

Rapports de synthèse des chefs de programme OFEN Überblicksberichte der BFE-Programmleiter 2007

ENERGIE IN GEBÄUDEN

Charles Filleux

filleux.ren@bhz.ch



BaBel Street Channel in Betrieb

Vier Monitore entlang der Baselstrasse in Luzern bieten rund um die Uhr Informationen aus dem Quartier für das Quartier. Ziel ist eine nachhaltige Quartierentwicklung (www.babelquartier.ch).

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Die Forschungsaktivitäten sind so ausgerichtet, dass deren Ergebnisse massgeblich zur Erreichung der angestrebten 2000-Watt-Gesellschaft beitragen. Durch weiterführende Forschung kann der Energiebedarf – unter Beibehaltung eines hohen Nutzerkomforts und optimierter Technikausstattung – weiter verringert werden. Wichtig dazu sind insbesondere verbesserte Wärmedämm-, Fenster- und Lüftungstechniken sowie die Steigerung der Energieeffizienz elektrischer Anwendungen. Beim Raumklima liegt – vor allem bei der Kühlung von Gebäuden – noch Forschungsbedarf vor. Ein weiteres Thema ist der Einbezug von neuen Baumaterialien zur Senkung der grauen Energie.

Das Hauptgewicht der Aktivitäten des Forschungsprogramms für die aktuelle Berichtsperiode basiert auf den Schwerpunkten des Programms 2004 - 2007:

- **Gebäudekonzepte und Planungswerkzeuge:** Bei der Sanierung bestehender Gebäude wird heute noch allzu oft komponentenweise vorgegangen. Dies führt zu ineffizienten und teuren Lösungen. Es ist deshalb das Ziel zusammen mit der Industrie wirtschaftlich und technisch attraktive Gesamtlösungen zu entwickeln.
- **Nachhaltigkeit in Gebäude und Quartier:** Zusammen mit dem Bundesamt für Wohnungswesen und dem Bundesamt für Raumentwicklung sollen die Erfordernisse und Möglichkeiten einer nachhaltigen Quartierentwicklung anhand von vier typischen Quartieren exemplarisch untersucht werden. Es werden nicht nur die ökologischen sondern auch die wirtschaftlichen und sozialen Aspekte der Quartierentwicklung angegangen.
- **Hochdämmende Baustoffe:** Nach der Erarbeitung von Grundlagen zu Materialeigenschaften, Alterungsverhalten und Anwendungstechnik von vakuumisolierten Dämmsystemen soll die Konstruktion und industrielle Fertigung von vorgefertigten Bauelementen untersucht und vorangetrieben werden.
- **Komfortkühlung:** In Ergänzung zu den bestehenden Konzepten zur Vermeidung von Kühllast und zum Einsatz von passiven Kühlstrategien sollen intelligente Kombinationen mit aktiven Kältetechniken evaluiert und entwickelt werden, welche in der Lage sind, kostenoptimiert und energieeffizient den gewünschten Komfort zu garantieren.
- **Minimierung des Elektrizitätsverbrauchs haustechnischer Anlagen:** Es sind Technologien zu entwickeln, welche zu einer wesentlichen Verbesserung der elektrischen Effizienz haustechnischer Anlagen inkl. Beleuchtung führen. Die Projekte werden, insbesondere wenn sie die Gerätetechnik betreffen, in Zusammenarbeit mit dem Forschungsprogramm «Elektrizitätstechnologien und -anwendungen» durchgeführt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2007

Ende 2007 waren im Forschungsprogramm 43 Projekte direkt angesiedelt, wovon knapp die Hälfte vor dem Abschluss standen. In dieser Berichtsperiode ist die Anzahl der eingereichten Schlussberichte entsprechend gross. Ihren Abschluss nahmen insbesondere die Projekte zum Schwerpunkt Nachhaltige Quartierentwicklung, sowie jene zu vakuumisolierten Dämmsystemen.

GEBÄUDEKONZEPTE / PLANUNGSWERKZEUGE

Weiterentwicklung der Klimaflächen und -software zu erhöhter Praxistauglichkeit [1]. Das Programm *Energy Design Guide II* (bisher als Klimaflächenmethode bekannt) ist für Architekten und Planende entwickelt, um in der Entwurfsphase einen Raum, respektive ein Gebäude, energetisch zu optimieren. Das ausserordentlich gute Verhältnis zwischen dem dabei zu erbringendem Aufwand und des hohen energetischen Optimierungsgrades ist ein enormer Vorteil gegenüber herkömmlichen Simulationsprogrammen. Die Software steht kostenlos unter www.energy-design-guide.ch zur Verfügung.

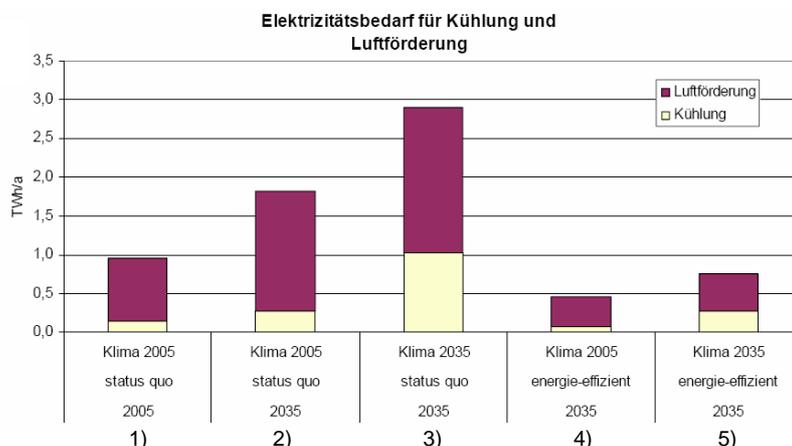
Mit dem Projekt **Systemnachweis MINERGIE-ECO (Systemnachweis für nachhaltige Hochbauten)** [2] wurde eine Weiterentwicklung des bestehenden Gebäudelabels MINERGIE-ECO erstellt. Dieser dient als Instrument zur Beurteilung und Auszeichnung gesundheitlich und bauökologisch vorbildlicher Bauten. Die Arbeit im Jahr 2007 diente weitgehend zur Umsetzung der in der Planungsphase erarbeiteten Konzepte, so dass das Projekt im ersten Viertel 2008 abgeschlossen werden soll. Im Bereich Betriebsenergie wurden die *Dynamic Link Library (DLL)*-Softwarebausteine zur Energiebilanzierung grossteils fertiggestellt, indem die Vorgaben der neusten SIA-Normen 380/1 und 380/4 sowie des SIA-Merkblattes 2031 umgesetzt wurden. Für die Ökobilanz im Bereich Baustoffe/Bauweise wurde die Berechnung komplett programmiert und die wichtigsten

Voraussetzungen der Datenbasis auf Grundlage des SIA-Merkblattes 2032 definiert. Im Bereich Wohlbefinden/Gesundheit wurde der Algorithmus des Raummodells zur Bewertung der Innenraumluftqualität definiert und in der *DLL* umgesetzt. Bei Anpassungen des Systemnachweises im Bezug auf Sanierungen wurden die Änderungen im Vergleich zu Neubauten ausgearbeitet. Für die Gesamtbewertung des Systemnachweises wurde der Ablauf im Detail definiert, so dass er in der *DLL* integriert werden kann. Um die Ergebnisse an realen Gebäuden validieren zu können, werden zurzeit 15 Fallbeispiele ausgewertet. Die Grundlage der Gesamtbewertung (Figur 1) ist die Methodik HERMIONE. Mit ihr ist es möglich, die zugrunde liegende quantitativen sowie qualitativen Kriterien des Systems gleich gewichtet nebeneinander zu stellen. Das Prinzip besteht aus einer Einstufung der Ergebnisse aller Teilkriterien in rot (nicht bestanden) und grün (gut bestanden) sowie teilweise ergänzt durch gelb (bestanden).



