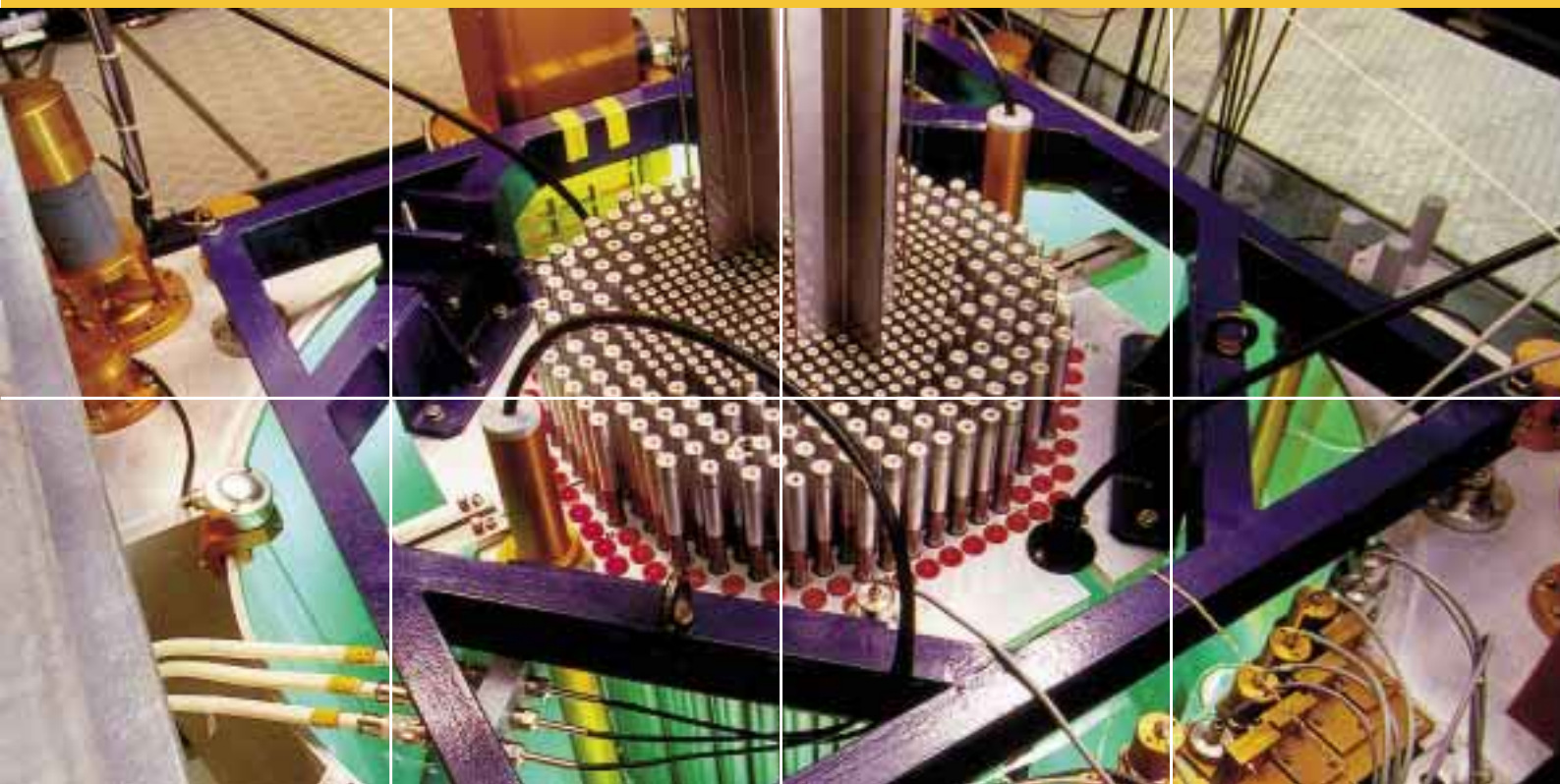


November 2003

ENET NEWS

Informationen zur Energieforschung



Bundesamt für Energie
Zeithorizont in Frage stellen

Kernenergie
Der Sicherheit verpflichtet

Verkehr
Das Ziel im Auge haben

www.energieforschung.ch

 **energie**schweiz

BFE

Zeithorizont in Frage stellen4

Energie

Die Diversifizierung drängt5

Antarktis-Eis bestätigt Ursache
für Klimawandel6**CORE**

Pragmatische Lösungen anstreben7

Innovative Technologien sind
für KMUs von Interesse8**Photovoltaik**

Solarmobil auf Schweizer Seen.....9

ENET

Radikal oder inkrementell.....10

Energiewirtschaftliche Grundlagen

Energieeffizienz auf Schienen.....11

Solartechnologien

Summer School – Solar Energy 200312

**Biomasse**

Mobilität aus Pflanzen.....14

Methan aus nasser Biomasse.....15

Kleinwasserkraftwerke

Erste Wasserkraftschnecke montiert.....16

SEARCH LHT16

Geothermie

Messkampagnen bei Energiepfählen17

Windenergie

Im Gebirge ist es schwieriger.....18

Forschung für kalte Extrembedingungen ..18

Umgebungswärme

Systemträgheit optimal nutzen.....20

Schwerpunkte der Wärmepumpen-
Forschung.....20

Neues Prüf- und Testzentrum22

**Kernenergie**

Der Sicherheit verpflichtet23

HSK: Hauptabteilung des BFE.....24

Forschung: NES 2005.....25

Entsorgung: AGNEB – Arbeitsgruppe
des Bundes26

Nukleare Sicherheit in Osteuropa: CENS...27

Wie die Aufsicht nuklearer Anlagen
begann28

Reaktorphysik und Sicherheit29

Das Entsorgen verstehen.....30

Fusion wird konkreter31

Elektrizität

Mehr Effizienz steckt drin.....33

Gebäude

Einblick für alle34

Paradiesische Zustände in Wil34

Gebäudekampagne startet bald35

Verkehr

Das Ziel im Auge haben36

MODULTEC in der Umsetzung36

prix pegasus mit Alpenfokus37

Brennstoffzellen

Treffpunkt in Luzern.....38

Neu erschienene Publikationen39**Impressum**

ENET-NEWS

Informationen zur Energieforschung

November 2003 / Nr. 56

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**

Das Labor für Reaktorphysik LRS der ETH Lausanne (Laboratoire de physique des réacteurs et de comportement des systèmes) betreibt insgesamt drei Kernanlagen. Der Forschungsreaktor CROCUS steht primär für die Ausbildung von Physikstudenten (EPFL und ETHZ), der Kursteilnehmer der PSI-Reaktorschule sowie von Studenten der Ingenieurschule Genf zur Verfügung.

<http://lrs.epfl.ch/crocus.html>

Es ist Zeit für mehr Kreativität

Mit dem Beginn des 21. Jahrhunderts hat sich eine Gesellschaft herausgebildet, in welcher sich das Wissen als Schlüsselfaktor für Wohlstand und Wettbewerbsfähigkeit der Nationen erwiesen hat. Erarbeitung, Umsetzung und Verbreitung der Erkenntnisse kann jedoch nur dank einer ausreichenden Energieversorgung erfolgen, die aber auch dauerhaft und ökologisch ist, also die Autonomie des Landes sichert: graues Gold braucht weisses Gold.

Und umgekehrt: weisses Gold braucht graues Gold. Die Sicherstellung dieser Versorgung, die Erweiterung der Energiequellen und die rationelle Energienutzung werden getragen von den wissenschaftlichen Entdeckungen und den neuesten technologischen Entwicklungen. Die Anstrengungen der Energie- und Wissenschaftspolitik gehen daher Hand in Hand.

Die Forschung und Entwicklung im Energiebereich profitiert nicht nur von den Kompetenzen der Hochschulen, speziell der Eidgenössischen Technischen Hochschulen und des Paul Scherrer Instituts, dem Know-how bestens ausgebildeter und motivierter Ingenieure und Spezialisten, sondern auch von der öffentlichen Forschungsunterstützung durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, durch die Kommission für Technologie und Innovation und das Bundesamt für Energie.

Budgetbeschränkungen, auch da, machen eine Auswahl notwendig, die sich am Prinzip der Subsidiarität orientiert – der Bund investiert dort, wo weder die Wirtschaft noch die akademischen Kreise ihre Wirkung entfalten können, insbesondere aufgrund eines

zu langen Zeithorizontes oder falls Anfangsinvestitionen zu hoch und riskant sind.

Die nukleare Fusion bietet eine sinnvolle Alternative zu den aktuellen Energiequellen. Sie ist deshalb ein Weg, den wir unterstützen und auf welchen wir Hoffnung setzen. Für die Staatengemeinschaft erreichen die benötigten Anstrengungen solch grosse Dimensionen, dass nur mit einer intensiven internationalen Kooperation geforscht werden kann, sei es im Rahmen von EURATOM oder durch Projekte mit weltweiter Beteiligung, wie beim ITER.

Ausser diesen grosstechnologischen Bauwerken profitieren auch Kleinanlagen und die Nutzung erneuerbarer Energien von den Fortschritten der Wissenschaft und Technologie; auch sie verdienen unsere volle Unterstützung.

Das Verhalten unserer heutigen Gesellschaft und deren Ressourcenverbrauch führen bereits zu einer langsamen, schleichenden Veränderung des globalen Ökosystems. Es ist daher Zeit, die Kräfte zu bündeln und die Kreativität „aufblühen“ zu lassen, damit wir unseren Kindern und Kindeskindern eine lebenswerte Welt vererben können.

Charles Kleiber

Staatssekretär für Wissenschaft und Forschung

Zeithorizont in Frage stellen

Langfristige Strategie der Energieforschung weist den Weg für einen nachhaltigeren Energieeinsatz

Marco Berg

Factor Consulting +
Management AG
CH-8045 Zürich

Gerhard Schriber

Bundesamt für
Energie (BFE)
CH-3003 Bern

Leitlinie der Energieforschung des Bundes ist das Konzept der CORE, der Eidgenössischen Energieforschungskommission. Dieses wird für einen Zeitraum von jeweils vier Jahren formuliert und dient sowohl der strategischen Ausrichtung als auch der Prioritätensetzung innerhalb der einzelnen Forschungsbereiche. Die Verschärfung zahlreicher Aspekte von Energieproduktion und -verbrauch einerseits und andererseits die strukturellen Probleme der Finanzierungsmöglichkeiten lassen weitsichtigere Fragestellungen und entsprechend langfristig wirksame Entscheidungen wichtiger werden. Die 7. Schweizerische Energieforschungs-Konferenz vom 11./12. November 2003 wird sich mit diesem Thema befassen und Antworten auf die folgenden vier Fragen erarbeiten:

Schritte zur Nachhaltigkeit

Welche Energieforschung brauchen wir, um Nachhaltigkeit zu erreichen? Im Jahr 2050 soll ein Leistungsbedarf an Primärenergie pro Person von nur noch 2 kW erreicht werden (heute 6 kW) – dies entspricht der Vision der 2000 Watt-Gesellschaft. Die Energieforschung kann sich auf diese Zielsetzung jedoch erst sinnvoll ausrichten, wenn die entsprechenden Wege der Technologieentwicklung aufgezeichnet sind.

Dann lassen sich die öffentlichen Mittel zielgerichteter einsetzen. Um dieses Nachhaltigkeitsniveau zu erreichen, wird man sich auf Themen konzentrieren müssen, die sowohl national als auch global einen entscheidenden Beitrag leisten können und der Schweiz einen wirtschaftlichen Nutzen bringen.

Voraussetzungen für die Umsetzung

Wie können günstige Rahmenbedingungen geschaffen werden, um die Resultate der Energieforschung sinnvoll umsetzen zu können? Mit dieser Frage werden sowohl wirtschaftliche und gesellschaftliche als auch politische Voraussetzungen angesprochen. Beispielsweise misst man heute den politischen Massnahmen zur Verbesserung der Marktchancen nachhaltiger Technologien oft zu wenig Beachtung bei. Der richtige Mix für den wirkungsvollsten Einsatz öffentlicher Mittel in Forschungs- aber auch Umsetzungsprojekte ist deshalb entscheidend. Für eine verstärkte Nutzung nachhaltiger Technologien dürfte neben den wirtschaftlichen Faktoren auch eine generelle, auf starken Argumenten basierende Verhaltensänderung nötig sein. Information, Kommunikation und Bildungsanstrengungen wären demnach zu verstärken, um diesen Lernprozess zu beschleunigen und auszuweiten.

Nachhaltigkeit umfasst neben einer technologischen auch eine soziale Dimension, die man bei der globalen Betrachtung berücksichtigen muss.

Noch effizienter forschen

Wie kann die Effizienz der Energieforschung verbessert werden? Das Bundesamt für Energie (BFE) ist an

Internet-Links

Bundesamt für Energie (BFE)
www.energie-schweiz.ch

Konzepte der Energieforschungskommission CORE
www.energie-schweiz.ch
(→ Forschung → Strategie)

Factor Consulting + Management AG
www.factorag.ch (→ Projekte)



rund 90 % der mit Mitteln der öffentlichen Hand finanzierten Projekten der Energieforschung direkt oder indirekt beteiligt. Ihre Koordinationsfunktion ist damit vorgegeben. Zu den Akteuren gehören zahlreiche Institute der Hochschulen, Fachhochschulen, Forschungsstätten der Privatwirtschaft sowie Architektur- und Ingenieurbüros. Die Konzentration von Kapazitäten und Kompetenzen liegt als Wunsch auf der Hand, will man Themen und Mittel der Forschung nicht verzetteln. Wie weit sind zusätzliche Vernetzungsanstrengungen, langfristige Strategie und Planung sowie intensive Begleitung der Entwicklungsprozesse am Umsetzungserfolg der Energieforschung vonnöten? Eine Effizienzsteigerung könnte auch durch klarere Aufgabenverteilung zwischen öffentlicher Forschung und Privatwirtschaft geprägt sein.

National und international forschen

Soll die Energieforschung mit einem nationalen oder internationalen Fokus betrieben werden? In den meisten Industrienationen ist das Bestreben, einen nachhaltigeren Energiepfad einzuschlagen, deutlich erkennbar. Und viele Schwellen- oder Entwicklungsländer kämpfen bereits heute an der ökologischen Front. Die Energieproblematik ist beispielhaft ein globales Thema geworden. Dennoch stellt sich die Frage nach einer möglichen Diskrepanz zwischen Mittelaufwand in der Schweiz und globaler Nutzniessung. Denn angestrebt werden ein Plus an Nachhaltigkeit im Inland und gleichzeitig verstärkte Exportmöglichkeiten. Die Energieforschung wird somit auch hier im geeigneten Verhältnis beides im Auge behalten müssen: die nationale Wirkung und die internationalen Potenziale.

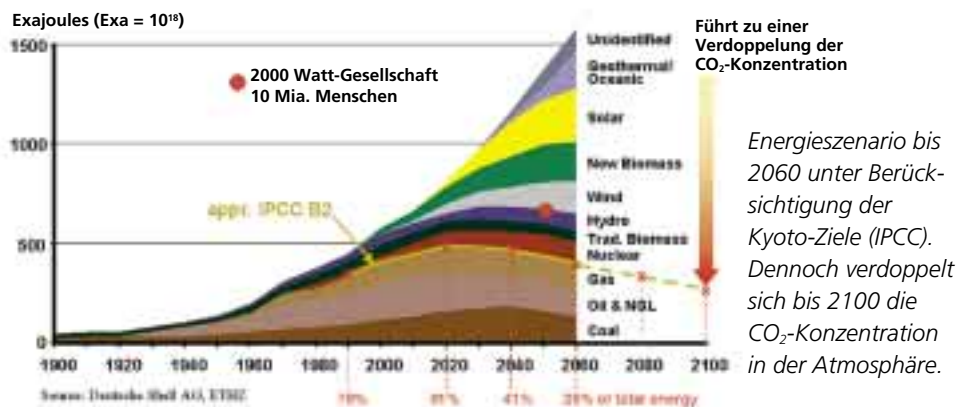
Von der Energieforschungs-Konferenz werden konkrete Vorgehensschritte erwartet. Diese werden in das Konzept der CORE aufgenommen und durch die BFE-Programmleiter der Forschungsbereiche umgesetzt.

Die Diversifizierung drängt

Wachsender Energieverbrauch verschärft soziale Spannungen und belastet die Wirtschaft

Durch das Wachstum der Erdbevölkerung und der einzelnen Bruttosozialprodukte wird auch der Energiebedarf weiter stark zunehmen, typischerweise um 1,5 % pro Jahr. Es besteht breite Übereinstimmung darüber, dass noch während einigen Jahrzehnten fossile Energieträger die wichtigste Quelle sein werden, auch wenn die erneuerbaren Energien langsam Boden gewinnen. Energie bleibt der Motor für die weltweite Wirtschaft, und die Weltpolitik bleibt damit eng verbunden. Doch der einsetzende Klimawandel, aber auch die aufkommenden sozialen Spannungen wecken

Ein mögliches, ziemlich optimistisches Szenario bis 2060 zeigt mit gelb gestrichelter Linie die bis 2100 vom IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) anvisierte Senkung von Erdöl, Erdgas und Kohle. Würde dieser Verlauf Wirklichkeit, so müssen wir trotzdem – gegenüber der vorindustrialisierten Zeit – mit einer Verdoppelung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre rechnen (550 ppm). Diese Verdoppelung wird gerade als die maximal tragbare Option, im Sinne einer langfristig zwar problematischen, aber nicht katastrophalen Temperaturerhöhung betrachtet.



Befürchtungen. Wir sind daher gefordert, den Kurs zu ändern – schneller als gedacht – und damit den Verbrauch der Primärenergie zu senken. Die Fragen stellen sich jedoch: Wollen wir dies wirklich? Was wird uns die Zukunft bringen, wenn wir so weiter machen wie bisher?

CO₂-Konzentration als Indikator des Grundproblems

Fossile Energie ist nicht unbegrenzt verfügbar, genügt jedoch noch für Jahrzehnte; allerdings dürfte die Verknappung durch sinkende Förderquoten zu einem massiven Preisanstieg führen. Dies wäre Grund genug, den Energieverbrauch zu senken, den Weg für erneuerbare Energien zu ebnen und damit die Ölabhängigkeit zu reduzieren.

Alternativen beim Transport in Sichtweite

Erdgas bietet im Transportsektor wesentliche Vorteile, da die Verbrennung weniger Schadstoffe und CO₂ erzeugt als Benzin und Diesel. Erdgas ist aber auch ein interessanter Ausgangspunkt für den Fischer-Tropsch-Prozess, mit welchem synthetische Treibstoffe erzeugt werden können. Dies wird bereits heute in Indonesien (Shell) und in USA (ExxonMobil) realisiert und von den Firmen als Neuheit kommuniziert.

Biogas hingegen kann man entweder durch die Fermentation von Biomasse oder durch die Vergasung von Holz gewinnen. Diese Technologien sind jedoch nur dezentral

Schweiz zeigt Kompogas den entsprechenden Weg auf.

Die dezentrale Produktionsweise gilt wohl auch für die Herstellung von Wasserstoff, der sinnvoller Weise nur mit erneuerbarer Energie erzeugt werden sollte. Aus heutiger Sicht stellt Wasserstoff eine langfristige Option dar, weil kurzfristig die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nachteilig sind.

Forderungen aus der Gesamtbetrachtung

Flüssige Treibstoffe sollten in Zukunft für Transportaufgaben reserviert bleiben und nicht mehr als Brennstoffe für Heizzwecke eingesetzt werden. Dafür sind andere Techniken, z.B. Gebäudehüllendämmung, Wärmepumpen in Kombination mit geeigneten Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen usw., zu fördern.

Die weiteren Folgerungen sind: Die Industrienationen müssen ihren Energieverbrauch drastisch reduzieren und langfristig eine echte Diversifizierung entsprechend den jeweiligen Bedingungen anstreben. Dass hierbei die erneuerbaren Energien

(Biomasse, Wind, Solarwärme usw.) eine wesentliche Rolle spielen müssen, ist offensichtlich.

Meinrad K. Eberle

Konstantinos Boulouchos

Laboratorium für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme (LAV)
ETH-Zentrum
CH-8092 Zürich

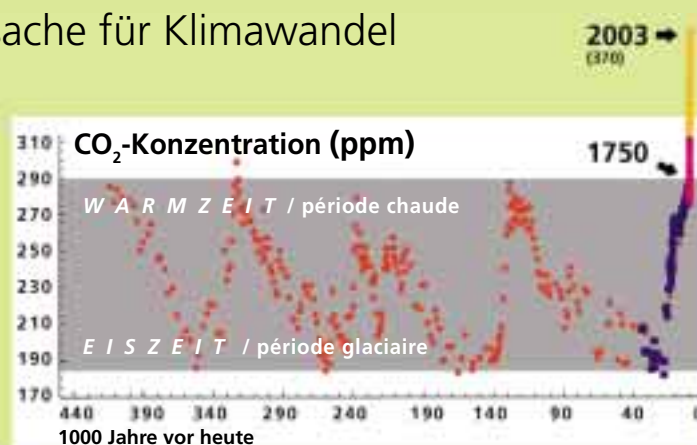
Antarktis-Eis bestätigt Ursache für Klimawandel

Der Trend der globalen Erwärmung setzt sich fort. Diese Tatsache wurde gerade auch durch den Frühling und Sommer 2003 bestätigt. An der EBL-Infoveranstaltung zur Geothermie (Juni 2003) präsentierte Thomas Stocker, Professor am Institut für Klima- und Umweltphysik der Universität Bern, Langzeitstudien, welche eine Korrelation von Klimaerwärmung und CO₂-Konzentrationszunahme bestätigt.

