

ENET NEWS

Informationen zur Energieforschung



Bundesamt für Energie
Perspektiven für die Zukunft

Umgebungswärme
Potenzial weiter nutzen

Batterien
Mobil und stationär im Einsatz

www.energieforschung.ch

Bundesamt für Energie

Perspektiven für die Zukunft	4
Im Zentrum der Aktionsprogramme	4
Prix pegasus 2004 fördert Neues.....	6
Erdölreserven in Diskussion	6

CORE

Auf neueste Technik setzen.....	7
---------------------------------	---

ENET

Pars pro toto.....	9
--------------------	---

Energiewirtschaftliche Grundlagen

Analysieren und vergleichen.....	10
Wind und Wasser ergänzen sich	11

Kleinwasserkraftwerke

Vor dem Trinken turbinieren.....	12
----------------------------------	----

Biomasse

Die Schweiz präsentiert sich	13
------------------------------------	----

**Holz**

Pilotanlage überzeugt	14
Qualitätssiegel dank Prüfung.....	15

Photovoltaik

In Bauelemente integrieren	16
Eine Branche ist entstanden	16

Windenergie

Stürmische Rahmenbedingungen.....	18
Eindrückliche Erfahrungen auf dem Gütsch	19

Wärmespeicherung/Geothermie

Simulation für Heizen und Kühlen.....	20
---------------------------------------	----

**Umgebungswärme**

Potenzial weiter nutzen.....	21
Gesamtsystem im Auge behalten	26
WPZ: Prüftätigkeit erfolgreich aufgenommen.....	26
Für Sanierungen ausgelegt.....	28
Chronologie der SRHP.....	29
Studieren mit warmen Füßen	30

Gebäude

Besteller mit Kompetenz	31
Mehr Tageslicht in Geschäftsgebäuden	31

Batterien/Verkehr

Mobil und stationär im Einsatz.....	32
VEL2 im Endspurt.....	33

Elektrizität

Mehr denn je dezentral.....	34
Einsatz von supraleitenden Strombegrenzern	34

Kernenergie

Forschung für höheren Abbrand	36
-------------------------------------	----

Verfahrenstechnische Prozesse

Modelle für Batch-Anlagen	38
---------------------------------	----

Neu erschienene Publikationen**Impressum**

ENET-NEWS
Informationen zur Energieforschung

Juli 2004 / Nr. 58

Erscheinungsweise: dreimal pro Jahr in
deutscher und französischer Version

Herausgeber
Bundesamt für Energie BFE
Worblentalstrasse 32
CH-3063 Ittigen

Postadresse
Postfach
CH-3003 Bern

Redaktion
ENET Kommunikation
Jürg Wellstein
Parkstrasse 15
CH-4106 Therwil

Tel. +41 61 726 92 18
Fax +41 61 726 92 11
enet.kommunikation@bro.ch

Nachdruck nur mit Quellenangabe.

Papier: Recycling-Feinpapier, Cyclus Print,
matt, beidseitig gestrichen
Gedruckt in der Schweiz

Titelfoto

Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen im Bereich der Nutzung von Umgebungswärme mit Wärmepumpe haben Umsetzungserfolge gebracht. Durch gezielte Massnahmen zur Qualitätssicherung, beispielsweise Messungen im Wärmepumpen-Testzentrum Buchs (WPZ Buchs), können die Parameter verbessert und das Vertrauen in die Anlagen gefördert werden. (Fotos: FWS, STASCH)

Vom Komfort beeindruckt

In einem neu gebauten Einfamilienhaus gehört die Wärmepumpe heute schon fast zum guten Ton: Jedes dritte dieser Gebäude ist mit dem umweltfreundlichen Heizsystem ausgerüstet – und Jahr für Jahr werden es mehr. Die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) fördert seit ihrer Gründung 1993, was gefordert ist: Das umweltfreundliche Heizen mit Wärmepumpen. Ihre Aufgabe erfüllt die FWS durch das Bereitstellen vielfältiger Kommunikationsmittel, durch Medien- und Öffentlichkeitsarbeit, Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien und durch ein sehr gut ausgebautes Qualitätssicherungs-System, zu welchem beispielsweise auch das nationale Wärmepumpen-Prüfzentrum an der Fachhochschule Buchs gehört.

Der Umweltnutzen der Wärmepumpe war von Anfang an unbestritten, vermochte aber zu Beginn vornehmlich diejenigen zu überzeugen, denen der Umweltschutz und die Schonung natürlicher Ressourcen am Herzen lagen. Heute bestechen auch Komfortvorteile und wirtschaftliche Argumente: Wer eine Wärmepumpe installiert, ist und bleibt unabhängig vom Ölpreis, kann sich den Platz für einen Ölkessel sparen, braucht weder Kamin noch Kaminfeger, schafft für sein Gebäude einen Mehrwert – und darf darüber hinaus für sich in Anspruch nehmen, etwas für die Umwelt zu tun. Auf diesem Zusatznutzen, dem Komfort und auf der Wertsteigerung beruht die grosse Akzeptanz der Wärmepumpe.

Ende 2003 waren in der Schweiz rund 85'000 dieser umweltfreundlichen Heizungen in Betrieb. Bis zum Jahr 2010 sollen es gemäss Zielsetzung des Bundes 120'000 sein. Das erspart unserer Umwelt pro Jahr die Verbrennung von 400'000 Tonnen Heizöl und reduziert die CO₂-Belastung jährlich um eine Million Tonnen. Diese beiden Zahlen zeigen vortrefflich, dass die Wärmepumpe einen wichtigen Beitrag zur Reduktion des CO₂-Ausstosses leistet. Die grosse Wirksamkeit der Wärmepumpe und ihre Nachhaltigkeit rechtfertigen ihren hohen Stellenwert im energiepolitischen Programm der Schweiz und heben sie in den Rang eines eigentlichen Eckpfeilers der schweizerischen Energiepolitik. Die Geschichte der FWS und ihre Arbeit sind denn auch eng mit den Energie- und Klimazielen von EnergieSchweiz des Bundesamtes für Energie (BFE) verknüpft. Gemeinsam verfolgen wir auch eine konsequente Qualitätsstrategie – denn nur eine qualitativ einwandfreie und leistungsfähige Wärmepumpe ist eine echte Alternative zu fossilen Energien.

Mehr Lebensqualität, mehr Komfort, mehr Wertsteigerung, weniger Energiekosten und die Schonung der Umwelt: Die Wärmepumpe setzt sich durch, weil ihre Vorteile auf der ganzen Linie überzeugen.

Peter Bieri, Ständerat

Präsident der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS)

Bundesamt für Energie

Energie-Forschung 2003

Die in der Publikation „Energie-Forschung 2003“ zusammengefassten Überblicksberichte der BFE-Programmlenker vermitteln verdichtete Informationen über die im Jahr 2003 realisierten Vorhaben der Energieforschung und Technologienentwicklung sowie der Pilot- und Demonstrationsprojekte. Mit 330 F+E-Projekten und über 220 P+D-Projekten konnte einmal mehr die breite Forschungskompetenz sowie das beachtliche Engagement der Forschenden und der Industrie bestätigt werden.

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum rationalen Energieverbrauch in Gebäuden waren beispielsweise Wegbereiter für Gebäudestandards (Minergie, Minergie-P) und der sieben empfohlenen Standardschaltungen für Wärmepumpen-Anlagen.

Energie-Forschung 2003:

www.energie-schweiz.ch (Forschung)

www.energieforschung.ch (Publikationen)



Perspektiven für die Zukunft

Energieperspektiven zeichnen mittel- und langfristige Ziele vor

Martin Renggli

Leiter der Abteilung
Energiewirtschaft
und -politik des BFE

Marianne Zünd

Leiterin der Kom-
munikation des BFE

Welche Energie- und CO₂-Ziele will die Schweiz für die Zeit nach 2010 definieren? Mit dem Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft liegt zwar bereits eine langfristige Vision vor. Wie diese jedoch umgesetzt werden soll und welche mittelfristigen Ziele dazu festgelegt werden müssen, ist noch unklar. Das BFE hat deshalb zu Beginn dieses Jahres ein Projekt gestartet, welches die Energie-Perspektiven bis ins Jahr 2035 konkretisieren soll.

Arbeitsgruppe und Forum

Ausgehend von den aktuellen Daten zu den wirtschaftlichen und demografischen Rahmenbedingungen und Entwicklungen um-

fassen die Untersuchungen technologische Abklärungen, mögliche energiepolitische Massnahmen sowie deren volkswirtschaftliche und ökologische Auswirkungen. Die Resultate des Projekts werden als Grundlage für künftige politische Diskussionen und Entscheidungen dienen.

Für die Begleitung des Projekts hat das Bundesamt für Energie (BFE) neben einer wissenschaftlich orientierten Arbeitsgruppe das „Forum Energieperspektiven 2035“ eingesetzt, welches die wesentlichen Annahmen, Optionen und Konsequenzen der

Im Zentrum der Aktionsprogramme

Hans Luzius Schmid, stellvertretender Direktor des BFE, stand in den vergangenen Jahren als Leiter der Aktionsprogramme im Zentrum von Energie2000 und EnergieSchweiz. Demnächst wird er seine dritte Lebensphase beginnen. Im Folgenden äussert er sich über seine Erfahrungen und Einschätzung der Energiethematik in der Schweiz:

Wie beurteilen Sie die energiepolitische Entwicklung in der Schweiz während Ihrer Tätigkeit beim BFE?

Hans Luzius Schmid: Meine gut 30 Jahre Arbeit beim BFE lassen sich in zwei etwa gleich lange Perioden trennen:

1974–1990 war die Zeit der Konzepte, Perspektiven und Szenarien. Aufgrund der Erdölkrise 1973/74, der Kernenergie-debatte und von „Tschernobyl“ wurden auf Bundesebene tonnenweise energiepolitische Grundlagen erarbeitet, welche die Energiepolitik nachhaltig prägten. Die Szenarien der Eidgenössischen Kommission für die Gesamtenergiekonzeption (GEK, 1978) schufen die Basis für den Energieartikel in der Bundes-

verfassung. Die Perspektiven der Eidgenössischen Energiekommission dienten für den Bedarfsnachweis von Kernkraftwerken und für die Entscheide zu „Kaiseraugst“ und „Graben“. Die Szenarien der EGES (Expertengruppe Energieszenarien von 1988) zeigten die Konsequenzen eines Kernenergieausstiegs, eines Kernenergiemoratoriums sowie eines Ausbaus der Kernenergie in der Schweiz auf. Während dieser gesamten Zeit war praktisch jeder energiepolitische Fortschritt durch die Kernenergie-debatte blockiert.

Mit der Annahme des Energieartikels in der Bundesverfassung und des Kernenergiemoratoriums im September 1990 wurde die Phase der Umsetzung der Energiepolitik auf Bundesebene eingeläutet und zwar durch das Programm Energie2000. Alle massgeblichen Kräfte bekannten sich zur Priorität der rationellen Energieverwendung und der erneuerbaren Energien. Nach Ablauf des Programms Ende der 90er Jahre ergab die Vernehmlassung einen Konsens bezüglich Fortsetzung dieser Anstrengung. Zur Erreichung der schweizerischen Energie- und Klimaziele

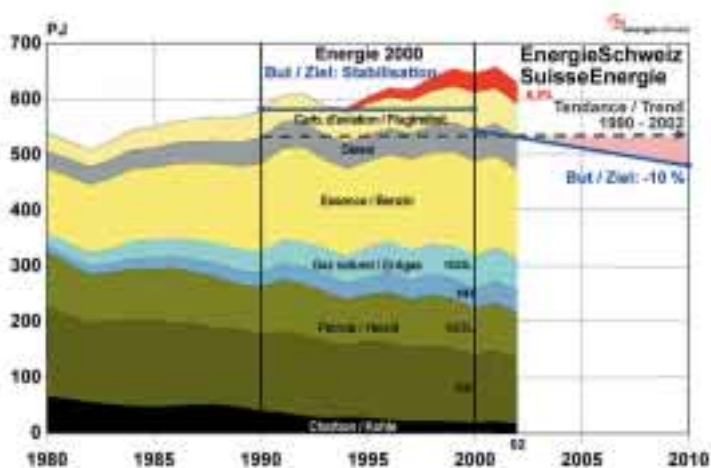


Ein Studium an der ETH-Zürich stand bei Hans Luzius Schmid am Anfang seiner Laufbahn. Als Leiter der BFE-Aktionsprogramme hat er immer wieder Forschungsergebnisse der Hochschulen umsetzen können.

Zukunftsszenarien diskutiert. Diesem Forum gehören Vertreter der Wirtschaft, der Konsumenten, der Energieträger, der Gewerkschaften, der Umweltverbände, aber auch der Kantone sowie der Wissenschaft an. Anlässlich eines Workshops im Februar 2004 konnten die Arbeitsgruppe und das Forum die künftige Verfügbarkeit fossiler Ressourcen diskutieren. Am 2. Juli fand ein zweiter Workshop über die künftigen Optionen der Stromproduktion statt. Zu den wichtigen Themen der Energieperspektiven 2035 gehören auch Fragen der Versorgungssicherheit und des Ersatzes bestehender Kernkraftwerke nach deren altersbedingten Ausserbetriebnahme.

Parameter für Modellberechnungen

Das BFE geht davon aus, dass erste Ergebnisse gegen Ende 2005 präsentiert werden



Wie sieht die schweizerische Energiepolitik nach 2010 aus? Bis dahin gelten die Ziele von EnergieSchweiz, beispielsweise für Brenn- und Treibstoffe.

können und im Laufe des Jahres 2006 auch Überlegungen dazu vorliegen werden, wie das ambitionöse Ziel einer 2000-Watt-Gesellschaft erreicht werden kann.

wurde das Programm EnergieSchweiz im Jahre 2001 lanciert und 2003 aufgrund des Entlastungsprogramms 03 beinahe wieder gestrichen. Dank der Unterstützung der Partner von EnergieSchweiz (Kantone, Gemeinden, Wirtschaft) und der ausgewiesenen Resultate des Programms kann dieses nun mit 45 statt 55 Mio. Fr. pro Jahr fortgeführt werden.

Welche Forschungsergebnisse der vergangenen Jahre erachten Sie als besonders prägend?

Erfolge wurden auf allen Gebieten erzielt, am augenfälligsten wohl im Gebäudebereich, wo dank intensiver Forschung an diversen Komponenten wie Heizung (Holz, Wärmepumpe, effiziente Feuerungen), Isolationen, Lüftung und Solarenergienutzung der Energieverbrauch neuer effizienter Gebäude auf einen Bruchteil des Verbrauchs herkömmlicher Gebäude gesenkt werden konnte (Minergie-Technik). Dank Unterstützung der Pilot- und Demonstrationsanlagen auf breiter Ebene konnten die Forschungsergebnisse rasch und effizient im Markt umgesetzt werden.

Dazu kommen Fortschritte bei neuen Technologien, die sich erst in Zukunft auf dem Markt auswirken, aber längerfristig viel zu einer nachhaltigen Energieversorgung beitragen

**„Es gibt nichts Gutes,
ausser man tut es!“
Hans Luzius Schmid**

werden. Dazu gehören Brennstoffzellen mit Schweizer Erfolgen im mobilen und im stationären Bereich (Sulzer Hexis). Weitere Fortschritte wurden bei der Photovoltaik, dem Wasserstoff und der Geothermie erzielt, wo die Schweiz auch international an der Forschungsspitze steht.

Welchen Rat geben Sie der Energieforschung im Hinblick auf die heutige Situation beim Energieverbrauch und auf die künftigen Herausforderungen?

Die Forschung allein nützt wenig; für die Wirkung am Markt ist die Umsetzung der Forschungsergebnisse massgebend. Dazu braucht

es weiterhin Anstrengungen bei den Pilot- und Demonstrationsanlagen und bei der Markteinführung im Rahmen von EnergieSchweiz. Nach der Kürzung der Mittel für die P+D-Anlagen hoffen wir auf eine verstärkte Unterstützung durch die Energie-, speziell die Elektrizitätswirtschaft.

Wie haben Sie Ihre visionäre Sichtweise bewahren können, angesichts der nicht immer ermutigenden Realitäten?

Dank der Überzeugung, dass wir mit Energieeffizienz und erneuerbaren Energien energie- und klimapolitisch auf dem richtigen Weg sind in Richtung nachhaltige Energieversorgung unseres Landes.

Prix pegasus 2004 fördert Neues

Prix pegasus, der Förderpreis von Energie-Schweiz für nachhaltige Mobilität, ist vor kurzem im Rahmen des 7. Internationalen Energieforums sun21 zum zweiten Mal verliehen worden. Von 47 eingegangenen Projekten wurden sechs unterschiedliche Ideen nominiert. Mit dieser Preisverleihung sollen innovative Ansätze zur Reduktion des Energieverbrauchs, zur effizienteren Nutzung der Verkehrsmittel sowie zur Sensibilisierung von Verkehrsteilnehmern gefördert werden.

Innovationen aus der Technik

Im Bereich technischer Neuheiten wurde „Max“, der multifunktionale Einkaufswagen und Transportanhänger nominiert. Er kann als Veloanhänger und bequem auch im Ladeninnern zum Einkaufen verwendet werden.

Eine weitere Projektidee ist das „öffentliche“ Auto von Mobility. Mit einer erwei-

Sensibilisierung anstreben

Zwei Drittel der Autos sind mit schlecht gepumpten Reifen unterwegs. Ein Projekt im Bereich der Sensibilisierung und Bildung will auf die Vorteile eines korrekten Reifendrucks aufmerksam machen und damit Energie sparen. In der Stadt Genf sollen rund 45'000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Verwaltungen, Organisationen und Unternehmen mit einem breit angelegten Transportbouquet für ökologisch vertretbare Mobilität gewonnen werden. Mit gezielten Fördermassnahmen wird die Stadtverwaltung auch wirtschaftliche Anreize zum „Umsteigen“ schaffen.



Preisverleihung von Prix Pegasus im Rahmen der sun21, des internationalen Energieforums.

terten Einsatzmöglichkeit von kontaktlosen Chip-Karten soll der Benutzerkreis – auch für Spontan-Fahrten – vergrössert werden.

Ein wesentlicher Schritt zur nachhaltigen Mobilität ist der Wechsel von fossilen Treibstoffen auf Biogas. SwissFarmerPower will im Kanton Luzern, mit seinem überdurchschnittlichen Tierbestand, eine Pilotanlage für Biogas aus Gülle und Mist aufbauen. Wichtiger Nebeneffekt ist die Reduktion der Gülle-Transporte über weite Distanzen.

Die Schweizer Bevölkerung generiert Verkehr aber nicht nur im Inland, sondern auch im Ausland. VISUMtourism verfolgt mit einem virtuellen Schulungswerkzeug und einem Mobilitätsrechner das Ziel, den ökologischen „Fussabdruck“ von Reisevarianten im Ausland zu berechnen.

www.prixpegasus.ch
www.sun21.ch

Erdölreserven in Diskussion

Die Frage um die Prognosen der Erdölreserven stand im Mittelpunkt einer Fachtagung der Schweizerischen Energie-Stiftung (SES), die Mitte Mai in Zürich stattfand. Als Ausgangspunkt wurde festgestellt, dass sich um Energiere Ressourcen immer wieder Verteilungskriege entwickelt haben und deshalb neben den technischen Aspekten stets auch die gesellschaftlichen und friedenspolitischen Themen beachtet werden müssen.

Martin Renggli, Leiter der Abteilung Energiewirtschaft und -politik beim BFE, wies als einer der Referenten aus dem In- und Ausland auf die Konvergenz der Meinungen hin, die durch unzuverlässige Daten und sinkenden Erfolg bei der Entwicklung neuer Erdölfelder geprägt wird. Die Tatsachen, dass einerseits die weltweite Nachfrage steigt und andererseits die Abhängigkeit vom Mittleren Osten zunimmt, sind jedoch unbestritten. Ferner wurde darauf hingewiesen, dass der Energiemix in den nächsten Jahren kaum fundamental geändert werden kann.

Die Schweizer Energie- und Klimapolitik zielt bei fossilen Energien auf eine Reduktion ab. Während bei Brennstoffen der Zielpfad bis 2010 annähernd erreicht werden kann, muss bei Treibstoffen statt mit einer Reduktion sogar mit einer Zunahme gerechnet werden.

An der Tagung wurden auch verschiedene Aspekte der Förderkurven und des Überschreitens des Förderhöhepunkts diskutiert. Eine Zunahme der erforderlichen Öltransporte, die Entsorgung von Ölplattformen usw. waren weitere aktuelle Themen.

Geht man davon aus, dass ca. 70 % des geförderten Erdöls für die Mobilität verbraucht werden, so kann man schliesslich die Chance erkennen, welche es durch zukunftsgerichten Fahrzeugbau, neuartige Verkehrssysteme und angepasste Verhaltensänderungen zu nutzen gilt.

Weitere Informationen:
www.energiestiftung.ch

Auf neueste Technik setzen

Wärmepumpen führen in Kombination mit anderen effizienten Massnahmen zu weiteren Energieeinsparungen

Seit rund acht Jahren ist Giuse Togni Mitglied der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE. In der Kommission vertritt sie einerseits den Standpunkt der KMU, andererseits betreut sie als Patin das Forschungsprogramm Umgebungswärme, Wärme-Kraft-Kopplung, Kälte. Im Folgenden äussert sich Giuse Togni zur Schweizer Energiepolitik, über die Erfolgsstory der Wärmepumpen und zu den Visionen des neuen Konzepts zur Energieforschung der CORE:

Was ist neben der CORE-Mitgliedschaft Ihre berufliche Tätigkeit?