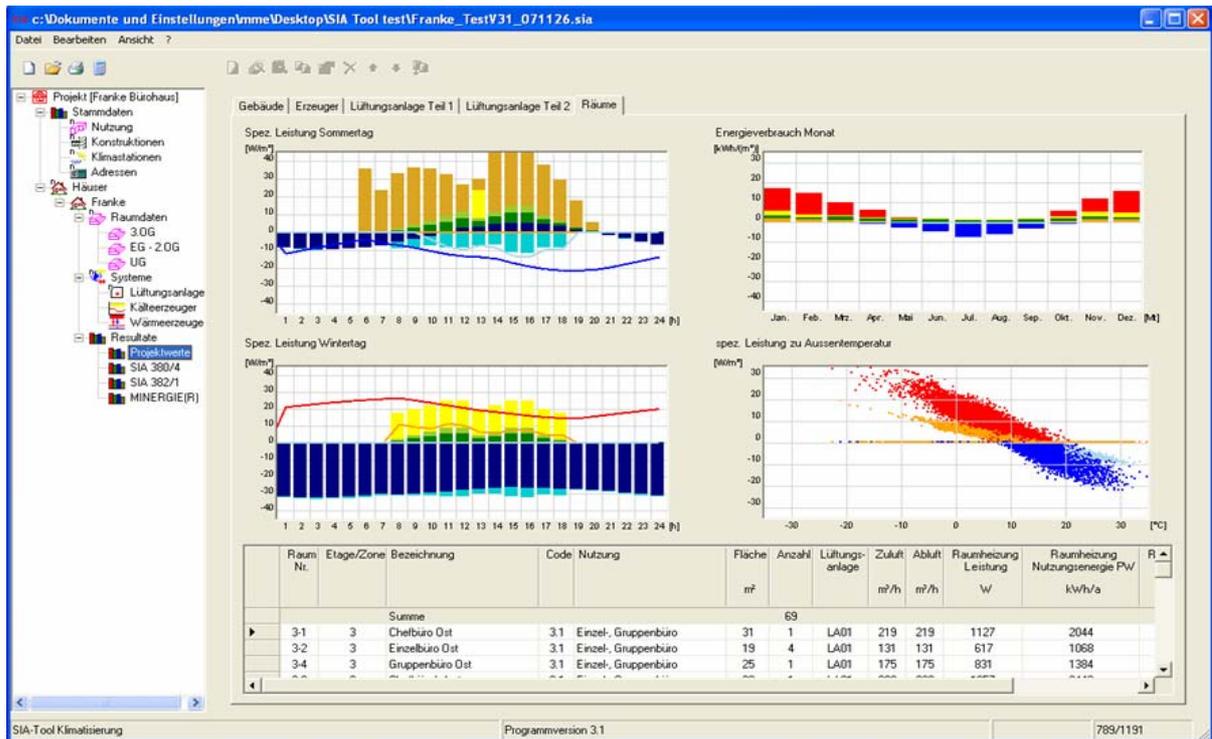
Figur 1: Übersicht über das Bewertungssystem des Systemnachweises (Intep – Integrale Planung). Die runden Symbole werden bei Ausschlusskriterien angewendet und zeigen entweder "erfüllt" oder "nicht erfüllt" an. Für die anderen (qualitativen und quantitativen) Kriterien wird ein Mindesterfüllungsgrad verwendet. Für die Erfüllung der Gesamtbewertung darf keiner der Bereiche negativ ausfallen.

Im Rahmen des Projekts **Bauen, wenn das Klima wärmer wird** [3], wird untersucht, wie der zusätzliche elektrische Energiebedarf bei den erwarteten 2 bis 3°C wärmeren Sommer der nächsten 50 Jahre in der Schweiz in neuen und bestehenden Dienstleistungsbauten durch bauliche und technische Effizienzmassnahmen vermindert werden kann. Mit den im Bericht beschriebenen baulichen, anlagentechnischen und betrieblichen Massnahmen ist es möglich, den bis 2035 gegenüber 2005 zu erwartenden zusätzlichen Elektrizitätsbedarf von 1.9 TWh pro Jahr für Lüftungs- und Klimaanlage auch bei grösseren gekühlten Flächen und weiter steigenden Temperaturen mit kostengünstigen Mitteln vollständig zu kompensieren (Figur 2). Der Bericht ist im *Faktor Verlag* erschienen und kann unter www.faktor.ch bestellt werden.



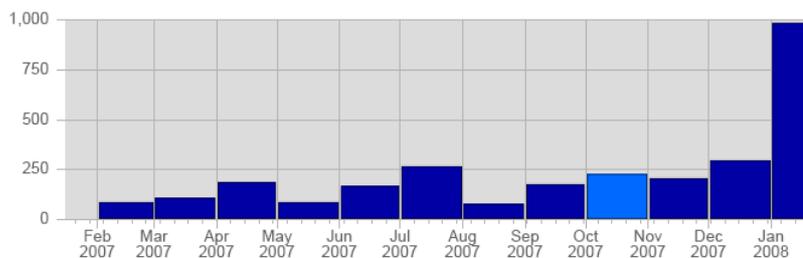
Figur 2: Gesamter elektrischer Energiebedarf für Kühlung und Luftförderung. Balken links: Elektrizitätsbedarf bei heutigem Technologiestandard 1) heute, 2) 2035 bei gleich bleibenden Klima, und 3) 2035 bei erhöhter durchschnittlicher Temperatur. Balken rechts: 4) und 5) Elektrizitätsbedarf 2035, unter dem Einsatz von Effizienzmassnahmen.

Mithilfe des neu entwickelten **SIA Tool Klimatisierung** [4] (Optimierung und Erweiterung für SIA 382/1 und Minergie Nachweise) kann in einem Rechengang der Energiebedarf eines Gebäudes für Lüftung, Kühlung, Heizung, Be- und Entfeuchtung, Beleuchtung und elektrische Geräte berechnet werden (Figur 3). Zudem wird der Nachweis gemäß SIA 380/4 für Lüftung und Klimatisierung ausgewiesen. Durch das vorliegende Projekt wurde das Tool erweitert und kann nun ohne zusätzlichen Aufwand für den Anwender die Anforderungen der neuen SIA 382/1 berechnen (bauliche Anforderungen an Sonnenschutz und Wärmespeicherfähigkeit sowie Voraussetzungen für eine aktive Kühlung). Ausserdem weist das Tool die für den MINERGIE-Nachweis benötigten Kennwerte aus. Das Tool ist seit September 2006 auf www.energycodes.ch als Testversion verfügbar und wird seit Februar 2007 vom SIA gegen Lizenzgebühren (300 CHF/a) vertrieben.



Figur 3: SIA-Tool: Darstellung der Projektwerte für die Dimensionierung der Raumsysteme.

Der Start des Elektronischen Bauteilkatalogs www.Bauteilkatalog.ch (inkl. der französischen Version www.catalogueconstruction.ch) ist geglückt [5]. Aufgrund der intensiven Öffentlichkeitsarbeit findet der Elektronische Bauteilkatalog vermehrt Anwendung und konnte somit im Januar 2008 seine Besucherzahlen bzw. *Downloads* enorm steigern (Figur 4). Dem Internet-Benutzer stehen rund 120 Konstruktionen in unterschiedlichen Ausführungsvarianten zur Verfügung.



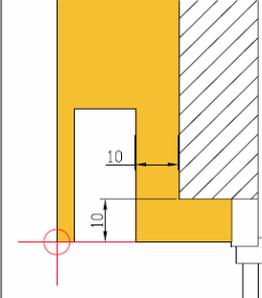
Figur 4: Anzahl der Downloads von www.Bauteilkatalog.ch (Gespeicherte Seiten z.B. als PDF).

Der **Wärmebrückenkatalog für Minergie-P-Bauten** [6] ist eine Ergänzung zum bestehenden Wärmebrückenkatalog (Bestellnummer 805.159d) des Bundesamts für Energie aus dem Jahre 2002. Zur Erreichung der Primäranforderung ist für Minergie-P-Bauten (und für Passivhäuser) ein U-Wert gegen

Aussenklima von etwa $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ notwendig. Der bestehende Wärmebrückenatolog deckt Konstruktionen bis zu einem U-Wert von $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ab, tiefere Werte fehlen. Deshalb basieren die ergänzenden Berechnungen auf einem U-Wert von $0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei Bauteilen gegen Aussenklima (Figur 5).