Klimaarchive gewähren Blick zurück

Baumringe gehören zu den seit langem bekannten Klimaarchiven, die einen Überblick über den Temperaturverlauf der letzten Tausend Jahren geben können. Hierbei wird die seit Mitte des 19. Jahrhunderts einsetzende Erwärmung deutlich erkennbar.

Seit fast 40 Jahren werden aber auch die Eisschilder von Grönland und der Antarktis als Klimaarchive genutzt. Das Grönlandeis ist in 3 km Tiefe etwa 100'000 Jahre alt, in der Antarktis hingegen rund eine Million Jahre. Die Zusammensetzung der in den kleinsten Bläschen enthaltenen Luft lässt sich dort mit hochpräzisen Messgeräten bestimmen. Dadurch kann man die wichtigsten Treibhausgase (Kohlendioxid CO₂, Methan CH₄ und Lachgas N₂O) identifizieren. Es hat sich gezeigt, dass die CO₂-Konzentration heute über 30 % höher liegt als je zuvor in den letzten 420'000 Jahren. Und dass dieser An-



Rekonstruktion der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre der letzten 420'000 Jahre aufgrund von Messungen in Eiskernen. In der natürlichen Schwankungsbreite sind vier Eiszeitzyklen (bis 190 ppm) erkennbar. (Bild: Uni Bern)

stieg mit der gemessenen Temperaturerhöhung offensichtlich korreliert.

Modellrechnungen deuten auf Extremereignisse

Mit Klimamodellen kann nun die voraussichtliche Erwärmung berechnet werden. In einem moderaten Emissionsszenario werden bis 2100 rund +2,5 °C prognostiziert, bei unbremstem Verbrauch fossiler Energieträger bis zu +5,8 °C. An den Ozeanufern bahnt sich ein erhöhter Wasserspiegel an, in kontinentalen Gebieten sind bereits Veränderungen erkennbar: Die Jahreszeiten verschieben sich, die Permafrostgrenze rückt gegen Norden und lockert im Gebirge die Hänge. Nicht nur der Gletscherschwund ist offensichtlich, sondern auch das Abschmelzen von Firnfeldern auf 4000 m Höhe.

Damit im Zusammenhang stehen auch Extremereignisse an der Wetterfront. Dies kann sichtbar gemacht werden mit der sich verändernden Wetterwahrscheinlichkeitskurve, bei der sich der Mittelwert erhöht und die Varianz vergrössert. Gefordert ist daher eine Stabilisierung der Treibhausgase in der Atmosphäre, was nur durch eine markante Reduktion der CO₂-Emissionen erreicht werden kann.

Pragmatische Lösungen anstreben

Kernenergie ist ein wichtiges Element im Verbund mit anderen Technologien – auch bei der Forschung

Die Kernenergie wird als integraler Bestandteil des Energieforschungskonzepts der CORE, der Eidgenössischen Energieforschungskommission, behandelt. Kurt Rohrbach, Direktionspräsident der BKW FMB Energie AG in Bern, betreut als CORE-Mitglied die Fission im Forschungsprogramm Kernenergie. Bis vor kurzem war er auch für den Bereich Fusion zuständig. Er spricht im Folgenden über die Rolle der Kernenergie und über die Erfahrungen der BKW mit erneuerbarer Energie:

Nachhaltigkeit soll – gemäss CORE-Konzept 2004–2007 – ein wesentliches Ziel sowohl der Energieforschung als auch -nutzung sein. Wie beurteilen Sie die aktuelle Situation?

Kurt Rohrbach: Wir brauchen in Zukunft eine nachhaltigere Energienutzung, daher ist diese strategische Ausrichtung der Forschung wichtig. Bei der Elektrizitätsversorgung sind wir wohl näher an der Nachhaltigkeit als beispielsweise beim Verkehr. Anerkanntermassen arbeiten wir bei der Wasserkraft und bei der Kernenergie CO₂-

Welche andere Visionen, neben der Nachhaltigkeit, legen aus Ihrer Sicht die Mitglieder der CORE dem Energieforschungskonzept zugrunde?

Die Energieforschung soll beispielsweise Beiträge zu einer Diversifizierung der Ener-

Verbesserungen von Anlagen und der Betriebssicherheit waren nur möglich, indem weltweit intensiv geforscht werden konnte. In diesem Sinne ist der Budgetanteil sicher gerechtfertigt. Jedoch muss man beachten, dass dieser trotzdem stetig reduziert worden ist und auch in Zukunft weiter zurück-

*Kurt Rohrbach:
„Die strategische
Ausrichtung auf
Nachhaltigkeit ist
für die Energie-
forschung wichtig.“*



„Internationale Einbettung der Kernenergieforschung fördert auch Synergien.“

frei. Aber auch andere Aspekte sollen in der Energieversorgung bezüglich Nachhaltigkeit berücksichtigt werden, so etwa die Verminderung einseitiger Abhängigkeiten von einzelnen Energiequellen.

gieversorgung sowie für eine sichere und zuverlässige Anwendung der entsprechenden Technologien leisten. Dabei hat die Umsetzung von Schweizer Entwicklungen einen besonderen Stellenwert und wird in besonderem Masse gefördert. Damit will man wirtschaftliche Anreize schaffen. Tatsache ist aber, dass unsere bisherigen Fortschritte oft mit Grosstechnologien erreicht wurden und diese somit nicht ausgeschlossen werden dürfen.

Das Forschungsbudget für alle Projekte in der Kernenergie ist heute beinahe gleich gross wie jenes für Projekte der erneuerbaren Energien oder jenes für die Anstrengungen zur rationellen Energienutzung. Ist dies gerechtfertigt?

Kernenergie ist eine wichtige Technologie, wenn wir ihren Anteil an unserer Energieversorgung berücksichtigen. Die laufenden

gehen soll. Wir prüfen selbstverständlich auch immer wieder, wie die internationale Einbettung der Forschungsaktivitäten erfolgt, und ob man Ergebnisse aus dem Ausland für Fragestellungen in der Schweiz heranziehen könnte. Die Kernenergieforschung ist vorbildlich bei der internationalen Zusammenarbeit. Denn es gilt Doppelspurigkeiten in der Forschung zu vermeiden – in der Kernenergie eine Selbstverständlichkeit, in anderen Bereichen nicht immer.

Wie beurteilen Sie dann den Stellenwert der Kernenergie-Forschung in der Schweiz?

Auf der Grundlage meiner Beobachtungsfunktion über die Forschungsprogramme komme ich zu einem positiven Gesamtbild. Bei der Fission stehen Sicherheit und Entsorgung sowie Weiterentwicklung der bis-

herigen Reaktoren im Vordergrund, bei der Fusion visionäre Arbeiten an einer Technologie mit Potenzial. In beiden Bereichen arbeiten Schweizer Institute mit anerkanntem Erfolg.

Der Strommix von heute ist bekannt. Wie wird er in 50 Jahren aussehen?

Für Investitionsentscheide im Energiebereich mit entsprechend langen Planungs-, Betriebs- und Amortisierungszeiten müssen wir schon heute gewisse Vorstellungen darüber haben, welche Technologien dann zum Einsatz kommen sollen. In diesem Sinn wird die Wasserkraft auch 2053 eine zentrale Rolle spielen. Auf eine neue Generation von Kernreaktoren können wir jedoch in Zukunft nicht verzichten. Hinzu kommen wird ein vergrößerter Anteil er-

neuerbarer Energien. Insgesamt betrachte ich die Anstrengungen zur rationelleren Elektrizitätsnutzung als wichtige Massnahme, um den Verbrauch in Griff zu bekommen.

„Das Jahr 2053 ist zugleich nah und fern.“

men, indem wir den Kunden intelligente Möglichkeiten bieten können. 50 Jahre – also 2053 – liegt zugleich nah und fern.

Wird die Kernfusion eine termingerechte Alternative zur Fission darstellen?

Kaum in grossem Rahmen. Die Fusion stellt eine Grosstechnologie dar und bis konkrete Anwendungen möglich sind, vergeht noch

etliche Zeit. Sie weist jedoch ein gewaltiges Potenzial auf, weshalb es falsch wäre, hier nicht zu forschen und zu entwickeln. Falls wir bei der Fusion einen Durchbruch erleben, werden wir natürlich im Rückblick froh sein, einen wichtigen Beitrag geleistet zu haben. Im Übrigen sind Prognosen schwierig zu machen, ohne die Effekte vor auszusehen, die beispielsweise eine hohe CO₂-Abgabe hätte.

Die BKW FMB Energie AG hat als Pionier in Photovoltaik und Windkraft investiert. Was waren damals Ihre Überlegungen und wie beurteilen Sie die heutige Situation?

Wir blicken nun auf ein ganzes Jahrzehnt zurück und können bestätigen, dass unser Ansatz, neue Technologien pragmatisch zu

Innovative Technologien sind für KMUs von Interesse

Nicolas Wavre, Direktor des Unternehmens ETEL SA in Môtiers, ist seit Dezember 2002 Mitglied der CORE, der Eidg. Energieforschungskommission.

Welche Erwartungen haben Sie von der Arbeit in der CORE?

Bis heute habe ich erst an zwei Sitzungen teilgenommen und daher bestehen noch Wissenslücken. Ich bin beeindruckt von der Komplexität der behandelten Themen und von den Anstrengungen beim Verschaffen des notwendigen Überblicks. Das Energiethema ist sehr umfangreich, und aus meiner Sicht muss sich die CORE auf Probleme der Nutzung heutiger und künftiger Energieträger konzentrieren, dies unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen der Schweizer Wirtschaft. Die Energienutzung soll mit dem Ziel optimiert werden, eine Reduktion von Verbrauch und Umweltbelastung zu erreichen, doch ohne die wirtschaftlichen Realitäten unseres Landes zu vergessen. Es ist schwierig für eine Person, alle Dossiers der CORE zu verfolgen, umso wichtiger ist die gegenseitige Ergänzung der Kommissionsmitglieder.

Durch meine Elektroingenieurausbildung und meine berufliche Tätigkeit im Bereich der Elektromotoren werde ich an jenen Themen ein spezielles Interesse haben, welche eine Verbesserung des Wirkungsgrads von Antrieben zum Ziel haben, also Fragen, welche die CORE in den kommenden zwei Jahren behandeln wird.

Die vorliegende Ausgabe der ENET-NEWS hat als Schwerpunkt das Programm Kernenergie. Wie schätzen Sie die Forschungsarbeiten bei der Kernfusion ein?

Bevor ich zur CORE kam, hatte ich den Eindruck, die Fusion bleibe ungewiss und hätte einen zu langfristigen Terminplan, um als seriöse Alternative zu Erdöl ernst genommen zu werden. Inzwischen habe ich mich vergewissert, dass die Forschung der vergangenen 30 Jahre beachtliche Fortschritte erzielt hat und dass es nun vorstellbar ist, mit der Fusion eine neue Technologie für die Wärme- und Elektrizitätsproduktion bis in 50 Jahren zu schaffen. Die Forschung hat eine enorme Arbeit geleistet, um die Problemstellungen zu verstehen und um die entsprechenden technologischen Lösungswege zu formulieren. Man weiss heute, dass speziell in den Be-

reichen Materialien und Supraleitung weitere Fortschritte erzielt werden müssen. Immerhin gehören diese beiden zum traditionellen Interessengebiet und zum historischen Know-how-Potenzial der Schweiz. Die Erforschung der Plasmaphysik hat schon zu einigen indus-



Nicolas Wavre: Ich bin beeindruckt von der Komplexität der Energie-Themen.

triellen Anwendungen ausserhalb des Energiebereichs geführt, beispielsweise bei der CD- und DVD-Produktion. Während man davon ausgeht, dass nur grosse Gesellschaften die zukünftigen Kraftwerke bauen können, werden die verschiedenen, damit zusammenhängenden Technologien für spezialisierte KMUs, von denen es in der Schweiz viele gibt, von grossem Interesse. Somit dürfte eine Weiterführung der Fusionsforschung dem

fördern und in einem grösseren Massstab einzusetzen, berechtigt war. Inzwischen haben wir die Photovoltaik vom Mont-Soleil auch hinunter auf den Bielersee gebracht – auf den Katamaran MobiCat – und bald auch in die Stadt Bern – aufs Dach des neuen Wankdorfstadions, wo erstmals eine „Vermarktung“ stattfinden soll. Bei der Windkraft planen wir einen weiteren Ausbau der Anlagen der Juvent AG. Diese Energie wurde immer kostendeckend verkauft. Von Interesse waren einerseits die Lern- und Kostenkurven dieser Technologien, andererseits die Anforderungen an den Vertrieb solcher Produkte sowie die Nachfrageentwicklung bei unseren Kunden. Auf der Anwendungsseite sind wir zum Beispiel auch seit Jahren im Wärmepumpen-Sektor aktiv.

langfristigen Anliegen der Schweiz entsprechen, wodurch die Industrie frühzeitig die Entwicklung der involvierten Technologie unterstützen kann und auf diese Weise eine starke Position auf dem Weltmarkt erreicht. Mehr noch, wir haben das Glück, ein international anerkanntes Zentrum mit ausgezeichneten Spezialisten zu haben (CRPP an der ETH Lausanne unter der Leitung von Minh Quang Tran).

Welche Prioritäten setzen Sie für ihre Arbeit in der CORE?

Meine Priorität sehe ich in der Unterstützung der CORE bei der Erarbeitung von Stellungnahmen, damit eine allzu grosse Aufsplitterung der Anstrengungen vermieden werden kann. Die Schweiz hat bekanntlich nicht die Mittel, sich mit allem zu befassen. Die Technologien der rationellen Energienutzung sind genau so wichtig wie jene der neuen erneuerbaren Energien. Im Weiteren haben wir uns darauf einzustellen, unseren Erdölverbrauch zu reduzieren und die Mittel bereitzustellen, um die Produktion und Verteilung sauberer Elektrizität als Ersatz der fossilen Energieträger zu realisieren.

Welche Auswirkungen haben diese Erfahrungen auf die Energieforschung?

Ich bin überzeugt, dass wir mit unseren Initiativen auch einen Beitrag an die Entwicklungsanstrengungen leisten. Eine intelligente Umsetzung von Forschungsergebnissen ist allgemein anzustreben, d.h. es sind auch mal ungewöhnliche Wege zu gehen, wie wir es beispielsweise beim MobiCat getan haben. Für die Forschung selbst sind hingegen das Klären der eigenen Kompetenzen und eine entsprechende Konzentration vorauszusetzen. Für das Bundesamt für Energie bleiben in jedem Fall die beiden wichtigen Funktionen einer gezielten Koordination von Forschungsprojekten und die Vermittlertätigkeit bei der Realisierung von neuen Demonstrationsanlagen.

Bildet die rationelle Energienutzung einen Widerspruch zur Strategie eines Energieunternehmens?

Nein – ich zeige den positiven Zusammenhang rationeller Energienutzung und Unternehmenserfolg seit Jahren auf. Nur wenn wir unsere Kunden mit besseren Produkten beliefern und auf ihre Bedürfnisse optimal eingehen, haben wir Erfolg. Alles andere wäre ein monopolistischer Trugschluss. Wenn rationellere Geräte gewünscht werden, stellen wir diese zur Verfügung und kommunizieren dies auch so. Denn in einem offenen Markt überlebt nur derjenige, der für seine Kunden eine insgesamt günstige Lösung findet.



MobiCat auf dem Bielersee.

Solarmobil auf Schweizer Seen

MobiCat und ZHolar wurden 2001 mit BFE-Unterstützung in Betrieb genommen. Sowohl das 150-Personen-Passagierschiff auf dem Bielersee als auch das 6-Personen-Mietsolarboot auf dem Zürichsee sind in Katamaran-Bauweise ausgeführt. Mit diesen Anwendungen wird Solarstrom zum Fahrerlebnis.

ZHolar – das Solarboot, das bei der Bootsvermietung Enge in Zürich gemietet werden kann – war in den ersten beiden Betriebsjahren ca. 100 Stunden bzw. mit ca. 335 Personen unterwegs; dank beson-



ZHolar auf dem Zürichsee.

ders einladendem Wetter konnte in diesem Jahr bis Ende August eine Mietdauer von bereits 156 Stunden verzeichnet werden (im August allein 56 Stunden). Die Nutzung erfolgt dabei hauptsächlich an Wochenenden, wohingegen während der Woche die Batterien aufgeladen werden. ZHolar ist über sechs Meter lang und wird mit einem 2,6-kW-Gleichstrommotor angetrieben. Die Energieerzeugung erfolgt mit 732 W_p, die an Bug und seitlich montierten Apex-Solarzellen.

Informationen zu MobiCat:

www.bielersee.ch (MobiCat)

zu ZHolar:

www.sses.ch/zuerich/solarboot

ENET-Publikation Nr. 220215

Radikal oder inkrementell

Unterschiedliche Ansätze für den Technologie-Transfer in Innovationsprozessen

Karl Höhener
ENET Technologie-
Transfer
CH-9320 Arbon

Innovationsprozesse dienen der Erfüllung aktueller und zukünftiger Kundenanforderungen an Funktionen, Kosten und Qualität von bestehenden und neuen Produkten oder Dienstleistungen. Zwei Arten werden unterschieden: die inkrementelle und die radikale Innovation.

Zwei unterschiedliche Innovationsbegriffe

Unter dem Begriff „inkrementelle Innovation“ werden Prozesse für die Verbesserung bestehender Produkte aufgrund von Marktanforderungen oder Aktivitäten der Wett-

beim solchen System unterscheidet sich in folgenden Aspekten von jenem für inkrementelle Innovationen.

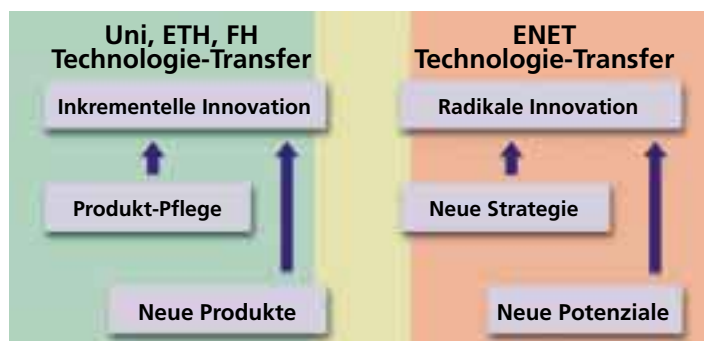
Der ENET Technologie-Transfer-Prozess

Eröffnen neue wissenschaftliche Erkenntnisse Potenziale, die bestehende Lösungen grundsätzlich verändern oder ablösen, so beginnt der Technologie-Transfer bei der Erarbeitung von verschiedenen Businessmodellen. Damit sollen Risiko, Kapitaleinsatz, Zeitbedarf für die Umsetzung und der Return on Investments für einen Kapitalgeber oder ein Unternehmen in Einklang gebracht werden. Sind die Modelle schlüssig, wird der „Best fit“ mit der Strategie und der Technologiefähigkeit des Unternehmens ermittelt. Liegen Erfolg versprechende Kombinationen vor, beginnt die Kontaktabbauung, d.h. der Transfer von technologischem Wissen und den Ideen zu deren Nutzung.

Die Unternehmensstrategie steuert den Innovationsprozess

Erfordert eine Unternehmensstrategie ein erweitertes oder neues Produktportfolio, so unterscheidet sich das Vorgehen für einen Technologie-Transfer erneut. Will sich ein Komponentenanbieter neu als Prozessanbieter im Markt profilieren, dann benötigt er rasch erweiterte Kenntnisse und auch neue Kompetenzen. Durch Zukauf von entsprechenden Geschäftseinheiten von Zulieferern für die Komponenten und/oder durch den Aufbau eines Kompetenz-Clusters werden die Kompetenzen für das neue Portfolio gewonnen. Der Aufbau eines solchen Kompetenz-Clusters und dessen Verbindung mit dem Unternehmen ist in einer solchen Situation ein strategischer Technologie-Transfer.

ENET konzentriert sich primär auf den strategischen Technologie-Transfer und wirkt damit komplementär zu den Transferstellen an Universitäten, ETHs und Fachhochschulen.



Aufgabenspektrum der inkrementellen und der radikalen Innovation.

bewerber verstanden. Mit inkrementeller Innovation wird in der Regel die Marktposition eines Produktes gehalten und dessen Lebensdauer verlängert. Benötigt ein Unternehmen für die Unterstützung solcher Innovationsprozesse technologischen Support, so wird dieser zweckmässig durch eine der zahlreichen Technologie-Transferstellen unseres Bildungssystems erfolgen.

„Radikale Innovation“ führt zu grundlegend Neuem und nachhaltigen Veränderungen, sei es in einem Unternehmen (Produktprogramm, Ertragskraft usw.) und/oder in der Wirkung von Produkten (Lebensstil, Umwelt usw.). Die treibende Kraft für radikale Innovationen geht von der Strategie des Unternehmens oder von den Möglichkeiten neuer Technologien aus. Nicht selten sind es Kombinationen von beiden Ansätzen. Der Technologie-Transfer in

Energieeffizienz auf Schienen

Für konkrete Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz beim Bahnverkehr werden weitere Daten benötigt

Conrad U. Brunner
CUB
CH-8001 Zürich

Ruedi Meier
BFE-Programmleiter
Energiewirtschaftliche Grundlagen
Bolligenstrasse 14b
CH-3006 Bern

Lukas Gutzwiller
BFE-Bereichsleiter
Energiewirtschaftliche Grundlagen

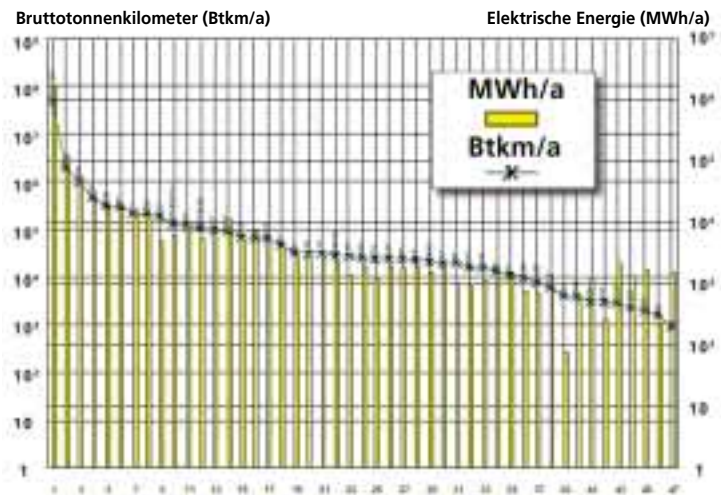
Geht man davon aus, dass bei allen Elektrizitätsverbrauchern die Energieeffizienz zu analysieren ist, dann wird der öffentliche Verkehr und speziell der Schienenverkehr von Interesse sein.