Giuse Togni: Meinen Einstieg in die Energietechnik habe ich über mein Physikstudium gefunden. Heute realisiere ich als Partnerin der eTeam GmbH in Zürich Energieplanungsprojekte für Gemeinden und wirke bei Betriebsoptimierungen im Gebäudebereich mit. Durch die Bürogemeinschaft mit der Agentur für Energie-

„Der Zweck der Wärmepumpe wurde breit kommuniziert und anschaulich erklärt.“

Giuse Togni

effizienz S.A.F.E. habe ich auch Einblick in andere Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz. Im weiteren liegt mir auch als Mutter viel an einem wegweisenden, nachhaltigen Umgang mit Energie und Umwelt, die für die nächsten Generationen intakt erhalten bleiben muss.

Welche Meinung haben Sie zur Schweizer Energiepolitik?

Wir haben Gesetze, wir haben gewisse Zielsetzungen und ein vorbildliches Programm EnergieSchweiz. Doch generell betrachtet, scheinen wir unsere Aufgaben nicht ganz verstanden zu haben. Die endlichen Vorräte an fossilen Energien sowie die Suche nach Alternativen zur Kernenergie müssten uns wesentlich mehr aktivieren. Vor allem in der Umsetzung von heute vor-

kutiert wurde. Die entstandenen Konzepte basieren auf dieser intensiven Zusammenarbeit und auf einer langfristigen Perspektive. Das neue CORE-Konzept 2004–2007 beleuchtet den Zeithorizont 2050 und macht entsprechende Empfehlungen für die Forschungs- und Entwicklungsarbeit der nächsten Jahre. Die konkreten Meilensteine bis 2050 sind allerdings noch nicht gesetzt; hier müssen Roadmaps geschaffen werden. Die Kontrolle der verschiedenen Umsetzungsanstrengungen liegt jedoch



*Giuse Togni:
Eigentlich sind wir
in der Schweiz
dazu prädestiniert,
anspruchsvolle
Produkte, wie hoch
effiziente Wärme-
pumpen, zu bauen.*

handenen Technologien sollte mehr geschehen. Zudem mache ich beim Prinzip der Freiwilligkeit Fragezeichen. Weshalb kann man die Baugesetze nicht verschärfen; warum importieren wir nach wie vor Geräte, Autos usw. mit schlechter Effizienz?

Wie beurteilen Sie die Wirkung der CORE-Konzepte?

Während meiner gesamten Zeit in der CORE habe ich festgestellt, dass konstruktiv gearbeitet und fachlich kompetent dis-

ausserhalb des Kompetenzbereichs der CORE.

Welchen Eindruck haben Sie – als Patin des Forschungsprogramms Umgebungswärme – von dessen Entwicklung?

In diesem Programm wird seit jeher zielgerichtet agiert, wobei zum einen die Effizienzsteigerung, zum andern die Entwicklung einer Wärmepumpe für den Sanierungsmarkt traktandiert waren. Eingehende Projekte werden nur diesen Zielsetzungen entsprechend unterstützt und

auch angemessen kontrolliert. Durch die starke, wohl auch notwendige Konzentration auf Wärmepumpen ist der Bereich der Wärme-Kraft-Kopplung etwas zu kurz gekommen. Mit Unterstützung des WKK-Fachverbandes sollen nun Impulse entstehen und wieder mehr Aktivität entwickelt werden.

Worin liegt der Grund für die starke Verbreitung der Wärmepumpe in den vergangenen Jahre?

Es wurden optimale Produkte entwickelt. Die Wärmepumpe ist eine geeignete Technik, die auf platzsparende Weise die Wärme im Gebäude bereitstellen kann. Das hat



Giuse Togni: Frauen ist die Dringlichkeit nachhaltiger Entwicklung im Blick auf die kommenden Generationen oft bewusster.

überzeugt. Zum Erfolg mitgeholfen haben Energiegesetze, wie jenes des Kantons Zürich, wo Neubauten nur 80% des Energiebedarfs fossil abdecken dürfen, also die Wärmepumpe eine Chance erhalten hat und sie inzwischen beeindruckend zu nutzen verstand. Im Übrigen wurde der Zweck der Wärmepumpe auch breit kommuniziert und anschaulich den Bauherrschaften erklärt, sei es an Messen, Fachtagungen, Open-House-Veranstaltungen usw.

Gibt es auch kritische Punkte bei der Wärmepumpe?

Hier sehe ich zwei Bereiche. Zunächst die Tatsache, dass Wärmepumpen-Anlagen sorgfältiger geplant und installiert werden müssen als konventionelle Heizsysteme. Es handelt sich um eine empfindlichere Technik. Nach wie vor begegnen wir heute Menschen, welche negative Erfahrungen damit gemacht haben. Mit den umfangreichen Massnahmen zur Qualitätssteigerung und -sicherung hat man sinnvoll reagieren können. Es muss ferner das Ziel jeder Planung sein, die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequellen- und Heiztemperatur möglichst klein zu halten. Die zweite Problematik sehe ich in der Herkunft der nötigen Elektrizität. In den 90er Jahren hat man den Einsatz von Wärmepumpen als Ersatz von Elektroheizungen verstanden. Heute argumentiert man eher mit der Vermeidung von CO₂-Emissionen. Wir dürfen die Frage nach der Stromherkunft jedoch nicht ausser Acht lassen.

Wie beurteilen Sie die Anstrengungen für die Produktion von Wärmepumpen in der Schweiz?

Es handelt sich um technologisch anspruchsvolle Produkte – für deren Herstellung wir eigentlich in der Schweiz prädestiniert sind. Ich gehe davon aus, dass die Zusammenarbeit einzelner Firmen gefördert werden müsste, um Know-how zu konzentrieren, Serienproduktion zu realisieren und damit Erfahrungspotenzial bei gleichzeitig sinkenden Preisen zu generieren. In diesem Zusammenhang sind sicherlich auch Exportaktivitäten denkbar, beispielsweise in das nahe Ausland, wie Frankreich, wo Elektroheizungen in grosser Zahl ersetzt werden könnten.

Um Veränderungen im Gebäude- und Energiebereich zu erwirken, ist auch der Einfluss auf die Gesetzgebung zu verstärken. Was meinen Sie dazu?

Es hat sich tatsächlich gezeigt, dass geeignete Gesetze einen positiven Einfluss ausüben. Man kann aber auch den Markt spielen lassen; ich befürchte dabei jedoch, dass wir dann zu spät sind, wenn sich die externen Gegebenheiten bei den fossilen Energien allzu rasch verändern werden. Im Gebäudebereich haben wir zu lange Zykluszeiten, um auf die Preisänderungen der Energieträger wirkungsvoll reagieren zu können. Wir sollten uns heute schon darauf vorbereiten. Im Weiteren ist festzustellen,

„Wir scheinen unsere Aufgaben noch nicht ganz verstanden zu haben.“

Giuse Togni

len, dass wir bei gewissen Technologien enorme Effizienzsteigerungen realisiert haben, bei andern wird kaum etwas getan. Und wieso wir im Neubaubereich alte Techniken nutzen, während es beim Kauf eines PC stets das neueste Modell sein muss, ist kaum verständlich.

Energieforschung und Energieszene sind mehrheitlich Männerdomäne. Was würde sich ändern, wenn mehr Frauen dabei wären?

Zwar bringen wir als Frauen vergleichbare Studienkenntnisse mit, mir scheint jedoch, dass Frauen oft kompromissloser und konsequenter die Ziele verfolgen. Wahrscheinlich, weil ihnen die Dringlichkeit im Blick auf die kommenden Generationen bewusster ist. In diesem Sinn wünsche ich mir natürlich auch in der Energieforschung einen höheren Frauenanteil.

Pars pro toto

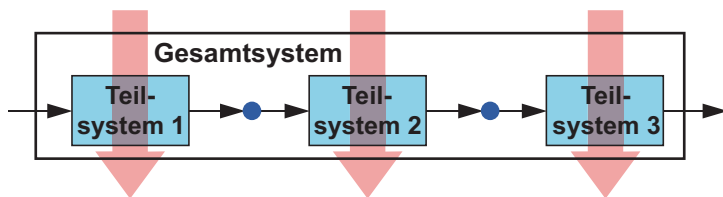
Unterschiedliches Vorgehen bei der Abklärung von Verbesserungspotenzialen

Michael Spirig
ENET-Technologie-
Transfer
CH-9320 Arbon

Die rationelle Energienutzung und die Verwertung von erneuerbaren Energieträgern erfordern marktgerechte technische Systeme. Innovative Lösungen entstehen durch geschickte Kombinationen von bestehenden und neuen Technologien. Hierfür ist die Wärme-Kraft-Kopplung z.B. kombiniert mit Reaktoren zur Herstellung von biogenem Gas, Wärmepumpen, Brennstoffzellen und Dampfturbinen ein typisches, aber bei weitem nicht das einzige Beispiel. Bis aber aus einem solchen komplexen Gefüge ein marktfähiges Produkt entwickelt ist, stehen Verbesserungen an bestehenden Teil- und Gesamtsystemen im Vordergrund. Doch was hat Vorrang?

Teilsysteme

Die Verknüpfung der Teilsysteme bildet das Gesamtsystem (Bild 1). Die Ausgangsparameter eines Teilsystems stellen somit die Eingangsbedingungen für das Nachfolgende dar. Die Abstimmung von Ausgangswerten mit den erforderlichen Eingangsparametern von gekoppelten Teilsystemen beeinflusst deren Funktions-



Teilsystem-orientiertes Vorgehen.

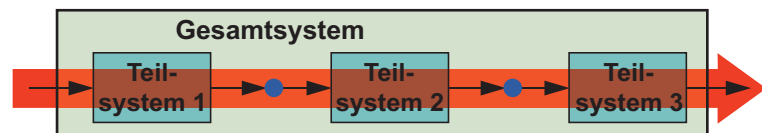
tauglichkeit und implizit auch diejenige des Gesamtsystems. Die Abstimmung und Optimierung der Teilsysteme untereinander und allfälliger Einsatz von zusätzlichen Aufbereitungsstufen oder Hilfsystemen scheinen unerlässlich. Eine Erhöhung der Komplexität und in der Regel der Investitionen ist die Folge.

Dies ist ein Teilsystem-orientiertes Vorgehen, welches aus der Entwicklungsgeschichte und Struktur einer Lösung resultiert. Das Ziel ist, das Gesamtsystem durch abgestimmte Teilsysteme zum Er-

folg zu bringen. Gesamtsysteme, welche die erforderliche Funktionalität und die Zielkosten mehr oder weniger erreichen, sind die Folge. Und der nachhaltige Produkterfolg ist gefährdet.

Gesamtsystem

ENET verfolgt einen gesamtheitlichen Ansatz mit prozessorientiertem Vorgehen (Bild 2). Im Vordergrund stehen hierbei die Funktionalität und die Kosten des Gesamtsystems.



Als erstes sind das Konzept sowie die Ein- und Ausgangsparameter des Gesamtsystems zu analysieren und die Schnittstellen sowie die gegenseitigen Abstimmungen zwischen den Teilsystemen zu definieren. Im nächsten Schritt wird der Stand der Technik für die eingesetzten und alternativen Teilsysteme und deren Kombinationen geklärt und abgestimmt.

Gesamtheitlicher Ansatz mit prozessorientiertem Vorgehen.

Wesentlich für künftige F+E-Projekte ist die technische und wirtschaftliche Bestimmung und Bewertung der Schwachstellen im geplanten Gesamtsystem. Dabei sind die Teilsysteme diesem unterzuordnen. Die wichtigsten Parameter zur Bewertung sind: Robustheit, Investitionen, Betriebsaufwand, Nachhaltigkeit. Vor der Projektfreigabe sind die geplanten Gesamtkosten des Systems gegenüber den Wettbewerbsprodukten zu bewerten. Das prozessorientierte Vorgehen von ENET orientiert sich am Gesamtsystem. Die Teilsysteme haben sich dem Gesamtnutzen unterzuordnen. Pars pro toto.

Analysieren und vergleichen

Technologie-Monitoring schafft Grundlagen für die Beurteilung von Produkteentwicklungen

Hanspeter Eicher
Reto Rigassi

Dr. Eicher + Pauli AG
CH-4410 Liestal

Walter Ott

Econcept AG
CH-8002 Zürich

Lukas Gutzwiller

BFE-Bereichsleiter
Energiewirtschaftliche Grundlagen

Wie lässt sich die Entwicklung einer bestimmten Technologie in wirtschaftlicher Hinsicht beurteilen? Mit einem systematischen Technologie-Monitoring können Grundlagen erarbeitet werden, mit welchen entsprechenden Einschätzungen möglich werden und künftige Entwicklungspfade, die schliesslich zu einem Durchbruch im Markt führen, sich definieren lassen. Im Rahmen einer vom BFE unterstützten Studie wurden vier exemplarische Technologien untersucht:

- motorische Wärme-Kraft-Kopplung
- Brennstoffzellen-Heizgeräte
- Luft-Wasser-Wärmepumpen für Einfamilienhäuser
- Hochleistungs-Wärmedämmung.

Kriterien für die Auswahl der Technologien

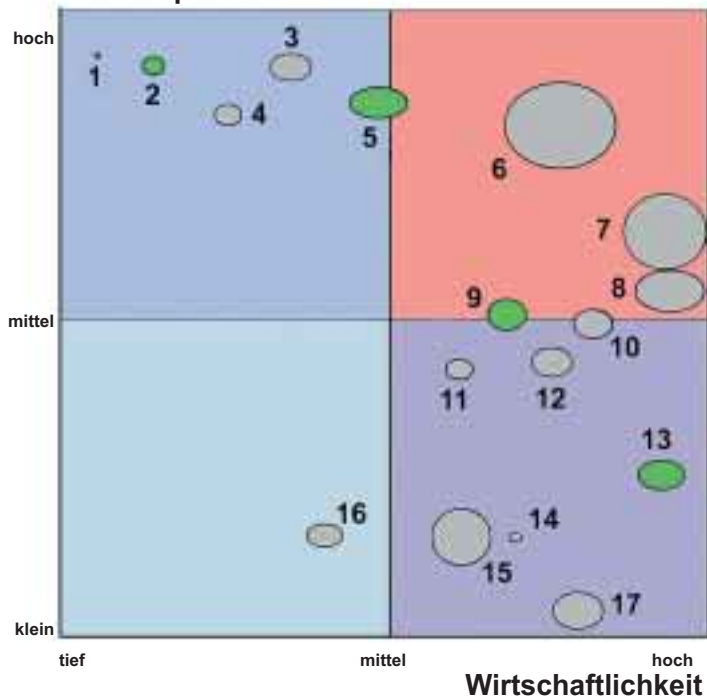
Welche Ursachen haben in den vergangenen Jahren zu Kosten- bzw. Preisveränderungen bei diesen Technologien geführt? Können die dafür verantwortlichen Gründe ermittelt werden, so erhält man eine verlässlichere Ausgangslage für die Erstellung von Energieperspektiven. Zudem kann man dadurch statistische Werte besser verstehen. Für die Auswahl der Technologien, die durch das Monitoring untersucht werden sollten, wurden verschiedene Kriterien formuliert. Einerseits schenkte man der Wachstumsdynamik grosse Beachtung, weil sowohl für hohes als auch gehemmtes Wachstum die Analyse der Ursachen, Voraussetzungen und Nebenwirkungen interessant ist. Andererseits ist das heutige und zukünftige Anwendungspotenzial relevant, um beispielsweise die Entwicklung der Wirtschaftlichkeit abschätzen zu können. Ferner geht es dabei auch um das vorhandene Innovationspotenzial einer Technologie.

Aufgrund dieser Kriterien wurden die Energietechnologien beurteilt und in einem Funktionsdiagramm (Innovationspotenzial/Wirtschaftlichkeit) platziert. Die in der

Studie untersuchten Technologien sind gezielt aus unterschiedlichen Positionen ausgewählt worden, um die jeweiligen Gegebenheiten wirkungsvoll analysieren zu können.

Sowohl die Analyse der bisherigen Kostentwicklung der untersuchten Technologien als auch die Beurteilung des künftigen

Innovationspotenzial



Technologien im Spannungsfeld zwischen Innovationspotenzial und Wirtschaftlichkeit. Für die Studie ausgewählte Beispiele: Brennstoffzellen (WKK), Hochleistungs-Wärmedämmung, Wärmepumpen und Wärme-Kraft-Kopplung (konventionell).

- 1 Photovoltaik
- 2 Brennstoffzellen-WKK
- 3 Vakuumfenster
- 4 Geothermie
- 5 Hochleistungs-Wärmedämmung

- 6 Grossverbraucher-Prozesse
- 7 Gebäudesysteme
- 8 El. Geräte
- 9 Wärmepumpen in Gebäuden
- 10 Beleuchtung
- 11 Wind

- 12 Lüftung/Klima
- 13 WKK (konv.)
- 14 Holzenergie
- 15 Holzfeuerungen (Gebäude)
- 16 Thermische Kollektoren
- 17 Abwärme.

Studie:
Technologie-Monitoring, 2003,
H. Eicher, W. Ott,
R. Rigassi, 2003
ENET-Nr. 230192

Kostenverlaufs erfolgte mit Hilfe von Kostendegressionsfaktoren. Diese geben an, wie sich die Kosten bei einer Verdoppelung der kumulierten Fertigung eines Produkts verändern. Sie sind somit auch ein Mass für die erzielten Lern- und Skaleneffekte. Diese bedingen einander gegenseitig: Kostensenkungen fördern die Nachfrage, wodurch wieder mehr Lerneffekte möglich werden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass für die Kostenreduktionen neben diesen Effekten auch vorhandene Marktstrukturen genauso verantwortlich sein können.

Beispiele mit unterschiedlicher Entwicklungsgeschichte

In den 90er Jahren sind die Kosten für Wärme-Kraft-Kopplungs-Module um ca. 60 % gesunken. Die Kostendegression lässt sich vorwiegend durch die Preispolitik der Anbieter sowie gewisse Lerneffekte begründen. Dadurch sind auch die Stromgestehungskosten gesunken. Unter der Annahme von konstanten Energiepreisen ist in den nächsten Jahren eine weitere, wenngleich geringere Reduktion dieser Kosten zu erwarten.

Die Brennstoffzellen-Technologie mit einer Leistung unter 10 kW für Ein- und Mehrfamilienhäuser ist noch in der Marktentwicklung. Ein Kostendegressionsfaktor von 0,75 müsste bis zum Start einer Serienproduktion möglich werden, um das Kostenziel von CHF 3'000.-/kW zu erreichen.

In den 90er Jahren sind die Wärmepumpen-Kosten um ca. 35 % gesunken. Gleichzeitig konnte die Jahresarbeitszahl um ca. 20 % gesteigert werden. Entwicklungen bei Technologie und Qualität haben hier massgebenden Einfluss ausgeübt. Für die Zukunft scheint eine weitere Reduktion der Wärmegestehungskosten bei konstanten Strompreisen wahrscheinlich.

Die Hochleistungs-Wärmedämmung für die Innenanwendung bei Altbauten hat die Wirtschaftlichkeitsschwelle noch nicht erreicht. Die Kosten für solche Vakuumdämmplatten (VIP) können allerdings durch eine automatisierte Produktion in Zukunft deutlich gesenkt werden.

Wind und Wasser ergänzen sich

Schweizer Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke sind für die Landesversorgung mit Elektrizität und für den Export von Spitzenenergie von Bedeutung. Durch die Liberalisierung der Elektrizitätswirtschaft in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union und die vermehrte Nutzung von Windenergie können sie jedoch eine neue, attraktive Rolle innerhalb des europäischen Netzverbundes spielen. Eine BFE-Studie behandelte die entsprechenden Fragen.

Produktion schnell anpassbar

Weil Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke sehr schnell ihre Produktion anpassen können, eignen sie sich hervorragend zum Ausgleichen und Ausregeln von unvorhergesehenen Konsum- bzw. Produktionsschwankungen, wie sie insbesondere bei Windenergieanlagen auftreten.

Mit der Teilnahme an geplanten Regelenenergiemärkten in Europa können die Schweizer Kraftwerke ihre Bereitschaft, Leistung für die Erzeugung von Regelenenergie bereitzuhalten, gewinnbringend vermarkten. Dabei treten sie jedoch in Konkurrenz mit anderen Anlagen, die ebenfalls Regelenenergie anbieten, beispielsweise schnell einsetzbare Gaskraftwerke.

Deckungsbeiträge für Substanzerhalt

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Betreiber von Speicher- und Pumpspeicherkraftwerken ihre Regelenenergie günstiger anbieten können als Produzenten mit anderen Technologien. Das bedeutet einerseits, dass die schweizerischen Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke Deckungsbeiträge erwirtschaften können, die es ihnen erlau-

ben, ihre Substanz zu erhalten und unter Umständen auszubauen (insbesondere Ausbau von Turbinen- und Pumpleistung). Andererseits erhalten die Bezüger von (noch relativ teuer und deshalb geförderter) Windenergie bei einer Teilnahme der schweizerischen Kraftwerke an den ge-



Für die Schweizer Speicherkraftwerke eröffnen sich interessante wirtschaftliche Perspektiven für die Lieferung von Regelenenergie beim weiteren Ausbau von Windkraftanlagen in Europa. (Foto: VA-Tech Hydro AG)

planten Regelenenergiemärkten die benötigte Ausgleichsenergie tendenziell günstiger.

Die Teilnahme der schweizerischen Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke an den geplanten Regelenenergiemärkten leistet unter diesen Umständen einen Beitrag zur Förderung der beiden wichtigsten erneuerbaren Energien in Europa: Wasserkraft und Windenergie. Um an diesen Märkten teilnehmen zu können, sind eine Reihe von technischen und institutionellen Voraussetzungen zu schaffen.