Zwischenleibung innen

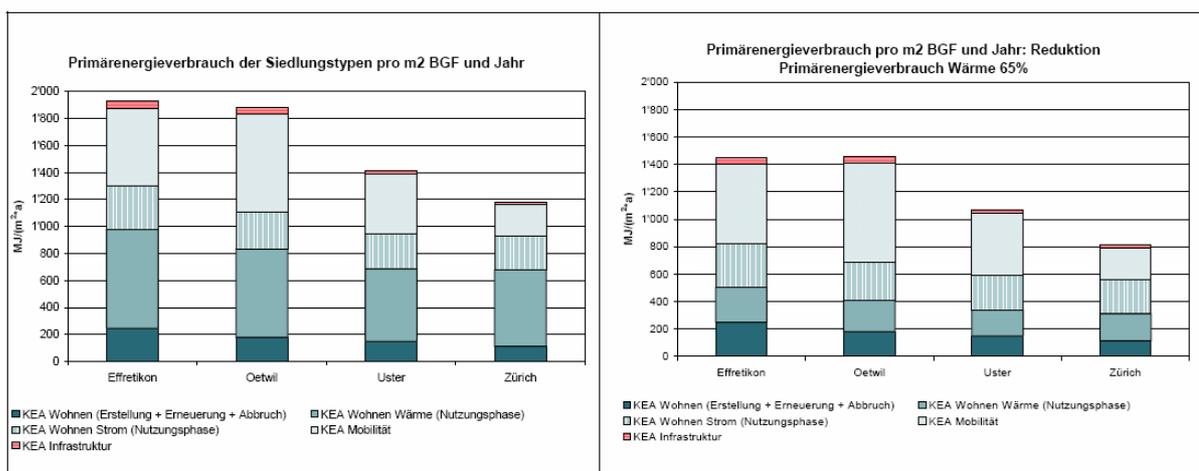
(Wärmebrückenatolog BFE Nr. 4.1-A1)

	U-Wert Wand [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Fenstertyp Ψ -Wert [$\text{W/m}^2\text{K}$]		
	0.10	Holz	Holz-Metall	Kunststoff
0.17		0.22	0.19	
Zuschlag für Mauerwerk Stahlbeton		+ 0.01 $\text{W/m}^2\text{K}$		

Figur 5: Rolladensturz; Nischenhöhe 30cm; Aussenwärmedämmung verputzt oder hinterlüfteter Fassadenbekleidung.

NACHHALTIGKEIT IN GEBÄUDE UND QUARTIER

Im Berichtsjahr wurden zwei Projekte zum Thema "Ressourcenrelevante Typisierung städtischer und ländlicher Wohnsiedlungen oder Quartiere unter Einbezug von Siedlungsinfrastruktur und siedlungsinduzierten Verkehrsleistungen" fertig gestellt. Das Projekt **Aspects énergétiques des quartiers urbains et des agglomérations rurales dans le canton de Neuchâtel** [7] zeigt die energetischen Auswirkungen verschiedener aktueller Modalitäten der Raumplanung anhand einer Fallstudie von acht Quartieren im Kanton Neuenburg. Diese geben Aufschluss über die Tendenzen in der Raumplanung der Kernstadt sowie im inneren und äusseren Agglomerationsgürtel. Der Energieaufwand für den Bau (Konstruktion, Ausbau), den Betrieb (Heizung, Wasser etc.) sowie die Mobilität (Pendelmobilität, Einkauf und allgemeine Mobilität) wurden berücksichtigt. Das Ergebnis zeigt, dass sich die Zentralitätsvariable nur leicht auf die Ökobilanz pro Person auswirkt. Dies bedeutet, dass die Ökobilanzen für die im inneren und äusseren Agglomerationsgürtel gelegene Quartiere vergleichbar ähnlich sind. Im zweiten Projekt **Energieaspekte städtischer Quartiere und ländlicher Siedlungen** [8] wurde der gesamte Primärenergieverbrauch unterschiedlicher Wohnquartiere im Kanton Zürich, inklusiv Erschliessungs- und Entsorgungsinfrastrukturen, Primärverbrauch der Wohnungsinduzierten Mobilität einschliesslich Fahrzeugherstellung untersucht. Die Analyse basiert auf vier Fallstudien in weitgehend homogenen Wohnquartieren (Figur 6 und Figur 7).



Figur 6: Vergleich des gesamten Primärenergieverbrauches pro Quadratmeter Bruttogeschossfläche und Jahr. KEA: Kumulierter Energieverbrauch.

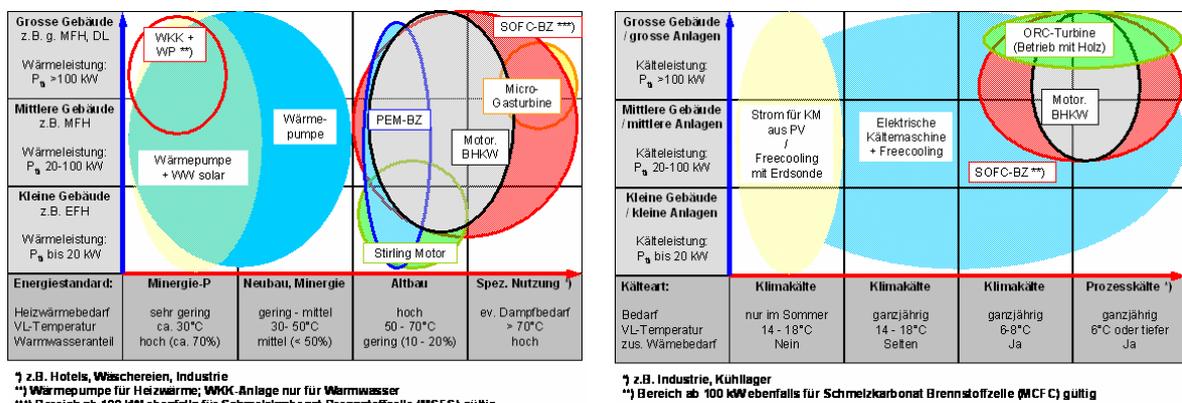
Figur 7: Situation mit einem gegenüber heute um 65% reduzierten Primärenergieverbrauch für Wärme. KEA: Kumulierter Energieverbrauch.

Ein mehrjähriger Schwerpunkt des Programms lag in der Erarbeitung und Umsetzung von Strategien für eine **nachhaltige Quartierentwicklung** [9]. Dazu haben das Bundesamt für Raumentwicklung

(ARE), das Bundesamt für Wohnungswesen (BWO) zusammen mit dem BFE in vier Schweizer Städten mit lokalen Behörden und Institutionen zusammen Quartierentwicklungsprojekte durchgeführt. Im Dezember 2007 sind die Projekte anlässlich einer ganztägigen Veranstaltung an der HSW Luzern vorgestellt worden. Die Broschüre *Nachhaltige Quartierentwicklung – Spannungsfelder* kann beim BBL unter der Nummer 805.058d bestellt werden. In fünf Querschnittsthemen wird auf **Raumentwicklung und Mobilität, Ressourcen und Umwelt, Nachhaltigkeit und Investition, Bau und Gesellschaft**, sowie **Partizipation und Machbarkeit** eingegangen.

Die Projekte **Stratégie pour une gestion durable de parc immobilier communal** [10] sowie **Die Wirkung von MuKEn, Minergie und Minergie-P** [11] stehen kurz vor dem Abschluss.

Aufschluss über die optimalen Einsatzgebiete von WKK-Systemen sowohl aus technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Sicht, zeigt das Projekt **Ökologische Bewertung neuer WKK-Systeme und Systemkombinationen** [12]. Für die Untersuchung wurden zur Differenzierung der Anwendungsgebiete fünf verschiedene Temperaturniveaus der Nutzwärme oder -Kälte unterschieden (6°C, 14-18°C, 30-40°C, 60°C, 80°C). Damit wurden die Resultate auf unterschiedliche Anwendungen übertragen bzw. die Eignung einzelner Systemkombinationen für bestimmte Anwendungen hervorgehoben. Eine Anwendungsmatrix zeigt auf vereinfachte Art die optimale Anwendung von WKK-Anlagen, wobei diese verschiedene Anwendungsbereiche unterscheidet.



Figur 8: Günstige Anwendungsbereiche für verschiedene Gebäude-WKK-Systeme.

Figur 9: Günstige Anwendungsbereiche für die Kälteerzeugung mit verschiedenen WKK-Systemen.

GEBÄUDEHÜLLE

Nach mehrjähriger Forschungstätigkeit sind die fünf Projekte des Schwerpunkts vakuumisolierte Dämmsysteme abgeschlossen worden. In idealer Weise haben Vertreter der Industrie, von Fachhochschulen und Ingenieurbüros praxistaugliche Lösungen entwickelt. Dank dem energie-cluster.ch ist eine rasche Umsetzung in Kursen und dadurch auch am Markt erfolgt.

