrieb von Gebäuden durchzuführen.

Um Erfahrungswerte für die durch das Bauen verursachten Umweltbelastungen zu erhalten, werden gute Bauten analysiert. Eine erste Auswertung hat **vier Solarbauten analysiert** und sie mit Varianten ohne Sonnenenergienutzung verglichen [35]. Die Untersuchung zeigt, dass einfache, möglichst passive Solarsysteme die Umweltbilanz eines Gebäudes positiv beeinflussen, dass aber aufwendige Anlagen und Wintergärten problematisch sein können. Auch wenn die Energiebilanz von Solarsystemen positiv ist, bedeutet dies nicht unbedingt, dass auch weniger Umweltbelastungen entstehen. Wärmeschutzmassnahmen schneiden diesbezüglich besser ab.

Weitere Kennwerte und – hoffentlich auch Zielwerte – sollen im Rahmen des IEA Projekts **Solar Sustainable Housing** [4] ermittelt werden. Das IEA-Projekt erarbeitet Grundlagen um die Verbreitung nachhaltiger Solarwohnbauten zu fördern, indem es diese besser auf die Marktbedürfnisse abstimmt und die Konzepte optimiert. Dabei geht es auch um die **ökologische Optimierung von Passivhäusern** [5]. Die Kennwerte dieser Gebäude sollen schliesslich im Programm OGIP als Referenzgebäude für ökologisches Bauen zur Verfügung stehen.

Für frühe Planungsphase und inbesonders für **Architekturwettbewerbe** werden im Projekt **Snarch** [6] Kriterien und Richtlinien für eine umweltbezogene Beurteilung erarbeitet. Die Arbeiten werden durch die Zürcher Hochschule Winterthur zusammen mit rund 20 Projektpartnern (Hochbauämter, Bundesämter, Verbände und Private) durchgeführt. Die Richtlinie sollte Mitte 2001 vorliegen.

Zur Reduktion der Grauen Energie sollen zukünftig vermehrt auch nachwachsende Rohstoffe im Bauwesen einsetzen werden. Mit der Dämmstoffindustrie wurden Versuche für Dämmstoffe aus **Hanf- und Grasfasern** durchgeführt [7]. Beide Rohstoffe sind aus landwirtschaftlicher Sicht interessant und in genügender Menge verfügbar. Vor allem ein chemisches Verfahren, bei dem aus Gras nicht nur Fasern, sondern auch Eiweiss

und Alkohol gewonnen wird, hat interessante Ergebnisse geliefert. Das Projekt soll nächstes Jahr abgeschlossen werden.

PASSIVE SONNENENERGIENUTZUNG / GEBÄUDESYSTEME

Mit der Integration des Programms Solararchitektur in das Gebäudeprogramm bilden Gebäude mit passiver und hybrider Sonnenenergienutzung einen eigenen Schwerpunkt.

Besonderes Gewicht hat dabei das bereits erwähnte IEA-Projekt **Solar Sustainable Housing** [4], das die rationelle Energienutzung, die Nutzung erneuerbarer Energien und Nachhaltigkeitsaspekte optimal aufeinander abstimmen soll. Nicht nur die neuesten Passivhaustechniken werden dafür eingesetzt, auch die Erfahrungen aus bisherigen Solarhäusern sollen einfliessen.

Eine Zusammenstellung über **die Erfahrungen mit ca. 60 Solargebäuden** wird zurzeit aufbereitet [8]. Sie soll in übersichtlicher Form die angewendeten Strategie, die Erfahrungen und Messresultate zusammenfassen.

Mit dabei werden auch die Ergebnisse der Messungen an einem Zweifamilien-Solarhaus in Oberdorf (BL) sein, das ausführlich untersucht wurde [9]. Das Gebäude wird durch **Fenster- und Luftkollektoren** auf dem Dach mitgeheizt. Obwohl das System grundsätzlich funktioniert, entspricht die Leistung teilweise nicht den Erwartungen. Vor allem Leckagen und die zu komplizierte Anlage führen zu Ertragsminderungen.

GEBÄUDEHÜLLE

Obwohl die Gebäudehülle ein ausgesprochen traditioneller Gebäudeteil darstellt, werden aufgrund seiner zentralen Stellung im Energiekonzept weitere Verbesserungsmöglichkeiten gesucht.

