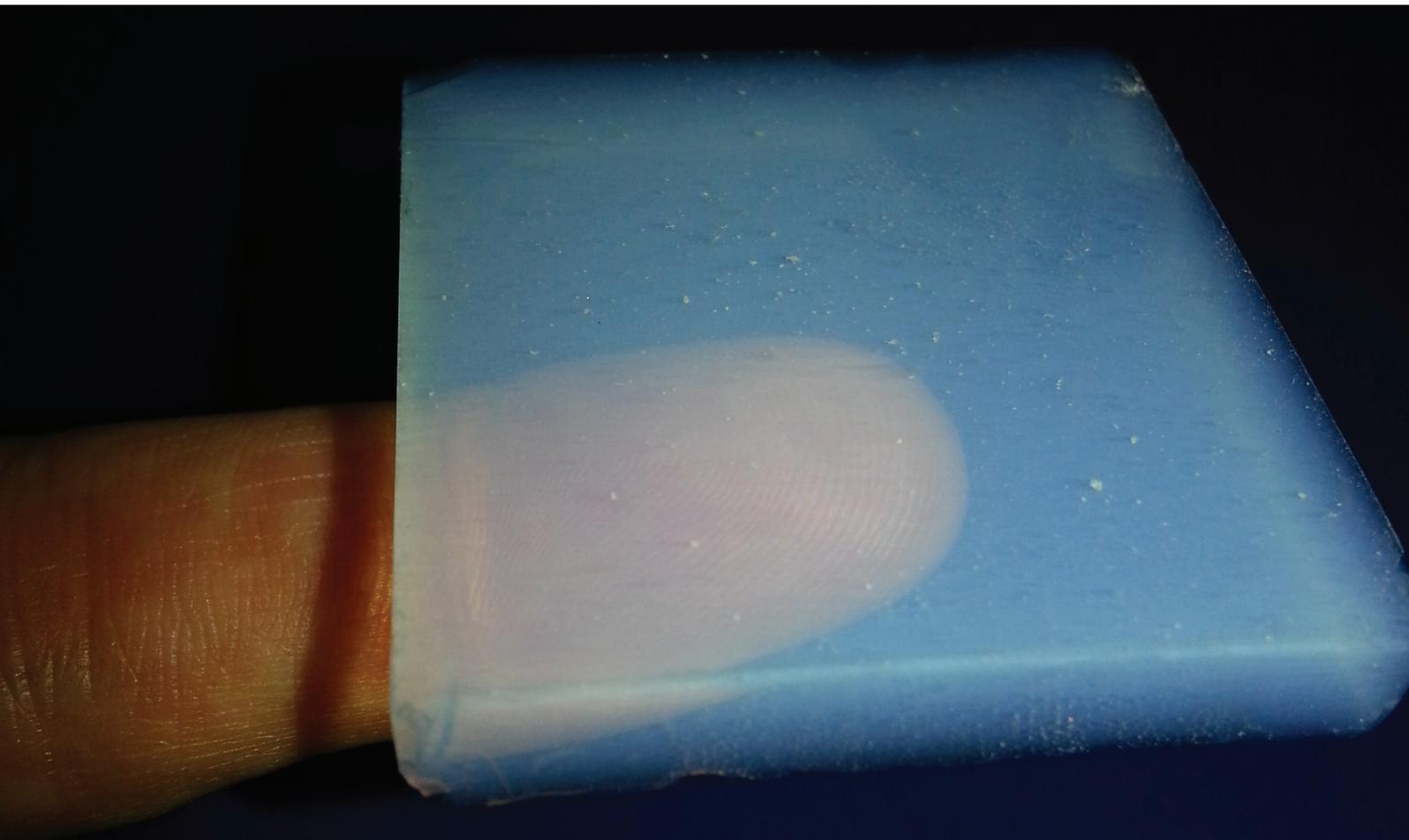


Überblicksbericht 2012

# Forschungsprogramm Energie in Gebäuden



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Energie BFE**  
**Office fédéral de l'énergie OFEN**

**Titelbild:****Aerogel from sodium silicate Towards cost-effective mass production technologies**

Die Empa beschäftigt sich schon seit Jahren mit der Nutzung von Aerogel für die Gebäudedämmung. So wurde der im vergangenen Jahr auf dem Markt eingeführte Aerogel-Dämmputz in Zusammenarbeit mit der Empa entwickelt. In einem neuen Projekt soll nun eine neue Generation von Aerogel entwickelt werden, die auf einem günstigeren Ausgangsprodukt basiert. Die Herausforderung besteht darin, die Stabilität des Gels für eine Anwendung nachhaltig zu erhöhen. Damit könnte das heute noch relativ teure Material kostengünstiger hergestellt werden. (Bildquelle: Empa).

**BFE Forschungsprogramm Energie in Gebäuden**

Überblicksbericht 2012

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

**Programmleiter BFE (Autor):**

Rolf Moser, Enerconom AG, Ingenieure für Gebäudetechnik (moser@enerconom.ch)

**Bereichsleiter BFE:**

Andreas Eckmanns (andreas.eckmanns@bfe.admin.ch)

[www.bfe.admin.ch/forschunggebaeude/](http://www.bfe.admin.ch/forschunggebaeude/)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Einleitung

Die Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011 hat in der Schweiz eine alte politische Kontroverse wieder angestossen: wie sieht der Weg zu einer erneuerbaren Energiewirtschaft aus? Der Bundesrat hat 2012 seine Vorstellungen dazu formuliert: neben der Effizienzsteigerung gewinnen die erneuerbaren Energieträger zunehmend an Bedeutung. Insbesondere unter dem Eindruck der im vergangenen Jahr stark abnehmenden Photovoltaik-Preise rücken diese Pläne schneller in Reichweite. Parallel dazu werden die energiepolitischen Zielsetzungen ohne weitere flankierende Massnahmen nicht in vernünftiger Frist erreichbar sein. Neben der viel diskutierten Deckung der mittelfristigen Elektrizitätslücke bleibt der Ersatz der fossilen Energieträger ein brisantes Thema.

Die Diskussion energiepolitischer Themen in der breiten Bevölkerung ist willkommen und ebnet den Weg für Massnahmen. So stehen dem BFE in den kommenden Jahren zusätzliche Fördermittel für Pilot- und Demonstrationsanlagen (P&D) zur Verfügung, die unter anderem in besonders augenfällige Projekte (Leuchttürme) investiert werden sollen. Die direkte Förderung der Energieforschung durch das BFE wird auf dem Niveau der Vorjahre weitergeführt.

Fukushima hat einige bereits bekannte Themen akzentuiert: so wurden 2012 mehrere Projekte zum Thema Gebäude als Speicherkraftwerke vorgeschlagen, als Beitrag für einen Ausgleich der wechselhaften Produktion durch erneuerbare Energien. Das Speicherthema wie auch die produktionsgeführte Nachfragerregulierung (Smart Building und Smart Grid) haben generell an Bedeutung gewonnen. Daneben bewegt sich die Energieforschung zunehmend vom Einzelgebäude zum Areal: Mit Forschung und Pilotprojekten zum Thema Plusenergiehaus konnte der Nachweis von Gebäuden mit einer neutralen Betriebsenergie-Bilanz erbracht werden. Nun sollen vermehrt die Synergien in Quartieren und Stadtteilen genutzt werden. Dies bedingt neben den Beiträgen aus der Forschung vor allem verstärkte Aktivitäten in der Anwendung und Umsetzung.