Das Projekt **Entwicklung eines kompakten Fussbodenheizungselements mit integrierten Vakuumisoliationspaneelen (VIP)** [13] wird nach knapp drei Jahren erfolgreich abgeschlossen. Am Ende wurde für nahezu alle auftretenden Probleme eine Lösung gefunden. Auch wenn das Produkt nicht alle ursprünglichen Zielvorgaben erfüllt, konnte eines der Hauptziele voll und ganz umgesetzt werden: Ein mechanisch vollständig geschütztes VIP mit hervorragenden Trittschalleigenschaften, welches für Anwendungen im Fussbodenbereich sehr geeignet ist. Während der kommenden 18 Monate wird im Rahmen eines weiteren Projekts die Entwicklung des VIP-Innendrucks an sechs Paneelen mittels vorinstallierten Drucksensoren verfolgt. Parallel dazu werden auch die direkt angrenzenden Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen aufgezeichnet. Mit Hilfe dieser Messungen sollen die Auswirkungen von wechselnden Temperaturen auf die Lebensdauer von Vakuumdämmungen beurteilt werden.

Mithilfe von Langzeitstudien wird im Projekt **Weiterentwicklung, Qualitätssicherung und Langzeitverhalten von VIP mit mechanischem Schutz (Vacucomp)** [14] ebenfalls die Lebensdauer bzw. Alterung von VIP gemessen und analysiert. Das Messprojekt Kühl-/Tiefkühlraum im EAWAG-Neubau Chriesbach (Bodendämmung) wurde erfolgreich installiert (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Figur 11). Die Messungen laufen planmässig und zeigen die gute Eignung von VIP für diese Anwendung. Über eine Gebrauchsdauer von 15 Jahren sind Alterungseffekte wärmetechnisch praktisch vernachlässigbar. Die Messungen im Flachdach Regensdorf wurden ebenfalls fortgeführt. Sie zeigen grössere Alterungseffekte, welche durch höhere Temperatur- und Feuchteinwirkungen zu erwarten sind. Die bisherigen Ergebnisse bestätigen auch für diese

Anwendung die Gebrauchstauglichkeit der VIP-Technologie, wobei die Alterung in Bemessungswerten zu berücksichtigen ist.



Figur 10: Einbau der VIP Testfelder

Materialschicht	d, mm
Kies	30
Bituminöse Abdichtung (3 Lagen)	10
Schutzschicht (PE-Schaum)	7
VIP	20
Schutzschicht (PE-Schaum)	5
Wassersperre (bestehend)	10
Porenbeton (bestehend)	200

Figur 11: Schichtaufbau der Testanlage

Abgeschlossen wurde auch das Projekt **Entwicklung eines Passivhausfassadenelements mit Vakuum-Dämmung** [15] für Niedrigenergiehäuser nach Minergie und Minergie-P Standard in Leichtbauweise. Als Variante zur mineralwollegedämmten Holzständerkonstruktion wurde in diesem Projekt eine Konstruktion mit Vakuum-Dämmung (VIP) entwickelt. Als Fazit des Projekts kann man sagen, dass der Einsatz von Vakuum-Dämmung technisch durchaus möglich und praktikabel ist, jedoch ist der Einsatz von geschützten VIP empfehlenswert. Wegen der heute hohen VIP-Preise ist ein ökonomisch sinnvoller Einsatz von Vakuum-Dämmung aber nur bei einem sehr hohen Wert des zusätzlich nutzbaren Raumes gewährleistet. Die beiden Projekte **Bauelemente und Systeme mit VIP für Außenwand und Dach** [16] und **Thermotragelemente aus hochfestem Faserverbundstoff und integrierten Vakuumisoliationspaneelen (VIP)** [17] stehen kurz vor dem Abschluss.

Beim neu gestarteten Projekt **VIP Deklaration** [18] werden die notwendigen Hilfsmittel zur Berechnung der U-Werte und VIP-gedämmten Systeme erarbeitet. Ein Kernelement für diese Berechnung ist die Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit der Vakuum-Paneelen. Wichtigstes Ziel hierbei ist die Erarbeitung einer pränormativen Methodik zur Bestimmung von λ_D -Werten (*Lambda declared*), welche im SIA Merkblatt 2001 publiziert werden und für die Berechnung von U-Werten als verbindlich gelten (Wärmeschutznachweis SIA 380/1).

Im Projekt **Vakuumverglasung** [19] lag das Augenmerk im letzten Jahr beim neu entwickelten Kantenschutz (Randdichtung). Zusätzlich wurden die Berechnungen der thermischen und mechanischen Merkmale sowie ein Modell zur Druckbilanzberechnung des Vakuumglases erstellt, mit dem die Lebensdauer der Verglasung erprobt wird.

Um die sommerliche Überhitzung von Gebäuden möglichst gering zu halten wurden neue Beschichtungen für transparente Gebäudeteile entwickelt und untersucht. **Neue optische Beschichtungen für transparente Gebäudeteile im Hinblick auf einen verbesserten sommerlichen Wärmeschutz** [20]: Der Ansatz besteht aus einem neuen Benetzungsmittel für das Silberwachstum auf SiO_2 . Hierbei wurde beobachtet, dass bei Raumtemperatur mit vorangehend aufgetragenen Submonoschichten aus Zinn eine frühere Koaleszenz des Films und eine Bildung glatterer Silberschichten erzielt wird. Ausserdem wurde gezeigt, dass die optischen Konstanten durch Parameter wie Druck, Gasmischungsverhältnissen, Pulsfrequenz, mit der das Magnetron betrieben wird und Substrattemperatur beeinflusst werden. Dies bedeutet, dass eine Beschichtung immer bei den selben optimalen Bedingungen durchgeführt werden muss. Des Weiteren wurden erneut Simulationen durchgeführt, um Schichtsysteme zur Realisierung der idealen Transmission τ_{\min} auch im industriellen Maßstab durchzuführen. In einem ersten Versuch konnte gezeigt werden, dass eine Beschichtung mit einer Transmission, die der idealen Transmission sehr nahe kommt, auf einer industriellen Anlage möglich ist. Weiter wurde durch den ersten Versuch festgestellt, dass noch viele Veränderungen simuliert und dann umgesetzt werden müssen, damit die Farbwerte sowohl in der Transmission wie auch in der Reflektion erreicht werden.

Das Projekt **Energiebilanz Forum Chriesbach** [21] ist ein Vorzeigebauwerk für ein nach Kriterien der nachhaltigen Entwicklung gebautes Forschungs-, Schulungs- und Verwaltungsgebäude. Es demonstriert eindrücklich, wie funktionelle, ästhetische, ökologische und ökonomische Aspekte so integriert werden können, dass ein Ganzes entsteht, das wesentlich mehr als die Summe der Einzelteile ist. Für die Heizung und Kühlung kommt das Gebäude gemäss Planung mit $3.2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zugeführter End-

energie aus und 1/3 des Strombedarfs wird mit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach produziert. Das Gebäude verfügt in den Bürozonenn weder über ein konventionelles Kühl- noch über ein Heizsystem. Die internen Quellen (Mensch, Elektrogeräte, Licht) werden neben einer thermischen Solaranlage zur Wärmeerzeugung genutzt. Ein Erdregister sowie die automatische Nachtauskühlung gewährleisten auch in sehr heißen Sommern angenehme Temperaturen in den Komfortzonen.

Für die künstliche Beleuchtung werden in einem Bürogebäude bis zu 30% des Elektrizitätsverbrauchs eingesetzt. Anidolische Tageslichtsysteme sind eine vielversprechende fassadenintegrierte Möglichkeit den Anteil an künstlicher Beleuchtung zu reduzieren. Neueste Untersuchungen im Rahmen des Projekts **High performance Integrated Lighting Systems (Green lighting)** [22] zeigen, dass man eine ausreichende Beleuchtung mit einer installierten Leistung von weniger als 5 W/m² erzielen kann. In diversen Publikationen (CISBAT 2007, PLEA 2007) ist über die Forschungsarbeit berichtet worden.