Gemäss der neuen, EU-konformen SIA-Norm 180 sind zur Berechnung des Heizenergiebedarfs auch die Wärmebrücken einzubeziehen. Gemeinsam mit der Überarbeitung des bisherigen Bauteilkatalogs wird deshalb auch intensiv an der praxisgerechten Aufbereitung eines **Wärmebrückenkatalogs** [11] gearbeitet. Beide Teile sind so angelegt, dass sie zukünftig auch als Internet-Datenbank zugänglich sein werden.

Der Wettbewerb über **Optimierte Unterkonstruktionen hinterlüfteter Fassaden** [12] befasste sich mit neuen Lösungen, die eine kostengünstige und thermisch optimierte Aufhängung von Fassadenverkleidungen – auch bei dicken Dämmschichten – ermöglicht. Drei zukunftsträchtige Lösungen wurden prämiert und sollen nun im Rahmen von Pilotobjekten demonstriert werden.

Hocheffiziente Wärmedämmsysteme [13a], welche die notwendige Dämmdicke massiv (Faktor 5 bis 10) reduzieren, stossen auf ein reges Interesse. Konventionelle Wärmedämmungen mit über 20 cm Dämmdicke sind für viele Anwendungen, insbesondere auch bei Gebäudesanierungen und für Haushaltapparate und –geräte ungeeignet. Aufgrund der in der Schweiz durchgeführten Vorarbeiten [13], [14], [15], und realisierten Pilotanwendungen (Speicherisolationen, Fensterverbreiterungen, Türen, Fussbodenheizungen und Innendämmungen) konnte im Rahmen der IEA eine internationale Zusammenarbeit initiiert werden. An einer internationalen Konferenz "High Performance Thermal Insulation Systems" werden anfangs 2001 an der EMPA die Ergebnisse vorgestellt und das IEA-Projekt gestartet.

Im Fensterbereich wurden in den vergangenen Jahren grosse Fortschritte erreicht. Auf dem Markt sind Verglasungen mit U-Werten weit unter 1, bis 0.3 W/(m^2·K) verfügbar. Parallel dazu hat sich aber bei Architekten und Bauherren der Trend zu extrem stark verglasten Bauten massiv verstärkt. Bauten mit schlechtem Komfort und hohen Kühllasten sind oft die Folge. Um diesen Problem zu begegnen wurde ein Projekt gestartet, welches einfache **Planungsrichtlinien für stark verglaste Bauten** [16] erarbeiten soll.

Gerade rechtzeitig dazu wurden an der EMPA die Messserie über **Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme** [17a] abgeschlossen. Sie zeigen, dass es selbst bei gutem Sonnenschutz schwierig ist, die Solargewinne unter 15 % der Einstrahlung zu reduzieren und gleichzeitig den Anforderungen der Tageslichtnutzung zu genügen. Deshalb werden nun die Messungen mit verschiedenen Industriepartnern auf weitere Systeme ausgedehnt und aufgrund der Messungen die Simulationsmöglichkeiten für Sonnenschutzsysteme verbessert [17b].

HAUSTECHNIK

Mit der Herausgabe des Handbuchs für **thermoaktive Bauteilsysteme** [18], [36] wurde eine wichtige Planungsgrundlage für energieeffiziente Bauten bereitgestellt. Bei dieser Technik, die sich für Niedrigenergiebauten eignet, wird das Raumklima durch geringes Beheizen resp. Kühlen der Betondecken konstant gehalten. Nebst hohem Komfort resultieren geringere Investitionskosten und ein tiefer Energieverbrauch. Viele der zurzeit in der Schweiz realisierten Geschäftshäuser werden nach diesem Konzept realisiert.