Ein weiterer Schwerpunkt der Tätigkeiten im Forschungsprogramm war 2012 das Vierjahresprogramm: auf der Grundlage des CORE-Programms (CORE = Eidgenössische Energieforschungskommission) wurde Mitte 2012 ein neues Vierjahresprogramm formuliert. Dieses definiert die Forschungsschwerpunkte, welche in den Jahren 2013–2016 untersucht werden sollen und dient gleichzeitig als mittelfristige Grundlage zur Beurteilung von Projektvorschlägen im Forschungsprogramm.

IEA Klassifikation: 1.2 Residential and commercial

Schweizer Klassifikation: 1.1 Energie in Gebäuden

## Programmschwerpunkte

Für das Forschungsprogramm *Energie in Gebäuden* wurden im Vierjahresprogramm 2013–2016 folgende Schwerpunkte definiert:

- **Bauerneuerung hat Priorität vor Neubau:** In den vergangenen Jahren hat sich die energetische Qualität von Neubauten stark verbessert. In den nächsten Jahren steht vermehrt die Verbesserung der bestehenden Gebäude im Fokus.
- **Technologie optimal nutzen:** Aufgrund des abnehmenden Gewichtes des Heizenergiebedarfs gewinnen die Nebenbezüge wie Hilfsantriebe, Förderpumpen und das Warmwasser an Gewicht. Auch der Energiebedarf für Kühlung wird in Zukunft ansteigen.
- **Vom Gebäude zum Areal:** Die Betrachtung geht weg vom Einzelteil hin zur systemischen Gesamtsicht. Die Systemgrenze wird über das Gebäude hinaus ausgedehnt zu Arealen, Siedlungen oder ganzen Städten. Dabei sind Themen der Arealversorgung, Abwärmenutzung, gegenseitige Beeinflussung verschiedener Gebäude zu beachten.
- **Speicherkraftwerk Haus:** Jedes Gebäude hat ein Potenzial als Kraftwerk. Energiequellen im Untergrund, der Umgebung oder vom Dach wie auch die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Elektrizität müssen in Zukunft konsequent genutzt werden. Um die damit einhergehende Fluktuation der Rückspeisung und des Verbrauchs von elektrischem Strom zu reduzieren, sollen vermehrt Energiespeichermöglichkeiten im Gebäude genutzt werden.
- **Indirekter Energiebedarf:** Die von den Gebäuden und ihren Nutzern indirekt beeinflussten Energieaspekte müssen in ihrer Gesamtheit beurteilt werden. Graue Energie und durch den Standort bedingte Mobilität sind offensichtlich für den ökologischen Fussabdruck eines Gebäudes entscheidend. Die Bewohner tragen mit ihrem Verhalten wesentlich zum Energieverbrauch bei.

### Rückblick und Bewertung 2012

Das Jahr 2012 bildete im Forschungsprogramm *Energie in Gebäuden* Abschluss und Neuanfang in verschiedener Hinsicht:

- Da war einmal der Wechsel in der Programmleitung, der dank der sorgfältigen Vorbereitung des scheidenden Programmleiters Charles Filleux gut überbrückt wurde.
- Mit diesem Wechsel zusammen fällt ebenfalls der Abschluss einer grossen Zahl von Forschungsprojekten, die 2009 im Rahmen einer Ausschreibung initiiert worden waren. Etwas mehr als 30 Schlussberichte konnten Anfang 2012 auf der BFE-Homepage publiziert werden. Eine entsprechende Übersicht ist im Jahresbericht 2011 des Programmes ersichtlich.
- Das Jahr bildete auch den Abschluss der Programmphase 2008–2012, die mit dem neuen CORE-Forschungskonzept und dem neuen BFE-Vierjahresprogramm abgeschlossen resp. neu begonnen wurde.

Die 2012 abgeschlossenen Projekte betreffen z. B. die solar-orientierte Konzeption von Gebäuden, die Wechselwirkung von Gebäuden im städtischen Raum, das Gebäude als Kraftwerk oder intelligente regeltechnische Systeme. Diesen Projekten gemeinsam ist eine grosse Nähe zur praktischen Anwendung – entweder in der Konzeption oder in der Umsetzung von energetisch optimalen Gebäuden. Die Energieforschung orientiert sich dabei möglichst an den realen Bedürfnissen des Marktes mit einer mittelfristigen Vision der Entwicklung.

### Ausblick

Zum Jahreswechsel 2012/2013 wurde eine Serie spannender neuer Projekte gestartet, die wiederum aktuelle Themen der Energieforschung behandeln. Hier einige Beispiele:

- Entwicklung eines kostengünstigeren Aerogel-Dämmmaterials;
- Untersuchung der ökologisch sinnvollen Dämmstärke von Gebäuden;
- Erarbeitung der Grundlagen für eine Aktualisierung der SIA 380/4 im Zusammenhang mit der Wirkung von Sonnenstoren;
- In einem geplanten Projekt nationaler Bedeutung soll der mögliche Beitrag des schweizerischen Gasnetzes zur Lösung der Speicherproblematik Sommer/Winter im Zusammenhang mit Gebäuden untersucht werden. Dieses Projekt soll in Abstimmung mit dem Forschungsprogramm *Netze* realisiert werden.

Im Frühling 2013 soll im Forschungsprogramm wie bereits 2009 ein Aufruf zur Eingabe neuer Forschungsprojekte realisiert werden. Dabei werden im Wesentlichen die Schwerpunkte des Vierjahresprogrammes aufgegriffen, wobei einige Themen auch detaillierter vorgegeben werden.

Die Energieforschung hat in den vergangenen Jahren stetig an Bedeutung gewonnen, entsprechend werden die Mittel in verschiedenen Kanälen laufend aufgestockt. Um die Forschungsmittel des Bundes möglichst effizient einsetzen zu können, wird die BFE-interne, die nationale und die internationale Vernetzung zunehmend wichtiger.

## Highlights aus Forschung und Entwicklung

Am Ende des Berichtsjahres 2012 umfasst das Forschungsprogramm *Energie in Gebäuden* 32 laufende Projekte, davon 8 Pilot- und Demonstrationsprojekte. Stellvertretend werden nachfolgend zwei Forschungs- und ein P&D-Projekt vorgestellt, die Ende Berichtsjahr abgeschlossen wurden.