Weil Gebäude direkt oder indirekt über 40% des Energiebedarfs in der Schweiz benötigen, ist eine wirksame Sanierung des Gebäudebestands bei Energiepreissprüngen sehr wichtig. Die schweizerische Beteiligung am **IEA-Projekt Demonstration Solar Retrofit** [23] diente zum einen, die Messlatte von Modernisierungen zu erhöhen, zum anderen internationale Erfahrungen zu gewinnen. In Europa gibt es eine Vielzahl von innovativen Wohnbausanierungen, die extrem wenig Energie für Heizung, Lüftung etc. benötigen. Diese Pilotprojekte führen zu einer bedeutenden Steigerung der Wohnqualität und passen sich optimal an die neuen Marktbedürfnisse an. Im Rahmen dieses internationalen Programms sollen durch eine systematische Analyse und Dokumentation der besten Projekte die möglichen Einsparpotentiale festgestellt werden. Ebenfalls einen Beitrag zur energieeffizienten und fortschrittlichen Bauerneuerung soll im **IEA-Projekt Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Buildings** [24] aufgezeigt werden. Hierbei liegt das Augenmerk auf Mehrfamilienhäuser (MFH) und Wohnsiedlungen, indem optimierte Sanierungsmodule entwickelt werden, die auf ein gesamtheitliches Renovationskonzept abgestimmt sind und welche rationell hergestellt und montiert werden können. Dabei soll der Energieverbrauch auf das Niveau Minergie bis Minergie-P (30-50 kWh/m²a) für Heizung, Kühlung und Warmwasser reduziert werden.

GEBÄUDETECHNIK

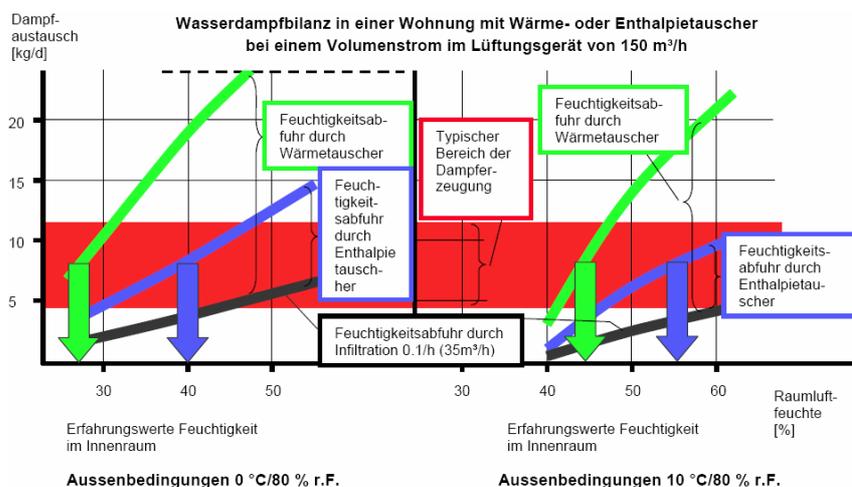
Die meisten Arbeiten des **IEA-Projekts Building Integrated Fuel Cell and other Cogeneration Systems** [25] wurden planmässig Ende 2007 abgeschlossen. Das Ziel war es, Simulationsmodelle für Brennstoffzellengeräte und anderen Mikro-WKK-Geräte für Wohngebäude zu entwickeln, diese anhand von Messungen zu verifizieren und zu kalibrieren und dann in Gebäudesimulationsprogramme zu integrieren damit verschiedenste Systeme und Fälle evaluiert werden können. Dadurch soll die Entwicklung von solchen Systemen vorangetrieben werden. Viele der Projekt-Berichte wurden fertig gestellt und veröffentlicht (www.cogen-sim.net), der zusammenfassende Schlussbericht folgt im März 2008. Im Projekt **Heizen und Kühlen mit erdgekoppelter Wärmepumpen** [26] wurde untersucht, wie sich Nutzen und Aufwand verhalten, wenn eine Wärmepumpenheizung mit Erdwärmesonde mit einer zusätzlichen Kühlfunktion ausgestattet wird. Einfach aufgebaute Systeme mit Wärmepumpe und Erdwärmesonde für den Heiz- oder Warmwasser-Betrieb sowie passiver Kühlung über die Sonde haben sich hierbei am besten bewährt. Die gleichzeitige Nutzung der Kälte bei Warmwasser-Erzeugung lohnt sich im Vergleich zum Aufwand nicht. Wichtig ist, dass der Wärmetauscher zwischen Erdwärmesonde und Bodenheizung eine geringe Grädigkeit hat. Die Arbeiten mit dem Prototypen im Rahmen des Projekts **Open absorption system for cooling and air conditioning using membrane contactors** [27] konnten erst mit grosser Verzögerung fortgesetzt werden. Der Abschluss ist für Frühjahr 2008 vorgesehen.

Das Projekt **Hocheffiziente Kühlsysteme für Gebäudesanierungen** [28] soll innovative Kühllösungen sowie deren Integration im Rahmen von Sanierungen aufzeigen. Es wurde eine Zusammenstellung von Raumabgabesystemen und Erzeugungssystemen erarbeitet und anhand von realisierten Beispielen analysiert. Die ersten Beispiele für die Analyse der Systemkombination wurden gefunden sowie ein Entwurf der Entscheidungsmatrix für Kühlsysteme erstellt. In einem weiteren Projekt **Passive cooling by night-time ventilation using climate responsive elements** [29] wurden im ersten Abschnitt verschiedene Klimata untersucht und auf das "**Climatic Cooling Potential**" (CCP) ausgewertet. Hierbei wurde festgestellt, dass ein erhebliches Potential in den nord- und osteuropäischen Ländern besteht. Jedoch darf die Klimaerwärmung nicht vernachlässigt werden, da aufgrund dieser das Potential verringert wird. Aufgrund dieses Problems werden Hybride Systeme bedingt nötig sein, um den thermischen Komfort zu gewährleisten. Die Untersuchungen im Projekt **Système de rafraîchissement par ventilation déphasée (Coolshift)** [30] zeigen, dass das System mit Phasenverschiebung auch unter extremen klimatischen Verhältnissen einem Lüfterregister ebenbürtig ist.

Im Projekt **Réseau de distribution d'eau de lac et d'eau souterraine pour couvrir les besoins en rafraîchissement et en chaleur de l'environnement des bâtiments** [31] wird die Möglichkeit geprüft, See- und Grundwasser über ein Kältenetz zur Kühlung von Gebäuden zu nutzen. In einer ersten Phase sind verschiedene Bezüger identifiziert worden. Die technische Umsetzung in konkrete Projekte ist schwieriger als erwartet. Fortschritte wurden in der Berechnung der Kosten erzielt.

In der Schweiz werden pro Jahr gut 3000 Wohneinheiten mit wohnungsweisen Lüftungsanlagen (Komfortlüftungen) ausgerüstet, die Tendenz ist steigend (Quelle: www.energie-cluster.ch). Zusätzlich dürften in kleineren Dienstleistungs- und Schulgebäuden ca. 2000 Anlagen gebaut werden, die eine ähnliche Grösse haben. Das Projekt **Reduktion des Elektrizitätsverbrauch von Kleinlüftungsanlagen** [32] wurde in diesem Jahr gestartet. Ziel ist es, die Anforderungen an den spezifischen Energieverbrauch für die Luftförderung der SIA-Normen und des SIA-Merkblattes 2023 einzuhalten bzw. den Zielwerten näher zu kommen, da diese in der Praxis praktisch nie erreicht werden. Ebenfalls im Herbst 2007 wurde das Projekt **Kompaktgeräte** [33] begonnen. Der Einsatzbereich solcher Kompaktgeräte ist grossteils in Minergie-P Bauten (Heizen, Lüften und Warmwasser). Der kleine Heizbedarf ermöglicht eine Wärmeverteilung über die Zuluft. Das gesamte hydraulische Heizsystem kann somit entfallen und dies führt zu namhaften Kosteneinsparungen. Die Bedeutung des Projekts liegt darin, dass Erkenntnisse zum praktischen Betrieb solcher Geräte gewonnen werden.

Im Rahmen des Projekts **Feuchte in Niedrigenergiebauten** [34] wurde ein Vergleich zwischen der Feuchterückgewinnung, den bedarfsgeregelten Volumenströmen nach CO₂ und der Dampfbefeuchtung erstellt, um Auswirkungen auf den Energiebedarf der untersuchten Systeme und deren Kombinationen festzustellen. Hierbei wurden die heute auf dem Markt erhältlichen Kompaktlüftungsgeräte mit Feuchterückgewinnung experimentell verglichen. Ergänzend zu diesen Untersuchungen wurde im Projekt **Feldvergleich von Wärme- und Enthalpieübertragern in Kompaktlüftungsgeräten** [35] erfolgreich untersucht, dass Enthalpieübertrager gegenüber Wärmeübertragern in der Lage sind, das Feuchtigkeitsniveau zu erhöhen und somit zur Komfortsteigerung beitragen (Figur 12). Jedoch ist zu beachten, dass ohne interne Feuchtelasten und bei hohen spezifischen Luftmengen pro Person der Enthalpieübertrager – und damit auch ein anderes System, das auf Feuchteübertragung basiert – seine Wirkung nicht richtig entfalten kann.