Studie:

Windenergie und schweizerischer Wasserkraftpark: econcept AG, Zürich; Consentec GmbH, Aachen; Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) der RWTH, Aachen; 2004
ENET-Nr. 240004

Vor dem Trinken turbinieren

Erfolgreicher Ausbau der Trinkwasserversorgung mit einem Kleinkraftwerk beim Reservoir

Peter Michel
Projektleiter
Etron GmbH
CH-3855 Brienz

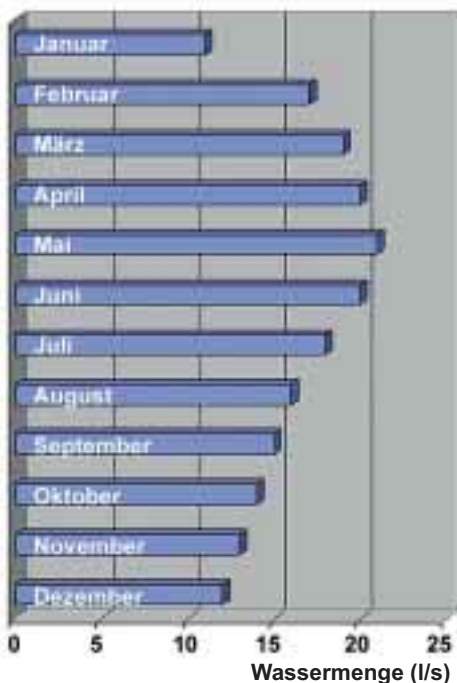
Bruno Guggisberg
BFE-Bereichsleiter
Kleinwasserkraftwerke

Manuel Buser
BFE-Programmleiter
(P+D) Kleinwasserkraftwerke
c/o entec ag
CH-9000 St. Gallen

Das Turbinieren von Trinkwasser stellt eine effiziente Energieerzeugung dar, denn es können dazu bestehende Infrastrukturen der Wasserversorgung genutzt werden. Diese Überlegung hat sich auch die Brunnengenossenschaft Hohfluh in Hasliberg (BE) gemacht und das Reservoir Bieli mit einem Trinkwasserkraftwerk ausgestattet. Eine vom BFE unterstützte Vorstudie hat im Jahr 2001 aufgezeigt, dass ein selbsttragender, wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Inzwischen wurde die Anlage erstellt und im Dezember 2003 ans Netz genommen.

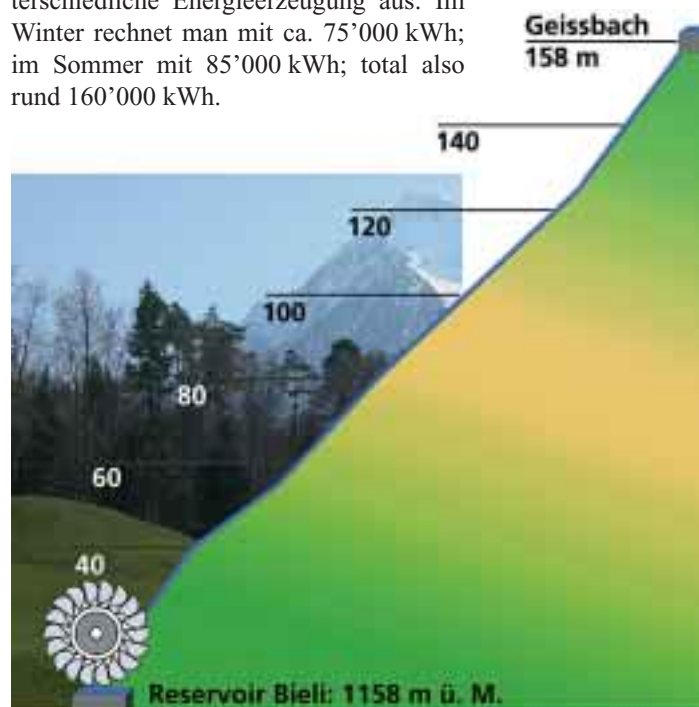
zeichnet. So rechnet man im Januar mit 11 l/s, im Mai hingegen mit 21 l/s. Dies wirkt sich auch auf die zu erwartende, unterschiedliche Energieerzeugung aus: Im Winter rechnet man mit ca. 75'000 kWh; im Sommer mit 85'000 kWh; total also rund 160'000 kWh.

Die monatlichen Wassermengen zeigen erhebliche saisonale Schwankungen; durchschnittlich rechnet man mit 17 l/s.



Zufluss mit saisonalen Schwankungen

Die Wasserfassung liegt auf einer Höhe von 1316 m.ü.M. Die Höhendifferenz zum Reservoir Bieli beträgt 158 m. Rund 573 m der 630 m langen Druckrohrleitung wurden saniert bzw. für den Turbinenbetrieb optimiert. Die durchschnittliche Wassermenge liegt bei 17 l/s, es werden jedoch erhebliche saisonale Schwankungen aufge-



Das Kleinkraftwerk wurde neben dem bestehenden Reservoir Bieli aufgebaut. Es ist mit einer Pelton-Turbine (24 kW) und einem Bartholdi-Generator ausgestattet. Der Zustrom wird durch eine Düsenadel geregelt. Den Wasser-Bypass nutzt man bei Betriebsstörungen und Unterhaltsarbeiten. Der Gesamtwirkungsgrad wurde auf über 70 % berechnet.

Höhenprofil von der Wasserfassung bis zum Reservoir Bieli, wo das Trinkwasser turbinieren werden kann.

Messungen bestätigen die Berechnungen

Der Investitionsaufwand für das gesamte Kleinwasserkraftwerk betrug rund CHF 340'000.-. Die bisher gemessenen monatlichen Produktionswerte haben die Erwartungen übertroffen, da während diesen ersten Monaten grössere Wassermengen als vorausgesagt genutzt werden konnten.

Die Schweiz präsentiert sich

IEA-Programm Bioenergy hat die Aktivitäten im Bereich der Forschung und Anwendung kennen gelernt

Bruno Guggisberg
BFE-Bereichsleiter
Biomasse

Daniel Binggeli
BFE-Bereichsleiter
Holz

Im Jahr 1978 hat die Internationale Energie-Agentur (IEA) das Programm Holzenergie gestartet. Acht Jahre später wurde es erweitert und durch den Einbezug der übrigen Biomasse-Bereiche als IEA-Programm Bioenergy fortgesetzt. Heute sind über 20 Länder in den entsprechenden Aktivitäten involviert.

Internationale Gruppe besucht Schweizer Biomasse-Projekte

In regelmässigem Abstand treffen sich die Programmverantwortlichen und Projektleiter, um Zielsetzungen, Terminpläne und Budgets zu definieren und zu koordinieren. Anfangs Mai kam man zum 53. Meeting des Executive Committee zusammen. Unterstützt und organisiert vom BFE fand das dreitägige Treffen mit rund 40 Personen in Luzern statt.

Auf einer vorgängig durchgeführten Besichtigungsfahrt konnten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer über den Stand der Biomasse-Nutzung und über Forschungsprojekte des Paul Scherrer Instituts (PSI) informieren. Hier stand die Holzvergasungs-Untersuchungen mit den hydrothermalen und thermisch-katalytischen Prozessen im Mittelpunkt.

Länderspezifische Rahmenbedingungen und Schwerpunkte stehen im Zentrum des Interesses bei den Verantwortlichen des IEA-Programms Bioenergy.

Kommunikation als Ausgangspunkt für vermehrte Nutzung

Beim Besuch der Kompakt-Biogasanlage bei einem Bauernbetrieb nahe Reiden (LU) und des Kompogas-Infozentrums in Oteltingen (ZH) konnten die Rahmenbedingungen für biogene Energieerzeugung sowie die Kommunikationsmöglichkeiten für Biogas als Treibstoff erörtert werden. Beim abschliessenden Besuch der Bio-Molkerei Biedermann in Bischofszell (TG) liess man sich über die Energieerzeugung mit einer Holzfeuerung informieren, für deren Investition eine Unterstützung vom Lothar-Kredit gewährt worden ist.

Während der anschliessenden zweitägigen Sitzung konnten die Schweizer Delegierten das Biomasse- und Holzenergieprogramm des BFE präsentieren.

Internet-Links

Biomasse-Informationen des BFE:
www.energie-schweiz.ch
(Fakten → Erneuerbare Energien → Biomasse/Holz)

IEA-Programm Bioenergy
www.ieabioenergy.com

PSI-Forschung im LEM
<http://lem.web.psi.ch>

Kompogas
www.kompogas.ch

Besuch im Paul Scherrer Institut in Villigen.



Pilotanlage überzeugt

Holzvergasungstechnik als alternativer Ausgangspunkt für eine effiziente Wärme-Kraft-Kopplung

Herbert Gemperle
Pyroforce Energietechnologie AG
CH-6020
Emmenbrücke

Daniel Binggeli
BFE-Bereichsleiter
Holz

Im Labor Spiez, der schweizerischen Fachstelle für ABC-Schutz, wird seit zwei Jahren zusätzlich zu einer Ölheizung eine Pilotanlage für die Holzgasverstromung betrieben. Inzwischen hat die Anlage der Pyroforce Energietechnologie AG in Emmenbrücke bereits 5'000 Betriebsstunden überschritten.

Verfahrenstechnik für Wärme und Strom

Holz ist in der Schweiz neben der Wasserkraft die wichtigste erneuerbare Energie. In der Regel wird Energieholz direkt zur Wärmeerzeugung genutzt. Mit der Holzvergaser lässt sich jedoch eine Wärme-Kraft-Kopplung realisieren, wodurch zusätzlich zur Wärmeproduktion auch Elektrizität produziert werden kann.

Grundsätzlich stehen bei der Holzvergaserung zwei Verfahren zur Verfügung: der Wirbelschicht- und der Festbettvergaser. Bei der Anlage in Spiez handelt es sich um einen Gleichstrom-Festbettvergaser, eine geeignete Technik für den unteren Leistungsbereich. Trockene Holzschnitzel werden von oben durch eine nahezu luftdichte Schleuse in den Vergaser gefördert. Nun erfolgt durch aufströmende Wärme eine weitere Trocknung der Schnitzel. Daraufhin setzt die Pyrolyse ein, die thermische Zersetzung unter Luftausschluss. Die entstehenden Produkte gelangen in die tiefer liegende Oxidationszone, in der so viel Luft zugeführt wird, dass die gasförmigen Stoffe oxidieren. In der untersten Zone des Vergasers findet nun die Reduktion statt. Aus Wasser und Kohlenstoff entstehen Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Das rund 600 °C heisse Rohgas wird nun der Reinigung und Kühlung zugeführt.



*Labor Spiez:
Anstelle von drei
Ölkesseln erzeugen
heute eine Holz-
vergaseranlage
und ein Ölkessel
die Heizwärme.*



*Holzschnitzel
werden im unter-
irdischen Silo
gelagert.*



Erfolgreiche Zusammenarbeit beim Pilotprojekt

Nachdem die Pyroforce AG den Vergaserreaktor entwickelt hatte, schloss sie sich 1999 mit den beiden Unternehmen CTU Concepte Technik Umwelt AG in Winterthur und GE Jenbacher GmbH im österreichischen Jenbach einen Zusammenarbeitvertrag ab, um industrielle Holzvergaseranlagen zu realisieren. In Spiez wurde dann die erste Anlage mit einer elektrischen Leistung von 200 kW installiert.

Im Rahmen eines zweijährigen Forschungsprojekts, das vom BFE unterstützt wurde, konnten die betrieblichen Kenngrößen für den Teillastbetrieb dieser Anlage erfasst werden. Das PSI führte vor Ort Messungen der Gaszusammensetzung und der Teerbelastung im Holzgas durch.

*Die Dimensionierung
des Vergaser-
reaktors und der
Wärmeisolationen
müssen optimal auf-
einander abge-
stimmt sein, um ho-
hen Wirkungsgrad
zu erreichen.*

Internet-Links

Pyroforce Energie-
technologie AG
**www.
pyroforce.ch**

CTU Concepte
Technik Umwelt AG
www.ctu.ch

GE Jenbacher
GmbH
**www.
gejenbacher.com**

Temperatur und Emissionen reduzieren

Mit der Gasreinigung und Kühlung wird die Voraussetzung geschaffen, dass der Gasmotor zuverlässig arbeiten kann, mit dem gekühlten Gas einen besseren Wirkungsgrad erreicht und weniger Abgasemissionen entstehen. Das von der CTU projektierte System umfasst zunächst einen Heissgaszyklon, in welchem Asche- und Russpartikel entfernt werden. Im nachfolgenden Röhrenkühler wird die Temperatur auf 150 °C gesenkt. Der anschließende Filter ist für die Verarbeitung sowohl von Frischholz als auch Altholz ausgelegt, also auch für das Entfernen von Schwermetallen und Chlor (aus der Vergasung von PVC-Resten).

Der 8-Zylinder-Gasmotor der GE Jenbacher GmbH weist einen Hubraum von 16 Litern auf und leistet je nach NO_x-Emissionen 180–250 kW.

Potenzial durch die Erfahrungen bestärkt

Die Holzschnitzel stammen von einem Produktionsbetrieb für Schalungsplatten. Die mit der Holzvergasungsanlage erzeugte Wärme wird für die Gebäudebeheizung des Labors Spiez verwendet; der produzierte Strom gelangt ins Netz.

Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage liegt bei ca. 60 %. Während der Messphase wurden Optimierungen bei der Mess-, Steuer- und Regel-Technik (MSR), bei der Brennstoff-Zuführeinrichtung und bei der Gasreinigung durchgeführt.

Mit der Holzvergasungstechnik kann auf effiziente Weise Energieholz zu Wärme und Strom verarbeitet werden; das Potenzial ist offensichtlich, denn der Leistungsbereich ist nach oben erweiterbar und Automatisierungsmassnahmen fördern die Wirtschaftlichkeit.

Qualitätssiegel dank Prüfung

Herausforderungen unterschiedlicher Art stellen sich heute für die Holzfeuerungsbranche der Schweiz. Gebäude mit starker Wärmeisolierung und Komfortlüftung benötigen raumluftunabhängige Feuerungen; architektonische Freiheiten setzen Flexibilität bei der Gestaltung von Feuerungen voraus; strengere Lufthygienevorschriften

Prüfstelle für Holzfeuerungen an der FHBB in Muttens. Thomas Moritz überwacht die Leistungsmessung.



Die Prüfstelle ist auch für die Erfassung von unterschiedlichen Emissionen (CO, CO₂, NO, NO₂, Kohlenwasserstoffe, Staub) eingerichtet.

Auf Netzwerkbasis erstellt

Grundlage für den Erhalt des Qualitätssiegels ist eine zertifizierte Prüfung. Im Januar 2004 wurde die bei der FHBB in Muttens aufgebaute Prüfstelle für Holzfeuerungen von der Schweizerischen Akkreditierungsstelle (SAS) akkreditiert. Damit steht nach

der Beendigung der Prüftätigkeit durch die EMPA für die Hersteller und Importeure wieder eine Prüfstelle in der Schweiz zur Verfügung. Zusammen mit Partnern des BRENET-Netzwerks, vor allem mit dem Ökozentrum Langenbruck, das sich weiterhin intensiv mit Forschungsarbeiten im Bereich der Biomasse-Verbrennung und Systemtechnik befassen wird, konnte die Prüfstelle eingerichtet werden.

Für unterschiedliche Feuerungen ausgelegt

Hier können nun sowohl Feuerstätten (Cheminée, Herde usw.) als auch Heizkessel bis 300 kW für Stückholz, Schnitzel und Pellets nach EN- und DIN-Normen geprüft werden. Diese Untersuchungen umfassen Einzel- und Typenprüfungen sowie Spezialmessungen bei denen Heizleistung, Wirkungsgrad, Sicherheit und Emissionen erfasst werden.

Weiter Informationen:

* Prüfstelle an der FHBB in Muttens:
www.fhbb.ch/maschinenbau
(→ Dienstleistungen → Akkreditierte Prüfstellen)

* HolzenergieSchweiz und Qualitätssiegel für Holzfeuerungen
www.holzenergie.ch

In Bauelemente integrieren

Für die Solarstromerzeugung ausgelegte Bauelemente fördern ein neues Verständnis der Gebäudeintegration

Stefan Nowak
BFE-Programmleiter
Photovoltaik
c/o NET Nowak
Energie &
Technologie AG
CH-1717 St. Ursen

Urs Wolfer
BFE-Bereichsleiter für
Solartechnologien

An der 5. Nationalen Photovoltaik-Tagung, die am 25./26. März 2004 an der ETH-Zürich stattfand, kamen über 200 Fachleute zusammen. Neben der Präsentation der aktuellsten Fakten aus Forschung, Umsetzung und Politik in der Schweiz wurde auch die Entwicklung in anderen Ländern, insbesondere in den beiden führenden Photovoltaik-Staaten Deutschland und Japan vorgestellt.

Wünsche der CORE

Das Photovoltaik-Programm der Schweiz ist breit abgestützt und wird im Rahmen der BFE-Energieforschung umfassend koordiniert. Es behandelt die gesamte Wertschöpfungs-

- Mehr Innovation ist gewünscht.
- Gefordert wird die Rückkehr zu grösserer Risikobereitschaft.

Schweizer Forschungsbeiträge werden umgesetzt

Dank einer frühzeitigen Ausrichtung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf das Gesamtsystem der Photovoltaik und auf die Möglichkeiten der Gebäudeintegration konnten inzwischen zahlreiche Produkte geschaffen werden, die auch im Export erfolgreich sind. Wechselrichter, Steckverbindungen, Modulrahmensysteme und Produktionsanlagen sind entsprechende Beispiele.

Im Bereich der Solarzellenfertigung sind die beiden vom Institut für Mikrotechnik (IMT) der Universität Neuchâtel stammenden Technologieumsetzungsprojekte erwähnenswert: die Entwicklungsanlagen der Unaxis und die flexiblen Dünnschichtzellen auf Kunststoffolie der VHF-Technologies.

Der Bau von Photovoltaik-Anlagen hat sich in der Schweiz kontinuierlich, allerdings auf bescheidenem, den Rahmen-



Bei der Installation der 5-MW_p-Anlage auf dem Dach des Unternehmens Global Logistics GmbH (tts) in Bürstadt (Deutschland) kam der Schweizer Modulrahmen Solrif zur Anwendung. (Foto: www.sonnenfleck.com)

fungskette: von der angewandten Forschung über die Umsetzungsaktivitäten bis zur Markteinführung entwickelter Produkte und Verfahren. Grundlage im Forschungsbereich bildet das Konzept der CORE.

Als CORE-Vetreter formulierte Louis Schlapbach, Direktor der EMPA, vier Wünsche an die verschiedenen Akteure:

- Bei der Energieforschung ist Kontinuität notwendig.
- Gezielte Förderung nach eingehender Evaluierung aller Forschungsaktivitäten vermindert die „Giesskannen“-Problematik.

Eine Branche ist entstanden

Das weltweite Wachstum der Photovoltaik hat in den letzten sechs Jahren jeweils durchschnittlich 36 % betragen; die installierte Leistung der netzgekoppelten Anlagen beträgt heute über 1,5 GW_p. Dabei hat sich deren Anteil gegenüber der Inselanwendungen markant erhöht. Es wird erwartet, dass Lernkurve und Produktionsmengen Zunahme den spezifischen Modulpreis für die Photovoltaik um das Jahr 2020 auf unter 1 €/W senken werden.

Der nächste Integrationsschritt werden Bauelemente mit Photovoltaik-Komponenten sein, womit der Gebäudeintegration neue Dimensionen eröffnet werden. (Foto: BSI/Ecofys)

Internet-Links

Das Schweizer Photovoltaik-Programm
www.photovoltai.ch

PV-Tour IV: CD über Schweizer Photovoltaik-Anlagen mit Gebäudeintegration
www.tnc.ch

Das deutsche Energieeinspeisegesetz (EEG)
www.eeg-aktuell.de

bedingungen entsprechendem Niveau fortgesetzt. Dach- und Fassadenflächen stellen anerkanntermassen ein beachtliches Potenzial dar. Zum Teil werden auch grössere Installationen mit Unterstützung durch Elektrizitätswerke realisiert. Das aktuellste Beispiel ist der auf Ende 2004 geplante Baubeginn auf dem Dach des Stade de Suisse Wankdorf in Bern. Hier sollen in einer ersten Etappe 800 kW montiert werden. Entsprechend der Kundennachfrage wird später über einen Vollausbau auf über 1 MW entschieden.

Eine Frage der Grössenverhältnisse

Bei allen lobenswerten Anstrengungen fristet die solare Energieproduktion in der Schweiz noch immer ein Nischendasein. Deren kurzfristige Wirkung wird oft überschätzt, die langfristigen Perspektiven jedoch unterschätzt.

Der gegenwärtige Schweizer Photovoltaik-Markt von jährlich 1,5 bis 2 MW stellt weniger als 0,5 % der Jahreszunahme des Stromverbrauchs dar. Der Anteil von Solarstrom an der Gesamtproduktion liegt in der Schweiz noch immer unter einem Promille. An der Tagung hat sich jedoch erneut bestätigt, dass die technologischen Voraussetzungen und das Potenzial vorhanden wären, um diese Situation mittel- und vor allem langfristig zu ändern; die wirtschaftlichen Gegebenheiten und Rahmenbedingungen verhindern jedoch derzeit eine progressiv wachsende Nutzung von Solarstrom.

Die Integration von Photovoltaik-Anlagen in die Architektur wird seit Jahren gezielt gefördert und hat bereits zu zahlreichen vorbildlichen Gebäuden geführt. Daniel Kündig, Präsident des SIA, wies einerseits auf das Bekenntnis des SIA zum langfristigen Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft hin und formulierte andererseits die folgende These zum Aspekt der Gebäudeintegration: Architektur sei nicht teilbar, aber die Photovoltaik sollte zunehmend als eines der möglichen Bauelemente betrachtet wer-



Die Photovoltaik-Tagung an der ETH in Zürich bot eine willkommene Gelegenheit zum Informations- und Gedankenaustausch über die weitere Entwicklung dieser Technologie.

den, das auf übliche Weise in die Überlegungen des Architekten betreffend Baumaterialien einfließen könnte. Auf diese Weise würden ein neues Verständnis für die Integration geschaffen und neue interessante Chancen eröffnet.