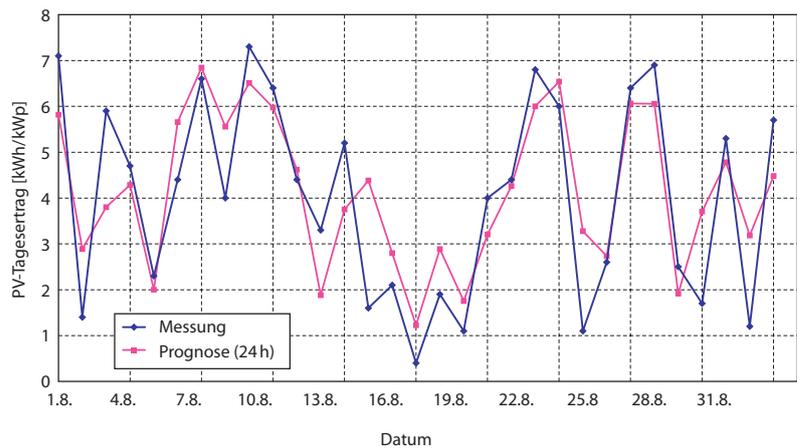
### Kraftwerk «Haus» im ländlichen Raum

Die dezentrale Produktion erneuerbarer Energien und die intelligente Steuerung von relevanten Stromverbrauchern im Haushalt sind im Bereich der Elektrizitätsversorgung zentrale Elemente für die Umsetzung der Schweizer Energiestrategie 2050. Am Ökozentrum in Langenbruck wurde in einem Praxisversuch ein lokales Strom-Lastmanagement (LLM) mit verschiedenen Verbrauchern und einer Photovoltaikanlage installiert und auf Erzeugung und Verbrauch analysiert. Das Ziel der verwendeten Algorithmen war eine Reduktion von Bezugsspitzen aus dem Versorgungsnetz und eine Erhöhung des Eigenstromverbrauchs. Basierend auf Meteodaten wurde zusätzlich die Wirkung einer prädiktiven Regelung untersucht.

Gemessen am Leistungsbezug des Gebäudes aus dem Versorgungsnetz konnte das LLM die Lastspitzen an Wochentagen um den Faktor 7 reduzieren. Während der Zeit mit erhöhtem Bezug aus dem Versorgungsnetz konnten die Lastspitzen um den Faktor 4 reduziert werden. Der Eigenstromverbrauch konnte durch das LLM von 32 % auf über 50 % erhöht werden.

Die prädiktive Regelung war für das Institutsgebäude mit geringer thermischer und ohne elektrischer Speichermöglichkeit schwierig umzusetzen. Die Abweichungen des prognostizierten zum effektiv produzierten Stromertrag am Standort des Institutsgebäudes waren zu gross, um eine prädiktive Regelstrategie mit signifikantem Nutzen für die Reduktion der Lastspitzen einzusetzen.

Betrachtungen zur Technik und zur Ökonomie zeigen, dass ein effizientes und wirtschaftliches LLM aktuell nur mit ausgewählten Verbrauchern mit relevantem



Figur 1: Der spezifische Ertrag von Photovoltaikanlagen kann basierend auf Meteodaten innerhalb von 24 h gut prognostiziert werden. Der Elektrizitätsversorger einer Region kann damit die Regelstrategie von lokalen Lastmanagement-Systemen anpassen. (Quelle: VSE-Bulletin 12s/2011 / Ökozentrum Langenbruck).

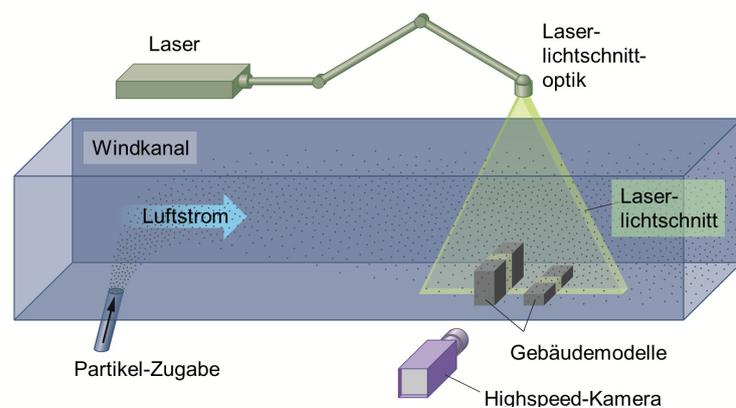
Strombedarf wie Wärmepumpen-Gebäudeheizung, Warmwassererwärmung und Elektroauto-Ladestationen zu erzielen ist. Speziell für Kleinverbraucher wie Gefrier- und Kühlgeräte sowie Waschmaschinen und Geschirrspüler ist der Aufwand für die Installation, Programmierung und Abrechnung eines LLM tendenziell zu hoch, betrachtet man die finanziell möglichen Einsparungen.

Neben dem Lastmanagement sollten in zukünftigen Projekten weitere Optionen für das Zusammenspiel von dezentralen Produktionsanlagen und Netz geprüft werden. Die Leistungsreduktion bei Pho-

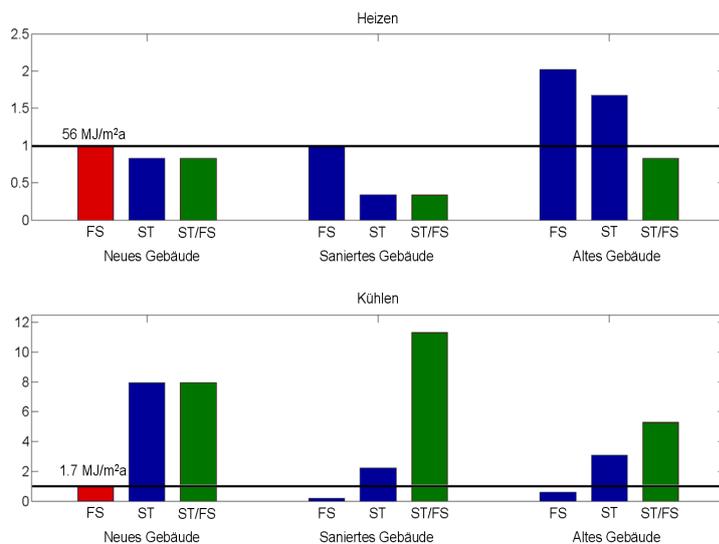
tovoltaikanlagen oder dezentrale Stromspeicherung sind mögliche Ergänzungen zum LLM. Speziell für die saisonale Energieversorgung sind stromgeführte Mikro-WKK-Anlagen im Gebäude zu prüfen.

### Urbanes Klima und Energiebedarf in Gebäuden

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich der Anteil der Bevölkerung, welche in städtischen Gebieten lebt, kontinuierlich vergrößert. Durch die grosse Gebäu-



Figur 2: Mit Windkanalmessungen wurden das Strömungsverhalten und die Temperaturverteilungen aus den Berechnungen validiert. Dazu wurde ein Modell der Strassenflucht mit einem Abstand zur Höhe-Verhältnis von 1 aufgebaut. Die Strömungsmessung basieren auf Partikelmessungen (Quelle: Final Report Urban Climate and Energy Demand in Buildings, Empa/Basler&Hofmann AG, Dezember 2012).



Figur 3: Grafik: Heiz- und Kühlenergiebedarf: FS = freistehendes Gebäude; ST = Stadtsituation). Der Heizenergiebedarf nimmt in der innerstädtischen Situation gegenüber dem alleinstehenden Gebäude ab, je nach Gebäudetyp sogar deutlich. Der Kühlenergiebedarf nimmt in der innerstädtischen Situation gegenüber dem alleinstehenden Gebäude um Faktoren zu, allerdings auf einem gegenüber dem Heizbedarf noch relativ bescheidenen Niveau (max. 4 Wh/m²a) (Quelle: Final Report, Empa/Basler&Hofmann AG, Dezember 2012).

dedichte wird das Mikroklima in städtischen Gebieten deutlich verändert. Die Intensität des städtischen Wärmeisoleffekts nimmt mit höheren Gebäudedichten und wachsenden Städten zu. Der Klimakälte- und der Heizwärmebedarf von Gebäuden werden stark vom lokalen Mikroklima um das Gebäude beeinflusst.