Diverse Software-Entwicklungen werden zurzeit im Umfeld der Programm-Familie IDEA der HTA-Luzern realisiert. Diese Programm-Familie stellt eine wichtige Plattform für integrale Haustechnikanwendungen dar. Wichtige Entwicklungsarbeiten sind:

- **Harmonisierung der Nutzungsprofile SIA 382/2 und SWKI 95-3** [19a]
- **Kältetool SIA 380/4** zur Bestimmung des Elektrizitätsbedarfs durch Kühlung [19b]
- **Berechnungswerkzeug für den Jahresenergiebedarf von Lüftungsanlagen** [20]
- **Praxisnahe Validierung von Simulationsprogrammen** im Rahmen des IEA Solar Task 22 [21]

- Übersetzung des bestehenden Moduls für den **Kühllastnachweis gemäss SIA 382/4** in Französische [22]

Für die dezentrale Belüftung von Räumen wurde eine Reihe von **Einzelraumlüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung** untersucht [23]. Sowohl bezüglich Lärm, wie auch bezüglich Wirkungsgrad wurden sehr unterschiedliche Resultate gemessen. Vor allem der Wirkungsgrad der Geräte lässt unter Berücksichtigung aller Verluste zu wünschen übrig. Diese Erkenntnis legt nahe, dass die verfügbaren Geräte sorgfältig auszuwählen sind und dass sie sich vor allem zur Verbesserung der Luftqualität in Arbeitsräumen und Besprechungsräumen eignen.

Die Untersuchungen zu **Kanalwärmetauschern** [24] welche die Zu- und Abluft über Doppelrohre führen und so eine effiziente Wärmerückgewinnung ermöglichen konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Zurzeit soll eine erste entsprechende Demonstrationsanlage realisiert werden. Weiterführende Arbeiten, zur zusätzlichen Nutzung der Abwärme eines Gasheizgerätes im Kanalwärmetauscher, werden zurzeit mit der Unterstützung des FOGA durchgeführt.

Die Arbeiten zur Bestimmung **der Wirksamkeit von Lüftungsanlagen** und deren Wärmerückgewinnung mit Hilfe von Tracergas sind abgeschlossen [25a]. Damit steht nun ein wichtiges, einfaches Diagnoseverfahren im Lüftungsbereich mit entsprechender Auswertesoftware zur Verfügung [37].

Auch das Projekt ATEMAC [25b] befasste sich mit Tracergastechnik. Zur **Diagnose des mittleren Luftwechsels** sollten sogenannte Passivtracer eingesetzt werden. Die Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass dazu keine geeigneten Testgase verfügbar sind. Die Absorption der Testgase durch Baustoffe verfälscht die Ergebnisse zu stark. Stattdessen wird nun versucht, über die Veränderung der Kohlendioxydkonzentration auf den Luftwechsel schliessen zu können. Die Arbeiten werden 2001 abgeschlossen.

Planmässig abgeschlossen wurde die im Rahmen einer IEA-Zusammenarbeit durchgeführte Entwicklung von **Methoden zur automatischen Fehlerdetektion in Haustechnikanlagen** [26]. Im Vordergrund der schweizerischen Arbeiten standen das automatisierte Auffinden nicht korrekt funktionierender Ventile. Entsprechende Funktionen sind bereits von der Reglerindustrie übernommen worden. Der Anwendung solcher Methoden sind jedoch Grenzen gesetzt, da die Komplexität der automatischen Fehlererkennung mit der Anzahl zu detektierenden Fehlern rasch zunimmt und kaum ohne zusätzliche, aufwendige Sensoren auskommt.

Mehr Erfolg verspricht man sich von neuen Regelalgorithmen, die nicht mehr auf physikalischen Zusammenhängen basieren, sondern **neuronale Netzwerke und Fuzzy-Logik** verwenden. Im Vordergrund stehen nicht nur Energieeinsparungen, sondern vor allem eine einfachere Installation und Inbetriebnahme, da der Regler in der Lage ist, sich selber zu optimieren. Mit den im Projekt NEUROBAT [27] durchgeführten Entwicklungen konnten auf Anhieb praktisch durchwegs bessere Resultate als mit einem (optimal eingestellten) herkömmlichen Regler erreicht werden. Ein entsprechender Heizungsregler konnte zusammen mit der Industrie zur Prototypreife gebracht werden und soll demnächst in Pilotobjekten zum Einsatz kommen.

Nationale Zusammenarbeit

Von den 2000 laufenden 35 Forschungsprojekten wurden 10 Projekte mit **Fachhochschulen**, 12 Projekte mit **ETH-Instituten** und 13 Projekte mit der **Industrie** durchgeführt. An 17 Projekten waren planende **Ingenieurbüros** beteiligt und in 4 Projekten wurde mit **Branchenverbänden** zusammengearbeitet.