Auswertung der statistischen Daten zeigen Unterschiede auf

Die Statistik weist für die Bahnen in der Schweiz einen Elektrizitätsverbrauch von über 2700 GWh pro Jahr auf, rund 85 % entfallen dabei auf die SBB. Aufgrund der SBB-Daten ist ersichtlich, dass ca. $\frac{1}{4}$ durch den stationären Verbrauch (Gebäude, Werkstätten usw.), $\frac{3}{4}$ durch den Verkehr (Traktion) anfallen. Hier handelt es sich sowohl um Personen- und Güter-Verkehr als auch Dienstverkehr, wozu unterschiedlichste Rollmaterialtypen eingesetzt werden. Der grosse Anteil der SBB am Gesamtverbrauch ist für eine vergleichende Untersuchung von Bedeutung, die KTU (Konzessionierte Transport-Unternehmen), darunter

die beiden wichtigen BLS Lötschbergbahn AG und Rätische Bahn, ergänzen die Analyse.

Bei der Gegenüberstellung der jährlich gefahrenen Bruttotonnenkilometer (Btkm/a) und des elektrischen Energieverbrauchs von 47 ausgewerteten Bahnen stellt man eine Korrelation fest. Wertet man hingegen den spezifischen elektrischen Energieverbrauch aus (Wh/Btkm), so ergibt sich bei den KTU eine erhebliche Streuung sowie ein höherer Mittelwert. Man könnte daraus schliessen, dass ein bedeutendes Potenzial für energieeffiziente Massnahmen besteht, da die Datensituation (Systemgrenzen, Zuordnungen usw.) nicht überall einheitlich ist und da die verkehrstechnischen Rahmenbedingungen unterschiedlich sind, bleiben konkrete Vor-



schläge zunächst vage. Topografie, Auslastungen, Klimaunterschiede, Geschwindigkeiten, Anteile von Personen- und Güterverkehr sowie Zugkompositionen mögen jedoch die Unterschiede nicht völlig zu erklären. Erfreundlicherweise liegt der spezifische Energieverbrauch beim grössten Verbraucher (SBB) relativ niedrig.

Energieverbrauch von 47 ausgewerteten Bahnanlagen: Bruttotonnenkilometer und absoluter Energieverbrauch in MWh/Jahr (1997).

Breitere Datengrundlage bietet Basis für gezielte Massnahmen

Aufgrund der bisherigen Daten lässt sich erkennen, dass der Energieverbrauch des Schienenverkehrs in der Schweiz weiter analysiert werden sollte. Durch die Kenntnis des spezifischen Energieverbrauchs können beispielsweise die Fahrzeug- und Verkehrsmittelwahl optimiert sowie ein Vergleich von Bahnen mit ähnlichen Voraussetzungen durchgeführt werden, ferner mehrjährige Vergleiche und Entwicklungen aufgezeigt werden. Nimmt man als Zielgrösse eine Einsparung von 10 % der elektrischen Traktionsenergie innerhalb von zehn Jahren, so entspricht dies ca. 270 GWh pro Jahr. Dies dürfte auch Einfluss auf die Beschaffung von Rollmaterial und auf die systematischen Revisionen bestehender Loks und Waggons haben. Zusätzlich sind eine strukturierte Auswertung von Messwerten und eine Definition der Energieleistungsstandards anzustreben.

Bericht:
Energieverbrauch im Schienenverkehr;
Conrad U. Brunner,
2001
ENET-Nr. 210371



Neben dem Bahnverkehr wird der Elektrizitätsverbrauch zu einem Viertel durch stationäre Anlagen bestimmt.
(Foto: BLS)

Bei der Gegenüberstellung der jährlich gefahrenen Bruttotonnenkilometer (Btkm/a) und des elektrischen Energieverbrauchs von 47 ausgewerteten Bahnen stellt man eine Korrelation fest. Wertet man hingegen den spezifischen elektrischen Energieverbrauch aus (Wh/Btkm), so ergibt sich bei den KTU eine erhebliche Streuung sowie ein höherer Mittelwert. Man könnte daraus schliessen, dass ein bedeutendes Potenzial für energieeffiziente Massnahmen besteht, da die Datensituation (Systemgrenzen, Zuordnungen usw.) nicht überall einheitlich ist und da die verkehrstechnischen Rahmenbedingungen unterschiedlich sind, bleiben konkrete Vor-

Summer School – Solar Energy 2003

Sensibilisierung für den integralen Einsatz von Solartechnik stand im Mittelpunkt der Schulung

Solarhaus-Konzepte und die Technologien der solarthermischen Kraftwerke standen im Mittelpunkt der 7. internationalen „Summer School – Solar Energy 2003“. Sie fand erstmals in der Schweiz statt und wurde vom Bundesamt für Energie (BFE) organisiert. Während zwei Wochen konnten sich 36 Teilnehmende aus aller Welt in der Academia Engiadina in Samedan einen thematischen Überblick verschaffen und in interdisziplinären Gruppen Projekte erarbeiten.

Werkzeuge und Workshops

Welches Ziel verfolgte die Summer School? Urs Wolfer, BFE-Bereichsleiter für Solartechnologien: „Zunächst sollte die Sensibilisierung für eine optimale Nutzung der Sonnenenergie bei Bauprojekten gefördert werden. Durch Referate zahlreicher Experten aus dem In- und Ausland stellten wir in der ersten Studienwoche die Palette an Technologien, Planungs- und Berechnungswerkzeugen (Software) sowie integralen Methoden vor. In den nachfolgenden Workshops übten die Studierenden das interdisziplinäre Arbeiten an konkreten Projekten, die wir hier auf die räumlichen und klimatischen Gegebenheiten von Samedan ausgelegt hatten.“

Wie waren die Eindrücke der internationalen Teilnehmerschar? Für den einen Studenten ergab sich durch diese Zusammenarbeit über Bereichsgrenzen hinweg eine willkommene Ergänzung zur üblichen Arbeitsweise an Universitäten und Hochschulen. Einem italienischen Architekten, der zurzeit in den USA arbeitet, gefiel die Kombination von Thema und Ort. Gerne möchte er die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen mit Solararchitektur in Amerika umsetzen. Für einen Energieberater ermöglichte die umfassende Auseinandersetzung und Diskussion an der Summer School Gelegenheit, sich rasch in die Thematik einzuarbeiten. Und eine Studentin aus Japan war an den Unterschieden zwischen europäischen und japanischen Lösungen besonders interessiert.

Konzeptionelle Arbeit und Detailanalysen

In der zweiten Schulungswoche wurden die zuvor präsentierten Berechnungswerkzeuge für konkrete Projekte eingesetzt. Als Workshop-Vorgabe war ein bestehendes Grundstück in Samedan ausgewählt worden, auf dem entweder ein Studentenheim oder ein Ferienhaus für Familien gestaltet werden sollte. Eines der Ziele war, die Nut-

zung von erneuerbarer Energie insbesondere der Sonnenenergie zu maximieren und entsprechende Energiebedarfsanalysen durchzuführen. Die speziell anspruchsvollen klimatischen Bedingungen des Oberengadins, die man zu berücksichtigen hatte, bildeten dabei eine zusätzliche Herausforderung.

Für die Summer School, welche auf einer internationalen Kooperation von Universitäten und Organisationen beruht (Österreich, Deutschland, Schweden und



Bergstation Piz Nair mit 104 Solarmodulen: höchster Punkt des neuen Energiepfades in St. Moritz.

Exkursion zum Energiepfad in St. Moritz

Während der „Summer School – Solar Energy 2003“ fand auch eine Exkursion zu der im Juni 2003 eröffneten „Clean Energy Tour“ von St. Moritz auf den Piz Nair statt, also vom Ort der ersten elektrischen Lichtanlage der Schweiz zur neuesten Photovoltaik-Installation auf über 3000 m Höhe. An der Südfassade der neu gestalteten Bergstation sind 104 Module mit einer Gesamtleistung von 13,5 kW_p installiert. Auch die Talstation ist mit Modulen (9,5 kW_p) ausgestattet.

www.clean-energy.ch
www.suntechnics.ch



Die internationale Gruppe (rechts) befasste sich während der zweiwöchigen „Summer School – Solar Energy 2003“ in Samedan intensiv mit integraler Solararchitektur. Für die Workshop-Projekte (oben) konnten modernste Berechnungsprogramme genutzt werden.



Schweiz), stand ein Leitungsteam zur Verfügung, das den einzelnen Gruppen gezielte Unterstützung bieten konnte.

Für einen neuen Leiter eines Forschungslabors bot die Summer School eine willkommene Orientierung für seine weitergehende Informationsbeschaffung. Eine Architektin, die zurzeit Vorarbeiten zu ihrer Doktorarbeit erledigt, war über die gebotenen thematischen Neuheiten und Kontakt-hinweise erfreut. Aber auch ein junger schwedischer Wissenschaftler schätzte die



Das Leitungsteam der Summer School, u.a. Robert Hastings (rechts), unterstützte die jungen Wissenschaftler, Architekten und Ingenieure aus aller Welt.



gewonnenen internationalen Kontakte, die für seine Tätigkeit förderlich sein werden.

Aus Sonnenwärme Strom produzieren

Im Bereich der solarthermischen Kraftwerke studierte man die aktuellen Technologien und Entwicklungen neuer Produktionsanlagen, die an verschiedenen Orten weltweit geplant sind und bis 2006 eine zusätzliche Leistung von 500 MW bringen werden.

In der Gruppenarbeit wurden anhand konkreter Standortvorgaben die Auslegung und Berechnung einer Anlage mit Parabolrinnen-Technik durchgeführt.

Entscheidende Parameter kennen gelernt

Durch Themenvorträge und Projektarbeiten sollte die Intuition, welche energetischen Parameter bei Gebäuden entscheidend sind, gestärkt werden. Konnte dies erreicht werden? Urs Wolfer: „Die Mehrzahl



Gegenseitiger Austausch von Erfahrungen und interdisziplinäres Arbeiten prägten die Gruppenarbeiten.

Sonnige Zukunft für Sonnenkraftwerke

Solarthermische Kraftwerke arbeiten mit Parabolrinnen- oder Heliostaten-Turm-Konzepten. Technik und hoher Wirkungsgrad erlauben eine nahezu wirtschaftliche Stromproduktion.

Durch ein 2002 in Spanien eingeführtes Stromeinspeisegesetz für diese Technologie konnten inzwischen Projektpläne für drei Standorte im Süden des Landes konkretisiert werden.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) forscht seit einiger Zeit an neuen Kollektor-Varianten. In der Pilotanlage von Almeria wurden mit einem Modulsystem bereits über 815 °C erreicht.



Receiver-Test
(Foto: DLR)

www.dlr.de (→ Energie)

der Teilnehmenden hat ihr Studium bereits abgeschlossen oder steht kurz davor. Somit bringen die jungen Leute die wissenschaftliche Basis mit, die Grundlagen waren also gegeben. Durch die intensive Auseinandersetzung während der zweiwöchigen Summer School konnte das Ziel einer besseren Vertrautheit mit der Solartechnik durchwegs erreicht werden.“

Nationale Photovoltaik-Tagung

Technologie und Architektur stehen bei der nationalen Photovoltaik-Tagung vom 25./26. März 2004 an der ETH Zürich im Mittelpunkt.

Informationen:

www.photovoltai.ch



Mobilität aus Pflanzen

Bioethanol als Zusatz zu Benzin und Diesel reduziert den Verbrauch des fossilen Treibstoffs

Was in Brasilien (seit 1975), den USA und in Schweden bereits seit einiger Zeit genutzt wird, ist in der Schweiz Gegenstand von verschiedenen Untersuchungen: das Beimischen von Bioethanol zu Benzin- oder Diesel-Treibstoffen. Die Schaffung geeigneter Strukturen wird aber auch in der Europäischen Union gefördert, um einen gewissen Anteil des Benzins durch Alternativ-Treibstoffe zu ersetzen (Ziel: bis 2010 einen Anteil von 5,75 %; bis 2020 ca. 20 %)

Beimischung von Schweizer Treibstoff

Bioethanol kann aus Überschüssen der Landwirtschaft erzeugt werden, durch biogene Abfälle, durch die Nutzung von Lignozellulose-Stoffe (z.B. Holz, Pflanzenschnitt, Heu usw.) oder durch gezielten Anbau von Pflanzen (z.B. Topinambur).

Alcosuisse, das auf den Ethanolhandel spezialisierte Profitcenter der Eidgenössischen Alkoholverwaltung, hat im Rahmen seines „etha“-Projekts eine Reihe wissenschaftlicher Studien zur Beurteilung verschiedener Aspekte der Ethanol-Beimischung zu Treibstoffen veranlasst. Dabei geht man heute von einem 5 %-Anteil bei Benzin aus (entspricht der Norm EN288; Funktionsfähigkeit durch Auto-Schweiz garantiert), was umsetzbar erscheint und einen geringen Investitionsbedarf zur Folge hätte.

Erzeugungsart beeinflusst die Bilanz

Das Labor für Energiesysteme (LASSEN) der ETH Lausanne befasste sich mit einer vergleichenden Lebenszyklusanalyse unterschiedlicher Treibstoffe, welche sich mit den ökologischen Auswirkungen auf jeder Stufe auseinandersetzt. Dabei hat die Art und Weise der Bioethanol-Erzeugung einen wesentlichen Einfluss auf das CO₂-Reduktionspotenzial. Ressourcen, Anbau, Ernte, Transport, Lagerung usw. beeinflussen das Gesamtbild der Schadstoffemissionen. Die Beimischung von Ethanol führt jedoch zu

einer Verbrauchsreduktion fossiler Energieträger, also auch zu weniger CO₂-Emissionen bei entsprechender CO₂-Neutralität des Bioethanols.

Bioethanol-Produktionsanlagen umfassen als wesentliche Verfahrenseinheiten Vergärung, Destillation und Entwässerung. Aufgrund der möglichen, unterschiedlichen Rohstoffe, die durch den saisonalen Charakter über das gesamte Jahr anfallen,



Fahrzeuge der Pilotstudie für das Beimischen von Bioethanol zu Benzin- oder Diesel-Treibstoffen in Vevey.

lässt sich eine quasi kontinuierliche Beschickung und Lieferung von Ethanol gewährleisten.

Schadstoffausstoss verändert sich kaum

Neben den generellen Massnahmen zur Verbrauchssenkung bei Fahrzeugmotoren stellt die Verwendung regenerativ erzeugter Treibstoffe eine interessante Perspektive dar. Allerdings dürfen diese nicht zu einem schlechteren Emissionsverhalten führen. Eine Untersuchung der EMPA in Dübendorf, auf die sich die Lebenszyklusanalyse abstützte, hat die Unterschiede beim Ausstoss von Schadstoffen (CO, NO_x, T.CH, PM) bei diversen Fahrzyklen aufgezeigt. Dafür standen drei Modellfahrzeuge zur Verfügung: zwei Personenwagen mit Benzin und Diesel sowie ein Diesel-Nutzfahrzeug. Diesel- und Benzin-Treibstoffe mit Bioethanol-Zusatz ergeben bei den gesetz-

lichen Abgas-Emissionen der geprüften Euro-3-Fahrzeugen keine markanten Unterschiede. Beim Diesel sind höhere Werte beim Gesamtkohlenwasserstoff (T.CH) erkennbar. Das Ozonbildungspotenzial der VOC-Emissionen (flüchtige organische Verbindungen) erhöhte sich um ca. 15 % (Benzin-Personenwagen) bzw. 30 % (Diesel-Personenwagen).

Neben den technologischen Fragen werden auch wirtschaftliche und logistische Aspekte näher betrachtet. Erwähnenswert sind bereits im Einsatz stehende Pilotfahrzeuge in Vevey, Delémont, Schachen (LU) und neu bei Swisscom. Zurzeit prüft man zusammen mit alcosuisse weitere Schritte, die zur Realisierung von Bioethanol-Produktionsanlagen und entsprechender Infrastrukturentwicklung führen sollen. Bioethanol ermöglicht einen Umweltnutzen unter Verwendung der heute vorhandenen Treibstoff-Vertriebskette sowie der im Verkehr befindlichen Fahrzeuge.

Weitere Informationen:

www.eav.admin.ch (→ alcosuisse)

Pierre Schaller

Alcosuisse

CH-3000 Bern 9

Methan aus nasser Biomasse

Untersuchung am PSI zeigt Chancen auf für den hydrothermalen Vergasungsprozess

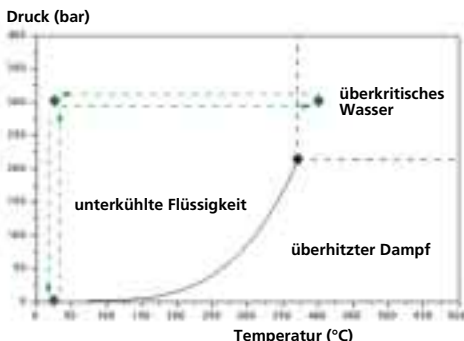
Frédéric Vogel

Projektleiter
Paul Scherrer
Institut (PSI)
CH-5232 Villigen

Bruno Guggisberg

BFE-Bereichsleiter
Biomasse

Weil Energie aus Biomasse CO₂-neutral ist, also bei der Nutzung nur so viel Kohlendioxid freisetzt wie durch das Wachstum absorbiert wurde, handelt es sich um eine nachhaltige Energieform. Mit konventionellen Vergärungsverfahren kann aus Biomasse Methan (CH₄) gewonnen werden, das man zur Stromproduktion oder für Treibstoffe (Erdgasfahrzeuge) aufbereiten kann. Während die thermisch-katalytische Vergasung für die Verwertung von trockenem Holz zu Biogas eingesetzt wird, ergibt nasse Biomasse hier einen zu geringen Wirkungsgrad. Als Alternative bietet sich dafür die hydrothermale Vergasung an, die bereits in den 70er Jahren durch ein Projekt am MIT (Massachusetts Institute of Technology) initiiert wurde.



Phasendiagramm für reines Wasser. Die grünen Pfeile zeigen den Reaktionsverlauf der hydrothermalen Vergasung, bei dem ein höherer thermischer Wirkungsgrad erreicht wird, weil man das Wasser nicht verdampft.

schlüssen und Prozessparametern durchgeführt werden. Dabei wurden mit einem kleinen Chargenreaktor (Batch-Reaktor) Schlämme mit Holzanteilen von 10 – 30 Gewichtsprozenten getestet. Eingesetzt wurde eine rindenfreie Sägemehlmischung.

Ausgehend vom chemischen Gleichgewicht ist die Bildung von Methan und CO₂ aus wässriger Biomasse bei niedrigen Temperaturen begünstigt. Damit die Reaktion bei tiefen Temperaturen jedoch zum Laufen kommt, braucht es bestimmte Bedingungen. In der Nähe des kritischen Punkts von Wasser (374 °C, 221 bar) ändern sich seine chemischen Eigenschaften und es wird zu einem interessanten Reaktionsmedium für die Vergasung von Biomasse. Am PSI konnte gezeigt werden, dass unter diesen hydro-

thermalen Gegebenheiten die Biomasse in Gegenwart eines Katalysators, der die Gasbildungsrate stark beschleunigt, tatsächlich in einem Schritt zu Methan umgewandelt werden kann. Und dies mit hoher Ausbeute. Pro Gramm Holz können theoretisch bis zu 0,34 g Methan gewonnen werden. Beste Resultate erreichte man bei ca. 400 °C, 300 bar und mit einem nickelhaltigen Katalysator. Bisher erreichte man pro Gramm Holz 0,24 g Methan und verzeichnete keine nachteiligen Teer- oder Kohlenstoffbestandteile. Erwartet wird ein Prozesswirkungsgrad Holz zu Methan von 70 – 80 % für eine Anlagenleistung von 20 MW_{th}.

Auch für biogene Stoffe aus der Landwirtschaft

Die hydrothermale Vergasung verspricht aber nicht nur Vorteile bei der Verwertung nasser Hölzer, sondern auch bei biogenen Stoffen aus der Landwirtschaft (Gülle, Schlachtabfälle, Klärschlämme usw.), für die neue Entsorgungsverfahren gesucht werden. Denn übliche Vergärungsverfahren setzen nur einen Teil der Biomasse zu Methan und CO₂ um, zudem kann nicht sichergestellt werden, dass die problematischen Spurenstoffe (z.B. Antibiotikarückstände usw.) zerstört werden. Die Nährstoffe sollen im Sinne der Nachhaltigkeit als Konzentrat zurückgewonnen werden, was eine effiziente Düngung erlaubt.



Wässriger Sägemehlschlamm (oben) wird im Reaktor zu klarem Wasser (unten) und einem methanreichen Gas umgewandelt.