Das Ziel dieses Projektes war es, den Einfluss des städtischen Mikroklimas auf den Energiebedarf von Gebäuden zu untersuchen, mit Hilfe von detaillierten Gebäudeenergiesimulationen. Die meisten heute eingesetzten Gebäudesimulationsmodelle wurden für freistehende Gebäude entwickelt und berücksichtigen

deshalb die Effekte des städtischen Mikroklimas nicht. Für dieses Projekt wurde ein Gebäudesimulationsmodell so angepasst, dass es das städtische Mikroklima berücksichtigen kann.

Die drei Hauptaspekte des städtischen Mikroklimas sind, geordnet nach deren Wichtigkeit:

- der Strahlungsaustausch zwischen benachbarten Gebäuden;
- der städtische Wärmeisoleffekt;
- der reduzierte konvektive Wärmeübergang infolge kleinerer Windgeschwindigkeiten.

Der solare und langwellige Strahlungsaustausch zwischen benachbarten Gebäuden wurde mit dem im Gebäudesimulationsmodell implementierten Strahlungsaustausch-Modell modelliert. Um dieses für Aussenräume zu verwenden, wurden die Strassenschluchten als Atrien behandelt. Effekte der städtischen Wärmeinsel wurden aus Tagesgängen der umfangreichen Messdatensätzen für Basel aus dem BUBBLE-Projekt abgeleitet. Der dritte Einfluss des reduzierten konvektiven Wärmeübergangs an den Fassaden wurde in umfangreichen CFD (computational fluid dynamics) Simulationen ermittelt und dann auch mit Messungen im Windkanal validiert.

Im Hauptteil dieses Projektes wurden Simulationen für Büro- und Wohngebäude für das Klima von Basel mit verschiedenen Konfigurationen von freistehenden Gebäuden und Strassenschluchten durchgeführt. Die Resultate zeigen einen starken Einfluss des städtischen Mikroklimas auf den Heiz- und insbesondere den Klimakältebedarf. Die Änderungen des Energiebedarfs für verschiedene lokale Mikroklimas können in derselben Grössenordnung sein, wie der Energiebedarf für das alleinstehende Gebäude. Dies zeigt die Wichtigkeit auf, das lokale Mikroklima bei der Berechnung des Energiebedarfs zu berücksichtigen.

Abschliessend wurden Gebäudesimulationen für verschiedene Klimata (Madrid, Spanien und New Delhi, Indien) durchgeführt. Der für Basel beobachtete Trend bestätigte sich dabei für die anderen Standorte.

## Pilot- und Demonstrationsprojekte

### Testinstallationen zu den Wärmeverlusten von Funktionsöffnungen

Die Tests mit den Produkten der Firma OEKAG WasserTechnik AG bilden eine Fortsetzung des Forschungsprojektes «Wärmeverlust von Funktionsöffnungen», das 2010 abgeschlossen wurde. Das Forschungsprojekt hatte interessante Resultate aufgezeigt:

Das Forschungsprojekt hatte interessante Resultate aufgezeigt:

- Wärmeverluste über Funktionsöffnungen können bei Minergie Gebäuden 20 % bis 30 % des Heizwärmebedarfs ausmachen.

- Je kompakter das Gebäude, desto grösser der anteilmässige Verlust über die Funktionsöffnungen.

- Selbst bei gering isolierten Gebäuden, die vor 1988 erstellt wurden, können Funktionsöffnungsverluste über 10 % des Heizwärmebedarfs ausmachen.

Die damalige Arbeit hat sich in verschiedener Hinsicht ausgewirkt: in der nächsten Ausgabe der SIA-Norm 380/1 sollen die Verluste von Funktionsöffnungen systematisch berücksichtigt werden.

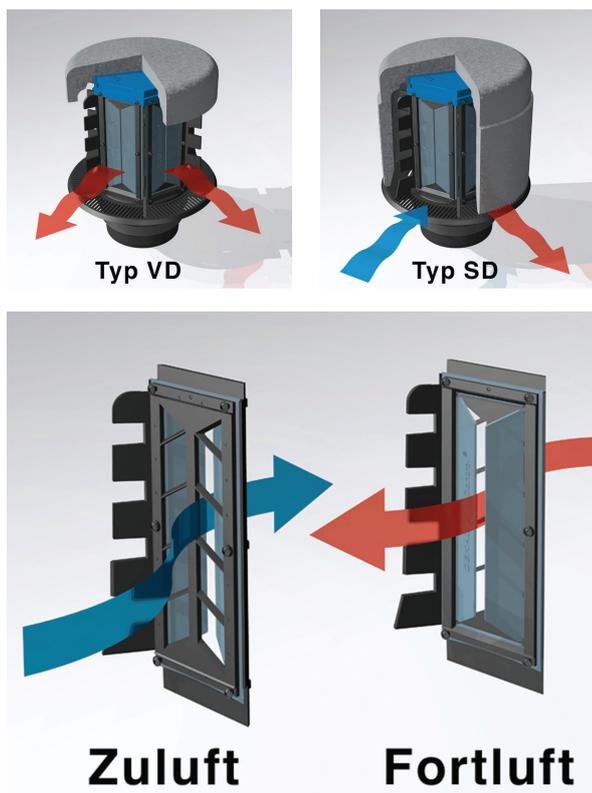
Mit den Produkten der Firma OEKAG WasserTechnik AG sind die Resultate in ein Produktdesign eingeflossen. In zwei Pilot- und Demonstrationsprojekten werden die Produkte getestet, die dem Energieverlust von Funktionsöffnungen entgegenwirken sollen:

- Das Ventil VD wird ausserhalb der Gebäudehülle beim Dachaustritt vertikal bei Fortluftleitungen eingebaut.
- Das Ventil SD wird ebenfalls vertikal bei Sanitärdrainrohren beim Dachaustritt eingebaut.
- Der Dachwasser-Einlauf Typ W wird als Plug In Element in den vorhandenen Dachwassereinlauf eingesetzt.

Das Funktionsprinzip der Ventile ist einfach: aufsteigende Warmluft aus dem Rohrrinneren wird von einer elastischen, magnetischen Membranverschlussklappe zurückgehalten, die in der Regel unisolierten Rohrleitungen kühlen weniger aus.

Auf dem Dach des D4 Business Center Luzern in Root werden drei Ventile während eines Jahres getestet. Mittels detaillierten Messkampagnen wird einerseits die Funktionalität, andererseits die energetische Wirkung der Ventile geprüft. Die Projekte werden von Fachleuten der

Hochschule Luzern begleitet. Die HSLU war auch an der ursprünglichen Forschungsarbeit über Verluste von Funktionsöffnungen beteiligt.



Figur 4: OEKAG EnergyStop® – Ventile für Funktionsöffnungen vermeiden Wärmeverluste in Lüftungs- und Sanitärrohren. Sie basieren auf einer magnetischen Membranklappe, die bei Nichtverwendung der Funktion eine Luftzirkulation verhindert. Je nach Funktion (Fortluft, Be- und Entlüftung für Sanitärdrainrohre) wird das Membranmodul in unterschiedlicher Richtung eingebaut. Die OEKAG EnergyStop® Ventile befinden sich zur Zeit im Feldtest, sie sind aber bereits auf dem Markt erhältlich (Quelle: OEKAG WasserTechnik AG).