In Japan hat das Industrieministerium (METI) bereits Mitte der 90er Jahre das Sunshine-Projekt lanciert, um die Nutzung der Photovoltaik und damit gleichzeitig auch die einheimische Produktion zu fördern. Seit 2000 wird – trotz markantem Absatz in Japan selbst – deutlich mehr PV-Leistung hergestellt (rund 250 MW_p) als installiert.

In Deutschland liegt der Erfolg der Photovoltaik bei dem 1999 begonnenen 100'000-Dächer-Programm und im ein Jahr später eingeführten Energieeinspeisegesetz (EEG). 2003 wurden ca. 130 MW_p neu installiert und eine Gesamtleistung von rund 400 MW_p

erreicht. Ende 2004 sollten ca. 600 MW_p installiert sein. Am 2. April hat zudem die Überarbeitung (Novelle) des EEG den Deutschen Bundestag passiert und ist nun seit Anfang Juni in Kraft. Damit wird eine Fortführung der eingeleiteten Entwicklung ermöglicht und für die entstandene Branche mit rund 120'000 Arbeitsplätzen eine erfolgversprechende Perspektive gegeben.



Stürmische Rahmenbedingungen

Die Windkraftanlage auf dem Gütsch steht still und soll – die gewonnenen Erkenntnisse berücksichtigend – ersetzt werden

Markus Russi

Elektrizitätswerk
Ursern
CH-6490 Andermatt

Robert Horbaty

BFE-Programmleiter
Windenergie
c/o ENCO Energie-
Consulting AG
CH-4416 Bubendorf

Markus Geissmann

BFE-Bereichsleiter
Windenergie

Mit dem Projekt einer Windturbine auf dem Gütsch auf 2332 m ü. M. hat das Elektrizitätswerk Ursern (EWU) eine visionäre Idee in die Praxis umgesetzt: Auf dieser Höhe gab es zuvor noch keine 800-kW-Anlage. Wie würden Rotor, Generator und Elektronik auf böige Winde, Kälte und Vereisung reagieren? Doch nicht nur mit dem Standort, sondern auch mit der gewählten Technik übernahm das EWU eine Pionierrolle. Die Anlage umfasst einen getriebelosen Generator mit Permanentmagnet und variabler Drehzahl sowie eine speziell abgestimmte Leistungselektronik für die Netzeinspeisung.

Risse in den Rotorblättern

Seit dem Januar 2004 dreht der Rotor der Gütsch-Turbine nicht mehr. Die Pilotanlage hatte von Anfang an unter diversen „Kinderkrankheiten“ gelitten. Nun musste sie wegen Rissen in den Rotorblättern abgeschaltet werden. Das EWU und der damals als Generalunternehmer aufgetretene Systemlieferant ABB haben sich Ende März über den Umfang der Garantieleistungen und die Modalitäten des Rückbaus geeinigt.

Zum Abbruchentscheid hat letztlich eine Verkettung unglücklicher Umstände geführt. Der Turbinenhersteller Lagerwey und kürzlich auch der Generatorenher-

steller Bartholdi sind in Konkurs gegangen, die Technocon AG ist ebenfalls in Schwierigkeiten und die ABB ist fast ganz aus dem Windgeschäft ausgestiegen. Das EWU hatte keinen Partner mehr, der bei den Problemen mit der Anlage hätte unterstützen können.

Beachtliche Ökostrom-Produktion

Immerhin hat diese Pilotanlage, nach Auskunft des EWU, seit ihrer Inbetriebnahme im Spätherbst 2002 rund 800'000 kWh zertifizierten Ökostrom produziert. Zudem haben die Erfahrungen auf dem Gütsch wesentliche Erkenntnisse gebracht. Einerseits konnte mit der Anlage bestätigt werden, dass die durch Messungen und Simulationen vorausgesagten Windverhältnisse tatsächlich nutzbar sind und dass auch bei erschwerten Verhältnissen im alpinen Raum die Montage und der Betrieb einer leistungsstarken Anlage realisiert werden kann. Positiv zu verzeichnen war zudem die erfreuliche Akzeptanz der Anlage im benachbarten Skigebiet.

Auch in der internationalen Fachwelt gilt die Anlage als Meilenstein bei der Nutzung von Windenergie in kaltem Klima. Dank des gesammelten Datenmaterials und günstiger Zugänglichkeit erfüllte die Anlage ihre Rolle als viel beachtete Pilotanlage, deren Betriebserfahrungen in ein interna-

Als die Rotorblätter im Sommer 2002 auf dem Gütsch montiert wurden, konnte man noch nicht ahnen, dass sich entstehende Risse als Grund für die Abschaltung herausstellen werden.

Eindrückliche Erfahrungen auf dem Güttsch

Welche Lehren zieht das Bundesamt für Energie (BFE) aus den Erkenntnissen der Windkraftanlage auf dem Güttsch. Hans Ulrich Schärer, Leiter der BFE-Sektion Erneuerbare Energien, nimmt Stellung:

Seit dem Januar stehen die Rotorblätter der Güttsch-Turbine still. Bleibt das BFE trotzdem bei seinem erklärten Ziel von jährlich 50 – 100 GWh Windstrom bis im Jahr 2010?

Hans Ulrich Schärer. Wir sehen keinen Anlass, von diesem Ziel abzuweichen. Dass diese Pilotanlage ersetzt werden muss, spricht keineswegs gegen die Windenergie. Tausende von Anlagen weltweit und auch die in Betrieb stehenden Turbinen in der Schweiz bestätigen unser Anliegen eines vernünftigen Weiterbaus.

Die Einigung zwischen dem Betreiber und der ABB als Systemlieferant ist ebenfalls ein positives Signal. Welche Lehren kann die Schweizer Windbranche aus dem Güttsch-Projekt ziehen?

Mit dieser Pilotanlage wollte man offensichtlich zu viel auf einmal erreichen. Schon der erstmalige Bau in dieser Gebirgshöhe hatte Versuchscharakter – mit entsprechenden Risiken. Als Erkenntnis gilt, dass eine Kombination von bereits bewährter Technologie und Komponenten, welche an schweizerische Verhältnisse (Eis und Schnee, turbulente Winde usw.) angepasst sind, eine wesentliche Risikominimierung bringen sollte.

Im Konzept Windenergie Schweiz gehört der Güttsch zu den 40 bevorzugten Standorten, mit einem Potenzial für drei Turbinen. Steht das BFE nun weiterhin zu diesem Standort?

Die gewonnenen Erfahrungen – und dazu sind Pilotanlagen ja auch vorgesehen – zeigen deutlich, dass man einen zuverlässigen Betrieb mit hoher Ausbeute erwarten kann. Der Windstrom wird vergleichsweise günstig produziert. Für den Standort Güttsch spricht zudem das aussergewöhnliche Engagement des EW Ursern.

Das EWU plant, im Herbst eine neue Turbine zu installieren. Wie schätzen Sie dieses Vorhaben ein?

Es ist sicherlich vernünftig, die gemachten – wenn auch schlechten und entsprechend teuren – Erfahrungen nun zu verwerten und den bisherigen finanziellen Schaden mit einer wirtschaftlichen Anlage versuchen zu kompensieren. Es wird sich zudem zeigen, dass das Vertrauen in die Windenergie absolut gerechtfertigt ist. Wenn an extremen Standorten wie auf dem Güttsch Stromproduktion machbar ist, wird sie auch an weniger exponierten Orten zufriedenstellend funktionieren.

Wie soll der erste Windenergie-Versuch auf dem Güttsch bezeichnet werden?

Es war durchaus ein „Learning by doing“! Sowohl die Betreiber und Planer als auch die Schweizer Windbranche haben viel daraus gelernt, ja sogar die internationale Gemeinschaft. Immerhin ist Güttsch auch ein Forschungsprojekt der Internationalen Energie-Agentur (IEA), dem viel Interesse entgegengebracht wird.

Auch bei der neuen Windanlage nutzt man einen getriebelosen Generator; er soll den Belastungen der extrem böigen Winde auf dem Güttsch gewachsen sein.



tionales Forschungsprogramm einfließen, in dessen Rahmen unter anderem ein Leitfaden für Anlagenhersteller und -betreiber ausgearbeitet wird.

Planung einer neuen Anlage

Markus Russi, Betriebsleiter des EW Ursern ist nach wie vor vom Standort Güttsch überzeugt, sind doch die Windverhältnisse mit 7 m/s (auf 45 m Höhe) im Jahresmittel hervorragend. Mit einer neuen Anlage, voraussichtlich eine Enercon E-40, soll jedoch ein Produkt zum Einsatz kommen, das sich an vielen Standorten bewährt hat, so auch in kaltem Klima. Sie soll ebenfalls getriebelos und mit variabler Drehzahl arbeiten. So können auch schwache Winde und starke Böen in Strom umgewandelt werden. Mit den etwas kürzeren Rotorblättern ist sie auch für turbulente Winde geeignet, wie sie häufig auf dem Güttsch auftreten. Eine Blattheizung soll wiederum vor Vereisung Schutz bieten.

Die installierte Leistung der geplanten Anlage ist mit 600 kW zwar tiefer als die der ersten Turbine, doch weil die Rotorblätter schon bei geringeren Windgeschwindigkeiten zu drehen beginnen und die Turbine erst bei 35 m/s abschaltet, bleibt die prognostizierte Jahresproduktion gleich hoch, also bei rund 1,5 GWh.

Über den Kauf einer neuen Turbine wird der EWU-Verwaltungsrat definitiv zu entscheiden haben.

Weitere Informationen:

www.ew-ursern.ch

www.wind-energie.ch

Simulation für Heizen und Kühlen

Erdwärmesonden des Projekts „Wollerau“ als Basis für Kühlenergieberechnungen

Daniel Pahud

Projektleiter
LEEE-SUPSI
CH-6952 Canobbio

Jean-Christophe Hadorn

BFE-Programmleiter
Wärmespeicherung
CH-1035 Bournens

Harald Gorhan

BFE-Programmleiter
Geothermie
Neudörfli 10
CH-5600 Lenzburg

Eine Wärmepumpe und 32 Erdwärmesonden von je 135 m Länge stehen beim Industriegebäude „Wollerau“ für das Heizen und Kühlen im Einsatz. Auf der Grundlage dieses P+D-Projekts wurde ein Simulationswerkzeug entwickelt, das mit Hilfe einer zweijährigen Messreihe kalibriert werden konnte.

Festlegen von Parametern

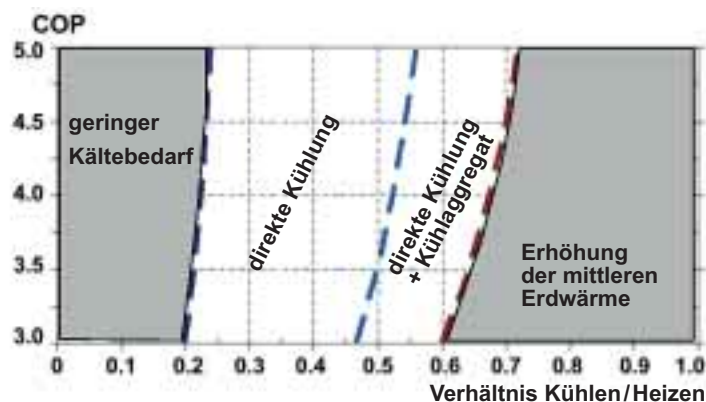
Das Projekt Wollerau diente dazu, die geothermische Effizienz dieser Installation zu ermitteln und die Parameter für eine Simulation festzulegen. Dabei konnten Integrationsfaktoren und Dimensionierungskennwerte definiert werden. Erstere dienen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Energiesystems in diesem Gebäude, letztere zur technischen Auslegung und Analyse des Langzeitverhaltens.

Die Integrationsparameter haben einen signifikanten Einfluss auf die Leistungsindikatoren des Systems und bestimmen die Energieeffizienz. Dies betrifft im Besonderen die Integration der Erdwärmesonden in das Gesamtenergiekonzept des Gebäudes. Eine optimale Integration zeichnet sich aus durch das Heizen mit der tiefst möglichen Flüssigkeitstemperatur in der Wärmeverteilung und durch das Kühlen mit der höchst möglichen Temperatur.

Dimensionierungsparameter müssen garantieren, dass die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit in der Erdwärmesonde jederzeit in festgelegten Limiten bleibt; bei Sonden unterhalb eines Gebäudes darf diese Temperatur zudem nicht unter 0 °C fallen. Diese Aufgabe soll sowohl kurzzeitig, aufgrund dynamischer Veränderungen im System, als auch langfristig erfüllt werden, nachdem sich die durchschnittliche Erdtemperatur in der Bohrlochzone stabilisiert hat. Ohne Grundwasser-Durchfluss wird das Langzeitverhalten einzig vom Verhältnis des jährlichen Kühl- zum Wärmeenergiebedarf beeinflusst.

Kühlpotenzial ohne Kühlmaschinen

Die Studie hat gezeigt, dass das Kühlpotenzial, ohne Nutzung von Kühlmaschinen, vom Temperaturniveau bei der Kälteverteilung abhängig ist. Unter günstigen Bedingungen kann die maximale Kälteleistung (d.h. die maximale Injektionsleistung) zwischen 40 und 50 Watt pro Meter Sondenlänge variieren. Mittelwerte liegen deutlich tiefer: zwischen 10 und 13 W/m.



Die Wärme-Injektion liegt zwischen 20 und 35 kWh/m/Jahr. Sie soll kleiner als der Wärmeentzug sein. Dieser und die Erdwärmeleistung wurden mit 60 kWh/m/Jahr und 40 W/m errechnet.

Dynamische Simulation bei Konzepten

Das entwickelte Simulationsprogramm kann mit dem Gebäudesimulationswerkzeug TRNSYS verknüpft werden. Somit verfügt man über ein leistungsstarkes Simulationswerkzeug zur Erhöhung der Planungssicherheit für geothermische Grossanlagen, die zum Heizen und Kühlen dienen.

Art der Kälteproduktion mit Erdwärmesonden in Abhängigkeit des Verhältnisses von Kühlen und Heizen und der Leistungszahl (COP) der eingesetzten Wärmepumpe. (System mit einer Kälteverteilung bei 22 °C).

Schlussbericht:
Optimisation par
simulation calée de
l'installation de
stockage Wollerau;
Laboratorio Energia
Ecologia ed Economia (LEEE), SUPSI,
Daniel Pahud,
2003.
ENET-Nr. 230282
und 230283

Potenzial weiter nutzen

Im Wärmepumpen-Bereich werden die Forschungsergebnisse optimal umgesetzt und Erfolge im Markt erzielt

Wärmepumpen sind in den vergangenen Jahren zur Erfolgsstory geworden. Neben zahlreichen Faktoren spielten auch die vom Bundesamt für Energie (BFE) gezielt durchgeführte Förderung von Forschung und Entwicklung sowie Marketingaktivitäten eine besondere Rolle. Zu diesem Themenkreis äussern sich die derzeitigen Verantwortlichen des Forschungsprogramms:

- **Thomas Kopp**, BFE-Programmleiter (F+E) für Umgebungswärme
c/o HSR, CH-8640 Rapperswil
- **Max Ehrbar**, BFE-Programmleiter (P+D) für Umgebungswärme
c/o NTB, CH-9470 Buchs
- **Fabrice Rognon**, BFE-Bereichsleiter für Umgebungswärme

Forschungsschwerpunkte der CORE

Weil rund die Hälfte des schweizerischen Energieverbrauchs für Raumheizung und Warmwasserbereitung benötigt wird, misst die CORE der Wärmepumpen-Technik grosse Bedeutung zu. Rasch könnte damit der Verbrauch an fossilen Brennstoffen gesenkt und auf diese Weise eine erhebliche Reduktion der CO₂-Emissionen erreicht werden.

Für die Forschung steht eine weitere Effizienzsteigerung bei gleichzeitiger Kostenreduktion, insbesondere für den Einsatz im Sanierungsmarkt, im Vordergrund. Aber auch weitere Systemoptimierungen für gleichzeitige bzw. alternierende Wärme- und Kälteerzeugung soll in der Forschung weiter verfolgt werden.

Das neue CORE-Konzept 2004–2007 steht zur Verfügung unter:
www.energie-schweiz.ch
(→ Forschung → Strategie der Energieforschung)

Welche Entwicklungsschritte – rückblickend betrachtet – waren in den vergangenen Jahren wegweisend?

Max Ehrbar: Das Erreichen einer hohen Zuverlässigkeit der Wärmepumpen erachte ich als den Wichtigsten. Die Auswertungen von rund 250 Installationen im Projekt FAWA (Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen) zeigen, dass die Störungswahrscheinlichkeit bei einer Wärmepumpe bei nur etwa 0,3–0,7 % liegt. Als weitere Entwicklungsschritte sehe ich die Erhöhung

Fabrice Rognon: Vorausgesetzt, die notwendige Qualität bei Konstruktion, Fertigung, Montage und Service wird erfüllt, bestehen keine Nachteile oder Gefahren. In diesem Sinn sehe ich keine Kehrseite.

Max Ehrbar: Derzeit werden aber noch Arbeitsmittel (Kältemittel) eingesetzt, die ein gewisses Treibhauspotenzial besitzen. Solange die Wärmepumpe jedoch dicht ist und bei Service und Entsorgung damit sorgfältig gearbeitet wird, ist dies kein ernstes Problem. Zudem zeichnen sich in naher Zukunft neue

Thomas Kopp (links) ist im Programm Umgebungswärme für Forschung und Entwicklung verantwortlich; Max Ehrbar für Pilot- und Demonstrationsanlagen.



der Arbeitszahlen und die Umstellung auf ozonfreundliche Kältemittel.

Fabrice Rognon: Tatsächlich hat der Zwang zu neuen Kältemitteln dazu geführt, dass die Produktpalette komplett überarbeitet werden musste.

Thomas Kopp: In den vergangenen Jahren wurden sehr kompakte Wärmepumpen entwickelt. Durch den Einsatz von Plattenwärmetauschern und insbesondere des Scroll-Verdichters konnten auch die Produktionskosten gesenkt und die Leistungszahlen erhöht werden.

Nachteile der Wärmepumpen, Gefahren dieser Technologie, Kehrseite der Medaille?

Prozesse mit umweltneutralen Arbeitsmitteln ab.

Thomas Kopp: Neue Arbeitsmedien sind in Sicht, jedoch stehen im Moment noch zuwenig käufliche Komponenten für Wärmepumpen mit umweltneutralen Arbeitsmedien im Angebot. Dies gilt vor allem für kleinere Leistungskategorien.

Wie sehen Sie die Diskussion betreffend der Kombination von Heizung und Warmwasserbereitung mit Wärmepumpen?

Thomas Kopp: Sowohl Heizung als auch Warmwasser benötigen eine Wärmezufuhr,

bei modernen Bauten allerdings auf einem unterschiedlichen Temperaturniveau. Der bestmögliche Weg der Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser wird gegenwärtig noch durch Forschungsprojekte gesucht. Er ist auch vom verwendeten Arbeitsmedium abhängig.

Max Ehrbar: Die Aufbereitung des Brauchwarmwassers mit der energiesparenden Wärmepumpe macht wirklich



Bereichsleiter Fabrice Rognon koordiniert die Aktivitäten des Forschungsprogramms Umgebungswärme beim BFE.

Sinn. Denn in modernen, stark isolierten Wohnbauten verschiebt sich der Anteil des Wärmebedarfs mehr und mehr von der Raumheizung zum Warmwasser.

Fabrice Rognon: Auch die Messresultate der FAWA haben ergeben, dass eine mit einer Wärmepumpe kombinierte Wärmeerzeugung realisiert werden sollte. In Zukunft kann sich dies jedoch ändern, wenn spezialisierte Warmwasser-Wärmepumpen mit CO₂ als Arbeitsmittel auf den Markt kommen.

WKK plus WP ist rechnerisch das effizienteste System. Wie kann dies auch bei kleinen Anlagen realisiert werden?

Fabrice Rognon: Es gilt zu beachten, dass dort wo grössere Wärmemengen genutzt werden können, Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen (WKK) sinnvoll eingesetzt werden. Für den dezentralen Gebrauch eignen sich dann einzelne Wärmepumpen.

Thomas Kopp: Die Kombination ist vom thermodynamischen Standpunkt gesehen unschlagbar, wenn ein Brennstoff als Antriebsenergie eingesetzt werden soll. Allerdings bedingt der Einsatz als Hausheizung eine viel höhere Betriebszeit des Verbrennungsmotors im Vergleich zum Antrieb eines Autos. Die notwendigen Unterhaltskosten des Motors sind höher als bei einem konventionellen Brenner.

Max Ehrbar: Die Kombination von WKK und Wärmepumpen kann grundsätzlich auch bei Kleinanlagen realisiert werden, wie bestimmte Produkte bestätigen. Ich sehe jedoch im Bereich kleiner Heizleistungen auch die Absorptions-Wärme-

pumpe, welche mit jeder Wärmequelle betrieben werden kann, also mit Öl oder Gas, aber auch mit Holz. Solche Wärmepumpen erzeugen etwa das 1,3- bis 1,7fache des Heizwertes des verwendeten Brennstoffs an Nutzwärme, also deutlich mehr als die Heizkessel.

Standardschaltungen sind eingeführt – erste Erkenntnisse und Eindrücke?

Fabrice Rognon: Die Branche hat die Resultate offensichtlich in die Produktdokumentationen und technischen Unter-

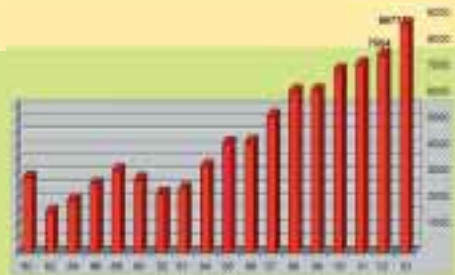
„Die Wärmepumpe soll zur Normalheizung werden.“ Fabrice Rognon

lagen integriert, ohne dies laut zu verkündigen. Die Standardschaltungen sind somit diskret aufgenommen worden.