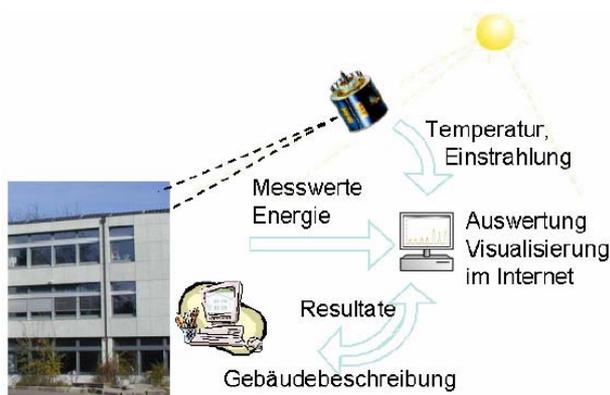
Figur 12: Freigesetzte Wasserdampfmenge bei unterschiedlichen Aussenbedingungen nach [44].

In Schulen, Kirchgemeindehäusern, Kirchen und anderen Bauten mit unregelmässiger Belegung wird mangels besserer Hilfsmittel der Betrieb oft über fixe Zeitsteuerungen geregelt. Da aber aufgrund von Abend- und Ferienveranstaltungen eine fixe Zeitsteuerung ungeeignet ist, wird teilweise ganz auf diese einfachen Energiesparmassnahmen verzichtet. Um solche Energieeinsparungen zu realisieren, wird im Projekt **Internetbasierte Einstellung von Zeitsteuerungen haustechnischer Anlagen** [36] mit Hilfe von kostengünstigen speicherprogrammierbaren Steuerungen ein System entwickelt, auf die mit einem *Web Browser* zugegriffen werden kann. Durch diese einfache Möglichkeit, Absenksprogramme kurzfristig zu deaktivieren, können die generellen Absenkszeiten stark ausgeweitet werden und somit Energie gespart werden. Um zur Verbesserung der Effizienz von Beleuchtungsanlagen beizutragen, wurden im Projekt **Nachrüstung von Beleuchtungen mit Bedarfssteuerungen** [37] verschiedene manuell ein- und ausschaltbare Beleuchtungssysteme auf bedarfsgesteuerte mit Funk-Präsenzmeldern versehene Systeme erfolgreich umgerüstet. Analysen der Einschaltzeiten der Beleuchtung über das Leitsystem zeigten (Pilotprojekt), dass die Steuerung einwandfrei funktioniert. Der Melder und der dazugehörigen Aktor wurden weiterentwickelt und sind ab Anfang 2008 im Handel erhältlich. Um optimale Steuerungen von Unterrichtszimmerlüftungen zu erzielen, wurde das Projekt

Elektrizitäts- und Wärmeeinsparungen durch CO₂-gesteuerte Lüftungen in Schulbauten [38] abgeschlossen. Die Untersuchungen zeigen, dass die Anforderung „gute Luftqualität, kostengünstig und mit minimalem Energieverbrauch“ nicht einfach zu erfüllen sind. Das Ziel, unter anderem drei verschiedenartig gelüftete Unterrichtszimmer zu untersuchen, wurde erreicht. Über das ganze betrachtet ist festzustellen, dass kein einziger Schulraum wirklich optimal im Sinne der Hauptanforderung belüftet wird.

Einen erfolgreichen Abschluss hat das Projekt **Environmental friendly high efficient light source** [39] genommen. Nachdem in den 1990er Jahren in den USA die ersten Experimente mit sich um die eigene Achse drehenden Leuchtkörper infolge Instabilitäten abgebrochen wurden, ist es dem schweizerischen Forschungsteam gelungen, den Leuchtkörper im ruhenden Zustand zum Leuchten zu bringen. Es wurde eine Lichtausbeute von über 80 lm/W erzielt. Für die Erfindung ist eine Patentierung eingereicht worden. Es werden nun Investoren gesucht, um das Produkt zu kommerzialisieren.

Der Energieverbrauch eines Gebäudes ist in den wenigsten Fällen bekannt. Und wenn, dann wird er meistens nur rechnerisch ermittelt. Im Rahmen des Projekts (Vorstudie) **Energie im Gebäude online (Egon)** [40] (Figur 13) wurde untersucht, ob eine kostengünstige und aussagekräftige Messung des Energieverbrauchs innerhalb weniger Wochen möglich ist, um eine Energiekennzahl zu bestimmen.



Figur 13: Prinzipschema von Egon (Quelle: Enecolo AG).

MESS- UND DEMONSTRATIONSGEBÄUDE

Im Projekt **SOLARIX-Wandheizsystem** [41] werden eine neu entwickelte transparente Wärmedämmung (TWD)-Fassade und vorgefertigte Betonelemente gemessen und ausgewertet. Solarix vereint ein Heiz- und Kühlsystem. Hierbei soll die Effizienz dieses Systems beurteilt werden. Aufgrund verschiedenster Probleme wird die Anlage im Frühling 2008 in Betrieb genommen. Somit können die Auswertungen im Laufe des Jahres realisiert werden. Ebenfalls neue Erkenntnisse (Praxisverhalten und Benutzereinfluss) sollen im Projekt **Cosy Place** [42] durch eine messtechnische Untersuchung eines Wohngebäudes nach MINERGIE-P Standard, das mit einer erdgekoppelten Wärmepumpe beheizt und im Sommer mit den Erdwärmesonden passiv gekühlt wird, gewonnen werden. Ist die Fussbodenheizung und Erdwärmesonde für den Heizbetrieb ausgelegt, kann mit einem zusätzlichen passiven Kühlbetrieb die thermische Behaglichkeit im Sommer mit geringem Zusatzaufwand wesentlich gesteigert werden. Das Messkonzept der Anlage wurde bereits erarbeitet und implementiert. Folglich kann im Laufe des Jahres mit der Auswertung begonnen werden. Das Projekt **Wattwerk – 1. Plusenergie-Gewerbehaus** [43] in Bubendorf BL erhielt 2004 den europäischen Solarpreis in der Kategorie *Betriebe und Unternehmen* und 2005 den Schweizer Solarpreis. Das Wattwerk ist das erste Minergie-P-Gewerbegebäude, das mehr Energie produziert, als von dem Betrieb verbraucht wird. Als Gebäudeform wurde ein einfacher, gut gedämmter und kompakter Gebäudkörper gewählt. Die Parzelle wurde so gut wie möglich ausgenutzt und die Oberfläche so wenig wie möglich versiegelt. Durch den extrem kleinen Energieverbrauch – rund 10 Mal kleiner als bei vergleichbaren „normalen“ Gebäuden – ist es möglich, mit den in der Fassade integrierten und auf dem Flachdach aufgeständerten Photovoltaik-Anlagen mehr Energie zu erzeugen, als für der Betrieb des Gebäudes und seine Benutzung nötig sind – und zwar für Heizung, Lüftung, Kühlung, EDV, Beleuchtung, Maschinen und sogar für Elektro-Mobile. Das Projekt wurde im März 2007 erfolgreich abgeschlossen. Informationen sind unter www.wattwerk.ch zu finden.

Nationale Zusammenarbeit

Begleitgruppe

Der Programmleitung steht eine Begleitgruppe zur Seite. Ihre Aufgabe ist es die Ausrichtung des Programms mit zu bestimmen und bei der Beurteilung grösserer, insbesondere international ausgerichtete Projekte mitzuwirken. Im Berichtsjahr haben vier Sitzungen stattgefunden, wovon deren zwei der Erarbeitung der Schwerpunkte des Programms 2008 – 2011 dienen.

Hochschulinstiute

Hervorzuheben sind die Kontakte mit Forschungsteams der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (Prof. Dr. Hj. Leibundgut und Prof. Dr. H. Wallbaum) sowie mit dem Forschungsteam von Prof. Dr. J.L. Scartezini an der École polytechnique fédérale de Lausanne. Es ist geplant die Zusammenarbeit mit diesen Forschungsteams künftig zu verstärken.

Partnerorganisationen

Eine erfolgreiche Zusammenarbeit besteht mit dem Verein **energie-cluster.ch** (www.energie-cluster.ch) im Rahmen der beiden Arbeitsgruppen Vakuuminisulationspaneele (VIP) [13][14][15][16][17] sowie [18] und Komfortlüftung [32][34][35], sowie mit dem nationalen Kompetenznetzwerk **brenet** (*Building and Renewable Energies Network of Technology*, www.brenet.ch).