## Nationale Zusammenarbeit

Seit vielen Jahren pflegt das Forschungsprogramm *Energie in Gebäuden* eine enge Zusammenarbeit mit den namhaften Forschungsteams im Tätigkeitsbereich des Programmes. Dies betrifft beispielsweise die Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich mit den Forschungsteams von Prof. Dr. L. Guzzella und Prof. Dr. H.J. Leibundgut, an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) ist es das Forschungsteam LESO von Prof. Dr. J. L. Scartezzini. Auch mit den Fachhochschulen wurde ein reger Austausch gepflegt: Das Team von Prof. Dr. St. Citherlet, LESBAT von der HEIG-VD in Yverdon, ist an Forschungsprojekten be-

teiligt, eines davon auf dem Gebiet der Gebäudesanierung. Die Fachhochschule Nordwestschweiz (Teams von Prof. A. Binz und Prof. Dr. Th. Afjei) war ebenfalls an mehreren Projekten beteiligt, u. a. zum Thema «Net Zero Energy Buildings». Die langjährige Zusammenarbeit mit der Hochschule Luzern wurde weitergeführt, so z. B. mit dem Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG) von Prof. U.P. Menti, dem CC Typologie & Planung in Architektur von Prof. Dr. Peter Schwehr oder der Abteilung Gebäudetechnik mit Prof. Dr. Heinrich Manz. Schliesslich bestehen auch gute Kontakte zur italienischsprachigen Schweiz, nämlich

zu diversen Forschungsteams an der Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI). Regelmässige Kontakte werden zum nationalen Kompetenznetzwerk Brenet (Building and Renewable Energies Network of Technology, [www.brenet.ch](http://www.brenet.ch)) wahrgenommen. Beim Brenet-Statusseminar 2012 und bei der CISBAT-Konferenz 2013 wirkt die Programmleitung auch im technischen Komitee mit.

Eine erfolgreiche Zusammenarbeit besteht mit dem Verein Energie-Cluster ([www.energie-cluster.ch](http://www.energie-cluster.ch)) im Rahmen der Innovationsgruppen Plusenergiegebäude. Die Programmleitung vertritt das BFE in der Begleitgruppe des Projekts Use of Weather and Occupancy Forecasts for Optimal Building Climate Control (OptiControl) der ETHZ, Meteo-

Schweiz, der und der Industrie, welches durch Swisselectric Research unterstützt wird.

Zur Sicherstellung der Umsetzung der aus der Forschung gewonnenen Erkenntnisse wird eine enge Zusammenarbeit mit dem Programm EnergieSchweiz gepflegt. Auf Programmebene werden sporadische Kontakte zu KTI, BAFU und Swisselectric Research gepflegt.

Zur Absprache der Forschungsprojekte findet ein reger Austausch mit der Stadt Zürich statt, die in einem ähnlichen Bereich namhafte Unterstützung leistet. Eine weitere Plattform für eine nationale Absprache bilden halbjährlichen Sitzungen mit der Begleitgruppe des Forschungsprogramms, diese wird Anfang 2013 neu besetzt.

## Internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit findet hauptsächlich in Form der Beteiligung an den beiden Implementing Agreements «Energy Conservation in Buildings and Community Systems ECBCS» und «Solar Heating and Cooling SHC» der Internationalen Energieagentur (IEA) statt. Als Chair des ECBCS-Agreements und gleichzeitig verantwortlicher Bereichsleiter des BFE verknüpft Andreas Eckmanns die nationale Forschung eng mit den Aktivitäten der IEA. Das halbjährliche Treffen des Executive Comitee der ECBCS konnte im Jahre 2012 in Bern durchgeführt werden; im Rahmen eines Technical Day hatten schweizer Forscher die Gelegenheit, ihre Resultate der internationalen Forschergemeinschaft vorzustellen.

Die Beauftragten des Forschungsprogramms *Energie in Gebäuden* sind international gut vernetzt. Die Bereitschaft, in internationalen Forschungsprojekten mitzuwirken, ist gross. Die bisherigen Erfahrungen und der Nutzen dieser Zusammenarbeit für die Schweiz sind im allgemeinen sehr positiv. Das Forschungsprogramm war 2012 in verschiedensten Projekten engagiert:

- SHC Task 41 Solar Energy and Architecture, an welchem die HSLU CCTP und das SUPSI ISAAC-DACD teilnehmen.
- Die FHNW vertritt die Schweiz im kombinierten ECBCS Annex 52/SHC Task 40 «Nullenergie-Gebäude – die nächste Generation Energieeffizienter Bauten».

- Das LESO-PB vertritt die Schweiz im ECBCS Annex 51 «Energy Efficient Communities: Case Studies and Strategic Guidance for Urban Decision Makers».
- Die Firma Econcept und das LESBAT nehmen im ECBCS Annex 56 «Cost Effective Energy and Carbon Emissions and Optimization in Buliding Renovation» teil.

Das Forschungsprogramm ist im ERA-Net Eracobuild im Rahmen des EU Framework Programme 7 vertreten. Im Rahmen des Eracobuild ERA-Net-Calls «Sustainable Renovation of Buildings» beteiligt sich das Forschungsprogramm an zwei Projekten: INSPIRE «Integrated strategies and policy instruments for retrofitting buildings to reduce primary energy use and GHG emissions» und School vent cool «Ventilation, cooling and strategies for high performance school renovations».

Die EU-Finanzierung für dieses ERA-Net lief im April 2012 aus. Das Netzwerk wird jedoch autonom weitergeführt mit dem Ziel eines strategischen Austausches auf Ebene der nationalen Forschungsförderung. Daraus sollen in Zukunft insbesondere bei EU-Initiativen (Smart Cities, JPI Urban Europe, etc.) gemeinsame Projekteingaben erwachsen.

## Referenzen

[1] Rolf Moser, Andreas Eckmanns: Konzept des Forschungsprogramm Energie in Gebäuden 2013–2016, Bundesamt für Energie, September 2012.

## Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(\* IEA-Klassifikation)

- 4-FAMILIENHAUS B35 IN ZERO-CARBON-LOWEX-TECHNOLOGIE**

P&D 1.2\*

Lead: HSLU	Funding: BFE
Contact: Rudolf Furter <a href="mailto:rudolf.furter@hslu.ch">rudolf.furter@hslu.ch</a>	Period: 2011–2013
Abstract: Erfolgskontrolle des 4-Familienhaus B35 in Zero-Carbon-lowEx-Technologie.	
- 75 %-AKTIV-SOLARHAUS (OHNE SAISONALE SPEICHERUNG)**

R&D 1.2

Lead: Stefan und Anna Katharina Mathez	Funding: BFE
Contact: Stefan Mathez <a href="mailto:stevie@solarcampus.ch">stevie@solarcampus.ch</a>	Period: 2011–2014
Abstract: Das ambitionierte 75%-Ziel soll dank modernster Gebäudetechnik, der Nutzung des betonierten Gebäudekerns als Wärmespeicher (ca. 50% der Betonmasse), einer allseits verglasten Fassade, sowie eines durchdachten Solarkonzeptes erreicht werden.	
- AIR-ON, MULTIFUNKTIONALES RAUMLÜFTUNGS- UND KLIMAGERÄT – FELDMESSUNGEN IN MEHRFAMILIENHAUS IN WETZIKON**