Thomas Kopp: Ich habe einige wenige kritische Bemerkungen aus dem Markt

Kurve zeigt nach oben

Im Jahr 2003 wurden in der Schweiz 8'677 Wärmepumpen verkauft, was einer Steigerung von 14,9 % gegenüber dem Vorjahr entspricht. Diese erfreuliche Tatsache geht aus der von der FWS veröffentlichten Statistik hervor. Nach wie vor dominant sind Installationen in Neubauten; der Einsatz bei Sanierungen und als Ersatzlösungen nahm jedoch deutlich zu. Auch grosse Wärmepumpen mit 300–900 kW Leistung verzeichneten mit rund 40 % eine beachtliche Steigerung.



In der stetigen Zunahme des Verkaufs von Wärmepumpen widerspiegeln sich einerseits die Marketing- und Qualitätsfördermassnahmen, andererseits ein verstärktes Bewusstsein für die Nutzung der Umgebungswärme.

Wärmepumpen-Verkauf im Jahr 2003
nach Typ bzw. Energiequelle:
1 Luft-Wasser (59,5 %)
2 Sole-Wasser (37,3 %)
3 Wasser-Wasser (3,2 %)
(Grafiken: FWS)



vernommen. In einem gegenwärtig laufenden Forschungsprojekt werden nun auch Messdatensätze von realisierten Standardschaltungs-Anlagen aufgearbeitet und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Wie entwickelt sich der Markt für grössere Anlagen? Wo liegen die technologischen Herausforderungen bei diesen? Gibt es weiteren Entwicklungsbedarf?



Thomas Kopp: Generell sollte man in der Forschung überall dort ansetzen, wo hohe Exergieverluste auftreten.

Max Ehrbar: Aufgrund von Skalierungseffekten erwartet man bei grösseren Anlagen sogar noch etwas bessere Arbeitszahlen als bei Kleinwärmepumpen. Entwicklungsbedarf gibt es zu noch höheren Arbeitszahlen und zu noch kostengünstigeren Lösungen.

Fabrice Rognon: Dieser Markt ist jedoch härter, weil die Kunden professionelle Investoren sind, daher sehr genau gerechnet wird und kaum Idealismus anzutreffen ist. Bei der Technik ist die Standardisierung zu verbessern. Und mit dem Contracting stehen heute im finanziellen Bereich optimale Instrumente zur Verfügung.

Wärmepumpen sind eine Erfolgsstory. Weshalb braucht es noch Forschung und Entwicklung?

Thomas Kopp: Die klassische Wärmepumpe mit einem konventionellen Arbeits-

medium hat einen hohen Stand erreicht. Vergleicht man allerdings eine durchschnittliche Wärmepumpe mit dem theoretischen Leistungspotenzial, ist noch eine

„Höhere Leistungszahlen lassen sich durch Minimierung der Exergieverluste erzielen.“

Thomas Kopp

deutliche Steigerung der Leistungszahlen möglich. Hierzu müssen die exergetischen Verluste lokalisiert und minimiert werden. Und die Wärmepumpe als System muss besser in das System Gebäude integriert werden.

Max Ehrbar: Unter dem „Druck“ der Typenprüfungen im WPZ Töss wurden in den vergangenen zehn Jahren die Leistungszahlen und damit die Arbeitszahlen deutlich gesteigert. Dennoch zeigt sich noch viel Potenzial bei der weiteren Verbesserung der energetischen Wirkungsgrade.

Fabrice Rognon: Wir brauchen weiterhin Forschung und Entwicklung, weil die Technologie erst in der Hälfte des vor uns liegenden Weges angekommen ist. Die besten Anlagen erreichen heute erst 45 % ihrer Kapazität, kurzfristig sind wohl 60 % erreichbar, dann werden die Fortschritte jedoch aufwändig und teuer. Ausserdem kommen neue Technologien auf, die durch Fortschritte in anderen Gebieten begünstigt werden. Als typisches Beispiel dient hierbei CO₂ als Kältemittel.

Welche Bereiche der Technologie brauchen weitere F+E-Anstrengungen?

Thomas Kopp: Die heute bekannten umweltfreundlichen Arbeitsmedien bedingen Anpassungen im traditionellen Aufbau der Wärmepumpen. CO₂ wird überkritisch bei hohen Drücken gefahren, und für Ammoniak müssen adäquate Sicherheitselemente eingesetzt werden. Generell sollte man überall dort ansetzen, wo hohe Exergieverluste auftreten.

FWS sorgt für Qualität

Im Jahre 1993 wurde auf Initiative des BFE die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) gegründet. Deren Ziel ist die Anwendung der Wärmepumpe in der Schweiz zielgerichtet und unter Einhaltung von System- und Produktequalität zu fördern. Mit dieser Ausrichtung wurde bereits im Gründungsjahr die intensive Zusammenarbeit mit dem Wärmepumpen-Testzentrum (10 Jahre WPZ Töss; seit Herbst 2003 WPZ Buchs) aufgenommen. Seit 1999 besteht das Gütesiegel für Wärmepumpen, das auch in Deutschland und Österreich gültig ist (D-A-CH). Und 2001 konnte ein Gütesiegel für Erdwärmesonden (EWS) eingeführt werden. Zusammen fördern diese Massnahmen Qualität, Betriebszuverlässigkeit und damit die Wettbewerbschancen der Wärmepumpen-Technik. Diese Tatsache konnte auch durch die kürzlich veröffentlichte Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen (FAWA) bestätigt werden.

Informationen zum Gütesiegel:
www.fws.ch
(→ FWS-Info → Gütesiegel)



Max Ehrbar: Wir benötigen auch bei den Komponenten weitere Forschung; dies ist unserem direkten Einfluss allerdings etwas entzogen, da die meisten wichtigen Komponenten aus dem Ausland geliefert werden.

Fabrice Rognon: Wie bereits erwähnt, sieht auch das Bundesamt für Energie schwerpunktmässig sowohl die natürlichen Arbeitsmittel als auch die Integration von modernen Steuerungstechnologien als künftige Forschungsthemen. Wir benötigen Steuerungen, welche Systemoptimierung und Diagnose im Betrieb erlauben.

Wie beurteilen Sie die Praxisresultate, wie sie von der FAWA erbracht worden sind?

Max Ehrbar: Die FAWA war ein weltweit einmaliges Projekt; denn erstmals wurden

Wärmepumpen systematisch in der Praxis erfasst. Und nun lassen die Ergebnisse Rückschlüsse auf den Forschungs- und

„Wir verfügen über geeignete Hersteller für Exportaktivitäten.“

Max Ehrbar

Ausbildungsbedarf zu. Die Feldanalyse hat gezeigt, dass Wärmepumpen äusserst zuverlässig arbeiten und die Bauherrschaft mit dieser „Heizmaschine“ zufrieden sind.

Fabrice Rognon: Wir haben mit der FAWA einerseits viele Erfahrungen sammeln sowie Aussagen bestätigen und statistisch untermauern können. Andererseits wurden neue Erkenntnisse gewonnen, insbesondere über das gesamte Wärmepumpen-System.

Wie beurteilen Sie die Umsetzungsarbeiten der Industrie?

Fabrice Rognon: Die Industrie arbeitet immer professioneller – wie die Präsentation im Markt deutlich bestätigt. Das ist sehr erfreulich.

Thomas Kopp: Die Aufgabe der Industrie ist nicht einfach. Sie muss als höchstes Ziel zuverlässige Produkte liefern, um den guten Ruf der Wärmepumpe nicht zu gefährden. Neuerungen aus der Forschung bedingen meistens Änderungen der betrieblichen Abläufe, welche die Kosten eher erhöhen. Die Industrie könnte noch etwas schneller auf solche Anregungen eingehen, z.B. bei der Steuerung. Ein anderes Problem liegt wiederum in der Gesamtgebäudeplanung, an der heute noch zu viele Personen beteiligt sind. Jedes Glied in der Kette bevorzugt eine Lösung, bei welcher schon positive Erfahrungen vorliegen. Die Gesamtlösung liegt damit aber noch nicht überall im Optimum.

Max Ehrbar: Denken wir nicht stets nur an Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser? Es gibt aber noch andere Bereiche, bei denen Wärmepumpen eingesetzt werden können: an industrielle Anwendungen, wie Trocknungsprozesse, die Nahrungsmittelherstellung und generell verfahrenstechnische Anwendungen.

Standardisierung von Tests

Im Rahmen des Europäischen Komitees für Normung (CEN) werden Standardisierungen für Tests von Wärmepumpen und Luftkonditionierungsgeräte definiert. Arbeitsgruppen innerhalb des Technischen Komitees (TC 113) haben sich mit einem Entwurf für Wärmepumpenmessungen im Teillastbereich, mit der Revision der bisher genutzten Norm EN 255 sowie mit der Schallmessung befasst. Die Prüftätigkeit in der Schweiz basiert auf dieser Norm EN 255. Die Revision zur EN 14511 wird auch in Europa für die Gütesiegel-Zertifizierung massgeblich sein und dadurch sowohl Hersteller als auch Prüfinstitute direkt betreffen. Neu ist Max Ehrbar, Leiter des Wärmepumpen-Testzentrum WPZ in Buchs (SG), als Schweizer Delegierter für diese Arbeitsgruppen ernannt worden.

Weitere Informationen zu Normen und Richtlinien:

www.waermepumpe.ch

CEN im Überblick und für Informationen zu TC 113:

www.cenorm.be

Thomas Kopp: Die wesentlichen Aspekte wurden genannt: möglichst kleiner Temperaturhub und Verminderung des Wärmebedarfs. Die Physik zeigt klar, dass eine perfekte Retrofit-Wärmepumpe in einem schlecht isolierten Haus nicht den Bestfall darstellt.

Wie schätzen Sie die Wirkung der finanziellen Förderung von Wärmepumpen im Einfamilienhaus-Sektor ein?

Fabrice Rognon: Die direkten Subventionen wurden evaluiert. Dabei ergab sich eine Mitläuferquote von über 80 %. Die seit rund zehn Jahren umgesetzten „indirekten“ Fördermassnahmen zeigen eine nachhaltigere Wirkung. Die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) macht entsprechende Kommunikation, Ausstellungen, Veranstaltungen usw. Die Marketingaktivitäten sind professionell, breit abgestützt und erreichen die gesetzten Ziele.

Max Ehrbar: Im Weiteren würde ich bei der Kommunikation noch stärker den Aspekt der zukünftigen Energieversorgung hervorheben. Verknappung fossiler Energien und der weltweite Anstieg des Wär-

Was braucht es – ausser höherem Heizölpreis – für eine noch stärkere Verbreitung im Sanierungsmarkt?

Max Ehrbar: Technisch sind die Lösungen verhanden. Es sind jedoch günstige Voraussetzungen zu schaffen, um mit einer geringen Vorlauftemperatur arbeiten zu können. Bei Sanierungen sollte somit nicht nur die Heizung saniert werden, sondern auch die Gebäudehülle isoliert werden.

Fabrice Rognon: Ferner muss man eine lückenlose Marktbearbeitung vom Hersteller bis zum Endkunden realisieren. Der Ansprechpartner des Kunden sollte die Thematik beherrschen, der Installateur wird so zum „Mini-Gneralunternehmer“. Und bei der Wärmepumpe ist eine möglichst hohe Effizienz bei grossem Temperaturhub anzustreben. Die „Swiss Retrofit Heat Pump“ (SRHP) ist ein wichtiger Schritt in diese Richtung.

FAWA: Feldanalyse in Burg

Wesentliche Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung werden immer auch an der traditionellen Wärmepumpen-Tagung in Burgdorf kommuniziert. Vor wenigen Tagen standen an der 11. Tagung des BFE-Forschungsprogramms Umgebungswärme die Resultate der FAWA im Mittelpunkt. Unter der Leitung von Fabrice Rognon, BFE-Bereichsleiter, wurde ein umfassender Überblick über die durchgeführte Feldanalyse vermittelt, die aktuelle Situation beim neuen Testzentrum dargestellt und Einflüsse der FAWA auf Installation und



mebedarfs verlangen sogar das Umsteigen auf die Wärmepumpe.

Wo stehen wir im internationalen Vergleich?

Thomas Kopp: Das F+E-Programm der Schweiz kann sich international sehen lassen. Derzeit leitet unser Land durch die



Max Ehrbar: Durch den „Druck“ der Typenprüfung wurden die Leistungszahlen gesteigert.

Fachhochschule beider Basel (FHBB) den Annex 28 des Wärmepumpen-Programms der IEA. In diesem Projekt arbeiten zehn Staaten an der Entwicklung einer Methode, die den Vergleich von verschiedenen Wärmepumpen für Heizung und Warmwasserbereitung mit einem Minimum an Messaufwand ermöglicht. Auch schon früher hat sich die Schweiz an internationalen Projekten beteiligt, z.B. 2001 bei der Entwicklung eines CO₂-Kompressors.

Max Ehrbar: Bei den Heizwärmepumpen steht die Schweiz sehr gut da. Wir sind – bezogen auf die Bevölkerungszahl – nach Schweden „Vize-Weltmeister“ bei den Verkäufen von Wärmepumpen, mit weiter steigender Tendenz. Neubauten werden derzeit zu etwa 40 % mit Wärmepumpen ausgestattet, wobei der Kanton Jura die Rangliste deutlich anführt.

Fabrice Rognon: Wir verfügen über optimale Instrumente, wie die Typenprüfung, die Gütesiegel für Wärmepumpen und Erdwärmesonden, den Wärmepumpendoktor, das Ausbildungsprogramm PENTA und ein komplettes Qualitätssicherungssystem.

Zeichnet sich hier eine neue Exportbranche ab?

Fabrice Rognon: Nein, noch nicht. Der Schweizer Markt ist noch so gross, dass sogar Firmen aus dem Ausland angezogen werden.

Max Ehrbar: Warum keinen Export? Wir verfügen über geeignete Hersteller auf diesem Gebiet. Wenn Länder wie Schweden, Deutschland, Österreich mit vergleichbarem Lohnniveau Wärmepumpen exportieren können, so müsste dies auch für inländische Hersteller möglich sein; die Zusammenarbeit der Schweizer Hersteller sollte jedoch intensiviert werden, um eine grössere „kritische Masse“ bei Entwicklung und Produktion zu erreichen.

Welche Zukunftsperspektiven möchten Sie für Wärmepumpen formulieren?

Thomas Kopp: Da die Wärmepumpe thermodynamisch sinnvoll Niedertemperaturwärme erzeugen kann, wird sie eine weitere Verbreitung erfahren. Obwohl die Wärmepumpe auch in der Schweiz meistens hochwertige elektrische Energie als Antrieb benötigt, haben wir den grossen

IEA-Aktivitäten bei Wärmepumpen

Im Wärmepumpen-Programm der Internationalen Energie-Agentur (IEA) arbeiten verschiedene Länder zusammen, um Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich der Wärmepumpentechnik und verwandter Gebiete gemeinsam und koordiniert durchzuführen. Eines der vier aktuellen Projekte (Annex 28) definiert Testverfahren und saisonale Leistungsberechnungen für Kombi-Wärmepumpen. Dieses Projekt steht unter Schweizer Leitung.

Informationen zum IEA Wärmepumpen-Programm:

www.heatpumpcentre.org

Forschungsprojekt (Annex 28) unter Schweizer Leitung:

www.annex28.net

Vorteil, dass 60 % unserer Elektrizitäts-erzeugung aus umweltfreundlicher Wasserkraft stammen. Die leider immer noch im Einsatz befindlichen Elektro-Widerstandsheizungen müssen durch Wärmepumpen ersetzt werden. Damit wird Strom für zusätzliche Wärmepumpen frei, ohne dass neue Kraftwerke gebaut werden müssen.

Max Ehrbar: Die Wärmepumpe wird weitere Anteile gewinnen, vor allem bei Sanierungen. Eine wichtige Stossrichtung ist die Verbreitung der Grosswärmepumpe, nicht nur bei grossen Bauten, sondern auch in Nahwärmenetzen. Ich sehe hier aber auch die Kombination von grösseren Bezirks-Wärmenetzen. Dafür lassen sich technische Konzepte realisieren, die im kleinen Massstab zu kompliziert und zu teuer wären.

Fabrice Rognon: Ich möchte es auf den einfachen Nenner bringen: Die Wärmepumpe soll zur Normalheizung werden, der Ölkessel zur Alternative.

dorf vorgestellt

Kundeninformationen aufgezeigt. Die zahlreichen Tagungsteilnehmer hatten Gelegenheit, in der Diskussionsrunde weitere wesentliche Aspekte der Wärmepumpen-Anwendung zu thematisieren.



An der diesjährigen Wärmepumpen-Tagung in Burgdorf standen die Resultate der Feldanalyse für Wärmepumpen-Anlagen (FAWA) im Mittelpunkt.

Gesamtsystem im Auge behalten

Die Forschung im Wärmepumpen-Bereich wird geprägt vom Ziel nach höherer Effizienz des Gesamtsystems

Neben einer geeigneten Gebäudehüllendämmung und dem optimalen architektonischen Einbezug der Sonnenenergie, spielt auch die Wärmepumpe eine bedeutende Rolle bei der Reduktion des Verbrauchs fossiler Brennstoffe für die Wärmeerzeugung. Wesentliche Forschungsergebnisse haben in den vergangenen Jahren die Entwicklung effizienter Geräte begünstigt. Das BFE fördert durch gezielte Massnahmen die Forschungsarbeiten im Bereich der Umgebungswärme, die sich nach folgenden Zielen ausrichten:

- Verbesserung der Effizienz durch Weiterentwicklungen bei Komponenten, Geräten und Steuerungen
- Nutzung natürlicher Arbeitsmittel für die Wärmepumpen
- Gebäudeintegration durch Gesamtsystembetrachtungen.

Gezielte Entwicklungsprojekte bei Komponenten

Einen wichtigen Einfluss auf die Leistung der Wärmepumpe hat der Kompressionsvorgang. Turbokompressoren weisen höhere Wirkungsgrade auf als Kolbenkompressoren. Daher hat das BFE ein Projekt unterstützt, das die Entwicklung eines gasgelagerten Mikroturbokompressors für Kleinwärmepumpe untersucht. Nach den theoretischen Vorarbeiten, die ermutigende Resultate zeigten, wird nun durch die OFTtech SA, ein Spin-off-Unternehmen der ETH-Lausanne, der Bau und die Messtechnik für einen einstufigen Turbokompressor vorbereitet.

Das Labor für industrielle Energiesysteme (LENI) der ETH-Lausanne hat sich mit der Ölmigration in einer zweistufigen Anlage mit zwei in Serie angeordneten Scroll-Kompressoren befasst. Messungen mit einem kontinuierlichen Infrarot-Spektrometrie-Verfahren wiesen einen Ölstrom von der Hochdruck- zur Niederdruckstufe nach. Die mit dem zweistufigen Betrieb

verbundenen energetischen Vorteile bringen jedoch einen komplexeren Apparateaufbau mit sich.

Weil die Regelung von kleinen Wärmepumpen meist nur über deren Anlagenkennlinie und die Aussentemperatur erfolgt, konnten bisher die thermische Trägheit von Gebäude und Wärmeverteilsystem sowie die Nutzung von günstigen Stromtarifzeiten nicht wirksam berücksichtigt werden. Hier setzte das Forschungsprojekt über Pulsbreitenmodulation ein, also die wärme- und kostenoptimierte Betriebssteuerung. Tests mit einem industriellen Regler haben die Effizienz dieser Lösung inzwischen bestätigt, so dass nun der Umsetzungsprozess in den Markt realisiert werden kann.

Ausgehend von Projekten zur verbesserten Messung des Jahresnutzungsgrads von

Internet-Links

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des BFE zusammengefasst
www.energie-schweiz.ch
 (→ Forschung & Bildung → Überblicksberichte der Programmleiter)

Forschung und Entwicklung im Bereich der Umgebungswärme
www.waermepumpe.ch/fe

Berichte aus dem Bereich Umgebungswärme
www.energieforschung.ch
 (→ ENET → Publikationen)

Stoffverordnung mit Auswirkungen auf die Arbeitsmittel für Wärmepumpen
www.umwelt-schweiz.ch/produkte

WPZ Buchs: Prüftätigkeit erfolgreich aufgenommen

Das neue, zu Jahresbeginn eröffnete Wärmepumpen-Testzentrum (WPZ) an der NTB in Buchs (SG) hat seine Prüftätigkeit aufgenommen. Auf der Grundlage der Erfahrungen, die das Labor für Thermodynamik und Kältetechnik mit Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten seit Mitte der 70er Jahre gesammelt hat, konnte man die bestehenden Messeinrichtungen zum Prüfzentrum ausbauen. Zuerst wurden Referenzmessungen mit Wärmepumpen, die bereits im WPZ Töss getestet worden sind, mit erfreulicher Übereinstimmung durchgeführt. Die moderne Ausstattung des Zentrums in Buchs erlaubt eine Weiterführung der Prüfungen auf modernstem technologischen Stand; die Grundlage für das Qualitätsgütesiegel

für Wärmepumpen ist somit weiterhin gewährleistet.

Zwei Prüfplätze für unterschiedliche Modelle

Im Mittelpunkt des WPZ Buchs steht die optimierte Doppelklimakammer, die für Tests von Luft-Wasser-Maschinen eingesetzt wird. In der grossen Kammer können Temperaturen von –30 °C bis +80 °C und eine Luft-



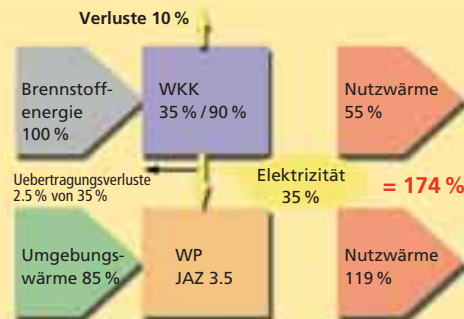
Der Prüfstand für Wasser-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen des Prüfzentrums in Buchs wird seit Jahresbeginn genutzt.