Gemeinsam mit der **Plattform Zukunft Bau** von *bauenschweiz* ist eine Denkschrift zum CO₂-optimierten Bauen herausgegeben und anlässlich der Herbst-Plenarversammlung von *bauenschweiz* vorgestellt worden.

Programmübergreifende Projekte

Gemeinsam mit den Bundesämtern **ARE** und **BWO** sind auf dem Gebiet der nachhaltigen Quartierentwicklung vier Projekte durchgeführt und im Dezember 2007 abgeschlossen worden (vgl. hierzu [9] sowie die gemeinsam herausgegebene Publikation *Nachhaltige Quartierentwicklung – Spannungsfelder*, welche beim BBL unter der Nummer 805.058d bezogen werden kann).

Gemeinsame Projekte im Bereich *nachhaltiges Bauen* werden auch mit den Vereinen **Ecobau** und **MINERGIE** resp. dem Hochbauamt der Stadt Zürich durchgeführt.

Das BFE ist in der Begleitgruppe des Projekts **Use of Weather and Occupancy Forecasts for Optimal Building Climate Control (OptiControl)** der ETHZ, MeteoSwiss und EMPA, welches durch *swisselectric research* unterstützt wird, durch den Programmleiter vertreten.

Projekte der KTI im Energiebereich

In der Berichtsperiode sind von der KTI vier neue Projekte im Bereich Gebäude bewilligt worden:

- **Multifunktionales Bausystem aus GFK Zellkernsandwichen für tragende Gebäudehüllen** (EPFL/Scobalit);
- **Energy Efficient Renovation of Buildings** (Empa/4B);
- **Neue Fugensysteme für den Holzbau** (FHBE/Renggli);
- **EnerBee** (FHZS/L&G).

Internationale Zusammenarbeit

Internationale Kontakte werden sowohl in direkter Zusammenarbeit in Projekten, in Netzwerken wie auch durch Teilnahme an internationalen Konferenzen wahrgenommen.

Internationale Energie Agentur IEA

Auf der Ebene Projektarbeit findet weiterhin eine gute und intensive Zusammenarbeit mit den IEA-Programmen **Energy Conservation in Buildings and Community Systems (ECBCS)** und **Solar Heating and Cooling (SHC)** statt. Die Schweiz war im Berichtsjahr im Rahmen des BFE-Forschungsprogramms „Energie in Gebäuden“ an folgenden Projekten engagiert:

- **Energy Efficient Electric Lighting for Buildings** [39]

- *Solar & Conservation Renovation of Housing* [23]
- *Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Buildings* [24]

EU FP6/FP7

Im Zeitraum 1.1.2007 bis 31.12.2007 war das Bundesamt für Energie Mitglied des *European Research Area Networks for Buildings ERABUILD* (FP6_515790). ERABUILD verbindet Programmverantwortliche aus den verschiedenen Mitgliederstaaten und verfolgt das Ziel gemeinsamer Forschungsausschreibungen. Die Schweiz hat an einem *Call for tender* zum Thema "*Building Renovation and Modernisation in Europe – State of the art*" teilgenommen (Der Bericht ist unter <http://www.erabuild.net/> verfügbar). Die Schweizer Vertretung hat zudem an der Vorbereitung eines *Joint Call* zu *Sustainable Renovation* teilgenommen. Zur Zeit laufen Vorbereitungsarbeiten für eine Fortsetzung der Netzwerkaktivitäten.

Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Im Berichtsjahr wurden die Projekte zum Schwerpunkt Nachhaltige Quartierentwicklung, sowie jene zu vakuumisolierten Dämmsystemen erfolgreich abgeschlossen. Die Projekte zur nachhaltigen Quartierentwicklung haben einerseits interessante Initiativen in Basel, Luzern, Lausanne und Zürich ausgelöst, andererseits ist die Zusammenarbeit zwischen dem BFE, dem ARE und dem BWO erprobt worden. Die Ergebnisse sind an einer gemeinsamen Veranstaltung – durch Novatlantis organisiert – im Dezember 2007 in Luzern vorgestellt worden. Sehr erfolgreich waren auch die Projekte zur Vakuumdämmung. Sie brachten jeweils Forschungsinstitutionen und Industriepartner zusammen und haben bezüglich Kenntniszuwachs beim Einbau von VIP-Paneelen einen entscheidenden Schritt in Richtung Anwendungsfreundlichkeit getan. In der Folge hat der energie-cluster.ch mehrere Ausbildungstage organisiert, an denen die Projektnehmer sich aktiv beteiligt haben. Entscheidend zum Zuwachs des Kenntnisstandes in der Gebäudetechnik – speziell im Bereich der Komfortlüftung – haben die Projekte an der Hochschule Luzern beigetragen.

Im vergangenen Jahr ist von der Programmleitung unter intensiver Begleitung durch die Begleitgruppe das Detailkonzept für den Zeitraum 2008 – 2011 vorbereitet worden. Dieses ist mit zwei übernommenen Auflagen von der CORE (*Commission fédérale pour la recherche énergétique*) am 18. Januar 2008 genehmigt worden. Es sind folgende Schwerpunkte vorgesehen:

- **Gebäude- und Siedlungskonzepte für eine 2000-Watt-kompatible Bauwerksentwicklung** (Erhaltung der architektonischen Gestaltungsvielfalt, passive Sonnenenergie- und Tageslichtnutzung);
- **Konzepte, Technologien und Planungswerkzeuge für die energietechnische Gebäudesanierung**;
- **Heizen, Kühlen und Lüften im 2000-Watt-kompatiblen Gebäude** (sanfte Kühlung, erdgekoppelte Wärmepumpen, etc.);
- **Energieeffizienzsteigerung im Stromverbrauch in Gebäuden** (elektrischer Energiebedarf für Kühlung der Aussenluft und Luftförderung, Gebäudeautomation, Beleuchtung, etc.);
- **Innovative Materialien und Komponenten für den Gebäudebereich** (Hocheffiziente Wärmedämmungen, Vakuumverglasung, schaltbare und regelbare Verglasungen, etc.).

Es ist geplant, 2008 zu bestimmten Schwerpunkten eine Ausschreibung zu starten. Zudem stehen für das kommende Jahr für den Gebäudebereich wieder P+D-Mittel zur Verfügung. Es wird darum gehen, die P+D-Projekte wieder anzukurbeln, nachdem die finanziellen Mittel in den vergangenen Jahren drastisch herunter gefahren wurden.

Seit Dezember 2007 hat das Programm einen neuen Webauftritt: www.bfe.admin.ch/forschung/gebaeude [45].

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2007 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch unter der angegebenen Projektnummer)

Unter den angegebenen Internet-Adressen sind die Berichte sowie weitere Informationen verfügbar.