Vor allem 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 teilweise gemeinsam finanziert. Zudem wird über die Fachhochschulen die Zusammenarbeit mit der KTI laufend verstärkt.

Am 14./15. September wurde durch das Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit zum 11. Mal das **Status-Seminar der schweizerischen Energie und Umweltforschung** an der ETH durchgeführt [38]. Von den 50 vorgestellten Arbeiten sind 32 mit Unterstützung des Bundesamts für Energie realisiert worden. Dies zeigt die Bedeutung der BFE-Programme für Forschung, Entwicklung und Demonstration.

Internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit ermöglicht den wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch mit wichtigen Industrienationen (vorwiegend EU- und OECD-Mitgliedstaaten) und fördert die internationale Harmonisierung der Bestrebungen um Energieeffizienz.

In den **IEA**-Programmen ***Energy Conservation in Buildings and Community Systems*** **und** ***Solar Heating and Cooling*** war die Schweiz 2000 an vier Projekten beteiligt.

- *Energy Related Environmental Impact of Buildings*, abgeschlossen [2]
- *Computer-aided Evaluation of HVAC Performance*, abgeschlossen [26]
- *Building Energy Analysis Tools*, demnächst abgeschlossen [21]
- *Optimisation of Solar Use in Large Buildings*, demnächst abgeschlossen [10]

Für die Durchführung von zwei IEA-Projekten im Gebäudebereich stellt die Schweiz die Projektleitung

- *Solar Sustainable Buildings (Solar Heating and Cooling Programme)*, 2000 gestartet [4]
- *High Performance Thermal Insulation Systems (Energy Conservation Programme)*, Start 2001

Im 4. EU-Rahmenprogramms sind noch 12 mit ausländischen Partnern in Brüssel eingereichte Projektanträge hängig. Nur gerade zwei neue Projekte wurden bewilligt:

- *URBVENT: Natural Ventilation in Urban Areas, potential assessment and optimal façade design*
- *IQ-TEST: Improving Quality in Test and Evaluation Procedures of Solar and Thermal Performances of Building Components*

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Die Ausschreibung der Forschungsschwerpunkte hat auch auf die neuen Gesuche im P+D-Bereich abgefärbt. Die Umsetzung von Forschungsarbeiten scheint im Gebäudebereich beim **Passivhaus-Standard** am weitesten fortgeschritten. Ab Mitte Jahr wurden fünf Projekte im Passivhaus-Standard eingereicht, wobei alle Projekte Mehrfamilienhäuser darstellen, eines sogar mit Gewerbeanteil und eines als Sanierung.

Erfreulicherweise wurden fast nur noch für Mehrfamilienhäuser und Gewerbebauten eingereicht. Die Bereitschaft, neue Technologien anzuwenden ist deutlich gestiegen, dies vor allem dann, wenn ehrgeizige Vorgaben wie der Passivhausstandard konsequent angestrebt werden. Die Diskussion über die verschiedenen Energieabgaben, welche das Schweizervolk an der Urne verwarf, mag zu einer Sensibilisierung beigetragen haben. Ausschlaggebend wird jedoch der stark gestiegene Heizölpreis sein, welcher verantwortungsbewusste Planer und Bauherren zu neuen Lösungen führt.

In Zürich konnte mit der Sanierung der Überbauung Wehntalerstrasse 474 – 501 der Genossenschaft Waidmatt ein grösseres Projekt in Angriff genommen werden. Rund **60 Wohnungen werden saniert** und mit einer kontrollierten Wohnungslüftung ausgerüstet, dass sie den **Minergie-Standard** für Sanierungen erfüllen. Im Herbst 2002 wird das Projekt abgeschlossen.

Das **Niedrigenergiehaus Nordmann** in Erlenbach erfüllt den Minergie-Standard. Ausgerüstet mit einer kontrollierten Wohnungslüftung und kombiniert mit einer Luftheizung eignet es sich sehr gut als Messobjekt, da ein Vergleichsobjekt gleicher Art daneben erstellt wurde. Die Bauhülle besteht aus hochisolierendem Einsteinmauerwerk, welches für ein Niedrigenergiehaus erstmals verwendet wurde. Im Sommer 2001 wird das Messprojekt abgeschlossen.