Wärmepumpe mit CO₂-Einsatz

Das Projekt zur Entwicklung einer Wärmepumpe mit CO₂ als Arbeitsmittel ist in vollem Gange. Der Gesamtwirkungsgrad (COP) für Heizung und Warmwasserbereitung soll 4,5 erreichen. In einer ersten Phase wurde die technische Machbarkeit geprüft, indem man eine thermodynamische Analyse durchführte und Lösungsansätze für die Integration der Wärmepumpe in ein typisches Heizsystem erarbeitete. Inzwischen konnte ein Simulationsmodell geschaffen werden, mit dem sich ein geeignetes Wärmepumpensystem definieren lässt – als Ausgangspunkt für den Bau eines Prototyp-Geräts.

Weitere Informationen: www.awtec.ch (→ Projekte)

Die effizienteste Erzeugung von Nutzwärme basiert auf einer geeigneten Kombination von Wärmepumpe und Wärme-Kraft-Kopplung. Auf dieser Grundlage werden die einzelnen Forschungsaktivitäten vom BFE gefördert.



Untersuchungen mit Kohlendioxid (CO₂) an der FH Winterthur haben bisher optimistische Resultate erbracht, zudem hat ein Wechsel auf dieses Arbeitsmittel auch einen direkten konstruktiven Einfluss sowohl auf die Anlage als auch auf das Heizsystem.

Wärmepumpenanlagen zur kombinierten Raumheizung und Warmwasserbereitung hat die FHBB in Muttens zum einen die Berechnung und Validierung des Jahresnutzungsgrads von Kompaktgeräten begonnen, zum andern die Leitung eines entsprechend thematisierten IEA-Projekts (Annex 28) übernommen.

Auf dem Weg zu den natürlichen Arbeitsmitteln

Das Ersetzen von synthetischen durch natürliche Arbeitsmittel in Wärmepumpen ist seit Jahren ein wichtiges Anliegen. Ziel ist die Reduktion von umweltbelastenden Stoffen mit hohem Treibhauspotenzial, so auch formuliert in der zu Jahresbeginn 2004 in Kraft gesetzten neuen Stoffverordnung des Bundes.

Als weiteres natürliches Medium wird Ammoniak genannt, das bei Grossanlagen Stand der Technik darstellt. Auch jahrelange Betriebserfahrungen mit Kältschranken waren positiv. Die Leistungszahl bei einem Wärmepumpen-Prototyp mit einem Flügelzellenverdichter und einer Economizer-Schaltung zeigte jedoch tiefe Werte. Um neue Lösungswege zu erkunden, forscht

feuchtigkeit bis 95 % erreicht werden, während man in der kleinen Kammer Tiefemperaturen bis -50 °C simulieren kann. Dementsprechend werden Wärmepumpen und Kondensatoren bzw. die Luftzufuhr in den beiden Kammern verteilt positioniert.

Das WPZ Buchs weist eine Prüfkapazität von 14 Luft-Wasser-Wärmepumpen pro Jahr auf; die Messung nimmt jeweils rund drei Wochen in Anspruch. Für das Jahr 2004 ist die Doppelklimakammer bereits ausgebucht.

Wasser-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen werden an einem zweiten, mit eigener Infrastruktur ausgestatteten Prüfplatz gemessen; diese Arbeiten dauern in der Regel eine Woche. Die Kapazität liegt bei ca. 42 Maschinen pro Jahr.

Modernes Messkonzept

Vor den Prüfungen werden mit den Herstellern die Schnittstellen definiert und tech-

Max Ehrbar (rechts) leitet das neue Wärmepumpen-Testzentrum (WPZ), das im Labor für Thermodynamik am NTB Buchs installiert wurde.



nische Abklärungen durchgeführt. Nach Installation einer Wärmepumpe im WPZ erfolgt das Einfüllen der deklarierten Arbeitsmittelmengen, danach startet das Messprogramm. Einzelne Arbeitspunkte werden dabei mehrmals angefahren, um die Repetierbarkeit zu prüfen. Mit der Messausrüstung können

Druck, Differenzdruck, Temperatur, Feuchtigkeit, Volumen- und Massenstrom usw. erfasst werden. Zur hohen Qualität tragen redundante Messungen mit unterschiedlichen Verfahren bei. Die Prüfprogramme sind soweit automatisiert, dass die Messungen rund um die Uhr erfolgen können, was sich bereits in

man am Institut für Energietechnik der FH Rapperswil an Alternativen für den Kompressionsvorgang.

Als Ziel die Gesamtintegration

Damit eine erfolgreiche Installation von Wärmepumpen ermöglicht werden kann, wurden im vergangenen Jahr Standardschaltungen definiert und kommuniziert. Die optimale Einbindung dieser Geräte in das System der Wärmeverteilung im Gebäude sowie die Kombination mit zusätzlichen Energieerzeugungskomponenten (z.B. Solarkollektoren) wird mit diesen Vorgaben angestrebt. Langfristiges Ziel ist die vollständige energetische Integration in das Gebäude, wozu auch die Nutzung von saisonalen Speichern und der Antrieb der Wärmepumpe mit Energie aus regenerativen Brennstoffen gehört.

Zur weiteren Verbreitung der Wärmepumpen-Technik sind auch Entwicklungsanstrengungen nötig, die zur Herstellung grösserer Stückzahlen und damit gleichzeitig zu tieferen Investitionskosten bei den Produkten aus der Schweiz führen müssten.

den ersten Monaten als positiv herausgestellt hat.

Für künftige Anforderungen vorbereitet

Für die Zertifizierung mit dem Gütesiegel werden für jede Baureihe einer Wärmepumpe mindestens zwei Maschinen mit unterschiedlichen Leistungen geprüft. In nächster Zeit rechnet man im WPZ in Buchs mit einer Zunahme an Prüfungen des Teillastbetriebs. Entwicklungen bei Kältemitteln und daraus resultierende Veränderungen beim Aufbau von Wärmepumpen werden zusätzliche Prüfanfragen ergeben. Darüber hinaus wird die vorhandene Infrastruktur auch weiterhin für spezielle Forschungsarbeiten eingesetzt.

Weitere Informationen:

www.wpz.ch
www.ntb.ch
www.fws.ch

Für Sanierungen ausgelegt

Berner Unternehmen setzen die Entwicklung einer Wärmepumpe für Gebäudesanierungen konstruktiv um

Um beim Einsatz von Wärmepumpen im Gebäudesanierungsmarkt ähnlich erfolgreich zu werden wie bei Neubauten, bedarf es einer effizienteren und zugleich preisgünstigeren Wärmepumpe. Das Vorhaben einer Swiss Retrofit Heat Pump (SRHP), Mitte der 90er Jahre lanciert und gefördert durch das BFE, hat mit der Formulierung eines Pflichtenhefts begonnen, der Wettbewerb für Neuentwicklungen konnte ausgeschrieben werden.

Auf dem Weg zur Kooperation

Schon in der ersten Runde wurde 1997 vorgeschlagen, eine gemeinsame Firma für die Konzeption und Produktion einer solchen Wärmepumpe zu gründen. Das Projekt hat in der Industrie jedoch verschiedene eigene Aktivitäten bewirkt, wodurch man die ursprüngliche Idee einer gemeinsamen Entwicklungszusammenarbeit wieder fallen lassen musste.

Inzwischen haben sich – mit Unterstützung des BFE und der Technologievermittlung Bern (TEVE) – drei spezialisierte Firmen zusammengefunden, die auf Kooperationsbasis miteinander eine weiterentwickelte Wärmepumpe des prämierten Modells der KWT AG in Belp auf den Markt bringen werden. Somit hat die BFE-Förderung schliesslich zu einem erfreulichen Umsetzungs-Resultat geführt.

Optimierte Aggregate und innovative Auslegung

Die drei Berner Unternehmen Steinmann Apparatebau AG, FRIAP AG und KWT Kälte-Wärme-Technik AG entwickeln, bauen, vermarkten und betreuen die neue

Wärmepumpe „Swiss-Top“ für den Sanierungsmarkt.

Daniel Trüssel, KWT AG: „Wir haben uns intensiv mit dieser Entwicklung befasst, neue Ansätze untersucht, verschiedene Komponenten evaluiert und die daraus konzipierte Wärmepumpe beim Test im WPZ Töss sowie im Feldversuch zum Erfolg geführt.“

Ein wesentliches Kriterium der Wärmepumpe für den Einsatz bei Gebäudesanierungen mit bestehenden Zentralheizungen ist die Vorlauftemperatur von mindestens 65 °C. Der hohe Temperaturhub wird durch eine Zwischenansaugung mit Economizer realisiert. Einen wesentlichen Beitrag für den technologischen Durchbruch hat ein für diese Aufgabe optimierter Scroll-Verdichter erbracht.



Swiss-Top: Die neue Wärmepumpe für den Gebäudesanierungsmarkt. (Masse: Einbringmass 75 cm, Höhe 190 cm, Breite 100 cm)

Internet-Links

Swiss-Top ist ein Kooperationsprodukt der drei Berner Unternehmen

www.kwt.ch

www.friap.ch

www.steinmann-appag.ch

Projektunterstützung:

www.teve.ch

www.energie-cluster.ch

Flexibilität bei der Wahl der Umgebungswärme

Die Konzeption als Luft-Wasser-Wärmepumpe mit getrennt aufgestelltem, ausserhalb des Gebäudes positioniertem Luftkühler (Wärmetauscher) bietet Vorteile beim Einbau der Wärmepumpe, indem keine gross dimensionierten Luftansaugöffnungen ausgeführt werden müssen. Bei einer späteren Erweiterung können problemlos Erdwärmesonden angeschlossen werden. Dies bietet Auslegungs-Flexibilität mit wirtschaftlichen Vorzügen.

Roland Wittwer, FRIAP AG: „Wir entwickeln zwei Swiss-Top-Modelle, eines mit 10 kW für Einfamilienhäuser, ein anderes mit 20 kW für Zweifamilienhäuser. Durch unsere schweizweite Präsenz als Systemanbieter für ökologische Haustechnik können wir gezielt beraten und auch den Service sicherstellen.“

Produziert werden diese Wärmepumpen vom bedeutendsten Schweizer Hersteller, der Steinmann Apparatebau AG, die jährlich bis zu 1'000 Geräte fertigt und als einziger Lieferant alle Typen, also Luft, Was-

ser und Sole, anbietet. Manfred Beerhalter, Steinmann Apparatebau AG: „Unsere Produktpalette umfasst neben den kompakten Wärmepumpen im Leistungsbereich von 7 bis 30 kW auch Anlagen für die Industrie bis 1'000 kW.“

Mit der Unterstützung einer Fachhochschule wurde die Gestaltung des aussen positionierten Luftkühlers (Wärmetauscher) verbessert und die Lärmentwicklung auf ein Minimum reduziert.

Im Wettbewerb mit den Konventionellen

Um im Wettbewerb mit konventioneller Heizungstechnik auf Basis fossiler Energien bestehen zu können, setzt man auf mögliche Zusatznutzen der neuen Wärmepumpe. Heute spielt neben dem Heizen auch das Kühlen eine zunehmend wichtige



An der Wärmepumpen-Tagung in Burgdorf konnten die Teilnehmer im Jahr 2002 beide Prototypen der Swiss Retrofit Heat Pump begutachten, so auch das Gerät der KWT AG.

Rolle. Daher strebt man an, die Swiss-Top für beide Anwendungen einsetzen zu können.

Im Vordergrund stehen Gebäude aus den 80er Jahren, deren Heizsystem saniert werden muss. Beim Vertrieb der neuen Wärmepumpe werden daher die Installateure und Planer die wichtigsten Ansprechpartner sein.

Chronologie der Swiss Retrofit Heat Pump (SRHP)

Am Beispiel der Entwicklung der Swiss Retrofit Heat Pump (SRHP) wird der erhebliche Zeitbedarf von Konzeptions- und Umsetzungsmassnahmen erkennbar, bei denen Forschungsinstitute und Industrieunternehmen involviert sind und komplexe Kommunikationsstrukturen genutzt werden müssen.

1992

Erfahrungen bei Sanierungsprojekten mit Wärmepumpen werden ausgewertet und als Basis für weitere Förderaktivitäten genutzt.

1997

Martin Zogg, BFE-Programmleiter, nimmt mit Experten und Firmen Kontakt auf, um das Anforderungsprofil der SRHP zu definieren.

1997

Die öffentliche Ausschreibung durch das BFE findet grosses Interesse. Die drei besten Arbeiten werden ausgewählt.

2000

Auswahl eines Funktionsmusters für einen Feldtest.

2000

Zwei Wärmepumpen erfüllen die hoch gesteckten Bedingungen für den Sanierungsbereich: das Modell der KWT mit indirekter Luftkühlung und das Modell der SATAG.

2002

Workshop der Technologievermittlung Bern (TEVE) als Impulsgeber für die Realisierung einer Produktions- und Vertriebsbasis für die Sanierungswärmepumpe.

2003

Kooperationsbeginn der drei Berner Unternehmen: KWT Kälte-Wärme-Technik AG, FRIAP AG und Steinmann Apparatebau AG.

2004

Entwicklung und Produktion der neuen Swiss-Top und Lancierung auf dem Markt.

Studieren mit warmen Füssen

Wärmepumpenanlage des Studienzentrums Gerzensee nutzt Erdwärme zum Heizen und Kühlen

Im Studienzentrum der Stiftung der Schweizerischen Nationalbank, im bernischen Gerzensee, wurden vor 20 Jahren acht Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Beheizung der drei Gebäude installiert. Und für die Spitzenabdeckung stand eine Ölheizung bereit. Mit einem Sanierungsprojekt ersetzte man inzwischen diese Anlagen durch zwei Sole-Wasser-Wärmepumpen und ein Erdsondenfeld.

Ersatz für alte Luft-Wasser-Wärmepumpe

Eine Ersatzlösung drängte sich auf, da einige der alten, defekt gewordenen Wärmepumpen ausser Betrieb gesetzt wurden und dadurch der Energieverbrauch des Ölheizkessels markant anstieg. Man wollte im Studienzentrum den Gesamtenergiever-



Das Studienzentrum Gerzensee setzt für Heizung und Warmwasser in erster Linie auf Wärmepumpen, welche Erdwärme und Ökostrom einsetzen.

brauch senken, den Anteil der Umgebungswärme steigern und eine zusätzliche Kühlung im Mehrzwecksaal einbauen.

Heute stehen im ursprünglichen Maschinenraum die zwei CTA-Sole-Wasser-Wärmepumpen mit je 132 kW Leistung. Der jährliche Strombedarf konnte um einen Viertel verringert werden; mehr als die Hälfte davon wird jetzt als Ökostrom bezogen. Die Wärmepumpen decken den gesamten Bedarf sowohl der Heizung als auch des Warmwassers mit Temperaturen

von 35–50 °C. Werden höhere Temperaturen (einmal wöchentliche Legionellen-schutzschaltung) benötigt oder ergibt sich durch extreme Aussentemperaturen ein Spitzenbedarf, so kommt die ebenfalls modernisierte Ölheizung zum Einsatz. Die zur Verfügung stehenden grossen Boilervolumen werden während der Nacht geladen

Lüftungsanlage ist ein Wärmetauscher integriert und in der Anlage eine zusätzliche Umwälzpumpe, wodurch das Kältepotenzial der Sonden von ca. 96 kW genutzt werden kann. Die Wärme aus dem Saal wird also ins Erdreich geleitet und dort gespeichert. So lässt sich die Raumluft auf 18 °C – ohne Wärmepumpen-Betrieb – absenken.

Jede der beiden Sole-Wasser-Wärmepumpen weist eine Leistung von 132 kW auf.



und benötigen in der Regel keine Tagesnachladung. Erneuert wurde auch die Haustechnikregulierung, welche neu mit einem Leitsystem und Datenbus funktioniert.

Wärme und Kälte aus dem Boden

Anstelle der Umgebungsluft wird nun das Erdreich als Energiequelle genutzt. Projektiert waren 32 Erdsärmesonden mit je 150 m Länge. Aufgrund einiger geologischer Schwierigkeiten beim Bohren und Einbringen der Sonden konnten schliesslich 33 Sonden mit einer Tiefe von 110–160 m, insgesamt 4'785 m, realisiert werden. Diese liefern eine übers Jahr ziemlich konstante Temperatur für den Vorlauf von ca. 8 °C.

Die Erdsärmesonden dienen im Sommer dazu, den Mehrzwecksaal zu kühlen (Free-Cooling-Prinzip). In der dort bestehenden

Messungen sind im Gange

Seit rund zwei Jahren liefert die neue Wärmepumpen-Anlage in Gerzensee Energie für die Beheizung der 4'900 m² Bezugsfläche und Warmwasser für das Studienzentrum. Ein Messprogramm, das vom BFE unterstützt wird, dient der Kontrolle dieser Anlage. (Messbericht: ENET-Nr. 240047)

Internet-Links

Studienzentrum Gerzensee
www.szgerzensee.ch

Informationen über das Projekt
www.fws.ch
(→ Downloads → FWS Broschüren)

Besteller mit Kompetenz

Neue Internet-Plattform für energetisch vorbildliche Gebäudetechnik steht der Fachwelt zur Verfügung

Hanspeter Eicher
Jürg Weilenmann
Urs Kaufmann

Dr. Eicher + Pauli AG
CH-4410 Liestal

Robert Tresch
CH-3186 Düringen

Mark Zimmermann
BFE-Programmleiter
Rationelle
Energienutzung
in Gebäuden
c/o EMPA
CH-8600 Dübendorf

Andreas Eckmanns
BFE-Bereichsleiter
Gebäude

Die Bauherrschaft und ihre Vertreter haben eine Schlüsselrolle, wenn es darum geht, fortschrittliche, optimierte Gebäudetechnik zu realisieren. Sie müssen dazu aber wissen, was zu bestellen ist und welche Leistungen notwendig sind, um energetisch vorbildliche Neu- und Umbauten zu verwirklichen. Bauherrschaften, Planer und ausführende Unternehmen müssen geeignete Instrumente nutzen können. Nur so ist es beispielsweise möglich, sinnvolle Bestellungen für Gebäudetechniksysteme, also Heizungs-, Lüftungs-, Klima-, und Sanitäreinrichtungen, zu formulieren. Diese Bestellkompetenz zu erhöhen, ist das Ziel einer neuen, vom BFE geförderten Plattform, die in den vergangenen Tagen der interessierten Fachwelt anlässlich von Informationsveranstaltungen vorgestellt wurde.

Alle Phasen bis zur Bewirtschaftung berücksichtigt

Die geschaffene Plattform ist auf Internet-Basis entwickelt worden. Besteller und Auftraggeber werden hierbei durch alle Phasen des SIA-Leistungsmodells (LM) geführt. Diese reichen von der strategischen Planung der Gebäudetechnik über die Projektierung bis hin zur Bewirtschaftung nach der Realisierung. Zu jeder dieser Phasen werden wichtige Tätigkeiten beschrieben und die nötigen Hilfsmittel bereitgestellt. Dadurch wird es für den Besteller möglich, Energieziele und Projektanforderungen zu einem frühen Zeitpunkt zu definieren sowie den Planungs- und Realisierungsprozess zu überwachen.

Aktualisierung aufgrund der Rückmeldungen

In naher Zukunft ist geplant, die Homepage erstmals zu aktualisieren und dabei auch Verbesserungen aufgrund von Rückmeldungen durchzuführen. Über ein entsprechendes Formular lässt sich ein Passwort bestellen, mit dem dann der Zugang zum neuen Instrument freigegeben wird.

www.bestellerkompetenz.ch



Mit dem neuen Internet-Auftritt der Bestellerkompetenz im Bereich der Gebäudetechnik wird eine Plattform für energetisch vorbildliche Neu- und Umbauten geboten.

Mehr Tageslicht in Geschäftsgebäuden

Ein wesentlicher Teil der elektrischen Energie wird in Geschäfts- und Bürogebäuden für die Beleuchtung verbraucht. Das Laboratoire d'Énergie Solaire et de Physique du Bâtiment (LESO-PB) der ETH-Lausanne arbeitet im Rahmen eines IEA-Programms am Projekt „Daylighting Buildings in the 21st Century“, also an Nutzungsmöglichkeiten des Tageslichts, um den Energieverbrauch senken zu können. Forschungsarbeiten mit einem Lichtsimulator ermöglichen beispielsweise Messungen im Innern eines massstabgetreuen Gebäudemodells. Zurzeit strebt man an, die gewonnenen Erkenntnisse mit Gebäudeplanern und Komponentenh Herstellern umzusetzen und Architekten den Zugang zu geeigneten Planungs- und Gestaltungswerkzeugen für die Tageslichtnutzung zu erleichtern.

Weitere Informationen:
<http://lesomail.epfl.ch>
(→ Research → Daylighting)



Mobil und stationär im Einsatz

ZEBRA-Batterien überzeugen durch ihre Technologie und einen breiten Anwendungsbereich

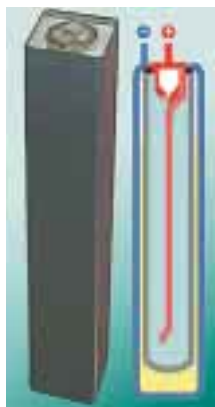
**Cord-Heinrich
Dustmann**

MES-DEA SA
CH-6855 Stabio

Martin Pulfer

BFE-Bereichsleiter
Akkumulatoren

Mit der ZEBRA-Batterie lassen sich die technischen Anforderungen an ein Elektrofahrzeug erfüllen. Der Einsatzbereich bis 100 km Reichweite ist gesichert, Leistung und Zuverlässigkeit gegeben und die Lebensdauer mit über 10 Jahren auf einem beachtlichen Niveau. Doch MES-DEA SA in Stabio (TI) konnte bisher ihr Herstellungspotenzial für die ZEBRA-Batterien noch nicht ausschöpfen. Zu stark wirken die übrigen Hindernisse für Elektromobile. Im Rahmen einer vom BFE geförderten, zweijährigen Entwicklung konnte inzwischen die spezifische Energie der Batterie auf 120 Wh/kg erhöht werden. Die Evaluation stationärer Anwendungsmöglichkeiten verlief erfolgreich, so dass weitere Marktpotenziale erschlossen werden konnten.