Treibstoffe und Elektrizität aus Biomasse

An der 4. Konferenz über Energietechnologien für eine nachhaltige Zukunft wird am 5. Dezember 2003 das Thema Treibstoffe und Elektrizität aus Biomasse im Mittelpunkt stehen. Im Auditorium des Paul Scherrer Instituts (PSI) in Villigen wird es dabei um Fragen der Integration von technischen Systemen in den natürlichen Kohlenstoff-Kreislauf gehen.

<http://ene.web.psi.ch/conferences.html>

Erste Wasserkraftschnecke montiert

Alte Staustufe bei Derendingen kann durch neue Technik wieder zur Stromproduktion genutzt werden

Thomas Köhli
Projektleiter
CH-4556 Aeschi

Hanspeter Leutwiler
BFE-Programmleiter
Kleinwasserkraftwerke
Postfach
CH-8910 Affoltern
am Albis

Bruno Guggisberg
BFE-Bereichsleiter
Kleinwasserkraftwerke

Der Grützbach ist ein Seitenkanal der Emme und gehört zu einem im 19. Jahrhundert erbauten Industriekanalssystem. Das am Grützbach gelegene Kraftwerk der Ziegelfabrik in Derendingen bei Solothurn wurde dann in den 70er Jahren aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt. Übrig blieb ein kleiner Wasserfall.

Von der Vorstudie zur Wasserkraftschnecke

Mit einer vom Bundesamt für Energie unterstützten Vorstudie, die im Jahre 2000 abgeschlossen wurde, konnten das vorhandene Potenzial abgeschätzt und mögliche moderne Anlagenvarianten evaluiert werden. Im Verlauf der weiteren Planungsarbeiten kam man auf das neuartige Konzept der Wasserkraftschnecke, die sich für die vorgegebenen Parameter (konstante 1000 l/s bei einer Fallhöhe von 1,16 m) optimal eignet. Für die Wasserkraftnutzung fand das hier verwendete Prinzip der „archimedischen Wasserschraube“ bisher kaum Beachtung.

Erstmals wird nun in der Schweiz eine Wasserkraftschnecke eingesetzt. Beim Einlauf ist ein Grobrechen mit Reinigungseinrichtung platziert. Das eingebrachte Geschwemmsel wird über eine Rinne in den Umgehungs kanal gespült.

Konstruiert wurde die Wasserkraftschnecke als kompakte Einheit, was die Montage vor Ort erleichterte. Sie hat einen Durchmesser von 1,6 m und einen horizontalen Neigungswinkel von 22°. Durch den Abstand der Schaufeln ist sie unempfindlich gegenüber Laub, kleinen Ästen und ähnlichen Verunreinigungen, kann also kaum verstopft werden. Dadurch werden Betrieb und Unterhalt wesentlich vereinfacht. Dank ihrer grossen Wasserkammern und den nicht vorhandenen Druckunterschieden stellt sie für abwandernde Fische kein Hindernis dar. Für deren Aufstieg wurde ein seitlicher Fischpass als Raugerinne aus Steinen realisiert.



Montage der kompakten Einheit der Wasserkraftschnecke im Grützbach bei Derendingen (SO).

SEARCH LHT: neue Entwicklungen im Kaplan-Turbinenbereich

Das MHylab – Mini-Hydraulic Laboratory – in Montcherand bei Orbe betreibt seit rund zwei Jahren systematische Untersuchungen von Kaplan-Turbinen. Diese für 3 – 30 m Fallhöhe und bis zu 1 MW Leistung ausgelegten Niederdruckturbinen werden auf dem eigenen Prüfstand getestet. Inzwischen konnte das vom BFE unterstützte Projekt erweitert werden. Ein Konsortium mit folgenden Akteuren ist dabei entstanden:

- THEE (französischer Turbinenhersteller)
- SASSO SNC (italienischer Spezialist für Steuerungsüberwachung)
- EPFL (Labor für hydraulische Maschinen)
- Hochschule Grenoble (Strömungsberechnungen)

- Romande Energie SA (Westschweizer Stromerzeuger)
- SEER (französischer Stromproduzent)
- MHylab (Labor für Kleinkraftwerke).

Als SEARCH LHT ist das Projekt ins 5. EU-Rahmenprogramm aufgenommen worden. Ziel ist die Entwicklung einer neuen Generation axialer Turbinen mit verstellbaren Laufschaufeln und festem Leitapparat. In den vergangenen Monaten konnte das MHylab den Bau von Pilotanlagen unterstützen, mit denen eine Validierung der gewonnenen Erkenntnisse erfolgen kann (z.B. „les Farettes“ bei Aigle). Beim Forschungsprojekt werden nach der Vordimensionierung und Optimierung

des hydraulischen Profils mit numerischer Strömungsanalyse die Ergebnisse im Labor überprüft und dann zur Entwicklung eines systematisierten industriellen Konzepts genutzt.

Weitere Informationen:
www.mhylab.com
www.cordis.lu/fp5/projects.htm
(→ Energy EESD)



Stabile Produktion und optimaler Hochwasserschutz

Der mechanische Wirkungsgrad der Wasserkraftschnecke bleibt bis zu einem Fünftel der Nennwassermenge sehr stabil auf nahezu 80 %, was als Vorteil gegenüber herkömmlichen Turbinen angesehen wird. Das vom einflussenden Wasser erzeugte Drehmoment bzw. die daraus folgende Leistung ist einzig vom Ausmass der Kammerfüllung abhängig. Die berechnete Jahresproduktion beträgt ca. 55'000 kWh, dies unter der Annahme von 48 Wochen Wasserführung im Grüttbach.

Der seitlich angeordnete Umgehungskanal und der Höchstwasser-Überlauf sind für bis zu 4000 l/s ausgelegt. Die Oberkanten des gesamten Bauwerks ragen nur 5 cm über den Oberwasserspiegel hinaus. Das Kraftwerksgebäude wird auf Stützen über dem



Vorbereitungen für die Montage: Einlaufseite mit angebautem Generator.



Die Wasserkraftschnecke hat bezüglich Wirkungsgrad, Unterhalt und Fisch-Abwanderung entscheidende Vorzüge. (Fotos: Th. Köhli)

Überlaufbereich positioniert und überdeckt auch die Wasserkraftschnecke. Es ergeben sich dadurch sowohl eine akustische Abschirmung, als auch Witterungsschutz und eine mögliche Abwärmenutzung des Generators, der sich an der oberen Seite der Wasserkraftschnecke befindet.



Geothermie

Messkampagnen bei Energiepfählen

Energiepfähle ermöglichen einen Energieaustausch mit dem Untergrund. Im Winter kann Wärme für Heizzwecke entzogen werden, im Sommer erfolgt der Kältebezug für die Gebäudekühlung.

Die PAGO AG in Grabs (SG), ein auf Etiketten und Etikettiermaschinen spezialisiertes Unternehmen, hat 1994/95 einen Geschäftsneubau erstellt. Mit 570 Energiepfählen von je 14 m Länge wird seither Primärenergie für die Wärmepumpe und Kältemaschine gewonnen. Eine vom BFE unterstützte Messung hat den kalkulierten tiefen Energieverbrauch bestätigt; die Energiepfählanlage läuft auch nach acht Jahren optimal. Messung und Auswertung werden von der Planungs- und Ausführungsfirma Lippuner AG in Grabs weiter verfolgt. Durch laufende Produktionserweiterungen stieg jedoch der Kühlbedarf in den letzten Jahren kontinuierlich an. Das Gleichgewicht zwischen Sommer und Winter (Wärmeentnahme aus dem Boden) war dadurch gestört. Als Folge davon stieg die Erdoberflächentemperatur an. Durch Regeneration im Winter (Kälteeintrag über ein Aussenkühlwerk) wird nun die fehlende Kälteenergie für den Sommer wieder ausgeglichen.

Die Dividella AG, ebenfalls in Grabs, produziert Verpackungsmaschinen. Für die Erweiterung des bestehenden Gebäudes wurde aus statischen Gründen eine Pfahlfundation vorgesehen. Ohne grossen Mehraufwand konnten diese als Energiepfähle konzipiert werden. Erstmals setzte man gekoppelte Energiepfähle, also 2 x 12 m, ein. Vor einem Jahr begann auch hier eine vom BFE unterstützte Messkampagne.

www.geothermal-energy.ch
(→ Geostrukturen)

Im Gebirge ist es schwieriger

Kombination von Messungen und Berechnungen lässt die Windverhältnisse im Gebirge besser erkennen

Stefan Kunz
METEOTEST
CH-3012 Bern

Robert Horbaty
BFE-Programmleiter
Windenergie
c/o ENCO GmbH
CH-4435 Niederdorf

Markus Geissmann
BFE-Bereichsleiter
Windenergie

Je höher sich ein Standort befindet, umso stärker bläst im Allgemeinen der Wind. Deshalb sind Gebirgsregionen für die Windenergienutzung von besonderem Interesse. Doch Vereisung, Turbulenzen verbunden mit extremen Böen und schwierige Infrastruktursituationen erschweren Montage, Betrieb und Unterhalt. Ausserdem sind Standortabklärungen in komplexem Gebirgsgelände wesentlich aufwändiger.

SODAR im Einsatz

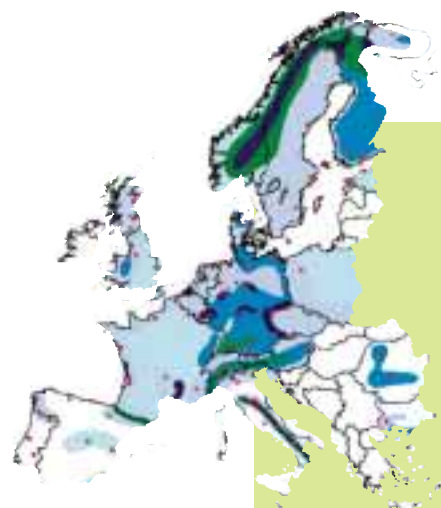
Die Erfahrung zeigt, dass Schalen-Anemometer (Windmesser) im Gebirge manchmal nicht in der Lage sind, die realen Windverhältnisse abzubilden. Aufgrund der Topografie können die Messmasten oft nicht genügend hoch gebaut. Zudem treten im Gebirge vertikale Strömungen auf und es zeigt sich, dass die Windgeschwindigkeit mit der Höhe nicht zwingend zunehmen

muss. Über Gebirgskämmen und Kuppen kann sie bis in grosse Höhen konstant sein oder sogar abnehmen. Ausserdem verändern sich die vertikalen Windprofile je nach Windrichtung und -stärke.

Hier bietet das SODAR-Messsystem (Sound Detection and Ranging) eine hilfreiche Ergänzung, indem der Wind von 20 – 150 m über Grund in Schritten von 10 m gemessen werden kann. Dabei werden vom Boden Schallwellen nach oben ausgesendet und in der Atmosphäre reflektiert. Durch die veränderten Frequenzen aufgrund der Luftbewegung (Doppler-Effekt) sowie durch die Zeitdifferenz lassen sich die Windgeschwindigkeiten und die Höhe berechnen. SODAR-Messungen können jedoch von Umgebungsgeräuschen, Regen, Wolken, Turbulenzen usw. beeinflusst werden. Dies muss bei den Auswertungen berücksichtigt werden. Zurzeit steht die SODAR-Station von METEOTEST Bern im grössten Alpen-Windpark in Tauern (Österreich) im Einsatz.



Im Gebirge müssen Windenergieanlagen mit Turbulenzen, Böen, Vereisungen usw. zurechtkommen. (Foto: www.tauern-wind.com)



Vereisung in Europa: Die vom IEA-Projekt ermittelte Einschätzung der Anzahl Eistage.

Forschung für kalte Extrembedingungen

Das Projekt „Wind Energy in Cold Climates“ des IEA-Windprogramms sammelt Erfahrungen mit bestehenden Windturbinen und Messstationen in extremen Lagen. Darauf basierend sollen Klima spezifische Standortkategorien definiert und Leitlinien für Hersteller und Betreiber von Windkraftanlagen in kalten Gegenden erstellt werden. Die Schweiz wird in diesem Projekt vertreten durch die ENCO GmbH in Niederdorf.

Windkraftanlagen mit insgesamt ca. 500 MW Leistung sind in kalten Regionen der nördlichen Hemisphäre bereits installiert. In Europa befinden sich diese vor allem in Skandinavien. Von besonderem Interesse ist das Vereisungsproblem, das je nach Lage mehr oder weniger stark in Erscheinung tritt. Dies beeinflusst sowohl die Standortevaluation mit Messinstrumenten als auch den Bau und Betrieb einer Anlage. Wetterdaten sind vielerorts bereits vorhanden, für eine Vereisung relevante Parameter fehlen jedoch meist.



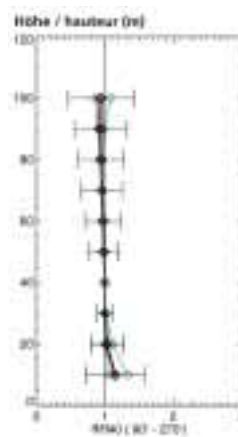
Mit SODAR-Messungen lässt sich das vertikale Profil der Windgeschwindigkeit ermitteln. Die METEOTEST-Anlage befindet sich hier im grössten Alpen-Windpark – in Tauern, Österreich.

Konkrete Standortabklärungen als Referenzen

Ein weiteres Werkzeug zur Standortabklärung von Windenergieanlagen sind Modellrechnungen. Ein Windfeld variiert in alpinen Regionen, also in komplexer Topografie innerhalb kurzer Distanzen. Messungen liefern daher nur Punktergebnisse, mit Modellrechnungen kann man hingegen ein grösseres Gebiet beurteilen.

Um die Anwendung der verschiedenen Mess- und Berechnungsmöglichkeiten besser einschätzen zu können, hat METEOTEST aufgrund der beiden bisherigen SODAR-Standorte eine Vergleichsuntersuchung durchgeführt. Dabei wurden die

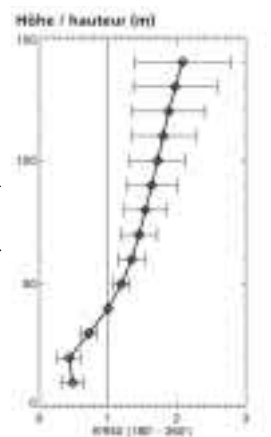
Über Gebirgskämmen und Kuppen kann die Windgeschwindigkeit bis in grosse Höhen konstant sein oder sogar abnehmen.



Vereisung ist Hauptthema fürs Winterhalbjahr

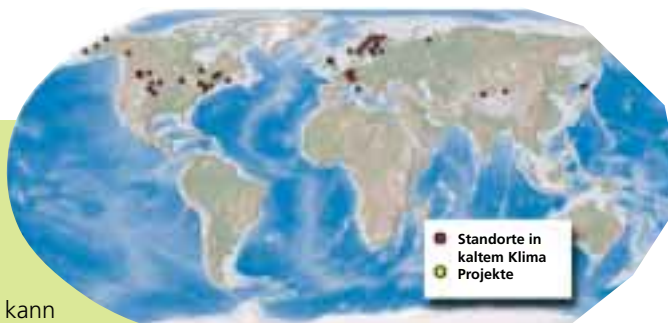
An beiden Standorten wurden Windmessungen mit beheizten und unbeheizten Anemometern durchgeführt. Aufgrund der Gegenüberstellung der Messwerte der beiden Anemometer sowie durch Temperatur- und Taupunkt-Messungen kann auf die

Hindernisse (z.B. Bäume) bremsen den Wind in den unteren Luftschichten, darüber nimmt er stark zu, wie die Messung über einer flachen Waldkuppe im Jura zeigt.



umfangreichen Analysen des Gütsch (2350 m.ü.M.) oberhalb Andermatt und des Crap Sogn Gion (2216 m.ü.M.) oberhalb Laax genutzt.

Häufigkeit von Vereisungsperioden im Winterhalbjahr geschlossen werden. Dies ergibt somit Hinweise, ob eine Beheizung der Rotorblätter wirtschaftlich sinnvoll ist.



Mit dem IEA-Projekt kann durch die internationale Zusammenarbeit eine breit abgestützte Informationsgrundlage zusammengetragen und somit entsprechend zuverlässigere Empfehlungen erarbeitet werden.

Weitere Informationen:
<http://arcticwind.vtt.fi>

Das Vereisungsproblem tritt weltweit an kalten Standorten auf und kann zu einer Verminderung des Windenergieertrags führen.

Die SODAR-Messungen an den beiden Standorten Gütsch und Crap Sogn Gion zeigten vertikale Windprofile, die eher konstant und nicht wie erwartet exponentiell verlaufen. Der Anteil der Schräganströmung scheint ein Grund zu sein, weshalb Schalenanemometer in komplexem Gelände die Windverhältnisse oft überschätzen. Ultraschall-Anemometer zeigten exaktere Resultate, messen jedoch auch nur auf einer bestimmten Höhenposition des Mastes.

Standortbeurteilung mit Analysenkombination

Erst die Kombination dieser verschiedenen Messeinrichtungen bietet eine zuverlässige Grundlage zur Beurteilung eines Standortes im Gebirge. Übliche Windberechnungsmodelle eignen sich wenig, hingegen konnten mit einem CFD-Modell (Computational Fluid Dynamics) die zu erwartenden Bedingungen mit guter Annäherung berechnet werden.

Systemträgheit optimal nutzen

Pulsbreitenmodulation optimiert die Regelung von Wärmepumpen bezüglich Wärmezufuhr, Stromtarif und Laufzeiten

Esfandiar Shafai

Institut für Mess- und Regeltechnik (IMRT)
ETH-Zentrum
CH-8092 Zürich

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

Mit der Regelung von Kleinwärmepumpen durch die Pulsbreitenmodulation können die thermische Trägheit von Gebäude und Wärmeverteilsystem sowie die Stromtarifzeiten koordiniert mit dem Wettergeschehen optimal ausgenutzt werden. Bei der Zufuhr der über einen Tag benötigten Wärme wird ein geschickt portionierter Wärmepumpenbetrieb realisiert; „Wärmapakete“ geeigneter Grösse ermöglichen die Optimierung von Laufzeiten, indem Niedertarifzeiten, Hilfsenergieverbrauch usw. berücksichtigt werden.

Drei unterschiedliche Regelungsstrategien

In einer ersten Phase wurden drei unterschiedliche Regelstrategien der Pulsbreitenmodulation entwickelt. Sie unterscheiden sich durch die Bestimmung der notwendigen Wärmezufuhr und deren optimalen Verteilung auf den ganzen Tag. Die notwendige Wärmezufuhr erfolgt bei der ersten Strategie aufgrund einer Energie-Kennlinie (Tageswärmebedarf in Funktion

der Aussentemperatur), bei der zweiten durch eine Laufzeit-Kennlinie (Wärmeleistungsbedarf gemäss Energie-Kennlinie dividiert durch Wärmeleistungsproduktion gemäss der Wärmepumpenkennlinie).

Die dritte Strategie – eine modellbasierte prädiktive Regelung – berücksichtigt die thermische Trägheit von Gebäude und Wärmeverteilsystem durch ein mathematisches physikalisches Modell. Daneben enthält diese eine Schätzung der zu erwartenden Aussentemperatur für die kommenden Stunden. Sie berücksichtigt für die Optimierung der Wärmezufuhr sowohl die Leistungszahl der Wärmepumpe, die Sperrzeiten des Elektrizitätswerks als auch die Tarifstruktur des Strombezugs.

In der zweiten Phase des vom Bundesamt für Energie unterstützten Projekts konnten handelsübliche Regler von zwei Industriepartnern entsprechend programmiert und erprobt werden.

Schwerpunkte der Wärmepumpen-Forschung

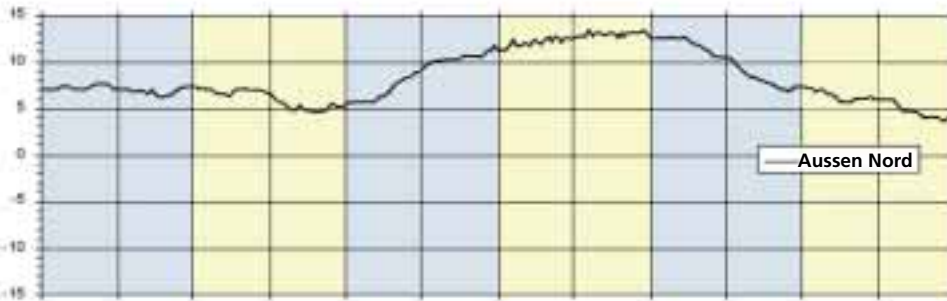
Anlässlich der Wärmepumpen-Tagung in Burgdorf im Juni 2003 informierte Thomas Kopp, F+E-Programmleiter, über die künftigen Forschungsschwerpunkte. Auf der Grundlage bisheriger Aktivitäten und Erfahrungen sind folgende Aufgaben zu erfüllen, um den weiteren Einsatz und eine verstärkte Verbreitung von Wärmepumpen gezielt zu fördern:

- Erhöhung der Effizienz durch verbesserte apparative Elemente und Schaltungen (Kompressoren, Wärmetauscher, Steuerungen, Abtauen). Die inzwischen vorliegenden sieben Standardschaltungen,

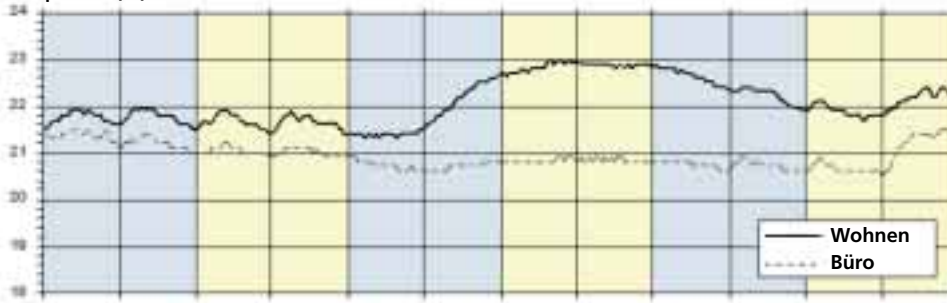


Im Rahmen der diesjährigen Wärmepumpen-Tagung in Burgdorf wurden auch die Schwerpunkte der künftigen Forschung erörtert.