- [1] B. Keller, (bkeller@hbt.arch.ethz.ch), Professur für Bauphysik, ETH, Zürich: **Weiterentwicklung der KLimaflächenmethode und –software zu erhöhter Praxistauglichkeit** (SB, Projektnummer: 100'025)
- [2] S.Lenel, (lenel@intep.com), Arbeitsgemeinschaft Intep/E4tech/heig-vd, Zürich, Lausanne, Yverdon: **Systemnachweis MINERGIE-ECO (Systemnachweis für nachhaltige Hochbauten)** (JB, Projektnummer: 101'463)
- [3] C.U. Brunner, (cub@cub.ch), Büro CUB A+B, Zürich: **Bauen, wenn das Klima wärmer wird** (SB, Projektnummer: 101'376)
- [4] M. Ménard (www.menard@lemonconsult.ch), Zürich, R. Gadola, (www.reto.gadola@hslu.ch), Horw: **SIA TOOL KLIMATISIERUNG (Optimierung und Erweiterung für SIA 382/1 und Minergie Nachweise)** (SB, Projektnummer: 102'343)
- [5] M. di Paolantonio, (m.dipaolantonio@holligerconsult.ch), Holliger Consult GmbH, Epsach: **Realisierung elektronischer Bauteilkatalog** (SB, Projektnummer: 102'328)
- [6] G. Notter, U.P. Menti, (umenti@hta.fhz.ch), HTA, Horw: **Wärmebrückenkatalog für Minergie-P-Bauten** (SB, Projektnummer: 102'260)
- [7] P. Vuilleumier, (pierrrene.vuilleumier@planair.ch), Planair, La Sagne: **Aspects énergétiques des quartiers urbains et des agglomérations rurales dans le canton de Neuchâtel** (SB, Projektnummer: 101'584)
- [8] W. Ott, (walter.ott@econcept.ch), Econcept, Zürich, **Energieaspekte städtischer Quartiere und ländlicher Siedlungen** (SB, Projektnummer: 101'592)
- [9] R. Stulz, (roland.stulz@novatlantis.ch), novatlantis, Zürich: **Projektkoordination Nachhaltige Quartierentwicklung** (JB, Projektnummer: 47'516)
- [10] D. Pittet (daniel.pittet@supsi.ch), SUPSI, Canobbio: **Stratégie pour une gestion durable de parc immobilier communal** (SB, Projektnummer: 101'311)
- [11] Ch. Zeyer, (christian.zeyer@ibe.ch), Zeyer Energiestadtberatung, Ostermündigen: **Die Wirkung von MuKen, Minergie und Minergie-P** (JB, Projektnummer: 101'694)
- [12] A. Primas, (alex.primas@bhz.ch), Basler&Hofmann AG, Zürich, **Ökologische Bewertung neuer WKK-Systeme und Systemkombinationen** (SB, Projektnummer:101'465)
- [13] P. Rutz, (paul.rutz@toblerag.ch), Tobler AG, Urdorf: **Entwicklung eines kompakten Fussbodenheizungselements mit integrierten VIP** (SB, Projektnummer: 101'435)
- [14] B. Arnold, Simmler, (bzre@zzwancor.ch), ZZ Wancor, Regensdorf: **Weiterentwicklung, QS und Langzeitverhalten von Vakuumisulationspaneelen mit mechanischem Schutz (Vacucomp P)** (JB, Projektnummer: 101'478)
- [15] M. Jordi, (Martin.Jordi@renggli-haus.ch), Renggli AG, Schötz: **Entwicklung eines VIP-Passivhausfassadenelements** (SB, Projektnummer: 101'338)
- [16] G. Steinke, A. Binz, (a.binz@fhbb.ch), FHBB, MuttENZ: **Bauelemente und Systeme mit VIP für Aussenwand und Dach** (SB, Projektnummer: 101'434)
- [17] O. Huth, (olaf.huth@empa.ch), Empa, Dübendorf: **Thermotragelemente aus hochfestem Faserverbundstoff und integrierten Vakuumisulationspaneelen (VIP)** (SB, Projektnummer: 101'307)
- [18] M. Erb, (markus.erb@eicher-pauli.ch), Dr. Eicher + Pauli AG, Basel: **VIP Deklaration** (JB, Projektnummer: 102'134)
- [19] M. Koebel, (matthias.koebel@empa.ch), EMPA, Dübendorf: **Vakuumverglasung** (JB, Projektnummer: 102'341)
- [20] P. Oelhafen, (peter.oelhafen@unibas.ch), Universität Basel, Basel: **Neue optische Beschichtungen für transparente Gebäudeteile im Hinblick auf einen verbesserten sommerlichen Wärmeschutz** (JB, Projektnummer: 100'761)
- [21] H. Güttinger, (www.herbert.guettinger@eawag.ch), EAWAG, Dübendorf: **Energiebilanz Forum Chriesbach** (JB, Projektnummer: 102'374)
- [22] J.-L. Scartezzini, (jean-louis.scartezzini@epfl.ch), EPF LESO-PB, Lausanne: **High performance Integrated Lighting Systems (Green lighting)** (JB, Projektnummer: 101'352)
- [23] R. Hastings, (robert.hastings@freesurf.ch), AEU, Wallisellen: **IEA Task 37 Demonstration Solar Retrofit** (JB, Projektnummer: 101'968)
- [24] M. Zimmermann, (mark.zimmermann@empa.ch), EMPA, Dübendorf: **IEA Building Annex 50 Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Buildings** (JB, Projektnummer: 101'902)
- [25] V. Dorer, (viktor.dorer@empa.ch), EMPA, Dübendorf: **Building Integrated Fuel Cell and other Cogeneration Systems (IEA/BCS Annex 42)** (JB, Projektnummer: 100'888)
- [26] Th. Afjei, (thomas.afjei@fhbb.ch), FHBB, MuttENZ: **Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen** (SB, Projektnummer: 101'367)
- [27] M. Conde, (mconde.petit@mrc-eng.com), M. Conde Engineering, Zürich: **Open absorption system for cooling and air conditioning using membrane contactors** (SB, Projektnummer: 101'310)
- [28] P. Karlström, (petra.karlstroem@bhz.ch), Basler&Hofmann AG, Zürich: **Hocheffiziente Kühlsysteme für Gebäudesanierungen** (JB, Projektnummer: 101'464)
- [29] H. Manz, (heinrich.manz@empa.ch), Empa, Dübendorf: **Passive cooling by night-time ventilation using climate responsive elements** (JB, Projektnummer: 101'308)

- [30] P. Hollmuller, (Pierre.Hollmuller@cuepe.unige.ch), CUEPE Université de Genève, Genève: **Coolshift – Système de rafraîchissement par ventilation déphasée** (SB, Projektnummer: 101'339)
- [31] B. Matthey, (info@masai-conseils.com), Ingénieurs-Conseils SA, Montezillon: **Réseau de distribution d'eau de lac et d'eau souterraine pour couvrir les besoins en rafraîchissement et en chaleur de l'environnement des bâtiments** (SB, Projektnummer: 101'229)
- [32] R. Furter, (rudolf.furter@hlsu.ch), HTA, Luzern/Horw: **Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs von Kleinlüftungsanlagen** (JB, Projektnummer: 101'977)
- [33] D. Helfenfinger, (dominique.helfenfinger@hslu.ch), HTA, Luzern/Horw: **Kompaktgeräte** (JB, Projektnummer: 102'262)
- [34] B. Frei, (bhfrei@hta.fhz.ch), HTA Luzern, Horw: **Feuchte in Niedrigenergiebauten** (SB, Projektnummer: 101'843)
- [35] B. Frei, (bhfrei@hta.fhz.ch), HTA Luzern, Horw: **Feldvergleich von Wärme- und Enthalpieübertragern in Kompaktlüftungsgeräten** (SB, Projektnummer: 101'657)
- [36] A. Huber, (huber@iqzh.com), Huber Energietechnik AG, Zürich: **Internetbasierte Einstellung von Zeitsteuerungen haustechnischer Anlagen** (JB, Projektnummer: 101'731)
- [37] M. Stalder, (m.stalder@energienetz.ch), Ingenieurbüro für Energietechnik, Rifferswil: **Nachrüstung von Beleuchtungen mit Bedarfssteuerungen** (JB, Projektnummer: 101'479)
- [38] W. Hässig, (haessig@sustech.ch), B+H, Zürich: **Elektrizitäts- und Wärmeeinsparungen durch CO₂-gesteuerte Lüftungen in Schulbauten** (SB, Projektnummer: 101'714)
- [39] G. Courret, (gilles.courret@heig-vd.ch), Ecole d'ingénieurs du Canton de Vaud, Yverdon: **Environmental friendly high efficient light source** (SB, Projektnummer: 101'078 & 101'080)
- [40] P. Toggweiler, (peter.toggweiler@enecolo.ch), Enecolo AG, Mönchaldorf: **Energie im Gebäude online (Egon)** (SB, Projektnummer: 102'242)

Liste der P+D-Projekte

- [41] P. Oesch, (p.oesch@twdmueller.ch), Gebr. Mueller AG, Bern: **P+D-Projekt mit Messungen SOLARIX- Wandheizsystem Solarix** (JB, Projektnummer: 100'404)
- [42] R. Dott, (ralf.dott@fhnw.ch), FHNW, Muttenz: **Sanfte Kühlung mit Erdwärmesonden im Minergie-P Wohngebäude Cosy Place** (JB, Projektnummer: 102'265)
- [43] H. Holinger, (heinrich@holinger-solar.ch), Holinger Solar AG, Liestal: **Wattwerk- erstes Plusenergie-Gewerbehaus** (SB, Projektnummer: 100'329)

Referenzen

- [44] Kriesi R., Frei B., Schnyder Ph.: Der **Enthalpie-Plattentauscher Comfohygro zur weiteren Verbesserung des Komforts im Innenraum**, 14. Schweizerisches Status-Seminar Energie- und Umweltforschung im Bauwesen, Tagungsband, Seiten 179 – 184, Zürich 2006
- [45] Internetseite des Forschungsprogramms: Mit dem Wechsel des Programmleiters erhält das Programm eine neue Internetadresse <http://www.bfe.admin.ch/forschung/gebaeude>, operativ seit Dezember 2007.