Da das BFE-Programm Solararchitektur ins Programm Gebäude integriert wurde, finden sich nun auch neu Projekte aus diesem Bereich. **TWD-Fassadenelemente mit integriertem Latentspeicher und Sonnenschutz** werden an einem Neubau in Ebnat-Kappel realisiert. Nach der Entwicklung des Latentspeichers wird das Speicherelement an einem Solarhaus eingesetzt und zusätzlich an der EMPA im Solarprüfstand ausgemessen. Im Sommer 2002 wird der Schlussbericht vorliegen.

Mit der **Integration einer konvektiven Fassade in ein Heimastschutzobjekt** wird in Herisau gezeigt, dass auch in Bauzonen mit erhöhten architektonischen Ansprüchen Kollektoren und Photovoltaik integriert werden können. Gegenwärtig wird eine Erfolgskontrolle durchgeführt.

In der **Ökosiedlung Melchrüti** in Wallisellen mit 62 Wohneinheiten wurde ein Messprojekt gestartet. Erste Resultate zeigen, dass der Qualitätssicherung bei der Bauausführung zu Recht höchste Priorität beigemessen wurde. Die Kombigeräte für Lüftung/Luftheizung und Warmwasser erfüllen die Planungswerte weitgehend. Bei der Steuerung wurde ein Optimierungspotential ausgemacht. Die Erfolgskontrolle wird dazu genutzt, die Anlagen weiter zu optimieren.

Ein **Mehrfamilienhaus** an der Rychenbergstrasse in Winterthur mit sechs **Wohnungen unterschreitet den Passivhausstandard** klar. Aufgrund des geringen Heizenergiebedarfs erfolgt die Wärmebereitstellung vor-

wiegend mit einer 60 m^2 grossen Luftkollektorfassade. Die erwärmte Luft wird in einer optimierten Kaskade zuerst dem Warmwasser, dann den Hypokaustenböden und anschliessend direkt der kontrollierten Lüftung zugeführt. Die Restwärme von 8 kWh/m^2a wird von einem Holz-Pellet-Kessel (12 kW) bereitgestellt. Die Messungen dauern bis im Frühjahr 2001.

Die Reihenhaussiedlung in Nebikon wird ausgemessen. Die Häuser in Holzbauweise sind rein passiv beheizt und haben ihre Praxistauglichkeit bewiesen. Mit weniger als 15 kWh/m^2a erfüllen sie die Anforderungen des europäischen **Passivhaus-Standards**. Im 2000 konnten im Rahmen des EU-Projekts *CEPHEUS* die Verbrauchsmessungen durchgeführt werden. Zwischenergebnisse liegen vor, der Schlussbericht wird im Sommer 2001 vorliegen.

Das Projekt **Doppeleinfamilienhaus** am Birkenweg in **Hochdorf** konnte abgeschlossen werden. Dabei wurde die Einbindung eines schweren Speicherofens in die kontrollierte Lüftung messtechnisch untersucht. [39]

Gestartet wurden zwei weitere Projekte mit der Einbindung eines Holzofens in das Lüftungskonzept. Dies ist insofern interessant, da der Wärmebedarf der Projekte unter 4 kW liegt, Holzheizungen jedoch bei der Höchstleistung oft deutlich höhere Leistungen erbringen. Wie also regeln? Das **Projekt Jurt in Hünenberg** regelt die Wärmeabgabe des Ofens über die Raumtemperatur. Bei den Projekten **Jurt in Hünenberg** und **Grasswil** wurde aufgrund der Erfahrungen in Hochdorf der Umluftteil von der mechanischen Wohnungslüftung abgetrennt. Die Wärmeabgabe erfolgt durch die direkte, bedarfsgeregelte Luftführung durch den massiven Ofen.

Die **Sanierung** der Überbauung Chemin des Libuelles in Lausanne wurde fertiggestellt und wird bis Frühjahr 2000 mit einer Messkampagne begleitet. Der Schlussbericht des Projekts ***Ventilation contrôlée à débit minimal dans un immeuble rénové*** [40] zeigt auf, was bei der Realisierung von Wohnungslüftungen in der Westschweiz wichtig ist. Wie bereits aus anderen Projekten bekannt, stehen nicht energetische Probleme im Vordergrund, sondern Komfortfragen (Schallschutz, Zugserscheinungen), bautechnische Probleme (Platzprobleme, Brandschutz) und Kosten. Mit den Messungen konnte die Akzeptanz von Wohnungslüftungen erhöht werden. Die **Erfolgskontrolle Wohnungslüftung und Wohnkomfort** bei Mehrfamilienhäusern in Dällikon ZH zeigt, dass die Bewohner in der Deutschschweiz die Heizenergieeinsparung überschätzen und den Komfortaspekten erst zweite Priorität einräumen. [41]