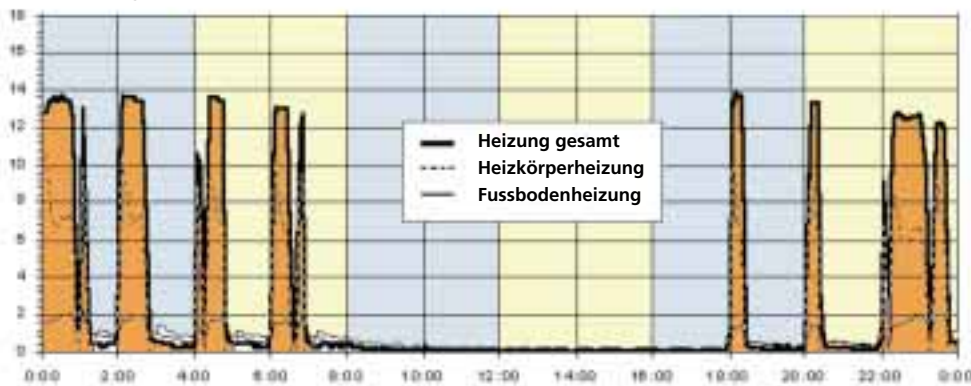
Temperatur (°C)



Temperatur (°C)



Wärmeleistung (kW)



Temperaturverlauf mit modellbasiertem Pulsbreitenmodulations-Regler bei starker Sonneneinstrahlung, welche einen Temperaturanstieg im Wohnzimmer bewirkt. Mit fünf Paketen während der nächtlichen Niedertarifzeit erfolgte die Energiezufuhr für die Wärmepumpe.

Tests zeigen Vorteile der Pulsbreitenmodulation auf

Gegenüber der herkömmlichen aussentemperaturgeführten Regelung der Rücklauf-temperatur (ARL) ergaben sich bei vergleichbarem Komfort in den beheizten Räumen des mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgestatteten Einfamilienhauses folgende Vorteile:

- Die Wärmepumpe konnte mit einem Niedertarifanteil von 60 – 70 % gegenüber 43 % der ARL gefahren werden
- Lange Laufzeiten von 0,5 – 1,5 Stunden im Teillastbereich
- Die Umwälzpumpe musste während den Zeiten mit ausgeschalteter Wärmepumpe

welche für eine vereinfachte und zuverlässigere Planung nützlich sind, sowie die Arbeiten an Pulsbreitenmodulations-Reglern sind als Beispiele erwähnenswert.

- Ausnutzung wärmerer Wärmequellen inkl. Speichersysteme für Wärmequellen. Hier wurden beispielsweise Untersuchungen mit einer Vorwärmung in porösen Schotterschichten oder in Erdregister-Rohren bereits durchgeführt.
- Schliessen der Wissenslücken bei umweltverträglichen Arbeitsmedien. Für Anwendungen mit grossem Temperaturhub, wie die Warmwasserbereitung von 10 auf 60 °C, sind überkritische Wärmepumpenprozesse mit dem natürlichen Arbeitsmittel

Kohlendioxid viel versprechend. Ammoniak – als übliches Arbeitsmittel bei grossen Kälteanlagen und Wärmepumpen – wird für die Anwendung bei Kleinanlagen derzeit ebenfalls untersucht.

- Optimale Anpassung der Wärmepumpen-Aggregate an die Anforderungen verschiedener Gebäude (Altbau, Neubau, Minergie-Standard usw.)

Längerfristig müssen Anstrengungen unternommen werden, um eine Exergie-Optimierung zu erreichen und um gesamtenergetisch angepasste Gebäudeintegrationslösungen vom Wärmepumpen-Systemen zu ermöglichen. Dazu gehört auch die Kopplung mit

solartechnischen Elementen, die Nutzung von saisonalen Speichern und der Antrieb der Wärmepumpe mit Energie aus regenerativen Brennstoffen über eine indirekte Wärme-Kraft-Kopplung. Für eine Senkung der Kosten von Wärmepumpen wird auch in der Schweiz eine Entwicklung zu höheren Produktionsstückzahlen angestrebt.

Weitere Informationen:

www.waermepumpe.ch/fe

pe nicht betrieben werden, wodurch ein tieferer Hilfsenergiebedarf entstand

- Optimale Nutzung von Niedertarifzeiten ohne Überdimensionierung der Wärmepumpe.

Regler-Vergleich auf speziellem Prüfstand

Nachdem der Feldtest der beiden Regler durchwegs positive Resultate gezeigt hat, werden die einzelnen Regelungsstrategien nun unter völlig identischen (zeitlich variablen) Wärmebezugsbedingungen in einem speziellen Sole-Wasser-Wärmepumpen-Prüfstand verglichen. Dieser wurde in einem früheren BFE-Forschungsprojekt entwickelt und aufgebaut. Durch eine entsprechende Regelung des Prüfstandes werden sowohl die thermische Trägheit eines beliebigen (fiktiven) Hauses als auch das transiente Verhalten (von Veränderungen) eines (fiktiven) Solekreislaufs für die zu untersuchende Wärmepumpe simuliert.

Autor: Martin Zogg



Prüfstand im Institut für Mess- und Regeltechnik (IMRT) der ETH Zürich für Sole-Wasser-Wärmepumpen. Hier werden Vergleichsmessungen der Pulsbreitenmodulations-Strategien durchgeführt.

Ausführlicher Schlussbericht zu diesem Forschungsprojekt:

H.R. Gabathuler, H. Mayer, E. Shafai, R. Wimmer: Pulsbreitenmodulation für Kleinwärmepumpen, Phase 2, BFE 2002.

www.waermepumpe.ch/fe (Berichte)

www.energieforschung.ch

(ENET-Publikationen)

Neues Prüf- und Testzentrum für Wärmepumpen

Das neue Wärmepumpen-Testzentrum in Buchs hat seinen Betrieb vor kurzem aufgenommen. Die umgebaute Doppelklimakammer steht bereit.



Seit dem 1. Oktober 2003 befindet sich das neue Wärmepumpen-Testzentrum an der Interstaatlichen Hochschule für Technik (NTB) in Buchs (SG). Mit BFE- und FWS-Unterstützung wurde die bisherige Doppelklimakammer umgebaut und mit den erforderlichen Prüfstand-Einrichtungen ergänzt. Das neue Testzentrum löst das bisherige Wärmepumpen-Prüf- und Testzentrum in Winterthur-Töss ab, das während zehn Jahren erfolgreich war.

Informationen:

www.wpz-buchs.ch

Der Sicherheit verpflichtet

Sowohl für die Forschung als auch den Betrieb von Kernanlagen spielen Sicherheitsaspekte die entscheidende Rolle

Beim Betrieb von Kernkraftwerken, beim Strahlenschutz und bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle stehen in der Schweiz die Sicherheitsaspekte im Vordergrund. Forschungs- und Entwicklungsprojekte des Paul Scherrer Instituts (PSI) haben zum Ziel, diesen Fragen nachzugehen; die dem Bundesamt für Energie (BFE) unterstellte Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen (HSK) verfolgt mit ihren Aufsichtstätigkeiten einen sicheren Betrieb der vorhandenen Werke und Anlagen mit radioaktivem Material. Repräsentanten dieser Organisationen nehmen im Folgenden Stellung:

- Christophe de Reyff (BFE)
- Sabyasachi Chakraborty (HSK)
- Marianne Zünd (HSK)
- J. Peter Hosemann (PSI)
- Konstantin Foskolos (PSI)
- Jörg Hadermann (PSI)

Welche Funktion übernimmt das BFE im Themenkreis Kernenergie?

Christophe de Reyff: Wir sind einerseits in die Gesetzgebungs- und Bewilligungsverfahren involviert, andererseits beaufsichtigt unsere Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) die entsprechenden Anlagen des Landes. Hier geht

es also um die Sicherheit. Die Sektion „Kernenergie“ des BFE ist zuständig für die Umsetzung der Verpflichtungen der Schweiz im Bereich Kernbrennstoff-Kreislauf sowie für den Schutz von Kernanlagen und -materialien vor Sabotage, also für die Sicherung. Die Sektion ist zudem Fachinstanz für die Exportkontrolle nuklearer Güter und erarbeitet die Grundlagen für die

Internet-Links

Informationen zur Kernenergie beim Bundesamt für Energie (BFE)
www.energie-schweiz.ch
 (→ Fakten → Energieträger)

HSK: Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (mit zahlreichen Links)
www.hsk.psi.ch

Paul Scherrer Institut (PSI) im Überblick
www.psi.ch

Der PSI-Forschungsbereich Nukleare Energie und Sicherheit (NES)
<http://nes.web.psi.ch>



Der PSI-Forschungsreaktor PROTEUS dient zur experimentellen Untersuchung von Brennstoffproben.
 (aus dem HSK-Jahresbericht 2002)

Entsorgung radioaktiver Abfälle. Sie koordiniert die Arbeiten für die Sicherstellung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten.

Welche Aufgaben erfüllt die Regulatorische Sicherheitsforschung der Hauptabteilung für Sicherheit der Kernanlagen (HSK)?

Sabyasachi Chakraborty: Auf der Grundlage des Kernenergiegesetzes beurteilen wir, als 90-köpfige Aufsichtsbehörde des Bundes, die Sicherheit der kerntechnischen Anlagen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik. Dabei spielt unsere Ressortforschung eine wichtige Rolle, in deren Rahmen wir Forschungsprojekte in Auftrag geben.



Christophe de Reyff,
Bundesamt für Energie BFE

Die Schweizer Bevölkerung hat sich bei der Volksabstimmung im vergangenen Mai mehrheitlich für den bestehenden Strommix mit der Kernkraft entschieden. Welche Argumente unterstützen diese Technologie aus der Forschungssicht?

J. Peter Hosemann: Bei der Kernenergie besteht – gerade in den OECD-Ländern – eine breit abgestützte Sicherheitskultur, die laufend erweitert und gepflegt wird. Das ist ein Argument, an dem wir tagtäglich arbeiten.

„Sicherheit der Kernanlagen und Sicherung der nuklearen Güter stehen im Mittelpunkt.“

Christophe de Reyff (BFE)

Konstantin Foskolos: Und aus technologischer Sicht unterstützt die Kernenergie die Klimaanstrengungen zur CO₂-freien Stromproduktion. Die Schweiz erzeugt bekanntlich elektrischen Strom ohne nennenswerte CO₂-Emissionen.

Marianne Zünd: In engem Kontakt mit internationalen Organisationen und Forschungsinstituten verfolgen und nutzen wir neue Sicherheitsmodelle und technologische Entwicklungen, die sich bereits bisher aber auch künftig in bestehenden Werken integrieren lassen. Dies erhöht die Zuverlässigkeit der Technologie insgesamt.

Die voraussichtlich langen Betriebszeiten der heutigen Kernkraftwerke lassen Fragen zur Alterung der Anlagen dominant werden. Wie beeinflussen diese Aspekte die Sicherheitsforschung?

Konstantin Foskolos: Tatsächlich wurden die ersten Kernkraftwerke für eine Betriebszeit von rund 40 Jahren ausgelegt. Allerdings konstruierte man sie – aufgrund der Neuentwicklung – mit grossen Sicherheitsreserven. Inzwischen wurden sie laufend mit neuen Systemen ergänzt, so dass man längere Laufzeiten erwägen kann. Für die Forschung ergeben sich daraus konzeptionelle und materialtechnische Alterungsbetrachtungen.

HSK: Hauptabteilung des BFE

Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) in Villigen begutachtet und überwacht – vom Standpunkt der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes – die in der Schweiz bestehenden Kernanlagen. Ausserdem ist sie zuständig für vorbereitende Handlungen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle und für Transporte entsprechender Stoffe. Die HSK umfasst rund 90 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ist in drei Abteilungen gegliedert:

- SAVE – Sicherheitsanalysen, Verfahrens- und Elektrotechnik
- BESA – betriebliche Sicherheit und Aufsichtssteuerung
- SANO – Strahlenschutz und Notfallplanung

Der Dienst für Sicherheitsforschung und Internationales (SFI) verfolgt weltweit die Programme für nukleare Sicherheitsforschung. Im Weiteren pflegt man intensive Kontakte zu den Sicherheitsbehörden anderer Länder sowie zu internationalen Organisationen, wie IAEA – Internationale Atomenergie-Agentur.

Weitere Informationen unter:
www.hsk.psi.ch



J. Peter Hosemann: Es handelt sich dabei zunehmend um die Sicherheitsbewertung von Komponenten, unter Berücksichtigung von Alterungsphänomenen, wie Versprödung durch Bestrahlung mit Neutronen, Risskorrosion und Ermüdung.

Sabyasachi Chakraborty: Dabei ist auf das umfangreiche Projekt RIKORR hinzuweisen, bei dem das PSI in Zusammenarbeit mit der HSK verschiedene Tests zur Schwingungs- und Dehnungsrissskorrosion durchgeführt hat. Zurzeit wird beispiels-

weise die Datenbasis für das Risswachstum bei Schweißnähten von Reaktordruckbehältern erweitert.

J. Peter Hosemann: Früher hatte man sich hinsichtlich der Ermüdungsproblematik vor allem um hochfrequente Schwingungen

„Konsens besteht bei der grundsätzlichen Verantwortung unserer Generation.“

Jörg Hadermann (PSI)

gekümmert. Heute merkt man, dass verbesserte Überwachungsmethoden im Bereich der niederzyklischen thermomechanischen Belastungen benötigt werden.

suchungen – auch von sehr hypothetischen Situationen – durchführen.

Konstantin Foskolos: Eine weitere Forschungspriorität – mit Bezug auf Sicherheitsfragen – ist die Arbeit an neuen Hochtemperaturreaktoren bzw. an dafür erforderlichen Werkstoffen. Für den über 1000 °C heißen Helium-Kreislauf werden Arbeiten mit Keramik und Superalloys nötig sein. Die Entwicklung erfolgt rasch; bereits 2015 soll in Idaho (USA) ein solcher Reaktor in Betrieb gehen, das Fundament wird man also in rund vier Jahren legen.

Spielt der Kostendruck im Elektrizitätsmarkt für die Sicherheitsforschung eine zunehmende Rolle?



Jörg Hadermann (links) und Konstantin Foskolos, Paul Scherrer Institut PSI

Werden dabei auch die unterschiedlichen Gefahrenpotenziale in Erwägung gezogen?

J. Peter Hosemann: Gewiss. Wichtig ist beispielsweise der Zusammenhang zwischen Strömungsphänomenen und Materialbelastungen, sowohl im Normalbetrieb als auch bei Störungen und sogar bei schweren Unfällen.

Sabyasachi Chakraborty: Mit den Betreibern kann man heute offen über alle Gefahren sprechen und geeignete Unter-

J. Peter Hosemann: Der Betrieb eines Kraftwerks ist am kostengünstigsten, wenn Störfälle erst gar nicht auftreten. Dazu ist jedoch Forschung nötig. Neben den angestrebten längeren Betriebszeiten ist in diesem Zusammenhang die Tendenz zu

**„Wir müssen für junge Wissenschaftler interessante Perspektiven aufzeigen.“
Konstantin Foskolos (PSI)**

Forschung: NES 2005

Der Forschungsbereich „Nukleare Energie und Sicherheit (NES)“ des Paul Scherrer Instituts (PSI) in Villigen umfasst vier Laboratorien:

- Reaktorphysik und Systemverhalten
- Thermohydraulik
- Werkstoffverhalten
- Endlagersicherheit.

Die Zielsetzung 2005 für NES betont die wissenschaftliche Qualität und Innovation, fördert die Netzwerkbildung innerhalb des PSI und bestätigt das Potenzial für Beteiligungen an externen Forschungsprogrammen (z.B. 6. EU-Rahmenprogramm und GIF). Wichtiger Aspekt bleibt die kompetente Ausbildung von Fachleuten. Nach wie vor sollen 70 – 80 % der Kernenergieforschung am PSI die primäre Funktion haben: Unterstützung der Sicherheitsanstrengungen bestehender Kernkraftwerke in der Schweiz und der Planung einer sicheren Endlagerung.

<http://nes.web.psi.ch>

höheren Abbränden bei Brennelementen, also die längere Verweilzeit im Reaktor, erwähnenswert. Die Brennelemente sind dabei beispielsweise doppelt so lange im Einsatz. Hier arbeiten wir bereits in grossen internationalen Projekten mit Herstellern und Betreibern zusammen, um geeignete Materialien zu eruiieren.

Jörg Hadermann: Die Wirkkette geht aber noch weiter. Denn nun stellt sich die Frage, ob man die bisherigen Erkenntnisse betreffend Lagerungsverhalten auf solche Brennelemente übertragen kann. Für alle

Entsorgung: AGNEB – Arbeitsgruppe des Bundes

Die bereits 1978 vom Bundesrat eingesetzte Arbeitsgruppe für nukleare Entsorgung (AGNEB) hat vor kurzem ihren 25. Tätigkeitsbericht veröffentlicht. Sie verfolgt die Arbeiten zur nuklearen Entsorgung in der Schweiz und erarbeitet Stellungnahmen zuhanden des Bundesrates. Die AGNEB setzt sich zusammen aus Vertretern von Bundesämtern, welche von Problemstellungen der Entsorgung betroffen sind, und von bundeseigenen Instituten, welche für die erforderlichen Forschungsarbeiten wesentliche Beiträge leisten können.

Der neue Tätigkeitsbericht behandelt Fragen zum Zeitplan der Entsorgung unterschiedlicher radioaktiver Abfälle sowie zum entsprechenden Abfallinventar. Er vermittelt zudem eine Übersicht über Gruppierungen, die im Bereich der Entsorgung tätig sind und gibt Hinweise auf eidgenössische Kommissionen im Bereich Sicherheit, Strahlenschutz und Entsorgung.

Der 25. Tätigkeitsbericht der AGNEB kann beim BFE, Postfach, CH-3003 Bern bezogen werden:
monika.jost@bfe.admin.ch

Zwischen- und Endlagerungskonzepte muss dies geklärt werden.

Marianne Zünd: Die Frage, wie weit der wirtschaftliche Druck einen Einfluss auf den Betrieb der Kernkraftwerke ausübt, wurde vor Jahren schon diskutiert. Heute stellen wir fest, dass die Auswirkungen kleiner sind als befürchtet, und dass die Sicherheitskultur – berechtigterweise – als zentraler Faktor angesehen wird. Im Übrigen haben wir noch ein zweites Kontrollorgan, das hierbei eine Rolle spielt: die Öffentlichkeit mit ihrer hohen Sensibilität.

Christophe de Reyff: Das BFE unterstützt neben technologischen Projekten auch energiewirtschaftliche Grundlagenfor-

schung im Bereich Kernenergie/Elektrizität, damit diese Fragen auch grundsätzlich diskutiert werden können.

Im neuen „Konzept der Energieforschung des Bundes 2004–2007“ der CORE ist die Regulatorische Sicherheitsforschung der HSK vor allem auch im Zusammenhang mit der Stilllegung von Werken und der Abfallendlagerung erwähnt. Welche Schritte werden Sie dazu unternehmen?

Sabyasachi Chakraborty: Für das eigentliche Stilllegen von Werken sehen wir wenig Forschungsbedarf. Allerdings verfolgen wir die Arbeiten im internationalen Rahmen. Im Osten Europas beginnt man an einzelnen Standorten bereits damit; Fachleute der HSK sind dabei involviert.

Jörg Hadermann: Komplexer ist die Situation bei der Endlagerung. Für schwach und mittel radioaktive Abfälle bestehen in einigen Ländern bereits Lager, für hoch aktive Abfälle sind in den USA und in Finn-

„Verbesserte Passivsysteme erhöhen die Karenzzeit für Entscheide.“

J. Peter Hosemann (PSI)

land Projekte in der Realisierungsphase. Während in der Schweiz das Zwischenlager „Zwilag“ genügend Kapazität für die nächsten Jahre bietet, erarbeiten wir Grundlagen für die Endlagerung von hoch aktiven Abfällen und Brennelementen. Dabei interessieren uns Opalinuston-Schichten besonders. Der Vorschlag eines Lagers in 600 m Tiefe im Zürcher Weinland liegt nun bei der HSK. Grundsätzlich besteht ein Konsens, dass die Generation der Energienutzer auch die Entsorgungsfrage klärt. Dazu muss der Bund aber mehr Verantwortung übernehmen.

Konstantin Foskolos: Beim PSI untersuchen Forscher die verschiedenen technischen Barrieren und variablen Auslegungsmodelle von Endlagern. Auch wollen wir die Prozesse der Rückhaltung von Radionukliden besser verstehen, um die Weiterentwicklung der Technik gezielt fördern zu können.

Wie sind in der Schweiz die Kompetenzen im Bereich der Sicherheitsforschung verteilt?

Christophe de Reyff: Im regelmässig aufdatierten Konzept der Energieforschung des Bundes legt die CORE die Ziele und den finanziellen Rahmen der öffentlichen Mittel

**„Forschungsergebnisse aus dem Ausland ergänzen unsere eigenen Projekte.“
Marianne Zünd (HSK)**

fest. Dies nach Konsultationen der involvierten nationalen Stellen und unter Berücksichtigung internationaler Aktivitäten.