ZEBRA-Batterien arbeiten mit Nickel und Salz – voneinander durch einen Keramikelektrolyt getrennt – bei einer Betriebstemperatur zwischen 270 und 350 °C.

Natürliche Elemente im Einsatz

Die Funktion der einzelnen Zellen der ZEBRA-Batterie basiert auf den beiden Materialien Nickel (Ni) und Salz (NaCl). Abgetrennt werden sie durch eine Keramikhülse. Beim Ladevorgang findet eine chemische Transformation in Nickelchlorid und Natrium statt, die beim Entladen entgegengesetzt verläuft. Eine Isolierung zwischen der Keramikhülse und dem Stahlgehäuse dichtet die Zelle hermetisch ab; sie ist dadurch wartungsfrei nutzbar.

In unterschiedlicher Anzahl werden die Zellen mit Parallel- und/oder Serien-Schaltung verbunden, wodurch anwendungsoptimierte Batterien entstehen. Standardmässig werden 20, 100 und 216 Zellen kombiniert und damit ein Kapazitätenspektrum von 34–225 Ah abgedeckt und Spannun-

gen bis 557 V erreicht. Bei der grössten Einheit steht eine Leistung von 32 kW zur Verfügung.

Erfolgreich Gewichtseinsparungen bewirkt

Mit einer detaillierten Wertanalyse der einzelnen Zellenbestandteile wurden in den vergangenen Monaten verschiedene mögliche Gewichtseinsparungen gesucht. Cord-Heinrich Dustmann, Direktor der ZEBRA-Batterie-Abteilung der MES-DEA SA: „Wir wollen die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen fördern, indem wir die nötigen Batterien leichter und somit auch preisgünstiger machen. Daher prüften wir die Wandstärke der Zellgehäuse, die integrierte Keramikhülse, den Durchmesser des Stromableiters und die Zusammensetzung des eingebrachten Granulats sowie alle Komponenten des Batteriengehäuses und der Elektronik. Bei unserer Standardbatterie Z5 erreichten wir auf diese Weise rund 8 % Gewichtseinsparung und liegen heute unter 180 kg für einen Energieinhalt von 21,2 kWh.“



MES-DEA SA in Stabio hat sich auf die Weiterentwicklung und Produktion der ZEBRA-Batterie spezialisiert.

Stationärer Einsatz bei der Telekommunikation

Als interessanter stationärer Anwendungsbereich der ZEBRA-Batterie hat sich die Aufgabe der Strom-Reserve bei Telefonzentralen erwiesen. Hier wird ein Batteriensatz verlangt, der während 15 Jahren voll geladen bereit steht, um allfällige Stromunterbrüche sofort überbrücken zu können. ZEBRA-Batterien haben gegen-



Zum Versand bereit: ZEBRA-Batterien stehen in unterschiedlichen Kapazitäten und Leistungen zur Verfügung und sind unterhaltsfrei.

über den heute allgemein verwendeten Bleibatterien die Vorteile, dass sie bei jeder Umgebungstemperatur arbeiten (die ZEBRA-Batterie hat eine interne Betriebstemperatur von ca. 270 °C), unterhaltsfrei funktionieren und die Möglichkeit einer Fern-Diagnose bieten.

Cord-Heinrich Dustmann: „Neben dieser Anwendung im Telekommunikationsbereich sehen wir den Einsatz von ZEBRA-Batterien auch für die Netzregelung bei regenerativen Systemen (Wind- und Photovoltaikanlagen). Im mobilen Bereich braucht es hingegen noch einiges an Überzeugungsarbeit bis die Elektrofahrzeuge endgültig den Durchbruch schaffen.

Unsere Produktionskapazität liegt heute bei ca. 2'000 Batterien pro Jahr, das Gebäude ist allerdings schon für wesentlich mehr ausgelegt.“

Erweiterung der Aktivitäten von MES-DEA

MES-DEA hat die bisherigen Entwicklungsarbeiten mit Unterstützung des BFE durchgeführt. Das Unternehmen hat seinerseits auch die VEL-Projekte im Kanton Tessin aktiv gefördert.

Mit Forschungsarbeiten an PEM-Brennstoffzellen bis 5 kW für Zweiräder wird die Ausrichtung auf eine alternative Mobilität sinnvoll ergänzt.



Bei der MES-DEA SA werden auch Fahrzeuge auf Elektrobetrieb umgebaut und Spezialanfertigungen realisiert.

Projekt für energieeffiziente Fahrzeuge: VEL2 im Endspurt

Das VEL2-Mobilitätsprogramm des Kantons Tessin wurde 2001 als Nachfolge des in Mendrisio gestarteten und vom BFE unterstützten VEL1 eingeführt. Seither wird das Ziel verfolgt, im ganzen Kantonsgebiet energieeffiziente Fahrzeuge mit 2 bis 4 Rädern zu fördern. Regionale InfoVEL-Agenturen helfen dabei, das Wissen um nachhaltige Mobilitätslösungen zu verbessern. Es geht dabei um die Reduktion von Umwelt- und Lärmbelastungen, von



CO₂, sowie um Energieeinsparungen. Das Kantonsgebiet ist damit auch zu einem idealen Feld für Tests von neuen Technologien geworden.

Bis Mitte April hat VEL2 über 1'700 Fahrzeuge registriert. Davon verkehrten fast 750 mit elektrischen Antrieben, 500 mit Benzin, über 400 mit Diesel und rund 25 waren Hybrid-Fahrzeuge.

VEL2 dient der Förderung einer nachhaltigen Mobilität, die auch durch Synergien mit dem öffentlichen Verkehr funktioniert, und hat damit eine Brückenfunktion zu VEL3. Dieses Programm sollte 2005 starten; es will den Einfluss auf die Automobilbranche des Kantons stärken und dadurch die Marktintegration begünstigen.

www.vel2.ch

Mehr denn je dezentral

Dezentrale Energieerzeugungsanlagen beeinflussen den Betrieb von elektrischen Verteilnetzen

Roland Brüniger
BFE-Programmleiter
Elektrizität
c/o R. Brüniger AG
CH-8913 Ottenbach

Felix Frey
BFE-Bereichsleiter
Elektrizität

Mit welchen Problemen werden Betreiber von elektrischen Verteilnetzen konfrontiert, wenn in Zukunft vermehrt dezentrale Energieerzeugungsanlagen (DEA) Strom ins Netz einspeisen werden? Mit dieser Frage befasste sich eine vom BFE und weiteren Organisationen geförderte Untersuchung. Deren Ziel war das Ermitteln von technischen Rahmenbedingungen sowie deren ökonomischen Auswirkungen.

Unterschiedliche Techniken beim Einspeisen



Photovoltaik-anlagen liefern Gleichstrom, der mit Umrichter-technik ins elektrische Netz eingespeisen wird.

Unter dezentraler Erzeugung versteht man Anlagen, die ihre Leistung noch in das Nieder- und Mittelspannungsnetz einspeisen können, also ca. 500 kW bzw. 20 MW erreichen. Solche Anlagen weisen unterschiedliche elektrische Anbindungen zum Netz auf: Photovoltaik- und Brennstoffzellen-Geräte erzeugen grundsätzlich Gleichstrom, können somit über einen Umrichter mit dem Niederspannungsnetz verbunden werden; die Energiewandler bei den übrigen Anlagentypen (Wind- und Wasserkraftwerke, Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen usw.) sind elektrische Maschinen, z.B. Asynchron- oder Synchrongeneratoren, die direkt oder über Umrichter auf das Netz aufgeschaltet werden.

Zurzeit sind dezentrale Energieanlagen mit unterschiedlichen Leistungen und Regelstrategien auf verschiedenen Spannungsebenen im Einsatz. Deren Anteil an der elektrischen Energieerzeugung ist noch bescheiden, deren Einfluss auf den Betrieb der Verteilnetze daher noch gering. In Zukunft wird jedoch ein vermehrter Einsatz erwartet, wodurch Ausbau und Betrieb der Netze nachhaltig beeinflusst werden.

Simulationen beantworten die gestellten Fragen

Drei Schwerpunkte standen bei der Untersuchung im Mittelpunkt. Im Bereich der



Netzanbindung von dezentralen Energieerzeugungsanlagen stellt neue Aufgaben.

Einsatz von supraleitenden Strombegrenzern

Neben den innovativen Aspekten der technologischen Entwicklung von supraleitenden Strombegrenzern (SSB) interessiert auch deren Marktpotenzial. Zur Abklärung dieser Frage wurden sowohl die Einsatzmöglichkeiten als auch die ökonomische Situation untersucht, Netzbetreiber interviewt sowie Berechnungen durchgeführt.

Spezielle Eigenschaften für die Strombegrenzung

Die SSB nutzen den Übergangsmechanismus vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand aus, um im Bedarfsfall den Stromfluss zu begrenzen. Die kleine Impedanz (Scheinwiderstand) eines SSB im supraleitenden Normalbetrieb erlaubt es, die Forderungen nach kleiner Netzimpedanz bei gleichzeitig kleinen Kurzschlussströmen zu realisieren.

Die ABB Schweiz AG arbeitet bei ihren Supraleiter-Entwicklungen mit dem resistiven Typ, bei welchem der Supraleiter direkt vom Strom des zu schützenden Netzwerks durchflossen wird.

Wirtschaftliche Vorzüge erst bei Nischenanwendungen

Im Rahmen des Projekts wurden drei Einsatzmöglichkeiten untersucht:

- SSB in der Kupplung zwischen zwei Netzen
- SSB in der Einspeisung
- SSB in den Abgängen von Unterwerken in Mittel- und Hochspannungsnetzen.

Schlussbericht:

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen (mit 9 Anhängen), 2003

G. Schnyder, P. Mauchle, Schnyder Ingenieure AG; M. Höckel, P. Lüchinger, HTI Biel; O. Fritz, C. Häderli, E. Jaggy, ABB Schweiz AG

ENET-Nr. 230260–230269

Download:

www.electricity-research.ch

Netzurückwirkungen wurden die Spannungsqualität, d.h. die Spannungsschwankungen, Oberschwingungen usw., betrachtet. Bei den Sicherheitsanforderungen ging es um die Inselbildung, Schutztechnik und selektive Fehlererkennung. Und im Bereich der Netzstruktur und Regelung um Lastmodellierung, Optimierung und Versorgungssicherheit.

Auf der Grundlage von Verbrauchsdaten, realen Verteilnetzen und möglichen Einspeisepunkten für dezentrale Energieanlagen wurden Simulationen durchgeführt. Um die Auswirkungen von solchen Anlagen im Netz untersuchen zu können, hat man geeignete Teilnetze von Elektrizitätswerken für die Berechnungen genutzt. Dabei ging man von Lasten auf unterschiedlichem Niveau aus. Verglichen wurden Spannungen an den Sammelschienen, Wirk- und Blindleistungen sowie die Aus-

lastung in den Leitungen mit und ohne Einspeisung der dezentralen Energieanlagen.

Dezentrale Stromerzeugung benötigt Massnahmen im Niederspannungsnetz

Die Beherrschung des vermehrten Einsatzes von dezentralen Energieerzeugungsanlagen in Mittelspannungsnetzen ist aufgrund der bestehenden Netzkonzepte und der existierenden Schutzkomponenten möglich.

In Niederspannungsnetzen ist jedoch der Spannungshaltung Beachtung zu schenken. Eine Vielzahl von Einspeisungen führt aufgrund der Produktionscharakteristika der Anlagen (der zeitliche Verlauf, die Leistung und der Anschlusspunkt) zu stärkeren Schwankungen der Spannungen. Damit die Spannungen in den Toleranzgrenzen gehalten werden können, ist ein entsprechendes Blindleistungsmanagement im Niederspannungsnetz erforderlich.

DEA in Niederspannungsnetzen werden in der Mehrzahl über Umrichter an das Netz gekoppelt. Dies kann aufgrund der technischen Konzeption der Umrichter mit Ausgangsfiltern zu Problemen mit Oberschwingungen führen; insbesondere können Filter- und Netzresonanzen eine Überlastung und allenfalls die Zerstörung von Komponenten bewirken.

Die Optimierungsaufgaben bezüglich den Netzverlusten, der Spannungshaltung und evtl. des Inselbetriebs werden bei einem stark wachsenden Einsatz der DEA im Verteilnetz komplexer. Zusätzliche Steuer- und Regeleinrichtungen und Konzepte sowie Kommunikationsmittel dürften erforderlich werden.

Als wichtiges Anwendungsgebiet erscheint das Mittelspannungsnetz, beispielsweise in der Kupplung von einzelnen Netzen in Unterwerken, um Leistungserhöhungen oder Verfügbarkeitsverbesserungen zu erreichen. Allerdings hat sich bei der wirtschaftlichen Analyse gezeigt, dass nur wenige Kostenersparnisse im Einsatz bei Transformatoren, Schaltanlagen und Kabeln möglich sind. Hingegen ergeben sich bei Neuanlagen und Erweiterungen bestehender Mittelspannungsanlagen sowie bei Hochspannungskabeln Sparpotenziale und damit Marktchancen. Mit der Installation eines SSB-Prototypen sollen die Chancen dieser Technik noch besser ermittelt werden.

Schlussbericht:

Marktpotenzial von supraleitenden Strombegrenzern, 2003

M. Lakner, D. Braun, ABB Schweiz AG;

G. Schnyder, P. Mauchle, Schnyder

Ingenieure AG

ENET-Nr. 230292

Download:

www.electricity-research.ch



Den Treibhauseffekt demonstrieren

CO₂ in der Atmosphäre verursacht eine verminderte Wärmeabstrahlung der Erde, und somit den Treibhauseffekt. Diesen ohne direkte Alltagserfahrung zu verstehen, ist offensichtlich schwierig. Wissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, dass die Botschaft vom Treibhauseffekt vielerorts falsch vermittelt und verstanden wird, also ohne anschauliche Erläuterungen kaum fassbar ist.

Das Demonstrationsgerät der DemoEx GmbH bewährt sich seit Jahren bei Öffentlichkeitseinsätzen im In- und Ausland zur lernpsychologisch optimalen Darstellung des Treibhauseffekt-Prinzips. Für die Anschaffung an Schulen wird jedoch eine kostengünstigere Version verlangt, deren Entwicklung zurzeit vom BFE unterstützt wird (Zielpreis CHF 1'200.-).

Bei der Demonstration stehen die drei „Akteure“, Sonne, Erde und Atmosphäre in der korrekten Relation zueinander. Die Oberfläche einer rotierenden Modell-Erde (mit einem Metallring ausgestattet) wird erwärmt und gibt anschliessend die Wärmestrahlung ab. Auf der „Nachtseite“ durchquert diese einen Kunststoffbehälter und wird von einem stationären Messgerät erfasst. Nun wird CO₂ in diesen durchsichtigen Behälter eingefüllt. Sofort zeigt das Messgerät einen Rückgang der Wärmestrahlung an. CO₂ und verminderte Wärmeabstrahlung der Erde kann dadurch unmittelbar in eine direkte Verbindung gebracht und vom Betrachter als kausal zusammengehörig verstanden werden.

Weitere Informationen:

DemoEx GmbH

CH-6030 Ebikon

Martin Pulfer

BFE-Bereichsleiter Verkehr

Forschung für höheren Abbrand

Längerer Einsatz von Brennelementen benötigt Untersuchungen der höher beanspruchten Reaktorkomponenten

Gerhard Bart

Labor für Werkstoffverhalten (LWV)
Paul Scherrer Institut
CH-5232 Villigen

Konstantin Fskolos

BFE-Programmleiter
Kernenergie
c/o Paul Scherrer
Institut
CH-5232 Villigen

Christophe de Reyff

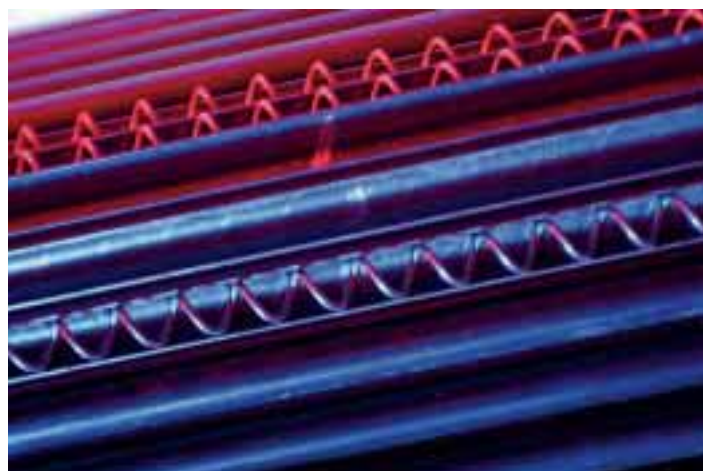
BFE-Bereichsleiter
Kernenergie

Während um 1980 ein Brennelement mit einer Uran-Anreicherung von 3,5–4 % rund drei Jahre in einem Kernreaktor im Einsatz stand, ist inzwischen durch Weiterentwicklungen fast eine Verdoppelung der Nutzungsdauer möglich. Damit lassen sich die Kosten der Brennelement-Beschaffung deutlich reduzieren, also eine höhere Wirtschaftlichkeit erreichen, bei gleichzeitig vermindertem Abfallvolumen. Dieses als Hochabbrand bezeichnete Konzept der längeren Nutzung von Brennelementen hat in der Forschung des PSI-Bereichs Nukleare Energie und Sicherheit (NES) einen wichtigen Stellenwert und wird daher sowohl in Projekten der Reaktorphysik als auch der Materialforschung intensiv untersucht. Die entsprechenden Arbeiten werden mit Unterstützung der schweizerischen Kernkraftwerke und der Brennelement-Hersteller durchgeführt.

Hochabbrand belastet Brennstoff-Hüllrohr

Um Hochabbrand zu erreichen, wird heute die Anreicherung des Isotops U-235 von 0,7 % in Natur-Uran auf 4,5–5 % erhöht. Brennstoff für höheren Abbrand zu nutzen verlangt jedoch anspruchsvolle Techniken zur Prüfung und Vorhersage der operatio-

nellen Charakteristika. Als direkte Konsequenz des Hochabbrands wird eine zunehmende Differenz zwischen den Vorhersagen einzelner Rechenmodelle festgestellt.



Ein wichtiges Bauteil, das vom Hochabbrand besonders stark betroffen wird, ist das Hüllrohr eines Brennstabs. Jedes Brennelement umfasst zwischen 100 und 250 solcher Brennstäbe, die extremen Betriebsbedingungen ausgesetzt sind. Neben der physikalisch-chemischen Situation innerhalb des Reaktors hat auch die Neutronenbestrahlung Einfluss auf die nötige langfristige Zuverlässigkeit des Materials. Im Hotlabor des PSI werden deshalb Brennstäbe aus Kernkraftwerken auf ihre mikrostrukturellen Eigenschaften hin untersucht und Alterungsphänomene über Modellrechnungen interpretiert.

Ein wichtiges Bauteil, das vom Hochabbrand besonders stark betroffen wird, ist das Hüllrohr eines Brennstabs.

Neuer Leiter des NES-Bereichs

Jean-Marc Cavedon hat am 1. April 2004 als Nachfolger von Wolfgang Kröger seine Arbeit als neuer Leiter des Forschungsbereichs Nukleare Energie und Sicherheit (NES) und als Direktionsmitglied des Paul Scherrer Instituts aufgenommen. Seine Laufbahn begann er als Grundlagenforscher in der Kernphysik, danach beschäftigte er sich mit der Beschleunigertechnologie. Zuletzt war er in der Energiedivision des Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) bei Paris tätig, wo die nukleare Abfallentsorgung und Materialforschung im Mittelpunkt standen.

Antworten von der Reaktorphysik

Bei Projekten mit der PSI-Reaktoranlage PROTEUS werden vom Labor für Reaktorphysik und Systemverhalten (LRS) experimentelle Untersuchungen von Brennelementen für Leichtwasserreaktoren durchgeführt, um eine Datengrundlage für die betriebliche Sicherheit zu erhalten.

Dabei spielen neben Analysen von Brennstoffen, z.B. Mischoxid-Brennelemente (MOX), auch Hochabbrand-Simulationen eine wichtige Rolle, als begleitende sicherheitstechnische Massnahme zur Erreichung hohen Abbrands. Gefragt sind u.a. Angaben zur reaktorphysikalischen Auslegung des Kerns, zur Reaktivitätsverminderung beim Abbrand sowie zu den entstehenden Änderungen der Brennstoffzusammensetzung. Für die Untersuchungen im PROTEUS können Brennstäbe aus der Praxis in voller Länge eingesetzt und analysiert werden.

Analysen der eingesetzten Materialien

Das Labor für Werkstoffverhalten (LWV) unterstützt mit seinen materialtechnischen Tests sowohl Kraftwerke als auch Hersteller bei der Entwicklung von Brennstäben und Hüllrohren, die sich für einen hohen Abbrand eignen. Je nach relevanten Kennwerten, die ermittelt werden, gehören Messungen der Oxidschichtdicken auf dem Hüllrohrmaterial aus einer Zirkonium-Legierung, die Bestimmung dieser Oxidstruktur und des Wasserstoffs sowie dessen Verteilung dazu. Diese Faktoren beeinflussen die Festigkeit der Rohre und damit die Funktionszuverlässigkeit der Anlage.