Der Geschäftsneubau von Basler & Hofmann in Esslingen demonstriert **innovative Technologien und nachhaltiges Bauen** an einem modernen Bürobau [17]. Im Vordergrund stehen die Erfahrungen mit Quellluftsystemen, Luftansaug-Erdregistern, intelligenter Regelung und Steuerung sowie adaptiver Tageslicht- und Sonnenschutzsysteme. Die Untersuchungen sind abgeschlossen und wurden im Jahr 2000 ausführlich publiziert [42].

Das Projekt **Flüssigkeitserdregister zur direkten Klimakühlung** eines Teils der Büros in Wohlen wurde abgeschlossen. Das Projekt zeigt die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen für die Nutzung des Erdreichs für eine kostengünstige Spitzendeckung im Sommer. Erstaunlicherweise regeneriert sich das Erdreich relativ rasch [43].

Bewertung 2000 und Ausblick

Die Ablehnung der Energievorlagen im Herbst 2000 mag den Eindruck erwecken, dass die Akzeptanz der Energie- und Umweltanliegen bei der Bevölkerung klein ist. Nur weil neue Herausforderungen in diesem Bereich von der Mehrheit zurzeit nicht gewünscht werden, bedeutet noch lange nicht, dass sich bezüglich effizienter Energienutzung nichts mehr tut.

Der Minergie-Standard, der den Energieverbrauch von Gebäuden weit mehr als halbiert, hat sich in breiten Kreisen durchgesetzt. Er gilt heute als realistischer Zielwert für wirtschaftliches und zeitgemässes Bauen. Er stellt deshalb auch die Minimalanforderung für alle vom Bund unterstützen Demonstrationsgebäude dar.

Allerdings wurde die Schweiz durch die Verbreitung des Passivhausstandards, vor allem in Deutschland und Österreich, geradezu überrumpelt. Der Passivhausstandard senkt den Energieverbrauch soweit, dass auf ein eigentliches Heizsystem verzichtet werden kann. Die Mehrkosten durch die energieoptimierte Bauweise können so durch die Einsparungen beim Heizsystem praktisch wieder kompensiert werden. Die Erfahrungen mit ca. 800 gebauten Häusern und Wohnungen sind so gut, dass sich bereits ein Markt für eine neue Generation hervorragender Konstruktionen, Komponenten und Apparaten bilden konnte. In den nächsten Jahren sind deshalb viele neue Impulse für die Energieeffizienz im Gebäudebereich zu erwarten.

Mit dem Projekt *CEPHEUS*, mit der Leitung des IEA-Projekts *„Solar Sustainable Buildings“* und *„High Performance Thermal Insulation“* hat die Schweiz den Anschluss an diese Entwicklung gefunden. Bereits sind diverse neue Passivbauten, vor allem Mehrfamilienhäuser und sogar eine Passiv-Gebäudesanierung geplant und im Januar 2002 soll die europäische Passivhaustagung in der Schweiz (Basel, Swissbau) stattfinden.

Generell ist es mit der Ausschreibung der Programmschwerpunkte gelungen, in verschiedenen Bereichen neue Initiativen zu ergreifen und die Zusammenarbeit national und international zu verbessern.

Projektliste

[1] R. Dones (roberto.dones@psi.ch), PSI, *Villigen:* ***Ecoinvent 2000 – Ökoinventare für Energiesysteme*** (JB)

[2] A. Lalive (alalive@bhz.ch), ETH-*Zürich:* ***IEA/BCS Annex 31: Energy Related Environmental Impact of Buildings*** (SB)

[3] H.-P. Goeggel (hp.goeggel@crb.ch), CRB, *Zürich:* ***OGIP '98: Optimierung von Gesamtanforderungen für Energieverbrauch, Umweltbelastung und Baukosten*** (SB)

[4] R. Hastings (robert.hastings@freesurf.ch), AEU, *Wallisellen:* ***IEA/SHC Task 28: Nachhaltige Solar-Wohnbauten*** (JB)