R&D 1.2

Lead: AirOn / HSLU	Funding: BFE
Contact: Adrian Peterhans <a href="mailto:adrian.peterhans@air-on.ch">adrian.peterhans@air-on.ch</a>	Period: 2011–2013
Abstract: Ein neu entwickeltes Einzelraumklimagerät soll im Labor, in einer Musterwohnung eines Sanierungsprojektes und in zwei normal genutzten Wohnungen ausgemessen werden. Mittels Simulationen wird das Gerät auf das Energieeinsparpotenzial in weiteren Situationen überprüft, sowie aufgrund der gemachten Erfahrungen weiter optimiert.	
- AUTOMATIC CONTROL OF AN ELECTROCHROMIC WINDOW**

R&D 1.2

Lead: EPFL/ENAC/ICARE/LESO-PBX	Funding: BFE
Contact: Morel Nicolas <a href="mailto:nicolas.morel@epfl.ch">nicolas.morel@epfl.ch</a>	Period: 2009–2012
Abstract: Le but du projet est le développement d'un algorithme de contrôle avancé pour un vitrage électrochromique, tenant compte à la fois d'une optimisation énergétique par rapport aux gains solaires directs et du confort (visuel et thermique) des utilisateurs.	
- COP5 – SOURCE FROIDE SOLAIRE POUR POMPE À CHALEUR AVEC UN COP ANNUEL DE 5 GÉNÉRALISABLE DANS LE NEUF ET LA RÉNOVATION**

R&D 1.2

Lead: Université de Genève	Funding: BFE
Contact: Mermoud Floriane <a href="mailto:floriane.mermoud@unige.ch">floriane.mermoud@unige.ch</a>	Period: 2009–2012
Abstract: Ce projet étudie le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire à partir d'une installation solaire (capteurs solaires non couverts) utilisée hors ensoleillement comme absorbeurs sur air pour une pompe à chaleur, dans le but est d'atteindre un COP global annuel de 5.	
- ENERGY EFFICIENT COMMUNITIES: CASE STUDIES AND STRATEGIC GUIDANCE FOR URBAN DECISION MAKERS (IEA ECBCS ANNEX 51)**

R&D 1.2

Lead: EPFL/ENAC/ICARE/LESO-PBX	Funding: BFE
Contact: Jerome Kaempf <a href="mailto:jerome.kaempf@epfl.ch">jerome.kaempf@epfl.ch</a>	Period: 2009–2012
Abstract: Our main aim in this is to disseminate the advances that have and are being made in Switzerland with respect to the planning, design and construction of relatively sustainable urban communities as well as planning and design tools to support these efforts.	
- ERACOBUILD: SCHOOL VENT COOL**

R&D 1.2

Lead: FHNW/HSLU	Funding: BFE
Contact: Kobler René L. <a href="mailto:rene.kobler@fhnw.ch">rene.kobler@fhnw.ch</a>	Period: 2010–2013
Abstract: Erarbeiten ganzheitlicher Sanierungsstrategien betreffend das gesamte System «Schulhaus» inklusive Energieversorgung, Lüftung und Kühlung, als auch die thermische Behaglichkeit.	

- **G-BOX POUR LA MESURE IN SITU DES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES DE FAÇADES TRANSPARENTES ET TRANSLUCIDES** R&D 1.2

Lead:	École d'ingénieurs de Genève / SUPSI	Funding:	BFE
Contact:	Pahud Daniel <a href="mailto:daniel.pahud@supsi.ch">daniel.pahud@supsi.ch</a>	Period:	2009–2012

Abstract: Il s'agit de développer un dispositif transportable appelé « g-box » pour la mesure in situ des propriétés thermiques de façades transparentes et translucides et en particulier de leur valeur g.
- **GESAMTERNEUERUNG WOHN- UND SCHULHAUS KRUMMBACH** R&D 1.2

Lead:	Aleaxander Ritz	Funding:	BFE
Contact:	Mark Zimmermann <a href="mailto:mark.zimmermann@empa.ch">mark.zimmermann@empa.ch</a>	Period:	2011–2012

Abstract: Das Projekt «Gesamterneuerung Schulhaus Krumbach» ist ein Demonstrationsvorhaben, um die im Rahmen des CCEM-Retrofit Projekts entwickelten vorgefertigten Sanierungslösungen umzusetzen und zu demonstrieren.
- **IEA ECBCS, ANNEX 56 «ENERGY AND GHG OPTIMISED BUILDING RENOVATION»** R&D 1.2

Lead:	econcept AG	Funding:	BFE
Contact:	Ott Walter <a href="mailto:walter.ott@econcept.ch">walter.ott@econcept.ch</a>	Period:	2010–2014

Abstract: Die Vorbereitungsphase bis Juni 2011 besteht in der Konzeption der methodologie für Subtask A.
- **IEA-TASK 41 «SOLAR ENERGY AND ARCHITECTURE»** R&D 1.2

Lead:	HSLU Technik + Architektur , SUPSI	Funding:	BFE
Contact:	Ehrbar Doris <a href="mailto:doris.ehrbar@hslu.ch">doris.ehrbar@hslu.ch</a>	Period:	2009–2012

Abstract: Im Rahmen der IEA SHC Task 41 werden Prozesse und Hilfsmittel für Architekten im frühen Entwurfsstadium untersucht, mit dem Ziel , die Integration von solaren Stragien zu fördern.
- **INSPIRE – INTEGRATED STRATEGIES AND POLICY INSTRUMENTS FOR RETROFITTING BUILDINGS TO REDUCE PRIMARY ENERGY USE UND GHG EMISSIONS** R&D 1.2

Lead:	TEP Energy / econsult	Funding:	BFE
Contact:	Martin Jakob <a href="mailto:martin.jakob@tep-energy.ch">martin.jakob@tep-energy.ch</a>	Period:	2010–2013

Abstract: Die Ziele des Projekts sind Berechnung und Darstellung der spezifischen Primärenergie- und CO2-Vermeidungskosten und der CO2-Vermeidungs-potenziale für einzelne repräsentative Gebäudetypen und Erneuerungssituationen, sowie das Erarbeiten von kosten- und nutzenoptimalen Strategien und Lösungspfaden, welche zu Leitlinien und Entscheidungsgrundlagen aufbereitet werden.
- **INTEGRATED MULTIFUNCTIONAL GLAZING FOR DYNAMICAL DAYLIGHTING** R&D 1.2

Lead:	EPFL/ENAC/ICARE/LESO-PBX	Funding:	BFE
Contact:	Schueler Andreas <a href="mailto:andreas.schueler@epfl.ch">andreas.schueler@epfl.ch</a>	Period:	2009–2012

Abstract: In this project, a novel integrated concept and the development of advanced glazing for dynamical daylighting are studied. The novel glazing will combine the functions of daylighting, glare protection, overheating protection in summer and thermal insulation in winter.
- **KRAFTWERK HAUS IM LÄNDLICHEN RAUM** R&D 1.2

Lead:	Ökozentrum Langenbruck / FHNW	Funding:	BFE
Contact:	Sattler Michael <a href="mailto:michael.sattler@oekozentrum.ch">michael.sattler@oekozentrum.ch</a>	Period:	2009–2012

Abstract: Das Projekt Kraftwerk Haus im ländlichen Raum – Umsetzung von Biomasse Wärme-Kraft-Anlagen und Strom-Lastmanagement hat zum Ziel, den ersten Schritt in der sukzessiven Transformation des Gebäudes vom reinen Energiebezüger zum Energielieferanten, zum Kraftwerk Haus, in der Praxis zu erproben und zu erforschen.