Sabyasachi Chakraborty: Auf der Basis des gegenseitigen Verständnisses von Betreibern, der HSK und dem PSI erfolgt die



J. Peter Hosemann, Paul Scherrer Institut PSI

Planung der Forschungsprojekte; es handelt sich also um einen Austausch zwischen diesen drei Institutionen, die gleichzeitig auch Beziehungen zu internationalen Netzwerken unterhalten. Erkennt die eine oder andere Organisation einen bestimmten Handlungsbedarf, so werden Projekte formuliert und konkretisiert. Stellen die Betreiber Anträge an die HSK wird beispielsweise mit

dem PSI ein Vergleich mit internationalen Arbeiten durchgeführt und entsprechende Unterlagen gesucht. Findet man keine befriedigenden Antworten, dann resultiert daraus eine neue Projektarbeit.

„Im Osten Europas beginnt bereits das Stilllegen von Anlagen.“
Sabyasachi Chakraborty (HSK)

Marianne Zünd: Zusätzlich können wir Betriebserfahrungen oder Forschungsergebnisse aus dem Ausland auswerten bzw. sicherheitsrelevante Empfehlungen der Internationalen Atom-Energie-Agentur (IAEA) aufnehmen.

Jörg Hadermann: Das PSI wirkt einerseits als Auftragnehmer, andererseits initiieren wir auch Arbeiten selbst. Hier ist unser Pro-

Neben internationalen Projekten, welche zur erhöhten Sicherheit dienen, ist das PSI auch bei neuen Reaktorkonzepten involviert. Welche Beiträge leisten Sie dazu?

J. Peter Hosemann: Mit internationalen Projektbeteiligungen erreichen wir Netzwerkbildung, welche einen Austausch von Know-how, sicherheitsspezifischen Informationen und Erfahrungen begünstigt. Die meisten unserer Projekte sind im 5. Rahmenprogramm der Europäischen Union eingebettet.

Konstantin Foskolos: Unser Forschungsprogramm wird definiert durch die nationalen Bedürfnisse, die Kompetenzen beim PSI und durch geeignete Möglichkeiten, Erfahrungen auszutauschen. Bei den Arbeiten an neuen Reaktorkonzepten steht die Beteiligung als Vollmitglied am GIF (Generation IV International Forum) zur Entwicklung neuer Reaktorkonzepte im Mit-

Nukleare Sicherheit in Osteuropa: CENS

CENS – CEnter for Nuclear Safety – wurde 2002 in Bratislava als ein von der DEZA finanziertes Projekt der Schweizer HSK und internationalen Partnern realisiert. Es dient der Verbesserung der Sicherheit nuklearer Anlagen und der Kompetenz der Aufsicht in osteuropäischen Ländern. Mit gezielten Trainingskursen, Konferenzen und Informations-Veranstaltungen werden Fachleute aus Osteuropa angesprochen. Für den Präsidenten des CENS, Sabyasachi Chakraborty (HSK), ist der Austausch unter Experten und die Pflege einer „Sicherheitskultur“ von besonderer Bedeutung.

www.censee.org



Marianne Zünd, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK



Sabyasachi Chakraborty, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK

jekt ARTIST besonders erwähnenswert, bei dem wir eine Beteiligung von elf internationalen Partnern erreichen konnten. Dabei wird das Rückhalte- und Ablagerungsverhalten von Spaltprodukten bei einem Rohrbruch im Dampferzeuger untersucht.

telpunkt des Interesses. Hierbei spielt das Konzipieren von Reaktoren mit schnellen Neutronenspektren eine bedeutende Rolle, mit denen Plutonium und minore Aktiniden effizienter gespalten werden können. Dies begünstigt einen geschlossenen Brennstoffzyklus, Ressourcenschonung und weniger Abfall.

Ihre Forschungsarbeiten umfassen neben technologischen auch menschliche Faktoren des Kernkraftbetriebs. Welche Projekte sind im Moment aktuell?

Sabyasachi Chakraborty: Diskussionspunkt ist immer wieder die menschliche Zuverlässigkeit, sei es beim Bau oder Betrieb einer Anlage. Risikostudien sind eine Antwort darauf. Wir schätzen aber auch Untersuchungen, die am Testreaktor in Halden (Norwegen) durchgeführt werden. Dabei wird die Mensch-Maschine-Beziehung in praktischer Hinsicht untersucht, u.a. mit Simulatoren. Übrigens werden an diesem Forschungsstandort junge Wissenschaftler – z.B. vom PSI oder der HSK – trainiert.

J. Peter Hosemann: Wir sprechen hier von gelebter Sicherheitskultur. Mit Simulatoren kann man beispielsweise ergonomische Abläufe optimieren und die entsprechenden Anpassungen an Schalter, Anzeigen, Akustik usw. durchführen. In Bezug auf Stresssituationen ist man dabei, die Karenzzeiten zu erhöhen, um die notwendigen Reak-

Wie die Aufsicht nuklearer Anlagen begann

Ab Mitte der 50er Jahre begann der Aufschwung der Atomenergie und damit auch die entsprechenden Aufsichtsaktivitäten. Anfang 1956 ernannte der Bundesrat den ersten Delegierten für Fragen der Atomenergie: Otto Zipfel. Das damalige politische, energiewirtschaftliche und technisch-wissenschaftliche Umfeld war in Bewegung. Paul Scherrer, Experte für Nuklearphysik, war Initiator der Reaktor AG, einer breit abgestützten Organisation zur Entwicklung der Kernkraft in der Schweiz. 1957 war bereits der Testreaktor Diorit in Würenlingen im Bau; zur gleichen Zeit wurde die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) gegründet. Zudem entwickelte man 1957 die rechtlichen Grundlagen, die auf einem ent-

sprechenden Verfassungsartikel basieren mussten.

Der zweite Delegierte (1959–60) war Jakob Burckhardt. Der Bundesrat ernannte eine Kommission zum Studium der Fragen der Atomenergie, die schliesslich Erstellung, Betrieb und Änderungen von Anlagen überwachen und periodische Inspektionen durchführen musste. Seit 1960 nennt man dieses Gremium „Eidg. Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen (KSA)“. Sie führte 1962 die Bauüberwachung des Versuchs-Kernkraftwerks in Lucens durch, und 1964 beurteilte sie das erste Baugesuch von Beznau 1, bei dem man sich für einen amerikanischen Reaktor entschieden hatte. Die

bestehende Aufsichtsbehörde wurde erweitert. Für Atomkraftwerke waren inzwischen mehrstufige Bewilligungsverfahren entwickelt worden.

Von 1961 – 69 war Urs Hochstrasser der dritte Delegierte des Bundesrats. Durch den Unfall im Versuchsreaktor Lucens Anfang 1969 kam die Entwicklung eines Schweizer Reaktors zum Stillstand. Die Aufsichtsbehörde hat durch dieses Ereignis an Bedeutung gewonnen; 1983 übernahm die „Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)“ ihre Arbeit.

tionszeiten für Entscheide zu verlängern. Dies kann beispielsweise mit verbesserten Passivsystemen erfolgen, wie wir sie zurzeit bei der PANDA-Anlage testen.

Es wurde bereits darauf hingewiesen: Im Bereich der Kernkraftnutzung muss der fachliche Nachwuchs weiterhin gewährleistet sein. Was ist hierbei zu unternehmen? Welche Möglichkeiten und Chancen werden jungen Akademikern in der Forschung geboten?

Konstantin Foskolos: Wir müssen Perspektiven aufzeigen können und vom Potenzial dieser Technologie überzeugt sein. **J. Peter Hosemann:** Für Doktoranden haben wir beim PSI eine breite Palette an Forschungsmöglichkeiten zur Verfügung. Eher schwierig gestaltet sich die Suche nach Projektmitarbeitern mit fundierten Kenntnissen, denen wir in der Regel bald Leitungsfunktionen übertragen wollen.

Welche internationalen Kontakte unterhält das Bundesamt für Energie?

Christophe de Reyff: Der Bereich „Internationales“ des BFE verbindet die schweizerische Energiepolitik mit den spezialisierten internationalen Organisationen. Er vertritt uns in den Leitungsausschüssen der beiden OECD-Organisationen (Internationale Energie-Agentur IEA und Nukleare Energie-Agentur NEA in Paris) sowie in der Internationalen Atom-Energie-Agentur (IAEA) der UNO in Wien. Ferner beteiligen sich unsere Mitarbeiter an den multilateralen Verhandlungen, besonders jenen über die Nichtverbreitung von Nuklearwaffen.

Wie beurteilen Sie die längerfristige Entwicklung der Kernenergie und deren Sicherheit?

Konstantin Foskolos: Die Energieverbrauchscurve der Schweiz hat nach wie vor steigende Tendenz. Weltweit betrachtet gilt diese Tatsache noch deutlicher. Der Bedarf an elektrischer Energie beeinflusst somit die technologische Entwicklung, die wir aufgezeigt haben.

J. Peter Hosemann: Sicherheits- und Endlagerforschung gehören zu unseren Kernkompetenzen am PSI, die es im internationalen Umfeld zu bestätigen gilt. Ist die Sicherheit der Kernspaltung gegeben, werden auch die Entwicklungsprojekte zügig vorankommen.

Sabyasachi Chakraborty: Wir haben mit einer konstruktiven Zusammenarbeit aller Beteiligten gute Erfahrungen gemacht und werden unsere Überwachungsaufgabe weiterhin sehr ernst nehmen.

Reaktorphysik und Sicherheit

Neben technischen stehen auch menschliche Phänomene im Mittelpunkt der Forschung

Mit dem Thema der Reaktorsicherheit befassen sich drei der vier Labors des PSI-Forschungsbereichs „Nukleare Energie und Sicherheit (NES)“. Zum einen wird das Verhalten der Systeme bei Störfällen untersucht, zum andern das Verhalten der eingesetzten Materialien und Komponenten bei zunehmender Einsatzdauer.

Grundlagen für die Sicherheitsbeurteilung von Leichtwasserreaktoren

Die beim Projekt STARS untersuchten Phänomene ermöglichen eine zuverlässige Beurteilung der Sicherheit von Reaktoren. Dies sowohl für deren Normalbetrieb als auch für mögliche Unfälle. Man nutzt dabei die Neutronik zur dreidimensionalen Beschreibung der nuklearen Leistungsproduktion, die Thermomechanik zur Darstellung der Brennstäbe und die Thermo-hydraulik für die Kühlmittelverteilung.

Testeinrichtungen für vielfältige Fragestellungen

Um reaktorphysikalische Parameter geht es bei Projekten, die man mit der Anlage PROTEUS durchführt. Hier werden beispielsweise Brennelemente für Leichtwasserreaktoren der Schweiz untersucht. Dies geschieht vor allem zur Überprüfung der Genauigkeit der für die Kernausslegung eingesetzten Rechenprogramme. Spezielle Anforderungen stellen die Verlängerung der Zykluszeiten (Erhöhung des Abbrandes) und die erhöhte Reaktorleistung dar. Ferner wird Inert-Matrix-Brennstoff (IMF), ein Uranfreier Brennstoff, untersucht – als mögliche Technologie für die Plutonium-Verbrennung.

Im Weiteren stellt die modular aufgebaute Anlage PANDA eine gross dimensionierte Testeinrichtung für thermophysikalische Untersuchungen dar. Hierbei steht die Technik der passiven Kühlung im Mittelpunkt. Validierung und Verbesserung der beste-



Das PSI-Labor für Werkstoffverhalten erarbeitet Grundlagen für die Herstellung neuer Brennstoffe.

henden Berechnungsmodelle unter Berücksichtigung dreidimensionaler Effekte sind die Ziele der laufenden Untersuchungen.

Mikrostrukturelle Vorgänge verstehen

Beim Werkstoffverhalten interessieren sowohl Alterungsvorgänge in druckführenden Primärkreislauf-Komponenten als auch Korrosions- und Schadensvorgänge. Um diese mikrostrukturellen Entwicklungen in einem Material besser zu verstehen, werden Raster- und Transmissionselektronen-

Mikroskope (REM, TEM) sowie Neutronen- und Röntgenstrahlung (SINQ, SLS), also die wesentlichsten Experimentiereinrichtungen des Paul Scherrer Instituts, eingesetzt. Hochtemperatur-Materialien (Metalle, Keramik, Verbundwerkstoffe) werden – in Anbetracht ihrer zunehmenden Bedeutung bei neuen Reaktorkonzepten – nach Bestrahlung sowie bei temperaturbedingten und mechanische Belastungen geprüft.

HRA – dem Menschen auf der Spur

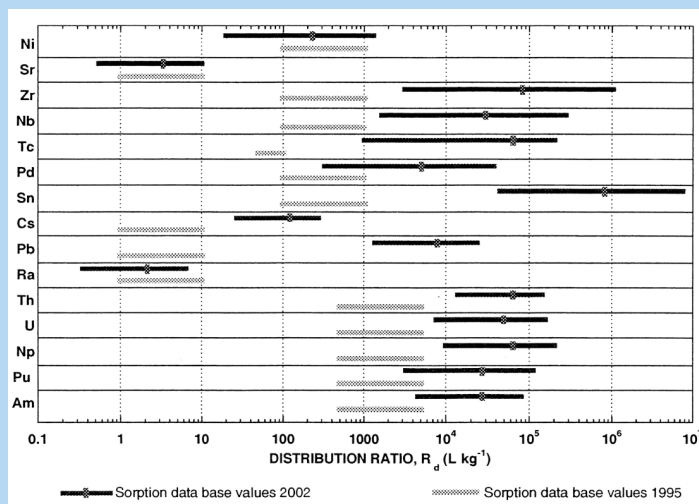
HRA (Human Reliability Analysis) umfasst Aktivitäten zur Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit im Kernkraftwerksbetrieb. Man behandelt hier die komplexe Wechselwirkung zwischen dem Verhalten der technischen Systeme und der entsprechenden Reaktion des Individuums bzw. der Operatorgruppe im Verlauf eines Störfalls. Das PSI entwickelte eine Methode zur Identifizierung kritischer Entscheidungsfehler, indem nicht nur die traditionelle Betrachtungsweise der Aufgabenanalyse genutzt wurde, sondern auch die wechselnde Konsequenz einer Handlung in unterschiedlichen Szenarien systematisch untersucht wurde. Im Moment arbeitet man daran, Quantifizierungen auf der Basis der Referenzwahrscheinlichkeiten durchzuführen und dynamische Simulationsprogramme für die Unterstützung der HRA zu gestalten.

Das Entsorgen verstehen

Endlagersicherheit basiert auf fundierten Kenntnissen der Rückhaltemechanismen in der Geosphäre

Für eine sichere Entsorgung von nuklearen Abfällen sind fundierte physikalische und geochemische Kenntnisse notwendig. Das Labor für Endlagersicherheit (LES) des PSI-Bereichs NES hat zum Ziel, das Wissen über die wichtigsten Rückhaltemechanismen in geologischen Tiefenlagern und in der umgebenden Geosphäre zu verbessern. Diese Arbeiten unterstützen Behörden und Nagra in deren Aufgabe, Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung sowie Stromproduktion sicher zu entsorgen. Zu diesem Zweck untersucht das LES das Verhalten radioaktiver Materialien im Labor- und im Feldversuch. Es entwickelt und validiert die zugehörigen theoretischen Modelle.

Konstanten der Sorptionsverteilung für Bentonit im Vergleich 1995 und 2002.



Stofftransport als Hauptthema

Im Labor erfolgen Untersuchungen auf sehr kleiner Skala. In den Felslabors „Grimsel“ und „Mont Terri“ kann das Migrationsver-



Für Strukturuntersuchungen und Analysen der Wechselwirkungen von Radionukliden mit Grenzflächen eignet sich besonders die Röntgenabsorptions-Spektroskopie. An der Synchrotron-Lichtquelle Schweiz (SLS) des Paul Scherrer Instituts, die eine scharf gebündelte elektromagnetische Strahlung mit höchster Brillanz (Intensität) bietet, wird dazu die neue MicroXAS-Strahllinie eingerichtet. Mit ihr sollen die Mechanismen von Oberflächenreaktionen zwischen Radio-

halten freigesetzter Elemente über grössere Distanzen beobachtet werden. Die Kombination hier gemessener Transporteigenschaften mit den im Labor erarbeiteten geochemischen Grundlagen erlaubt es, sicherheitsrelevante Kennzahlen zu bestimmen. Laufende Projekte beschäftigen sich mit der Aufklärung von Reaktionsmechanismen an der Phasengrenze fest/flüssig und mit der Übertragung von Resultaten aus Laborsystemen auf die experimentell kaum

zugänglichen, dichten Tiefengesteine und Lagermaterialien. Wesentliche Erkenntnisse für die Langzeitsicherheit von geologischen Tiefenlagern gehen aus diesen Untersuchungen hervor. Gegenüber früheren Studien können heute für viele chemische Elemente höhere Sorptionswerte und tiefere Löslichkeitslimiten (und damit geringere Freisetzungen und Mobilitäten) zuverlässiger vorausgesagt werden. Künftige experimentelle Arbeiten werden vermehrt auch Elemente mit komplexerem chemischem Verhalten einschliessen.

MicroXAS-Strahllinie beleuchtet kleinste Strukturen

nukliden und Gesteinen aufgeklärt werden. MicroXAS erlaubt den Einsatz kleinster radioaktiver Proben (1 μm^2). Lichtpulse in Femtosekunden-Dauer (Billiardstelsekunden) ermöglichen, den zeitlichen Ablauf komplexer Reaktionen in Echtzeit zu beobachten. Zurzeit werden erste Komponenten aufgebaut; 2004 wird die neue Strahllinie in Betrieb gehen.

Im Vordergrund der Untersuchungen stehen zurzeit auch Diffusionsprozesse in dichten Tongesteinen, Tonmineralien und in Zement. An Opalinuston-Proben werden geometrie- und druckabhängige Diffusionskennzahlen bestimmt. Gemessene Isotopenprofile im Opalinuston und in den benachbarten Schichten belegen, dass dort seit 500'000 Jahren nur Diffusionsprozesse massgebend waren. Es konnte auch gezeigt werden, dass der Druck durch allfällige zukünftige Vergletscherungen kaum Einfluss auf die Mobilität im Tongestein haben wird.

Fusion wird konkreter

International anerkannte Forschungsaktivitäten bereiten den Weg zum Experimental-Reaktor

Die kontrollierte Kernfusion könnte in Zukunft eine wichtige Energiequelle darstellen. Deshalb wird in der Schweiz auch in diesem Bereich geforscht. Minh Quang Tran, Direktor des Forschungszentrums für Plasmaphysik (CRPP – Centre de Recherches en Physique des Plasmas) der ETH Lausanne, erläutert im Folgenden die entsprechenden Aktivitäten. Kürzlich wurde er auch zum Leiter des European Fusion Development Agreement EFDA (Europäisches Abkommens zur Entwicklung der Kernfusion), dem Rahmenvertrag zwischen EURATOM und seinen Partnern, gewählt.

Weshalb ist die Fusionstechnologie notwendig?

Minh Quang Tran: Energie ist und wird auch in Zukunft eine der bedeutendsten Herausforderungen. Sie bestimmt die weitere globale Entwicklung und übt Einfluss auf das Bevölkerungswachstum aus. Die derzeitige Prognose geht bis zum Ende dieses Jahrhunderts von 10 bis 12 Milliarden Menschen aus, gegenüber 6 Milliarden heute. Allein aufgrund dieser Zunahme

wird es nötig sein, mehr Energie bereitzustellen.

Was sind die wesentlichen Vorteile der Fusionstechnologie?

Die Brennstoffe für den Fusionsreaktor sind praktisch unbegrenzt vorhanden: Deuterium (D) und Lithium (Li) findet man in Wasser, im Meer und in der Erdkruste. Die Fusion selbst produziert keine Treibhausgase und keinen radioaktiven Abfall. Einzig Strukturmaterial des Reaktors wird durch den Neutronenbeschuss leicht radioaktiv. Aus Lithium wird im Reaktor Tritium (T) produziert. Durch die aufgrund der Fusion von Deuterium und Tritium erzeugten Neutronen entsteht kinetische Energie. Diese wird in Wärme umgewandelt, die für den Betrieb konventioneller Turbinen und Generatoren genutzt werden kann. Somit eignet sich auch der Fusionsreaktor für die kontinuierliche Stromproduktion.

Gibt es neben der thermonuklearen Fusion noch andere Konzepte?

Um die Fusionsreaktion zu bewirken, müssen die Barrieren zwischen den positiv geladenen Kernen von Deuterium

und Tritium überwunden werden. Dies kann erreicht werden, indem man den Kernen viel kinetische Energie zufügt, d.h. indem man sie erhitzt. Für die Fusion von Deuterium- und Tritium-Kernen benötigt man rund 100 Mio. °C. Diese hohe Temperatur führt zum Begriff der „Thermonuklearen Fusion“. Ein anderes Konzept, das aber in Europa kaum erforscht wird, sieht vor, die Verschmelzung der Kerne mittels Erhitzung eines Deuterium-Tritium-

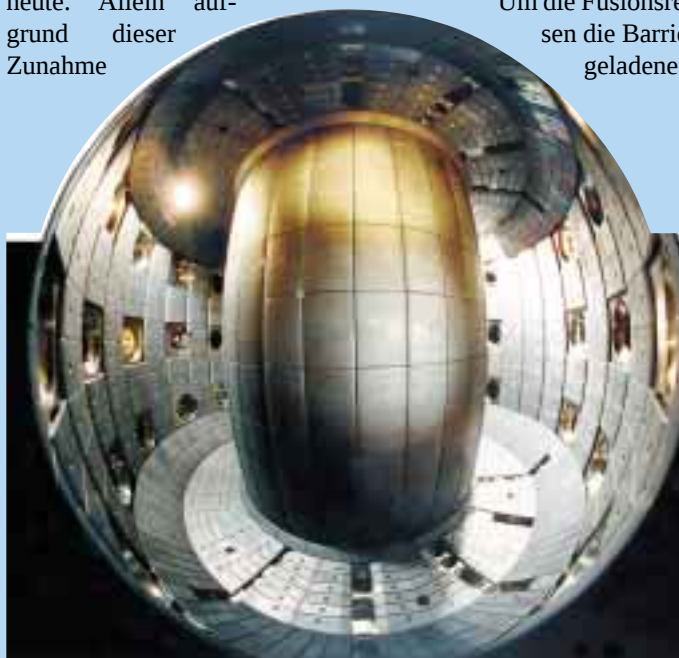


Minh Quang Tran: Wir wollen einen bedeutenden Beitrag bei der Konstruktion des ITER leisten.