[5] A. Lalive (alalive@bhz.ch); Basler&Hofmann, *Zürich:* ***Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus*** *(Beteiligung IEA/SHC Task 28)*

[6] W. Ramseier (ra@adp-architektur.ch), ZHW, *Winterthur:* ***Standards zur Beurteilung von Nachhaltigkeitsaspekten im Architekturwettbewerb (Snarch)***

[7] J.-L. Hersener (hersener@pop.agri.ch), Ingenieurbüro, *Wiesendangen:* ***Einblasdämmstoff aus Faserhanf und Altpapier*** (JB)

[8] Y. Kaiser (sonnenarchitektur@energienetz.ch), Kaiser & Partner, *Winterthur:* ***Solargebäude – Strategien und Erfahrungen des energieoptimierten Bauens*** (JB)

[9] M. Blatter (max.blatter@energie-atlas.ch), Energieingenieur, *Münchenstein****: Messprojekt MFH Holinger, Oberdorf BL*** (SB)

[10] P. Jaboyedoff (sorane@worldcom.ch), Sorane, *Lausanne:* ***IEA/SHC Task 23: Optimisation of solar energy use in large buildings*** (JB)

[11] Th. Kersten (thorsten.kersten@infomind.ch), infomind gmbh, *Zürich:* ***Wärmebrücken-Atlas WBB 2000*** (JB)

[12] A. Binz (a.binz@fhbb.ch), FH-Basel, *Muttenz:* ***Thermisch optimierte Unterkonstruktionen für hinterlüftete Fassaden*** (JB)

[13] H.-P. Eicher (hanspeter.eicher@eicher-pauli.ch), EICHER & PAULI, *Liestal:* ***a) Realisierung von Demoprojekten mit Vakuum-Dämmelementen*** (SB) • ***b) Sanierung von einfach- und doppeltverglasten Fenstern*** (SB)

[14] R. Weber (robert.weber@empa.ch), EMPA, *Dübendorf:* ***Vorabklärung zur Herstellung hochisolierender Leitungen*** (JB)

[15] M. Damani/U.Vogt (ulrich.vogt@empa.ch), EMPA, *Dübendorf:* ***Vorabklärung zur Herstellung hochisolierender Keramik-Dämmstoffe*** (JB)

[16] C.U. Brunner (Conrad.U.Brunner@cub.ch), Büro CUB, *Zürich:* ***Richtlinie für Gebäude mit hohem Glasanteil*** (JB)

[17] H. Simmler (hans.simmler@empa.ch), EMPA-*Dübendorf:* ***a) Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme*** (SB) • ***b) Messung und Simulation von transparenten Bauteilen mit Sonnenschutz (Beteiligung IEA Solar Task 27)*** (JB)

[18] M. Koschenz (markus.koschenz@empa.ch), EMPA-*Dübendorf:* ***Planungshilfsmittel für thermoaktive Bauteilsysteme*** (SB)

[19] W. Seidinger (seidinger@lemonconsult.ch), Lemon Consult, *Zürich****: a) Harmonisierung der Nutzungsprofile SIA 382/2 und SWKI 95-3,*** • ***b) Entwicklung eines Kälte-Tools zur Methodik SIA 380/4 "Elektrische Energie im Hochbau"*** (JB)

[20] A. de Martin, G. Zweifel (gzweifel@hta.fhz.ch), SWKI, *Bern:* ***Ein- und Ausgabeprogramm für Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von lüftungstechnischen Anlagen gemäss SWKI-Richtlinie 95-3*** (JB)

[21] G. Zweifel (gzweifel@hta.fhz.ch), HTA, *Luzern/Horw:* ***IEA/SHC Task 22: Validierung von Simulationsprogrammen*** (JB)

[22] O. Sari (Osmann.Sari@eivd.ch), HES-SO - EIVD, *Yverdon:* ***Version française du logiciel "IDEA 382/3: Preuve des besoins pour les installations de ventilation et climatisation"*** (SB, März 2001)

[23] H. Manz (Heinrich.manz@empa.ch), EMPA-*Dübendorf:* ***State of the art von Einzelraumlüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung*** (SB)