- **MEHRFAMILIENHAUS MIT ELEKTROMOBILITÄT IN RUPPERSWIL AG** R&D 1.2
- |          |                                    |          |           |
|----------|------------------------------------|----------|-----------|
| Lead:    | FHNW                               | Funding: | BFE       |
| Contact: | Hall Monika<br>monika.hall@fhnw.ch | Period:  | 2011–2014 |
- Abstract: Beschrieb von erfolgreichen Massnahmen zur Verbrauchsreduktion bei der Mieterschaft, insbesondere Anreizmodelle durch Verbrauchsinformation und detaillierte Energieabrechnung. Aufzeigen von rechtl. Einflüssen und Hindernissen bei der Bewirtschaftung von vermieteten MFH. Untersuchung zur Einbindung des Elektroautos in das System «Gebäude».
- **MONTE ROSA-HÜTTE: INTEGRIERTE HAUSSYSTEME FÜR OPTIMALE ENERGIE- UND STOFFBEWIRTSCHAFTUNG** P&D 1.2
- |          |                                    |          |           |
|----------|------------------------------------|----------|-----------|
| Lead:    | ETHZ IMRT                          | Funding: | BFE       |
| Contact: | Guzzella Lino<br>lguzzella@ethz.ch | Period:  | 2009–2012 |
- Abstract: Das Ziel dieses Projektes ist darum die Entwicklung neuer Algorithmen für das optimale Management von Energie- und Stoffflüssen in Gebäuden. Die Neue Monte Rosa-Hütte wird als Demonstrationsobjekt verwendet, wobei das Hauptziel eine möglichst hohe Energieautarkie ist.
- **SURHIB – NACHHALTIGE ERNEUERUNG HISTORISCH WERTVOLLER BAUTEN** R&D 1.2
- |          |  |          |           |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead:    | Empa Building Technologies / BFH       | Funding: | BFE       |
| Contact: | Carmeliet Jan<br>jan.carmeliet@Empa.ch | Period:  | 2009–2012 |
- Abstract: The aim of this project is to evaluate and to further develop sustainable renovation technologies for historical buildings (end 19th – beginning 20th century).
- **NULLENERGIE-GEBÄUDE – DIE NÄCHSTE GENERATION ENERGIEEFFIZIENTER BAUTEN (IEA ECBCS ANNEX 52 / IEA SHC TASK 40)** R&D 1.2
- |          |                                    |          |           |
|----------|------------------------------------|----------|-----------|
| Lead:    | Fachhochschule Nordwestschweiz     | Funding: | BFE       |
| Contact: | Hall Monika<br>monika.hall@fhnw.ch | Period:  | 2009–2013 |
- Abstract: Ziel des Projektes ist es einen Standard für Nullenergie- Gebäude festzulegen. Da der Begriff Nullenergie-Gebäude momentan nicht klar definiert ist, müssen eindeutige Definitionen, Anforderungen und Systemgrenzen erarbeitet werden. Optimierung der Gebäudehülle und -technik gehen damit einher.
- **MEMPRODEC LL – OPEN ABSORPTION SYSTEM FOR AIR CONDITIONING USING MEMBRANE CONTACTORS** R&D 1.2
- |          |  |          |           |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead:    | CONDE ENGINEERING                              | Funding: | BFE       |
| Contact: | Conde-Petit Manuel<br>mconde.petit@mrc-eng.com | Period:  | 2010–2012 |
- Abstract: The objectives of Phase II of the MemProDEC Project are to demonstrate that an open absorption system combined with indirect evaporative cooling and limited chemical storage, can be advantageously operated as an autonomous Air Handling Unit without need of any other refrigeration system.
- **ECO-RENO – RÉNOVATION À FAIBLES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DANS LE DOMAINE DE L'HABITATION** R&D 1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | HEIG-VD LESBAT                                      | Funding: | BFE       |
| Contact: | Citherlet Stéphane<br>stephane.citherlet@heig-vd.ch | Period:  | 2011–2014 |
- Abstract: Ce projet vise à promouvoir la rénovation à hautes performances environnementales en ne tenant pas uniquement compte de l'énergie consommée, mais en ayant une vision plus globale en utilisant une approche par écobilan. Cette approche permet d'avoir une vision globale des impacts environnementaux d'un bâtiment rénové en tenant compte de l'énergie consommée, des matériaux de construction utilisés des installations techniques.
- **SANIERUNG DER FASSADE DES DENKMALGESCHÜTZTEN MEHRFAMILIENHAUSES AUS DEM JAHR 1877 MIT VERPUTZTER AEROGEL-HOCHLEISTUNGSWÄRMEDÄMMUNG** R&D 1.2
- |          |                                      |          |           |
|----------|--------------------------------------|----------|-----------|
| Lead:    | Architekturbüro Vera Gloor AG        | Funding: | BFE       |
| Contact: | Wenger Martin<br>wenger@veragloor.ch | Period:  | 2010–2012 |
- Abstract: Die Energiebilanz des denkmalgeschützten Gebäudes aus dem Jahr 1877 konnte dank der verputzten Aerogel-Hochleistungswärmedämmung unter Wahrung des Erscheinungsbildes stark verbessert werden.

- SOLARE PLUS-ENERGIE SANIERUNG**

Lead: Karin und Martin Stahl

Contact: Peter Dransfeld [dransfeld@dransfeld.ch](mailto:dransfeld@dransfeld.ch)

Abstract: Sanierung eines EFH von 1963 als bilanziertes Plus-Energiehaus unter Berücksichtigung des Haushaltsstromes, der Grauen Energie, und der Mobilität gem. SIA 2040

R&D

1.2

Funding: BFE	
Period: 2011–2013	
- SWISSWOODHOUSE – EIN GEBÄUDE FÜR DIE 2000-WATT-GESELLSCHAFT**

Lead: Renggli AG

Contact: Renggli Max [max.renggli@renggli-haus.ch](mailto:max.renggli@renggli-haus.ch)

Abstract: Swisswoodhouse ist ein mehrgeschossiges Gebäude, welches an zukünftige Wohnformen angepasst werden kann. Es vereint verschiedene Materialien wie Holz, Stahl und Beton um damit das beste Material für die jeweilige Aufgabe einzusetzen. Durch den hohen Vorfertigungsgrad für die Bauhülle und Gebäudetechnik soll das Produkt, trotz den hohen Anforderungen, wirtschaftlich sein.

P&D

1.2

Funding: BFE	
Period: 2009–2012	
- URBAN CLIMATE AND ENERGY DEMAND IN BUILDINGS**

Lead: Empa Dübendorf

Contact: Dorer Viktor [viktor.dorer@empa.ch](mailto:viktor.dorer@empa.ch)

Abstract: The project deals with the modelling of urban microclimate in street canyons and urban neighbourhoods taking into account combined effects of wind and solar radiation.