Gemisches unter sehr hohem Druck zu erreichen. Man spricht dann von der Trägheits- oder Inertial-Fusion.

Bestehen Gefahrenpotenziale bei der Fusionstechnologie (Funktion, Umwelt, Gesundheit)?

Zahlreiche Studien haben sich mit der Sicherheit befasst, sowohl im Zusammenhang mit der Konstruktion des ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), das internationale Projekt eines Fusionsreaktors mit 500 MW Leistung, als auch mit Konzeptarbeiten für weitere Kraftwerke. Keine dieser Studien konnte Gefahrenaspekte bei der Fusion erkennen. Die Sicherheit des Fusionsreaktors ist ebenso durch die Tatsache begründet, dass sich



Am CRPP in Lausanne wird mit dem Tokamak TCV (Tokamak à Configuration Variable) Fusionsforschung betrieben.

stets nur geringe Brennstoffmengen im Einsatz befinden, um die Reaktion aufrecht zu erhalten.

Wo liegen die Stärken der Schweizer Zentren für Fusionsforschung, wie CRPP, Universität Basel usw.?

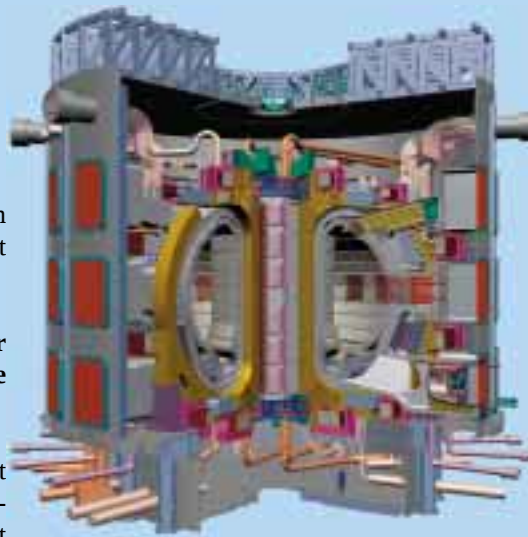
Beim EURATOM-Fusionsprogramm steht die Schweiz in Bezug auf den Programmumfang auf dem 5. Platz. Dies reflektiert Qualität und Stärke der Forschung, die durch die Association EURATOM-Schweiz geprägt wird, zu welcher das CRPP und die Universität Basel (Labor von Prof. Peter Oelhafen) gehören. Die Fusionsforschung der Schweiz profitiert von der einzigartigen Infrastruktur: am CRPP der Tokamak TCV; am PSI die Testeinheit SULTAN und die SINQ für Materialbestrahlung. Auf der Grundlage dieser modernen Einrichtungen hat man eine Strategie entwickelt, die auf Exzellenz in ausgewählten Schlüsselgebieten der Fusionsphysik und -technologie beruht: Tokamak-Physik, Theorie und Simulation des Fusionsplasma-Gleichgewichts, Stabilität und Instabilität. In Zusammenarbeit mit der Uni Basel werden die Wechselwirkungen von Plasma und Reaktorwand erforscht.

Welchen Beitrag leistet das CRPP bei der ITER-Planung?

Unsere langfristige Strategie ist zweiteilig: Wir wollen einen bedeutenden Beitrag bei der Konstruktion des ITER leisten und sicherstellen, dass wir eine wichtige Rolle während der wissenschaftlichen Erforschung spielen können. Der zweite Aspekt beruht auf der Kontinuität eines nationalen Physik- und Technologie-Programms, das den Fortschritt der Wissenschaft und die Ausbildung von jungen Wissenschaftlern, welche für die Umsetzung notwendig sind, gewährleistet. Das CRPP ist involviert in zahlreichen Aktivitäten im Zusammenhang mit der Vorbereitung des Baus von ITER entsprechend unseren Erfahrungsschwerpunkten.

Wie schätzen Sie die internationale Kooperation und Koordination ein?

Die Schweiz ist seit 1978 mit EURATOM assoziiert. Dadurch war eine Beteiligung



ITER – der Internationale Thermonukleare Experimental-Reaktor.

bei dessen Programmen möglich. Wir gehörten zu den „Gründungsvätern“ des JET (Joint European Torus) und haben stets eine aktive Rolle gespielt. Nach Unterzeichnung der Vereinbarung zur Fusionsentwicklung (EFDA) partizipiert die Schweiz an der wissenschaftlichen Nutzung der JET-Anlage und an allen technologischen Forschungsprojekten für ITER sowie für einen späteren Demonstrations-Reaktor.

Gibt es daraus konkrete Forschungsaufgaben?

Die Schweiz hat entweder direkt oder durch EURATOM Zugang zu allen Vollzugsvereinbarungen (Implementing Agreements) der Internationalen Energie-Agentur (IEA). Für die Zukunft der Fusion wird vor allem jenes Agreement wichtig sein, das zur Entwicklung von Fusionsmaterial und zur Konstruktion einer internationalen Fusionsmaterial-Bestrahlungsanlage (IFMIF) führt, welche zur Materialbestimmung für den Demonstrations-Reaktor dienen wird.

Welche Nebeneffekte ergeben sich daraus?

Insgesamt sind die internationale Zusammenarbeit und Koordination für unser Programm entscheidend. Sie erlauben den notwendigen Austausch von Wissenschaftlern und Informationen, und sie geben uns die Möglichkeit, an allen Programmen teilzunehmen. Denn die Fusionsforschung ist eine langfristige und kostspielige Thematik, bei der die Schweiz keinen eigenen, gemeinsamen Pfad verfolgen kann.

Welche Herausforderungen erwarten Sie bei der Anlagenerweiterung, dem Scale-up beim ITER?

Auf dem Weg zur Realisierung der Fusion für die Elektrizitätserzeugung stellt der ITER einen Schritt zwischen den heutigen Forschungseinrichtungen und einem Demonstrations-Kraftwerk dar. Wichtige physikalische Themen werden im ITER näher betrachtet, beispielsweise das Problem von Materialien mit niedriger Aktivierung. Schon heute sind solche Studien im Gang, jedoch erst der Einsatz unter realistischen Bedingungen der Bestrahlung durch die Fusions-Neutronen wird die notwendigen Erkenntnisse liefern.

Erwarten Sie Akzeptanzschwierigkeiten mit dem ITER und der Fusionstechnologie?

Während den Standortevaluationen für ITER wurde auch die Akzeptanz der jeweiligen Bevölkerung untersucht. Die Resultate sind durchaus positiv. Es hat sich gezeigt, dass sogar bei solch langfristigen Projekten mit komplexer Technologie die Öffentlichkeit über die damit verbundenen Themen informiert und für eine Unterstützung gewonnen werden kann.

Welche Leistungen werden Fusionsreaktoren bieten?

Es ist wichtig zu betonen, dass sich die Weltbevölkerung zunehmend in grossen Städten sammelt. Man erwartet, dass in Zukunft 70 – 80 % der Gesamtbevölkerung der Erde in städtischen Gebieten wohnen werden. Daher ist die Lieferung von elektrischer Bandenergie für diese Grossstädte von entscheidender Bedeutung. Ein 1-GW-Kraftwerk, wie es zurzeit in Konzeptstudien aufgezeichnet wird, erscheint als angemessene Lösung für diese Versorgungsaufgabe.

Weiter gehende Informationen:

<http://crppwww.epfl.ch>

www.efda.org

www.iter.org

Mehr Effizienz steckt drin

Ohne Energie keine Informatik, ohne Effizienzsteigerung keine Nachhaltigkeit

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

Felix Frey
BFE-Bereichsleiter
Elektrizität

Kommunikationstechnologien werden nicht nur durch die zahlreichen Endgeräte, wie Handy, PC usw., geprägt, sondern benötigen auch eine umfangreiche Infrastruktur. Server, Router und weitere Geräte leisten ihre Dienste jedoch nur, solange die Energieversorgung gewährleistet ist. Ohne Energie gibt es auch keine Informatik, wie es in den vergangenen Monaten durch Blackouts in Nordamerika und an anderen Orten einmal mehr offensichtlich wurde. Damit die nötige Stromversorgung wesentlich energieeffizienter bei gleicher Qualität und Verfügbarkeit wie heute realisiert werden kann, fördert das BFE-Forschungsprogramm Elektrizität entsprechende Arbeiten.

Informatik-Räume optimal planen und betreiben

Im Rahmen des Projekts „Energieeffizientes Kühlen von IT-Räumen“ wird das vorhandene Fachwissen zusammengetragen und aufbereitet, um eine Planungshilfe und Dokumentation zu schaffen. Diese soll ab Mitte 2004 zur Verfügung stehen. Für Informatik-Verantwortliche und Bauherren wird der Informationsschwerpunkt bei den Aspekten Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit liegen; für HLK-Planer (Heizung, Lüftung, Klima) umfasst die Planungshilfe auch ein Controlling-System.

Schaltet den Server ab

Zahlreiche Klein- und Mittelunternehmen (KMU) verfügen heute über eine Netzwerkinfrastruktur mit Servern. In der Schweiz dürften ca. 150'000 derartige „Low-end-server“ installiert sein. Würden diese in der Nacht und am Wochenende, also während inaktiven Zeiten, abgeschaltet (oder in einen „Deep-sleep“-Zustand versetzt), so könnten bis zu 90 GWh pro Jahr eingespart werden. Dies entspricht

etwa dem Stromverbrauch der Haushalte von Biel.

Das Ausschalten von Servern wurde in mehreren Pilotprojekten untersucht; die Ergebnisse waren durchaus positiv. Deshalb wird zurzeit eine Schalteiste mit integrierter Intelligenz entwickelt, die 2004 auf den Markt kommen soll. Auch Software-Lösungen auf der Basis von ACPI (Advanced Configuration and Power Management Interface) werden verfolgt.

Qualität lohnt sich

Qualität in der Planung, bei der Beschaffung und Wartung von USV-Anlagen (Unterbrechungsfreie Strom-Versorgung) lohnt sich. Zur Ermittlung der Qualitätsmerkmale aber auch der Energieverluste solcher Anlagen sind inzwischen Grundlagenarbeiten für ein Label durchgeführt worden. Zurzeit werden diese den internationalen Normengremien vorgelegt. Planungshilfsmittel sowie weitere Dokumentationen können von der Internet-Seite des Forschungsprogramms heruntergeladen werden.

Internet-Links

Das BFE-Forschungsprogramm Elektrizität im Überblick
www.electricity-research.ch



Prototyp einer Schalteiste, mit welcher Server zeitgesteuert und/oder bedarfsgerecht an- und abgeschaltet



Einblick für alle

Der mit Solarpreisen ausgezeichnete Synergiepark gewährt per Internet Einblick in die aktuellen Messdaten

Peter Schibli

Heizplan AG
CH-9473 Gams

Mark Zimmermann

Hans Bertschinger

BFE-Programm-
leitung Rationelle
Energienutzung
in Gebäuden
c/o EMPA
CH-8600 Dübendorf

Andreas Eckmanns

BFE-Bereichsleiter
Gebäude

Der Synergiepark für erneuerbare Energien in Gams (SG) ist ein Wohn- und Gewerbehause mit drei Stockwerken und zusätzlichem Attikageschoss. Er besteht aus einem Betonskelettbau und einer wärmegeprägten Holzelementkonstruktion als Hülle. Mit einer Energiekennzahl Wärme von 23 kWh/m²a wird der Minergie-Grenzwert von 42 kWh/m²a deutlich unterschritten. Für die Energieversorgung wurde ein Gesamtsystem mit unterschiedlichen Bezugsmöglichkeiten entwickelt: Erdwärmesonden mit Wärmepumpe, Luft-Wasser-Wärmepumpe, Sonnenkollektoren und Photovoltaik-Module sind darin vereint. Doch

wie können die erreichbaren Kennwerte aller dieser Komponenten und die Verbrauchsziffern für alle sichtbar gemacht werden?

Monitoring-System macht Messdaten öffentlich

In Zusammenarbeit mit der Interstaatlichen Hochschule für Technik in Buchs (NTB) und mit Unterstützung des Bundesamts für Energie (BFE) wurde ein Datenerfassungskonzept entwickelt. Über Internet lassen sich nun die aktuellen Werte darstellen, Tagesverläufe aufzeigen sowie statistische

Paradiesische Zustände in Wil

Im Frühjahr 2003 wurde der im Minergie-P-Standard (Passivhaus) erstellte Kindergarten „Paradiesli“ in Wil (SG) bezogen. Dieser Holzbau mit 193 m² Bruttogeschossfläche zeichnet sich durch eine hochwertige Gebäudehülle aus, deren Dichtigkeit von ausschlaggebender Bedeutung für den Energieverbrauch ist. Die auffallend grossflächigen Fenster, die für die Arbeit im Kindergarten wichtig sind, weisen einen U-Wert (inkl. Rahmen) von 0,8 W/m²K auf. Und die in einem Abluftwärmetauscher zurückgewonnene Energie wird über eine Luft-Luft-Wärmepumpe zur Heizung genutzt.



Der mit dem Solarpreis 2003 (Kategorie Neubauten) ausgezeichnete Kindergarten nutzt die Sonnenenergie optimal und weist eine hohe Wärmedämmung auf.

Monats- und Jahresangaben betrachten. Hierbei sind folgende Bereiche abgedeckt:

- Elektrizität
- Wärmeerzeuger
- Wärmeverbraucher
- Speicher
- Raumtemperatur
- Wetter.

Mit unterschiedlichen Komponenten die Sonne einfangen

Der Einsatz von Photovoltaik erfolgt einerseits auf dem Flachdach mit 25°-Ständern, andererseits an den nach Süden gerichteten Balkonen in vertikaler Montage. Insgesamt sind über 5 kW_p installiert, womit rund 20 % des Strombedarfs gedeckt werden können.

Bei den Sonnenkollektoren sind eine flache Einheit mit 27 m² und 45° Neigung, 30 m² vertikale Fassadenkollektoren sowie 12 m² Röhrenkollektoren installiert. Diese liefern die Energie für einen 7,4 m³ grossen Wasserspeicher, der auch zur Unterstützung von der Sole-Wasser und der Luft-Wasser-Wärmepumpe gespeist werden kann.

Überblick über die Wärmeverbraucher

Das Monitoring-System des Synergieparks gibt aber auch Auskunft über die Wärmeverbraucher. Als konzeptionelle Besonderheit gilt: Zusätzlich zur installierten Boden-

heizung ist die Fundamentplatte (Erdgeschossboden), die man gegen das Erdreich gedämmt hat, mit eingelegten Rohren als Wärmespeicher nutzbar.

Die Veränderungen der Raumtemperatur von Wohnung, Büro und Ausstellungsraum können live am Bildschirm mitverfolgt werden, und dabei lässt sich der Einfluss des Wetters prüfen. Während die solare Einstrahlung Strom und Wärme erzeugt, reagiert die Innentemperatur aufgrund der hohen Wärmedämmung der Gebäudehülle nur sehr schwach. Für die verschiedenen Wetterdaten steht eine eigene Wetterstation zur Verfügung.

Neben der Vorort-Präsentation des Synergieparks in Gams – mit seinem vorbildlichen und daher mit Solarpreisen ausgezeichneten Energiekonzept – wird mit dem Internet-Monitoring für alle Interessierten ein realistischer Einblick von ferne gewährt.

Die Messdaten des Synergieparks sind jederzeit zu finden auf:
www.synergiepark.ch (→ Messdaten)



Weil es in der Schweiz noch kaum Minergie-P-Gebäude der öffentlichen Hand gibt, haben das Bundesamt für Energie und der Kanton St. Gallen dieses Projekt unterstützt. Ein zurzeit laufendes Messprogramm, das im Juli 2004 abgeschlossen wird, erfasst Energieverbrauch und Raumklima.

Informationen zu Minergie P:
www.minergie.ch (→ Standards)

4. SCHWEIZER HAUSBAU- UND MINERGIE-MESSE 4^{ème} FOIRE SUISSE MAISON ET MINERGIE

Gebäudekampagne startet bald

Im Rahmen der 4. Schweizer Hausbau- und Minergie-Messe vom 27. – 30. November 2003 in der BEA Expo Bern startet das Programm EnergieSchweiz eine Gebäudekampagne. Sie soll Investoren, Betreiber und Nutzer darüber informieren, dass rund die Hälfte des schweizerischen Gesamtenergieverbrauchs in Gebäuden anfällt und

dass ein realistisches Reduktionspotenzial vorhanden ist, und sie zum Handeln aufrufen. Mit Schwerpunkten, beispielsweise der Gebäudesanierung, will die Kampagne auf besonders kritische Punkte hinweisen. Dort wo heute fossile

oder elektrische Energie verbraucht wird, können erneuerbare Energien und Wärmedämmung sinnvolle Alternativen bieten.

Die Hausbau- und Minergie-Messe umfasst rund 250 Aussteller, die ein breites Spektrum für das Planen, Bauen und Modernisieren – unter dem Aspekt der energetischen und ökologischen Optimierung – aufzeigen. Der Baustandard Minergie entwickelt sich erfolgreich: Über 2000 Gebäude sind bereits zertifiziert. Zahlreiche Kantone leisten Förderbeiträge. Als Minergie-Module können heute auch Fenster sowie Dach- und Wandkonstruktionen zertifiziert werden. Haustechnische Energie-Komponenten werden demnächst folgen. Minergie P zeigt die Weiterentwicklung dieses wegweisenden Baukonzepts auf.

Weitere Informationen:

www.energie-schweiz.ch (→ Fakten
→ Gebäude → Gebäudestandards)
www.hausbaumesse.ch

Das Ziel im Auge haben

Erst die kombinierte Wirkung der Massnahmen zur Reduktion des Treibstoffverbrauchs wird Erfolg haben

Pascal Previdoli
BFE-Sektionschef
Energiepolitik

Martin Pulfer
BFE Bereichsleiter
Verkehr

Der Treibstoffverbrauch im Strassenverkehr hat zwischen 1990 und 2000 um 9,8 % zugenommen. 2001 erfolgte aufgrund des stark rückläufigen Benzintourismus eine Verminderung gegenüber dem Vorjahr von 1,6 %. Im Jahr 2002 nahm die Zahl der Motorfahrzeuge um 2,2 % zu, damit im Zusammenhang steht wieder ein um 1,5 % erhöhter Treibstoffverbrauch (Benzin -2 %, Diesel +3,5 %). Das CO₂-Gesetz und das Programm EnergieSchweiz verfolgen das Ziel, bis 2010 eine Verminderung um 8 % gegenüber 1990 zu realisieren. Welche Massnahmen zur Erreichung dieser anspruchsvollen Vorgabe sind bereits ergriffen worden?

Vereinbarung mit auto-schweiz

Die Vereinbarung zwischen der Vereinigung Schweizer Automobil-Importeure „auto-schweiz“ und dem UVEK sieht eine jährliche durchschnittliche Reduktion der neu zugelassenen Personenwagen um 0,25 Liter pro 100 km vor. Bis 2008 sollte damit eine Verminderung von 8,4 auf 6,4 l/100 km erreicht werden.

Die energieEtikette für Personenwagen

Anfang 2003 wurde die energieEtikette für Personenwagen eingeführt, welche Auskunft über die Energieeffizienz gibt. Dabei gelangt eine Formel zur Anwendung, die der TCS schon seit Jahren für die Verbrauchsbewertung verwendet.

Erdgas als Treibstoff

Mit einem verstärkten Einsatz von Erdgas als Treibstoff verfolgt die Schweiz ähnliche Ziele wie die EU-Kommission. Bezüglich CO₂-Emissionen und weiterem Schadstoffausstoss bringt Erdgas gewisse Vorteile, die es vor allem in Agglomerationen zu nutzen gilt.

Biogas als viel versprechende Alternative

Das Potenzial von Biogas entspricht einem Ersatz von ca. 80 Millionen Litern Benzin. Dies entspricht einer möglichen Reduktion von ca. 200'000 Tonnen CO₂ pro Jahr. Die Gaserzeugungstechnik ist vorhanden (z.B. Kompogas – Gewinner des Solarpreises 2003), das Tankstellennetz wird markant erweitert und die Fahrzeugpalette wächst.



MODULTEC in der Umsetzung

Durch eine Gewichtsreduktion bei Strassenfahrzeugen kann der Treibstoffverbrauch gesenkt werden. Das Potenzial erreicht dank leichten Baustoffen bis zu 60 % des üblichen Fahrzeuggewichts. Dies auszuschöpfen war eines der Ziele des MODULTEC-Projekts (1995 – 2002) der Horlacher AG in Möhlin. Unterstützt vom Bundesamt für Energie und dank der langen Erfahrung im Leichtbau von Stadtautos konnten modulare Demonstrationsfahrzeuge realisiert werden, die international grosse Beachtung

finden. In Zusammenarbeit mit der Schweizer Zulieferindustrie wurde die gezielte Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse im Automobilbau verwirklicht. Diese Erfahrungen mit der Modulbauweise fliessen inzwischen in die Entwicklungen von einzelnen Komponenten (z.B. Boden- und Deckenmodule) für europäische Kleinwagen ein. Als Zukunftsperspektive kann beispielsweise die Speicherung eines gasförmigen Treibstoffs in einem modularen Kapillarspeicher der Kunststoffkarosserie bezeichnet werden, aber auch der mögliche Einsatz neuer Kunststoffe (PET) für Teilssegmente.

net werden, aber auch der mögliche Einsatz neuer Kunststoffe (PET) für Teilssegmente.