[24] H. Huber (hjhuber@hta.fhz.ch), HTA-*Luzern:* ***a) Luftkanal-Wärmetauscher*** (SB) • ***b) Luftheizung mit Holzofen bei einer EFH-Sanierung*** (JB)

[25] C. Roulet (Claude.Roulet@epfl.ch), EPF-*Lausanne:* ***a) MÉDITA, Méthode de diagnostique des installations de traitement d'air*** (SB) ⬩ ***b) ATEMAC, Application des traceurs passifs pour l'étude des mouvements d'air et de contaminants*** (JB)

[26] P. Gruber (GruberP@ch.sibt.com), LANDIS & STÄFA, *Zug:* ***IEA/BCS Annex 34: Fehlerdetektion- und Diagnosemethoden*** (SB)

[27] J. Kraus (jens.krauss@csem.ch), CSEM Neuenburg / C. Oberholzer, SAUTER, *Basel:* ***Neurobat, Neurofuzzy-Heizungsregler*** (SB)

[28] R. Furter (rfurter@hta.fhz.ch), HTA, *Luzern/Horw:* ***Ausarbeitung eines Prüfreglements für Kompakt-Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung und/oder Wärmepumpe*** (SB) ⬩ ***Temperatur- und Feuchteübertragungsverhalten von Wärmerückgewinnern im Teillastbetrieb*** (SB)

[29] Ch. Filleux (chfilleux@BHZ.ch), Basler + Hofmann, *Zürich:* ***Demonstration innovativer Technologien und nachhaltigen Bauens am Geschäftshaus Esslingen*** (SB); ***Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme***

[30] A. Gütermann (amena.ag@energienetz.ch), amena ag, *Winterthur:* ***Messprojekt "Mehrfamilien-Passivhaus mit solarem Luftsystem"*** (JB)

[31] J. Bienz (juerg.bienz@chiquet-sopra.ch), Chiquet-Energietechnik, *Ormalingen:* ***Messprojekt Grasswil*** (JB)

(JB) Jahresbericht 2000 vorhanden Basler + Hofmann
(SB) Schlussbericht vorhanden

Referenzen

[32] G. Doka, *Zürich:* ***Ökoinventar der Entsorgungsprozesse von Baumaterialien***

[33] H.-J. Althaus et al, EMPA-*Dübendorf:* ***Zur Messbarkeit von Nachhaltigkeit – ZEN-Standard für ökologisch nachhaltiges Bauen***, tec21, Heft 47, November 2000

[34] Schweiz. Zentralstelle für Baurationalisierung, CRB, *Zürich:* ***OGIP Beta-Version 4.0: Optimierung der Gesamtanforderungen Kosten, Energie, Umwelt,*** Januar 2001

[35] D. Gerber, Metron AG / A. Haas, EMPA-Dübendorf: ***Vergleichende Ökobilanz von Niedrigenergiehäuser mit und ohne solarer Heizunterstützung***, April 2000

[36] M. Koschenz / B. Lehmann, EMPA, *Dübendorf:* ***Thermoaktive Bauteilsysteme tabs,*** Juli 2000

[37] C. Roulet et al, EPF-LESO, *Lausanne:* ***MEDITA – Methode zur Diagnose von Luftaufbereitungsgeräten, Version 2.0***, Mai 2000

[38] M. Zimmermann / H. Bertschinger, EMPA, *Dübendorf:* ***11. Schweizerisches Status-Seminar: Energie- und Umweltforschung im Bauwesen,*** **ETH Zürich** September 2000

[39] I. Langenick, *Hochdorf:* ***Doppeleinfamilienhaus am Birkenweg in Hochdorf***, Dezember 2000

[40] L. Keller, *Lavigny:* ***Ventilation contrôlée à débits minimal dans un immeuble rénové,*** juillet 2000

[41] D. Gerber, Metron AG, *Brugg:* ***Erfolgskontrolle Wohnungslüftung und Wohnkomfort,*** Dezember 2000

[42] Ch. Filleux, Basler + Hofmann, *Zürich:* ***Geschäftshaus Esslingen,*** Gebäudetechnik 5/2000

[43] M. Lehmann, *Wohlen:* ***Flüssigkeitserdregister zur direkten Klimakühlung,*** Dezember 2000

Bezug der referenzierten Publikationen soweit nicht anders vermerkt: EMPA ZEN (ZEN@empa.ch), 8600 Dübendorf