R&D

1.2

Funding: BFE	
Period: 2009–2012	
- AKTIVA KÜHLEN ÜBER THERMISCH AKTIVIERTE AUSSENFLÄCHEN**

Lead: Fachhochschule Nordwestschweiz

Contact: Thomas Afjei [thomas.afjei@fhnw.ch](mailto:thomas.afjei@fhnw.ch)

Abstract: Aktivierte Aussenflächen ersetzen Teile der konventionellen Gebäudehülle und fungieren als multifunktionale Komponenten zur Wärme- und Kälteerzeugung. Im Projekt AKTIVA werden Komponenten entwickelt, die sich speziell für den Kühlbetrieb eignen. Dazu werden abgestimmte hydraulische Schaltungen erarbeitet. Die Komponenten werden zunächst im Labormassstab getestet und im Anschluss in einem Feldtest vermessen.

R&D

1.2

Funding: BFE	
Period: 2012–2015	
- ÖKOBILANZDATEN FÜR LÜFTUNG- UND WÄRMEANLAGEN**

Lead: büro für umweltchemie

Contact: Ueli Kasser [u.kasser@umweltchemie.ch](mailto:u.kasser@umweltchemie.ch)

Abstract: Im Projekt werden die Ökobilanzdaten von Lüftungsanlagen (Basis: 10 Gebäude) und von Heizungsanlagen (Basis: 5 Gebäude) ermittelt. Die Daten werden anschliessend aufbereitet für die Darstellung auf der KBOB-Liste und für ecoinvent.

R&D

1.2

Funding: BFE+AHB Zürich	
Period: 2012–2013	
- AEROGELS FROM SODIUM SILICATE: TOWARDS COST-EFFECTIVE MASS PRODUCTION TECHNOLOGIES**

Lead: Empa Dübendorf

Contact: Matthias Koebel [matthias.koebel@empa.ch](mailto:matthias.koebel@empa.ch)

Abstract: This proposal outlines a concept that is likely to bring aerogel technology towards cost-effective mass production by developing a route for obtaining monolithic aerogels from sodium silicate (water glass) solutions using ambient pressure drying processes. A major challenge in this endeavour is that sodium silicate gels tend to be more fragile than those made from silicon alkoxide precursors.

R&D

1.2

Funding: BFE+ EuFP7	
Period: 2012–2015	
- TIEFE KOAXIAL-ERDSONDE**

Lead: ETH Zürich

Contact: Leibundgut Hansjürg [leibundgut@hbt.arch.ethz.ch](mailto:leibundgut@hbt.arch.ethz.ch)

Abstract: Es soll der Nachweis der Machbarkeit einer neuen Konstruktionsart einer Koaxial-Erdsonde mit gedämmtem Zentralrohr erbracht werden. Im Vorprojekt werden 3-D-Simulationen durchgeführt und die materialtechnische Machbarkeit soll nachgewiesen werden.

R&D

1.2

Funding: BFE	
Period: 2012–2013	

- **MONITORING EINER THERMISCHEN AREALVERNETZUNG IN KOMBINATION MIT EINEM ERDSONDENFELD** P&D 1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | HSLU  | Funding: | BFE       |
| Contact: | Dieter Lüthi <a href="mailto:dieter.luethi@hslu.ch">dieter.luethi@hslu.ch</a> | Period:  | 2012–2015 |
- Abstract: Nördlich des Bahnhofs Rotkreuz wird eine Überbauung mit bis zu 2'500 Arbeitsplätzen und Wohnraum für bis zu 1'500 Bewohnern realisiert. Dieses Areal wird mit einer thermischen Arealvernetzung (Anergienetz) in Kombination mit einem Erdsondenfeld ausgerüstet, die im P&D-Projekt untersucht werden.
- 
- **REDIMENSIONNEMENT DES CIRCULATEURS DE CHAUFFAGE, EAU CHAUDE ET FROID** R&D 1.2
- |          |  |          |           |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead:    | Bureau d'Etudes Keller-Burnier   | Funding: | BFE       |
| Contact: | Lucien Keller <a href="mailto:lucien.keller@sunrise.ch">lucien.keller@sunrise.ch</a> | Period:  | 2012–2013 |
- Abstract: Le projet cherche des méthodes pour le redimensionnement des circulateurs autres que ceux qui desservent un groupe indépendant de chauffage. Ce sont donc des pompes de groupe de chauffe-eau, de producteurs de chaleur, de froid et d'autres applications dans grandes bâtiments, qui peuvent être optimisées.
- 
- **ÖKOLOGISCH OPTIMALE DÄMMSTÄRKEN BEI WOHNBAUTEN** R&D 1.2
- |          |  |          |                |
|----------|--|----------|----------------|
| Lead:    | HSLU   | Funding: | BFE+AHB Zürich |
| Contact: | Heinrich Manz <a href="mailto:heinrich.manz@hslu.ch">heinrich.manz@hslu.ch</a> | Period:  | 2012–2015      |
- Abstract: Die ökologisch optimalen Dämmstärken bei Wohnbauten sollen – unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszykluses eines Gebäudes – hinsichtlich Energie, Treibhausgaspotential und Umweltbelastung sowie in Abhängigkeit von Dämmmaterial, Standort, Heizsystem und Strommix ermittelt werden.
- 
- **TESTINSTALLATION MIT BEGLEITUNTERSUCHUNGEN FÜR OEKAG FLUID CONTROL VENTIL TYP V & S** P&D 1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | OEKAG   | Funding: | BFE       |
| Contact: | Giorgio C. Morandini <a href="mailto:info@oekag.com">info@oekag.com</a> | Period:  | 2012–2013 |
- Abstract: Die untersuchten, neuartigen Ventile vermeiden die Wärmeverluste von Funktionsöffnungen. Mit der Installation unterschiedlicher Ventiltypen für Fortluftkanäle und Fallstrangentlüftungen auf einem grösseren Gebäude soll die Funktionstüchtigkeit unter realistischen Umwelteinflüssen überprüft werden.
- 
- **HYDROMECHANISCHE PRODUKTOPTIMIERUNGEN UND TESTINSTALLATION FÜR OEKAG ENERGYSTOP® VENTIL TYP W (DACHWASSERABLAUF MIT ENERGIEVERLUSTBREMSE)** P&D 1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | OEKAG   | Funding: | BFE       |
| Contact: | Giorgio C. Morandini <a href="mailto:info@oekag.com">info@oekag.com</a> | Period:  | 2012–2013 |
- Abstract: Die untersuchten Ventile vermeiden die Wärmeverluste von Funktionsöffnungen. Im zweiten Pilotprojekt wird ein neuartiger Dachwassereinfluss untersucht.
- 
- **PLUSENERGIE-MFH MIT PRODUKTIONSOPTIMIERTEM VERBRAUCH** P&D 1.2
- |          |  |          |           |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead:    | Markus Portmann  | Funding: | BFE       |
| Contact: | Markus Portmann <a href="mailto:markus.portmann@e4plus.ch">markus.portmann@e4plus.ch</a> | Period:  | 2012–2015 |
- Abstract: Im Projekt soll aufgezeigt werden, wie mittels intelligenter Stromversorgung und intelligentem Stromverbrauch ein hoher Anteil des Bedarfs mit der gebäudeeigenen PV-Anlage gedeckt werden kann. Dazu werden die Betriebszeiten der Verbraucher optimiert und auf die Produktion abgestimmt.