Schlussbericht:
MODULTEC – Modultechnologie für Leichtmobile; Max Horlacher, Thomas Efler, Susanne Wegmann, 2003, ENET-Nr. 230054



Allerdings verläuft diese Entwicklung weniger rasch als für die Zielerreichung notwendig.

Bioethanol als weiterer Biotreibstoff, der Benzin und Diesel beigemischt werden kann, ist eine zusätzliche Alternative, über die wir auf Seite 14 berichten.

Mobilitätsverhalten umfasst viele Facetten

Durch eine energieeffiziente Fahrweise kann Treibstoff eingespart werden. Seit April 2003 gehört „ecoDrive“ zum Bestandteil der Fahrprüfung.

Kombinierter Verkehr bedeutet: eine sinnvolle Kombination von Verkehrsmitteln zu wählen und damit auch Energieaspekte zu berücksichtigen. Dies wird u.a. in den bald 100 Energiestädten thematisiert.

Mobilitätsberatung durch Ärzte wird ebenfalls von Bedeutung, wenn die durch den „prix pegasus“ ausgezeichnete Initiative zum Tragen kommt.

Kombination aller Massnahmen zählt

Der Mobilitätsbereich ist durch eine vielschichtige Struktur gekennzeichnet, weshalb energieeffiziente Massnahmen und eine markante Verbrauchsreduktion nur schwer zu erreichen sind. Erst die Kombination aller Anstrengungen wird daher Erfolg haben.

Die Infrastruktur für Erdgas und Biogas als Treibstoffe wird erweitert.

(Bilder:
www.erdgas.ch)

Nachhaltige Entwicklung

Politische Strategien und Planungsprozesse von der nationalen bis zur lokalen Ebene stehen beim 2-tägigen Kurs „Nachhaltige Entwicklung – Umsetzung im Bereich Verkehr“ im Mittelpunkt. Am 20./21. November 2003 werden an der Universität Bern Verkehrsplanern entsprechende Orientierungshilfen geboten.

www.ikaoe.unibe.ch/weiterbildung

sun21
energy first

prix pegasus mit Alpenfokus

Im Rahmen des 6. internationalen Energieforums „sun21“ wurde im Juni 2003 in Basel der neu lancierte Förderpreis von Energie-Schweiz für nachhaltige Mobilität verliehen. Der prix pegasus will die Umsetzung innovativer, energieeffizienter Mobilitätsansätze unterstützen.

Trotz hohen Anforderungen sind 45 Projekte vorgelegt worden, bei denen alle Verkehrsmittel vertreten waren und eine Vielfalt an



Preisverleihung prix pegasus: Dieses Team will den Einsatz von Wasserstoff für Fahrzeuge im Alpenraum fördern.

Verbesserungsvorschlägen für Treibstoffe, Informationssysteme, Dienstleistungen und Technik geboten wurde.

Die drei prämierten Projekte:

- Bewegung statt Verkehr – Ärzte und Ärztinnen beraten
- TransBasel – effiziente Verkehrsmittelwahl in der trinationalen Agglomeration
- Abgasfreier Alpenraum – eine Vision.

Dieses dritte Projekt will modernste Technologie für ein bisher kaum beachtetes Mobilitätsproblem einsetzen. Über 1000 Pistenfahrzeuge stehen in den Schweizer Alpen, einem sensiblen Umfeld, mit Quellgebieten und Gletschern, während den Wintermonaten im Einsatz. Der Treibstoffverbrauch beträgt rund 10 Mio. Liter pro Saison. Mit dem Umbau solcher Fahrzeuge auf Brennstoffzellen und Wasserstoffbetrieb können die heutigen Diesel-Emissionen (CO₂, Partikel usw.) schrittweise reduziert werden. Im Winter 2003/04 will der Verein Swiss Alps 3000 ein erstes umgerüstetes Pistenfahrzeug im Berner Oberland vorführen, ab 2006 sollen im autofreien Mürren fünf Fahrzeuge zirkulieren. Das Projekt kann als Impuls zur Förderung der Wasserstoff-Technologie im Alpenraum dienen.



Informationen zu den prämierten Projekten:

www.prixpegasus.ch

Treffpunkt in Luzern

Fortschritte bei der Technik begünstigen unterschiedliche Anwendungen

Alphons

Hintermann

BFE-Bereichsleiter
Brennstoffzellen

Zur sechsten Konferenz des „European Fuel Cell Forums“ kamen anfangs Juli 2003 über 350 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus aller Welt nach Luzern. Erfahrungsaustausch und Präsentation neuester Erkenntnisse über die Brennstoffzellen-Technologien standen im Mittelpunkt.

Starke Schweizer Präsenz in Forschung und Entwicklung

Während die „Fuel Cell World“-Tagung Fragen zur Anwendung behandelte, wurden beim „2nd European PEFC Forum“ vor allem die technologischen Innovationen bei der Polymer- aber auch Direkt-Methanol-Brennstoffzellen besprochen.

So konnte beim Anwendungsthema das von der ETH Zürich und dem Paul Scherrer Institut (PSI) geleitete PowerPac-Projekt, welches auch vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützt wird, vorgestellt werden. Dank in den Stapel integrierter Luftbefeuchtung, neuem Dichtungskonzept und Kollektorenaufbau ist ein kompakter

Stromerzeuger (1 kW) entstanden. Die ebenfalls involvierte Firma Tribecraft AG zeigte die Entwicklung von möglichen Stapel-Endplatten auf.

Praxis zeigt Chancen und Herausforderungen auf

Sulzer Hexis informierte über die Erfahrungen mit den nun im praktischen Einsatz stehenden Vorseriengeräte „HXS 1000 Premiere“. Im Übrigen sind die Ansprüche nach höherer Funktionszuverlässigkeit, längeren Standzeiten und weiteren Kostenreduktionen klar definiert worden.

Das PSI hat erneut durch zahlreiche Beiträge seine führende Position bei Forschung und Entwicklung von Systemen, Komponenten und Materialien an der Konferenz demonstrieren können.



Anfangs Juli 2003 trafen sich über 350 Brennstoffzellen-Experten aus aller Welt zum Erfahrungsaustausch in Luzern.

Internet-Links

European Fuel Cell Forums
www.efcf.com

Hydropole – das Kompetenzzentrum für Wasserstoff
www.hydropole.com



PAC-Car nutzt PowerPac

Ein weiterer erfolgreicher Einsatz der vom BFE geförderten Entwicklung der mobilen PowerPac-Brennstoffzelle gelang im Mai dem PAC-Car. Dieses Ein-Mann-Experimentalfahrzeug, ein Gemeinschaftswerk der ETH Zürich, des PSI und der Universität von Valenciennes, war das erste mit Wasserstoff betriebene Vehikel am Shell Eco Marathon in Frankreich. Die Zelle lieferte 400 W, der

Wasserstoff wurde in einem Metallhydridspeicher mitgeführt, der Verbrauch betrug 15,9 g/100 km.

Weitere Informationen:
www.imrt.ethz.ch/pac-car

Angetrieben wird der PAC-Car von einer PowerPac-Brennstoffzelle.



Energieforschung allgemein

Energie-Forschung 2002 / Recherche énergétique 2002; Überblicksberichte der Programmleiter / Rapports de synthèse des chefs de programme; BfE; OFEN; 05.2003; DE, FR; 225 S., 225 p.; Sfr. -; ENET-Nr. 230091

CORE Rapport annuel 2002; 04.2003; FR; 11 p.; Sfr. -; ENET-Nr. 230063

CORE Jahresbericht 2002; 04.2003; DE; 11 S.; Sfr. -; ENET-Nr. 230062

Batterien + Supercaps

Spirit of Bike – Lithium-Polymer Batterien für das IntelliBike; Schlussbericht; Vezzini Andrea; Hochschule für Technik und Architektur Biel; 05.2003; DE; 42 S.; P&D; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 230071

Biomasse (Holz)

Grundlagen der Aerosolbildung in Holzfeuerungen; Beeinflussung der Partikelemissionen durch Primärmassnahmen und Konzept für eine partikelarme Holzfeuerung (Low-Particle-Feuerung); Schlussbericht; Oser Michael, Nussbaumer Thomas, Müller Peter, Mohr Martin, Figi Renato; Ing. Büro Verenum; 04.2003; DE; 97 S.; F&E; Sfr. 46.00; ENET-Nr. 230086

Potenzial des Gegenstromvergaser als schadstoffarme Holzfeuerung; Jahresbericht; Meier Daniel, Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2002; DE; 5 S.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 220315

Elektrizität

Elektrische Heizbänder für Warmwasserleitungen und Frostschutz; Merkblatt; Nipkow Jürg; 07.2003; DE; 4 S.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 230082

Energieeffizienzpotenzial bei Wasser-Dispensern; Schlussbericht; Grieder Thomas, Huser Alois; Encontrol GmbH; 02.2003; DE; 34 S.; F&E; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 230060

Energiesparender Schrittmotorantrieb „New Stepper“; Schlussbericht; Berchten S.; LEAG Antriebstechnik AG; 11.2002; DE; 18 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 220333

Ausschreibungsunterlagen im Server-, PC- und Netzwerk-Bereich; Schlussbericht; Grieder Thomas, Huser Alois; Encontrol GmbH; 08.2003; DE; 63 S.; P&D; Sfr. 35.00; ENET-Nr. 230105

Energieverbrauch von Prozesssteuerungen (SPS); Schlussbericht; Schalcher Max, Battaglia Urban, Bush Eric; Bush Energie GmbH; 07.2003; DE; 38 S.; P&D; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 230096

Einsparpotenzial an el. Energie bei Motoren und Antrieben in der Lonza; Schlussbericht; Troger Stefan; Lonza AG; 10.2002; DE; 46 S.; P&D; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 220334

Feuerung und Verbrennung

Homogeneous ignition in high-pressure combustion of methane/air over platinum: Comparison of measurements and detailed numerical predictions; Proceedings of the Combustion Institute, Volume 29, 2002/pp. 1021 - 1029; Reinke Michael, Mantzaras Ioannis, Schaeren Rolf, Bombach Rolf, Kreutner Wolfgang, Inauen Andreas; 12.2002; EN; 9 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 220341

An experimental and numerical investigation of turbulent catalytically stabilized channel flow combustion of hydrogen/air mixtures over platinum; Proceedings of the Combustion Institute, Volume 29, 2002/pp. 1031 - 1038; Appel Christoph, Mantzaras Ioannis, Schaeren Rolf, Bombach Rolf, Käppeli Beat, Inauen Andreas; 12.2002; EN; 8 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 220340

NO_x-Verminderung bei mobilen Dieselmotoren mittels Harnstoff-SCR; Schlussbericht; Koebel Manfred, Elsener Martin, Schär Christoph; Paul Scherrer Institut (PSI); 12.2002; DE; 41 S.; P&D; Sfr. 25.00; ENET-Nr. 220335

Gebäude

Rationelle Energienutzung in Gebäuden; Aktivitäten und Projekte 2002; Jahresbericht; Zimmermann Markus; 02.2003; DE; 16 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230083

Ökoinventar der Entsorgungsprozesse von Baumaterialien; Grundlagen zur Integration der Entsorgung in Ökobilanzen von Gebäuden; Bericht; Doka Gabor; 02.2000; DE; 212 S.; F&E; Sfr. 81.00; ENET-Nr. 200365

Geothermie

Gütesiegel für Planer von Geothermieranlagen, Geothermiepreis Phase I (2002); Schlussbericht; Eugster Walter J., Eberhard Mark, Koschenz Markus, Morath Marcel, Rohner Ernst; Schweiz. Vereinigung für Geothermie (SVG); 05.2003; DE; 22 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230099

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2002; Gorhan Harald L.; Electrowatt Engineering AG; 01.2003; DE; 16 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230098

Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe; Article EGC 2003; Sanner Burkhard, Karytsas Constantine, Mendrinou Dimitrios, Rybach Ladislaus; 09.2003; EN; 10 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 230077

Geothermal use of tunnel waters – a Swiss speciality; Article IGC 2003, Reykjavik; Rybach Ladislaus, Wilhelm Jules, Gorhan Harald L.; 09.2003; EN; 7 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 230076

The geothermal heat pump boom in Switzerland and its background; Article IGC 2003, Reykjavik; Rybach Ladislaus, Kohl Thomas; 09.2003; EN; 7 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 230075

Geothermal (Ground-Source) Heat Pumps – a World Overview; Paper in print in Renewable Energy; Lund J., Sanner B., Rybach L., Curtis R., Hellström G.; 06.2003; EN; 17 p.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230074

Promotion of geothermal energy in Switzerland: a recent programme for a long-lasting task; Article: European Geothermal Conference EGC 2003, Szeged, Hungary; Vuataz François-D., Gorhan Harald L., Geissmann Markus; 05.2003; EN; 8 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 230073

Potentiell géothermique des tunnels transalpins suisses; article; Wilhelm Jules, Rybach Ladislaus; 03.2003; FR; 8 p.; F&E; Sfr. -; ENET-Nr. 230072

Wirtschaftlichkeit geothermischer Energiegewinnung im Rahmen regenerativer und konventioneller Energiesysteme; Vortrag VWEW Bad Dürkheim 21. November 2002; Schaumann Gunter; 11.2002; DE; 20 S.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 220337

IEA – Hot Dry Rock; Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement der IEA (ExCo Vice Chairmanship & Annex III, Hot Dry Rock, Subtask C); Jahresbericht; Hopkirk Robert et al.; 12.2002; DE; 69 S.; F&E; Sfr. 35.00; ENET-Nr. 220336

1^{ère} Exposition Romande sur la Géothermie (ERG 1 – Canton de Vaud); Rapport final; Wilhelm Jules; 07.2003; FR; 20 p.; P&D; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230100

Wind

Du vent dans les pales; Expériences et perceptions des éoliennes par les habitants de la région du Mont-Crosin; Rapport final; Droz Yvan, Miéville-Ott Valérie, Monsutti Alessandro; MEDIACTIV SA; 01.2003; FR; 28 p.; F&E; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230094

Réceptivité des ménages au développement des sites éoliens; Rapport d'enquête; Rapport final; Voisard Michel; MEDIACTIV SA; 12.2002; FR; 127 p.; F&E; Sfr. 63.00; ENET-Nr. 220338

Windmessung Crap Sogn Gion; Abschätzung des Windpotenzials; Schlussbericht; Cattin René; aurax energia ag; 05.2003; DE; 21 S.; P&D; Sfr. 18.00; ENET-Nr. 230079

Photovoltaik

Aufrauen von Polymersubstraten; gezieltes Aufrauen von Plastikfolien für ein effizientes Light-Trapping in amorphen Solarzellen; Schlussbericht; Fischer Diego, Keppner Herbert; Ecole d'ingénieurs du Canton de Neuchâtel; 07.2003; DE; 24 S.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230106

Programme photovoltaïque édition 2003; Rapport de synthèse 2002; NET Nowak Energie & Technologie AG; Université de Fribourg; 04.2003; FR; 32 p.; F&E; SFr. -; ENET-Nr. 230070

Programm Photovoltaik Ausgabe 2003; Überblicksbericht 2002; NET Nowak Energie & Technologie AG; Université de Fribourg; 04.2003; DE; 33 S.; F&E; SFr. -; ENET-Nr. 230069

Photovoltaic Programme Edition 2003; Summary Report, Project List, Annual Project Reports 2002 (Abstracts); NET Nowak Energie & Technologie AG; Université de Fribourg; 04.2003; EN; 111 p.; F&E; SFr. -; ENET-Nr. 230068

Programm Photovoltaik Ausgabe 2003; Überblicksbericht, Liste der Projekte; Band 1: Forschung; Jahresbericht der Beauftragten 2002; NET Nowak Energie & Technologie AG; Université de Fribourg; 04.2003; DE, EN, FR; 272 S., 272 p.; F&E; SFr. -; ENET-Nr. 230066

Entwicklung von low band gap PV Zellen / Thermophotovoltaik TPV; Schlussbericht; Bitnar Bernd, Palfinger Günther, Gobrecht Jens, Grützmacher Detlev, Paul Scherrer Institut (PSI); 06.2003; DE; 25 S.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230048

DEMOSITE; Site de démonstration d'éléments de construction photovoltaïques intégrés au bâtiment; Rapport final; Roecker C., Affolter P., Müller A.N., Ould-Henia A.; EPFL/LESO-PB; 02.2003; FR; 169 p.; F&E; SFr. 81.00; ENET-Nr. 230047

Energy Rating of Solar Modules; Workshop 22. März 2002 in Zürich; Schlussbericht; Kröni Robert; Enecolo AG; 12.2002; DE; 81 S.; F&E; SFr. 46.00; ENET-Nr. 220339

Einfache und kostengünstige Überwachungseinheit für Solaranlagen; Schlussbericht; Anderegg Ernst; Newlink Anderegg; 06.2003; DE; 50 S.; P&D; SFr. 25.00; ENET-Nr. 230092

Programm Photovoltaik Ausgabe 2003; Überblicksbericht, Liste der Projekte; Band 2: Pilot- und Demonstrationsprojekte; Jahresbericht der Beauftragten 2002; NET Nowak Energie & Technologie AG; 04.2003; DE, EN, FR; 290 S., 290 p.; P&D; SFr. -; ENET-Nr. 230067

LonWorks als Feldbus für PV-Anlagen; Schlussbericht; von Bergen Christoph; Sputnik Engineering AG; 05.2003; DE; 18 S.; P&D; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230064

Solgreen; Ein System zur Verbindung von Gründächern mit Photovoltaikanlagen; Schlussbericht; Toggweiler Peter, Meichsner Oliver; Enecolo AG; 03.2003; DE; 35 S.; P&D; SFr. 25.00; ENET-Nr. 230058

Solarwärme

Commande optimale de systèmes solaires combinés; Rapport final; Prud'homme T., Gillet D.; EPFL/DGM/IA Institut d'automation; 05.2003; FR; 57 p.; F&E; SFr. 30.00; ENET-Nr. 230065

Installations solaires combinées de production d'eau chaude sanitaire et chauffage; Planification, synthèse; Etude; Jaboyedoff P.; Ernst Schweizer AG; 12.1990; FR; 26 p.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 200364

Untersuchung von zwei Sonnenenergieanlagen zur kombinierten Wassererwärmung und Raumheizung in Mehrfamilienhäusern; Bericht; Schläpfer B., Rüesch H., Bremer P., Calatyud C., Keller L., Nilsson M.O.; Ernst Schweizer AG; 12.1986; DE; 52 S.; F&E; SFr. 35.00; ENET-Nr. 200363

Technologie-Transfer / Systeme

ENET-NEWS No 55 français; 07.2003; FR; 40 p.; F&E; SFr. -; ENET-Nr. 230090

ENET-NEWS Nr. 55 deutsch; 07.2003; DE; 40 S.; F&E; SFr. -; ENET-Nr. 230089

Thermische Speicherung

Sorptionsspeicher; Aufbau und Inbetriebnahme der Laboranlage; Schlussbericht; Brunold Stefan, Frei Ueli, Gantenbein Paul; Fachhochschule Rapperswil (HSR); 03.2003; DE; 12 S.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230085

Umgebungswärme

Wärmerückgewinnung aus Abwassersystemen; Zwischenbericht; Wanner Oskar, Panagiotidis Vassileios, Eugster Jakob, Siegrist Hansruedi; EAWAG; 04.2003; DE; 8 S.; F&E; SFr. -; ENET-Nr. 230059

Kirche Môtier: Sanierung der Raumheizung; Schlussbericht; Grizzetti Vincenzo; Elektrizitätswerk der Stadt Bern; 07.2003; DE; 13 S.; P&D; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230101

Verkehr allgemein

„Swiss Dual-Fuel“ Erdgas macht Diesel sauber; Jahresbericht; Rinderknecht Frank M.; Rinspeed AG; 01.2003; DE; 8 S.; F&E; SFr. -; ENET-Nr. 230104

PAC-Car I véhicule ultra efficient à pile à combustible; Rapport; Guzzella Lino, Paganelli Gino, Santin Jean-Jacques; ETHZ Inst. für Mess- und Regeltechnik; 07.2003; FR; 19 p.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230095

ZEV Zero Emission Vehicle Mandate in California, USA; Electric Vehicles in California: Gesetzliche Grundlagen und Markt-Aktivitäten; Schlussbericht; Wagner Conrad; Mobility Systems; 03.2003; DE; 16 S.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230084

Wasserkraft

Vorstudie Kleinwasserkraftwerk WERAP Immobilien AG, Bubikon ZH; Revitalisierung des 100-jährigen Kraftwerkes; Bericht; Bretscher Adrian, Gutzwiller Stephan; WERAP Immobilien AG; 06.2003; DE; 22 S.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230081

Kleinwasserkraftwerk Steinerkanal Alte Spinnerei, 5102 Rapperswil; Vorstudie; Hintermann Markus, Dietschi Paul; Baugenossenachafte Alte Spinnerei; 04.2003; DE; 29 S.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230078

Vorstudie Kleinstwasserkraftwerk Lochmühle, Welschenrohr; Revitalisierung der historischen Mühle; Bericht; Schindelholz Bruno; Weissmüller Ulrich; 06.2003; DE; 12 S.; F&E; SFr. 18.00; ENET-Nr. 230080

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

Bezug von Publikationen mit:
● FAX 071 440 02 56
oder
● ENET im Internet – www.energieforschung.ch