Im Hotlabor werden auch Bruchtests durchgeführt, um das Verhalten bestehender und neuer Hüllrohrmaterialien unter den Bedingungen der Bestrahlung, Korrosion und Hydrierung zu erforschen. Darüber hinaus wird Grundlagenforschung betrieben, um beispielsweise den Einfluss unterschiedlicher Legierungen auf die Bildung von Oxidschichten zu studieren.

Zirkonium lässt noch Fragen offen

Die Zirkonium-Legierungen der Brennstab-Hüllrohre zeichnen sich grundsätzlich aus durch geringen Neutronenverlust, hohe Festigkeit und Korrosionsresistenz. Wie bei Aluminium wird auch das Metall Zirkonium durch eine dünne, kompakte Oxidschicht vor weiterer Korrosion geschützt. Der Korrosionsmechanismus an der Grenzfläche von Oxid und Hüllrohrmetall ist jedoch erst teilweise geklärt. Die Oxidschicht führt zu einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften. Über diese

Schicht nimmt das darunter liegende Metall Wasserstoff auf, welcher zur Versprödung beiträgt. Der H_2 -Konzentration und der Oxidschichtdicke wurden daher Limiten zugewiesen. Der Hochabbrand wird durch die Hüllrohralterung (Korrosion und schlechter werdende Eigenschaften) begrenzt.

Die Tauglichkeit der Hüllrohre wird (abgesehen von der chemischen Zusammensetzung) zum grossen Teil bereits durch die mechanischen Arbeiten und Wärmebehandlungsschritte der Rohrfertigung bestimmt. Die Zirkonium-Metallgitterstruktur und das Phasendiagramm, das den Ein-



Im Hotlabor des PSI (oben) werden Brennstäbe auf materialtechnische Fragen hin untersucht. Bruchtests an einem Hüllrohrabschnitt (rechts).

Eigenschaften des Reaktorbetriebs. Diese zu untersuchen, zu neuen Legierungsbestandteilen Modelle zu generieren und Voraussagen zu machen ist das wesentliche Ziel der Forschungsarbeiten am LWV.

Tests fördern spezifisches Know-how

Bestrahlte Hüllrohr-Abschnitte werden beispielsweise für Bruchtests mit Hilfe hydraulischer Einrichtungen für Berstversuche verwendet. Diese erfolgen im Hotlabor sowohl bei Raumtemperatur als auch bei 350 °C. Dabei interessiert die plastische Verformung am Umfang und das Bruchverhalten.

Zur Abklärung des Korrosionsmechanismus werden modernste „Beam line“-Techniken angewendet. Das Oxid-Kristall-



fluss von Sauerstoff bei unterschiedlichen Temperaturen aufzeigt, erklären die Materialeigenschaften, die für den Einsatz beim Hüllrohr von Bedeutung sind. Bei 863 °C ändert die Gitterstruktur. Dies ist bei der Materialbearbeitung bzw. den entsprechenden Wärmebehandlungsschritten (Spannungsabbau) zu beachten, um unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden.

Die thermomechanischen Parameter der Hüllrohrherstellung stehen also in einer Wechselwirkung zu den Materialeigenschaften, dem Hüllrohrverhalten und den

wachstum wird beispielsweise mit atomar auflösender Transmissions-Elektronenmikroskopie untersucht.

Mit den verschiedenen Untersuchungen schafft sich das Paul Scherrer Institut die Kapazitäten, um auch – in internationaler Zusammenarbeit – die Entwicklungen an neuen Reaktoren der 4. Generation zu unterstützen.

Modelle für Batch-Anlagen

Energiereduktion ist auch bei der Herstellung von Feinchemikalien und Pharmazeutika möglich

Patric S. Bieler
Institut für Chemie- und Bioingenieurwissenschaften
ETH Hönggerberg
CH-8093 Zürich

Martin Stettler
BFE-Bereichsleiter
Verfahrenstechnische Prozesse

Ausgangsstoffe für die pharmazeutische und chemische Industrie werden meist in kontinuierlichen Prozessen hergestellt. Feinchemikalien hingegen und Endprodukte stammen oft aus Chargenprozessen, aus Anlagen mit Batch-Betrieb mit geringen Tonnagen. Hierbei wird meist auch ein hohes Mass an Flexibilität und Effizienz verlangt.

Energieeffizienz dank Analysemodellen

Früher hatten die Energie- bzw. Produktionskosten der Batch-Prozesse im Vergleich mit dem Marktwert der erzeugten Produkte keinen Anlass gegeben, Energie effizienter zu nutzen. Heute hat sich die Situation durch sinkende Feinchemikalienpreise, steigende Produktionskosten und verschärfte Umweltgesetze verändert. Die Bedeutung eines verringerten Energieverbrauchs wächst.

Mit der Entwicklung von zwei verschiedenen Analyse- und Rechenmodellen können die bei Batch-Prozessen eingesetzten Energien untersucht werden. Auf dieser Basis lassen sich Optimierungen und regeltechnische Änderungen durchführen, welche die Energiebilanz merklich verbessern helfen.

Reaktoren sind die zentralen Gefässe für die Batch-Produktion und stehen somit im Fokus der Energiesparanstrengungen.



Top-down oder Bottom-up

Ein lineares Top-down-Modell eignet sich für Batch-Produktionsanlagen bei Monoprodukt-Betrieben oder Mehrprodukt-Betrieben mit konstantem Produktmix. Die Untersuchungen entsprechender Produktionsanlagen zeigten beispielsweise, dass der Elektrizitätsverbrauch der Infrastruktur bedeutend ist (ca. 50 %) und ein Zusammenhang zwischen Automatisierungsgrad und dem spezifischen Energieverbrauch besteht.

Für Mehrzweck-Batch-Betriebe mit wechselnden Produktionsverfahren und vielfältigem Produktmix wurde ein Bottom-up-Modell entwickelt. Bei diesem werden Chemikalien- und Apparatespezifikationen sowie zeitliche Faktoren, aber auch Grundverbrauchswerte berücksichtigt. Anhand von konkreten Beispielen und Daten konnten die wichtigsten Energieverbraucher der untersuchten Prozesse eruiert werden.

Die Berechnungen einzelner Energieträger führte zu detaillierten Aussagen über die jeweiligen Prozesse. So wurde beispielsweise der Dampfverbrauch über ein Zeitintervall von bis zu einem Monat ermittelt. Dabei erkannte man den hohen Anteil von Dampfverlusten in den Reaktoren und Trocknereinheiten. Beim Elektrizitätsverbrauch ist einerseits die Infrastruktur als Energiesparpotenzial erkennbar, andererseits sollten Vakuumpumpen, Motoren usw. bei Nichtgebrauch abgeschaltet werden.

Anstrengungen der Industrie unterstützen

Die Studie, die mit Unterstützung des BFE realisiert werden konnte, hat gezeigt, dass die Anstrengungen zur Energiereduktion bei Batch-Prozessen mit Hilfe dieser Rechenmodelle wirkungsvoll sein können. Es lassen sich gezielt geeignete Abläufe, Apparate und Energienutzer identifizieren.

VTP

Das BFE-Forschungsprogramm Verfahrenstechnische Prozesse (VTP) befasst sich mit den Grundlagen der energetischen Optimierung von industriellen Prozessen der Chemie-, Lebensmittel-, Papier- und Metallindustrie.

Schlussbericht:
Analysis and Modeling of the Energy Consumption of Chemical Batch Plants;
Patric S. Bieler, Institute for Chemical- and Bioengineering, ETH Zürich, 2004
ENET-Nr. 240033

BHKW (Blockheizkraftwerke)

Installation et suivi d'un couplage chaleur-force (CCF) sur le site de l'ORT à Anières; Rapport final; Conti & Associés Ingénieurs SA; 02.2004; FR; 40 p.; P&D; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 240030

Biomasse (Holz)

Dioxin- und PAK-Emissionen der privaten Abfallverbrennung; Umwelt-Materialien Nr. 172 Luft; Literaturstudie und Situationsanalyse; Nussbaumer Thomas; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL); 01.2004; DE; 88 S.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 240001

Biomasse (ohne Holz)

Systemvergleich Trolley-, Diesel- und (Bio-)Gasbus; Studie für die Buslinie 4 in Winterthur; Ernst Basler + Partner AG; Winterthurer Verkehrsbetriebe; 12.2002; DE; 71 S.; P&D; Sfr. 35.00; ENET-Nr. 220361

Membranevaluation zur Vergärung von Gülle im Membranreaktor (UF-Membran); Schlussbericht; Viriden Karl, Ammann Thomas, Hartmann Peter, Huber Heinrich, Naef René; Hersener J.-L.; 11.2003; DE; 38 S.; F&E; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 230158

Elektrizität

Kaltgetränke- und gekühlte Warenautomaten; Merkblatt für Betreiber von Automaten; Huser Alois; Encontrol GmbH; 11.2003; DE; 2 S.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 230097

Druckluft Kompetenzzentrum; Machbarkeitsstudie; Schlussbericht; Eigen Stefan; Hochschule für Technik+Architektur Luzern; 12.2003; DE; 31 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230255

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen; Schlussbericht: Hauptteil; Schnyder G., Mauchle P., Höckel M., Lüchinger P., Fritz O., Häderli Ch., Jaggy E.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 56 S.; F&E; Sfr. 35.00; ENET-Nr. 230260

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Aktuelle und mögliche zukünftige Situation; Schlussbericht: Anhang 1; Schnyder G., Mauchle P.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 14 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230261

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Rahmenbedingungen; Schlussbericht: Anhang 2; Schnyder G., Mauchle P.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 13 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230262

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Grundlagen der dezentralen Energieerzeugungsanlagen; Schlussbericht: Anhang 3; Höckel M., Haldi Rudolf; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 58 S.; F&E; Sfr. 35.00; ENET-Nr. 230263

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Grundlagen der Speicher; Schlussbericht: Anhang 4; Lüchinger Philipp; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 11 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230264

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Simulationen im 400 V Niederspannungsnetz des ewz; Schlussbericht: Anhang 5; Höckel M., Lüchinger P.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 124 S.; F&E; Sfr. 63.00; ENET-Nr. 230265

Energieforschung allgemein

Konzept der Energieforschung des Bundes 2004–2007; Konzept; CORE; 01.2004; DE; 64 S.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 240007

EWG (Energiewirtschaftliche Grundlagen)

Förderung von Energieeffizienz in Unternehmen; Förderinstrumente mit und ohne Bezug auf Umweltmanagementsysteme; Bericht; Beltrani Guido, Schelske Oliver, Peter Daniel, Oettli Bernhard; Ernst Basler und Partner AG / Infrast; 07.2003; DE; 142 S.; F&E; Sfr. 17.20; ENET-Nr. 230248

Geothermie

Wärmenutzung aus dem Rickentunnel; Mehrzweckhalle Kaltbrunn; Schlussbericht; Coting René; Gemeinde Kaltbrunn; 12.2000; DE; 21 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 200402

Geothermische Karte Tessin; Wärme aus Boden und Wasser – Kanton Tessin; Schlussbericht; Thüring Manfred; Università della Svizzera Italiana; 12.2003; DE; 25 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230293

Photovoltaik

Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen 2 (LZPV2); Schlussbericht, Hauptteil; Renken C., Häberlin H.; FH Burgdorf/Abt. Elektrotechnik; 09.2003; DE; 81 S.; F&E; Sfr. 46.00; ENET-Nr. 230256

Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen 2 (LZPV2); Schlussbericht, Anhang 1: Normierte Jahresstatistiken; Renken C., Häberlin H.; FH Burgdorf/Abt. Elektrotechnik; 09.2003; DE; 114 S.; F&E; Sfr. 63.00; ENET-Nr. 230257

Komfortberechnungsprogramm für Holz-Speicheröfen; Schlussbericht; Gaegauf Christian, Züsteg Hanspeter, Huber Heinrich, Schütz Bendicht, Friedlin Rolf, Chiquet Claude; Oekozentrum Langenbruck; 02.2004; DE; 60 S.; F&E; Sfr. 35.00; ENET-Nr. 240029

Evaluation of Biomass Combustion based Energy Systems by Cumulative Energy Demand and Energy Yield Coefficient; Final report; Nussbaumer Thomas, Oser Michael; Ing. Büro Verenum; 01.2004; EN; 47 p.; F&E; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 240015

LUPO AG; Biogasverwertung mit BHKW; Schlussbericht; Büchler F., Gabriel M.; Lupo-Getränke AG; 02.2004; DE; 16 S.; P&D; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 240023

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Simulationen im 16 kV Mittelspannungsnetz des AEW; Schlussbericht: Anhang 6; Höckel M., Lüchinger P.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 47 S.; F&E; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 230266

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Erkenntnisse aus dem Projekt; Schlussbericht: Anhang 7; Schnyder G., Mauchle P.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 23 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230267

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Parallelschaltung von DEA; Schlussbericht: Anhang 8; Häderli C.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 31 S.; F&E; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 230268

Zunahme der dezentralen Energieerzeugungsanlagen in elektrischen Verteilnetzen: Literatur; Schlussbericht: Anhang 9; Gottsponer O., Mauchle P.; Schnyder Ingenieure AG; 12.2003; DE; 23 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230269

Aufbau Greenlight National Contact Point; Schlussbericht; Schneiter Paul, Nussbaumer Beat; S.A.F.E.; 12.2003; DE; 13 S.; P&D; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230286

Auswirkungen von periodischem Ein- und Ausschalten auf die Server-Hardware-Zuverlässigkeit; Schlussbericht; Held Marcel; EMPA; 12.2003; DE; 34 S.; F&E; Sfr. 20.00; ENET-Nr. 230287

Marktpotential von supraleitenden Strombegrenzern; Schlussbericht; Lakner M., Braun D., Schnyder G., Mauchle P.; ABB Consulting AG; 12.2003; DE; 76 S.; F&E; Sfr. 35.00; ENET-Nr. 230292

Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2004–2007; Plan directeur; CORE; 01.2004; FR; 68 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 240008

Windenergie und schweizerischer Wasserkraftpark; Bericht; Ott Walter, Baur Martin, Fritz Wolfgang, Zimmer Christian, Feldmann Jörg, Haubrich Hans-Jürgen, Dany Gundolf, Schmoller Hagen, Hartmann Thomas; Arbeitsgemeinschaft econcept AG, Zürich und Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) RWTH, Aachen; 02.2004; DE; 217 S.; F&E; Sfr. 27.70; ENET-Nr. 240004

Wärmepumpen-Anlage Chestonag Automation AG, Seengen (AG); Schlussbericht; Eberhard Mark; Chestonag Automation AG; 02.2004; DE; 48 S.; P&D; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 240010

Automatisation et télétransmission des données pour les tests de réponse du terrain; Rapport final; Laloui Yessie, Steinmann Gilbert; EPFL DGC - LMS Lab. de mécan; 03.2004; FR; 50 p.; P&D; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 240025

Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen 2 (LZPV2); Schlussbericht, Anhang 2: Normierte Monatsstatistik; Renken C., Häberlin H.; FH Burgdorf/Abt. Elektrotechnik; 09.2003; DE; 192 S.; F&E; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 230258

Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen 2 (LZPV2); Schlussbericht, Anhang 3: Untersuchungen an PV-Anlagen; Renken C., Häberlin H., Rasmussen J.; FH Burgdorf/Abt. Elektrotechnik; 09.2003; DE; 24 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230259

Solarwärme

Construction et test d'un réfrigérateur solaire à adsorption transportable; Rapport final; Mayor Julien, Dind Philippe; EIVD Yverdon; 12.2002; FR; 26 p.; P&D; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 220362

Qualitätssicherungssystem für Solaranlagen; Methode zur permanenten Funktionskontrolle thermischer Solaranlagen; Schlussbericht; Grossenbacher Urs; Synetrum AG; 12.2003; DE; 70 S.; P&D; Sfr. 35.00; ENET-Nr. 230273

Coatings for Colored Glazed Thermal Solar Collectors and Solar Active Glass Facades; Article; Schüler Andreas M., Roecker Christian, Boudaden Jamila, Oelhafen Peter, Scartezzini Jean-Louis; EPFL - LESO-PB; 12.2003; EN; 6 p.; F&E; Sfr. 15.00; ENET-Nr. 230275

Towards coloured glazed thermal solar collectors; Article; Boudaden J., Ho S-C., Oelhafen P., Schüler A., Roecker C., Scartezzini J.-L.; EPFL - LESO-PB; 12.2003; EN; 8 p.; F&E; Sfr. 15.00; ENET-Nr. 230276

Optimisation de la gestion d'installations de chauffage; Rapport final à l'attention des Services Industriels de la Ville de Lausanne; Prud'homme T., Gillet D.; EPFL/DGM/IA Institut d'automation; 06.2003; FR; 31 p.; F&E; Sfr. 15.00; ENET-Nr. 230277

Colored Solar Collectors; Capteurs solaires en couleur; Final Report Phase I; Schüler Andreas M., Roecker Christian, Scartezzini Jean-Louis; EPFL - LESO-PB; 12.2003; EN; 3 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 230280

SoDa; IST-1999-12245; Integration and exploitation of networked Solar radiation; Databases for environment monitoring; Final report; Wald Lucien; Meteotest; 05.2003; EN; 39 p.; P&D; Sfr. 20.00; ENET-Nr. 230281

Nanostructure Materials for Solar Energy Conversion; Article; Oelhafen P., Schüler A.; EPFL - LESO-PB; 12.2003; EN; 12 p.; F&E; Sfr. 15.00; ENET-Nr. 230285

Programme „Solaire actif – Chaleur et Stockage de chaleur“, Activités et projets en 2003; Programm „Solar aktiv – Wärme und Speicherung der Wärme“ Aktivitäten und Projekte im 2003; Berichte, Rapports; Hadorn Jean-Christophe, Renaud Pierre, et al.; 12.2003; DE, FR; 216 S., 216 p.; F&E; Sfr. 100.00; ENET-Nr. 230289

Technologie-Transfer / Systeme

ENET-NEWS, März 2004, Nr. 57 deutsch; 03.2004; DE; 40 S.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 240011

ENET-NEWS, Mars 2004, No 57 français; 03.2004; FR; 40 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 240012

Thermische Speicherung

Analytical characterisation of amplitude dampening and phase shifting in air/soil heat-exchangers; Report; Hollmüller Pierre; Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie CUEPE; 11.2003; EN; 35 p.; P&D; Sfr. 20.00; ENET-Nr. 230274

Optimisation par simulation calée de l'installation de stockage Wollerau; Rapport final; Pahud Daniel; Laboratorio di energia, ecologia ed economia LEEE; 12.2003; FR; 47 p.; F&E; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 230282

Optimisation par simulation calée de l'installation de stockage Wollerau; Annexe 1: Modèle de simulation pour l'installation de Wollerau; Rapport final: Annexe 1; Pahud Daniel; LEEE; 12.2003; FR; 34 p.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230283

Solare Wärmeversorgung mit saisonalem Speicher für die Wohnsiedlung Heumatt, Zürich-Seebach; Schlussbericht und Anhänge; Hartmann Peter, Jüzi Heinz; Zürcher Hochschule Winterthur; 12.2003; DE; 155 S.; P&D; Sfr. 30.00; ENET-Nr. 230284

COSTEAU; Préchauffage et rafraîchissement par collecteurs souterrains à eau; Etude de cas (bâtiment Perret à Satigny, GE) et généralisation; Rapports de recherche du CUEPE; Hollmüller Pierre, Lachal Bernard; CUEPE; 12.2003; FR; 93 p.; P&D; Sfr. 40.00; ENET-Nr. 230288

Umgebungswärme

Wärmepumpen: Wo sind die Grossen?; Tagungsband; Rognon Fabrice (Hrsg.); 06.2002; DE, FR; 84 S., 84 p.; F&E; Sfr. 46.00; ENET-Nr. 220358

Wärmepumpen – noch effizienter und leiser; Tagungsband; Kopp Thomas (Hrsg.); 06.2003; DE; 102 S.; F&E; Sfr. 50.00; ENET-Nr. 230249

Wasserkraft

Kleinwasserkraftwerk Hegi / Grüntal in Aadorf (TG); Vorprojekt-Bericht; Schlussbericht; Schmid Roland, Bonato Fernando; Solargenossenschaft Aadorf; 04.2003; DE; 25 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230205

Vorstudie Kleinwasserkraftwerk J. Dürsteler & Co AG Wetzikon ZH; Revitalisierungsvorhaben des Kraftwerkes mit seinen 80-jährigen Francis-Doppelturbinen; Bericht; Stiftung Revita; 03.2004; DE; 15 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 240024

Mitmachen und sich profilieren

Das beste Gebäude, die besten Energieanlagen, die besten Leute.

Der PrixEnergie Suisse wird an Projekte, Personen und Institutionen verliehen: für herausragende Leistungen im Bereich der rationalen Energienutzung und des vorbildlichen Einsatzes erneuerbarer Energie im Gebäudebereich.

Teilnahmeberechtigt sind alle interessierten Einzelpersonen, Gruppen, Organisationen, Institutionen, Schulen oder Unternehmen aus der Schweiz.

Eingabeschluss ist der **2. August 2004.**

PrixEnergie Suisse

Wettbewerbsunterlagen und weitere Infos sind unter www.prixenergie.ch verfügbar oder beim Bundesamt für Energie, Prix-Energie Suisse, Mireille Fleury, CH-3003 Bern, Tel: 031 322 56 64, Fax: 031 323 25 10, mireille.fleury@bfe.admin.ch

ENET

Netzwerk für Informationen und Technologie-Transfer im Energiebereich
Egnacherstrasse 69 • CH-9320 Arbon
Tel. 071 440 02 55 • Tel. 021 312 05 55
Fax 071 440 02 56
enet@temas.ch • www.energieforschung.ch

